

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SULTANDAĞ FAYININ (AFYON) NEOJEN DEVRİNDEKİ EVRİMİ

Sevil KAYA

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2008**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SULTANDAĞ FAYININ (AFYON) NEOJEN DEVRİNDEKİ EVRİMİ

Sevil KAYA

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gürol SEYİTOĞLU

Batı Anadolu Genişleme Bölgesi ile Orta Anadolu Ova Bölgesi arasındaki bölgede yer alan KB gidişli Sultandağı Fayı yakın zamana kadar birçok araştırmacı tarafından çalışılmış; ancak sahanın neotektoniği ile ilgili ortak bir görüşe varılamamıştır. Bu nedenle sahanın neotektoniği, bölgede yer alan fayların niteliği, yeni arazi gözlemleri ile belirlenmiş ve elde edilen veriler jeofizik çalışmalarla desteklenmiştir.

Çalışma alanı Sultandağları'nın eteğinde yer alan Yakasenek kasabası'dır. Bölgedeki birimler kabaca 3 sınıfta incelenmiştir. Bölgedeki en yaşlı birim Neojen öncesine ait metamorfik kayalar ile göl-akarsu sisteminde depolanan Miyosen sedimanter kayalar ve günümüz alüvyal çökelleridir. Metamorfik temel kayalar ile Neojen birimleri arasındaki Sultandağı ana fayı kuzeye eğimli normal fay olarak belirlenmiştir. Bu alanda uygulanan sismik ışın yönlendirme yöntemi sonuçları bu görüşü desteklemektedir. Dokanak boyunca bazı lokasyonlarda yoğun parçalanmaya uğramış breşik zonlara rastlanmıştır. Ayrıca sahada temelden kopup gelen büyük blokların oluşturduğu heyelan alanı tespit edilmiş ve arazi gözlemleri bu alanda yoğunlaştırılmıştır. Neojen sedimanter birimleri kuzeye eğimli olarak ölçülmüş ve bu birimler içerisinde sıkışma verilerine rastlanmamıştır.

Bölgenin genişlemeli neotektonik rejim denetiminde olduğunu arazi incelemeleri ve jeofizik çalışma sonuçları göstermiştir. Bölgede sıkışmalı rejimi temsil eden ters faya rastlanmamıştır. Ayrıca 15 Aralık 2000 Sultandağı depremi (Mw 6,0) ve 3 Şubat 2002 Çay depremi de (Mw 6,2) normal faylı sistem üzerinde oluşmuştur.

Kasım 2008, 69 sayfa

Anahtar Kelimeler : Normal fay, neotektonik, Türkiye, Afyon, deprem

ABSTRACT

Master Thesis

NEOGENE EVOLUTION OF SULTANDAĞ FAULT

Sevil KAYA

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Gürol SEYİTOĞLU

NW-trending Sultandağı Fault, located in the region between West Anatolian Extensional Province and Central Anatolian “Ova” Province, has been studied by a number of researchers. However, at present there is still a disagreement among researchers pertaining to neotectonics of the study area. Therefore, neotectonics of this region and fault types were determined by recent field observations which are supported on the basis of geophysical parameters.

The study area is located at the foothill of Sultandağ near Yakasenek village. The lithological units found in the area, may roughly be grouped into three categories. The sequence of these lithological units ranges from Pre-Neogene metamorphic rocks with Miocene sedimentary rocks deposited in the fluvio-lacustrine environment as well as recent alluvial sediments. According to present studies, the proposed northward dipping Sultandağı main fault is located between metamorphic basement rocks and Neogene sedimentary units. This is also supported by data obtained from Beam Steering Seismic methods. Along the tectonic contact between two lithological units intensively brecciated zones have been found at few localities. Moreover, presence of large blocks, detached from the basement rocks, have resulted due to landsliding. Northward dipping sedimentary units were observed and any other compressional tectonic affects have been noticed.

On the basis of geological and geophysical studies, it has been concluded the area remained under the influence of extensional neotectonic regime. In addition, in the study area reverse fault supporting the compressional tectonic regime was not identified. Sultandağı earthquake (Mw 6,0) on 15.12.2000 and Çay earthquake (Mw 6,2) on 03.02.2002 happened due to normal fault system.

November 2008, 69 pages

Key Words: Normal fault, neotectonics, Turkey, Afyon, earthquake

TEŞEKKÜR

İlk olarak bu tez çalışması boyunca yardım ve desteğini esirgemeyen, önerileri ile çalışmamı yönlendiren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam sayın Prof. Dr. Gürol SEYİTOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü) içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın çeşitli aşamalarında yardım ve desteğini gördüğüm sayın Yrd. Doç. Dr. Veysel IŞIK (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü)'a ve tezin jeofizik çalışmalar kısmında göstermiş olduğu ilgi ve destek için sayın Prof. Dr. Berkan ECEVİTOĞLU (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü) ve ekibine, Araş. Gör. Korhan ESAT'a teşekkür ederim.

Son olarak göstermiş oldukları sabır ve vermiş oldukları maddi manevi destek için aileme sonsuz teşekkür ederim.

Sevil Kaya

Ankara, Kasım 2008

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanı	1
1.2 Çalışmanın Amacı	2
1.3 Çalışma Metodu	2
1.4 Türkiye'nin Neotektonik Bölgeleri.....	3
1.5 Önceki Çalışmalar.....	4
2. BÖLGENİN JEOLJİSİ	8
2.1 İnceleme Alanının Stratigrafisi.....	10
2.1.1 Temel birim	11
2.1.2 Neojen Çökelleri.....	12
2.1.3 Alüvyon	15
2.2 Bölgenin Neotektoniği.....	16
3. YAPISAL JEOLJİ	22
3.1 Sultandağı Fayı.....	22
3.2 Transfer Fay	27
3.2 Uyumsuzluklar	27
3.3 Heyelan.....	28
4. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR	30
4.1 Sismik Işın Yönlendirme Modeline Genel Bir Bakış	30
4.2 Veri Toplama ve Değerlendirme.....	32
5. DEPREMSELLİK	39
5.1 Tarihsel Dönem Depremleri.....	39
5.2 Aletsel Dönem Depremleri	40
5.2.1 15.12.2000 Sultandağı depremi	43
5.2.2 03.02.2002 Çay depremi.....	44
6.TARTIŞMA VE SONUÇLAR	47
KAYNAKLAR	49

EKLER.....	53
EK 1 1. atışa ait sismik profil ayrıntısı.....	54
EK 2 2. atışa ait sismik profil ayrıntısı.....	55
EK 3 3. atışa ait sismik profil ayrıntısı.....	56
EK 4 4. atışa ait sismik profil ayrıntısı.....	57
EK 5 5. atışa ait sismik profil ayrıntısı.....	58
EK 6 6. atışa ait sismik profil ayrıntısı.....	59
EK 7 7. atışa ait sismik profil ayrıntısı.....	60
EK 8 8. atışa ait sismik profil ayrıntısı.....	61
EK 9 (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede 01.01.1900-01.01.2008 tarihleri arasında büyüklüğü 3.0'ten büyük olan depremlerin listesi	62
ÖZGEÇMİŞ.....	69

SİMGELER DİZİNİ

K	Kuzey
G	Güney
D	Doğu
B	Batı
KD	Kuzeydoğu
GD	Güneydoğu
KB	Kuzeybatı
GB	Güneybatı
GGB	Güney-Güneybatı
GGD	Güney-Güneydoğu
BKB	Batı -Kuzeybatı
DGD	Doğu-Güneydoğu
KKB	Kuzey-Kuzeybatı
KKD	Kuzey-Kuzeydoğu
My	Milyon yıl
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
FBFZ	Fethiye Burdur Fay Zonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanını gösteren yerbulduru haritası.....	1
Şekil 1.2 Türkiye'nin ana neotektonik yapıları.....	3
Şekil 2.1 Sultandağlarının genel görünüşü	8
Şekil 2.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş jeoloji haritası	9
Şekil 2.3 Çalışma alanının ayrıntılı jeoloji haritası	10
Şekil 2.4 Çalışma alanının stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz).....	11
Şekil 2.5 Kıvrımlanmış rekrasitalize kireçtaşları	12
Şekil 2.6 Neojen yaşlı kuzeye eğimli konglomera tabakası.....	13
Şekil 2.7 Neojen yaşlı beyazımsı-kremsi kireçtaşı birimi.....	13
Şekil 2.8 Neojen çökelleri içerisinde yer alan kuzeye eğimli açık renkli kireçtaşı birimi	14
Şekil 2.9 Çalışma alanı ve yakın çevresinde değişik araştırmacılar tarafından belirlenmiş stratigrafik birimleri korelasyonu.....	15
Şekil 2.10 Dört deresinin taşıdığı gri renkli alüvyon malzeme.....	16
Şekil 2.11 Batı Anadolu genişleme bölgesindeki graben sistemleri	17
Şekil 2.12 Sultandağı Fayı'nın tektonik gelişimini açıklayan görüşler	20
Şekil 2.13 Sultandağı Fayı'nın Neojen devrindeki evrimini gösteren neotektonik model.....	21
Şekil 3.1 Temel birim ile Neojen yaşlı çökeller arasındaki normal faylı sınır	22
Şekil 3.2 Sultandağı Fayı'nın arazideki uzanışını gösteren fotoğraf	23
Şekil 3.3 Fay zonu boyunca temel kayalarda görülen alterasyon.	24
Şekil 3.4 Neojen birimi içerisinde gelişen normal fay	25
Şekil 3.5 A-A' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit	25
Şekil 3.6 B-B' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit.....	26
Şekil 3.7 Transfer fay yakınlarında dikçe eğim gösteren Neojen yaşlı çökeller.....	27
Şekil 3.8 Temelden kopan metamorfik kayaç bloğu.....	28
Şekil 3.9 Heyelanlı bölgedeki metamorfik kayaç bloğu	29
Şekil 4.1 Sismik yöntem için gerekli donanımlar: sismik kayıtçı, jeofon, levha ve balyoz	30
Şekil 4.2 Sismik "Işın Yönlendirme"teknğinde bir sismik atışın gerçekleştirilmesi	31
Şekil 4.3 Sismik "Işın Yönlendirme" tekniğinin uygulandığı temel metamorfik birim ile Neojen sedimanları arasındaki kuzeye eğimli tektonik sınır	32
Şekil 4.4 Fay eğim açısının belirlenmesinde sismik "Işın Yönlendirme" tekniğinin uygulanışı.	33
Şekil 4.5 Sismik profilin arazideki görüntüsü.....	34
Şekil 4.6 Fay aynasından gelen yansımaya ait sismik ışın geometrisi.....	35
Şekil 5.1 Türkiye deprem bölgeleri haritası	39
Şekil 5.2 Çalışma alanı ve çevresinde 1900 yılından itibaren meydana gelen sismik aktivite	42
Şekil 5.3 Çalışma alanı ve çevresinde yer alan faylar ve 1900 yılından itibaren oluşan yıkıcı depremler	45
Şekil 5.4 Listrik fayın şematik gösterimi	46
Şekil 6.1 Varlığı öne sürülen Yakasenek ters fayını gösteren jeolojik harita	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Sultandağı Fayı'nın farklı türde yorumlandığı çalışmalar	7
Çizelge 5.1 Afyon ve yakın çevresinde meydana gelmiş tarihsel dönem depremleri ...	40
Çizelge 5.2 01.01.1900 yılından itibaren (38.20-38.70)K ve (30.50-31.90)D koordinatları ile sınırlanan bölgede oluşan hasar yapıcı depremlerin listesi	41
Çizelge 5.3 Odak Mekanizması çözümü yapılan 15.12.2000 Sultandağı depremine ait sismik parametreler	43

1. GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı Afyon iline bağlı, Afyon-Konya karayolu üzerinde yer alan Yakasenek kasabasıdır (Şekil 1.1). Yakasenek kasabası, Çay ilçe merkezinin DGD'suna 13km mesafede olup, 1/25000 topoğrafik haritaların Afyon-K26 d3 paftasında yer alır.



Şekil 1.1 Çalışma alanını gösteren yer bulduru haritası

1.2 Çalışmanın Amacı

Batı Anadolu ile İç Anadolu arasında yer alan, Sultandağı Fayı bugüne kadar yapılan çalışmalarda farklı şekillerde yorumlanmış, bölgenin jeolojisiyle ilgili farklı görüşleri sürülmüştür. Aynı bölge için yapılan bu farklı yorumlar bölgenin jeolojik ve jeofizik bakımdan ayrıntılı çalışılmasını gerektirmiştir.

Bu çalışmada, Afyon ovasını sınırlayan Sultandağı Fayı'nın Neojen devrindeki davranışı ve neotektonik özellikleri arazi gözlemleri ile belirlenmeye çalışılmış, elde edilen veriler jeofizik çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılarak bölgenin neotektoniğiyle ilgili çalışmalara katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

1.3 Çalışma Metodu

Tez çalışması, arazi öncesi büro çalışmaları, arazi çalışmaları ve arazi sonrası büro çalışmaları şeklinde yapılmıştır. Arazi öncesi büro çalışmalarında daha çok literatür taraması yapılmış, konuyla ilgili önceki çalışmalar ve yayınlar derlenip incelenerek bölgenin jeolojisi hakkında ön bilgiler elde edilmiştir.

Tez çalışmalarının en önemli kısmını arazi gözlemleri oluşturmaktadır. Öncelikle bölgede yer alan kayaç grupları incelenmiş, uygun görülen lokasyonlardan numuneler alınarak incekesitleri hazırlanmıştır. Bölgede bulunan yapısal unsurlar dikkatle incelenerek gerekli ölçümler yapılmıştır. Ayrıca bölgeye ait uydu görüntülerinden yararlanılmış, en önemlisi araziye ait 1/25000 ölçekli topoğrafik harita kullanılarak bölgenin jeoloji haritası hazırlanmıştır.

Arazi gözlemleri daha çok jeolojik ağırlıklı olmakla birlikte jeofizik çalışmaları da içermektedir. Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünden bir ekiple çalışma alanına gidilerek jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda, metamorfik temel ile Neojen birim arasındaki tektonik dokanağın niteliğinin netliğe kavuşması için sismik ışın yönlendirme (beam steering) yönteminden yararlanılmıştır.

üzere dört farklı neotektonik bölgeye ayrılmaktadır (Şengör vd. 1985). Ancak Batı Anadolu Genişleme Bölgesi'nin doğu sınırı son dönemlerin tartışma konusudur.

Şengör (1980)'e göre Isparta büklümünün batı kanadı ile Marmara denizinin doğusunda kalan, K-G yönlü bir geçiş zonu ile Batı Anadolu Genişleme Bölgesi ve Orta Anadolu Ova Bölgesi birbirinden ayrılır. Bu geçiş zonunun batısında kalan bölge Batı Anadolu Genişleme Bölgesi olup, KG yönlü gerilme etkisi altındadır. Orta Anadolu Ova Bölgesi ise batıda Ege graben sistemi , kuzeyde KAFZ, doğuda ise DAFZ ile sınırlanan bölgedir.

Barka *et al.* (1995)'a göre Isparta büklümünün batı kanadını sınırlayan Fethiye-Burdur Fay Zonu'ndan (FBFZ), Eskişehir Fayı'nın kesiştiği bölgenin batısı ile Helen yayının kuzeyinde kalan bölge Batı Anadolu Genişleme Bölgesi'dir. Kuzeyde KAFZ, güneyde Sultandağı Bindirmesi ve batı da Eskişehir Fayı'nın doğusunda kalan kesimi oluşturan Orta Anadolu bölgesi ise sıkışma altındadır. Bu bölge KD-GB gidişli kısılmaya uğramaktadır. Kıbrıs yayı, FBFZ ve Sultandağı Fayı arasında kalan bölge karmaşık bir yapı göstermektedir. Bu bölgenin FBFZ'ye bitişik olan batı bölgesi genişleme gösterirken orta ve doğu kesimleri sıkışmalı tektonik rejim altındadır .

Koçyiğit and Özacar (2003)'a göre ise Batı Anadolu'daki genişleme bölgesi, kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Sistemi ve İnönü-Eskişehir Fay Zonu, doğuda Tuz Gölü Fayı ve Orta Anadolu fay sistemi ile ve güneyde doğu Akdeniz'in kıyı çizgisi ve kıyı ötesinin yakın kesimleri ile sınırlandırılmıştır. Akşehir Fay Zonu'nun normal faylı odak mekanizması çözümü, genişlemenin Isparta büklümünü de kapsayacak şekilde Tuz Gölü Fay Zonu'na kadar olduğunu göstermektedir.

1.5 Önceki Çalışmalar

Isparta büklümünün KD kanadını oluşturan Sultandağı Fayı, yakın zaman kadar birçok araştırmacı tarafından çeşitli amaçlarla çalışılmış ve fayın niteliği ile ilgili farklı görüşler ileri sürülmüştür.

Atalay (1975) çalışma alanını jeomorfolojik olarak incelemiş ve gerilmeler sonucunda oluşan normal faylanmalarla Akşehir ve Eber göllerinin yer aldığı sahaların çöktüğünü, yine bu eğim atımlı normal faylarla blok olarak yükselen horst durumundaki Sultan ve Emirdağları'nın oluştuğunu ileri sürmüştür. Ancak faylar üzerinde herhangi bir isimlendirme yapılmamıştır.

Demirkol vd. (1977), Sultandağları ve çevresinin jeolojisini ve stratigrafisini ayrıntılı olarak çalışmış ve Afyon-K26 d3, d4; L-26 a, b ve L-26 c1, c2 paftalarına ait jeoloji haritaları hazırlamışlardır. Bu çalışmada Sultandağı Fayı düşeye yakın eğim atımlı normal fay olarak yorumlanmıştır.

Koçyiğit (1984), Afyon-Akşehir grabenini güney-güneybatıdan sınırlayan bu fayı “Akşehir Fayı” olarak adlandırmış ve sismotektonik bakımdan diri normal fay olarak yorumlamıştır.

Boray vd. (1985) Isparta büklümüne yönelik yaptıkları çalışmada, metamorfik birim ile Neojen birim arasındaki sınırı ters fay olarak göstermiş, “Sultandağı Fayı” olarak adlandırdıkları bu fayın neotektonik dönemin ilk fazında sağ yönlü doğrultu atımlı olarak çalıştığını, ikinci fazında ise ters fay özelliği kazandığını öne sürmüşlerdir. Ayrıca, çalışma alanında haritalanabilecek büyüklükte kıvrıma rastlanılmadığı ancak bölgede birbirine paralel birkaç fay bulunduğu vurgulanmaktadır.

Şaroğlu vd. (1987) tarafından “Sultandağı Fayı” aktif bir bindirme yapısı olarak yorumlanmış, bölgenin ise sıkışmalı neotektonik rejim denetiminde olduğu ileri sürülmüştür.

Öğdüm vd. (1991) Sultandağları ve çevresinde yaptıkları jeomorfolojik ve tektonik çalışmada Sultandağı Fayı'nı, “Sultandağı Fay Kuşağı” kapsamında incelemiş ve metamorfik temel birimin Üst Miyosen-Pliyosen çökelleri üzerine bindirmiş olduğunu belirtmişlerdir.

MTA bünyesinde, Şaroğlu vd. (1992) tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritası'nda Sultandağı Fayı ters fay niteliğinde bir aktif fay olarak tanımlanmıştır.

Barka *et al.* (1995), Isparta Büklümü'nü kuzeydoğudan sınırlayan bu fayın bindirme bileşenli olduğunu, bölgenin ise sıkışmalı neotektonik rejim denetiminde olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Koçyiğit *et al.* (2000) bu fayı daha sonra "Akşehir fay zone" olarak isimlendirmiş ve bölgenin genişlemeli neotektonik rejim denetiminde olduğunu savunmuştur. Ayrıca bölgenin tektonik gelişiminde kıvrımlara, ters faya ve basamak tipte normal faylara dikkat çekilmiştir. Kıvrımların Yakasenek kasabasında Miyosen sedimanlarında iyi gözlemlendiği belirtilmiştir. Temel kayalar ile Miyosen sedimanları arasındaki dokanağın yüksek açılı ters fay olduğu vurgulanmış ve bu fay Akşehir Fayı tarafından kesilip ötelenen Yakasenek ters fayı olarak tanımlanmıştır. Bu fayın sıkışmalı tektonik rejim sonucunda oluştuğu ve genişlemenin ilk fazını sonlandırdığı ifade edilmiştir.

Taymaz and Tan (2001) ise 15 Aralık 2000'de meydana gelen ($M_w=6.0$) Sultandağı depremi verilerinden yararlanarak depremin odak mekanizması çözümünün normal faylı sistem olduğunu belirtmişlerdir.

Başokur vd. (2002) 3 Şubat 2002'de meydana gelen ($M_w=6.0$) Çay depremi sonrası bölgede yaptıkları jeolojik ve jeofizik çalışmalarda Sultandağı Fayı'nı ve yeni oluşan yüzey kırıklarını incelemiş, ovadaki tiltlenmeyi ve depremlerin dış merkezlerini dikkate alarak Sultandağı Fayı'nın listrik karakterde normal fay olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca bölgenin genişlemeli neotektonik rejimde olduğu ve bölgedeki en genç yapının aktif Afyon-Akşehir Grabeni olduğu vurgulanmıştır.

Yürür *et al.* (2003) 3 Şubat 2002 depremi sonrasında donmuş göl yüzeyi üzerindeki kırıkları incelemişler ve bu kırıkların geometrilerinin, iki depremin normal faylı odak mekanizması çözümlerine ait fay hareketi kayma vektörleri ile uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Gökten vd. (2003), 3 Şubat 2002 depremi sonrasında bölgede gelişen yüzey kırıklarını incelemişler ve deprem fayının listrik karakterde olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Koçyiğit and Özacar (2003) ise Afyon-Akşehir Grabeni'ni güneybatıdan sınırlayan bu fayın, genişlemeli neotektonik rejimi karakterize eden verev atımlı normal fay olduğunu tekrar vurgulamışlardır. Bu fayı Akşehir Fayı olarak tanımlamış ve önceki çalışmalarda Sultandağı ters fayı olarak adlandırılan fayı ise aktif olmayan Yakasenek ters fayı olarak yeniden isimlendirmişlerdir. Ayrıca Yakasenek ters fayının, Miyosen çökellerinin kıvrımlanmasına sebep olduğu belirtilmiştir.

Sultandağ yükselimini Afyon-Akşehir çöküntüsünden ayıran bu fayı farklı şekilde isimlendiren ve yorumlayan çalışmacılar Çizelge 1.1'de görülmektedir.

Çizelge 1.1 Sultandağı Fayı'nın farklı türde yorumlandığı çalışmalar.

	Fayın Adı	Fayın Niteliği
Atalay (1975)	—	Normal Fay
Demirkol vd. (1977)	Sultandağı Fayı	Normal Fay
Koçyiğit (1984)	Akşehir Fayı	Normal Fay
Boray vd. (1985)	Sultandağı Fayı	Ters Fay
Şaroğlu vd. (1987)	Sultandağı Fayı	Bindirme Fayı
Öğdüm vd. (1991)	Sultandağı Fayı	Bindirme Fayı
Şaroğlu vd. (1992)	Sultandağı Fayı	Ters Fay
Barka et al. (1995)	—	Bindirme Fayı
Koçyiğit et al. (2000)	Akşehir Fay Zonu	Normal Fay

2. BÖLGENİN JEOLJİSİ

Sultandağları, ülkemiz jeolojisinde Isparta bükümü adı verilen yapının KD' sunda yer almakta olup, İç Anadolu bölgesini güneybatıdan sınırlayan orta ve batı Toros silsilesinin yükselti alanlarını oluşturur (Başokur vd. 2002) (Şekil 2.1).

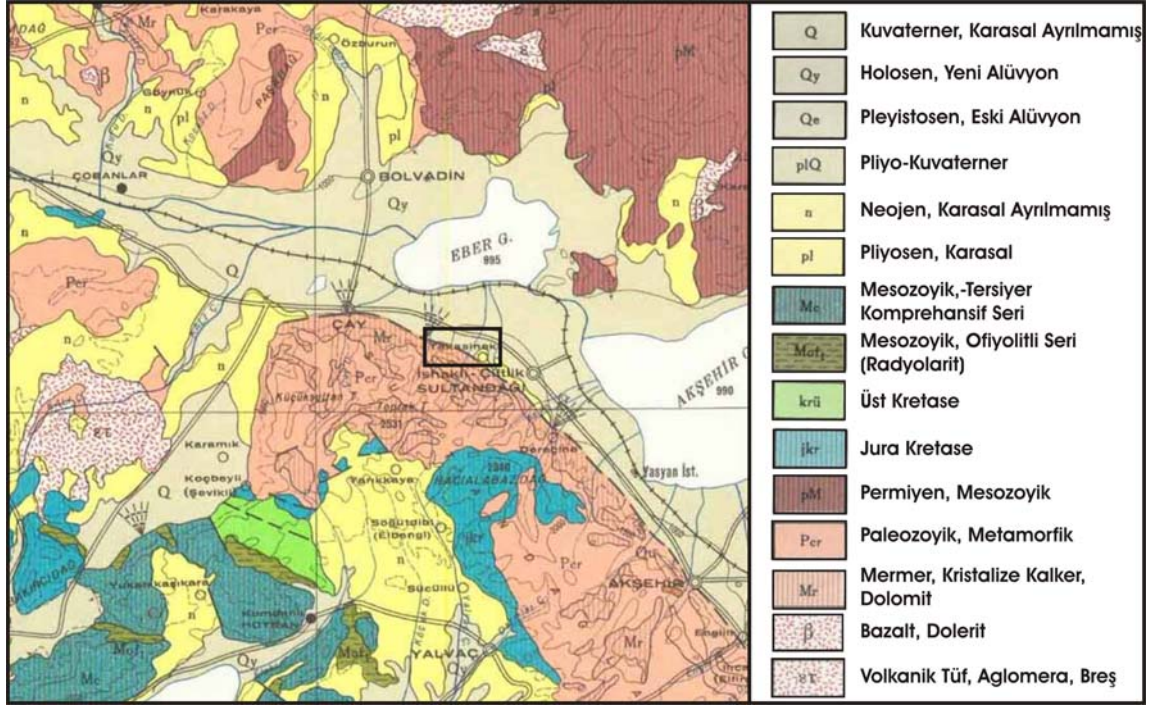


Şekil 2.1 Sultandağlarının genel görünüşü (Sağ tarafta Yakasenek kasabası görülmektedir)

Sultandağları ve çevresinin bölgesel stratigrafisine bakıldığında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik'e ait birimlerin olduğu görülür (Şekil2.2) .

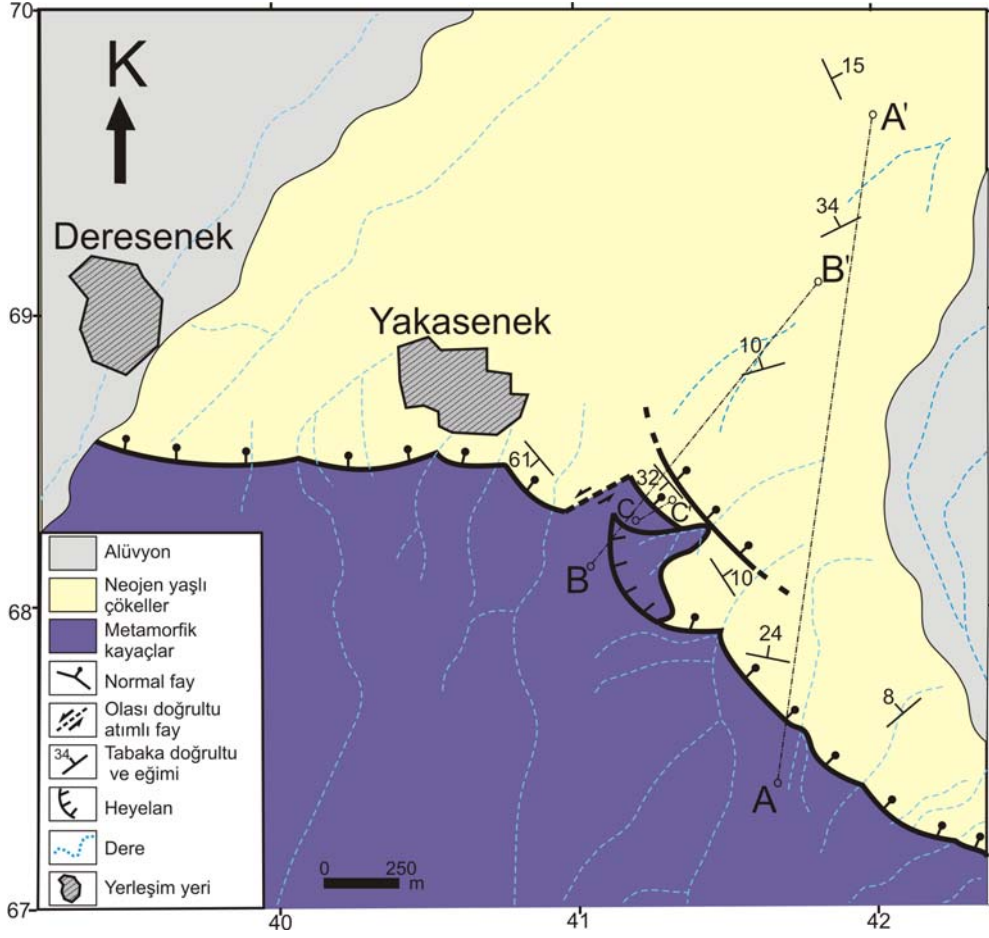
Paleozoyik'te (Pcr) Sultandağları Masifi, Kambriyen-Permiyen arasında hemen hemen bütün devirlerle temsil edilir. Kambriyen birimleri, rekristalize kireçtaşı, mermer, dolomit (Mr) ve bölgede egemen olan şist, kuvarsit gibi metamorfik birimlerle temsil edilirken bunun üzerine litolojik olarak farklılık gösteren Karbonifer'e ait kireçtaşları gelir. Permiyen (pM) ise kalkıştiller, kristalize kireçtaşları ve klorit-serisit şistlerle temsil edilmektedir (Demirkol vd. 1977).

Mesozoyik'te Üst Jura ve Kretase'ye ait birimler yer alır. Paleozoyik temel üzerine transgresif gelen Üst Jura (jkr), kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşurken daha üstte ise Kretase (krü), kumtaşı-kıltaşı-kireçtaşı ardalanması şeklinde görülür (Demirkol vd. 1977). Ofiyolitik seri (Mof) serpantin, radyolarit, spilit ve diyabaz tarafından temsil edilmektedir.



Şekil 2.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş jeoloji haritası (MTA'nın 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasından alınmıştır)

Neojen yaşlı birimler (n), Miyosen'deki killi kumlu seviyeler, gösel kireçtaşları ile temsil edilir. Kuvaterner ise bölgedeki akarsuların geniş yataklarında depolanmış eski ve yeni alüvyon sahalarıyla (Qe,Qy) temsil edilmektedir. Bu birimler tez kapsamında hazırlanmış olan ayrıntılı jeoloji haritasında görülmektedir (Şekil 2.3).

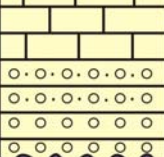


Şekil 2.3 Çalışma alanının ayrıntılı jeoloji haritası

2.1 İnceleme Alanının Stratigrafisi

Çalışma alanında gözlemlenen kayaçlar, metamorfik birimler, Neojen yaşlı sedimanter kayaçlar ve günümüz alüvyal çökelleri olmak üzere üç grupta incelenecektir. Bölgede en yaşlı birim Neojen öncesi metamorfik temel kayaçlarıdır. Bu birimler şist, fillit, rekristalize kireçtaşı gibi düşük dereceli metamorfizmaya uğramış kayaçlarla temsil edilmektedir.

Diğer bir kayaç grubu, göl-akarsu sisteminde depolanan Neojen yaşlı çökel kayaçlardır. Bu birim Sultandağları yükseltisinin hemen önünde yer alan konglomera ve gölsel kireçtaşları ile temsil edilir. En genç kayaç grubu ise güncel alüvyal çökelleridir (Şekil 2.4).

ZAMAN	DEVİR	DEVRE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATER.			Alüvyon
				Uyumsuzluk
	TERSİYER	NEOJEN MİYOSEN		Açık renkli, krem si kireçtaşları, gri renkli, kaba taneli, sıkı çimentolanmış konglomera
PALEOZOYİK				Uyumsuzluk
	DEVONİYEN			Metamorfik temel kayalar: şist, fillit, kuvarsit, mermer, rekristalize kireçtaşı
	SİLÜRİYEN			
	ORDOVİSİYEN			
	KAMBRIYEN			

Şekil 2.4 Çalışma alanının stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz)

2.1.1 Temel birim

Çalışma alanındaki en yaşlı kayaç grubudur. Demirkol vd. (1977) tarafından Sultandede Formasyonu olarak tanımlanan bu birim, Paleozoyik'e ait Üst Kambriyen-Alt Devoniyen olarak yaşlandırılmıştır. Bu birimler şist, fillit, kuvarsit, mermer, rekristalize kireçtaşı gibi metamorfik kayaçlarla temsil edilmektedir. Rekristalize kireçtaşları gri renkli olup alterasyon nedeniyle bazı yüzeylerde sarımsı renk sunarlar. İçerisinde yer yer iri kalsit damarları görülmektedir. Rekristalize kireçtaşları yoğun şekilde kıvrımlı ve kırıklıdır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Kıvrımlanmış rekristalize kireçtaşları

2.1.2 Neojen Çökeller

Yakasenek çalışma alanında yayılım gösteren bu birim metamorfik kayalar üzerine uyumsuzlukla gelen göl-akarsu sisteminde depolanan kayalarla temsil edilmektedir. Bu kayalar, gri renkli konglomeralar ve beyazımsı, kremi kireçtaşlarıdır. Konglomeralar daha çok temelden kopup gelen metamorfik kayaç bileşenlidir. Matriksi az, iri tane desteklidir. Orta veya sıkı çimentolanmış ve serttir (Şekil 2.6) (Şekil 2.9).



Şekil 2.6 Neojen yaşlı kuzeye eğimli konglomera tabakası

Konglomeraların hemen üzerine beyaz renkli kireçtaşları gelir. Bu birim Demirkol vd. (1977) tarafından Yarıkkaya formasyonu kireçtaşı üyesi olarak tanımlanmış olup beyazımsı, kremi renkli bu kireçtaşları sert, sıkı tutturulmuş, orta kalın katmanlı ve gastropoda kavkılıdır (Şekil 2.7-Şekil 2.8). Koçyiğit *et al.* (2000) tarafından aynı birim Köstere formasyonu olarak isimlendirilmiş olup, makro ve mikromemeli fosillerine dayanarak Orta-Geç Miyosen olarak yaşlandırılmıştır. Çalışma alanının stratigrafisini ayrıntılı şekilde çalışan bazı çalışmacıların belirledikleri stratigrafik birimlerin korelasyonu Şekil 2.9’da görülmektedir.



Şekil 2.7 Neojen yaşlı beyazımsı-kremsi kireçtaşı birimi



Şekil 2.8 Neojen çökelleri içerisinde yer alan kuzeye eğimli açık renkli kireçtaşı birimi

Üst Sistem	Sistem		Devir	Atalay (1973)	Demirkol vd. (1977)	Koçyiğit <i>et al.</i> (2000)
SENOZOYİK	KUA- TERNER		HOLOSEN	Yeni alüvyon	Yeni alüvyon	Alüvyon
			PLEYİSTOSEN	Eski alüvyon	Eski alüvyon	Taşköprü formasyonu
	TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN	Kil,silt, kum,çakıl	Yarıkkaya formasyonu Kireçtaşı üyesi	Doğancık formasyonu
			MİYOSEN	Sarı gölsel kireçtaşı		Köstere formasyonu
		PALEOJEN				
	MESO- ZOYİK	KRETASE				
JURA						
TRİYAS		Temel Metamorfik birim				
PALEOZOYİK					Temel Metamorfik birim	Temel Metamorfik birim

Şekil 2.9 Çalışma alanı ve yakın çevresinde değişik araştırmacılar tarafından belirlenmiş stratigrafik birimlerin korelasyonu

2.1.3 Alüvyon

Çalışma alanındaki alüvyonlar eski Kuvaterner çökelleri ve güncel çökellerdir. Eski kuvaterner çökelleri alüvyon yelpazesi şeklindedir (Boray vd. 1985). Güncel alüvyonlar ise Deresenek çayı ve Dört deresinin taşıdığı malzemelerle depolanmıştır (Şekil 2.10). Alüvyonlar derelerin akış yönünde yayılım gösterirler. Bunlar daha yaşlı Neojen çökelleri uyumsuzlukla örtmektedir. Gri renkli, gevşek tutturulmuş çakıllar, kum silt ve kil bileşenlidir. Çakıllar temelden kopup gelen daha çok rekristalize kireçtaşı, mermer, gibi metamorfik kayaç parçalarıdır.



Şekil 2.10 Dört deresinin taşıdığı gri renkli alüvyon malzeme

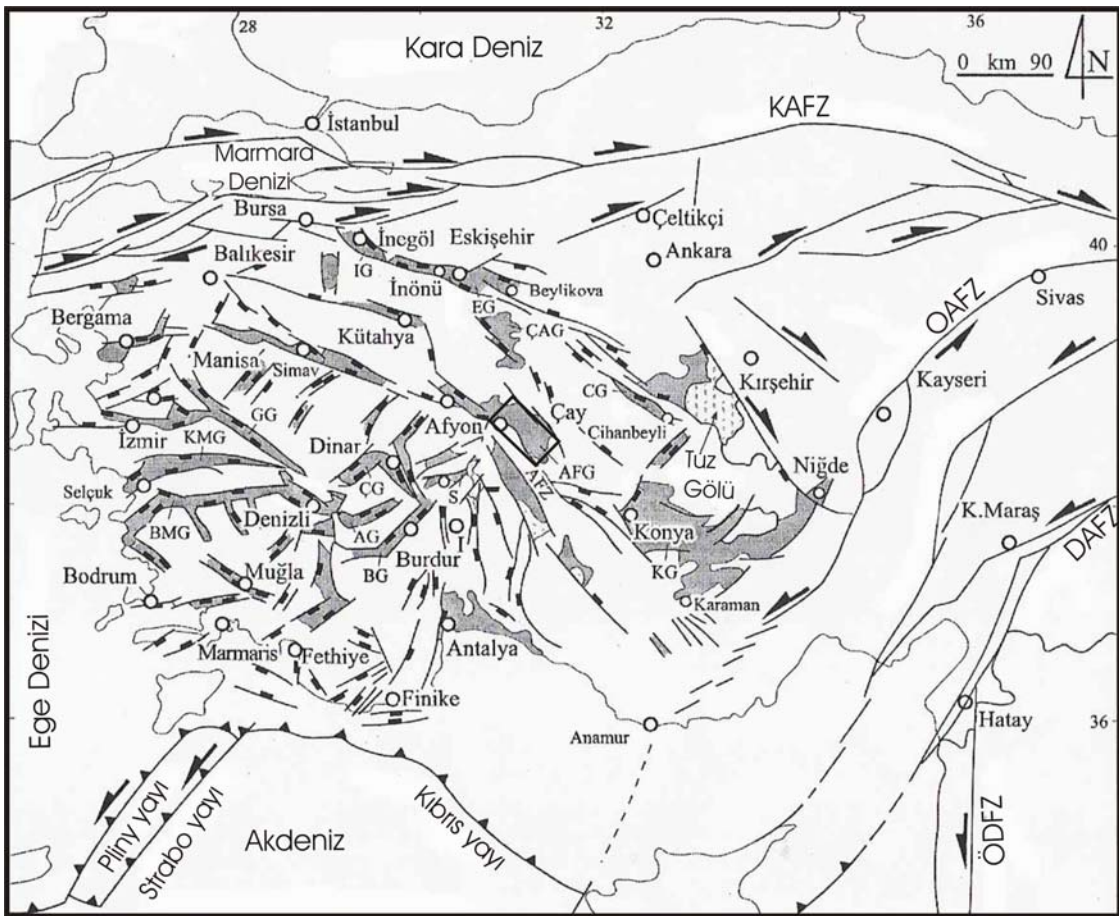
2.2 Bölgenin Neotektoniği

Sultandağı Fayı'nın Neojen evrimini açıklayan çok farklı görüşler vardır. Sultandağı Fayı'nın normal fay olarak çalıştığı, Sultandağı ve Çay depremleri odak mekanizması çözümleri ile belirlenmiş ve bölgenin genişlemeli neotektonik rejim denetiminde olduğu görüşü kabul görmüştür; ancak Miyosen Pliyosen arasındaki sıkışmalı rejimin varlığı Batı Anadolu'daki çalışmalarda son dönemlerin tartışma konusudur. Batı Anadolu'nun doğusunda bulunan Sultandağlarının neotektoniğine geçmeden önce bölge Batı Orta Anadolu'nun neotektoniği açısından değerlendirilecektir (Şekil.2.11).

Dewey and Şengör (1979)'e göre Orta Miyosen'den itibaren (12 My) Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı'nın sınırlandırdığı Anadolu Levhası batıya kaçış halindedir. “Tektonik Kaçma Modeli” olarak isimlendirilen bu modele göre Arabistan Levhası'nın Avrasya Levhası'yla Bitlis Kenet Kuşağı boyunca çarpışmasının ardından Anadolu Levhası önce kalınlaşmaya başlamış, sonrasında KAF ve DAF boyunca batıya doğru

hareket etmeye başlamıştır. Bu hareketin sonucu olarak da Batı Anadolu’da D-B yönlü bir sıkışma, K-G yönlü genişleme gerçekleşmiştir. (Şengör and Kidd 1979, Şengör and Yılmaz 1981, Şengör *et al.* 1984)

Le Pichon and Angelier (1979) tarafından ileri sürülen “Yay Ardı Açılma Modeli” ne göre Ege Kıbrıs Dalma Batma Zonu boyunca, dalan levhanın geriye hareketiyle üst levhada bir açılma meydana gelmiş, bunun sonucunda Ege Bölgesinde Orta-Geç Miyosen’de K-G yönlü bir genişleme olmuştur.



Şekil 2.11 Batı Anadolu genişleme bölgesindeki graben sistemleri (Koçyiğit 2005)

KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, OAFZ: Orta Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, ÖDFZ: Ölü Deniz Fay Zonu, GG: Gediz Grabeni, KMG: Küçük Menderes Grabeni, BMG: Büyük Menderes Grabeni, AG: Acıgöl Grabeni, BG: Burdur Grabeni, ÇG: Çivril Grabeni, IG: İnegöl Grabeni, EG: Eskişehir Grabeni, ÇAG: Çifteler-Akyol Grabeni, KG: Konya Grabeni, AFG: Afyon Grabeni, AFZ: Akşehir Fay Zonu

Dewey (1988) tarafından öne sürülen “Orojenik Çökme modeli”nde ise genişlemeli tektoniğin yaşı Orta Miyosen olarak açıklanmış; ancak Seyitoğlu and Scott (1991,1992) ve Seyitoğlu (1996) Batı Anadolu’da D-B gidişli grabenlerde yaptıkları çalışmada palinolojik ve izotopik yaş verileri ile genişlemeli tektoniğin başlangıcını Erken Miyosen olarak belirlemişlerdir. Paleosen’deki çarpışmanın ardından aşırı kalınlaşan kabuğun, Geç Oligosen Erken Miyosen’de inceliş yayılması sonucu genişlemeli tektonik rejimin başladığı belirtilmiştir.

Koçyiğit *et al.* (1999) ve Koçyiğit (2000) tarafından savunulan “İki Aşamalı Grabenleşme Modeli” nde Batı Anadolu’daki açılmanın iki aşamalı olarak meydana geldiği; ilk aşamada K-G yönlü Miyosen-Erken Pliyosen boyunca orojenik çökme modelinin etkili olduğu, ikinci aşamada da Pliyosen-Kuvaterner’de KAF boyunca Anadolu Bloğunun batıya kaçışının rol oynadığı ifade edilmiştir.

Koçyiğit *et al.* (1999) Alaşehir grabeninde yer alan sedimanter ardalınlardaki kıvrımları kanıt göstererek, Batı Anadolu’da Geç Miyosen-Erken Pliyosen zamanları arasında kısa süreli sıkışmanın olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Seyitoğlu (1999), Seyitoğlu *et al.* (2000, 2002) ise Alt-Orta Miyosen sedimanter birimlerinin yataya yakın olduğunu belirterek Alaşehir grabeninde K-G genişlemeli rejimin hakim olduğunu ve kıvrımların çekme kıvrımı olduğunu ifade etmişler ve Miyosen Pliyosen zaman aralığında K-G genişlemeli rejimin, sıkışmalı rejim tarafından kesildiğine dair güçlü verilerin olmadığını belirtmişlerdir.

Gökten *et al.* (2001) Batı Anadolu’da Kiraz ve Salihli arasında Menderes Masifi’ne yönelik yaptıkları çalışmada Geç Oligosen’den daha önce sıkışmalı rejimin gerçekleştiği, Geç Oligosen -Orta Miyosen zamanlarında sıkışmanın yerini genişlemeye bıraktığı ve Geç Miyosen zamanlarında ise bölgede D-B yönünde bir sıkışmanın olduğu ileri sürülmüştür. Ayrıca bu zaman aralığında çökelen sedimanter birimde N-S yönelimli kıvrım eksenlerinin yer aldığı savunulmaktadır ve Erken Pliyosen’den günümüze genişlemenin devam ettiği belirtilmektedir.

Batı Anadolu ile Orta Anadolu arasında Antalya körfezinin kuzeyinde Torosların bükülmesi sonucu oluşmuş ilk defa Blumental (1951) tarafından “Isparta Büklümü” olarak tanımlanan bir jeolojik yapı yer almaktadır. “^” biçimindeki bu yapı yaklaşık 260 km uzunluğunda, 380 km genişliğindedir (Koçyiğit and Özacar 2003).

Bu yapının batı kanadını KD uzanımlı sol yanal Fethiye Burdur Fay Zonu; doğu kanadını ise KB uzanımlı Sultandağı Fayı oluşturmaktadır.

Atalay (1975)’a göre Üst Oligosen’de meydana gelen Alp Orojenezi tektonik hareketleri bölgede kırılmalara yol açmış; Sultan ve Emirdağlarının olduğu blok yükselmiştir. Üst Miyosen’de meydana gelen tektonik hareketlerle bölge tekrar yükselmiş, yükselme sonucu oluşan gerilmelerle bir taraftan önceki eğim atımlı normal faylar gençleşirken diğer taraftan yeni fay sistemleri oluşmuştur.

Boray vd. (1985)’ne göre bölgede neotektonik dönem Üst Miyosen’de (Serravaliyen sonrası) başlamış, bölge K-G yönlü sıkışma şeklinde deformasyona uğramıştır. Üst Miyosen sonu (Tortoniyen sonrası) Pliyosen başında Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı’nın birleşip Anadolu levhasının batıya hareketi başladıktan sonra, Isparta büklümü bölgesinde neotektoniğin ikinci fazı gelişmiş, D-B yönlü sıkışma başlamıştır. Bu sıkışma Üst Miyosenden beri devam etmektedir. Isparta büklümü, ters “V” geometrisine sahip görünümünü neotektoniğin ilk fazında kazanmış, neotektoniğin ikinci fazında ise, Anadolu levhasının, batıya hareketine karşı direnç gösteren bir tampon bölge durumunda olmuştur. Sultandağı fayı da neotektonik dönemin ilk fazında sağ yanal doğrultu atımlı olarak çalışmış, ikinci fazında ters fay özelliği kazanmıştır.

Öğdüm vd. (1989)’ne göre Sultandağı Fayı, Alt Miyosen öncesi K-G yönlü sıkışma rejimi sonucunda sağ yanal doğrultu atım özelliğinde oluşmuş, Üst Miyosen başlarında oblik özellik kazanmış, Üst Pliyosen’de D-B yönlü sıkışma rejimi sonucunda eğim atım özelliği artmış, bazı bölgelerde normal fay bazı bölgelerde ise ters fay özelliği kazanmıştır.

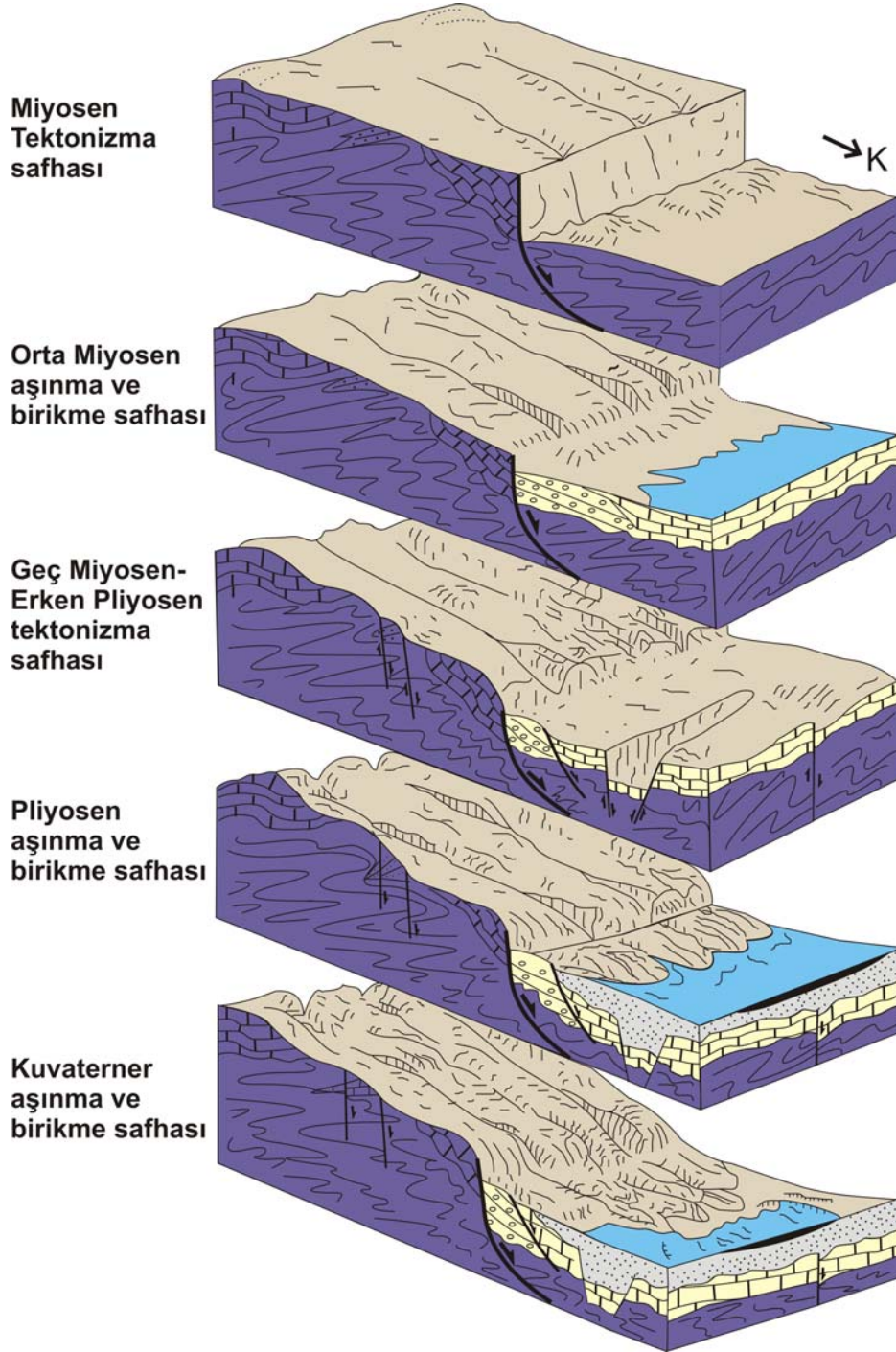
Koçyiğit *et al.* (2000)'a göre hemen hemen bütün Orta ve Batı Anadolu'daki grabenlerde karakteristik olan açılal uyumsuzluklar ve sıkışma ürünü yapılar Afyon-Akşehir Grabeni'nde de mevcuttur. Bölgede neotektonik dönem iki aşamada gelişmiştir; Erken-erken Orta Miyosen'de genişlemenin ilk fazı gerçekleşmiş, Geç Miyosen 'de (Isparta Açısı'nın doğu kanadında) kısa bir dönem sıkışmalı faz gelişmiş dolayısıyla yüksek açılı Yakasenek ters fayı oluşmuş, antiklinal ve senklinaller gelişmiştir. Akşehir Fayı, Pliyosen'den daha yaşlı ama erken Geç Miyosen'den daha genç olan Yakasenek ters fayını kesip ötelemiştir. Pliyo-Kuvaterner' de ise genişlemenin ikinci fazı gerçekleşmiş ve hemen hemen yataya yakın deformasyona uğramamış sedimanlar bu zamanda çökelmiştir.

Sultandağı Fayı'nın Neojen devrindeki davranışını açıklayan görüşler Şekil 2.12'de görülmektedir.

Devir	Devre		Boray vd. (1985)	Öğdüm vd. (1989)	Koçyiğit <i>et. al.</i> (2000)	Bu çalışma
KUVA- TERNER	PLEYİSTOSEN			Normal faylanmalar		
NEOJEN	PLİYOSEN	GEÇ	Sıkışmalı faz		Genişlemeli rejimin ikinci fazı Akşehir Fayı	Genişlemeli rejim Sultandağı Fayı
		ERKEN		D-B yönlü sıkışma Sultandağı ters fayı		
	MİYOSEN		İkinci faz D-B yönlü sıkışma Sultandağı ters fayı		Sıkışmalı faz Yakasenek ters fayı	
		GEÇ	Birinci faz K-G yönlü sıkışma sağ yanal doğrultu atımlı Sultandağı fayı	Oblik özellik kazanan Sultandağı fayı		
		ORTA			Genişlemeli rejimin birinci fazı	
		ERKEN		K-G yönlü sıkışma sağ yanal doğrultu atımlı Sultandağı fayı		
PALEO- JEN	OLİGOSEN					

Şekil 2.12 Sultandağı Fayı'nın tektonik gelişimini açıklayan görüşler

Bu çalışmada ise yapılan arazi gözlemleri sonucunda bölgenin neotektonik gelişiminde tümüyle genişlemeli neotektonik rejimin etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Sultandağı Fayı'nın Neojen devrindeki evrimini gösteren neotektonik model (Atalay 1975'ten yeniden düzenlenerek alınmıştır)

3. YAPISAL JEOLJİ

Sultandağı Fayı, segmentler halinde birbirlerine eklenen normal faylarla, Konya ili güneyinden kuzeybatı yönünde Simav grabenini izleyerek Balıkesir Savaştepe'ye kadar uzanan bir zon içerisinde yer almaktadır (Koçyiğit 1984). Bu bölümde Sultandağı Fayı'nın iyi şekilde gözlemlendiği çalışma alanındaki incelemeler anlatılacaktır.

3.1 Sultandağı Fayı

İnceleme alanındaki Sultandağı Fayı, yüksek açılı normal fay niteliğinde olup KB-GD gidişlidir. Fay, Dört deresi güneyindeki Dört köyünden itibaren Deresenek kasabasına kadar uzanır ve bu hat boyunca temel metamorfik birim ile Neojen yaşlı çökeller arasındaki tektonik sınırı oluşturur (Şekil 3.1-Şekil 3.2).



Şekil 3.1 Temel birim ile Neojen yaşlı çökeller arasındaki normal faylı sınır (Kesikli siyah çizgi normal faylı sınırı, kesikli beyaz çizgiler ise kuzeye eğimli Neojen tabakalarını göstermektedir)



Şekil 3.2 Sultandağı Fayı'nın arazideki uzanışını gösteren fotoğraf

İki birimi ayıran bu fay inceleme alanı içerisinde 10 metre genişlikte bir zon şeklinde takip edilebilmektedir. Zon boyunca temel kayalar parçalı dağılgan ve yoğun altere bir görünüm sunarlar (Şekil 3.3). Alterasyona bağlı olarak zondaki oluşuklar turuncu ve kırmızı renklindedir.

Zon boyunca parçalanan rekristalize kireçtaşları/mermerler blok ve çakıl boyutlu breşlere dönüşmüştür. Breşler genelde gevşek-dağılgan bir yapı oluştururken daha az kesimlerde matriks ile sıkıca tutturulmuş bir yapı gösterirler. Zon boyunca kimi alanlarda fay yüzeyleri küçük mostralara halinde korunmuştur. Bu kesimlerde temel kayadan fay yüzeyine tedrici olarak gevrek deformasyonun şiddeti artmış görülmektedir. Bu yorumun en belirgin kanıtı fay yüzeyi ve yakın kesimlerinde meydana gelen breş oluşumları temel kayaya doğru bir kaç metre içerisinde azalmasıdır.



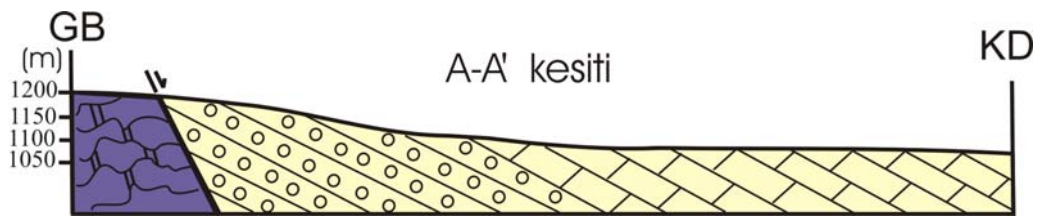
Şekil 3.3 Fay zonu boyunca temel kayalarda görülen alterasyon

Ana faya paralel yarı-paralel fay gelişimlerini Neojen birimleri içerisinde görmek mümkündür (Şekil 3.4). Buradaki fay düzleminin konumu K25B, 50KD olarak belirlenmiştir. Bu kesimlerde konglomera birimleri düşük ölçeklerde ötelenmiştir. Fay düzlemleri üzerinde fay çizikleri çoğunlukla korunmamıştır. Kimi yüzeylerdeki çizgisellik gelişimi kinematik çalışma için elverişli değildir. Ancak fay yüzeylerinin geometrik özellikleri buradaki faylanmanın normal fay karakterinde olduğunu belirtmektedir.

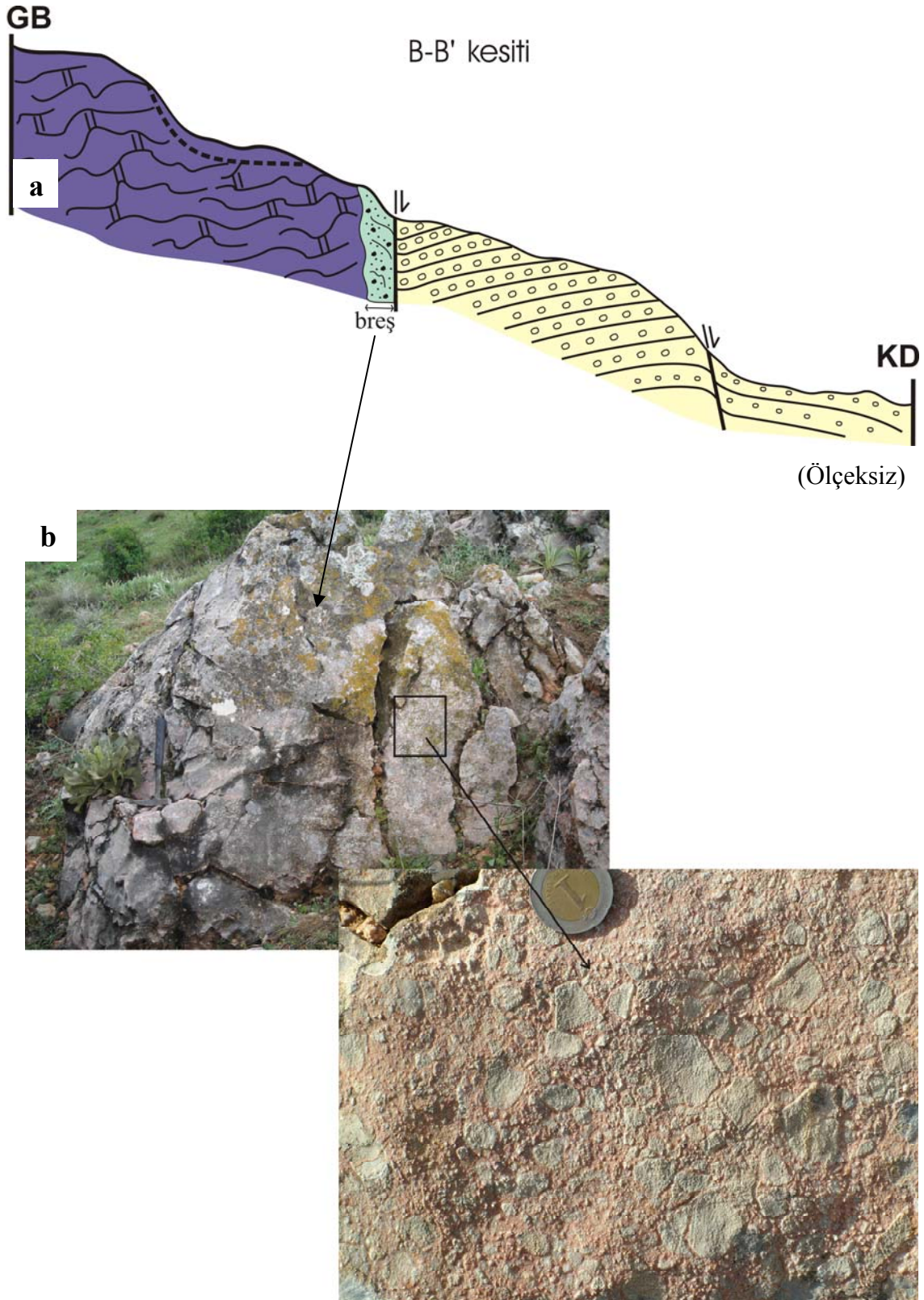


Şekil 3.4 Neojen birimi içerisinde gelişen normal fay

Ayrıntılı sedimantolojik çalışmalar bulunmamakla birlikte Sultandağı Fayı'nın Neojen yaşlı birimleri kontrol ettiği veya hemen sonrasında geliştiği düşünülmektedir. Şekil 3.5'te ve Şekil 3.6'da jeoloji haritası üzerindeki GB-KD yönünde alınmış jeolojik kesitler görülmektedir.



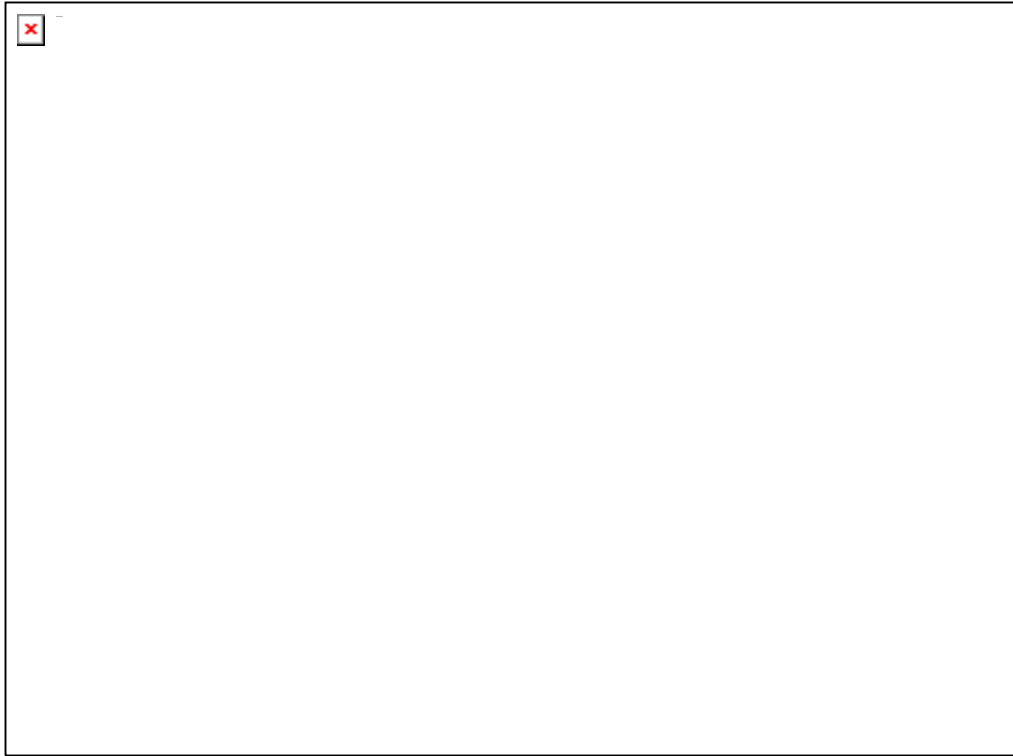
Şekil 3.5 A-A' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit



Şekil 3.6 a. B-B' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit, b. Breşik zonunun görünümü

3.2 Transfer Fay

Metamorfik birim ile Neojen yaşlı çökeller arasındaki tektonik hat Yakasenek kasabası'nın batı tarafında KD-GB yönünde bir miktar yer değiştirmeye uğrayarak KB yönündeki gidişine devam eder. Ayrıca, kuzeye eğimli olan Neojen tabakaları çalışma alanının bu kesiminde güneye doğru eğimlenmiş ve tabakaların eğim miktarları artmıştır (Şekil 3.7). Bu verilerden hareketle bölgede olası bir sağ yanal transfer fay olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.7 Transfer fay yakınlarında dikçe eğim gösteren Neojen yaşlı çökeller

3.3 Uyumsuzluklar

Çalışma alanında Neojen yaşlı çökeller, daha yaşlı metamorfik temel birimden uyumsuzluk yüzeyi ile ayrılmakta ve yaşlı metamorfik kayalara ait parçalar içermektedir. Bir diğer uyumsuzluk yüzeyi de Neojen çökeller ile Deresenek ve Dört deresinin taşıdığı güncel alüvyon malzeme arasındadır. Sultandağlarının aşındırılması ile oluşan bu güncel birim, daha yaşlı Neojen birimden erozyon yüzeyiyle ayrılmaktadır.

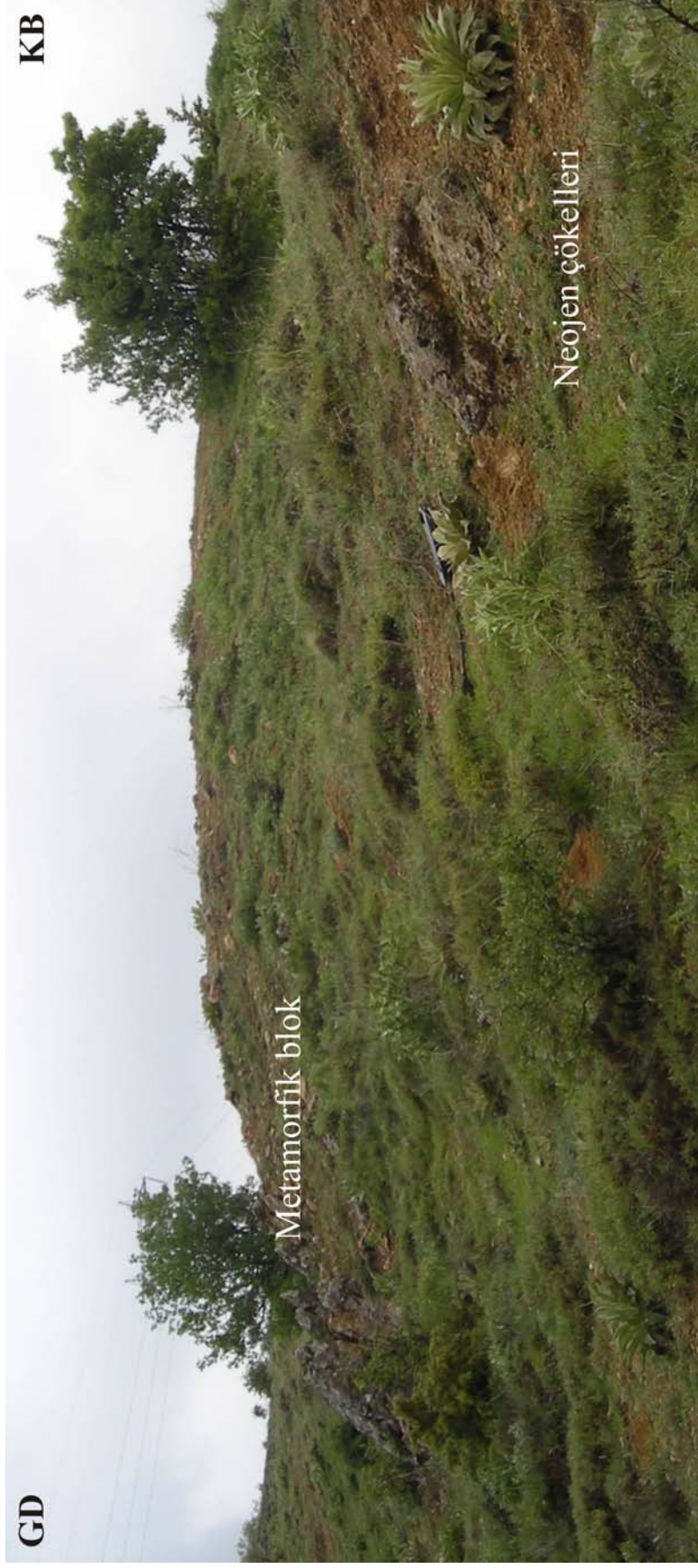
3.4 Heyelan

Çalışma alanında temelden kopup gelen rekristalize kireçtaşı bloklarının oluşturduğu oldukça geniş heyelan alanı tespit edilmiştir (Şekil 3.8). Temele ait rekristalize kireçtaşı kayaları yamaç boyunca vadi içerisine kadar ilerlemiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.8 Temelden kopan metamorfik kayaç bloğu

Heyelanın uç bölümünde temele ait metamorfik döküntüler Neojen yaşlı sedimanter birimin üzerine ilerlemiştir. Heyelan alanının üzerinde yetişkin çam ağaçlarının düşey doğrultuda olması heyelanın oldukça eski olduğuna işarettir. Bununla birlikte heyelanın taç kısmı bugünkü topoğrafya değişikliği ile kolayca izlenebilmektedir.



Şekil 3.9 Heyelanlı bölgedeki metamorfik kayaç bloğu

4. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

4.1 Sismik Işın Yönlendirme Modeline Genel Bir Bakış

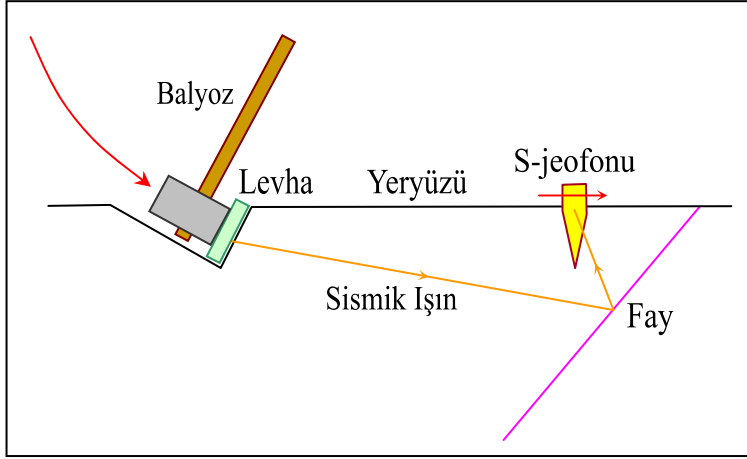
En genel anlamıyla sismik yöntem, yapay sarsıntılarla oluşturulan sismik dalgaların yer içerisinde ilerleyerek farklı derinliklerden aldıkları bilgileri yüzeye taşıması olayıdır. Günümüzde sismik yöntemler yerin stratigrafik ve tektonik özelliklerinin belirlenmesi, jeotermal aramalar, petrol ve kömür araştırmaları, tuz ve su araştırmaları, jeolojik yatakların araştırılması, arkeolojik yapıların araştırılması, mühendislik çalışmaları amacıyla kullanılmaktadır.

Bir sismik sistem için gereken aletler, sismik dalgaları üreten bir enerji kaynağı, sismik dalgaları yüzeyde algılayan jeofonlar ve bu alıcılara gelen bilgileri kaydeden bir sismik kayıtçıdan ibarettir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Sismik yöntem için gerekli donanımlar: sismik kayıtçı, jeofon, levha ve balyoz

Sismik yöntemlerde kullanılan enerji kaynakları, dinamit, ağırlık düşürme, sismik vibratör vb. olabilir. Bu enerji kaynaklarından herhangi biri kullanılarak elde edilen ilk patlama “atış” olarak adlandırılır. Bu çalışmada sismik atışlar balyozun, madeni bir levhaya vurulmasıyla elde edilmiştir (Şekil 4.1). Bu atışlar ile yer içerisine gönderilen ve fay yüzeyinden yansıyan dalgalar yüzeyde jeofonlar tarafından algılanırlar (Şekil 4.2). Jeofonlar yüzeyde bir hat boyunca yerleştirilir. Detay çalışmalarında jeofon ve atış aralıkları genellikle kısa tutulmaktadır. Çünkü atış aralığının kısa mesafeli olması yer altından daha fazla bilgi alınması demektir. Jeofonlar 24, 48 ya da 96 kanallı olabilmektedir.



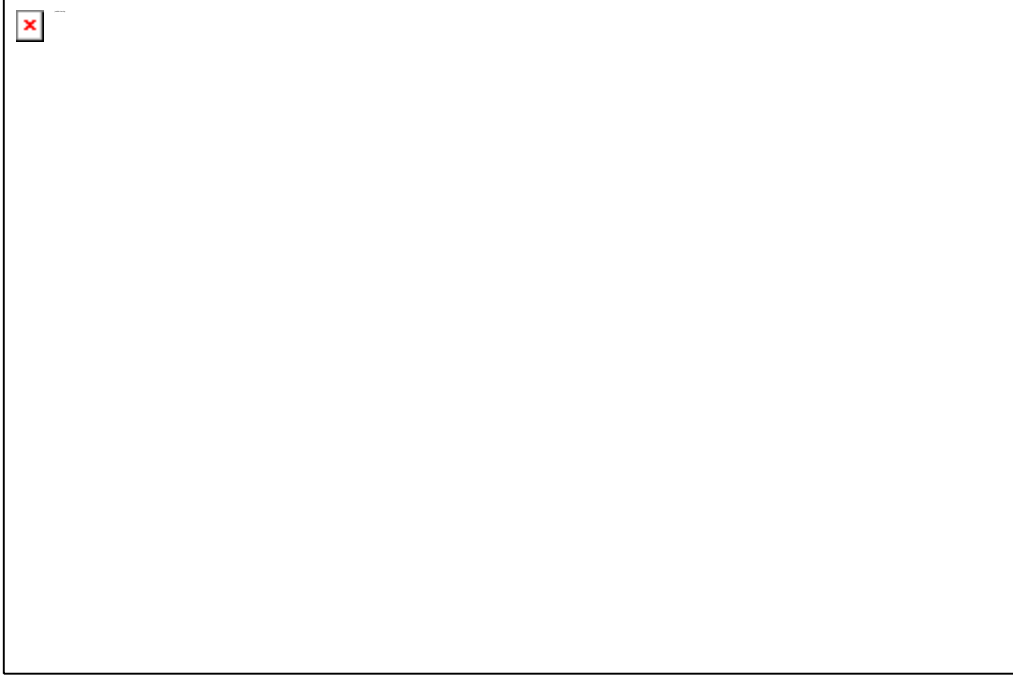
Şekil 4.2 Sismik “Işın Yönlendirme” tekniğinde bir sismik atışın gerçekleştirilmesi (Seyitoğlu vd. 2006)

Sahada sismik veri toplandıktan sonra dağınık halde kaydedilen veriler daha sonra bir dizi işlemten geçirilmektedir ve böylece iyi bir sismik kesit elde edilmektedir.

Yapay sarsıntılarla ilk hız ölçümü 1845 yılında Mallet tarafından yapılmıştır. Sismik dalgaların yansıma ve kırılmalarını Knott 1899 yılında açıklarken, 1907 yılında ise Zoeppritz ve Wieher tarafından sismik dalga teorisi ortaya konmuştur (Us 1998). Sismik yansıma üzerine ilk kez 1913 yılında Reginald Fessender çalışmış ve 1920 yılında Karcher basit bir kayıt aleti yapmayı başarmıştır. Mintrop 1924 yılında tuzun yüksek hızlı olmasından yararlanarak, bir tuz domunun yerini sismik yöntemle saptamıştır. 1927 yılında kayıt aletleri ticari olarak piyasada görülmeye başlamış ve sismik dalgalar çizgisel (analog) olarak kaydedilebilmiştir. 1953’lü yıllarda da manyetik teyplerin kullanılmaya başlamasıyla sismik dalgalar sayısal (dijital) olarak kaydedilmiştir. Ülkemizde de MTA tarafından ilk sismik çalışma 1947 yılında Adana’da bir Amerikan firmasına yaptırılmıştır. 1948 yılında ise sismik ekipmanlar satın alınmış ve MTA çalışanları tarafından Adana’da etütlere başlanmıştır.

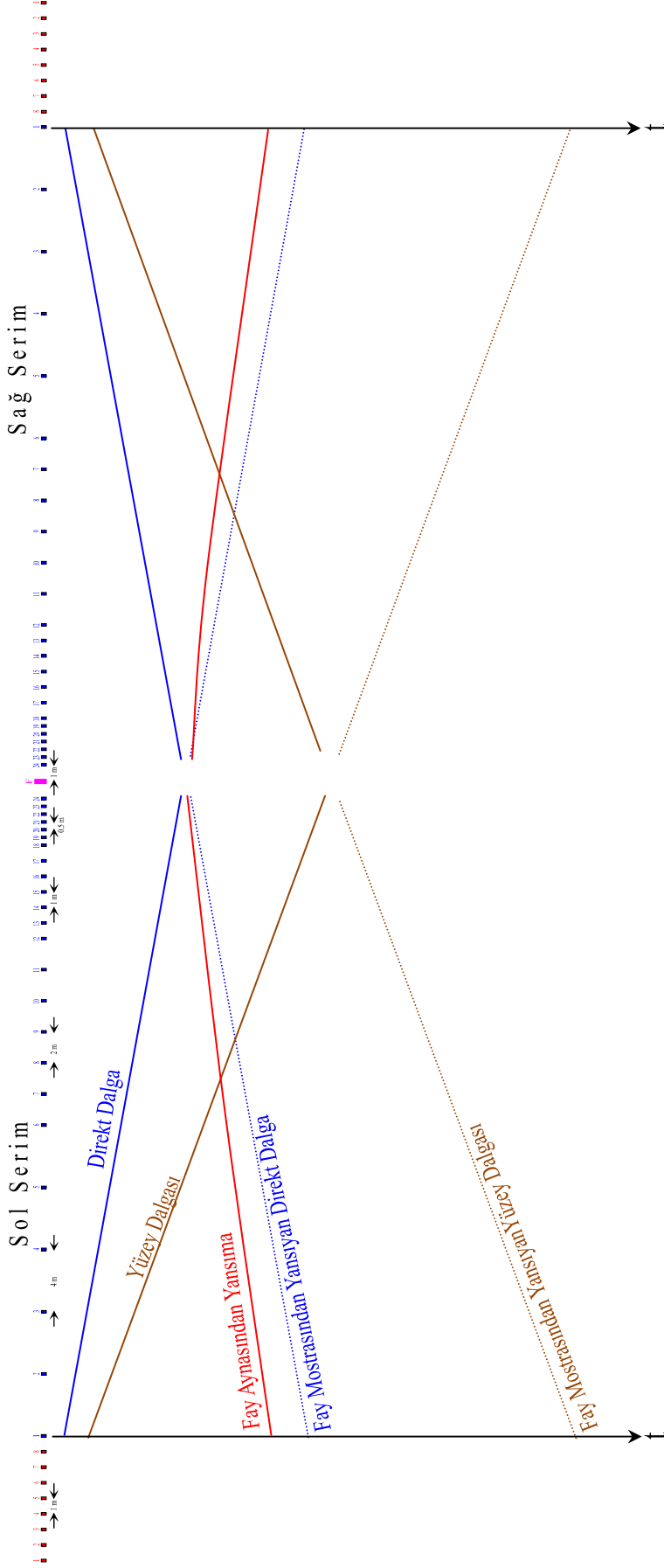
4.2 Veri Toplama ve Değerlendirme

Jeofizik çalışmalar 68.290K ve 41.281D ile 68.205K ve 41.135D koordinatları üzerindeki bir hat boyunca (Şekil 2.3'te jeoloji haritası üzerindeki C-C' hattı üzerinde), temel metamorfik birim ile Neojen yaşlı çökeller arasındaki dokanak üzerinde uygulanmıştır (Şekil 4.3).



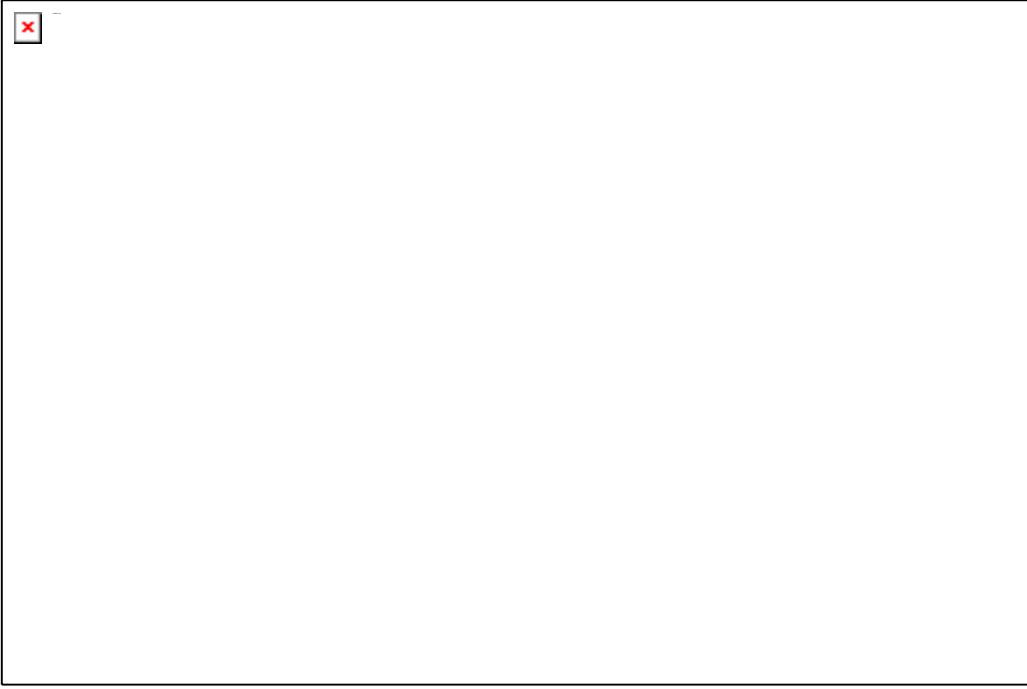
Şekil 4.3 Sismik ışın yönlendirme tekniğinin uygulandığı temel metamorfik birim ile Neojen sedimanları arasındaki kuzeye eğimli tektonik sınır

Fay eğim açısının belirlenmesinde sismik “Işın Yönlendirme” tekniğine ait arazi düzeni ve ilgili zaman-uzaklık grafikleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir (Serim dizaynı ve ışın geometrisine ait düzenleme Prof. Dr. Berkan Ecevitoğlu tarafından yapılmıştır.). Atışlar serimlerin fay mostrasına uzak uçlarında yapılmıştır. Fay yüzeyinden yansıyarak gelen sismik bilginin teyit edilmesi için, her serimde, araları 1'er m mesafeli 8 atış yapılmıştır. Alıcılar arasındaki uzaklıklar değişken olup, fay mostrasına yaklaştıkça bu aralıklar 4 m' den başlayarak, 2 m, 1 m ve 0.5 m' ye kadar azalmaktadır. Böylece faya yakın yerlerden daha yoğun bilgi alınmıştır. Sismik enerjinin yetmesi için, ilk atışla fay mostrası arasındaki uzaklık 50 metre ile sınırlı tutulmuştur.



Şekil 4.4 Fay eğim açısının belirlenmesinde sismik “Işın Yönlendirme” tekniğinin uygulanışı (Prof. Dr. Berkan Ecevitoglu tarafından düzenlenmiştir) En üstte arazi düzeni görülmektedir. Üzerlerinde kırmızı sayılar yazılı kutucuklar atış istasyonlarını, mavi sayılar yazılı kutucuklar alıcı istasyonlarını göstermektedir. Ortadaki turuncu ‘F’ harfi fayın mostra verdiği noktadır. Birbirlerine bakan siyah oklar aralık uzaklıklarını belirtmektedir. Aşağıda, sol ve sağ serimlere ait zaman-uzaklık grafikleri görülmektedir. Değişik renklerle çizilen eğriler üzerine, aynı renklerle ilgili sismik dalga fazları yazılmıştır. Fay Aynasından Yansıma bir hiperboldur. Öte yandan, Direkt Dalga, Fay Mostrasından Yansıyan Direkt Dalga, Yüzey Dalgası, Fay Mostrasından Yansıyan Yüzey Dalgası birer doğru parçalarıdır

Ölçümlerde 24 adet 26 Hz'lik S-jeofonu kullanılmıştır. Örnekleme aralığı 0.5 milisaniye, kayıt uzunluğu 1 saniyedir. Kayıt sırasında herhangi bir süzgeç kullanılmamıştır. Fay mostrasına dik doğrultuda ve fayın her iki bloğunda ayrı ölçümler alacak şekilde, biri diğerinin uzantısı iki sismik profil tasarlanmıştır (Şekil 4.4). Her iki profilde S-jeofonları fay mostrasına doğru yönlendirilmiştir (Şekil 4.5).

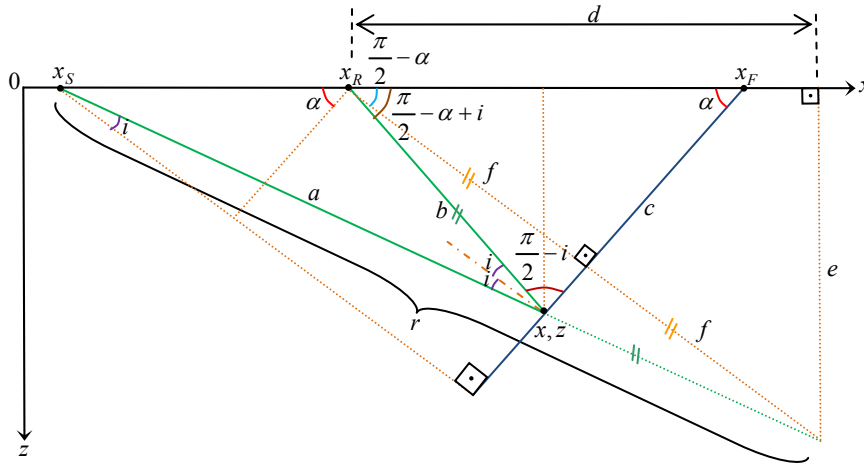


Şekil 4.5 Sismik profilin arazideki görüntüsü

Sismik atışlar 12 kg 'lık bir balyozla, düşeyle yaklaşık 20-30 derece açı yapan bir madeni levhaya vurularak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.2). Sismik atışlar için asimetrik V biçimli çukurlar açılmıştır. Her sismik atış için, sinyali güçlendirmek amacıyla, 3 düşey-yığma yapılmıştır. Eğik balyoz vuruşları, sismik enerjinin yönlendirilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemle aşırı eğimli jeolojik yapılardan sismik sinyal alınması mümkündür. Sismik verilerin işlenmesi aşamasında rüzgar gürültüsünü bir miktar bastırmak için 5-10-140-150 Hz aralık geçişli bir sayısal süzgeç kullanılmıştır.

Şekil 4.4'te kırmızı ile gösterilen zaman-uzaklık eğrisi (hiperbol), fay aynasından gelen yansımaya aittir. Sismik ışın geometrisi (Şekil 4.6) ve ilgili bağıntılar aşağıda verilmiştir:

- x_F : Fay mostrasının x koordinatı
- x_S : Kaynağın x koordinatı
- x_R : Alıcının x koordinatı
- α : Fayın eğim açısı
- i : Geliş açısı
- x : Yansıma noktasının x koordinatı
- z : Yansıma noktasının z koordinatı
- r : Yolculuk mesafesi
- a, b, c, d, e, f : Diğer yardımcı değişkenler



Şekil 4.6 Fay aynasından gelen yansımaya ait sismik ışın geometrisi
(Prof. Dr. Berkan Ecevitoglu tarafından düzenlenmiştir)

Sismik ışının kaynaktan çıkıp alıcıya ulaşmasına kadar katettiği yolculuk mesafesine ait sayısal değer,

$$r = \sqrt{(x_R - x_S + d)^2 + e^2} = \sqrt{[x_R - x_S + 2(x_F - x_R) \sin^2 \alpha]^2 + [(x_F - x_R) \sin 2\alpha]^2}$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Bu denklemde “ r ” değerine ulaşabilmek için “ d ” ve “e” yardımcı değişkenlerinin bilinmesi gerekmektedir. Burada “ d ” değeri,

$$d = 2f \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = 2(x_F - x_R) \sin^2 \alpha$$

bağıntısı ile hesaplanırken, “ e ” değeri de,

$$e = 2f \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = (x_F - x_R) \sin 2\alpha$$

bağıntısı ile belirlenmektedir. Bu bağıntılarda yer alan “ f ” yardımcı değişkeninin değerine ise,

$$f = (x_F - x_R) \sin \alpha$$

bağıntısından ulaşılmaktadır.

Yansıma noktasının sayısal değerlerini belirleyebilmek için ise “a”, “b” ve “c” yardımcı değişkenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için,

$$a \sin i + b \sin i = (x_R - x_S) \cos \alpha = (a + b) \sin i = r \sin i$$

bağıntısından,

$$\sin i = \frac{(x_R - x_S)}{r} \cos \alpha \quad \text{ve} \quad \tan i = \frac{1}{\sqrt{\left[\frac{r}{(x_R - x_S) \cos \alpha}\right]^2 - 1}}$$

değeri belirlenmektedir. “c” değerine ise,

$$\frac{c}{\sin(\frac{\pi}{2} - \alpha + i)} = \frac{x_F - x_R}{\sin(\frac{\pi}{2} - i)}$$

bağıntısından,

$$c = (x_F - x_R) \frac{\cos(\alpha - i)}{\cos i}$$

olarak ulaşılmaktadır.

Bu değişkenler yardımıyla yansıma noktasının “x” ve “z” koordinat değerlerine,

$$x = x_F - c \cos \alpha = x_F - (x_F - x_R) \left[\cos^2 \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2 \sqrt{\left[\frac{r}{(x_R - x_S) \cos \alpha} \right]^2 - 1}} \right]$$

ve

$$z = c \sin \alpha = (x_F - x_R) \left[\frac{\sin 2\alpha}{2} + \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\sqrt{\left[\frac{r}{(x_R - x_S) \cos \alpha} \right]^2 - 1}} \right]$$

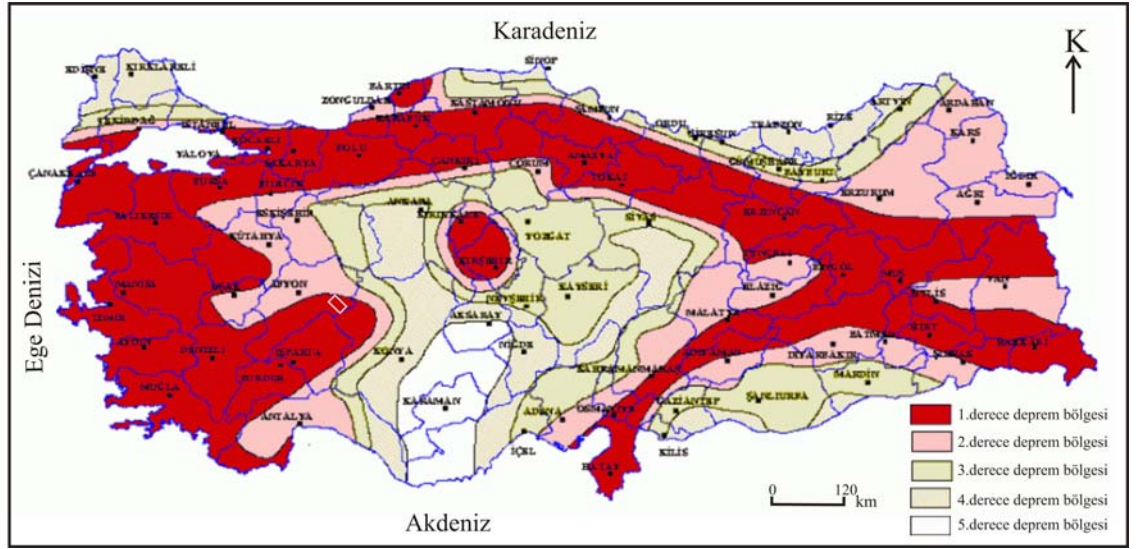
bağıntıları hesaplanarak ulaşılabilmektedir.

Sismik hattın güney ucundan fay yüzeyine gönderilen ışın demeti yolculuğu boyunca herhangi bir yüzeye rastlamadığı için yoluna devam etmektedir. Bu durumda sismik atışlara ait sismik profil ayrıntılarına bakıldığına fayın güney bloğunda yer alan S-jeofonlarının herhangi bir yansıma ve saçılma algılamadığı görülür (EK 1-EK 8).

Diğer taraftan sismik hattın kuzey ucundan fay yüzeyine gönderilen ışınların bir yüzeye çarparak geri döndükleri ve böylece kuzey bloktaki S-jeofonlarının fay yüzeyinden yansıyan saçılmaları algıladığı görülür (EK 1-EK 8). Sağ sismik kesitler incelendiğinde, fay yüzeyine gönderilen her ışın demetinin yüzeyden yansıyıp dönerken diğer ışın demetini etkilediği görülür. Oysa ki ışınlar arasındaki bu sismik olay sol sismik kesitte gözlenmemektedir. Dolayısıyla fayın kuzeye eğimli olduğu belirgindir. Ayrıca sismik profil ayrıntılarına bakıldığında fay açısı 60° gibi bir değer sunmaktadır.

5. DEPREMSELLİK

Afyon ve yakın çevresi deprem üretme potansiyeli oldukça yüksek olan aktif bir tektonik sistemin içinde yer almaktadır. Bölgede depremler normal faylar tarafından kontrol edilen çöküntü ovalarında meydana gelmektedir. Birinci derece deprem belgesi olarak tanımlanan bu bölgede (Şekil 5.1), tarihsel ve aletsel dönem kayıtlarına bakıldığında da çok sayıda deprem olduğu görülmektedir.



Şekil 5.1 Türkiye deprem bölgeleri haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1996)

5.1 Tarihsel Dönem Depremleri

1900 yılı öncesinde meydana gelmiş depremler tarihsel dönem depremleri olarak ifade edilmektedir. Aletsel verilerin olmaması sebebiyle bu depremlerin yerleri ve şiddetlerine ait bilgiler çok net olmamakla birlikte dönemin gazete arşivlerinden ve hasar durumu verilerinden elde edilmektedir.

Tarihsel dönemde Afyon ve çevre illeri etkileyen (30.50-32.00)K ve (37.50-39.00)D koordinatları arasında 13 tane hasar yapıcı deprem olmuştur (Çizelge 5.1). Bu depremlere ait bilgiler Pınar ve Lahn (1952), Ergin vd. (1967), Soysal vd. (1981) tarafından hazırlanan kataloglardan yararlanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.1 Afyon ve yakın çevresinde meydana gelmiş tarihsel dönem depremleri.

TARİH	ENLEM	BOYLAM	ŞİDDET	YER
94	38.75	30.50	VIII	Afyon yöresi
1766	38.53	30.55	VII	Afyon ve Şuhut ovası
1795	38.76	30.50	VIII	Afyon
1842	37.80	30.50	VI	Isparta-Burdur
1849	37.75	30.55	VI	Isparta
1862	38.75	30.50	VIII	Afyon-Şuhut
1863	38.53	30.55	X	Şuhut
1866	38.28	31.90	VI	Konya-İlgın
1873	38.76	30.55	VI	Afyon
1876	38.76	30.55	VI	Afyon
1876	37.71	30.60	VI	Burdur
1889	37.75	30.70	VI	Isparta
1890	37.75	30.60	VI	Isparta

5.2 Aletsel Dönem Depremleri

Afyon ve yakın çevresinde aletsel kayıtların alınmaya başlandığı 1900 yılından günümüze kadar geçen zaman içerisinde (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede büyüklüğü 3.0'ten büyük 300'e yakın deprem meydana gelmiştir. Bu depremlere ait bilgiler Ek 9'da verilmiştir (Şekil 5.2). (38.20-38.70)K ve (30.50-31.90)D koordinatları ile sınırlanan bölgede büyüklüğü 5.0'ten büyük 12 adet deprem meydana gelmiştir (Çizelge 5.2) (Şekil 5.3).

Depremler normal atımlı faylara bağlı olarak oluşmaktadır. KB-GD yönünde uzanan normal atımlı faylar birbirlerine eklenerek bir zon oluşturmaktadır. Bugüne kadar bu zon içerisinde görülen en büyük deprem 28 Mart 1970 yılında Kütahya'nın Gediz ilçesinde meydana gelen 7.1 büyüklüğündeki Gediz Depremi'dir (Ambraseys and Tchalenko 1972).

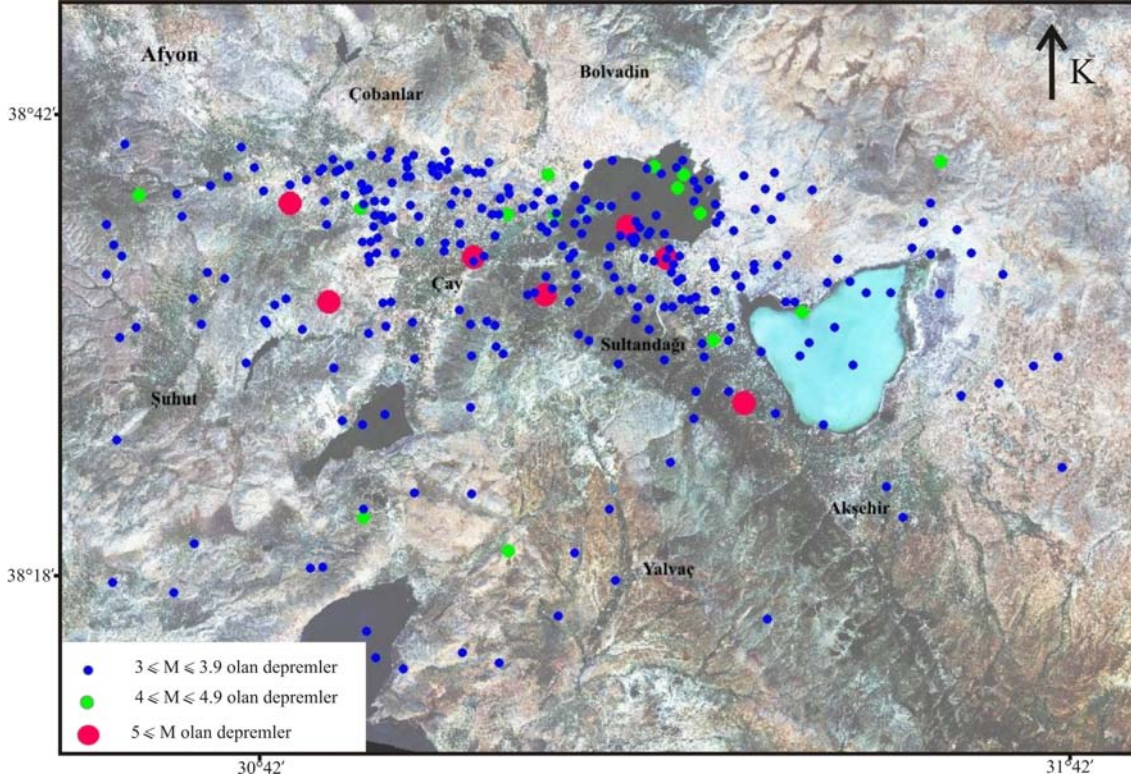
Çizelge 5.2 (01.01.1900 yılından itibaren (38.20-38.70)K ve (30.50-31.90)D koordinatları ile sınırlanan bölgede oluşan hasar yapıcı depremlerin listesi (Veriler Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi kataloglarından elde edilmiştir)

NO	TARİH	ZAMAN (GMT)	ENLEM (K)	BOYLAM (D)	DERİNLİK (Km)	MAGNİTÜD (Md)
1	13.04.1921	04:54	38.40	31.80	30.0	5.1
2	26.09.1921	09:26	38.42	31.79	10	5.3
3	20.11.1924	20:27	38.55	30.78	10.0	5.7
4	12.01.1931	15:06	38.47	31.80	20.0	5
5	12.01.1931	15:55	38.50	31.90	30.0	5
6	21.02.1946	15:43	38.24	31.79	60.0	5.4
7	16.07.1946	19:45	38.63	31.15	40.0	5
8	15.12.2000	16:44	38.40	31.32	10.0	5.8
9	03.02.2002	07:11	38.58	31.25	10.0	6.0
10	03.02.2002	07:14	38.70	30.87	10.0	5.2
11	03.02.2002	09:26	38.63	30.90	10.0	5.9
12	03.02.2002	11:54	38.59	31.17	10.0	5

26.09.1921 tarihinde meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 5.3 olan deprem (KOERİ) Argıthanı-Akşehir Depremi olarak kayıtlara geçmiştir. Pınar ve Lahn (1952)'a göre VIII-IX şiddetinde olan bu depremin dış merkezi, Ilgın gölünün batısından geçen fay üzerindeki Çavuşçu köyü civarındadır. Deprem, Çavuşçu tren istasyonunda hasara yol açmıştır. Argıthanı ve civarındaki köyler de depremden hasar görmüştür.

21.02.1946 tarihinde aletsel büyüklüğü 5.4 olan ve Ilgın-Argıthanı Depremi olarak kayıtlara geçen bir deprem meydana gelmiştir. Pınar ve Lahn (1952)'a göre VII-VIII şiddetinde olan bu depremin dış merkezi Çavuşçu köyü kuzeyindedir. Deprem Ilgın,

Argıthanı ve Erdoğan yerleşim yerlerinde ciddi şekilde hasara yol açmıştır. Argıthanı’da 90 ev tümüyle harap olmuş, 250 ev oturulamayacak duruma gelmiştir. Erdoğan köyünde 63 ev tamamen yıkılmıştır. 12 kişi hayatını kaybetmiş, 9 kişi de yaralanmıştır (Eyidoğan vd. 1991). Doğanhisar, Reis, Koçaş, Akşehir yerleşim yerleri de depremde hasar görmüştür.



Şekil 5.2 Çalışma alanı ve çevresinde 1900 yılından itibaren meydana gelen sismik aktivite (Deprem verileri Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Sismoloji Şube Müdürlüğü’nden alınmıştır)

5.2.1 15 Aralık 2000 Sultandağı Depremi

15.12.2000 tarihinde Afyon iline bağlı Sultandağı ilçesi sınırları içinde saat 16:44'te 5.8 büyüklüğünde (M_d) ve 10km derinliğinde bir deprem meydana gelmiştir (KOERİ) (Çizelge 5.2). "Sultandağı Depremi" olarak isimlendirilen bu depremin dış merkezi Eber Gölü güneyindedir. Bu depremin odak mekanizması çözümü Taymaz ve Tan (2001) tarafından yapılmıştır (Şekil 5.3) (Çizelge 5.3). Depremin odak mekanizması çözümü Sultandağı Fayı'nın normal fay niteliğinde olduğunu ortaya koymuştur.

Deprem, Afyon ve komşu illerde hissedilmiş, Bolvadin, Sultandağı, Akşehir ve Ilgın'da hasara yol açmıştır. Şiddeti VIII olarak belirlenen bu deprem nedeniyle 6 kişi hayatını kaybetmiş, 82 kişi yaralanmıştır. 250'ye yakın ev de kullanılamayacak duruma gelmiştir. Bölgede deprem sonrası oluşmuş herhangi bir yüzey kırığına rastlanmamıştır. (Koçyiğit and Özacar 2003)

Çizelge 5.3 Odak Mekanizması çözümü yapılan 15.12.2000 Sultandağı depremine ait sismik parametreler (Taymaz and Tan 2001)

Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (km)	Büyüklik	Sismik büyüklük ($M_o \times 10^{17} \text{Nm}$)	Gidiş (Strike) (°)	Dalım (Dip) (°)	Yan yatım (Rake) (°)
38.61	31.06	8	$M_w=6.0$	13	294 101	40 51	-80 -98
38.61	31.06	10 5	$M_s=5.8$ $M_w=6.0$	11	306	36	-60
38.58	31.18	15	$M_w=6.0$	14	302	35	-75
38.59	31.16	5.8	$M_d=5.8$	-	-	-	-

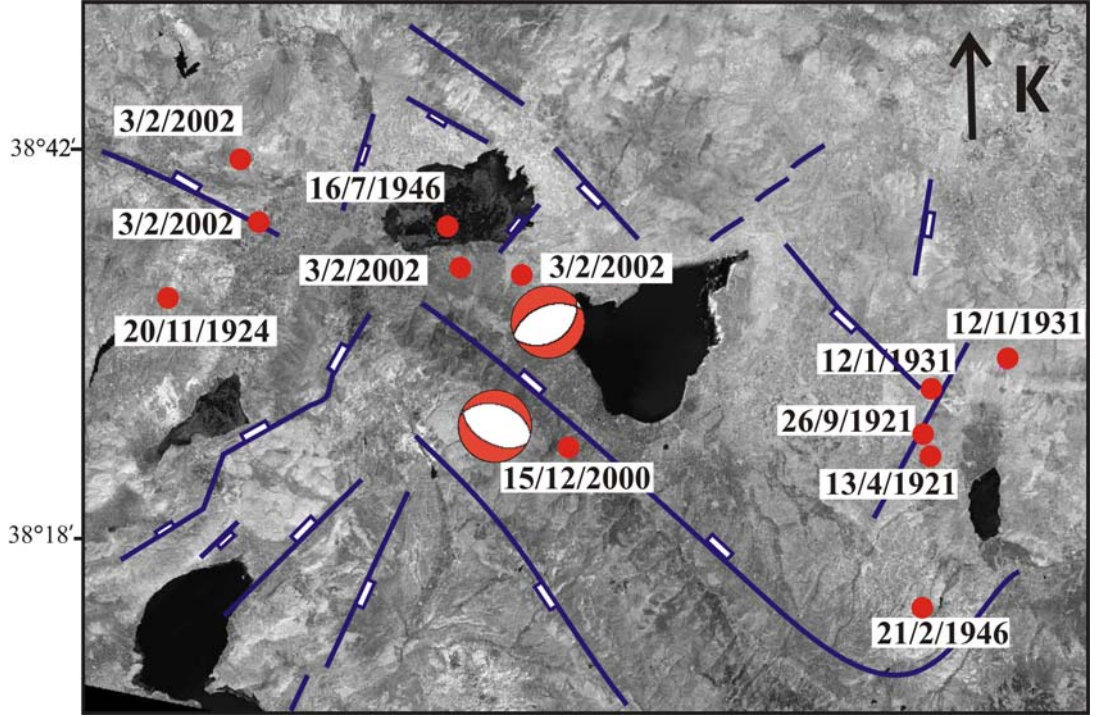
5.2.2 03 Şubat 2002 Çay Depremi

03 Şubat 2002 tarihinde Afyon iline bağlı Çay ilçesinde 6.1 büyüklüğünde (Md) ve 10 km derinliğinde bir deprem meydana gelmiştir (KOERİ). USGS'e göre ise depremin büyüklüğü 6.2 derinliği ise 10 km'dir. Ana şok sonrasında aynı gün 5'ten büyük üç artçı deprem daha meydana gelmiştir (Çizelge 5.2). Depremin dış merkezi Eber Gölü güneyidir. Deprem sonrası en fazla hasar Çay, Sultandağı ve Bolvadin ilçe merkezlerinde görülmüştür. Deprem 42 kişinin ölmesine, 325 kişinin de yaralanmasına neden olmuştur. Depremde 4062 ev, 339 iş yeri ağır hasara uğramıştır.

Deprem sırasında yüzey kırıkları oluşmuştur (Başokur vd. 2002, Koçyiğit and Özacar 2003, Emre *et al.* 2003). Bu yüzey kırıkları, Sultandağı yüzey kırığı, Maltepe yüzey kırığı (Başokur vd. 2002) ve Oğuzhüyüğü yüzey kırığıdır (Koçyiğit and Özacar 2003).

Sultandağı yüzey kırığı Cumhuriyet köyünün 1.5 km doğusunda oluşmuştur. Bu yüzey kırığı 4.5 km'lik bir alanda D-B yönünde uzanarak Çay ilçesine kadar ulaşır ve burada ağır hasarlara yol açar. Yüzey kırığında iki blok arası açıklık 15-20 cm'dir (Başokur vd. 2002). Maltepe yüzey kırığı, Maltepe köyünün 1km batısında oluşmuştur. Eber Gölü güneyine kadar D-B yönünde uzanan kırık yaklaşık 19 km uzunluğundadır. Kırık üzerindeki düşey atımlar 20cm kadardır (Başokur vd. 2002). Oğuzhüyüğü yüzey kırığı Eber Gölü'nün hemen güneyinde KKD yönünde uzanır ve 2cm düşey atım oluşturur (Koçyiğit and Özacar 2003).

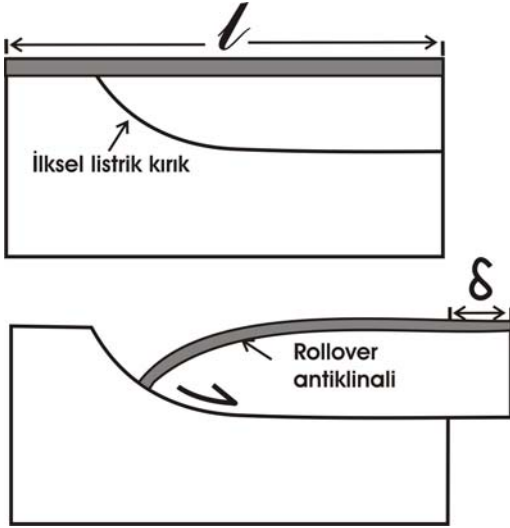
Ayrıca Değirmendere köyünün 5km doğusunda donmuş göl yüzeyinde oluşan yüzey kırıkları da hareketin BKB-DGD yönünde olduğunu göstermektedir. Bu yön, fay düzlemi çözümleri tarafından desteklenen kayma vektörleri yönelimleri ile uyumluluk gösterir (Yürür *et al.* 2003).



Şekil 5.3 Çalışma alanı ve yakın çevresinde yer alan faylar ve 1900 yılından itibaren oluşan yıkıcı depremler (Faylar Başokur vd. 2002 ve Koçyiğit and Özacar 2003'ten alınmıştır. Deprem verileri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi kataloglarından elde edilmiştir. Odak mekanizması çözümleri Taymaz and Tan (2001) ve Emre *et al.* (2003)'dan alınmıştır)

Çalışma alanı ve çevresinde son zamanlarda meydana gelen depremlerin odak mekanizması çözümlerine bakıldığında depremlerin normal faylardan kaynaklandığı görülmektedir. Depremin dış merkezleri genel olarak ana faydan uzakta ve düşen blok üzerinde yer almaktadır (Şekil 5.2). Deprem derinlikleri ise 10 km'lerdeki derinliklerde yoğunlaşmaktadır. Ayrıca oldukça geniş olan çöküntü alanı üzerinden ana faya yaklaştıkça ova, düzlük-yokuş-düzlük şeklinde bir topoğrafya sunmaktadır. Yüzeyde de Sultandağı Fayı üzerinde yapılan ölçümlerde fayın eğiminin yüksek olduğu görülmüş ve sismik profil ayrıntılarında ise eğim 60° olarak belirlenmiştir.

Tüm bu veriler, özellikle deprem dış merkezlerinin dağılımı ve deprem derinlikleri, bölgedeki aktif tektonik yapının listrik karakterde normal fay olduğunu göstermiştir (Şekil 5.4) (Başokur vd. 2002).



Şekil 5.4 Listrik fayın şematik gösterimi

6. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Sultandağı Fayı yakın zamana kadar bir çok araştırmacı tarafından çalışılmış, bir grup araştırmacı bu fayı ters fay olarak belirlemiş (Boray vd.1985, Şaroğlu vd. 1987, Ögdüm vd. 1991, Barka *et al.* 1995) diğer bir grup ise aynı fayın normal fay karakterinde olduğunu ileri sürmüştür (Atalay 1975, Koçyiğit 1984, Koçyiğit *et al.* 2000, Başokur vd. 2002, Koçyiğit and Özacar 2003).

15 Aralık 2000’de meydana gelen ($M_w=6.0$) Sultandağı depremi ve 3 Şubat 2002’de meydana gelen ($M_w=6.0$) Çay depremi odak mekanizması çözümleri bu fayın normal fay karakterinde olduğunu göstermiştir (Taymaz and Tan 2001).

Bu depremlerin odak mekanizması çözümleri ile bölgenin genişlemeli neotektonik rejimde olduğu görüşü kabul görmüştür ancak bölgede ve yakın çevresinde varlığı öne sürülen sıkışma ürünü yapılar halen tartışma konusudur (Koçyiğit *et al.* 1999, Seyitoğlu 1999, Seyitoğlu *et al.* 2000, 2002, Bozkurt *et al.* Rojay 2005).

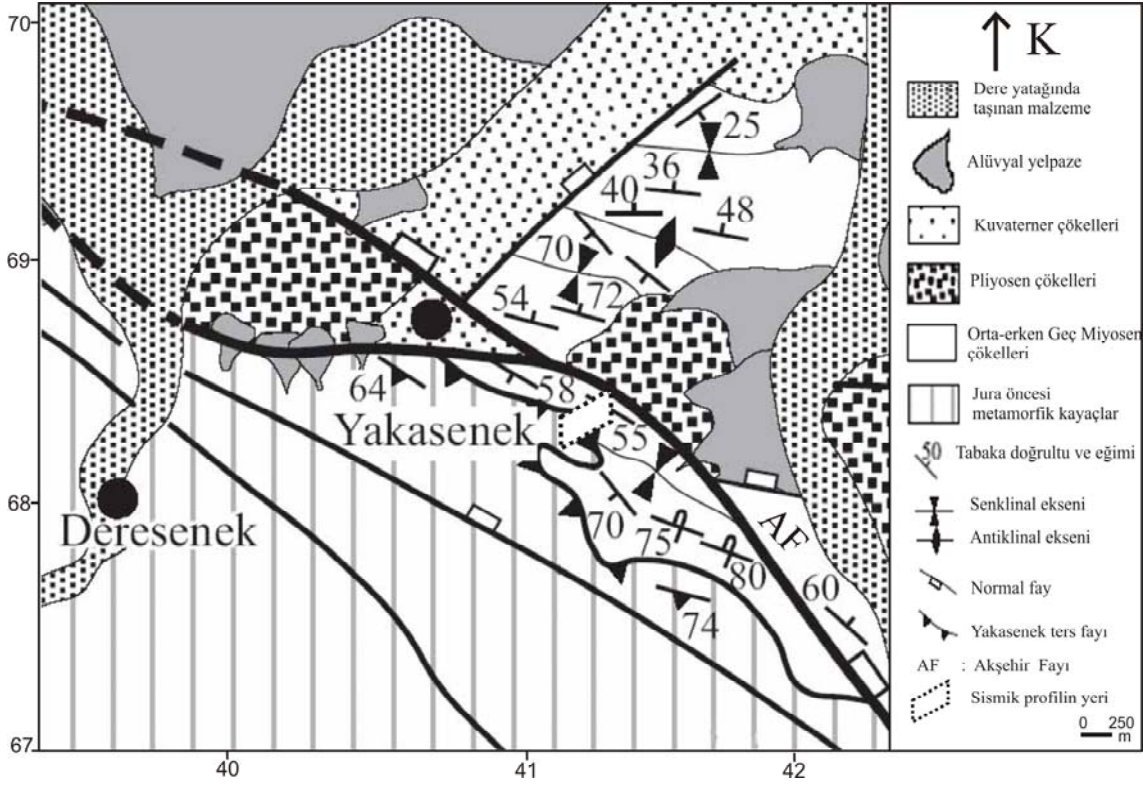
Çalışma alanı olan Yakasenek kasabası ve çevresinde Sultandağı Fayı’nın uzanışı ve temel birim ile Neojen sedimanları arasındaki dokanak gözlemlenmiş ve bu kapsamda bölgeye ait 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır.

Bölgenin stratigrafik incelemesinde üç farklı birim belirlenmiştir. Bunlar; metamorfik temel birim ve üzerine uyumsuzlukla gelen Neojen yaşlı (Üst Miyosen) sedimanter birim ve bu birimi uyumsuzlukla üzerleyen güncel alüvyondur.

Koçyiğit *et al.* 2000, Koçyiğit and Özacar 2003 çalışmalarında Miyosen sedimanlarında kıvrımların varlığından söz etmişlerdir. Ayrıca temel kayalar ile Miyosen sedimanları arasındaki dokanağın yüksek açılı ters fay olduğunu belirtmişler ve bu fayı Yakasenek ters fayı olarak tanımlamışlardır (Şekil 6.1).

Sultandağı Fayı yaklaşık KB-GD gidişli, Yakasenek ters fayını (Koçyiğit *et al.* 2000) kesen aktif yüksek açılı normal fay karakterindedir. Fay boyunca bazı lokasyonlarda

yoğun parçalanmaya uğramış breşik zonlar vardır. Bu fay aynı zamanda Neojen sedimanları ile temel metamorfik birim arasında kuzeye eğimli olarak saptanmıştır.



Şekil 6.1 Varlığı öne sürülen Yakasenek ters fayını gösteren jeolojik harita (Koçyiğit and Özacar 2005)

Yakasenek ters fayının geçtiği belirtilen (Koçyiğit *et al.* 2000) lokasyonda jeofizik çalışmalar yapılmış (Şekil 6.1) ve uygulanan sismik ışın yönlendirme yöntemi ile buradaki tektonik hat kuzeye eğimli olarak belirlenmiştir. Buradaki fayın güneyin aksine kuzeye eğimli olarak ölçülmesi, bölgedeki Miyosen-Pliyosen’de bir sıkışmanın varlığını gösteren Yakasenek ters fayının bulunmadığını göstermiştir. Bölgede yapılan arazi gözlemlerinde de ters faya yönelik herhangi bir veriye rastlanmamıştır.

Sismik ışın yönlendirme yöntemi ile saptanan kuzeye eğimli fay düzlemi olasılıkla normal fay bileşenli Sultandağı fay zonuna aittir. Bölge olasılıkla Miyosen’den itibaren genişlemeli tektonik rejim kontrolündedir .

KAYNAKLAR

- Ambraseys, N. N and Tchalenko J. S. 1972. Seismotectonic aspect of the Gediz, Turkey, earthquake of March. 1972. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 30. 229-252
- Atalay, İ. 1973. Sultandağları ile Akşehir ve Eber Gölleri havzalarının strüktürel, jeomorfolojik ve toprak erozyonu etüdü. Doktora tezi (basılmış), Yeni Desen Mat., Ankara
- Atalay, İ. 1975. Tektonik hareketlerin Sultandağları'nın jeomorfolojisine olan etkileri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18, 21-26.
- Barka, A. Reilinger, R., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C. 1995. The Isparta Angle: its importance in the neotectonics of the Eastern Mediterranean Region. Proceedings of the International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, 1, 3-18.
- Başokur, A.T., Gökten, E., Seyitoğlu, G., Varol, B., Ulugergerli, E.U., Işık, V., Candansayar, E., Tokgöz, E. 2002. Jeoloji ve jeofizik çalışmalar ışığında 03.02.2002 Çay (Afyon) depremi'nin mekanizması, hasarın nedenleri ve bölgenin deprem etkinliği. Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 56s.
- Blumenthal, M.M. 1951. Recherches géologiques dans le Taurus occidental dans l'arrière-pays d'Alanya. Mineral Research and Exploration Institute (MTA) of Turkey Publications, Series D5.
- Boray, A., Şaroğlu, F. ve Emre, Ö. 1985. Isparta bükümü'nün kuzey kesiminde Doğu-Batı daralma için bazı veriler. Geological Engineering, 23, 9-20.
- Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey-a synthesis. Geodinamica Acta, 14, 3-30.
- Bozkurt, E. and Rojay, B. 2005. Episodic, two-stage Neogene extension and short-term intervening compression in Western Turkey: field evidence from the Kiraz Basin and Bozdağ Horst. Geodinamica Acta, 18, 299-316
- Demirkol, C., Sipahi, H., Çiçek, S., Barka A. and Sönmez Ş. 1977 Sultandağının stratigrafisi ve jeoloji evrimi. Maden Tetkik Arama Raporu, No: 6305
- Dewey, J. F. and Şengör, A.M.C. 1979. Aegean and surrounding regions; complex multi-plate and continuum tectonics in a convergent zone. Geol. Soc. America Bull. Part 1.90., 84-92 p.
- Dewey, J. 1988. Extensional collapse of orogens. Tectonics, 7, 6, 1123-1139.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Doğan A., Özalp, S., Tokay, F. and Kuşçu, İ. 2003. Seismological Research Letters, Vol. 74 , No:4

- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. 1967. Türkiye ve civarının deprem kataloğu (Milattan sonra 11 yılından 1964 sonuna kadar). İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları, No:24.
- Gökten, E., Havzoğlu, T., Şan, Ö. 2001. Tertiary evolution of the central Menderes Massif based on structural investigations of metamorphics and sedimentary cover rocks between Salihli and Kiraz (western Turkey). *Int. J. Earth Sciences*, 89,745-756
- Gökten, E., Seyitoğlu, G., Varol, B., Işık, V. 2003. 03.02.2002 Çay (Afyon) Depreminin mekanizması; bölgenin deprem etkinliği, Kocaeli 2003 Deprem Sempozyumu. Tam metin kitabı, 55-61
- Koçyiğit, A. 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27, 1-16
- Koçyiğit, A., Yusufoglu H. and Bozkurt, E. 1999. Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 156, 605–16.
- Koçyiğit, A., Ünay, E., and 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. 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, 405-421.
- Koçyiğit, A. and 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*, Vol. 12, 67-90
- 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*, 18/3-4, 167-168
- Le Pichon, X. and Angelier, J. 1979. The Hellenic arc and trench systems: a key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60,1-42.
- Pınar, N. ve Lahn, E. 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınlarından, Seri: 6, Sayı 36, 151 sayfa, Ankara.
- Öğdüm, F., Kozan, T., Bircan, A. ve Bozbay, E. 1989. Sultandağları'nın tektonik jeomorfolojisi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 17,21-34

- Öğdüm, F., Kozan, T., Bircan, A., Bozbay, E. ve Tüfekçi, K. 1991. Sultandağları ve çevresindeki havzaların jeomorfolojisi ve genç tektoniği. Maden Tetkik ve Arama Rapor No: 9123.
- Seyitoğlu, G. and Scott, B.C. 1991. Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey. Geological Magazine, 128, 155-176.
- Seyitoğlu, G. and Scott, B.C. 1992. Late Cenozoic volcanic evolution of northeastern Aegean region. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 54, 157-176
- Seyitoğlu, G. 1997. The Simav graben: An example of young E-W trending structures in the Late Cenozoic extensional system of western Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 6, 135-141.
- Seyitoğlu, G. 1999. Discussion on evidence from the Gediz Graben for episodic two-stage extension in western Turkey. Journal of Geological Society London, 156, 1240.
- Seyitoğlu, G., Çemen, İ. and Tekeli, O. 2000. Extensional folding in the Alaşehir (Gediz) graben, western Turkey. Journal of the Geological Society London, 157, 1097 -1100.
- Seyitoğlu, G., Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş. and Işık, V. 2002. The role of the flexural rotation / rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehir graben, western Turkey. Geological Magazine, 139, 15-26.
- Seyitoğlu, G., Ecevitoglu, B., Işık, V., Esat, K., Akkaya, İ., Sağol, Ö. 2006 Yuvaköy (Ankara) kuzeyinde Üst Kretase ofiyolitik melanj ile Neojen birimler arasındaki tektonik sınırın niteliği hakkında jeolojik ve jeofizik veriler Yerbilimleri, 27 (3), 163-171
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. ve Altınok, Y. 1981. Türkiye ve çevresinin tarihsel kataloğu (M.Ö. 2100-M.S. 1900).
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A. 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremselliği. Maden Tetkik ve Arama, Rapor No: 8174.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. and Kuşçu, İ. 1992. Türkiye diri fay haritası .(MTA)
- Şengör, A.M.C. and Kidd, W.S.F. 1979. Post-collisional tectonics of Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. Tectonophysics, 55,361-376.
- Şengör, A.M.C. 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. Türkiye Jeol. Kur. Konf. Ser, 2.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.

- Şengör, A.M.C., Satır, M. and Akkök, R. 1984. Timing of tectonic events in the Menderes Massif, Western Turkey: Implications for tectonic evolution and Evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 693-707.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in strike-slip faulting and basin formation. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Mineral.* 37, pp. 227-264
- Taymaz, T. and 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*, 96-107.
- Us, A.E. 1998. Sismik yöntemler ve yorumlamaya giriş. TMMOB, Jeofizik Mühendisleri Odası Yayınları, 2. Baskı
- Yürür, T., Köse, O., Demirbağ, H., Özkaymak, Ç. and Selçuk, L. 2003. Could the coseismic fractures of a lake ice reflect the earthquake mechanism? (Afyon earthquakes of 2 March 2002, Central Anatolia, Turkey). *Geodinamica Acta*, 16, 83-87

EKLER

EK 1 1. atıŖa ait sismik profil ayrıntısı

EK 2 2. atıŖa ait sismik profil ayrıntısı

EK 3 3. atıŖa ait sismik profil ayrıntısı

EK 4 4. atıŖa ait sismik profil ayrıntısı

EK 5 5. atıŖa ait sismik profil ayrıntısı

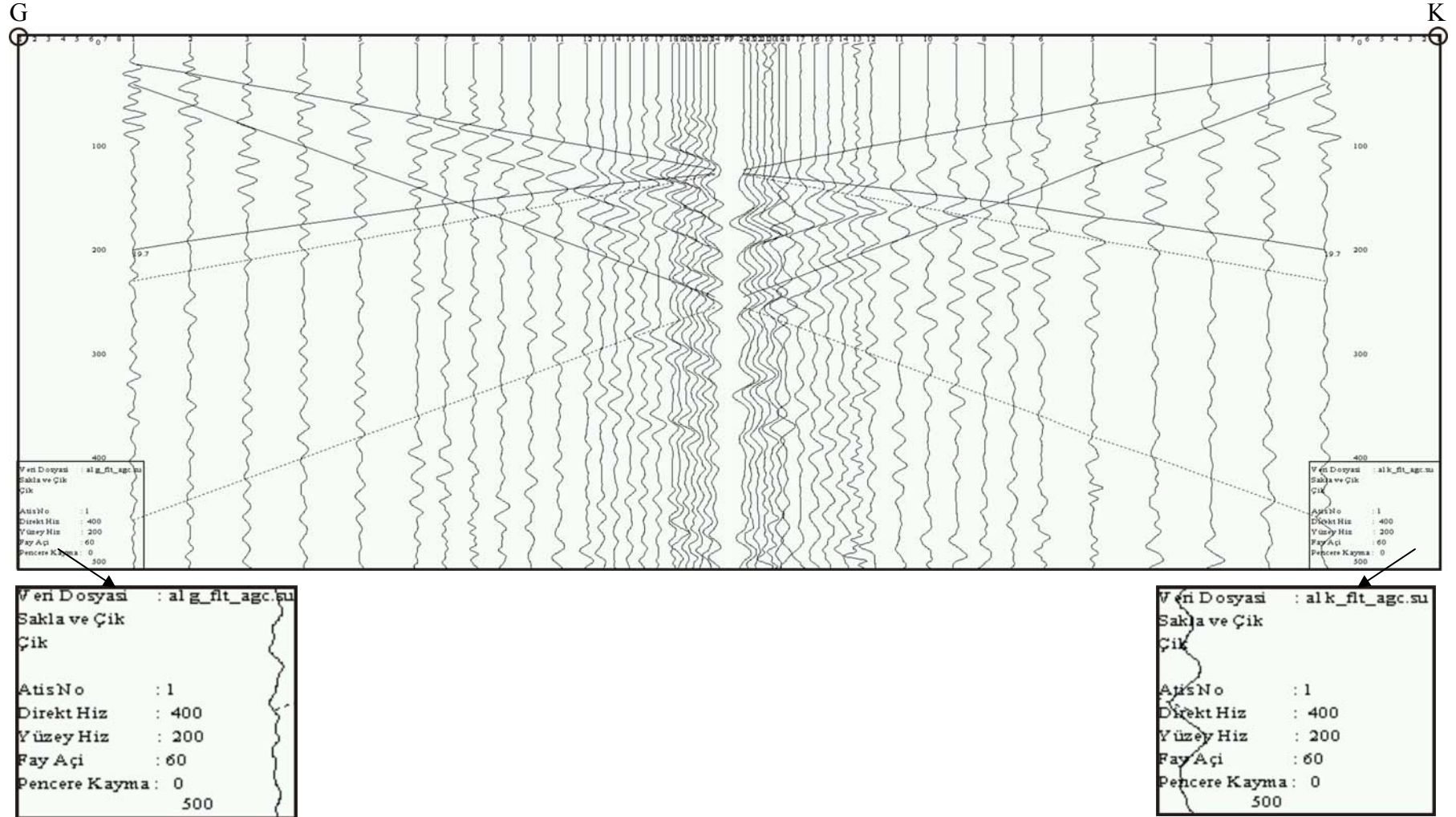
EK 6 6. atıŖa ait sismik profil ayrıntısı

EK 7 7. atıŖa ait sismik profil ayrıntısı

EK 8 8. atıŖa ait sismik profil ayrıntısı

EK 9 (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede
01.01.1900-01.01.2008 tarihleri arasında büyüklüğü 3.0'ten büyük olan
depremlerin listesi

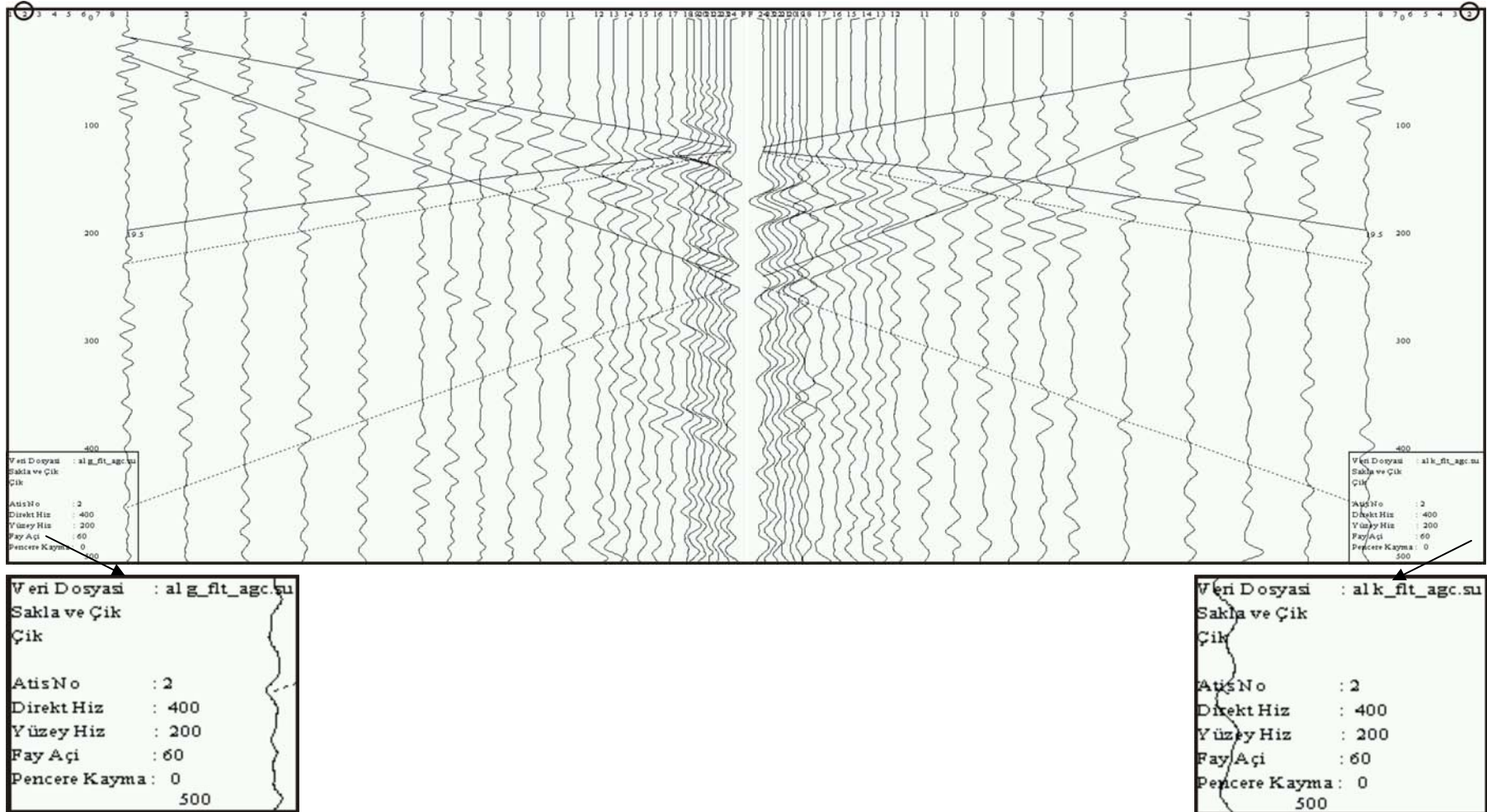
EK 1 1. atışa ait sismik profil ayrıntısı (Soldaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın güney bloğundan, sağdaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın kuzey bloğundan elde edilmiştir)



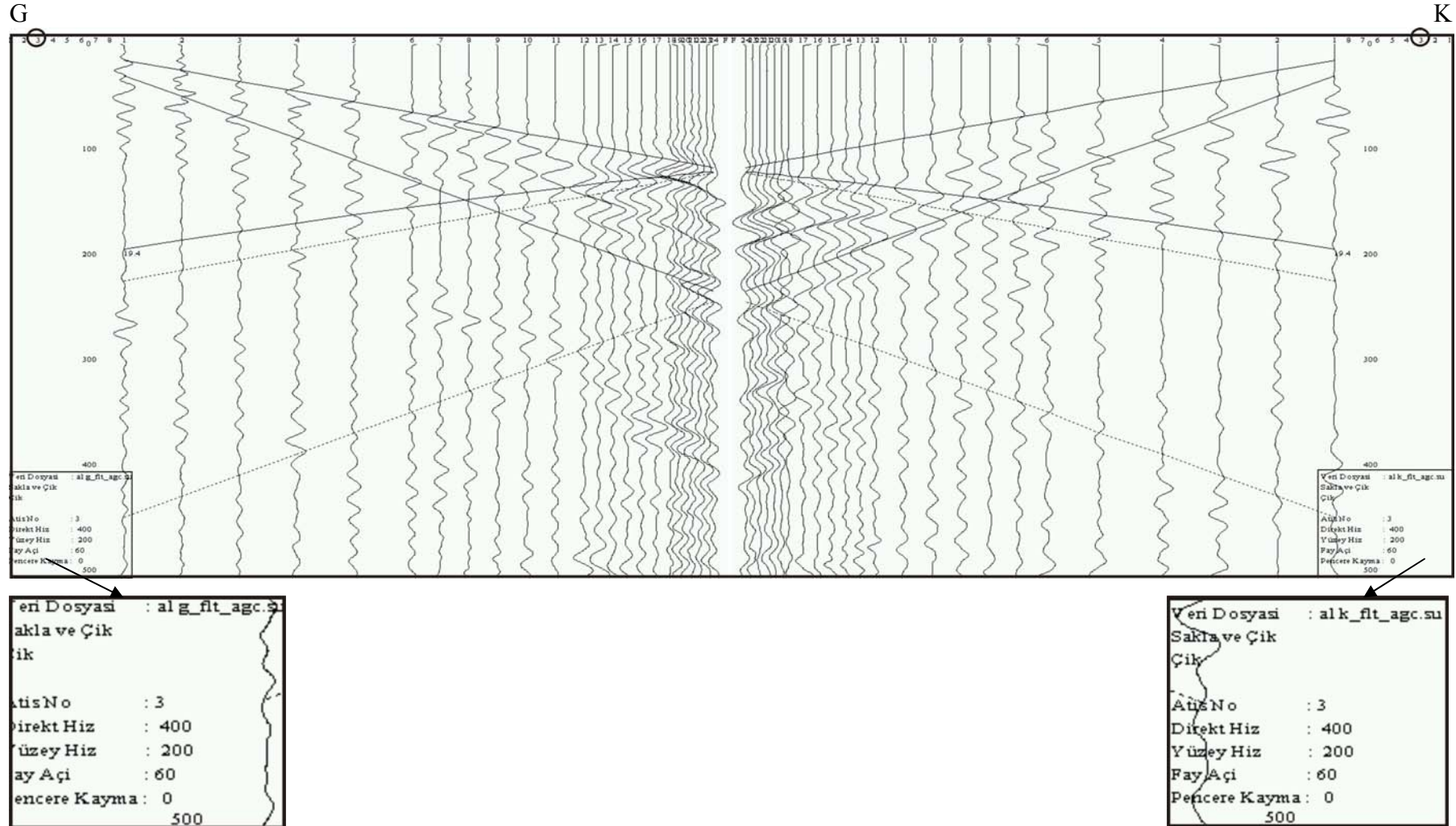
EK 2 2. atışa ait sismik profil ayrıntısı (Soldaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın güney bloğundan, sağdaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın kuzey bloğundan elde edilmiştir)

G

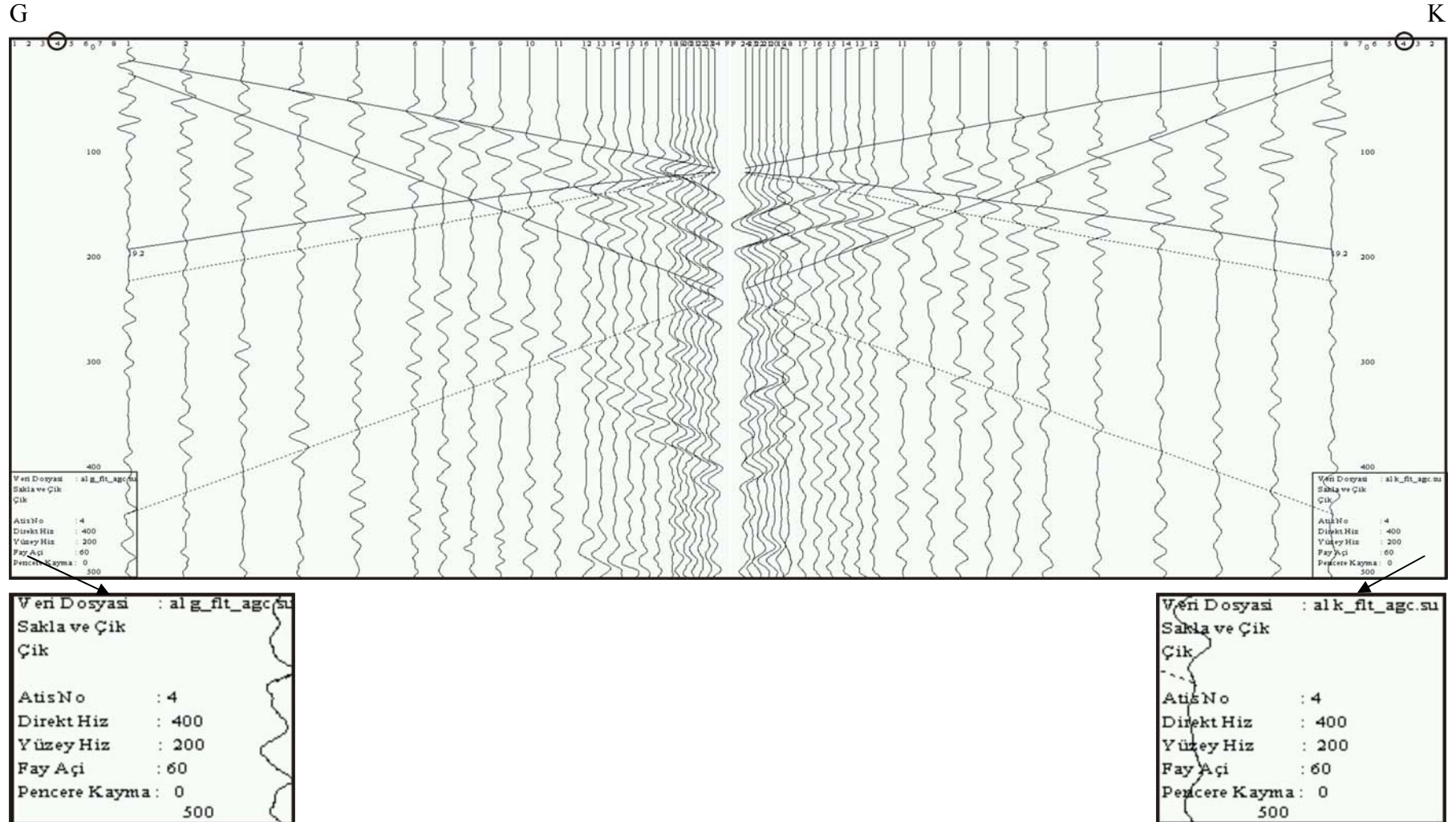
K



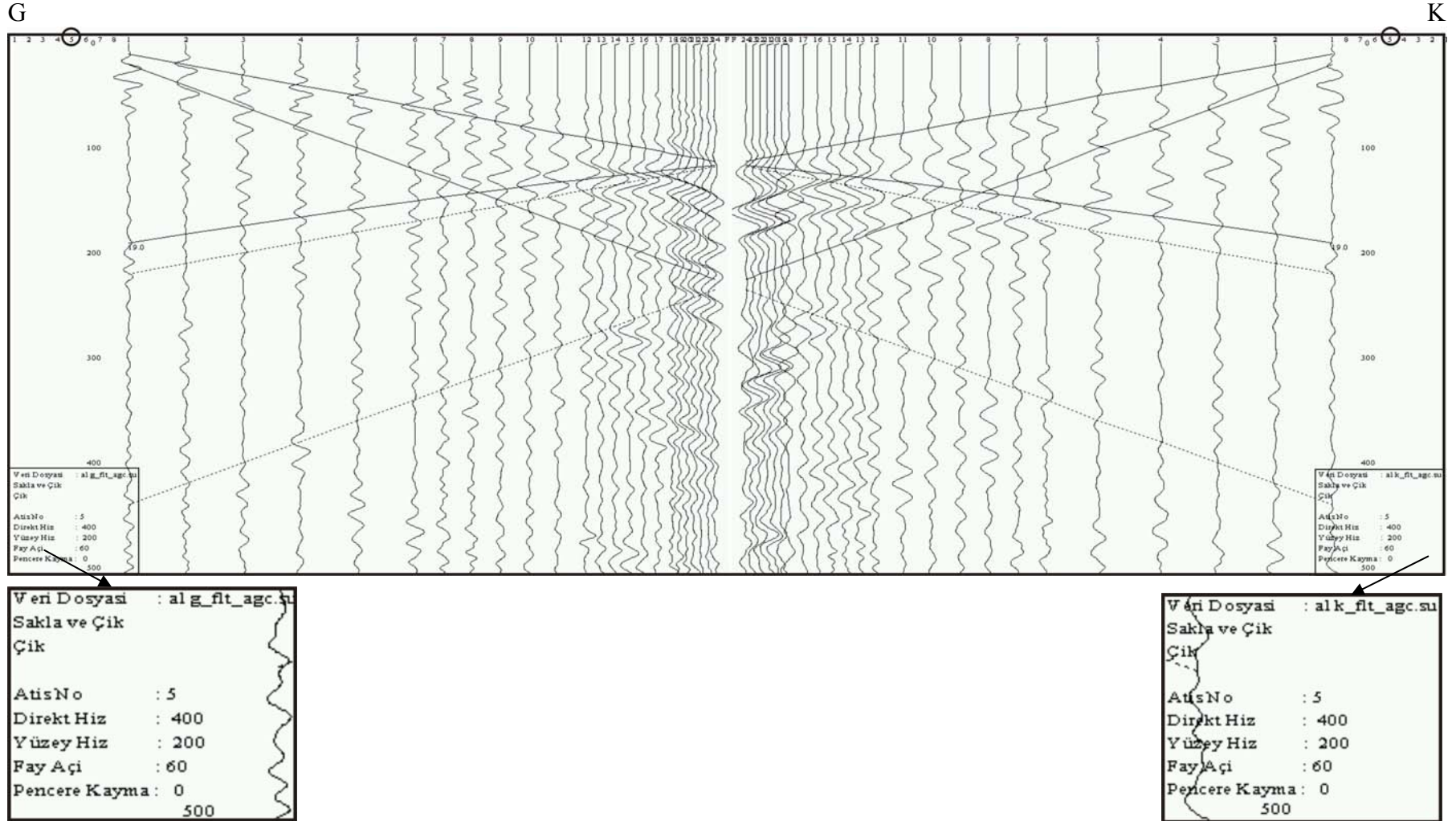
EK 3 3. atışa ait sismik profil ayrıntısı (Soldaki ortak-uzaklık sismik yansımaya kesiti fayın güney bloğundan, sağdaki ortak-uzaklık sismik yansımaya kesiti fayın kuzey bloğundan elde edilmiştir)



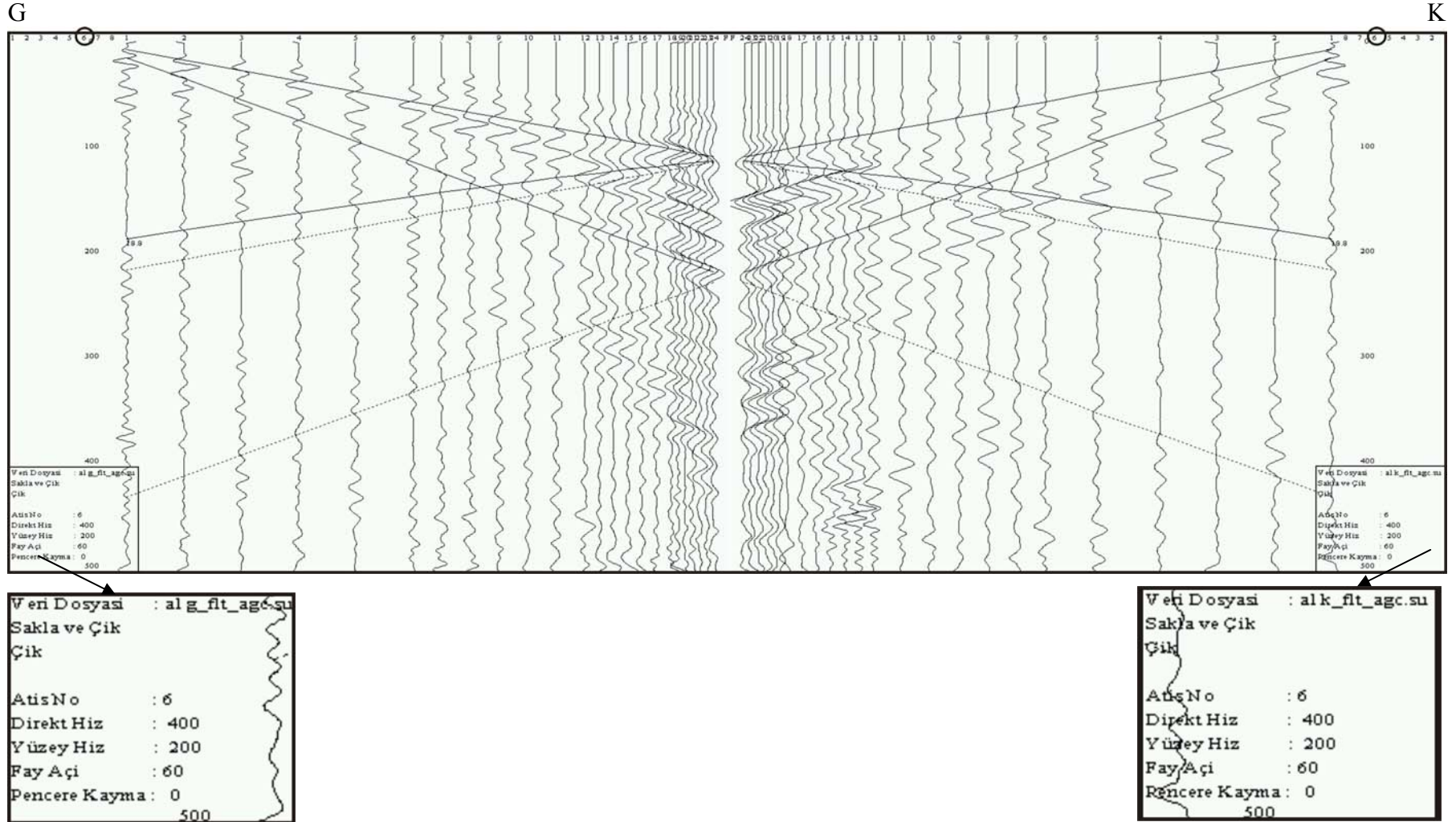
EK 4 4. atışa ait sismik profil ayrıntısı (Soldaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın güney bloğundan, sağdaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın kuzey bloğundan elde edilmiştir)



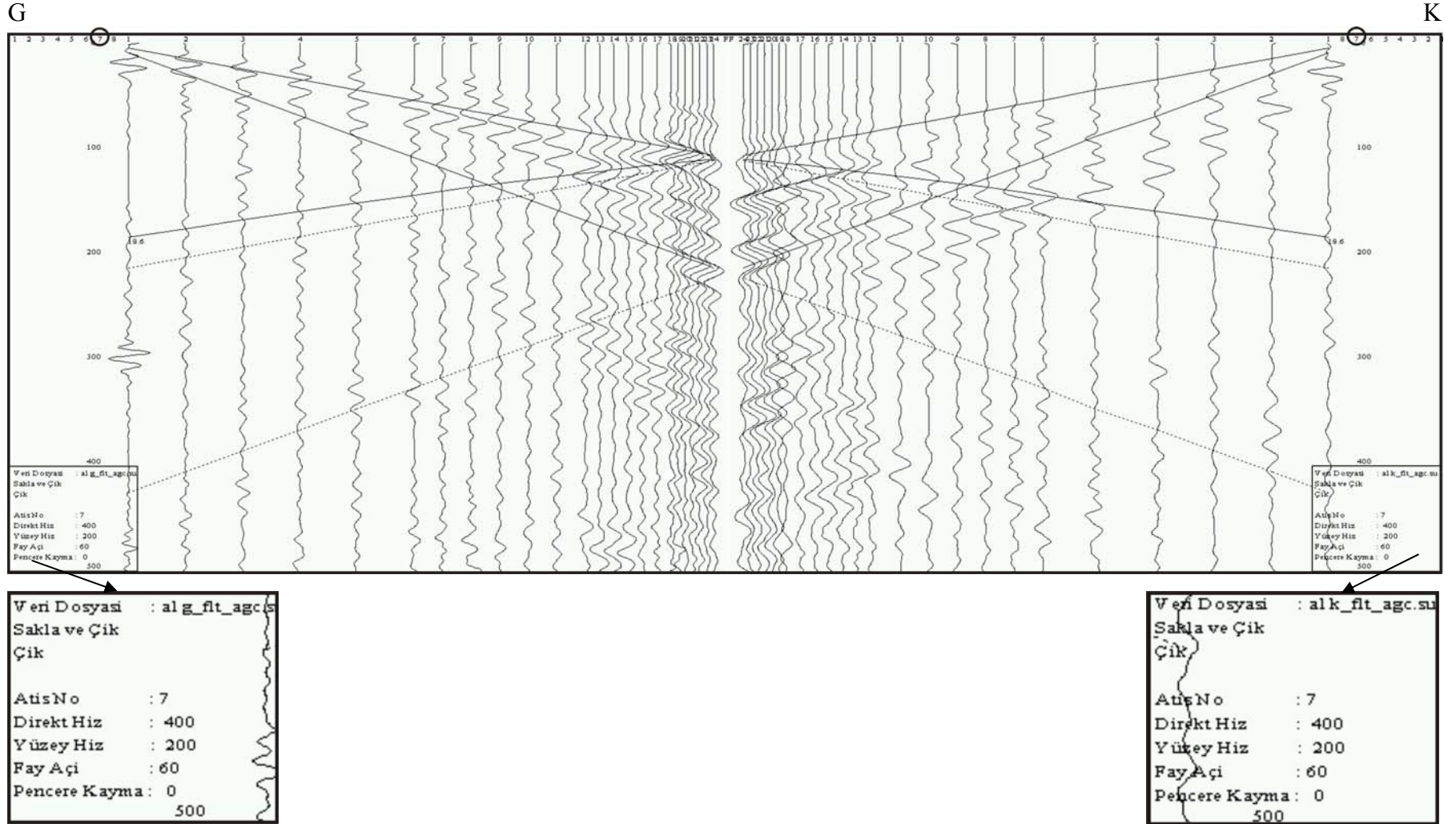
EK 5 5. atışa ait sismik profil ayrıntısı (Soldaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın güney bloğundan, sağdaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın kuzey bloğundan elde edilmiştir)



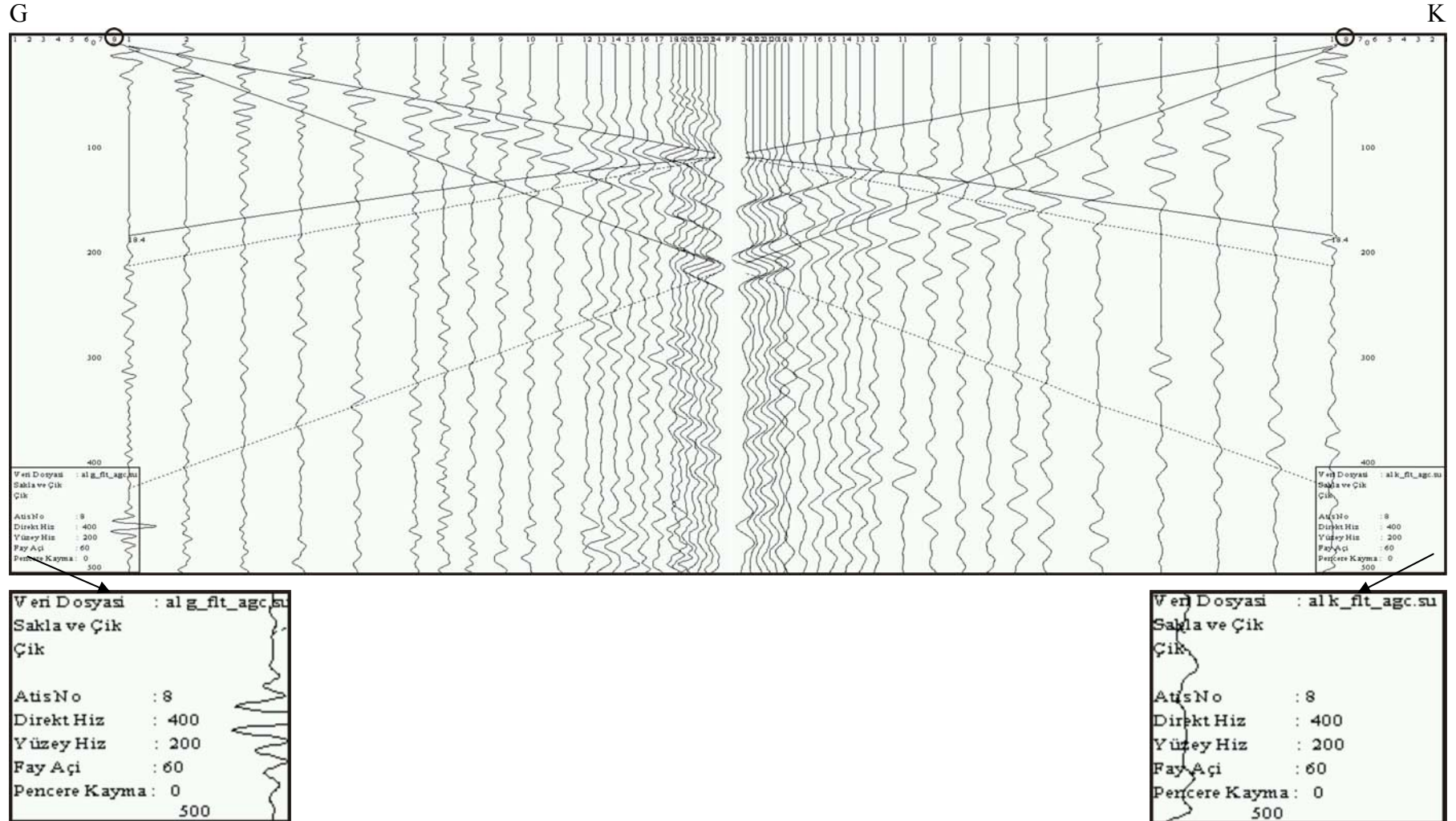
EK 6 6. atışa ait sismik profil ayrıntısı (Soldaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın güney bloğundan, sağdaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın kuzey bloğundan elde edilmiştir)



EK 7 7. atışa ait sismik profil ayrıntısı (Soldaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın güney bloğundan, sağdaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın kuzey bloğundan elde edilmiştir)



EK 8 8. atışa ait sismik profil ayrıntısı (Soldaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın güney bloğundan, sağdaki ortak-uzaklık sismik yansıma kesiti fayın kuzey bloğundan elde edilmiştir)



EK 9 (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede 01.01.1900-01.01.2008 tarihleri arasında büyüklüğü 3.0'ten büyük olan depremlerin listesi (Veriler Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Sismoloji Şube Müdürlüğü'nden ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi'nden alınmıştır)

NO	TARİH	ZAMAN (GMT)	ENLEM (K)	BOYLAM (D)	DERİNLİK (Km)	MAGNİTÜD (Md)
1	20.11.1924	20:27	38.5500	30.7800	10.0	5.7
2	16.07.1946	19:45	38.6300	31.1500	40.0	5
3	25.09.1977	19:56	38.6400	31.0000	18.0	4.3
4	14.03.1982	15:09	38.6400	31.0600	05.0	4
5	17.01.1986	02:11	38.5500	31.3700	39.0	4.1
6	13.01.1988	07:58	38.3400	30.8300	9.0	4.2
7	09.02.1991	20:37	38.5100	31.6900	08.0	3.1
8	10.02.1991	03:46	38.5900	31.6200	01.0	3.2
9	28.05.1991	23:57	38.3100	30.6200	10.0	3.7
10	13.02.1992	23:58	38.3100	31.0100	06.0	4.2
11	27.02.1992	18:04	38.4100	30.5200	11.0	3.2
12	18.09.1992	12:46	38.6100	30.8300	11.0	3.4
13	12.04.1994	19:59	38.5900	30.8300	01.0	3.7
14	15.05.1994	08:02	38.5600	31.2300	01.0	3.5
15	15.05.1994	08:02	38.5600	31.2300	01.0	3.5
16	11.08.1994	11:14	38.6200	30.5000	01.0	3.7
17	11.04.1995	17:29	38.6100	30.8200	10.0	3.3
18	30.06.1995	21:10	38.7000	30.5200	11.0	3.1
19	25.07.1995	20:31	38.7000	31.5400	05.0	4.2
20	25.09.1995	08:59	38.6000	30.5100	11.0	3.0
21	28.09.1995	13:26	38.6500	30.5400	15.0	4.1
22	28.09.1995	16:08	38.7000	30.5200	11.0	3.4
23	29.11.1995	20:01	38.6700	31.3800	12.0	3.4
24	16.12.1995	12:09	38.4500	30.9600	33.0	3.5
25	28.09.1996	13:26	38.6500	30.5400	15.0	4.1
26	31.07.1998	14:06	38.2500	30.9900	11.8	3.2
27	08.09.1998	16:54	38.2700	30.5200	02.7	3.3
28	05.02.1999	14:01	38.5500	30.6100	01.0	3.5
29	05.02.1999	23:22	38.2900	30.7800	11.0	3.3
30	06.02.1999	03:36	38.5300	30.7000	01.0	3.4
31	31.05.2000	19:15	38.5000	31.6600	07.5	3.2
32	02.10.2000	04:12	38.5800	31.4300	10.2	3.0
33	15.12.2000	16:44	38.6000	31.2000	10.5	5.6
34	15.12.2000	17:19	38.6100	31.1300	15.7	3.8
35	15.12.2000	17:22	38.5200	31.2800	10.5	3.8
36	15.12.2000	19:35	38.4000	31.2100	10.5	3.5
37	16.12.2000	06:42	38.5600	31.1800	10.7	3.4
38	16.12.2000	08:43	38.6000	31.2000	09.9	3.2
39	16.12.2000	09:37	38.6200	31.1600	05.6	3.3
40	17.01.2001	08:39	38.4400	31.4000	10.7	3.1
41	17.12.2000	04:59	38.5800	31.2200	10.4	3.3
42	18.12.2000	14:23	38.5100	31.3200	10.4	3.3

EK 9 (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede 01.01.1900-01.01.2008 tarihleri arasında büyüklüğü 3.0'ten büyük olan depremlerin listesi **(devam)**

43	18.12.2000	21:40	38.6000	31.2000	10.6	3.3
44	19.12.2000	03:41	38.5800	31.2200	11.1	3.1
45	19.12.2000	11:56	38.5600	31.2200	10.7	3.4
46	21.12.2000	02:27	38.5600	31.2300	10.4	3.1
47	21.12.2000	21:54	38.5200	31.3800	10.1	3.2
48	22.12.2000	02:35	38.5600	31.2300	10.6	3.1
49	22.12.2000	04:52	38.5600	31.2200	10.6	3.1
50	10.01.2001	18:43	38.4700	31.2400	09.4	3.3
51	10.01.2001	21:52	38.5500	31.2500	10.6	3.4
52	17.01.2001	08:39	38.4400	31.4000	10.7	3.1
53	17.01.2001	14:57	38.6000	31.2000	10.7	3.3
54	19.01.2001	21:52	38.5500	31.2400	11.0	3.6
55	02.03.2001	05:01	38.3800	31.4800	10.6	3.1
56	28.03.2001	03:16	38.3500	31.5000	04.3	3.7
57	16.05.2001	10:09	38.6300	30.9400	01.0	3.2
58	01.02.2002	13:35	38.5756	30.6274	05.0	3.0
59	03.02.2002	07:11	38.4600	31.3000	09.6	6.1
60	03.02.2002	07:45	38.5221	30.7472	06.5	3.2
61	03.02.2002	08:39	38.5308	30.9575	06.9	3.2
62	03.02.2002	08:46	38.5717	30.5021	05.6	3.2
63	03.02.2002	08:57	38.6863	30.9048	04.6	3.2
64	03.02.2002	09:26	38.6458	30.7285	05.9	5.2
65	03.02.2002	09:38	38.6662	30.8170	01.7	3.2
66	03.02.2002	10:00	38.6467	30.8791	04.4	3.5
67	03.02.2002	10:34	38.5100	30.5200	06.1	3.1
68	03.02.2002	10:39	38.6567	30.6951	08.5	3.4
69	03.02.2002	10:48	38.5699	31.1576	05.5	3.6
70	03.02.2002	10:50	38.5029	30.9990	06.4	3.2
71	03.02.2002	11:03	38.5303	30.9877	05.8	3.3
72	03.02.2002	11:19	38.6233	31.0503	06.8	3.3
73	03.02.2002	11:29	38.5447	30.9432	05.4	3.0
74	03.02.2002	11:39	38.5614	31.0496	08.7	5.0
75	03.02.2002	11:54	38.5973	30.9590	11.4	5.0
76	03.02.2002	13:30	38.5700	30.6500	01.0	3.2
77	03.02.2002	13:54	38.6454	30.9683	05.8	3.1
78	03.02.2002	14:40	38.5777	31.2149	06.4	3.6
79	03.02.2002	14:45	38.6255	31.1791	03.0	3.4
80	03.02.2002	14:47	38.5900	30.5200	10.2	3.3
81	03.02.2002	15:42	38.6365	30.8437	06.2	3.2
82	03.02.2002	16:17	38.5200	30.5400	03.8	3.1
83	03.02.2002	18:08	38.6523	30.5872	02.3	3.2
84	03.02.2002	18:45	38.5616	31.0271	06.5	3.4
85	03.02.2002	20:03	38.5275	30.8513	08.1	3.1
86	03.02.2002	20:09	38.6493	31.0329	01.5	3.5
87	03.02.2002	20:31	38.5670	31.1416	08.5	3.5
88	03.02.2002	22:55	38.5997	30.8605	07.7	3.4

EK 9 (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede 01.01.1900-01.01.2008 tarihleri arasında büyüklüğü 3.0'ten büyük olan depremlerin listesi **(devam)**

89	04.02.2002	03:58	38.6552	31.0537	01.8	3.0
90	04.02.2002	04:35	38.6904	30.8724	03.2	3.2
91	04.02.2002	10:07	38.5505	30.8467	03.8	3.5
92	04.02.2002	10:53	38.4436	31.2386	09.7	3.0
93	04.02.2002	18:37	38.4956	30.8887	09.3	3.1
94	04.02.2002	18:53	38.6109	30.9230	05.9	3.0
95	04.02.2002	20:57	38.5922	31.1276	05.4	3.2
96	04.02.2002	21:05	38.6821	30.9233	09.2	3.1
97	04.02.2002	22:19	38.6096	31.2031	11.9	3.1
98	05.02.2002	04:57	38.6618	30.9344	10.2	3.1
99	05.02.2002	04:59	38.5398	31.1627	08.5	3.2
100	05.02.2002	06:18	38.5955	30.8287	12.9	3.2
101	05.02.2002	06:21	38.6325	31.0843	12.6	3.0
102	05.02.2002	11:18	38.5795	31.4013	08.4	3.1
103	05.02.2002	20:59	38.6245	30.8340	12.5	3.3
104	05.02.2002	21:18	38.5953	31.3090	15.8	3.0
105	05.02.2002	21:35	38.5519	31.1989	10.5	3.3
106	06.02.2002	05:11	38.6559	31.0566	06.4	3.1
107	06.02.2002	05:51	38.6022	31.2163	09.3	3.0
108	06.02.2002	07:45	38.6022	30.9218	05.5	3.1
109	06.02.2002	09:38	38.5522	31.2090	12.7	3.0
110	06.02.2002	18:18	38.6361	30.8344	05.4	3.2
111	06.02.2002	22:29	38.6697	30.7480	10.9	3.4
112	06.02.2002	23:01	38.5042	31.2494	07.3	3.0
113	07.02.2002	10:11	38.6556	30.9905	08.4	3.1
114	07.02.2002	11:46	38.5982	31.0788	10.5	3.0
115	07.02.2002	15:55	38.6363	30.8888	08.9	3.0
116	07.02.2002	16:38	38.6094	30.9424	09.4	3.0
117	08.02.2002	13:11	38.6950	30.8287	11.2	3.0
118	08.02.2002	14:11	38.6807	30.9674	06.6	3.1
119	08.02.2002	14:20	38.6696	31.0829	07.6	3.4
120	09.02.2002	11:23	38.6550	30.7969	03.1	3.5
121	10.02.2002	03:22	38.6638	30.7284	08.3	3.4
122	10.02.2002	12:50	38.6609	30.6284	08.2	3.0
123	10.02.2002	15:25	38.6239	31.1963	05.7	3.3
124	10.02.2002	15:58	38.5864	31.2071	09.7	3.1
125	10.02.2002	17:33	38.6191	31.1549	02.5	3.1
126	11.02.2002	00:12	38.6360	31.1000	08.4	3.4
127	11.02.2002	06:22	38.6190	30.9852	11.1	3.5
128	11.02.2002	13:27	38.5967	31.1845	13.5	3.2
129	11.02.2002	14:47	38.6496	30.8475	11.4	3.6
130	11.02.2002	19:11	38.5549	31.0798	04.1	3.2
131	12.02.2002	06:56	38.6470	30.8206	11.2	3.0
132	12.02.2002	15:34	38.6488	30.9293	10.3	3.4
133	12.02.2002	16:39	38.6416	31.0608	11.8	3.0
134	13.02.2002	05:21	38.6317	31.0585	11.5	3.5

EK 9 (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede 01.01.1900-01.01.2008 tarihleri arasında büyüklüğü 3.0'ten büyük olan depremlerin listesi **(devam)**

135	13.02.2002	19:24	38.5985	30.8383	05.9	3.0
136	13.02.2002	21:57	38.5982	30.9716	08.5	3.0
137	14.02.2002	03:59	38.6135	30.8393	11.0	3.0
138	14.02.2002	12:35	38.6784	30.7852	09.3	3.1
139	14.02.2002	20:50	38.6052	31.3501	12.5	3.0
140	15.02.2002	01:18:	38.5932	30.9587	09.2	3.0
141	15.02.2002	17:16	38.6036	31.0840	08.9	3.1
142	16.02.2002	14:56	38.6396	30.9807	07.3	3.1
143	17.02.2002	06:23	38.6297	30.5942	09.0	3.7
144	19.02.2002	10:42	38.6498	30.8347	10.2	3.2
145	20.02.2002	15:26	38.6662	31.0001	08.1	3.1
146	21.02.2002	18:04	38.6426	30.8163	11.4	4.1
147	21.02.2002	18:39	38.6835	30.8742	13.8	3.9
148	21.02.2002	18:42	38.6414	31.1856	12.2	3.3
149	21.02.2002	21:55	38.6192	30.8830	08.3	3.2
150	22.02.2002	07:45	38.6992	30.6658	03.1	3.5
151	22.02.2002	07:49	38.6776	30.7642	03.3	3.2
152	23.02.2002	16:58	38.6111	30.8908	11.5	3.0
153	24.02.2002	19:41	38.5946	31.2090	107.0	3.8
154	25.02.2002	09:05	38.6624	31.0383	01.6	3.0
155	26.02.2002	16:30	38.6343	30.8565	02.8	3.8
156	26.02.2002	20:12	38.6316	30.8480	02.4	3.0
157	01.03.2002	11:48	38.6800	31.0500	01.0	4.3
158	01.03.2002	12:34	38.6800	30.9600	12.0	3.7
159	02.03.2002	00:20	38.5700	31.4800	03.0	3.3
160	06.03.2002	02:00	38.5000	31.2000	10.8	3.1
161	06.03.2002	08:48	38.6400	30.9900	04.0	3.3
162	12.03.2002	08:13	38.6600	31.1600	09.4	3.3
163	13.03.2002	05:32	38.5700	31.4500	15.4	3.1
164	13.03.2002	10:33	38.5200	30.8300	04.6	3.1
165	15.03.2002	09:47	38.6100	31.5800	03.8	3.3
166	17.03.2002	19:41	38.6100	31.0700	10.0	3.0
167	22.03.2002	01:31	38.6600	30.9500	11.0	3.2
168	22.03.2002	04:09	38.5700	30.6500	14.0	3.2
169	05.04.2002	20:01	38.6744	30.8781	09.0	3.3
170	14.04.2002	01:48	38.6467	31.0910	07.7	3.3
171	15.04.2002	22:28	38.6987	30.8518	09.1	3.4
172	22.04.2002	11:22	38.6824	31.2950	06.7	3.4
173	26.04.2002	23:50	38.6801	30.7687	04.8	3.3
174	27.04.2002	08:51	38.6833	30.9494	03.2	3.3
175	01.05.2002	10:45	38.6465	31.0189	12.8	3.4
176	01.05.2002	12:34	38.6952	30.8813	12.4	3.5
177	02.05.2002	22:17	38.6904	30.9258	11.4	3.0
178	08.05.2002	20:50	38.5348	31.4114	11.7	3.2
179	10.05.2002	07:30	38.5596	31.3501	01.0	3.0
180	10.05.2002	22:01	38.5631	31.0361	12.6	3.2

EK 9 (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede 01.01.1900-01.01.2008 tarihleri arasında büyüklüğü 3.0'ten büyük olan depremlerin listesi **(devam)**

181	10.05.2002	23:32	38.5348	30.9770	12.4	3.3
182	11.05.2002	07:25	38.5236	31.0927	08.9	3.0
183	13.05.2002	11:42	38.6447	31.2410	09.3	4.0
184	13.05.2002	12:48	38.6433	31.2663	12.4	3.2
185	18.05.2002	11:16	38.6283	31.2828	10.2	3.3
186	24.05.2002	06:02	38.6296	31.1662	11.0	3.1
187	24.05.2002	11:36	38.6769	31.2321	10.9	3.4
188	25.05.2002	12:10	38.6683	31.2380	01.0	3.0
189	25.05.2002	12:37	38.2619	30.5963	13.5	3.3
190	28.05.2002	14:54	38.5511	30.8579	06.4	3.1
191	30.05.2002	20:20	38.6925	30.8476	01.5	3.1
192	13.06.2002	23:23	38.6545	30.9905	08.7	3.3
193	16.06.2002	20:58	38.6141	31.5059	08.5	3.2
194	20.06.2002	12:53	38.6765	30.9129	04.8	3.7
195	26.06.2002	00:57	38.6222	31.0936	01.0	3.1
196	26.06.2002	04:44	38.5176	31.1048	03.6	3.0
197	27.06.2002	11:08	38.5841	31.2864	07.7	3.5
198	27.06.2002	18:15	38.6694	31.3217	11.7	3.5
199	28.06.2002	10:47	38.6826	31.2193	12.0	4.4
200	28.06.2002	11:04	38.6833	31.1909	06.8	3.4
201	28.06.2002	14:26	38.5947	31.3384	05.0	3.7
202	28.06.2002	16:02	38.6877	31.1731	09.0	3.8
203	29.06.2002	16:35	38.5819	31.0868	12.3	3.0
204	02.07.2002	10:26	38.6535	31.2597	09.0	3.4
205	03.07.2002	02:40	38.6566	31.2324	01.0	3.0
206	16.07.2002	16:07	38.4950	31.1423	03.3	3.0
207	22.07.2002	07:24	38.5270	30.7031	12.3	3.7
208	25.09.2002	03:40	38.6400	31.3300	05.7	3.4
209	12.10.2002	20:04	38.5800	31.0500	09.1	3.5
210	21.10.2002	21:42	38.6600	30.8200	03.5	3.2
211	23.10.2002	18:32	38.5900	31.3100	06.0	3.1
212	21.11.2002	09:40	38.5300	31.1800	05.9	3.4
213	07.12.2002	05:35	38.6900	30.7800	06.8	3.2
214	06.03.2003	08:07	38.7000	30.9200	07.5	3.2
215	30.03.2003	22:36	38.6700	30.6500	03.3	3.2
216	30.04.2003	08:55	38.6800	30.7900	02.7	3.0
217	24.06.2003	20:08	38.5000	30.9600	11.1	3.4
218	30.07.2003	21:10	38.5200	31.2600	15.9	4.0
219	16.10.2003	12:41	38.4500	31.3400	05.6	3.2
220	25.11.2003	07:27	38.4700	31.2800	10.8	3.2
221	19.12.2003	17:32	38.6400	31.5200	19.5	3.1
222	06.01.2004	05:34	38.6500	31.3100	07.8	3.4
223	22.01.2004	11:15	38.4700	31.5700	06.1	3.9
224	01.02.2004	05:33	38.5100	30.9900	13.0	3.1
225	03.02.2004	00:19	38.5247	30.6219	12.4	3.0
226	20.03.2004	18:31	38.5681	31.0577	09.1	3.1

EK 9 (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede 01.01.1900-01.01.2008 tarihleri arasında büyüklüğü 3.0'ten büyük olan depremlerin listesi **(devam)**

227	23.03.2004	06:52	38.6494	31.1152	11.8	3.5
228	29.04.2004	03:57	38.5513	31.1651	02.5	3.0
229	14.05.2004	12:05	38.4416	30.8525	10.9	3.0
230	03.06.2004	09:24	38.3481	30.8286	10.4	3.3
231	06.07.2004	09:44	38.6862	31.3334	11.5	3.3
232	25.07.2004	04:28	38.6502	31.1302	10.7	3.0
233	30.07.2004	20:34	38.6617	31.3410	03.1	3.2
234	15.08.2004	16:44	38.3530	31.1346	06.1	3.8
235	17.08.2004	22:02	38.6961	31.2182	12.4	3.3
236	19.08.2004	02:39	38.2484	31.3340	11.1	3.2
237	07.09.2004	18:05	38.6695	31.2125	10.5	4.2
238	07.09.2004	18:12	38.6900	31.1000	04.8	3.2
239	07.09.2004	18:48	38.6950	31.1297	01.9	3.2
240	16.09.2004	05:07	38.6901	31.1825	15.2	4.0
241	27.10.2004	16:39	38.5066	31.3692	11.7	3.0
242	08.11.2004	21:17	38.6804	30.9054	07.4	3.6
243	09.11.2004	02:48	38.5996	31.1723	04.7	3.1
244	26.11.2004	03:44	38.5172	31.2459	10.5	3.1
245	05.01.2005	18:56	38.6485	30.7712	18.2	3.5
246	13.01.2005	01:32	38.5682	31.0882	10.9	3.1
247	09.02.2005	09:05	38.4982	31.4353	08.1	3.3
248	20.02.2005	00:31	38.4876	30.6791	05.0	3.3
249	04.03.2005	20:25	38.3655	30.8921	08.5	3.1
250	21.03.2005	06:06	38.6804	30.6832	05.0	3.2
251	09.04.2005	03:15	38.5335	31.2820	11.2	3.0
252	15.05.2005	12:48	38.5321	30.8849	06.9	3.1
253	17.05.2005	18:24	38.4309	30.8254	11.2	3.3
254	23.05.2005	09:28	38.6779	31.2514	05.0	3.1
255	02.06.2005	07:06	38.3092	31.0930	08.7	3.4
256	20.06.2005	09:16	38.5514	30.7269	02.8	3.4
257	20.06.2005	14:50	38.6022	31.4142	02.0	3.4
258	20.06.2005	17:57	38.5597	31.3607	02.7	3.1
259	21.06.2005	17:09	38.4850	30.7886	05.9	3.5
260	23.06.2005	07:06	38.3092	31.0930	08.7	3.4
261	23.06.2005	07:08	38.2831	31.1445	10.6	3.0
262	23.06.2005	13:35	38.3656	30.9626	09.4	3.2
263	08.07.2005	19:35	38.6214	31.1424	04.1	3.2
264	14.08.2005	00:38	38.6350	31.1603	10.9	3.1
265	24.08.2005	19:38	38.2021	30.8486	14.7	3.0
266	12.10.2005	18:49	38.4831	31.6172	07.4	3.2
267	23.10.2005	19:45	38.5919	31.2615	20.0	3.3
268	27.10.2005	01:06	38.6185	31.1611	08.5	3.1
269	31.10.2005	03:50	38.6284	31.0427	02.5	3.1
270	04.11.2005	16:16	38.4021	31.6974	07.3	3.1
271	06.01.2006	15:42	38.6614	30.8259	09.1	3.0
272	08.01.2006	17:38	38.6844	30.8015	02.0	3.3

EK 9 (38.20-38.70)K ve (30.50-31.70)D koordinatları ile sınırlanan bölgede 01.01.1900-01.01.2008 tarihleri arasında büyüklüğü 3.0'ten büyük olan depremlerin listesi **(devam)**

273	26.01.2006	02:23	38.2891	30.7650	09.7	3.1
274	17.02.2006	10:50	38.6591	31.5290	13.1	3.0
275	20.02.2006	20:28	38.5798	31.1355	03.3	3.1
276	15.03.2006	13:05	38.6358	31.2617	03.1	3.0
277	22.03.2006	17:12	38.6261	30.7755	02.5	3.1
278	02.04.2006	15:34	38.6599	31.0024	04.5	3.6
279	20.05.2006	05:17	38.5624	31.2375	05.8	3.8
280	27.05.2006	16:26	38.2089	30.9562	03.6	3.4
281	06.06.2006	18:19	38.2005	31.0025	04.2	3.3
282	29.06.2006	16:38	38.6143	31.1587	04.2	3.0
283	28.08.2006	01:56	38.6329	31.5620	02.0	3.4
284	28.08.2006	02:11	38.6085	31.5292	02.0	3.0
285	31.08.2006	00:31	38.4341	30.8000	09.6	3.2
286	05.09.2006	02:48	38.6559	31.0975	04.5	3.0
287	05.10.2006	07:15	38.6889	31.2107	03.3	3.0
288	27.11.2006	12:41	38.6742	30.8730	05.3	3.0
289	28.11.2006	18:23	38.6684	30.8556	10.6	3.0
290	12.12.2006	10:51	38.5703	31.5411	10.0	3.0
291	11.04.2007	06:01	38.2473	31.0739	05.0	3.0
292	19.04.2007	13:21	38.5695	31.2618	07.1	3.8
293	19.04.2007	13:32	38.5968	31.2588	07.1	3.4
294	29.05.2007	10:32	38.5460	30.7128	07.0	3.3
295	09.07.2007	21:01	38.6225	31.1767	14.1	3.1
296	13.07.2007	14:47	38.5735	31.2933	05.0	3.0
297	28.09.2007	01:47	38.6908	30.9757	01.5	3.0
298	04.10.2007	22:03	38.6848	30.9143	07.0	3.0
299	05.11.2007	03:14	38.2282	30.8368	07.0	3.0

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sevil KAYA

Doğum Yeri : AMASYA

Doğum Tarihi : 27.02.1983

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ankara Anıttepe Lisesi (2000)

Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2004)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (Eylül 2005 – Ocak 2009)