

# 3 ŞUBAT 2002 ÇAY (AFYON) DEPREMİNİN KAYNAĞI VE AĞIR HASARIN NEDENLERİ: Akşehir Fay Zonu

(Jeolojik ön Rapor)



**Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi**  
**Jeoloji Mühendisliği Bölümü**  
Tektonik Araştırma Birimi

Prof. Dr. Ali Koçyiğit

Doç.Dr. Erdin Bozkurt

Yar.Doç. Nuretdin Kaymakçı (KOÜ, Jeoloji Mü. Böl.)

Dr. Fuat Şaroğlu (TPAO)

**18.02.2002**



## TEŞEKKÜR

3 Şubat 2002 tarihinde ve yerel saatle 9.11 de Afyon iline bağlı Çay ilçesinde Mw=6.2 büyüklüğünde yıkıcı bir deprem olmuştur . Depremin yol açtığı ağır hasarı, hasarın nedenlerini ve depremin kaynağını araştırmak üzere, bölümümüz Tektonik Araştırma Biriminden Prof.Dr. Ali Koçyiğit, Doç.Dr. Erdin Bozkurt, TPAO'dan Dr. Fuat Şaroğlu ve Kocaeli Üniversitesinden Yar.Doç. Nuretdin Kaymakcı'dan oluşan araştırma ekibimiz 4 Şubat 2002 (Pazartesi) günü saat 14'de Ankaradan hareket ederek aynı gün saat 17.30'da deprem bölgesine varmıştır. 5,6 ve 7 Şubat günleri, bir taraftan tüm deprem bölgesi ve yakın çevresinde deprem ile ilgili araştırmalarda bulunan ekibimiz, diğer taraftan da depremden etkilenen ilçe ve beldelerin yöneticileri ile görüşmüş, gerekli öneri ve bilgi alış-verişinde bulunmuştur. 7 Şubat (2002) akşamı, saat 21.00 sıralarında Ankara'ya dönen araştırma ekibimiz topladıkları tüm bilgileri ve daha önceden var olan bilgi birikimlerini, toplumun tüm kesimleri ile paylaşmak için, bu bilgileri içeren bir ön jeolojik rapor hazırlamışlardır.

Araştırma ekibimize her türlü desteği sağlayan, başta üniveristemiz rektörü sayın Prof.Dr. Ural Akbulut olmak üzere, Mühendislik Fakültesi dekanı Prof.Dr. Yıldırım Üçtuğ'a ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü başkanı sayın Prof.Dr. Nurkan Karahanoğlu'na teşekkür ederiz. Ayrıca, deprem bölgesindeki çalışmalarımız sırasında ekibimize konaklama yeri sağlayan Afyon İli sayın valisine ve sayın Özel Kalem Müdürüne'de teşekkürlerimizi sunarız.

## İÇİNDEKİLER

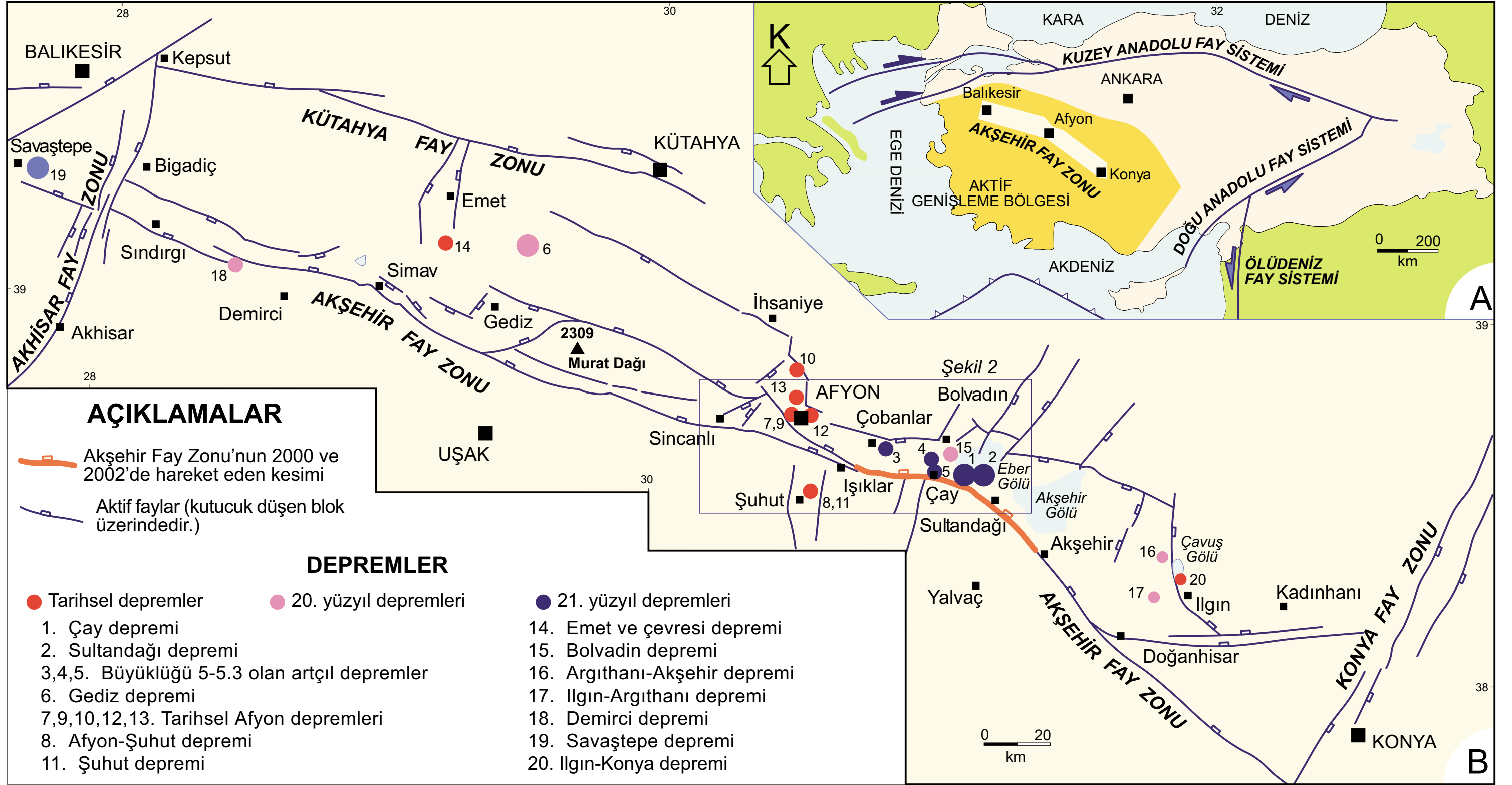
<b>3 ŞUBAT 2002 ÇAY (AFYON) DEPREMİNİN KAYNAĞI VE AĞIR HASARIN NEDENLERİ: Akşehir Fay Zonu .....</b>	<b>3</b>
<b>Giriş.....</b>	<b>3</b>
<b>Çay (Afyon) Depreminin Kaynağı: Akşehir Fay Zonu.....</b>	<b>6</b>
<b>Yüzey Kırıkları ve Faylanmanın Geometrisi.....</b>	<b>7</b>
<b>Akşehir Fay Zonu'nda Gelecekte Deprem Bekleniyor mu ? .....</b>	<b>11</b>
<b>Ağır Hasar ve Can Kaybının Nedenleri .....</b>	<b>12</b>
<b>Sonuç ve Öneriler .....</b>	<b>14</b>
<b>Değinilen Belgeler .....</b>	<b>17</b>

# 3 ŞUBAT 2002 ÇAY (AFYON) DEPREMİNİN KAYNAĞI VE AĞIR HASARIN NEDENLERİ: Akşehir Fay Zonu

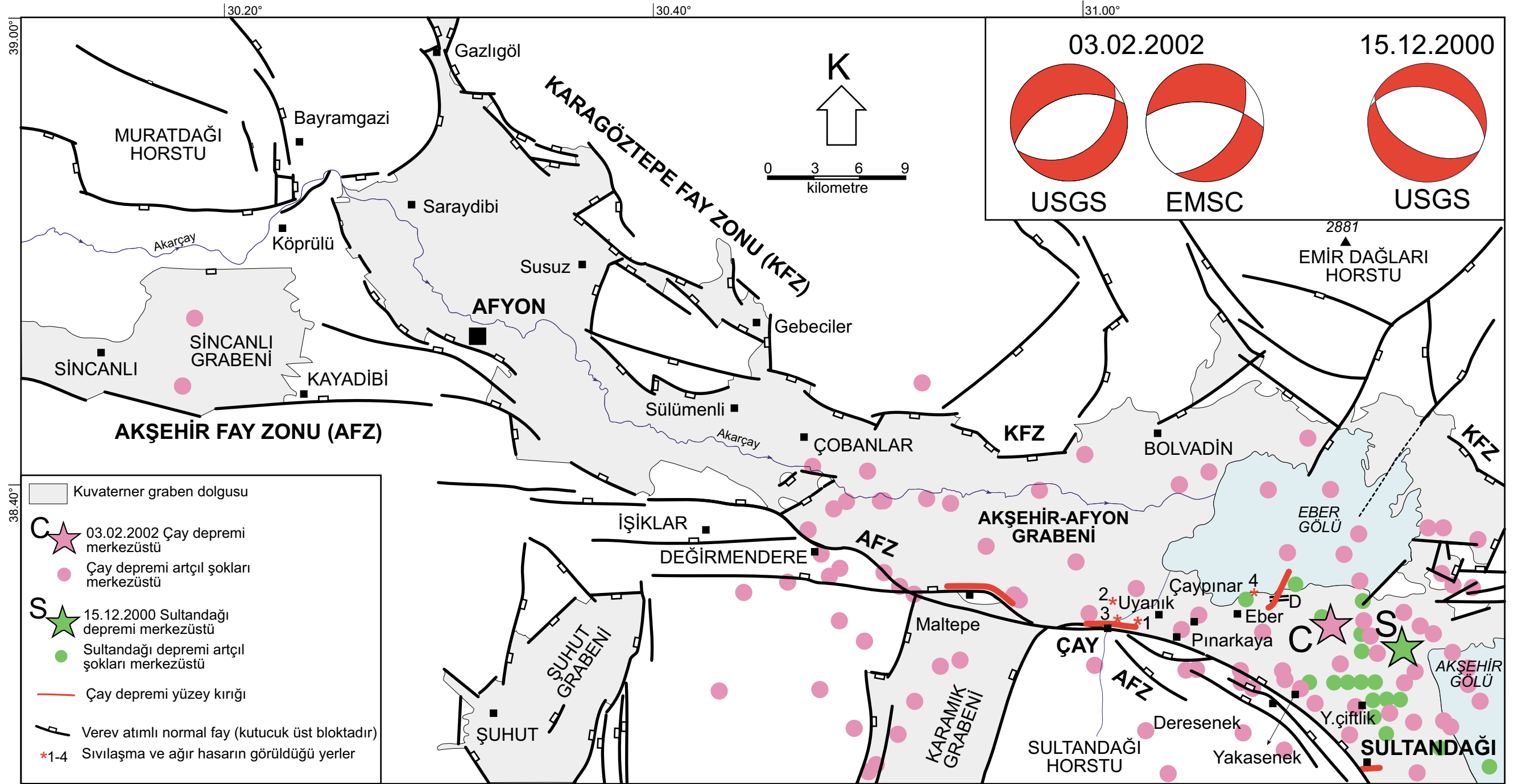
## Giriş

3 Şubat 2002 tarihinde ve yerel saatle 9.11 de Afyon ili sınırları içinde yıkıcı bir deprem olmuştur. İlk aletsel verilere göre (BÜ. Kandilli Rasathanes' ve Deprem Araştırma Enstitüsü) depremin merkezüstü Eber gölünün güney kıyısı (Şekil 1 de 1), büyüklüğü ise  $M_d = 6.0$  dır. 15 Aralık 2000 yılında, yaklaşık aynı yerde ve  $M_w = 6.0$  büyüklüğünde bir deprem (Şekil 1 de 2) daha olmuştu (Taymaz ve Tan, 2001). Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün aletsel verilerine göre 2002 depreminin merkezüstü, 15 Aralık 2000 Sultandağı depreminin merkezüstüne göre daha doğuda yer almakta, diğer uluslararası kayıt istasyonlarının verilerine göre ise (Birleşik Devletler Jeolojik Araştırmalar, Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü ) durum tersidir. Ana şokun ardından, aynı gün ve yerel saatle 11.26, 13.39 ve 13.45 de, büyüklükleri sırayla  $M_d = 5.3, 5.2$  ve  $5.0$  olan üç artçıl deprem daha olmuştur (Şekil 1 de 3, 4 ve 5). Deprem, komşu illerden Konya, Niğde, Aksaray, Ankara, Eskişehir, Kütahya ve Antalya'da da hissedilmiş ve yaklaşık çapı 60 km olan bir daire içinde önemli hasar ve can kaybına yol açmıştır Gerek arazide yerinde yapılan incelemeler, gerekse diğer kaynaklardan elde edilen ve resmi olmayan ilk verilere göre Çay'da 25, Sultandağı'nda 15, Çobanlar'da 2, Bolvadin'de 1 ve Sincanlı'da 1 olmak üzere toplam can kaybı 44, yaralı sayısı 320, tümüyle yıkılmış, ağır-orta ve hafif olmak üzere değişik derecede hasar görmüş olan her türden toplam yapı sayısı ise 5000 nin üzerindedir.

Gerek can kaybı gerekse ağır hasar sırayla Çay, Sultandağı, Çobanlar, Bolvadin ve Sincanlı ilçelerinde ve Eber Kasabası'nda yoğunlaşmıştır (Şekil 2). Sincanlı dışındaki diğer beş yerleşim biriminin coğrafik ve jeolojik konumlarına bakıldığında, bu ana yerleşim birimleri ve onlara bağlı belde ve köylerin hemen hemen tümünün, 4-20 km genişlikte ve 90 km uzunluktaki *Akşehir-Afyon Grabeni* (kenarları normal faylarla sınırlı çöküntü alanı) içinde ve grabeni sınırlayan ve denetleyen aktif faylar (Akşehir ve Karagöztepe Fay Zonları) üzerinde yer aldığı görülür (Şekil 1) (Koçyiğit ve diğ. 2000). Depremi can kaybı olmadan hafif hasarla atlatan diğer yerleşim birimleri ise, grabenin dışında yer alır. Gerek can kaybı ve hasarın daha yüksek oluşu, gerekse depreme yol açan fayın yüzeyde oluşturduğu yüzey kırıklarının en iyi geliştiği yerlerden birisinin Çay ilçesi oluşu nedeniyle, 3 Şubat 2002 tarihinde ve saat 9.11 de oluşan depreme *Çay (Afyon) depremi* adı verilmiştir.



Şekil 1. A) Türkiye ve yakın çevresini etkileyen önemli fay sistemleri. B) Akşehir Fay Zonu ve bu zon içinde gelişmiş önemli depremleri gösteren yalınlaştırılmış harita.



Şekil 2. Afyon ve yakın çevresinin sismotektonik haritası.



## Çay (Afyon) Depreminin Kaynağı: Akşehir Fay Zonu

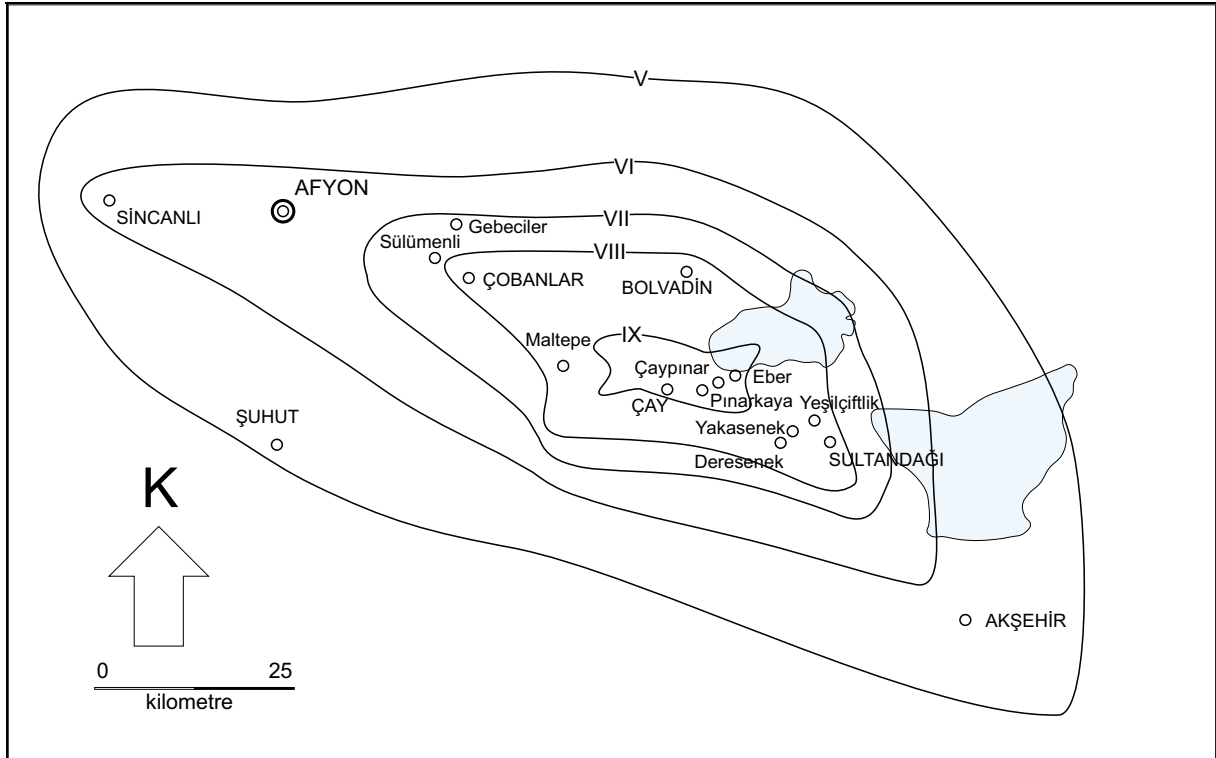
Çay depremi, Akşehir Fay Zonu'nun doğuda Sultandağı ile batıda Işıklar köyü yakın kuzeyi arasında uzanan ve ana fayı oluşturan yaklaşık 48 km uzunluğundaki segmentinin aktif hale gelmesi sonucu oluşmuştur (Şekil 1). Gerek artçıl deprem episantırlarının dağılımı, gerekse fay üzerinde oluşan harekete bağlı olarak gelişmiş olan yüzey çatlaklarının boyutu, gidişi ve dağılımı bu sonucu kuşkuyla yer bırakmayacak biçimde kanıtlamaktadır. Ayrıca, yüzey kırıkları üzerinde yer yer 20 cm ye varan düşey atımlar da gelişmiştir. Akşehir Fay Zonu ilkin Koçyiğit (1984) tarafından adlanmış olup, doğuda Konya ili güneyi ile batıda Savaştepe (Balıkesir) ilçesi arasında uzanır (Şekil 1). Fay zonunun genel gidişi BKB-DGD olup toplam uzunluğu 420 km dir. Akşehir Fay Zonu 1-50 km uzunluğunda, sık aralıklı, birbirine paralel-yarı paralel uzanımlı ve çoğunlukla vevv atımlı çok sayıda normal faydan oluşur (Şekil 2) ve eğim miktarı derinlikle azalan listrik (kürek biçimli) fay niteliğindedir. Fay zonu içinde yaklaşık K-G , KD-GB ve KB-GD gidişli ve daha kısa boyutlu çok sayıda ikincil faylar da vardır (Koçyiğit ve diğ. 2000).

Akşehir Fay Zonu, özellikle  $M_s=7.1$  büyüklüğündeki 28 Mart 1970 Gediz depremi (Şekil 1 de 6) ve onu izleyen zamanda oluşan artçıl deprem episantırlarının batıda Savaştepe ile doğuda Afyon ili yakın batısında yoğunlaşması ve çizgisel bir dizilim göstermesiyle çok sayıda yerli ve yabancı araştırmacının ilgisini çekmiştir (Ambraseys ve Tchalenko, 1972). İlkin Atalay (1975), fay zonunun Sultandağı kesiminin jeomorfolojisini ayrıntılı biçimde incelemiş fakat fayı adlamamıştır. Güneydoğuda Konya ile batıda Sındırgı arasında uzanan zonu, bu zondaki fayların geometrisini ve fayların aktif olup olmadıklarını inceleyen Koçyiğit (1984) ise, bu sismik zonu, fayların en iyi gözlemlendiği yerlerden birinin adıyla önce “*Akşehir Fayı*”, daha sonra da *Akşehir Fay Zonu* olarak adlanmış ve fayın özellikle Afyon-Doğanhisar arasında kalan kesiminin gelecekteki yıkıcı depremler için bir potansiyel alan (sismik boşluk) olduğunu vurgulamıştır (Koçyiğit ve diğ. 2000). Nitekim belirtilen bu alan içinde, makalenin yayımlanmasından yaklaşık altı ay sonra (15 Aralık 2000)  $M_w = 6.0$  büyüklüğündeki *Sultandağı depremi*, bir yıl yedi ay sonra da (3 Şubat 2002)  $M_w = 6.5$  büyüklüğündeki *Çay*

*depremi* oluşmuştur. Fay zonunun Afyon ile Akşehir arasında kalan kesimini incelemiş olan Boray ve diğ.(1985) ve Şaroğlu ve diğ. (1987) ise, bu kesimi “*Sultandağı Fayı*” olarak yeniden adlamışlar ve aktif bir bindirme (sıkışma) yapısı olarak yorumlamışlardır. Benzer şekilde Barka ve diğ. (1995) de, Çay deprem bölgesini de içine alan



tüm Isparta Açısının sıkışma türü bir neotektonik rejimin denetiminde bulunduğunu vurgulamışlar ve Akşehir-Afyon Grabeni'nin güney kenarını sınırlayan fayı bir bindirme yapısı (sıkışma yapısı) olarak yorumlamışlardır. Ancak, gerek saha gözlemleri, gerekse son iki depremin odak mekanizması çözümleri (Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü 2000, Birleşik Devletler Jeoloji Araştırmaları 2002, Taymaz ve Tan, 2001, Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi, 2002), Akşehir Fay Zonu ve onu oluşturan ana fayın, çok küçük doğrultu atım bileşeni olan verrev atımlı normal bir fay olduğunu bir kez daha kanıtlamış ve böylece, ilkin Koçyiğit (1984) tarafından saptanıp yayımlanan yorumu doğrulamışlardır.



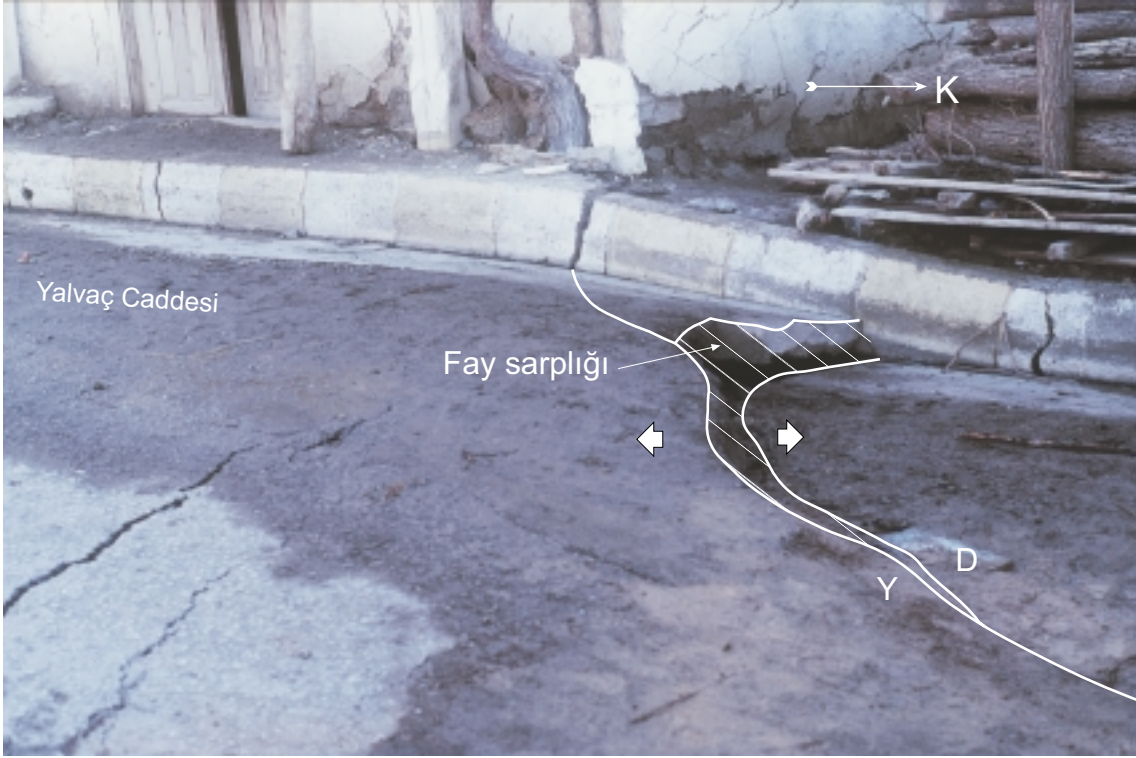
Şekil 3. Eşhasar haritası.

## Yüzey Kırıkları ve Faylanmanın Geometrisi

Akşehir-Afyon grabeni içinde 15 Aralık 2000 tarihinde ve yerel saatle 16.44 de  $M_w = 6.0$  büyüklüğünde bir deprem olmuş, bu depremin merkezüstü Eber gölünün güneydoğu ucu, odak derinliği ise 5-10 km olarak belirlenmişti (Şekil 2 de S) (USGS, 2000). Bu deprem sırasında herhangi bir yüzey kırığı oluşmamış, bununla birlikte, Akşehir ilçesi kuzeyinde yer alan Adsız beldesi ve Yaşarlar köyünde önemli yapı hasarları olmuştur. Ancak, Bolvadin, Sultanadağı ve Çay ilçeleri ve bunlara bağlı köy ve beldelerde hasar olmamakla birlikte, deprem çok kuvvetli biçimde hissedilmiş ve aşırı sarsıntı nedeniyle yapı elemanlarında, yıkılmasa bile, önemli zayıflamanın olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Depremi izleyen iki haftalık süre içinde, bölgede büyüklüğü 2.5-4.6 arasında değişen 30 civarında artçıl

deprem olmuştur (BÜ. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırması Enstitüsü, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Enstitüsü kayıtları). Artçıl deprem episantrlarının dağılım ve yoğunlaşma biçimi, 15 Aralık 2000 Sultandağı depreminin, Akşehir Fay Zonu'nun Sultandağı ile Akşehir arasında kalan yaklaşık 25 km uzunluğundaki bir kesiminin hareket etmiş olduğunu ve depremi oluşturduğunu kanıtlamıştır (Şekil 1 ve 2).

Sultandağı depreminden yaklaşık bir yıl 19 gün sonra (3 Şubat 2002) ve yerel saatle 9.11 de yine Akşehir-Afyon grabeni içinde ikinci bir deprem daha olmuştur. Çay Depremi olarak adlanan bu ikinci sismik etkinliğin merkezüstü yine Eber gölü güney sahili (Şekil 2), büyüklüğü  $M_w = 6.0-6.5$ , odak derinliği ise 14-22 km arasında değişmektedir (USGS, 2002; EMSC, 2002; Taymaz ve Tan, 2002), süresi ,se yaklaşık 13 saniyedir. Deprem sırasında başta Çay ilçesi olmak üzere Sultandağ, Çobanlar, Bolvadin ilçeleri ile Eber, Çaypınar, Pınarkaya, Yakasenek, Deresenek, Cumhuriyet, Yeşilçiftlik, Sülümenli ve Gebeciler belde ve köylerinde ağır hasar ve can kaybı olmuştur (Şekil 3). Dört ayrı yerde, deprem sırasında oluşmuş, uzunluğu 100 m ile 3 km arasında değişen yüzey kırıkları gözlenmiştir. Bu yerler doğudan batıya doğru Sultandağı ilçe merkezi, Eber gölü güney sahilindeki Oğuzhüyüğü tepe, Çay ilçesi ve daha batıda yer alan Maltepe köyüdür (Şekil 2). Yüzey kırıklarının dağılımı ve geometrisi, Akşehir-Afyon Grabeni güney kenar fayının yüzey izinin sunduğu geometri ile hemen hemen aynıdır. Kırıklar yer yer 15 km genişliğinde ve 100-150 m uzunluğunda yeni graben yapıları da oluşturmuştur. Yüzey kırıkları üzerindeki düşey atım miktarı 1-22 cm arasında, yatay yer değiştirme miktarı ise 1-5 cm olup, çatlak duvarları arasındaki açıklık mm ile 12 cm arasında değişir (Şekil 4 ve 5). Kırıkların genelde kuzey blokları aşağı düşmüştür. Diğer taraftan kırıkların genel gidişi, Akşehir-Afyon grabenini güneyden sınırlayan ana faya hemen hemen paralel olup D-B, KB ve BGB arasında değişmektedir. Yüzey kırıkları sürekli olmayıp kesikli şekilde izlenmektedir. Kırıkların gözlendiği en doğu nokta ile en batı nokta arasındaki uzaklık yaklaşık 30 km dir. Diğer taraftan, Çay depremi ana şoku ardından geçen 12 günlük süre içinde büyüklükleri  $M_d = 2.1-5.3$  arasında değişen 103 adet artçıl deprem kayıt edilmiştir (BÜ. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi). Artçıl depremler doğuda Sultandağı ilçesi yakın doğusu ile batıda Çobanlar ilçesi arasında ve çoğunlukla graben içinde yoğunlaşmış bulunmaktadır (Şekil 2). Ayrıca depremden ağır hasar gören ve can kaybı olan yerleşim birimleri de yine 60 km uzunluğundaki bir zon içinde (doğusunda Sultandağı ilçesi, batıda ise Sülümenli-Gebeciler arası) yer almaktadır. Sonuç olarak, oluşan yüzey kırıklarının dağılım biçimi, toplam uzunluğu ile artçıl deprem merkezüstlerinin ve hasarın yoğunlaştığı alanın uzunluğu, Akşehir Fay Zonunun Sultandağı ile Işıklar-Çobanlar arasında kalan kesimin



Şekil 4. Çay ilçe merkezinde yaklaşık G-K gidişli Yalvaç Caddesini enine kesen yüzey kırığının yakından görünümü. Y: Yükselen blok, D: Düşen (22 cm) blok.

hareket ettiğini ve Çay depreminin oluşumuna yol açtığını kanıtlamıştır. Böylece 15 Aralık 2000 Sultandağı ile 03 Şubat 2002 Çay depremleri sonucu, Akşehir-Afyon Grabeninin güney kenarını sınırlıyan AFZ'nun ana fayının toplam 65km lik bir kesimi hareket etmiş ve bölgede önemli enerji serbestlenmesi olmuştur. Her iki depremin merkezüstünün Eber Gölü güney kıyısında ve bir birine çok yakın oluşu ve artçıl depremlerin sırayla doğuya ve batıya doğru yoğunlaşması, deprem sırasında, hareketin neden olduğu yüzey kırığı gelişiminde yine sırayla doğuya ve batıya doğru olduğu, ancak 15 Aralık 2000 depreminde kırılma yüzeye kadar gelişmemiş olmasına karşın, 03 Şubat 2002 depreminde kırılma yer yer yüzeye kadar gelişmiş ve 22 cm'ye varan düşey atımlar oluşmuştur. Her iki depremin odak mekanizması çözümleri, depremin çok az sağ yanal doğrultu atım bileşeni olan verrev atımlı normal bir faylanmadan kaynaklandığını ortaya koymuştur (CALTECH, 2000; USGS, 2000,2002; EMSC, 2002, Taymaz ve Tan 2001, 2002) (Şekil 2). Böylece, daha önce iddia edildiğinin aksine bölgesel ölçekte Isparta Açısının, daha küçük ölçekte ise Akşehir-Afyon Grabeninin güney kenarını sınırlıyan fayın bindirme (sıkışma) değil, verrev atımlı normal bir fay olduğu bir kez daha kanıtlanmıştır (Atalay, 1975; Koçyiğit, 1984; Koçyiğit ve diğ., 2000). Ayrıca artçıl şok, deprem yüzey kırığı ve ağır hasar dağılımı hep birlikte değerlendirildiğinde, AFZ ana fayı üzerindeki hareketin Afyon ilinin yaklaşık 20 km doğusuna kadar devam ettiğini, daha batıda ise herhangi bir enerji serbestlenmesinin olmadığı sonucuna varılır (Şekil 2).

Bununla birlikte, artçıl depreme pisantrlarının, Akşehir-Afyon Grabeni ile dike yakın açıda kesişen Karamık Grabeni içinde de yoğunlaştığı gözlenmektedir. Nitekim, Eber Gölü kıyısında gözlenen yüzey kırıkları (muhtemelen göl içinde de devam etmekte, çünkü gölü kaplayan buzlar KKD gidişli bir zon halinde kırılmıştır) KKD doğrultuludur. Bu gözlemler, hem Eber gölü çevresindeki Kızılboğaz Grabeni, hem de Çay batısındaki Karamık Grabeni kenar faylarının da az da olsa hareket ettiklerini göstermektedir (Şekil 2) (Koçyiğit ve diğ., 2000).



Şekil 5. Maltepe köyü yakın kuzeyinde gelişmiş olan, yaklaşık D-B gidişli yüzey kırıklarının kar içindeki görünümü.

## Akşehir Fay Zonu'nda Gelecekte Deprem Bekleniyor mu ?

Akşehir Fay Zonu'nda gerek tarihi dönemlerde, gerekse 1900 lü yıllarda, şiddeti X'a, büyüklüğü ise  $M_s = 7.1'$  e erişen, çok sayıda can kaybı ve ağır hasara yol açan yıkıcı deprem olmuştur (Ergin ve diğ. 1967, Soysal ve diğ. 1981). Tarihsel depremler arasında 94(viii), 1767 (vii), 1795 (viii), 1862 (viii), 1863 (X), 1873 (vi), 1876 (IX) ve 1896 (viii) gibi depremler sayılabilir (Şekil 1 de 7, 8,9,10,11,12,13 ve 14 nolu depremler). Bunlardan özellikle 7, 9, 10, 12 ve 13 nolu depremler Afyon ili yakın çevresinde yoğunlaşmış olup, 10, 11 ve 13 nolu depremler yıkıcı niteliktedir. Akşehir Fay Zonu içinde 1900 lü yıllarda da yıkıcı depremler oluşmuştur (Grabert 1971, Eyidoğan ve Jackson 1985, Eyidoğan ve diğ. 1991). Bunlar 1914 Bolvadin, 1921 Argıthanı-Akşehir, 1946 Ilgın-Argıthanı, 1969 Demirci ve 1970 Gediz depremleridir (Şekil 1 de 6, 15, 16, 17 ve 18 nolu depremler). Özetle Akşehir Fay Zonu, gerek tarihsel gerekse güncel depremlerin de kanıtlamış olduğu gibi, gerek jeolojik gerekse sismik bakımdan aktif, 7 büyüklüğüne kadar deprem üretebilen normal bir fay zonudur. Şekil 1B deki yalınlaştırılmış fay haritasına bakıldığında, fayların, güneydoğudan kuzeybatıya doğru, beş ayrı bölgede, fay üzerindeki hareketi güçleştirip fayların kilitlemesine ve bu nedenle de enerji birikimine yol açan geometri oluşturdukları görülür. Bu kilitleme bölgeleri Doğanhisar-Ilgın arası, Eber gölü çevresi, Afyon ili yakın batısı, Gediz ilçesi çevresi (Muratdağı yükseliminin batı kesimi) ve Sındırgı batısında Akhisar Fay Zonu ile Akşehir Fay Zonu'nun kesiştiği alan ve çevresidir. Yukarıda da kısaca açıklanmış olduğu gibi, tarihsel depremlerin önemli bir kesimi ile 1900 lü depremler ve son güncel depremler (2000, 2001 ve 2002 depremleri) genelde bu tür kilitleme yerlerinde oluşmuştur. Bunlardan Sındırgı-Savaştepe çevresinde küçük büyüklükte de olsa 1998 yılından beri sismik etkinlik sürmektedir.  $M_s = 5$  büyüklüğündeki 22 Haziran 2001 depremi (Şekil 1 de 19 nolu deprem) bu etkinliğin en belirgin olanıdır ve bu kesimde deprem tehlikesi henüz tam olarak sona ermemiştir. Gediz çevresi  $M_s = 7.1$  büyüklüğündeki 28 Mart 1970 depremiyle deprem tehlikesini belirli bir süre için atlatmıştır. Afyon ili ve yakın çevresine gelince, bu bölge sismik boşluk özelliğini korumaktadır. Daha doğuda yer alan Doğanhisar-Argıthanı-Ilgın çevresinde sırayla  $M_s = 5.4$  ve  $5.5$  büyüklüğündeki 1921 ve 1946 depremleriyle önemli miktarda enerji boşalımı (serbestlemesi) olmuştur. Ancak tam bir serbestlemenin olduğunu söylemek zordur. Eber Gölü ve yakın çevresinde ise, 15 Aralık 2000 Sultandağı ve 3 Şubat 2002 Çay depremleri ve onların artçıl şokları ile önemli miktarda enerji boşalımı gerçekleşmiş olup, bu bölge deprem tehlikesini büyük ölçüde atlatmış gözükmektedir. Özetle Afyon ili yakın çevresi, Şuhut ve Sındırgı-Bigadiç-Savaştepe üçgeninde yeni depremler beklenebilir.

## Ağır Hasar ve Can Kaybının Nedenleri

Tüm Türkiye genelinde olduğu gibi, Afyon ili ve çevresinde de ağır hasar ve can kaybının ana iki nedeni **Yanlış yere yerleşim ve Çarpık yapılaşmadır**. Yanlış yere yerleşim ve çarpık yapılaşma şu dört unsuru içermektedir: (1) yıkıcı deprem üreten aktif fay üzerine ya da ona çok yakın yerleşim (normal faylar da hasarın en çok olduğu aşağı düşen blok üzerine yerleşim), (2) deprem parametrelerini etkileyen (olumsuz yönde değiştiren) kalın ve gevşek zemin üzerinde yerleşim, (3) suya doymun ince taneli gevşek zemin üzerinde yerleşim (Sıvılaşma) ve (4) bitişik düzende ve sık aralıklı, plansız-projesiz (denetimsiz) yapılaşma (örneğin: birbirine bitişik kerpiç ya da taş yığma, tek ya da iki katlı binalar ile sıvılaşma potansiyeli yüksek zemin üzerine yapılmış çok katlı betonarme binalar).

Şekil 1A ve 1B den açıkça görüldüğü gibi Afyon ili ve ona bağlı değişik büyüklükteki yerleşim birimleri, normal faylanma ile karakterize edilen ve aktif yer kabuğu genişlemesinin devam ettiği güneybatı Türkiye’de yer alır. Hemen hemen tüm Güneybatı Türkiye’de olduğu gibi, Afyon çevresinde de, Afyon ili ve ona bağlı yerleşkelerin %80 ni, kenarları aktif normal faylar ile sınırlı çöküntü alanı içinde yer alır (Şekil 2). Akşehir-Afyon Grabeni olarak adlanmış olan bu çöküntü alanı 400 m’ye erişen pekişmemiş havza dolgusuna (alüvyal malzeme) sahiptir. Havza dolgusu, grabenin özellikle güney kenarındaki dikçe eğimli dağlık alandan graben içine akan derelerin taşıyıp getirdiği ve graben kenarında biriktirdiği iri taneli alüvyon yelpazelerinden ve ince taneli taşkın ovası ile bataklık sedimanlarından (ince taneli kum, silt, kil ve çamur) oluşmaktadır (Şekil 6). Diğer taraftan, özellikle eriyen karlar nedeniyle yeraltı su tablası da yüzeye çok yakın ve yer yer yüzeyde olup, henüz pekişmemiş havza dolgusunu su ile doymun hale getirmiştir. Suyu doymun ince taneli gevşek sediman (zemin) bir taraftan deprem parametrelerinde (özellikle genlik, periyod, yer ivmesi ve sismik dalgaların hızında) olumsuz yönde önemli miktarda değişimlere yol açmakta, diğer taraftan ise sıvılaşmaya neden olmaktadır. Çay ilçesi güneyi, Çobanlar, Eber beldesi ve çevresinde sıvılaşmanın geliştii gözlenmiştir (Şekil 7,8). Bu yüzden, suya doymun gevşek zemin üzerindeki yapıların çoğu deprem sırasında ya tümüyle yıkılmış ya da ağır hasar görmüştür. Nitekim Çay ilçesi’nde en çok hasar ve yıkımın olduğu yer Sanayi Sitesi ile Çay Belediyesi Yeşilçay Yapı Kooperatifi’ne ait çok katlı betonarme binalardır (Şekil 9,10). Çünkü her ikisi de Çay Irmağı’nın yer yer sıvılaşmış gevşek sedimanları (zemini) üzerinde kuruludur.

*Depremi yıkıcı etkisini artıran gevşek zemin üzerine yerleşim özel yapılaşmayı gerektirir ve ekonomik değildir.* Başka bir deyişle Türkiye’deki toplum bireylerinin gelir düzeyleri özel yapılaşma için yetersizdir. Bu nedenle, zorunlu kalınmadıkça, yıkılan yapılar yine aynı yere yapılmamalı ve yukarıda belirtilen ilk üç olumsuz koşulu taşımayan sağlam

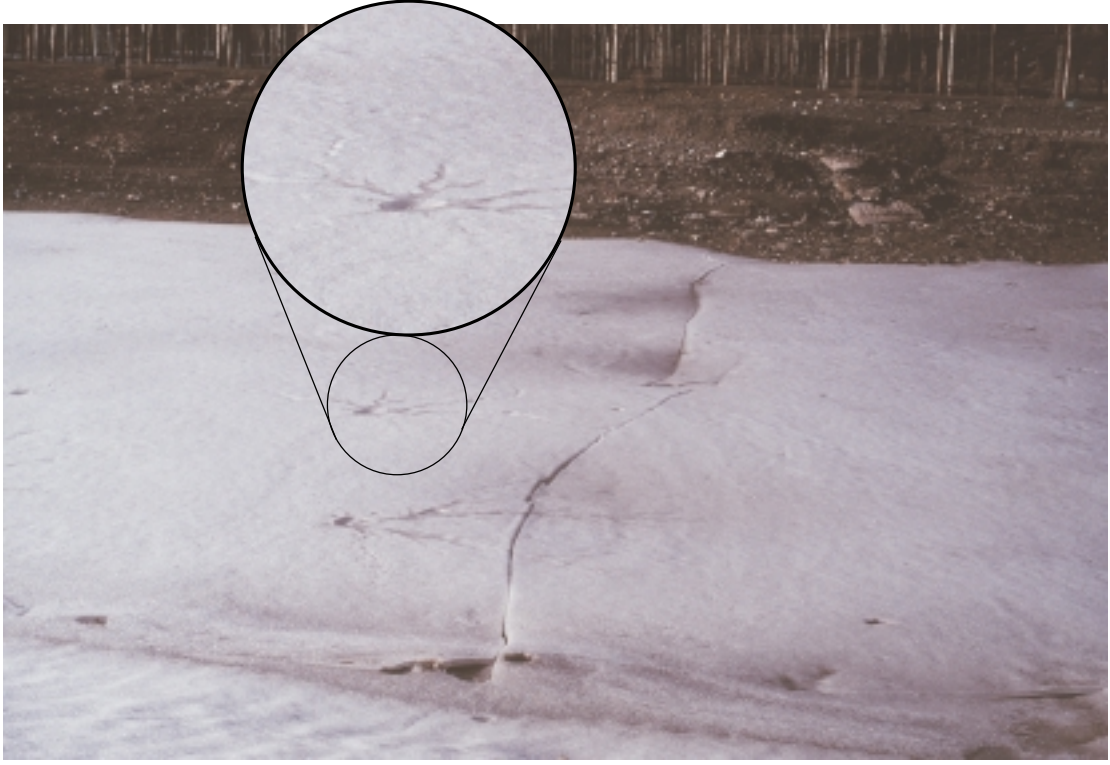


zeminler üzerine projeli ve denetimli yerleşim ve yapılaşmaya gidilmelidir. Bu tür yerlerin saptanması ve yapı denetimi için yapılacak harcamalar, depremin yol açtığı maddi kayıplar yanında önemsenmeyecek derecede azdır. “Yanlışın neresinden dönülürse kazançtır” öz deyişinden hareket edilirse, ortalama 150-300 yıllık bir zaman dilimi içinde doğru yere yerleşim gerçekleşir. Böylece en azından gelecek nesillerin yaşamı garantiye alınmış olur.

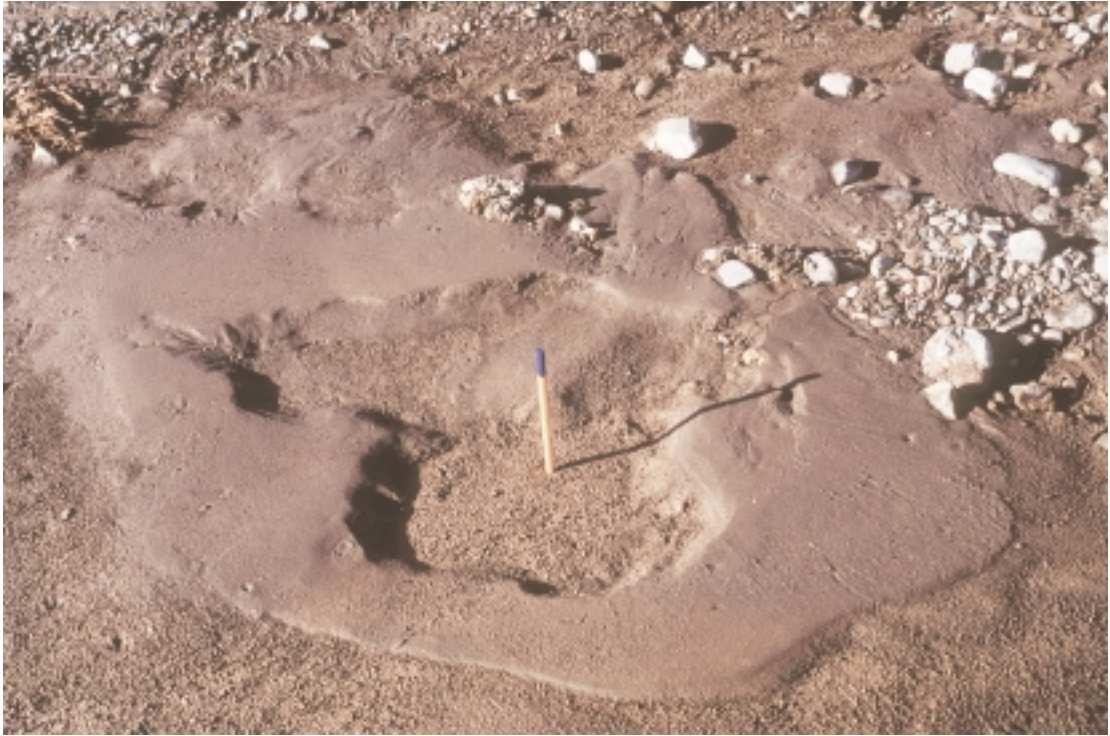


Şekil 6. Akşehir-Afyon Grabeni dolgusunu ve yerleşim birimlerinin zeminini oluşturan pekişmemiş sedimanlar. (Yer Çobanlar ilçesi kuzey-batısı)





Şekil 7. Çay deresinin taşkın ovasında gelişmiş sıvılaşma yapısı.



Şekil 8. Çay deresinin yatağında gelişmiş sıvılaşma yapısı.

## Sonuç ve Öneriler

Akşehir Fay Zonu doğuda Konya ili güneyi ile batıda Savaştepe arasında uzanan yaklaşık 420 km uzunlukta BKB gidişli verrev atımlı bir normal fay topluluğudur. Bu fay zonu içerisinde hareketin kilitlendiği beş ayrı yer bulunmaktadır. Bunlar; Doğanhisar-İlgın arası,

Çay-Eber Gölü çevresi, Afyon batısı, Gediz çevresi, ve Sındırgı-Savaştepe arasındır. Bu bölgeler enerji birikim alanıdır. Tarihsel ve güncel depremlerin çoğunun bu alanlarda oluşması bu gözlemi doğrulamıştır..



Şekil 9. Çay Sanayi Sitesindeki, tümüyle yıkılmış tek katlı betonarme yapılardan birisinin yakın görünümü.



Şekil 10. Çay ilçesi güneyindeki sıvılaşma kapasitesi yüksek zemin üzerinde kurulu tümüyle yıkılmış 9 katlı betonarme binanın yakın görünümü.

3 Şubat 2002 tarihinde oluşan Çay depremi, 15 Aralık 2000 Sultandağı depremi gibi, Akşehir-Afyon Grabenini güneyden sınırlıyan Akşehir Fay Zonu ana fayının doğu da Sultandağı ile batıda Işıklar-Çobanlar arasındaki yaklaşık 40 ( $\pm 8$ ) km uzunluğundaki kesiminin hareket etmesinden kaynaklanmıştır. Gerek saha gözlemleri, gerekse deprem odak mekanizması çözümleri, depreme kaynaklık eden fayın, daha önce iddia edildiği gibi, bir bindirme fayı (“Sultandağı Fayı”) olmayıp, tam aksine az miktarda sağ yanal doğrultu atım bileşeni olan verev atımlı normal bir fay olduğunu kanıtlamıştır. Ayrıca, deprem sırasında, sürekli olmayan, uzunlukları 100 m - 3 km arasında değişen, toplam uzunlukları yaklaşık 30 km olan yüzey kırıkları da oluşmuştur. Yüzey kırıklarının geometrik özellikleri, depreme kaynaklık eden AFZ ana fayının yüzey geometrisi ile aynıdır. Deprem sırasında yalnızca ana fay değil, onunla yaklaşık dik açıda kesişen KKD gidişli Karamık ve Kızılbogaz grabenlerini sınırlayan fayların ana faya yakın kesimleri de hareket etmiştir. Artçıl deprem episantr dağılımı ve bazı yüzey kırığı geometrisi bu gözlemi doğrulamıştır.

Deprem sırasında başta Çay olmak üzere Sultandağı, Çobanlar ve Bolvadin ilçeleri ile onlara bağlı Eber, Deresenek, Yakasenek, Pınarkaya, Uyanık, Yeşilçiftlik, Sülümenli ve Gebeciler gibi belde ve köylerde de ağır hasar olmuştur. Toplam can kaybı 44, yaralı sayısı 320, henüz sonuçlanmamış olan çalışmaların ilk verilerine göre, tümüyle yıkılmış, ağır, orta ve hafif hasarlı her türden toplam yapı sayısı 5000’in üzerindedir:

Ağır hasarın ana nedeni **yanlış yere yerleşim ve çarpık yapılaşmadır**. Bunlar şöyle sıralanabilir: (1) Can kaybı ve ağır hasarın olduğu yerleşim birimlerinin tümü yaklaşık 400m kalınlığındaki gevşek zemin üzerinde kuruludur, (2) Zeminin büyük kesimi, yeraltı suyunun yüzeyde ve yer yer de yüzeye yakın olduğu, sıvılaşma kapasitesi yüksek ince taneli sedimanlardan oluşmaktadır, (3) çok katlı betonarme yapılar ile özellikle tek ve iki katlı kerpiç ve taş yığma yapılar bir birlerine bitişik düzende, deprem parametrelerini olumsuz yönde değiştiren zayıf zeminler üzerinde kuruludur ve (4) yapı elemanlarının ağır hasar göremese bile 15 Aralık 2000 Sultandağı depreminde, önemli derecede zayıflamış olmalarıdır.

Gelecekte benzer acı ve kayıpların yaşanmaması için: zorunlu kalınmadıkça, yeni yerleşim ve yapılaşma, bugünkü yerinde değil, sağlam zeminler üzerinde olmalı, ki bu en ekonomik yoldur; eğer zorunlu ise, aralıklı ve az katlı özel yerleşim ve yapılaşmaya gidilmelidir, ancak bu tür yerleşim Türkiye koşullarında ekonomik değildir.

## Değinilen Belgeler

- Ambraseys, N.N., Tchalenko, J.S., 1972. Seismotectonic aspects of the Gediz, Turkey, Earthquake of March 1970. *Geophys. J.R. Astr. Soc.* 30, 229-252,
- Atalay, İ., 1975. Tektonik hareketlerin Sultandağları'nın jeomorfolojisine olan etkileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 18/1, 21-26.
- Boray, A., Şaroğlu, F., Emre, Ö., 1985. Isparta Büklümü'nün kuzey kesiminde Doğu-Batı daralma için bazı veriler. *Jeoloji Mühendisliği* 23, 9-20.
- Ergin, K., Güçlü, U, Uz, Z., 1967. Türkiye ve civarının deprem kataloğu (Milattan sonra 11 yılından 1964 sonuna kadar). *İTÜ., Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları* 24, 169 s.
- Eyidoğan, H., Jackson, J., 1985. A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquakes of 1969-1970 in western Turkey: implications for the nature and geometry of deformation in the continental crust. *Geophys. J.R Astr. Soc.* 81, 569-607.
- Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z., Değirmenci, E., 1991. Türkiye büyük depremleri makro sismik rehberi (1900-1988). *İTÜ. Maden Fak., Jeofizik Müh. Bölümü yayınları*, 198 s.
- Grabert, H., 1972. 28 Mart 1970 tarihinde Batı Anadolu'da meydana gelen depremin nedenini teşkil eden iki önemli arıza elamanının kesişmesi. *MTA Dergisi* 77, 22-29.
- Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 27/1, 1-16.
- Koçyiğit, A., Ünay, E., Saraç, G., 2000. Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in West Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey. *Geological Society, London, Special Publications* 173, 405-421.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Koçak, D., Altınok, Y., 1981. Türkiye ve çevresinin Tarihsel deprem kataloğu (MÖ 2100-MS 1900). *TÜBİTAK, Proje No. TBAG 314*, 87 s.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri. *MTA Rapor No. 8174*, 394 s.
- Taymaz, T., Tan, O., 2001. Source parameters of June 6, 2000 Orta-Çankırı (Mw = 6.0) and December 15, 2000 Sultandağ-Akşehir (Mw = 6.0) earthquakes obtained from inversion of teleseismic P- and SH-body-waveforms. *Symposia on Seismotectonics of the North-western Anatolia-Aegean and recent Turkish earthquakes. May 8, 2001-Turkey, Atlas*, 96-107.