



# Maden Tetkik ve Arama Dergisi

<http://dergi.mta.gov.tr>



## ESKİŞEHİR FAY ZONU'NUN GÜNEYDOĞU BÖLÜMÜNÜ OLUŞTURAN ILICA KOLU: ORTA ANADOLU'DA SAĞ YANAL DOĞRULTU ATIMLI AKTİF BİR YAPI

### THE ILICA BRANCH OF THE SOUTHEASTERN ESKİŞEHİR FAULT ZONE: AN ACTIVE RIGHT-LATERAL STRIKE-SLIP STRUCTURE IN CENTRAL ANATOLIA, TURKEY

Korhan ESAT<sup>a\*</sup>, Bülent KAYPAK<sup>b</sup>, Veysel IŞIK<sup>a</sup>, Berkan ECEVİTOĞLU<sup>c</sup> ve Gürol SEYİTOĞLU<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Teknik Araştırma Grubu, 06100, Tandoğan, Ankara

<sup>b</sup>Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06100, Tandoğan, Ankara

<sup>c</sup>Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, 26555, Eskişehir

Araştırma Makalesi

Anahtar Sözcükler:  
Ilica Kolu, Eskişehir  
Fay Zonu, Neotektonik,  
Doğrultu Atım, Orta  
Anadolu

Geliş Tarihi: 14.02.2015  
Kabul Tarihi: 30.07.2015

#### Öz

Eskişehir Fay Zonu Türkiye'nin önemli neotektonik yapılarından biridir. Anadolu bloğunda yer alan Batı Anadolu genişleme bölgesi ile doğrultu atımlı fay etkisi altındaki kuzeybatı Orta Anadolu daralma bölgesini birbirinden ayırır. Eskişehir Fay Zonu'nun güneydoğu bölümü genel olarak kuzeyden güneye sırasıyla Ilica, Yeniceoba ve Cihanbeyli ismini taşıyan üç bölüme ayrılır. Sağ yanal doğrultu atımlı Ilica kolu yaklaşık 100 km uzunluğundadır ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda birçok parçadan oluşur. Fay yüzeyleri, ikincil kırıklar, kataklastik zon, kırık kontrollü drenaj yapısı, sağ yanal dere ötelenmeleri, Kuvaterner birim içinde sismik yansıma kesitlerinde gözlenen deformasyon ve bölgenin deprenselliği Ilica kolunun sağ yanal doğrultu atımlı aktif bir fay olduğunu göstermektedir. Ilica kolunun Ankara'nın batı-güneybatısındaki daralmayla ilişkili yapıları güneyden sınırlandırdığı düşünüldüğünde, Orta Anadolu'daki daralmalı ve genişlemeli bölgeler arasında bir sınır fayı olarak ayrıca bölgesel tektonik anlamda bir önemi vardır.

#### ABSTRACT

The Eskişehir Fault Zone is one of the prominent neotectonic structures of Turkey. It separates the west Anatolian extensional province and the strike-slip induced northwest central Anatolian contractional area in the Anatolian Block. Its southeastern part is generally divided into three branches, namely the Ilica, Yeniceoba, and Cihanbeyli from north to south, respectively. The right lateral strike-slip Ilica branch (IB) is an approximately 100-km-long fault and it is composed of several segments in a northwest-southeast direction. The slickensides, subsidiary fractures, cataclastic zone, fracture-controlled drainage pattern, right lateral stream deflections, deformation in the Quaternary unit observing in the seismic reflection sections, and seismicity of the region all indicate that the IB is an active right lateral strike-slip fault. The IB has also a regional tectonic importance as a boundary fault between the contractional and the extensional regions in central Anatolia considering that it is the southern limit of the contraction-related structures in the west-southwest of Ankara.

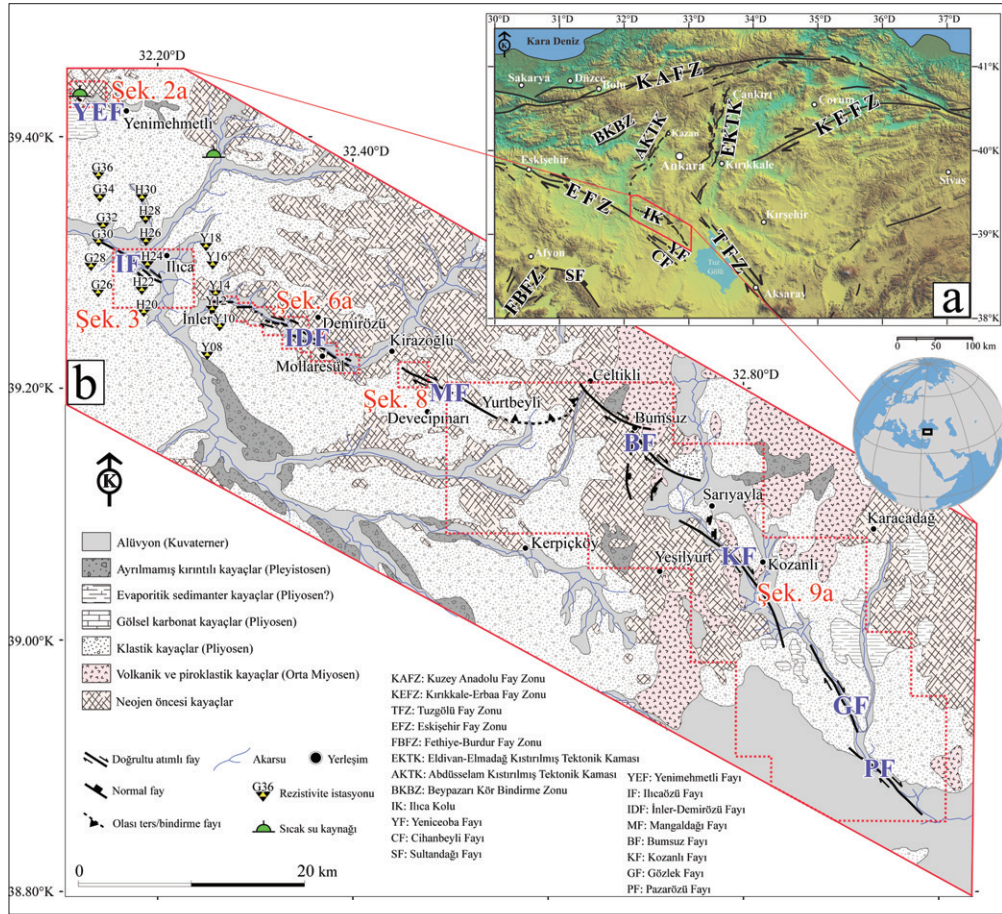
Keywords:  
Ilica Branch,  
Eskişehir Fault Zone,  
Neotectonics, Strike-  
Slip, Central Anatolia

## 1. Giriş

Türkiye'nin neotektonik alanlarının bölünmesi Şengör (1979, 1980) tarafından tartışılmış ve Kuzey Türkiye Bölgesi, Doğu Anadolu Daralma Bölgesi, Orta Anadolu "Ova" Bölgesi ve Batı Anadolu Genişleme Bölgesi olarak bölümlere ayrılmıştır (Şengör vd., 1985). Orta Anadolu "Ova" Bölgesi ile Batı Anadolu Genişleme Bölgesi arasındaki sınır farklı şekillerde değerlendirilmektedir. Şengör vd. (1985) bir geçiş

zону önerirken, Barka ve Reilinger (1997) KB-GD doğrultulu Eskişehir Fay Zonu ile KD-GB doğrultulu Fethiye-Burdur Fay Zonu'nun oluşturduğu yatık V şekilli sınıra göre bir bölümlenme önerir (Şekil 1a). Barka ve Reilinger (1997) Eskişehir Fay Zonu'nun (EFZ) sadece KB bölümüne başlıca bir rol atfeder çünkü o döneme kadar yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu Eskişehir Fayı'nı Eskişehir yerleşiminin civarında kısa bir fay olarak kabul etmekle birlikte

\*Başvurulacak yazar: Korhan Esat, [esat@ankara.edu.tr](mailto:esat@ankara.edu.tr)  
<http://dx.doi.org/10.19076/mta.49381>



Şekil 1- a) Orta Anadolu'nun ana neotektonik yapıları, b) Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA, 2002). Faylar bu çalışmada çizilmiştir.

(Ketin, 1968; Şengör vd., 1985; Şaroğlu vd., 1987) sadece Koçyiğit (1991a) genel neotektonik haritasında EFZ'yi İnegöl ve Orta Anadolu arasında bir yapı olarak göstermektedir. EFZ ile ilişkili bir diğer bakış açısına göre de fay zonu Erken Miyosen-Erken Pliyosen aralığında Trakya'dan Orta Anadolu'ya uzanır (Yaltırak, 2002). Uludağ masifinden elde edilmiş termokronolojik veriler ise EFZ'nin oluşum yaşını Oligosen'e çekmektedir (Okay vd., 2008). EFZ'nin Batı Anadolu Genişleme Bölgesinin doğu sınırı olarak bölgesel önemi, özellikle normal fay kaynaklı Sultandağ ve Çay depremlerinin (Taymaz ve Tan, 2001; Başokur vd., 2002; Emre vd., 2003) ışığı altında Koçyiğit ve Özacar (2003) tarafından da vurgulanmıştır.

Her ne kadar EFZ'nin yapısal karakteri konusunda fikir birliği olmasa da, kuzeybatı bölümü hakkında, güneydoğu bölümüne göre daha fazla veri toplanmıştır. EFZ'nin kuzeybatı bölümüyle ilgili görüşler iki grup altında toplanabilir. Bir grup araştırmacıya (Yaltırak,

2002; Koçyiğit, 2005; Ocakoğlu, 2007) göre bu bölüm, daha önceki sağ yanal doğrultu atımlı fayları üzerlemiş olan aktif normal faylardan oluşur. Diğer gruba (Altunel ve Barka, 1998; Seyitoğlu vd., 2010, 2015; Selçuk ve Gökten, 2012) göre ise daha önce meydana gelmiş normal fayları kesen doğrultu atımlı faylar bölgedeki aktif yapılardır.

EFZ'nin güneydoğu bölümünü Ilıca, Yeniceoba ve Cihanbeyli kolları oluşturur (Dirik ve Erol, 2003). Yeniceoba ve Cihanbeyli kolları (Çemen vd., 1999), Özsayın ve Dirik (2007) tarafından çalışılmıştır. Buna göre Yeniceoba kolu sağ yanal doğrultu atımdan normal faya değişen karakterdeyken, Cihanbeyli kolu normal fay karakterindedir (Özsayın ve Dirik, 2007, 2011). Kuzeyde yer alan Ilıca kolu derelerdeki sağ yönlü ötelenmelerin yardımıyla belirlenmiş ve haritalarda gösterilmiştir (Koçyiğit, 1991b; Dirik ve Erol, 2003). Bununla birlikte yapısal ve jeomorfolojik özellikleri detaylı olarak çalışılmamıştır.

Bu makalede Ilıca kolunun (IK) morfolotektonik özellikleri, arazi çalışmalarıyla birlikte uzaktan algılama, sismoloji ve sismik yansıma verileriyle tanımlanmıştır. Çalışmalarımız IK'nin sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, EFZ'nin kuzeybatı bölümünün de doğrultu atım karakterinde olduğu düşünüldüğünde (Seyitoğlu vd., 2015) fay zonunun bütününe doğrultu atımlı bir yapı olduğunu göstermesi bakımından öneme sahiptir.

## 2. Uzaktan Algılama ve Arazi Verileriyle Fayların Belirlenmesi

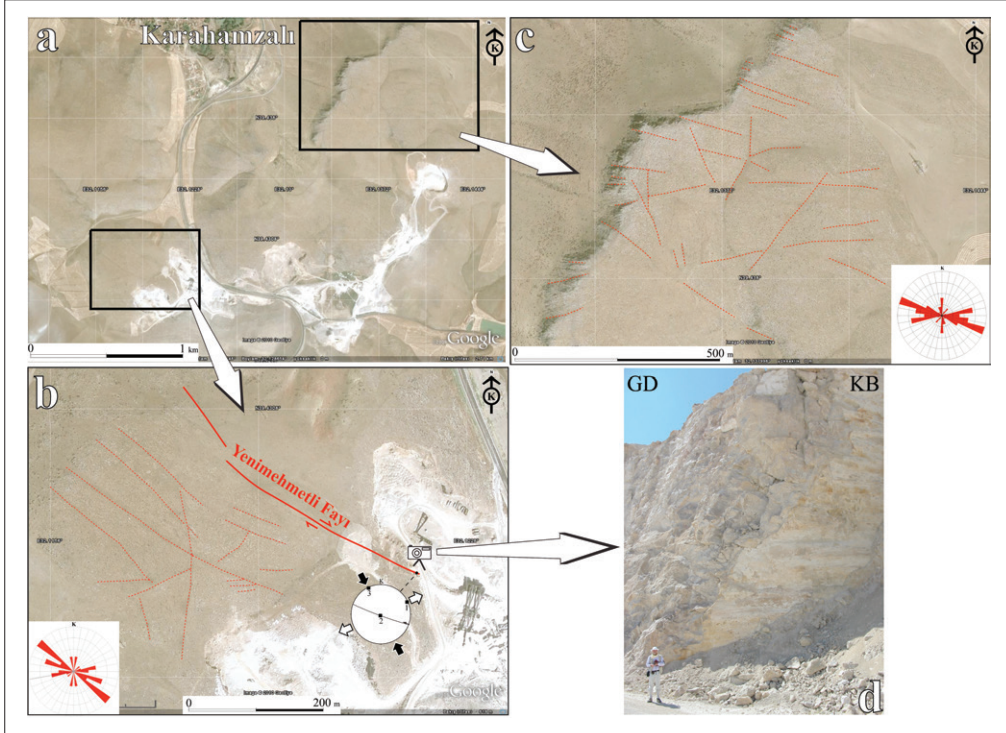
EFZ'nin güneydoğu bölümünü oluşturan IK, Google Earth görüntüleri, SRTM ve ASTER-GDEM verisi kullanılarak çalışılmıştır. Google Earth yazılımından elde edilen yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri ağırlıklı olarak ikincil fay ve kırıkların analizinde ve dere ötelenmeleri gibi morfolotektonik özelliklerin belirlenmesinde kullanılmıştır. SRTM ve ASTER-GDEM sayısal yükseklik model (SYM) verisi de ayrıca fay parçalarının morfolotektonik karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

IK üzerinde uzaktan algılama çalışmalarıyla birlikte arazi çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. Böylelikle kolun belirli bölümlerinden kinematik veri toplamak da mümkün olmuştur.

EFZ'nin güneydoğu bölümünü oluşturan IK, bu makalede kuzeybatıdan güneydoğuya doğru sırasıyla Yenimehmetli, Ilıcaözü, İner-Demirözü, Mangaldağı, Bumsuz, Kozanlı, Gözlek ve Pazarözü isimlerinin verildiği faylardan oluşmaktadır (Şekil 1b).

### 2.1. Yenimehmetli Fayı

Bu fay en açık şekilde Yenimehmetli ve Karahamzalı köyleri arasındaki bir taş ocağında, üzerinde yatay kayma çiziklerinin olduğu büyük bir sağ yanal doğrultu atımlı fay yüzeyi ( $K70^{\circ}B, 86^{\circ}GB$ ) olarak gözlenir (Şekil 2). Bu bölgedeki Mesozoyik kireçtaşı aşırı kırıklıdır. Uydu görüntülerinde belirgin olan bu makaslama kırıkları sağ yönlü makaslama hareketi ile uyumludur (Şekil 2). Bölgede sıcak su kaynaklarının bulunuşu (Şekil 1b), Koçyiğit (1991b)'in de belirttiği gibi fayın aktif olduğunun göstergelerinden biridir.



Şekil 2- a) Yenimehmetli Fayı civarının uydu görüntüsü. Yer için şekil 1b'ye bakınız, b) Yenimehmetli Fayı ve ikincil kırıkların konumu. Kırıkların gül diyagramı sol alt köşede gösterilmektedir. İkincil kırıklar sağ yanal doğrultu atımlı Yenimehmetli Fayı ile uyumludur. Beyaz daire, fay düzleminin alt yarı küre eşit alan stereografik izdüşümüdür. 1, 2 ve 3 Bağlantılı Bingham (Kinematik) eksenleridir. Siyah ve beyaz oklar sırasıyla kısalma ve uzama eksenlerini gösterir, c) Mesozoyik kireçtaşı üzerindeki ikincil kırıklar. Kırıkların gül diyagramı sağ alt köşede gösterilmektedir. Kırıklar sağ yanal doğrultu atımlı Yenimehmetli Fayı ile uyumludur, d) Yenimehmetli Fayı'nın doğrultu atımlı fay yüzeyi.

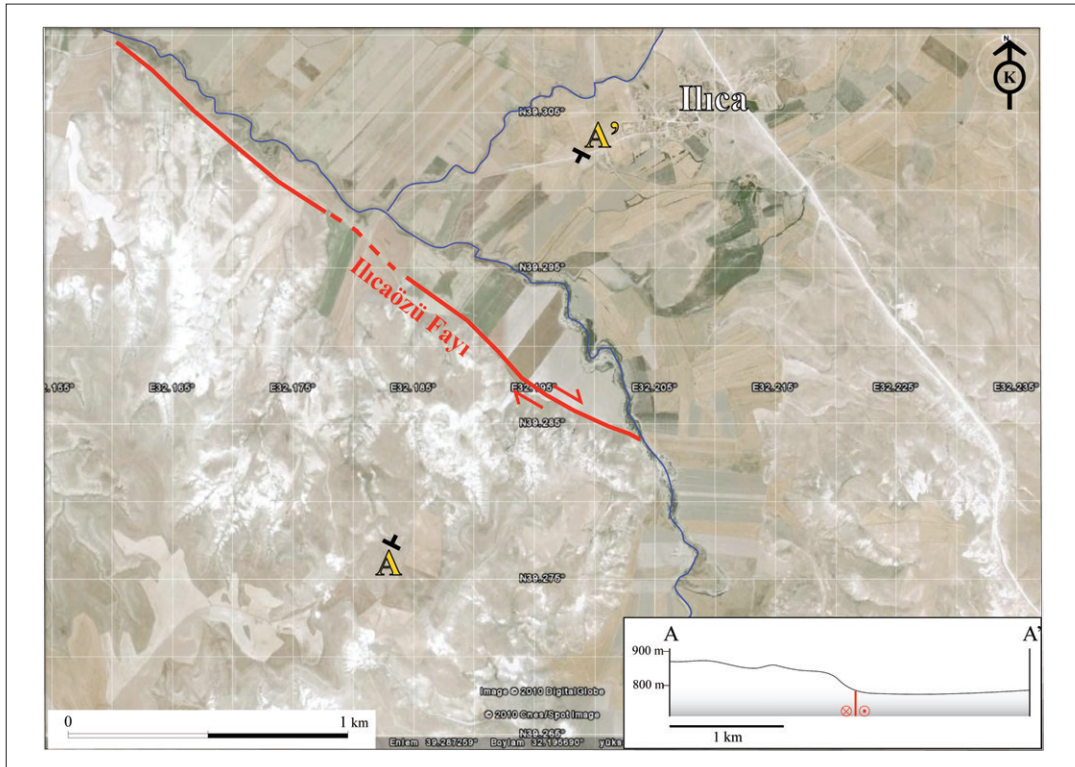
## 2.2. Ilıcaözü Fayı

Ilıca köyünün yakınında yatay tabakalı Neojen birimleri ile Kuvaterner sedimanları arasında yaklaşık 5 km uzunluğunda morfolojik olarak keskin bir sınır gözlenir (Şekil 1b ve 3). Arazi çalışmaları sırasında herhangi bir kinematik veri elde edilemese de fay, morfolojik yapıya göre tanımlanmıştır (Şekil 3). Ilıcaözü Fayı aynı zamanda, Ilıcaözü Fayı'nın çevresindeki farklı zemin ve kaya türlerinin elektriksel rezistivitelerini yansıtan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün yayımlanmamış verilerinden oluşturulmuş eş-rezistivite kesitlerinde de belirgindir (Şekil 4a ve b).

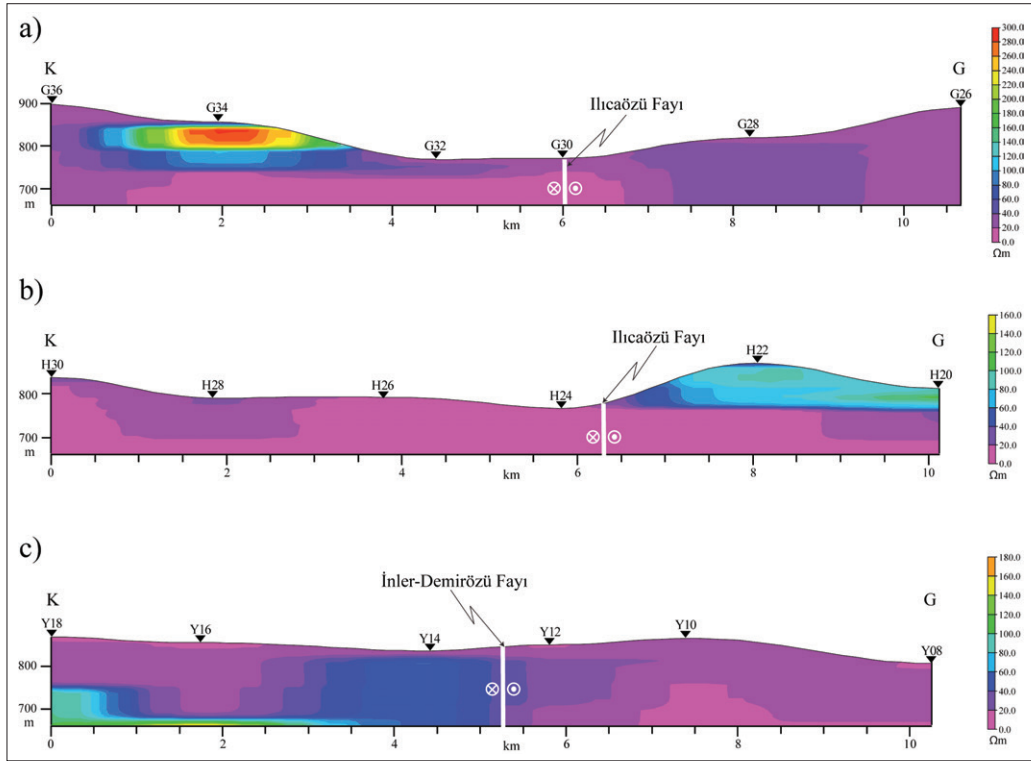
## 2.3. İler-Demirözü Fayı

İK'nin çevresindeki drenaj yapısı baskın olarak fay/kırık kontrolünde gelişmiş köşeli tiptir (Şekil 5). İler-Demirözü Fayı'nın en önemli morfolojik ifadesi, bu drenaj şeklinin belirgin bir örneği olan Katrancı çayında görülen toplamda 14 km'lik sağ yönlü ötelenmedir (Şekil 1b, 5 ve 6a). Tek bir fay parçasının bu ötelenmeyi yarattığını söylemek güçtür çünkü İler-Demirözü Fayı birbiriyle ilişkili pek çok aralı aşmalı (en-eşelon) fay parçasından oluşur (Şekil 6a ve b). Akarsu bu fay parçalarının izini takip etmiş ve faylar

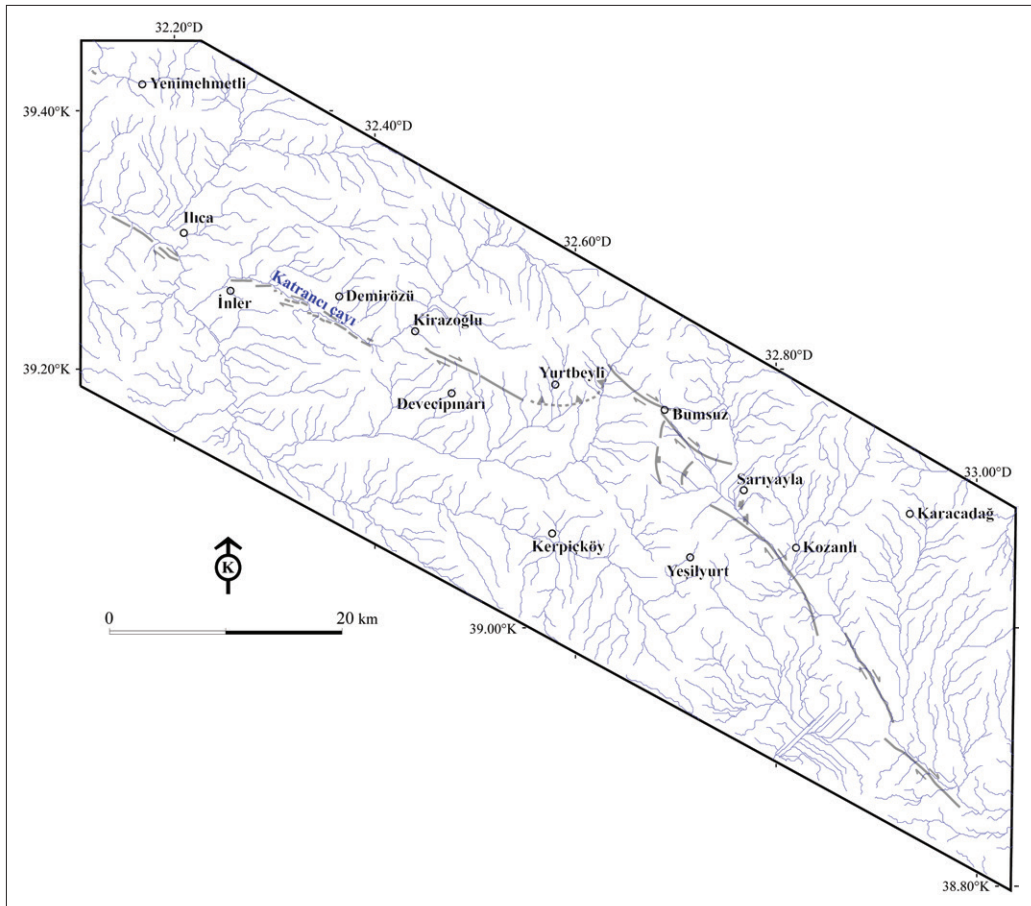
boyunca yerleşmiş olmalıdır. Üç lokasyondan elde edilen sağ yönlü makaslama gösteren yapısal verinin yanı sıra, en az dört lokasyonda küçük derelerde 75 ile 250 m arasında değişen sağ yanal ötelenme vardır (Şekil 6 ve 7a, b, c, d). İler-Demirözü Fayı boyunca tipik yapılardan biri de Demirözü ve Mollaresül köyleri arasındaki yolun yakınında gözlenen kataklastik zondur. Bu zon 100 m boyunca izlenebilir ve genişliği 20 m'dir (Şekil 6 ve 7c). Zon, kohezif bir fay kayası olan kataklastik breşten oluşur (Şekil 6c). Kataklastik zonun ana kayası aşırı kırıklı ve ezilmiş koyu gri renkli Mesozoyik kireçtaşıdır. Breş, taneler ve bağlayıcıdan oluşur. Taneler bütünüyle kireçtaşından türemiştir ve birkaç cm büyüklüğündedir. Bağlayıcı ise tanelere yapışmış şekilde, kireçtaşının çok ince hale gelmiş malzemelerinden oluşur. Kataklastik zonda kalsit dolgulu kırıkların gözlenmesi yalnızca kataklastik deformasyon mekanizmasını değil aynı zamanda difüzyonla kütle transfer deformasyon mekanizmasını da gösterir. Zondaki eşlenik makaslama kırıklarının analizi, kısalma ekseninin yönünü K10°B olarak verir (Şekil 6d). Bu yön sağ yönlü makaslama hareketiyle uyumludur. İler-Demirözü Fayı'nı eş-rezistivite kesitlerinde de gözlemek mümkündür (Şekil 4c).



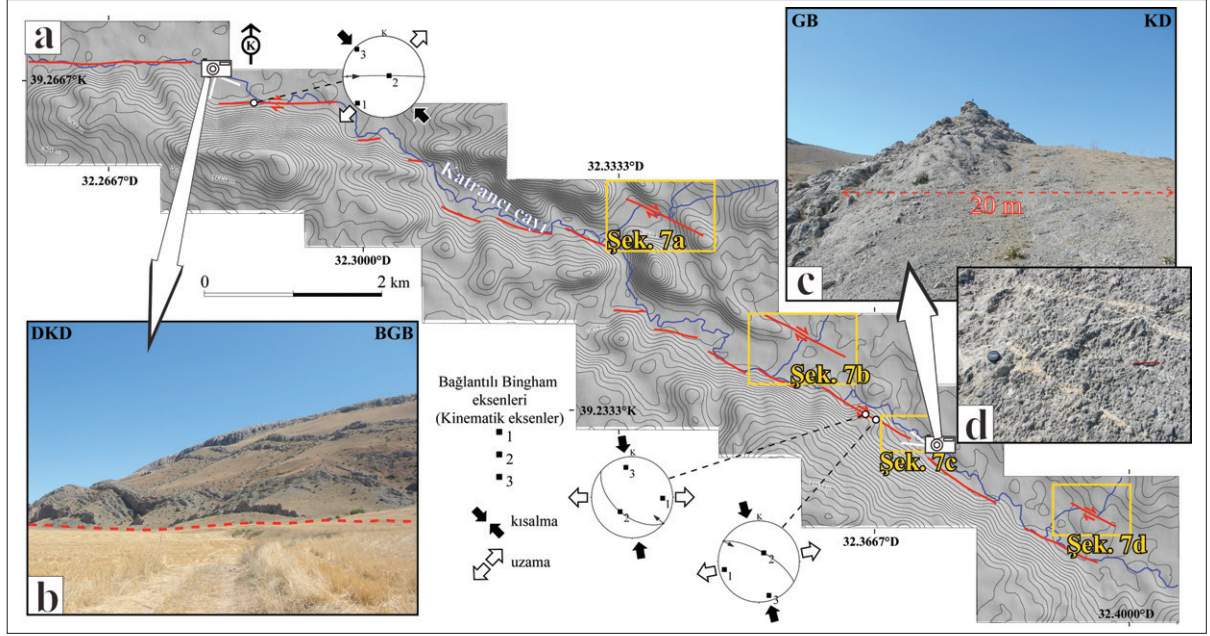
Şekil 3- Ilıcaözü Fayı, uydü görüntüsü üzerinde Neojen ve Kuvaterner birimler arasındaki morfolojik olarak keskin sınırla kendisini belli eder. Yer için şekil 1b'ye bakınız. A-A' topografik kesit hattıdır. Kesit sağ alt köşede görülmektedir.



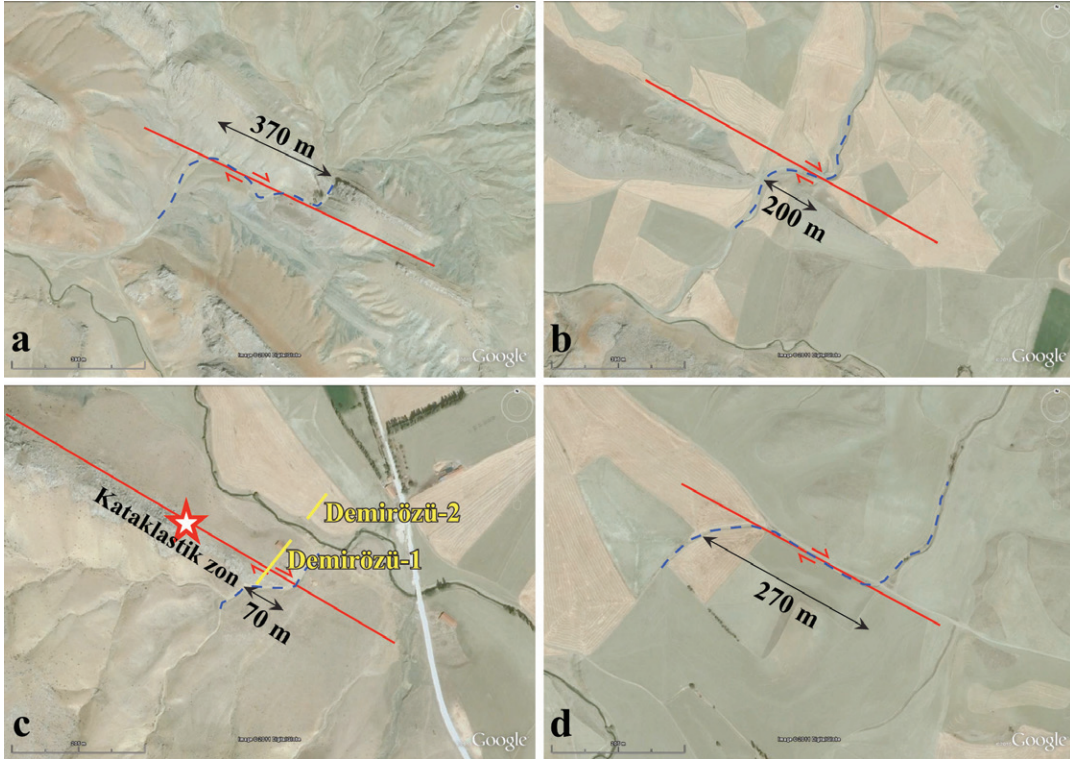
Şekil 4- Eş-rezistivite kesitleri. Kesitlerin yerleri için şekil 1b'ye bakınız. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün yayımlanmamış verilerinden elde edilmiştir.



Şekil 5- Çalışma alanının baskın olarak fay/kırık kontrolünde gelişmiş köşeli drenaj yapısı.



Şekil 6- a) ASTER-GDEM gölgeli rölyef görüntüsü üzerinde İler-Demirözü Fayı'nın parçaları. Yer için şekil 1b'ye bakınız. Beyaz daireler, fay düzleminin alt yarı küre eşit alan stereografik izdüşümüdür. Siyah ve beyaz oklar sırasıyla kısılma ve uzama yönlerini gösterir. Eşyüksele eğrileri ASTER-GDEM verisinden elde edilmiştir. Sarı çerçeveler şekil 7'deki dere ötelenmelerinin yerlerini gösterir. b) Paleosen klastik kayalarıyla Kuvaterner birimler arasındaki İler-Demirözü Fayı'ndan bir görünüm, c) İler-Demirözü Fayı üzerindeki kataklastik zonanın genişliği yaklaşık 20 m dir, d) Kataklastik zondan bir yakın görünüm. Kalem, K10°B gidişli kısılma ekseninin konumunu göstermektedir.



Şekil 7- İler-Demirözü Fayı ile ilişkili uydu görüntüleri; a) 370 m lik dere yatağı ötelenmesi, b) 200 m lik dere yatağı ötelenmesi, c) 70 m lik dere yatağı ötelenmesi. Yıldız, kataklastik zonanın yerini göstermektedir. Sarı çizgiler Demirözü 1 ve 2 sismik kesit hatlarını gösterir, d) 270 m lik dere yatağı ötelenmesi. Yerler için şekil 6'ya bakınız.

## 2.4. Mangaldağı Fayı

Bu fay, İner-Demirözü Fayı'ndan kuzeydoğuya doğru yaklaşık 1.5 km lik bir sıçrama ile ayrılır (Şekil 1b). Mangaldağı Fayı, Üst Kretase-Paleosen (Türkönel, 1959; Yıldız vd., 2001) kireçtaşı biriminde oluşan antiklinal üzerinde 1.4 km lik yerdeğiştirmenin meydana geldiği uydu görüntülerinden yararlanılarak belirlenmiştir (Şekil 8a). Ayrıca fayla ilişkili birçok ikincil kırık da (R, R', P ve X) uydu görüntüleri üzerinde gözlenir (Şekil 8b). Bu kırıkların yönelimleri sağ yanal doğrultu atımlı faylanmayla uyumludur.

## 2.5. Bumsuz, Kozanlı, Gözlek ve Pazarözü Fayları

Türkiye'nin diri fay haritasında da (Emre vd., 2011) gösterilen Bumsuz Fayı, Çeltikli ve Bumsuz köyleri arasında (Şekil 1b ve 9a) keskin topoğrafik farklılıklarla kendini belli eder. Bumsuz Fayı'nın üzerinde bir makaslama zonu ile doğrultu atımlı fay yüzeyleri gözlenir (Şekil 9b). Fayın morfolojik özellikleri Samsam Gölü'nün kuzeyinde kaybolurken, gölün güneyinde Kozanlı Fayı morfolojik olarak belirgindir. Samsam Gölü, Bumsuz ve Kozanlı Fayları arasındaki genişlemeli sıçrama alanında yer alır (Şekil 9a). Kozanlı Fayı'nın güneydoğu ucunda, Kozanlı ve Gözlek Fayları arasındaki sıkışmalı sıçrama tarafından drenajın engellenmesiyle Gököl isimli küçük göl oluşmuştur (Şekil 9a). Gözlek deresi, Gözlek Fayı boyunca akar ve fay Pazarözü Fayı'yla birlikte genişlemeli bir sıçrama yaratır (Şekil 9a). EFZ'nin doğu bölümünde yer alan IK, böylelikle Pazarözü Fayı ile Tuzgölü düzlüğüne ulaşır.

## 3. Sismik Yansıma Çalışmaları

İyi gelişmiş kataklastik bir zonun gözleendiği İner-Demirözü Fayı üzerinde sismik yansıma çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 7c).

### 3.1. Veri Toplama

İner-Demirözü bölgesinde iki sismik yansıma kesiti alınmıştır (Şekil 7c). Demirözü-1 hattının arazi serimi "Walk-Away" tekniği kullanılarak sağlanmıştır. 48 adet düşey jeofon (14 Hz) 2 m grup aralığıyla (CDP aralığı 2 m dir) yerleştirilmiştir. Atış aralığı 4 m dir. Toplamda 25 adet balyoz atışı üçer adet düşey yığımayla gerçekleştirilmiştir. İlk atış istasyonu, ilk jeofon istasyonunun 1 m ilerisine yerleştirilmiştir. Demirözü-2 hattının arazi serimi, dereyi geçmek için "Walk-Away" tekniğinin özel bir uygulaması olarak tasarlanmıştır. 48 adet düşey jeofon (14 Hz) 1 m grup

aralığıyla (CDP aralığı 0.5 m dir) yerleştirilmiştir. Atış aralığı 2 m dir. Toplamda 25 adet balyoz atışı üçer adet düşey yığımayla gerçekleştirilmiştir. İlk atış istasyonu, ilk jeofon istasyonunun 70 m ilerisine yerleştirilmiştir. İki kesit için de örnekleme aralığı 0.5 ms ve kayıt zamanı 2 s'dir.

### 3.2. Veri İşlem

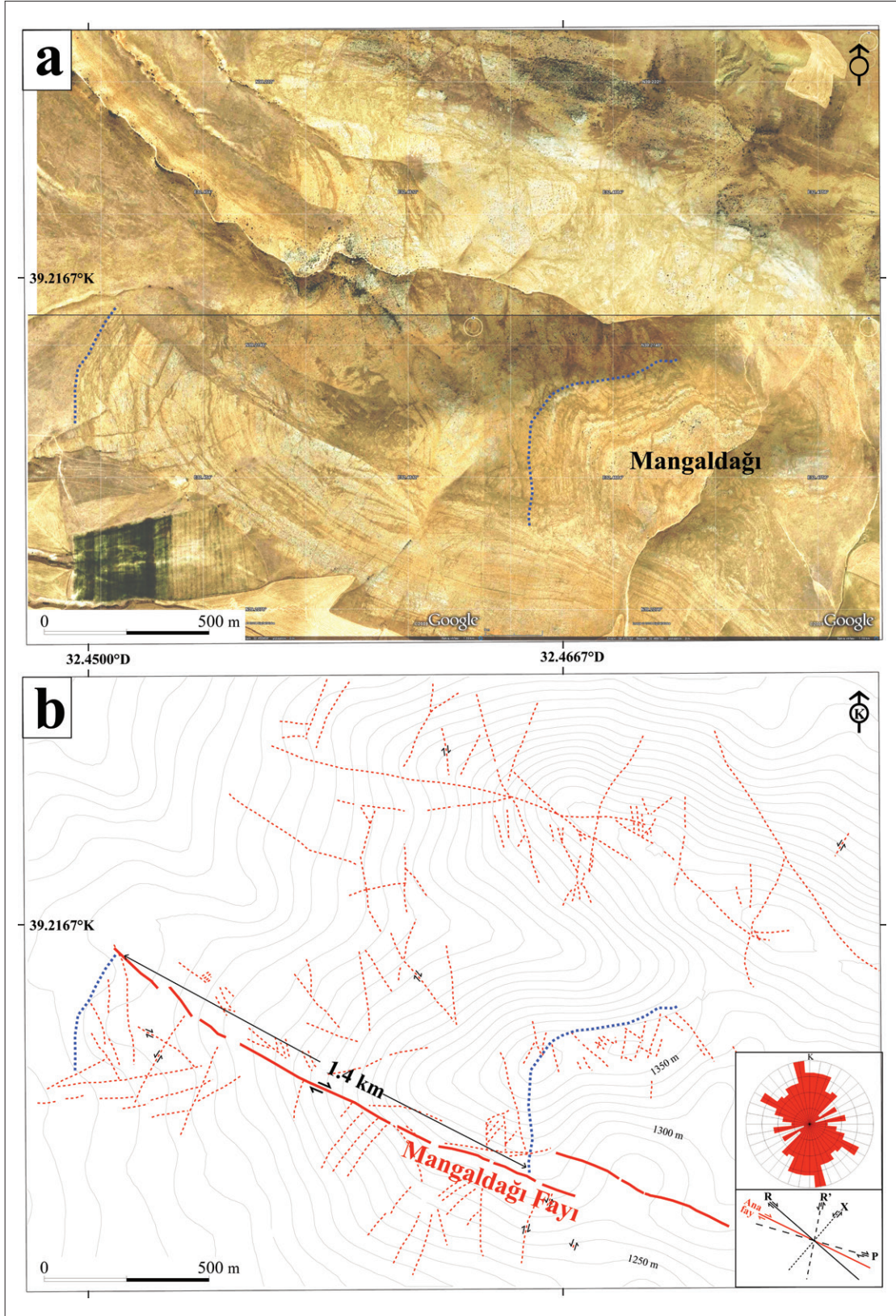
Veri işlem birçok adımı içerir: (1) geometri tanımı; (2) aralık-geçişli trapezoidal süzgeç: 1-5-90-100 Hertz; (3) kazanç uygulaması (güç: 0.5 saniye); (4) sismik iz-ayıklama; (5) yüzey dalgalarının sessizleştirilmesi; (6) CDP-sıralama; (7) hız analizi: CVS interaktif; (8) yığıma; (9) aralık-geçişli trapezoidal süzgeç: 1-5-90-100 Hertz; (10) kazanç uygulaması (güç: 0.5 saniye); (11) yatay yumuşatma (ağırlıklar: 0.25, 0.5, 1, 0.5, 0.25) ve (12) zaman-derinlik dönüşümü ( $t = 140$  ms,  $v = 1600$  m/s). Demirözü-1 hattını işlemden geçirirken engebeli topoğrafya göz önüne alınarak bir statik düzeltme de uygulanmıştır.

### 3.3. Sismik Kesitlerin Yorumu

Demirözü-1 sismik kesitinin güneybatı ucu yüzeyde gözlenen kataklastik zona karşılık gelir. Sismik kesitin bu bölümü fay segmentlerinin etkisiyle oldukça deforme ve kırıklıdır (Şekil 10a). Pozitif çiçek yapılarını oluşturan ana fay zonu, Demirözü-1 sismik kesitinin Katrancı çayı ile kataklastik zon arasındaki lokasyona denk gelen orta bölümünde yer alır. Sismik kesitteki bütün fayların yüzeyden itibaren ilk 50 m derinlikte açıkça etkili olması İner-Demirözü Fayı'nın güncel aktivitesine işaret eder (Şekil 10a). Demirözü-2 sismik kesiti, Demirözü-1 kesitinin kuzeydoğu devamıdır (Şekil 10b) ve bu kesitte deformasyon daha az gözlenir. Katrancı çayının her iki yakasında da yalnızca küçük doğrultu atımlı fay parçaları güncel alüvyonun altında gömülü olarak gözlenir (Şekil 10b).

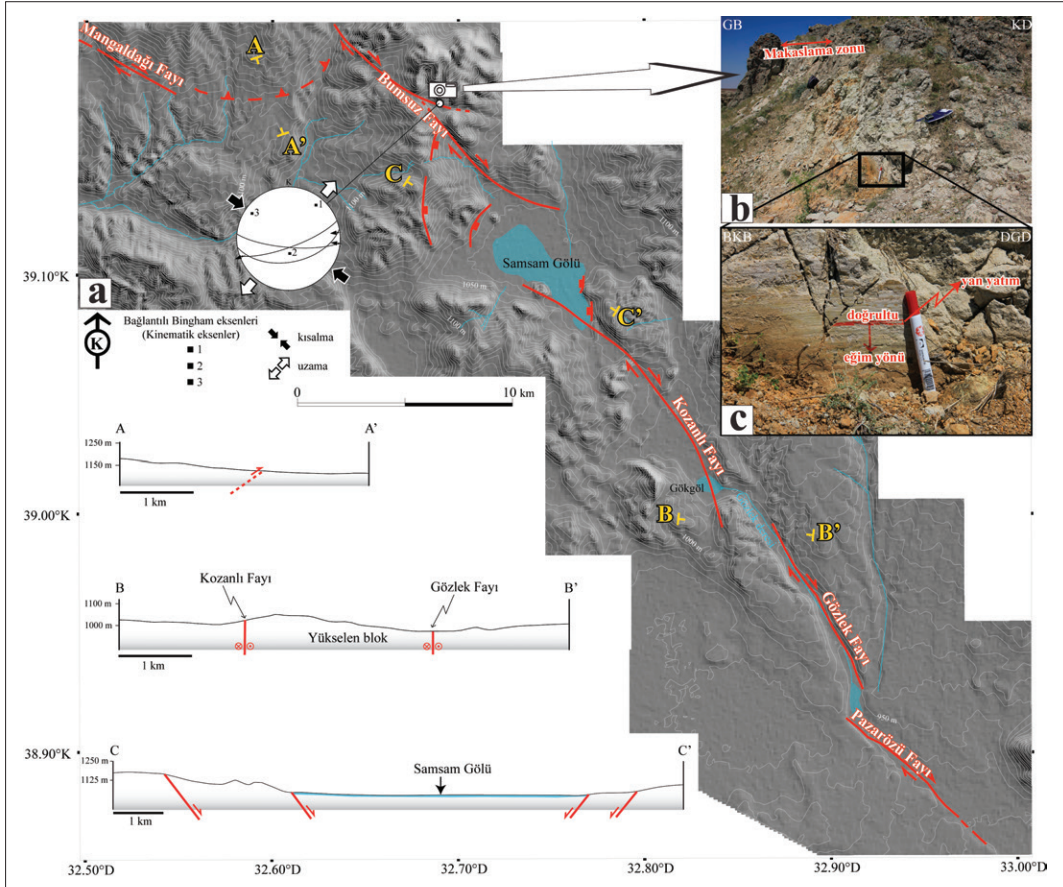
## 4. Ilıca Kolunun Depremselliği

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün 1900 yılından günümüze aletsel dönem depremlerini derlediği kataloğa göre, IK (Şekil 11) çevresine, örneğin Bala bölgesine göre (Esat vd., 2014) daha düşük bir deprem aktivitesine sahiptir. Bununla birlikte, depremsellik haritası IK'nin özellikle kuzeybatı ve güneydoğu uçlarında önemli bir deprem aktivitesi ( $3 \leq M < 5$ ) ürettiğini açıkça göstermektedir (Şekil 11). Her ne kadar IK boyunca depremsellik bazı yerlerde kümelenmeler gösterse de genellikle dağılımı kolun doğrultusu boyuncadır.

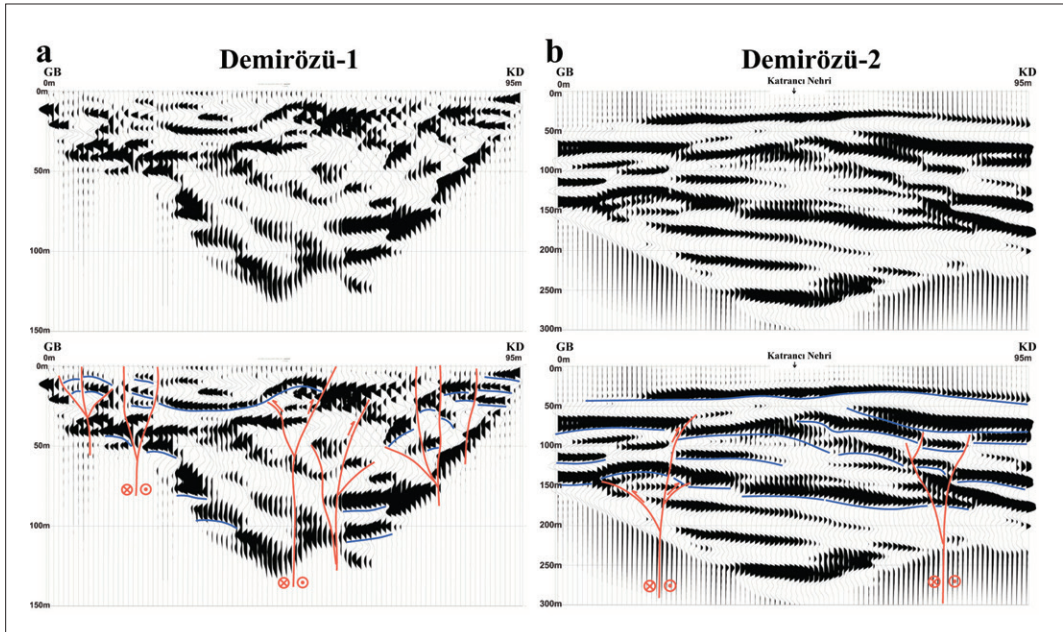


Şekil 8- a) Mangaldağı Fayı ile ilişkili uydu görüntüsü. Yapıların daha iyi görülebilmesi için görüntüye parlaklık zenginleştirilmesi uygulanmıştır, b) Mangaldağı Fayı'nın ve ikincil kırıkların yukarıdaki uydu görüntüsünden elde edilmiş konumları. Üst Kretase-Paleosen kireçtaşı biriminden oluşan antikalinal üzerinde 1.4 km'lik yerdeğiştirme açıkça görülmektedir. Kırıkların gül diyagramı ve ikincil kırıkların teorik konumları (R, R', X ve P) karşılaştırma amaçlı olarak sol alt köşede verilmiştir. İkincil kırıklar sağ yanıl doğrultu atımlı Mangaldağı Fayı ile uyumludur.

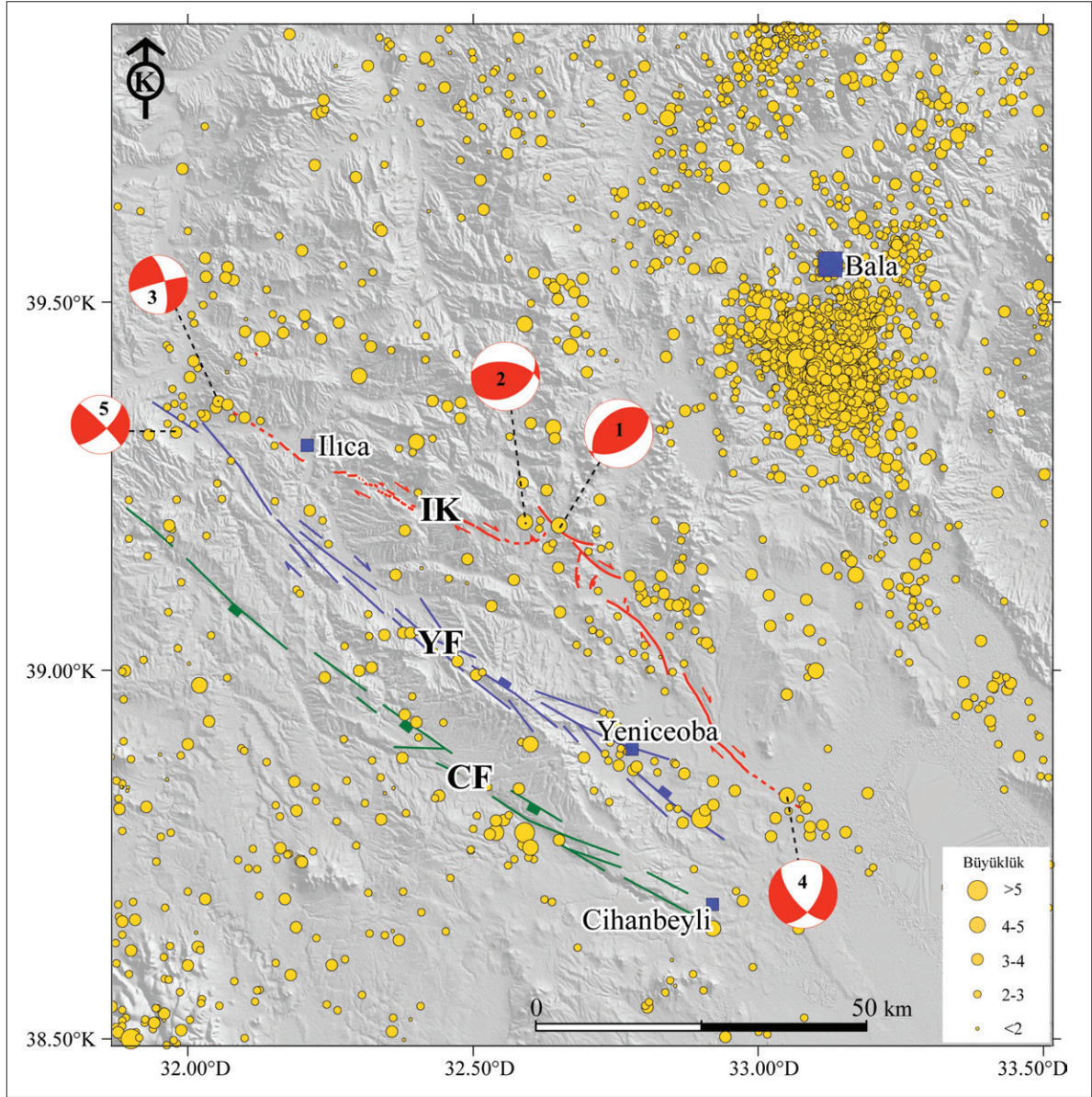




Şekil 9- a) SRTM gölgeli rölyef görüntüsü üzerinde Mangaldağı, Bumsuz, Kozanlı, Gözlek ve Pazarözü Fayları. A-A', B-B' ve C-C' topografik kesit hatlarıdır. Kesitler sol alt bölümde gösterilmektedir. Beyaz daire, fay düzleminin alt yarı küre eşit alan stereografik izdüşümüdür. Siyah ve beyaz oklar sırasıyla kısalmaya ve uzama yönlerini gösterir. Yer için şekil 1b'ye, açıklama için metne bakınız, b) Bumsuz Fayı üzerindeki makaslama zonu, c) Makaslama zonunda görülen bir doğrultu atımlı fay yüzeyi.



Şekil 10- (a) Demirözü-1 ve (b) Demirözü-2 kesit hatlarından alınmış sismik yansıma kesitleri. Üstte yorumlanmamış; altta yorumlanmış. Açıklama için metne, yer için şekil 7c'ye bakınız.



Şekil 11- Eskişehir Fay Zonu'nun güneydoğu bölümündeki deprem dağılımı. Kırmızı çizgi İlica kolunu (IK) gösterir. Mavi ve yeşil çizgiler sırasıyla Yeniceoba (YB) ve Cihanbeyli (CB) kollarını gösterir (Özsayın and Dirik, 2007). Deprem dışmerkez verisi, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün Türkiye'nin aletsel dönem depremlerini derlediği kataloğundan alınmıştır. Odak mekanizması çözümlerinin parametreleri çizelge 1'de verilmiştir.

Fay geometrisini tanımlamaya yönelik olarak, bazı yakın tarihli depremlerin sayısal kayıtları kullanılarak odak mekanizması çözüm analizi gerçekleştirilmiştir. Depremlerin odak mekanizması çözümlerini hazırlamak için, grid arama yöntemini kullanarak P dalgası ilk varışlarından ikili fay düzlem çözümlerini hesaplayan FPFIT (Reasenber ve Oppenheimer, 1985) yazılımı kullanılmıştır. IK'nin her iki ucunda yer alan üç depremin (06.03.2006,  $M = 3.1$ ; 13.12.2007,  $M = 4.9$  ve 29.05.2010,  $M = 3.1$ ) odak mekanizması çözümleri, IK ile uyumlu bir şekilde tipik bir doğrultu

atımlı fay geometrisi sunar (Şekil 11 ve çizelge 1). Bu depremlerin haricinde, IK'nin orta bölgesinde yer alan ve birbirini izleyen iki depremin (07.02.2004,  $M = 4.2$  ve 08.02.2004,  $M = 4.4$ ) odak mekanizması çözümleri ters faylanmayı gösterir (Şekil 11 ve çizelge 1). Bu bölgede ters faylanma olması, beklenen bir durumdur çünkü bu iki deprem de IK'nin doğrultusunun yaklaşık  $30^\circ$  değiştiği Mangaldağı ve Bumsuz fayları arasındaki sıkışmalı sıçrama alanı üzerinde yer alır (Şekil 9 ve 11).

Çizelge 1- Odak mekanizması çözümlerinin parametreleri.

No	Tarih (gg/aa/yyyy)	Zaman (GMT)	Enlem K (°)	Boylam D (°)	Der. (km)	Büy.	Düğüm düzlemleri			P		T	
							Doğ.1(°)	Eğ.1(°)	Kay.Aç.1(°)	Gidiş (°)	Dahm (°)	Gidiş (°)	Dahm (°)
							Doğ.2(°)	Eğ.2(°)	Kay.Aç.2(°)				
1	07/02/2004	19:26:19.20	39.1928	32.6547	2.0	4.2	60	50	100	143	5	23	81
							225	41	78				
2	08/02/2004	09:27:54.30	39.2037	32.5905	10.0	4.4	60	40	60	351	8	238	69
							277	56	113				
3	06/03/2006	20:18:35.85	39.3628	32.0570	17.2	3.1	255	85	-20	209	18	303	10
							347	70	-175				
4	13/12/2007	18:06:18.70	38.8267	33.0507	5.0	4.9	140	65	-140	360	45	263	6
							30	54	-31				
5	29/05/2010	13:47:12.07	39.3162	31.9940	7.2	3.1	315	85	160	3	10	269	18
							47	70	5				

## 5. Tartışma ve Sonuçlar

Sağ yanal doğrultu atımlı IK, uzaktan algılama, arazi gözlemleri, sismoloji ve sismik yansıma çalışmalarıyla tanımlanmıştır. IK, EFZ'nin güneydoğu bölümünü oluşturduğu düşünülen üç koldan biridir ve Ankara'nın batı ve güneybatısındaki Kazan ve Yenimehmetli arasında yer alan sıkışma yapılarını (kıvrımlar, gömülü ters faylar ve kama yapıları) güneyden sınırlar (Esat ve Seyitoğlu, 2010; Esat, 2011). IK sağ yanal doğrultu atımlı birçok fay ve ilişkili parçalarından oluşmaktadır. IK'nin tanımlanan bu yapısal özelliği, EFZ'yi oluşturan fayların karakteri üzerine farklı görüşler olduğu düşünüldüğünde önemli bir sonuçtur. Bazı çalışmalar EFZ'yi Bursa'dan Tuzgölü'nün batısına uzanan İnönü-Eskişehir Fay Sistemi olarak isimlendirmiştir (Özsayın ve Dirik, 2007, 2011). Bu çalışmalara göre Eskişehir, Ilıca, Yeniceoba ve Cihanbeyli kolları İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'ni oluşturur. Eskişehir ve Ilıca kolları sağ yanal doğrultu atım karakterindeyken, Yeniceoba ve Cihanbeyli kolları sırasıyla sağ yanal doğrultu atım bileşenli normal ve normal fay karakterindedir (Özsayın ve Dirik, 2007, 2011). Bununla birlikte EFZ'nin batı bölümü olan İnönü ve Eskişehir arasında yer alan diri fayları normal fay olarak tanımlayan araştırmacılar da bulunmaktadır (Yalıtırak, 2002; Koçyiğit, 2005; Ocakoğlu, 2007). Buna karşılık yakın zamanlı bir çalışma (Seyitoğlu vd., 2015), bu bölümdeki diri fayları yaklaşık K60°B doğrultusunda uzanan sağ yanal doğrultu atım karakterinde tanımlar. Eskişehir'in doğusu ile IK arasında kalan bölümdeki faylar da Selçuk ve Gökten (2012) tarafından normal bileşeni olan sağ yanal doğrultu atımlı olarak haritalanmıştır. Bu sonuçlar

ve IK ile ilgili kendi gözlemlerimiz, EFZ'nin baskın olarak sağ yanal doğrultu atımlı bir fay zonu olduğunu göstermektedir. Bu durumda EFZ'nin güneydoğu bölümünü oluşturduğu düşünülen Yeniceoba ve Cihanbeyli kollarının, her ne kadar morfolojik olarak bağlantılı gözükse de, normal fay karakterinde olmaları nedeniyle EFZ'den bağımsız faylar olarak değerlendirilmeleri daha uygun gözükmektedir.

KAFZ, EFZ ve KEFZ arasında yer alan ve bu ana doğrultu atımlı fay zonlarının etkisi altındaki KB-GD yönlü daralmayla ilişkili alan, "KB Orta Anadolu Daralma Bölgesi" adıyla neotektonik bir bölge olarak tanımlanmaktadır. EFZ, bu daralma bölgesiyle Batı Anadolu Genişleme Bölgesi arasındaki sınırı oluşturur (Esat ve Seyitoğlu, 2010; Esat, 2011). EFZ'nin doğudaki uzantısı olan IK, yukarıda da bahsedildiği üzere Ankara'nın batısından güneybatısına doğru uzanan daralma yapılarını sınırlamakta, kolun güneyinde daralma yapıları gözlenmemektedir (Şekil 1a; Esat, 2011). Sonuç olarak Orta Anadolu'daki daralmalı ve genişlemeli alanlar arasındaki bu sınır özelliği nedeniyle IK'nin bölgesel jeoloji için önemli bir anlamı vardır. Bununla birlikte, üzerindeki sismik etkinlik ve morfotektonik özellikleri IK'nin aktif bir yapı olduğunu da göstermektedir. Bu nedenle IK'nin başkent Ankara ve çevresinin deprem risk değerlendirmesinde önceki araştırmalarda tanımlanmış olan Yeniceoba ve Cihanbeyli faylarıyla birlikte dikkate alınması gerekmektedir.

## Katkı Belirtme

Bu çalışma Ankara Üniversitesi (proje no: 06B4343011) ve Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB)-Ulusal Deprem Programı

(UDP) (proje no: TUJJB-UDP-01-10) tarafından desteklenmiştir. Fay kinematik analizi için R.W. Allmendinger'in FaultKin yazılımı kullanılmıştır. Değerli katkılarından dolayı Timur Ustaömer ve adı belirtilmemiş diğer iki hakeme teşekkür ederiz.

### Değerlenen Belgeler

Altunel, E., Barka, A. 1998. Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere arasında neotektonik aktivitesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 41, 2, 41-52.

Barka, A., Reilinger, R. 1997. Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data. *Annali Di Geofisica* 40, 3, 587-610.

Başokur, A.T., Gökten, E., Seyitoğlu, G., Varol, B., Uluggerli, E., Işık, V., Candansayar, E., Tokgöz, E. 2002. Jeoloji ve jeofizik çalışmalar ışığında 03.02.2002 Çay (Afyon) depreminin mekanizması, hasarın nedenleri ve bölgenin deprem etkinliği. *Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayını*, 56 s.

Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C., Dirik, K. 1999. Structural evolution of the Tuz Gölü basin in Central Anatolia, Turkey. *Journal of Geology* 107, 693-706.

Dirik, K., Erol, O. 2003. Tectonomorphologic evolution of Tuzgölü and surrounding area, central Anatolia, Turkey. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Özel Sayı* 5, 27-46.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F., Kuşçu, İ. 2003. Surface faulting associated with the Sultandağı earthquake (Mw 6.5) of 3 February 2002, southwestern Turkey. *Seismological Research Letters* 74, 4, 382-392.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. 2011. 1/250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Ankara (NJ 36-2) Paftası, Seri No: 20, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Esat, K., Seyitoğlu, G. 2010. Neotectonics of north central Anatolia: a strike-slip induced compressional regime. *Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia Conference*, 4-8 October 2010, Ankara, 38.

Esat, K. 2011. Ankara çevresinde Orta Anadolu'nun neotektoniği ve depremselliği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, 144 s., Ankara (yayımlanmamış).

Esat, K., Çıvgın, B., Kaypak, B., Işık, V., Ecevitoglu, B., Seyitoğlu, G. 2014. The 2005-2007 Bala (Ankara, central Turkey) earthquakes: a case study for strike-slip fault terminations. *Geologica Acta* 12, 1, 71-85.

Ketin, İ. 1968. Relations between general tectonic features and the main earthquake regions of Turkey. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 71, 63-67.

Koçyiğit, A. 1991a. An example of an accretionary forearc basin from northern Central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neotethys in Turkey. *Geological Society of America Bulletin* 103, 22-36.

Koçyiğit, A. 1991b. Changing stress orientation in progressive intracontinental deformation as indicated by the neotectonics of the Ankara region (NW central Anatolia). *Turkish Association of Petroleum Geologists Bulletin* 3, 43-55.

Koçyiğit, A. 2005. The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey. *Geodinamica Acta* 18, 167-208.

Koçyiğit, A., Özacar, A.A. 2003. Extensional neotectonic regime through the NE edge of the outer Isparta Angle, SW Turkey: new field and seismic data. *Turkish Journal of Earth Sciences* 12, 67-90.

MTA. 2002. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Ankara Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Ocakoğlu, F. 2007. A re-evaluation of the Eskişehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 31, 91-103.

Okay, A.İ., Satır, M., Zattin, M., Cavazza, W., Topuz, G. 2008. An Oligocene ductile strike-slip shear zone: the Uludağ Massif, northwest Turkey - Implications for the westward translation of Anatolia. *Geological Society of America Bulletin* 120, 893-911.

Özsayın, E., Dirik, K. 2007. Quaternary activity of the Cihanbeyli and Yeniceoba Fault Zones: İnönü-Eskişehir Fault System, central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences* 16, 471-492.

- Özsayın, E., Dirik, K. 2011. The role of oroclinal bending in the structural evolution of the Central Anatolian Plateau: evidence of a regional changeover from shortening to extension. *Geologica Carpathica* 62, 4, 345-359.
- Reasenber, P., Oppenheimer, D. 1985. Fpfit, fpplot, and fpage: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault plane solutions. California, U.S. Geological Survey, Technical report.
- Selçuk, A.S., Gökten, E. 2012. Neotectonic characteristics of the İnönü-Eskişehir Fault System in the Kaymaz (Eskişehir) Region: influence on the development of the Mahmudiye-Çifteler-Emirdağ Basin. *Turkish Journal of Earth Sciences* 21, 521-545.
- Seyitoğlu, G., Esat, K., Temel, A., Telsiz, S. 2010. Determination of main strand of a strike-slip fault by using subsidiary structures: Eskişehir Fault Zone as a case study. *Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia Conference*, 4-8 October 2010, Ankara, 32.
- Seyitoğlu, G., Ecevitöglu, B., Kaypak, B., Güney, Y., Tün, M., Esat, K., Avdan, U., Temel, A., Çabuk, A., Telsiz, S., Uyar Aldaş, G. 2015. Determining the main strand of the Eskişehir strike-slip fault zone using subsidiary structures and seismicity: a hypothesis tested by seismic reflection studies. *Turkish Journal of Earth Sciences* 24, 1, 1-20.
- Şaroğlu F., Emre, Ö., Boray, A. 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri raporu. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 8174*, 394 s. Ankara (yayımlanmamış).
- Şengör, A.M.C. 1979. The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *Journal of the Geological Society, London* 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C. 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. *Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Serisi* 2, 40 s.
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F. 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication* 37, 227-264.
- Taymaz, T., Tan, O. 2001. Source parameters of June 6, 2000 Orta-Çankırı and December 15, 2000 Sultandağ-Akşehir earthquakes (Mw = 6.0) obtained from inversion of teleseismic P- and SH-body-waveforms. *Symposia on Seismotectonics of the North-Western Anatolia-Aegean and Recent Turkish Earthquakes*, 8 May 2001, İstanbul, 96-107.
- Türkönal, M. 1959. Note on the Ammonite-bearing beds in the various localities of Turkey-Part one: Ankara region. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 52, 68-75.
- Yaltrak, C. 2002. Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology* 190, 493-529.
- Yıldız, A., Ayyıldız, T., Sonel, N. 2001. Upper Maastrichtian-Paleocene biostratigraphy and palaeoecology in northwest Tuzgölü Basin (Karahoca-Mangaldağ-Yeşilyurt-Sarhalit area). *Yerbilimleri* 23, 33-52.

