



### 3 Şubat 2002 Çay (Afyon) Depremleri

#### February 3, 2002 Çay (Afyon) Earthquakes

Süha ÖZDEN

Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140, SİVAS  
(e-posta: sozden@cumhuriyet.edu.tr)

Kaan Şevki KAVAK

Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140, SİVAS

Fikret KOÇBULUT

Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140, SİVAS

Semir ÖVER

Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140, SİVAS

Haluk TEMİZ

Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140, SİVAS

#### Öz

3 Şubat 2002 tarihinde, Afyon ilinin Çay ve Sultandağı ilçeleri civarında, yerel saatle 09 <sup>11</sup> ve 11 <sup>26</sup>'da birbirini izleyen orta büyüklükte iki deprem meydana gelmiştir. Geniş bir alanda hissedilen bu depremlerde 45 kişi hayatını kaybetmiş, 300'ün üzerinde kişi yaralanmış ve yüzlerce bina yıkılmış ya da ciddi biçimde hasar görmüştür. Bu depremler; dışmerkezleri, yüzey kırıklarının durumları ve hasar dağılımları göz önüne alınarak, Çay depremleri olarak isimlendirilmiştir. USGS verilerine göre, depremlerden birincisi ve asıl yıkıcı olan depremin dışmerkezi, Çay ilçesi yakın civarında yer almaktadır. Bu deprem sonucunda gözlenen 080° doğrultulu yüzey kırığı en az 2 km uzunluğa ve 35 cm düşey yer değiştirmeye sahip bir normal faylanmayla oluşmuştur. İlk depremden iki saat sonra oluşan depremin dışmerkezi Çay'm hemen batısında yer alan Kadıköy dolayına düşmektedir. İkinci depremin odak çözümü ve arazi verileri, 020° doğrultulu ve 10 cm düşey yer değiştirmeye sahip yine bir normal fay 1 anmayı vermektedir. Çay'ın batısında yer alan Kadıköy'de gözlenen ve yaklaşık 1 km uzunluğundaki ikinci depremin yüzey kırıklarının, ilk depremin yüzey kırıklarına yaklaşık olarak dik doğrultuda olması, bu depremin ilk Çay depreminin tetiklediği farklı bir fayın hareketiyle oluştuğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Batı Anadolu, Çay depremleri, aktif tektonik, normal faylanma

#### Abstract

The Sultandağı-Çay (Afyon) and surrounding regions were affected by two destructive earthquakes occurred on February 3, 2002 at 9.11 and 11.26 respectively. These events caused 45 deaths and damaged hundreds of buildings. These earthquakes are called as Çay earthquakes with respect to surface ruptures, epicenters and damage distributions. USGS data indicate that first destructive main shock which was located near Çay town. 080° trending observed surface rupture of this first event represents at least 2 km length and have a vertical displacement of 35 cm. The epicenter of latter, which was happened two hours later, locates around Kadıköy village. Focal mechanism solution and field evidences indicate that presence of a 020° normal faulting with a vertical displacement of 10 cm. We assume that the first event (Mw=6.2) probably have a role of triggering on the 020° trending fault movement because of the forming of two ruptures normal to the each other.

*Key words: Western Anatolia, Çay earthquakes, active tectonics, normal faulting*

## GİRİŞ

3 Şubat 2002 tarihinde, Afyon'un Çay ve Sultandağı ilçeleri civarında, birbirlerini kısa aralıklarla takip eden ve hemen hemen tüm Orta ve Batı Anadolu'da hissedilen, 6.2 (M<sub>w</sub>) ve 6.0 (M<sub>w</sub>) büyüklüğündeki depremler sonucunda 45 kişi hayatını kaybetmiş, bir çok yapı yıkılmış ya da ciddi hasar görmüştür. Depremlerin meydana geldiği bölgede en çok etkilenen yerleşim birimleri, doğuda Sultandağı ilçesinden başlamak üzere batıya doğru Eber, Çay, Maltepe ve Kadıköy'dür (Şekil 1). Çay depremlerinin odak çözüm mekanizmaları, oluş zamanı, derinlik ve büyüklük gibi parametrelerine ait veriler; DAD, Kandilli, HARWARD, ETHZ ve USGS gibi bir çok farklı deprem kayıt merkezi tarafından sunulmuştur. Kandilli Rasathanesi, Çay depreminin 38.581 K enlemi ile 31.248 D boylamında, 5 km derinlikte ve 6.0 (M<sub>d</sub>) büyüklüğünde olduğunu belirtmektedir. USGS'den elde edilen verilerde ise, birbirini takip eden iki depremden söz edilmekte, ilk depremin yerel saatle 09 <sup>11</sup>'de, ikinci depremin ise 11 <sup>26</sup>'da gerçekleştiği belirtilmektedir. USGS verilerine göre bu depremlerden birincisinin ve asıl yıkıcı olan depremin dışmerkezi, 38.521 K enlemi ile 31.156 D boylamının kesiştiği Çay ilçesi civarına düşmektedir. Odak derinliği 22 km olan bu deprem, Çay ilçesi civarında en önemli yüzey kırıklarını oluşturmuştur. İkinci Çay depreminin enlemi 38.646 K, boylamı 30.819 D olup Çay'ın hemen batısına düşmekte ve 4 km'lik bir odak derinliği sunmaktadır. En büyük yüzey kırıklarının Çay ilçesi civarında olması, ilk ve büyük depremin dış merkezinin Çay ilçesine yakın bir noktaya düşmesi nedeniyle bu depremler Çay depremleri olarak isimlendirilmiştir.

Çay depremleri ile birlikte bölgenin neotektonik dönemden günümüze nasıl şekillendiği ilgi çekmiştir. Depremlerden hemen sonra, birçok yerbilimci (örneğin Başaktır vd., 2002; Demirtaş vd., 2002; Emre vd., 2002; Özden vd., 2002 ve Ulusay vd., 2002); yüzey kırıkları, hasar dağılımı ve zemin özellikleri gibi değişik konularda bölgede incelemelerde bulunmuşlardır. Bunun yanı sıra deprem bölgesini içerisine alan ve aynı zamanda İsparta açısının doğu kesiminin tektonik yapılanmasını ele alan bir çok çalışma bulunmak-

tadır (Boray vd., 1985; Şaroğlu vd., 1987; Barka vd., 1995; Koçyiğit vd., 2000).

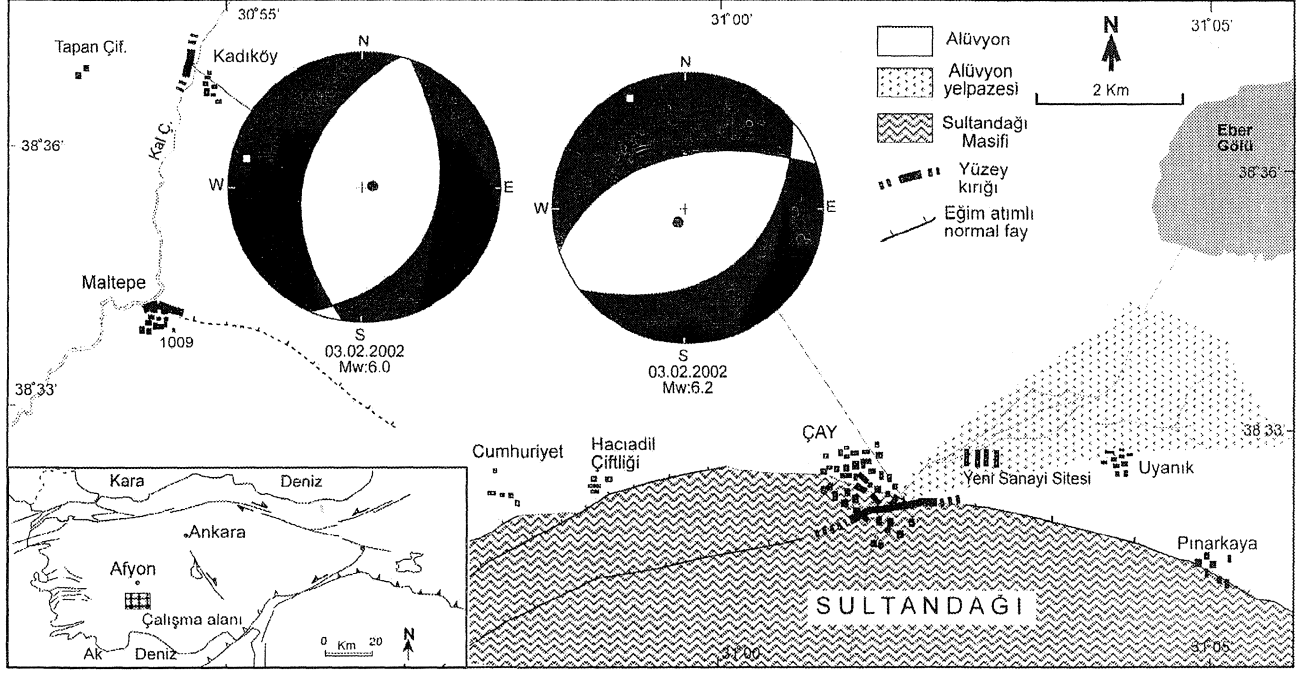
Bu çalışmada, Çay depremlerinde oluşan yüzey kırıklarının durumları, yer değiştirme miktarları ve depremleri oluşturan fayların oluşum mekanizmaları incelenmiştir.

## BÖLGESEL JEOLJİK KONUM

Deprem bölgesi, Sultandağları'nın hemen kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1). Bu bölgedeki en önemli jeolojik yapılar; Sultandağı Masifi'nin oluşturduğu yükselti alanları ile bu yükseltileri kuzeyden ve doğudan sınırlayan, Eber ve Akşehir göllerini içinde barındıran yaklaşık olarak 4-20 km genişliğe ve 90 km uzunluğa sahip Akşehir havzası ya da Akşehir-Afyon Grabeni'dir (Koçyiğit vd., 2000). Yörede Sultandağı Masifi kayaları, Jura öncesi yaşa sahip, çoğunlukla mermer, kalkşist ve kuvarsitlerden oluşan metamorfik kayalarla temsil edilmektedir. Masifin kuzeydoğusunu oluşturan ova kesiminde ise Alt Miyosen ve sonrası yaşlı akarsu-göl çökelleri yüzeylemektedir (Koçyiğit vd., 2000). 1921 Argıthanı, 1946 Argıthanı-İlgın (Eyidoğan vd., 1991) ve 5,9 büyüklüğe sahip 15 Aralık 2000 Akşehir-İlgın depremleri grabende meydana gelen önemli depremleri oluşturmaktadır.

Bölgeye Orta-Batı Anadolu'nun tektoniği açısından bakıldığında; İsparta açısının doğu kesiminin neotektonik gelişimi konusunda farklı görüşlerin olduğu dikkat çekmektedir. Bu görüşlerin ilkinde, İsparta açısının doğu kenarının Sultandağı Bindirmesi ile sınırlandırıldığı ve İsparta açısının kuzey ve doğu kesiminde Pliyo-Kuvaterner'de D-B doğrultulu sıkışmanın varlığı savunulmaktadır (Boray vd., 1985; Şaroğlu vd., 1987; Barka vd., 1995). Buna karşın Koçyiğit vd. (2000) tarafından ortaya konan ikinci görüşte ise, İsparta açısının doğu kesiminin sıkışmalı bir tektonik rejimle şekillendiği ancak Neotektonik dönem yapılarının açılmalı bir tektonik rejim altında geliştiği ve Sultandağları'nın kuzey ve doğu sınırının günümüzde bir verrev atımlı normal fay karakterinde olduğu ifade edilmektedir (Şekil 1). Aynı araştırmacılar, bu faylar arasında şekillenen grabeni sınırlayan verrev atımlı Akşehir ve Karagöztepe fay zonlarının bölgedeki son açılma

### 3 ŞUBAT 2002 ÇAY (AFYON) DEPREMİ



**Şekil 1.** 3 Şubat 2002 Çay depremlerinin yüzev kırıklarının dağılımını ve USGS tarafından verilen deprem odak çözümlerini gösterir yalınlaştırılmış jeoloji haritası (1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritasından yalınlaştırılmış ve kısmen değiştirilmiştir).

*Figure 1. Simplified geologic map showing the locations of surface ruptures and focal mechanism solutions obtained from USGS of the 03 February 2002 Çay earthquakes (simplified and partly modified from 1/500.000 scale geologic map of Turkey).*

rejimini temsil ettiğini ve Pliyosen'den günümüze kadarda bu rejimin devam ettiğini ortaya koymuşlardır. Demirtaş vd. (2002), benzer şekilde bölgedeki en genç jeolojik yapıyı, Sultandağı fay sistemi (Sultandağı ve Üçkuyu fayları arasında) içerisinde gelişmiş bir yarı graben olarak yorumlamaktadırlar.

#### YÜZEY KIRIKLARI VE ATIM DAĞILIMLARI

3 Şubat 2002 tarihinde meydana gelen Çay depremleri sonrası, Sultandağı ilçesinden batıda Kadıköy'e kadar olan alan içerisinde, farklı doğrultularda ve uzunluklarda, üç farklı bölgede yüzev kırıkları gözlenmiştir (Şekil 1). İlk ve ana Çay depremi sonrası en büyük yüzev kırığı, Çay ilçesi civarında meydana gelmiştir. Bu yüzev kırığı Çay ilçe merkezi içerisinde yaklaşık 2 km kadar izlenebilmiştir (Şekil 1 ve 2a). Çay depremi yüzev kırığının en iyi gözlendiği Yaka mahallesindeki yol

üzerinde en büyük düşey yer değiştirme 35 cm olarak ölçülmüştür. Yüzev kırığı, bu bölgede yüzev leyan Sultandağı Masifi 'n in en üst kesimlerini oluşturan kıvrımlı kristalize kireçtaşı seviyeleri ile alüvyon yelpazesi çökellerinin dokanağı boyunca yer almaktadır (Şekil 2a).

Yüzev kırıklarının gözlendiği ikinci lokasyon Çay'ın batısında yer alan Maltepe köyüdür. Burada gözlenen yüzev kırıkları 080°-110° doğrultulu olup kırığın kuzeyindeki blok güneyine göre yaklaşık olarak 20 cm düşmüştür. Maltepe-Kadıköy yolunu kesen yüzev kırıkları daha batıda kollara ayrılarak bataklık alan içerisinde devam etmektedir. Maltepe köyü doğusunda 080° doğrultusunda izlenen bu kırıklar üzerinde küçük ölçekli düşey atımlar da saptanmıştır (Şekil 2b). Çay ve Maltepe yüzev kırıkları arasındaki ilişki sahada gözlenememekle birlikte aynı doğrultulu olmaları ana şokla aynı anda oluştuklarını göstermektedir.

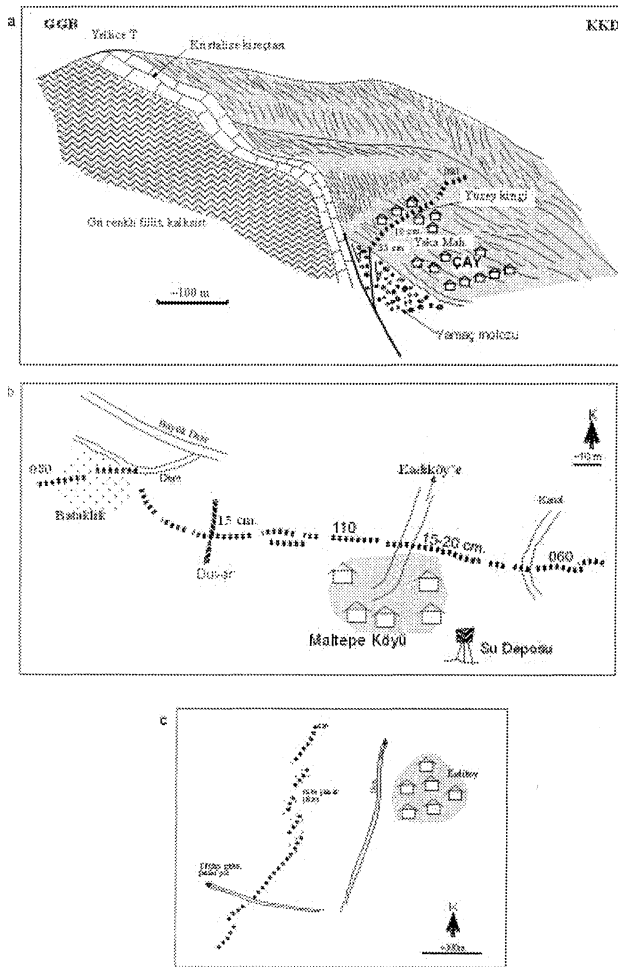
Ana Çay depreminden sonra meydana gelen ikinci depremin yüzey kırıkları, Çay ilçesinin kuzeybatısında yer alan Kadıköy'ün batısında saptanmıştır. Bu bölgede 020° doğrultusunda yaklaşık 1 km uzunluğunda gözlenen kırık üzerinde, doğudaki bloğun batıdakine göre 5-10 cm civarında düşey atımlar kazandığı gözlenmiştir. Bu yüzey kırığı Kadıköy yakın batısında, kuzey

ucunda birbirine paralel kırıklar şeklinde devam etmektedir (Şekil 2c).

İnceleme alanına oldukça yakın olan Dinar ve çevresini etkileyen 1 Ekim 1995 depreminde oluşan yüzey kırıklarının dağılımı ile Çay depremlerindekiler karşılaştırılabilir özellikler göstermektedirler. Dinar depreminde ana faya paralel olarak yaklaşık 10 km lik bir yüzey kırığı oluşmuştur (Barka ve Eyidoğan, 2000). Çay depreminde oluşan ana yüzey kırığı da benzer şekilde Sultandağı Fayı'na paralel olarak gelişmiştir. Dinar ve Çay depremleri eski bir kırığın yeniden hareketlenmesi şeklinde gelişmiş ve her iki depremde de ana fayın tavan bloğunda ve ana faya dike yakın doğrultuda yeni yüzey kırıkları oluşmuştur. Bu yüzey kırıkları Dinar'da yeni bir depremle ortaya çıkmazken, Çay civarında yeni bir depremle meydana gelmiştir.

#### HASAR DAĞILIMI

3 Şubat 2002 tarihinde Afyon'un güney-doğusunda yer alan Sultandağı ile Çay ilçeleri civarında oldukça geniş bir kesimi etkileyen bu depremlerde Eber, Çay ve Maltepe köylerinde hasar yoğunlaşmaktadır. Hasar dağılımı, Sultandağı Masifine ait temel kayaları ile sınırlı olan ova kesimindeki alüvyon zeminde ve kötü yapılaşmaya sahip yerleşim birimlerinde gözlenmektedir. Betonarme binalar açısından bakıldığında, en büyük hasarın Çay ilçesi yeni sanayi sitesinde olduğu belirlenmiştir. Bu sitenin yer aldığı bölgede meydana gelen hasar, sivilaşmaya neden olabilecek bir zemin özelliğine bağlı olmayıp, kullanılan malzemenin inşaat açısından yetersizliğinden ve yarı rezonans olayından kaynaklanmaktadır (Başokur vd., 2002). Kırsal alandaki yerleşim birimlerindeki yapılarda oluşan hasarlar ise birkaç farklı nedene bağlı olarak gelişmiştir. Bunların en önemlileri arasında; yapılarda kullanılan yöresel nitelikteki malzemelerin kalitesizliği, ova kesiminde yer ivmesinin daha büyük olması ve deprem sonrası oluşan yüzey kırıklarına olan uzaklık sayılabilir (Şekil 1).



Şekil 2. 3 Şubat 2002 Çay depremlerinde oluşan yüzey kırıklarının a) Çay ilçe merkezi, b) Maltepe köyü ve c) Kadıköy'deki dağılımlarını gösterir saha krokisi ve enine jeoloji kesitleri.

Figure 2. Plan view and cross-section showing the locations of surface breaks of the 03 February 2002 Çay earthquakes in a) Çay city center b) village of Maltepe and c) Kadıköy.

## TARTIŞMA ve SONUÇLAR

3 Şubat 2002 Çay depremleri, birbirinden bağımsız iki ana şokla meydana gelmiştir. Birinci şok, 080° doğrultusunda ve Akşehir fayına paralel olarak meydana gelen normal faylanmayı göstermektedir. Çay'ın 25 km doğusunda, Akşehir Gölü kuzey kenarında yer alan Tınas Tepe'de yapılan saha gözlemleri (Şekil 3 a ve b), aktif faylanmayı gösteren taze fay düzleminin varlığını kanıtlamaktadır. Bu fay düzlemi kristalize, breşik kireçtaşları ile bu birimden türemiş yarı pekişmiş yamaç molozlarının sınırında yer almaktadır. Bu düzlem üzerinde ölçülen fay-atım verilerinin Carey (1979) yöntemi ile değerlendirilmesi, KKB-GGD doğrultulu açılmayı vermektedir (Şekil 3 b). Çay ilçe merkezi içerisinde gözlenen yüzey kırığı da benzer açılma yönünü işaret etmektedir. USGS tarafından verilen deprem odak çözümlenmesi ve saha gözlemleri, Çay ilçesi doğusunda Akşehir Gölü'nün kuzey kenarındaki bölgede ana genişleme yönünün KKB-GGD olduğunu ortaya koymaktadır. Ana Çay şokundan sonra oluşan ikinci depremin odak çözümlenmesi ise KKD-GGB doğrultulu fay düzlemleri üzerinde BKB-DKD doğrultulu açılmayı vermektedir (Şekil 1). Saha gözlemleri, odak çözümlenmesinde belirtilen KKD-GGB doğrultulu yüzey kırıklarının Kadıköy dolayında varlığını göstermektedir. Birbirini izleyen ve yaklaşık olarak birbirine dik açılma yönleri veren depremlerin oluşumu, ilk depremden sonra Akşehir Fayı'nın tavan bloğundaki gerilme birikiminin ilk açılma yönüne paralel olan fayı tetiklemesi ile açıklanabilir (Şekil 4).

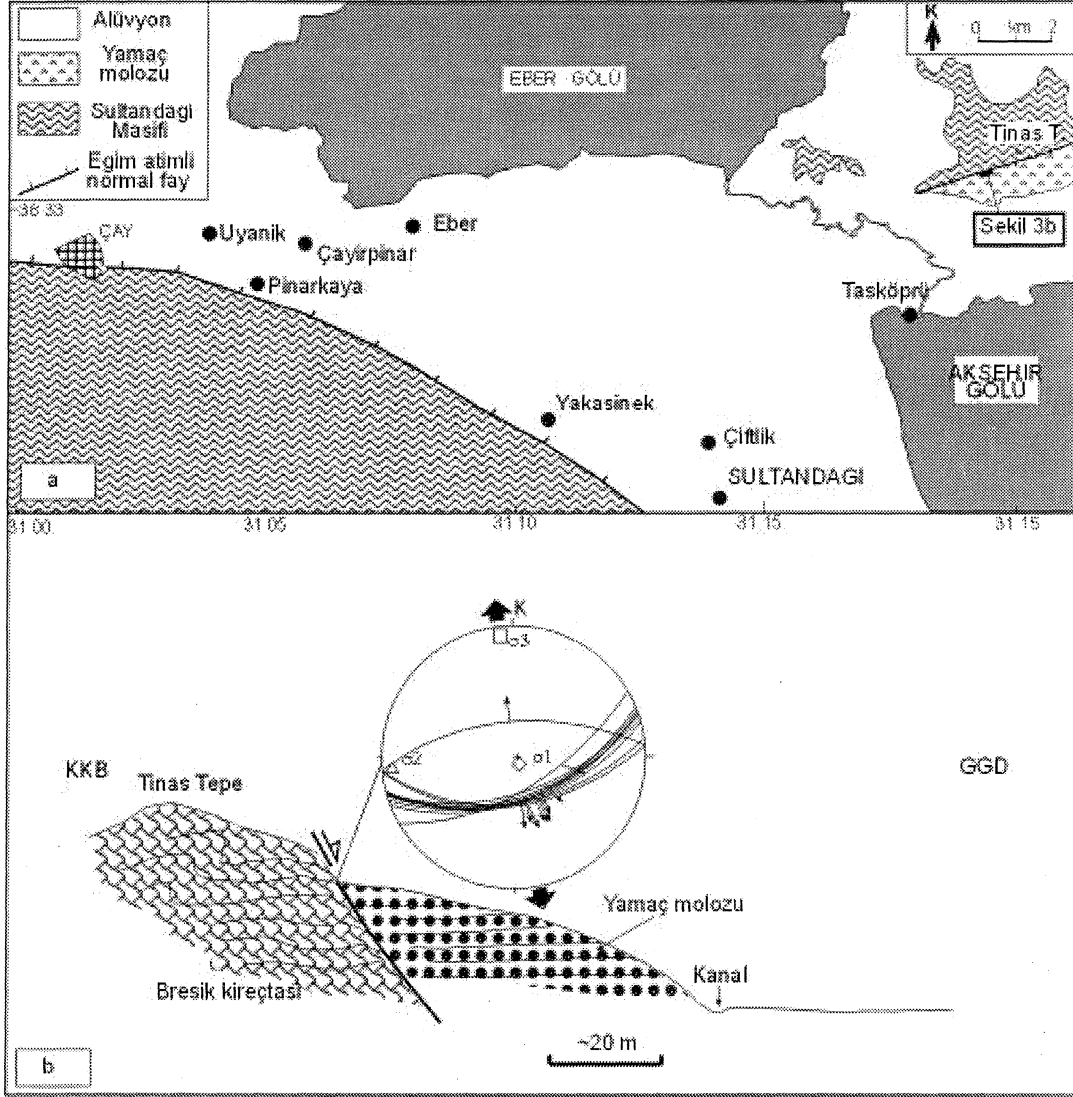
Yukarıda ayrıntılı olarak incelenen Çay depremlerinin odak çözümlenmeleri, yüzey kırıkları üzerindeki atım verileri ve taze fay düzlemlerinden elde edilen fay-atım verilerinin değerlendirilmesi, İsparta açısının doğu kenarında güncel gerilme durumunun açılma nitelikli olduğunu ortaya koymaktadır.

## KATKI BELİRTME

Yazarlar, makalenin değerlendirilmesi aşamasında, bilimsel görüş ve katkılarından dolayı Prof Dr. Gürol SEYİTOĞLU 'na ve makaleyi inceleyen diğer hakemlere teşekkür ederler.

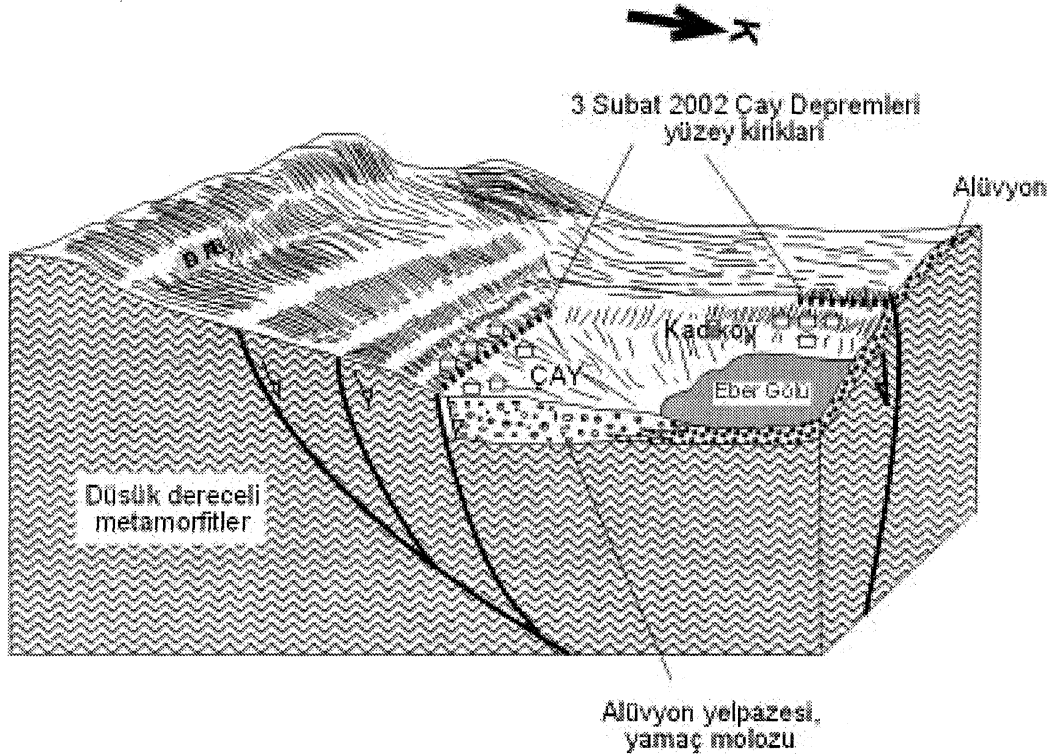
## EXTENDED SUMMARY

The Sultandağ-Çay (Afyon) and surrounding regions were damaged by two destructive earthquakes, which occurred on February 3, 2002 at 9.<sup>11</sup> and 11.<sup>26</sup> respectively. They caused 45 deaths and damaged about hundred of buildings. Damage distributions which have been observed in Eber, Çay and Maltepe, were related to alluvial ground, bad constructions and collapsing of rural area buildings between the border of plains and Sultandağ Massif. According to USGS data, the first main event was located at Çay town (38.521 N - 31.156 E) which was determined have an Mw=6.2 magnitude and occurred at a depth of 22 km. The focal mechanism solution gives a normal faulting according to 080° trending surface rupture observed approximately 2 km long around Çay and Maltepe towns. The observed maximum vertical displacement is about 35 cm on the Çay segment of this surface rupture. This event was probably reactivated by an old normal fault approximately 080° trending which bordered Akşehir-Afyon graben on the east. According the USGS, the second event is located at the west of the Kadıköy village (38.646 N - 30.819 E) two hours later. It was occurred at 4 km depth having a magnitude of 6.0 (Mw). Approximately 1 km length surface rupture was created by this second shock and maximum vertical displacement measured on this 020° trending surface rupture is about 10 cm. We assume that the first event (Mw=6.2) probably played a role of triggering on the 020° trending normal fault along which the second event (Mw=6.0) was occurred.



Şekil 3 (a). Afyon ili Çay ve Sultandağı ilçeleri çevresinin yalınlaştırılmış jeoloji haritası (b)Çay'ın 25 km doğusunda yer alan Tinas tepede yüzeyleyen ve Akşehir gölünü kuzeyden sınırlayan fay düzleminin konumunu gösterir enine jeolojik kesit (Lokasyon için Şekil 3a'ya bakınız). Stereografik izdüşüm, fay düzlemi üzerinde ölçülen fay-atım verilerinin Carey (1979) yöntemiyle değerlendirilmesini göstermektedir (Wulff ağı alt yarımküre izdüşümü).

Figure 3 (a). Simplified geological map of the area around the Çay and Sultandağı towns (b)Cross-section showing a fault plane located 25 km east of Çay in Tinas hill bordering Akşehir Lake in the north (see Fig. 3 a for location). Stereo graphic plot showing determination of fault-slip data measured from this fault plane by Carey (1979) method (Wulff net lower hemisphere projection).



Şekil 4. 3 Şubat Çay depremlerinin birbirine dik iki fay üzerindeki kırılma ile oluşumunu gösterir şematik blok diyagram (Ölçeksiz).

Figure 4. Schematic block diagram showing the origin of Çay earthquakes on two faults normal to each other (not to scale).

## DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F and Şengör, A.M.C., 1995, The İsparta Angle: Its importance in the neotectonics of the Eastern Mediterranean Region. International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, 9-14 October 1995, Proceedings, v.1, 3-17.

Başokur, A., Gökten, E., Varol, B., Seyitoğlu G., Uluggerli, E., Işık V., Candansayar, E., ve Tokgöz, E., 2002, Jeolojik ve jeofizik çalışmalar ışığında 03.02.2002 Çay (Afyon) depreminin mekanizması, hasarın nedenleri

ve bölgenin deprem etkinliği. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 56 sayfa, Ankara.

Boray, A., Şaroğlu, F., ve Emre, Ö., 1985, İsparta bölükünün kuzey kesiminde Doğu-Batı daralma için bazı veriler. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 23, 9-20.

Carey, E., 1979, Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles. Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys. Paris, 21, 1, 57-66.

- Demirtaş, R., İravul, Y. ve Yaman, M., 2002, 3 Şubat 2002 Eber ve Çay depremleri ön raporu. Jeoloji Mühendisliği Haber Bülteni, 2002/1-2, 58-63.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F. ve Kuşçu, İ., 2002, 03 Şubat 2002 Sultandağı Depremi ön değerlendirme raporu, [www.mta.go.tr/deprem/afyon.htm](http://www.mta.go.tr/deprem/afyon.htm).
- Eyidoğan, H. ve Barka, A., 1996, October 1, 1995, Dinar earthquake, western Turkey, Terra Nova, 8,479-485.-
- Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z. ve Değirmenci, 1991, Türkiye Büyük Depremleri Makro Sismik Rehberi (1900-1988). İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü yayını.
- Koçyiğit, A., Ünay, E. ve Saraç, G., 2000, Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west Central Anatolia and İsparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey. In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. & Piper, J.D.A. (eds.) Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications, 173,405-412.
- Özden, S., Kavak, K., Ş., Koçbulut, F., Över, S., ve Temiz, H., 2002, 3 Şubat 2002 Çay (Afyon) depremleri. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, sy. 218-219, Ankara.
- Şaroğlu, F., Boray, A. ve Emre, O., 1987, Active faults of Turkey. MTA raporu no. 8643, 394s (yayımlanmamış).
- Ulusay, R., Kasapoğlu, K., Dirik, K. ve Gökçeoğlu, C., 3 Şubat 2002 Sultandağı (Afyon) Depremi Saha İnceleme Raporu. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 44s.

Makale Geliş Tarihi : 06 Mayıs 2002  
 Kabul Tarihi : 08 Ağustos 2002  
 Received : May 06, 2002  
 Accepted : August 08, 2002





