



**T. C.  
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇAY-DİNAR- SANDIKLI (AFYON) ÇEVRESİNİN MİYOSEN  
SONRASI KİNEMATİĞİ DEPREMSELLİĞİ VE  
SİSMOTEKTONİĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Rukiye ARANDI  
(201592131137)**

**Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ**

**SİVAS  
TEMMUZ 2019**

**Rukiye ARANDI'nın hazırladığı ve “ÇAY-DİNAR- SANDIKLI (AFYON) ÇEVRESİNİN MİYOSEN SONRASI KİNEMATİĞİ DEPREMSELLİĞİ VE SİSMOTEKTONİĞİ” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.**

**Tez Danışmanı Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ**  
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi .....

**Jüri Üyeleri Doç. Dr. Özcan Bektaş**  
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi .....

**Prof. Dr. Ülvi Can Ünlügenç**  
Çukurova Üniversitesi .....

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Özlem Pelin CAN**  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Rukiye ARANDI, 2019

## ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

11.09.2018

Rukiye ARANDI

## ÖZET

### ÇAY-DİNAR- SANDIKLI (AFYON) ÇEVRESİNİN MİYOSEN SONRASI KİNEMATİĞİ DEPREMSELLİĞİ VE SİSMOTEKTONİĞİ

**Rukiye ARANDI**

**Yüksek Lisans Tezi, Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ**

**2019, 53+xv Sayfa**

Bu çalışmada, Dış Isparta açısının kuzey kesiminde Çay-Dinar-Sandıklı (Afyon) çevresindeki bölgenin ( $38^{\circ}$ - $39^{\circ}$  30' enlem ve  $30^{\circ}$ - $32^{\circ}$  boylamlar arasındaki alanın) EMAG2 manyetik anomalileri ile çizgiselliklerini görüntülemek ve Miyosen sonrası, kinematığı, depremselliği ve sismotektoniğinin araştırılması amaçlanmıştır. Tez çalışmasında Emag2 verilerinden yararlanılarak oluşturulan manyetik anomalilere Tilt açısı türev yöntemi uygulanmış ve inceleme alanındaki tektonik hatlarla bir uyumluluk görülmüştür. Genellikle inceleme alanındaki yüksek anomali sınırları aktif faylarla, düşük anomaliler ise grabenlerle birliktelik sunmaktadır. Seyitgazi güneyinde ve Emirdağ çevresinde görülen anomaliler aynı zamanda yoğun deprem odakları ile birliktelik gösterdiğinden Kütahya fayının bu hat boyunca devam edebileceği ileri sürülebilir. Sandıklı-Şuhut-Afyon arasındaki anomaliler tektonik hatların yanı sıra bu alandaki genç volkaniklerden de kaynaklanmış olabilir. İnceleme alanında gözlenen fay topluluklarının kinematik analizi sonucunda bölgede 1-K-G Açılmalı normal fay rejimi, 2-K-G Açılmalı doğrultu atım fay rejimi, 3-D-B Açılmalı doğrultu atım fay rejimi, 4-D-B Açılmalı normal fay rejimi olmak üzere dört farklı tektonik rejim ayırtlanabilmiştir. Fay kinematik verilerine göre, Kuvaterner öncesinde yörede Miyo-Pliyosen'de yaklaşık K-G yönlü bir açılmalı normal fay gerilme rejimi etkinken bu durum Kuvaternerde yaklaşık D-B yönlü açılmalı bir normal fay gerilme rejimine evrilmiştir. İnceleme alanında neotektonik döneme ilişkin bu evrim yeni bir model olan sıcak astenosfer yükselimi modelini desteklemektedir. Tarihsel ve aletsel dönemdeki deprem kayıtları ve son yıllarda yapılan deprem kestirim araştırmaları, çok sayıda

sismojenik fay barındıran bölgede, yakın gelecekte yıkıcı deprem oluşma olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Dış Isparta Açısı, sismotektonik, kinematik analiz, EMAG2, deprensellik.,



## **ABSTRACT**

### **POST MIOCENE KINEMATICS, SEISMICITY, SEISMOTECTONICS OF AROUND ÇAY-DINAR- SANDIKLI (AFYON)**

**Rukiye ARANDI**

**Master of Science Thesis, Department of Geophysical Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ**

**2019, 53+xv pages**

This study aims to monitorise the lineaments by EMAG2 magnetic anomalies and to investigate kinematics, seismicity and seismotectonics of the post-Miocene in the region around Çay-Dinar-Sandıklı (Afyon) at the north edge of the outer Isparta Angle (the area bounded by latitude 38°-39° 30' N and longitude 30°-32°E). In this study tilt angle derivative technique has been applied to the magnetic anomalies acquired by EMAG2 data and it has been seen that the results are compatible with tectonic lineaments in the study area. In general, the borders of high magnetic anomalies associate with active faults and low magnetic anomalies with grabens. The magnetic anomalies in the south of Seyitgazi and around Emirdağ show association with many earthquake epicentres. Therefore, it is considered that the Kütahya fault can continue along this area. The magnetic anomalies between Sandıklı-Şuhut-Afyon can be arisen from young volcanics as well as the tectonic lineaments. Four tectonic regimes have been determined from kinematics analysis of fault communities observed in study area: 1-N-S extensional normal fault regime, 2-N-S extensional strike-slip fault regime, 3-E-W extensional strike-slip fault regime, 4-E-W extensional normal fault regime. Results of kinematics analysis of faults point out the evolution from N-S extensional normal fault regime acted in Mio-Pliocene to E-W extensional normal fault regime in Quaternary. This evolution related with the neotectonic period in the study area supports the upwelling hot asthenosphere model which is a new one. The earthquake records of historical and instrumental period and earthquake prediction researches in recent years shows that



the formation probability of destructive earthquakes, in the study area containing a lot of seismogenic faults, is high in near future.

**Key Words:** Outer Isparta Angle, seismotectonics kinematics analysis, EMAG2, Seismicity



## **KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR**

Bu tez çalışmasında, bilgilerini benimle paylaşan, desteğini esirgemeyen ve beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez çalışmasının her aşamasında değerli bilgilerini benimle paylaşan, güler yüzünü ve samimiyetini esirgemeyen İskenderun Teknik Üniversitesi'nden Prof Dr Semir ÖVER'e katkı ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Yine bu tez çalışmasında konu, kaynak ve yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren Doç. Dr. Özcan BEKTAŞ'a, kıymetli zamanlarını benim hazırladığım bu tez projesine ayırdıkları için Öğretim Görevlisi Sinan KOŞAROĞLU'na ve Araştırma Görevlisi Kemal Mert ÖNAL'a teşekkür ederim. Ve çalışmamda benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi belirtmek isterim.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR</b> .....	x
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	xi
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xiii
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xv
<b>BÖLÜM 1</b>	
<b>GİRİŞ</b> .....	1
1.1 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi .....	1
1.2 Çalışma Alanının Tanıtımı .....	1
1.2.1 Jeolojik çalışmalar .....	3
1.2.2 Jeofizik çalışmalar .....	6
<b>2. BÖLÜM</b>	
<b>ÇALIŞMA ALANIN JEOLJİK ÖZELLİKLERİ</b> .....	10
2.1 Bölgesel Jeoloji .....	10
2.2 Batı Anadolu-Ege Bölgesinin neotektonik evrimi .....	12
2.3 İnceleme Alanının Jeolojik Özellikleri.....	15
2.4 Paleotektonik dönem kaya birimleri.....	16
2.5 Neotektonik dönem kaya birimleri.....	17
2.6 İnceleme Alanının Tektonik Özellikleri .....	18
<b>3. BÖLÜM</b>	
<b>İNCELEME ALANININDAKİ ÇİZGİSELLİKLERİN EMAG2</b>	
<b>MANYETİK ANOMALİLERİ İLE İNCELENMESİ</b> .....	20
3.1 Materyal ve Yöntem .....	20
3.1.1 Emag2 Manyetik Anomalileri .....	20
3.1.2 Kutba İndirgeme .....	21
3.2 Türev Yöntemleri .....	22
3.3 Bulgular .....	23
<b>4. BÖLÜM</b>	
<b>KİNEMATİK ANALİZ</b> .....	24
4.1 Fay Topluluklarının Kinematik Analiz Yöntemi .....	24
4.2 İnceleme Alanındaki Fay Topluluklarının Kinematik Analiz Sonuçları....	26
4.2.1 K-G Açılmalı normal fay rejimi .....	28
4.2.2 K-G Açılmalı doğrultu atım fay rejimi .....	31
4.2.3 D-B Açılmalı doğrultu atım fay rejimine ait veriler.....	32
4.2.4 D-B Açılmalı normal fay rejimine ait veriler .....	32
<b>5. BÖLÜM</b>	
<b>DEPREMSELLİK</b> .....	37
5.1 Tarihsel Depremler .....	37

5.2 Aletsel Dönemde Kaydedilen Depremler.....	38
<b>6. BÖLÜM</b>	
<b>TARTIŞMA VE SONUÇLAR .....</b>	<b>43</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>45</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>53</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.1</b>	Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	2
<b>Şekil 2.1</b>	Türkiye'nin başlıca tektonik birlikleri ve inceleme alanının konumu.....	10
<b>Şekil 2.2</b>	Koçyiğit ve Özacar'a (2003) göre Türkiye'deki neotektonik bölgeler .....	11
<b>Şekil 2.3</b>	Isparta Büklümü'nün konumu, ana yapısal birimleri ve havzaları .....	12
<b>Şekil 2.4</b>	Sıcak astenosfer yükselimi modeli, Kalın oklar levha hareket yönünü ve pembe alanlar Sıcak astenosfer yükselimini göstermektedir.....	14
<b>Şekil 2.5</b>	İnceleme alanında bulunan ana paleotektonik birimler.....	15
<b>Şekil 2.6</b>	İnceleme alanının yalınlaştırılmış jeoloji haritası (MTA 2003'den yalınlaştırılarak).....	17
<b>Şekil 2.7</b>	İnceleme alanındaki aktif faylar (Emre vd. 2018) (Fay adlamaları ve özellikleri çizelge 2.1'de sunulmuştur) .....	18
<b>Şekil 3.1</b>	Çalışma alanının manyetik anomali haritası (Deprem odakları <a href="http://www.koeri.boun.edu.tr">http://www.koeri.boun.edu.tr</a> ve Diri faylar ise Emre vd., 2018'den alınmıştır). .....	21
<b>Şekil 3.2</b>	Çalışma alanına ait kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası .....	22
<b>Şekil 3.3</b>	Şekil 3.2'de gösterilen kutba indirgenmiş manyetik anomali haritasının Tilt Açısı Türev Süzgeci (Tilt) uygulanmış durumu. ....	23
<b>Şekil 4.1</b>	Fay kinematığında göz önünde bulundurulmuş faya ait parametreler.. ..	25
<b>Şekil 4.2</b>	İnceleme alanının topoğrafik görünümü, diri faylar ve fay topluluklarının ölçüldüğü istasyonların dağılımını gösterir harita. ....	26
<b>Şekil 4.3</b>	S1, S6a, S7 ve S8 numaralı lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur). ....	28
<b>Şekil 4.4</b>	S1 lokasyonunda Üst-Miyosen-Pliyosen yaşlı çökellerde gözlenen normal fay.....	29
<b>Şekil 4.5</b>	S6 lokasyonunda Şuhut ovasını doğudan sınırlayan normal fay.....	29
<b>Şekil 4.6</b>	S6 lokasyonun yakınlarında Üst Miyosen yaşlı kireçtaşlarını kesen normal fay.....	30
<b>Şekil 4.7</b>	S7 Lokasyonun yakınlarında Pliyo-Kuvaterner yaşlı kömürlü kırıntılıları kesen normal faylar.....	30
<b>Şekil 4.8</b>	S6b, S9a ve S10b numaralı lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur). ....	31
<b>Şekil 4.9</b>	S3a ve S11b numaralı lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur). ....	32
<b>Şekil 4.10a</b>	S2, S3, S5, S9b, S11, S12 lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur). ....	33
<b>Şekil 4.10b</b>	S13, S14 ve S15 Numaralı lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur). ....	34

<b>Şekil 4.11</b>	Sandıklı Pazaryeri yakınındaki temel kazısında açığa çıkan normal fay.....	35
<b>Şekil 4.12</b>	Sandıklı Pazaryeri yakınındaki Üst Miyosen gölssel kireçtaşlarındaki düşey fay.....	35
<b>Şekil 4.13</b>	S5 lokasyonunda Kuvaterner çökelleri etkileyen düşük açılı normal fay.....	36
<b>Şekil 5.1</b>	1 Ekim 1995 Dinar depremi ana şokuna yönelik fay düzlemi çözümleri. Eyidoğan ve Barka'nın (1996) haritalamış olduğu yüzey kırığı koyu siyah çizgi ile belirtilmiştir (Çetin, 2010). ....	39
<b>Şekil 5.2</b>	Akşehir (Sultandağı) fayı üzerinde 2000-2002'de meydana gelen depremlerin dış merkezleri (yıldız) ve CMT (Centroid Moment Tensor) çözümleri.....	40
<b>Şekil 5.3</b>	Türkiyenin tektonik haritası ve farklı kaynak bölgeleri (Bayrak vd.,2005). İnceleme alanı 8 nolu bölgededir. ....	41
<b>Şekil 5.4</b>	Türkiyedeki farklı deprem kaynakları ve 1900-2005 arasındaki depremlerin dış merkez üslerinin lokasyonları (Bayrak vd., 2008).....	42
<b>Şekil 5.5</b>	Yüzyıllık zaman aralığında Türkiye'de " $\ln[-\ln G(M_j)] = \ln \alpha - \beta M$ " formülünden hesaplanan maksimum magnitud kontur haritası (Bayrak vd., 2008).....	42

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 2.1</b> İnceleme alanındaki aktif fayların adlamaları ve özellikleri .....	19
<b>Çizelge 4.1</b> Fay topluluklarının ölçüldüğü istasyonların konumları, içinde buldukları jeolojik birimlerin yaşları ve kaya türleri.....	27
<b>Çizelge 4.2</b> Şekil 4.3'deki lokasyonlarla ilişkili kinematik analiz sonuçları.....	29
<b>Çizelge 4.3</b> K-G Açılmalı doğrultu atım fay rejimine ait veriler.....	31
<b>Çizelge 4.4</b> D-B Açılmalı doğrultu atım fay rejimine ait veriler.....	32
<b>Çizelge 4.5</b> D-B Açılmalı normal fay rejimine ait veriler .....	34
<b>Çizelge 5.1</b> Tez alanında tarihsel dönemde meydana gelmiş olan depremler .....	37
<b>Çizelge 5.2</b> Çalışma alanında 1900-2019 arasında meydana gelmiş $5 \leq$ depremlere ait parametreler .....	38



# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

### 1.1 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi

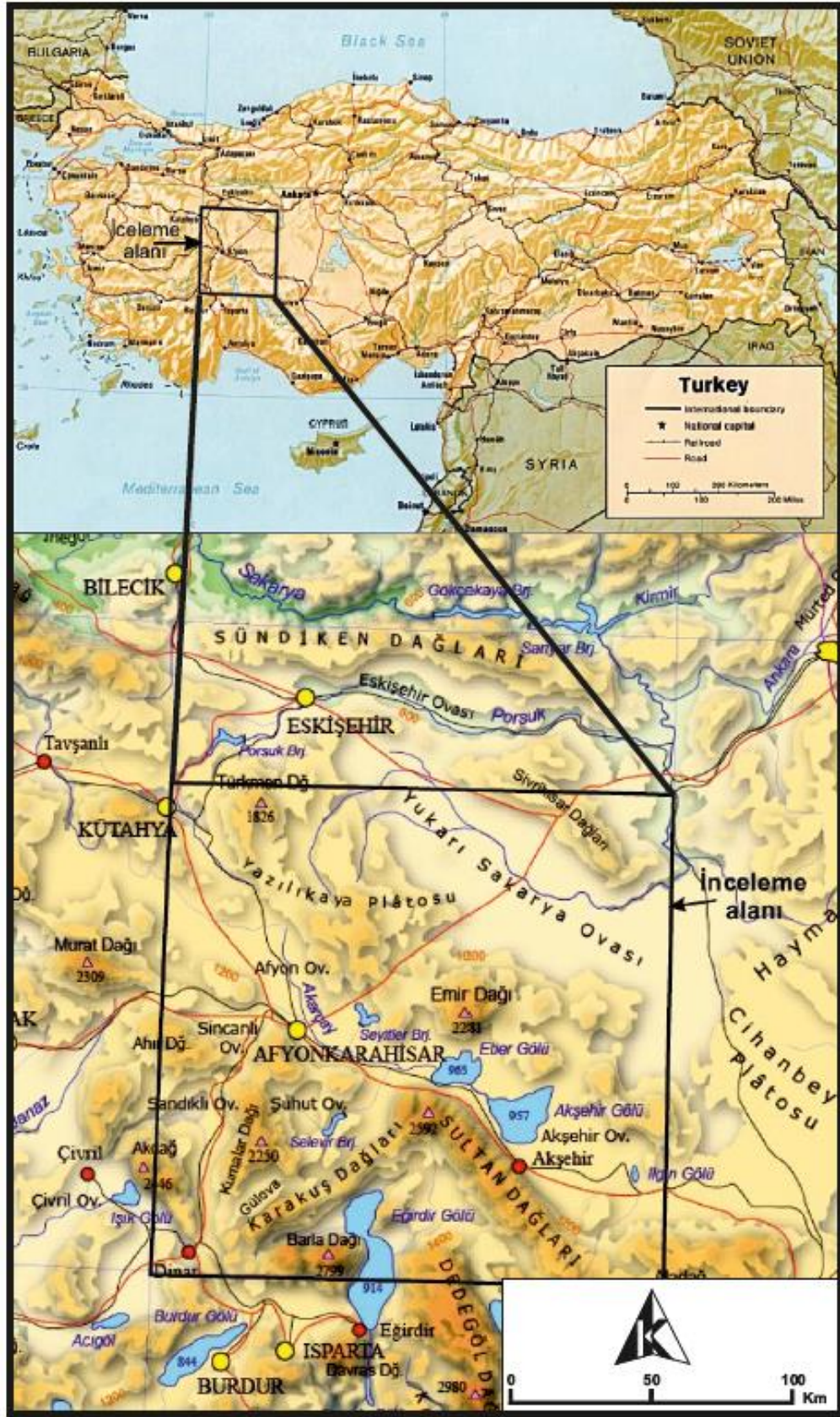
Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Güneybatı Türkiye'deki Dış Isparta açısının kuzey kesiminde Çay-Dinar-Sandıklı (Afyon) çevresindeki bölgenin ( $38^{\circ}$ - $39^{\circ}$  30' enlem ve  $30^{\circ}$ - $32^{\circ}$  boylamlar arasındaki alan, Şekil 1) EMAG2 manyetik anomalileri ile çizgiselliklerini görüntülemek ve Miyosen sonrası, kinematiği, deprenselliği ve sismotektoniğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında, CHAMP uydusundan, WGS84 referans elipsoidine göre 4 km yüksekliğe indirgenen yüksek çözünürlüklü anomalilerden oluşan EMAG2 toplam alan verilerinin Dış Isparta açısının kuzey kesiminde Çay-Dinar-Sandıklı (Afyon) çevresindeki ( $38^{\circ}$ - $39^{\circ}$  30' enlemleri ve  $30^{\circ}$ - $32^{\circ}$  boylamları arası) anomalilerine kutba indirgeme dönüşümü ve Tilt Açıları (TA) ve Euler Dekonvolüsyonu (ED) teknikleri uygulanarak gömülü anomali kaynaklarının konumları ve EMAG2 manyetik anomalileri ile çalışma alanında yer alan çizgisellikler belirlenmiştir. Ayrıca inceleme alanında özellikle Isparta açısının kuzey ucundaki 15 adet lokasyondaki fay topluluklarının kinematik analizinden yararlanılarak inceleme alanının Üst Miyosen sonrası sismotektoniği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

### 1.2 Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı Afyon İli çevresindeki  $38^{\circ}$ - $39^{\circ}$  30' enlem ve  $30^{\circ}$ - $32^{\circ}$  boylamlar arasındaki alanı kapsamaktadır. Türkmen Dağı (1826 m), Emir Dağı (1826 m), Barla Dağı (2799 m), Kumalar Dağı (2250 m), Karakuş ve Sultan Dağları (2592 m) ve Sivrihisar Dağları inceleme alanındaki en önemli yükseltilerdir. Akarçay ve Porsuk çayları bölgedeki iki önemli akarsudur. Afyon güneyinde bulunan Eğirdir (Hoyran) Gölü, Akşehir Gölü ve Eber gölleri Türkiye'deki belli başlı göllerdendir.





Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.

### 1.2.1 Jeolojik çalışmalar

Bölgede ilk kapsamlı jeolojik çalışmayı yapan Blumenthal (1947) tüm platform karbonatlarını eş değer kabul ederek bölgenin kıvrımlı yapısının oroklinal bir yapı olduğunu ileri sürmüş ve bölgenin Isparta Kıvrımı olarak adlandırılabilceğini belirtmiştir.

Blumenthal (1963) Antalya Körfezi kuzeyinde, Toros kuşağının genel D-B gidişindeki bir değişimle oluşan, yaklaşık ters “V” biçimli kesimi, ilk kez Isparta Büklümü (IB-“Corbure d’Isparta”) olarak adlandırmıştır.

Koçyiğit (1984) Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında tektonik gelişimin Eski Tektonik Dönem, Geçiş Dönemi ve Yeni Tektonik Dönem olarak üçe ayrıldığını, Geçiş Döneminin, Alpin dağ oluşum kuşağının birçok kesiminde de gözlenmiş olduğu gibi, kalın bir molas istifiyle, yerel olarak Orta Oligosen sonunda, fakat genel olarak Geç Miyosen-Erken Pliyosen sırasında başlamış olan Yeni Tektonik Dönemin ise, çekme tektoniği denetiminde gelişen karasal tortullaşma, onunla yaşıt kıta içi volkanizma ve blok faylanma ile belirginlik kazandığını, Yeni Tektonik Dönemi temsil eden jeolojik olay ve yapıların ise Kuzey Anadolu Fayı’ndan ziyade güneydeki Ege Hendeğine bağlı olarak gelişen çekme tektoniğinin bir sonucu olduğunu belirtmiştir.

Boray vd. (1985) Isparta büklümünün kuzeyinde, Şuhut-Çay, Yalvaç-Gelendost ve Sultandağı sahalarındaki Neojen ve Kuvaterner çökellerini incelemiş ve bölgede Üst Miyosen’de başlayan neotektonik dönemde sıkışmalı tektonik rejimin sürdüğünü ve büyük boyutta çekme geriliminin varlığını gösterir herhangi bir verinin bulunmadığını belirtmişlerdir.

Barka vd. (1997), 1988-1992 yılları arasında Türkiye’de yapılan GPS ölçümlerine dayanarak Isparta Büklümü’nde Avrupa’ya doğru çok az hatta hiç hareket olmadığını ileri sürmektedirler.

Yağmurlu vd. (1997) Isparta Açısı bölgesi volkaniklerinin alkalen ve hiperalkalen karakterde, esas olarak latitik ve trakitik lavlar, lösitik ve lamproitik dayklar ve piroklastik bileşenlerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre alkalen volkanik merkezler K-G uzanımlı Eğirdir-Kovada (EK) graben paralel olarak batıda bulunmaktadır. 15-4 My yaşındaki volkaniklerin kuzeyden güneye

genleşmeleri ve K-G uzanımlı Eğirdir-Kovada (EK) grabeni boyunca dizilmeleri volkanik aktivitenin Geç Miyosen-Erken Pliyosen dönemindeki aktif tektonikle zamandaş olduğunu göstermektedir.

Glover ve Robertson (1998) Isparta Açısı ve komşu Antalya körfezinin, güneye doğru dışbükey biçimli Ege ve Kıbrıs yaylarının kesişiminde yer alan Doğu Akdeniz bölgesinin önemli bir parçasını oluşturduğunu, Geç Miyosende bölgeye etki eden sıkışmanın son fazına bölgesel nap yerleşiminin (Lisyen Napları) eşlik ettiğini, sahilde her iki kanadı sınırlayan fay zonlarından ve Isparta açısı çekirdeğinden ölçülen fay düzlemlerinin ağırlıklı olarak KD-GB, KB-GD ve K-G yönelimli olduğunu, üst üste gelmiş silikinfibrelerin, ters faylanmayı, sırasıyla sağ-yanal faylanmanın ve daha sonra normal faylanmanın izlediğini gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmaya göre, sağ yanal faylar esasen en geç Miyosen-Erken Pliyosen süresinde gerçekleşmişken, ters faylar Geç Miyosen veya daha önceki sıkışma deformasyonu ile başlamış ve normal faylanma Geç Pliyosen-Güncel zaman aralığında hakim olmuş, Geç Pliyosen-Kuvaterner'de Ege Bölgesinde gerilme yönünde bölgesel bir değişim ile ilişkili olan KD-GB genişlemesine geçişe, batıda Isparta Açısını sınırlayan Toros dağlarının Bey Dağları bölgesinin güçlü bir şekilde yükselmesi eşlik etmiştir. Araştırmacılar, Isparta Açısının, aktif olarak dalan Helenik yay ile güneyde sınırlanan Batı Türkiye'nin genişleme bölgesi ve Kıbrıs Dalma Zonu ile güneyde sınırlanan yükselmiş Anadolu platosu arasında bir bağlantı olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Koçyiğit vd. (2002) Akşehir Fay Zonu'nun tarihsel ve güncel depremlerin kanıtladığı gibi, jeolojik ve sismik bakımdan aktif ve 7 büyüklüğüne kadar deprem üreten normal bir fay zonu olduğunu ifade etmişler, Afyon İli ve yakın çevresinde sismik boşluk özelliğini koruduğunu, daha doğuda yer alan Doğanhisar-Argıthanı-İlgın çevresinde sırasıyla  $M_s=5.4$  ve  $5.5$  büyüklüğündeki 1921 ve 1946 depremleriyle önemli miktarda enerji boşalımının olmasına karşın tam bir enerji boşalımının olmadığını, Eber Gölü ve çevresinde ise, 15 Aralık 2000 Sultandağı ve 3 şubat 2002 Çay depremleri ve artçı şokları ile önemli miktarda enerji boşalımının gerçekleştiğini, bundan dolayı bu bölgede deprem tehlikesinin büyük ölçüde atlatıldığını belirterek Afyon İli ve yakın çevresi, Şuhut ve Sındırgı-Bigadiç-Savaştepe arasındaki alanda yeni bir depremin beklenilebilir olduğunu belirtmişlerdir.

Koçyiğit ve Deveci (2003) KD da yer alan orta Anadolu ve GB da yer alan Isparta Açısını (IA) birbirinden ayıran Akşehir-Afyon Grabenin GB kenarını ve IA' nın KD kenarını sınırlayan ve daha önce, sıkışmalı tür bir yapı olarak yorumlanmış olan fayın kendi verilerine ve yeni sismik verilere göre, genişlemeli yenitektonik rejimi karakterize eden verev atımlı normal bir fay olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre AAG aralıklı ve bakışsız bir gelişim tarihçesine sahiptir ve grabenin bu niteliği, üst üste gelmiş iki ayrı graben dolgusu ve grabenin kendine özgü yapısı ile belirginlik kazanmıştır. Ayrıca daha yaşlı olan graben dolgusu kırıklı ve bindirme faylı olup erken Orta Miyosen yaşlı ve daha genç olan graben dolgusu ise hemen hemen yatay konumlu olup sıkışma türünde hiç bir deformasyon geçirmemiştir. Bu çalışmada Pliyo-Kuvaterner yaştaki graben dolgusu, daha yaşlı olan graben dolgusu üzerinde açılı uyumsuzluk ile yer aldığı ileri sürülmüştür.

Akyüz vd. (2006) 3 Şubat 2002 tarihinde meydana gelen  $M_w=6.2$  büyüklüğündeki Çay depreminde oluşan yüzey kırığında haritalama ve hendek çalışmaları sonucunda depremde normal faylanma sonucu Maltepe ve Çay segmentleri olarak adlandırılan iki ayrı yüzey kırığının oluştuğunu, Maltepe segmenti üzerinde 25 cm, Çay segmenti üzerinde 30 cm'lik maksimum düşey ötelenmelerin gerçekleştiğini ve Akşehir fayı üzerinde kırılmamış segmentlerin mevcut olduğunu, bunların kırılmasıyla değişik büyüklükte depremler meydana gelebileceğini ileri sürmüşlerdir.

Koçyiğit ve Deveci (2007) Afyon güneyindeki K-G gidişli, aktif bir genişleme yapısı olarak tanımladıkları Şuhut grabeninin DKD-BGB yönelimli bir genişlemenin kontrolünde, en Geç Pliyosen'den beri geliştiğini ve genişleme türündeki neotektonik dönemin Isparta Açısı ve özellikle Şuhut bölgesinde, Geç Pliyosen'de başlamış olduğunu ileri sürmüş ve grabenin tüm kenarlarının bir dizi oblik atımlı normal fay dizisi ve tekçe faylar tarafından belirlendiği ve denetlendiğini belirtmişlerdir.

Okay (2011) İnceleme alanının KD kesimini Anatolid-Torid Bloku'nun dalma-batmaya uğramış, yüksek basınç-düşük sıcaklık koşullarında metamorfizma geçirmiş kuzey ucu (Tavşanlı Zonu) olarak yorumlamış ve bu birimin güneydoğusunda bulunan Paleozoyik-Mesozoyik yaşta mikaşist ve mermerlerden oluşan bölümü ise Afyon Zonu olarak tanımlamıştır.

### 1.2.2 Jeofizik çalışmalar

Çağlar vd., (2005) Isparta Büklümünün altında yüksek özdirençli bir kabuk yapısı (5000 ohm-m) belirlemiş ve bu değeri bölgenin temelini oluşturan metamorfik kayalarla ilişkilendirmiştir. Ayrıca Sandıklı Grabeni altındaki iletkenliğin, bu bölgedeki hidrotermal alandan kaynaklandığını ileri sürmüştür.

Gökçe (2007) inceleme alanını da içeren çalışmasında Güneybatı Türkiye'nin sismik riski ve sismisitesinin uzaysal dağılımını incelemek amacıyla 1964-2002 yılları arasında bölgede meydana gelen  $M \geq 4$  olan depremleri kullanarak, bölge için, Gutenberg-Richter magnitüd-frekans bağıntısındaki b tektonik parametre değerlerini hesaplamış ve sonuçta Güneybatı Türkiye'nin doğusunda yüksek b değeri ve batı kanadında ise düşük b değerlerinin dominant olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı, çalışma alanının batısında  $M \geq 6$  büyüklüğünde bir depremin oluşma riskini %90-95 ve dönüş periyodunu ise 15-30 yıl olarak hesaplamıştır.

Dolmaz (2007) inceleme alanının güney bölümünü de kapsayan çalışmasında gravite ve havadan manyetik verileri kullanarak Burdur-Isparta bölgesindeki yüzeyaltı yapıları incelemeye çalışmış, gravite anomalilerine dayanarak bölgede kabuğun 33-37,5 km aralığında değiştiğini ve Eğridir gölünde herhangi bir manyetik kaynağın olmadığını belirtmiştir.

Bayrak vd. (2008) Türkiyenin depremselliğini Gumbel ilk asimtotik dağılımı ve Gutenberg-Richter kümülatif frekans yöntemiyle inceledikleri çalışmada inceleme alanını 16. Bölge olarak ayırtlamış ve 1914–2005 yılları arasındaki  $M \geq 4.7$  deprem verilerini kullanarak b-değerini 0.63 olarak hesaplamışlardır.

Kalyoncuoğlu vd. (2010) Isparta Açısının ucu ve Batı Kıbrıs Yayısı arasındaki alandaki deprem episantr dağılımları, b-değerleri ve gravite değerlerinin Isparta Açısının doğu kanadının altında kuzeydoğuya eğimli bir yitim zonunun mevcut olduğunu gösterdiğini ileri sürmüşlerdir.

Çetin (2010) 6.1 büyüklüğündeki 1 Ekim 1995 Dinar depreminin artçı şoklarını analiz ederek ve Yapay Açıklık Radar İnterferometrisi (InSAR: Synthetic Aperture Radar Interferometry) tekniğini kullanarak depremin kaynak parametreleri ortaya çıkartmaya çalışmıştır. Bu çalışmadaki modelleme ile fay yüzeyinde kaymanın iki ana alanda odaklandığı tespit edilmiş ve maksimum kaymanın 70 cm'ye ulaştığı

daha büyük alana yayılan kaymanın ise fayın eğiminin daha yüksek olduğu sığ derinliklerde (5-6 km) meydana geldiği, diğer yandan daha küçük bir alanda odaklanan ikinci kaymanın fayın eğiminin azaldığı daha derin kısımlarda bulunduğu, yüzeyde saptanan kaymanın ise arazi gözlemleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacı, ters çözümlenenin sismik gözlemlere uygun olarak hakim normal faylanmanın dışında önemli miktarda sağ-yanal doğrultu atımlı faylanmanın bulunduğunu, elde edilen kayma dağılımının telesismik yöntemlerle elde edilen kayma dağılımıyla uyumlu olduğunu belirtmektedir.

Altuncu-Poyraz ve Pınar (2011) Eğirdir'de (Isparta) 2007 yılında oluşan depremlerin lokasyon çözümlerini yeniden hesaplayarak, bölgesel moment tensör ters çözüm tekniğini kullanarak büyüklüğü  $3.5 \leq M \leq 5.0$  arasında değişen 21 adet depremin kaynak mekanizması ile Kaş ve civarında meydana gelen 15 adet depremin mekanizma çözümlerinin sonuçlarını bölgenin tektonik yapısı ile bağdaştırmış ve bu depremlerin Eğirdir Fayı'ndan ziyade, ya bu fayın eşlenik fayı ya da Eğirdir fayını kesen KB - GD doğrultulu Aksu fayının Eğirdir Gölü içerisindeki devamının hareketi ile oluştuğunu ileri sürmüşlerdir.

Avşar (2013) Isparta Büklümü'nde ikisi Fethiye Burdur Fay Zonu'nu diğer ikisinde Akşehir Fay Zonu'nu kesecek şekilde toplam dört doğrultuda (47 istasyonda) MT ölçümleri almış ve bölgenin jeoelektrik kesitlerini oluşturmuştur. Araştırmacı, batıdaki jeoelektrik kesitlerinden elde edilen en önemli yapının Isparta Büklümü'nün G-GB'sında yaklaşık 15 km derinlikten başlayan ve kısmi ergime ile ilişkilendirebilecek 1-10 ohm-m iletkenlik değerleri ile temsil edilen alt kabuğun iletken olduğunu, Fethiye Burdur Fay Zonu'nun kuzeybatısına doğru alt kabuktaki iletken zonun yanısıra üst kabuk seviyelerinde de yüksek iletkenliğe (1-10 ohm-m) sahip bir alan bulunduğunu, bu iletken zonun, bölgede yer alan Acı Göl, Baklan ve Çivril faylarının bulunduğu kesimlerde sığlaşmasının, bu sistemlerin meteorik sıvıların yanı sıra derinde kısmi ergime sonucu oluşan akışkan sıvılarca da beslendiğini gösterdiğini ileri sürmüştür. Avşar'ın (2013) çalışmasında Fethiye Burdur Fay Zonu'nu güneyden kesen doğrultuda iletken bir zon tespit edilemezken, kuzeyden kesen doğrultuda iletken bir zon belirlenmiş ve bu durum fayın geçirgenlik özelliğinin ve sıvı içeriğinin fay zonu boyunca değiştiğine kanıt sayılmıştır. Ayrıca doğudaki jeoelektrik kesitlerinde batı doğrultularından farklı

olarak daha az iletken (30-100 ohm-m) bir alt kabuk iletkeni görüntülenmiş, Akşehir Fay Zonu yaklaşık 10 km uzunlukta bir iletken zon olarak tespit edilmiş, bu fay zonunda iletkenliğin faylarla ilişkili sıvılar veya ters faylanma ile alt kabukta kalan sedimanter birimlerle ilişkilendirilebiliği belirtilmiştir. Araştırma sonucunda Isparta Büklümün’de bölgenin temelini oluşturan nap sistemleri, karbonat platformları ve metamorfikler jeoelektrik kesitlerde 500-1000 ohm-m öz direncine sahip bölgeler olarak görüntülenmiştir. Bu iletken olmayan zonların, bölgenin batısında en fazla 10 km derinliğe kadar doğusunda ise 15 km derinliğe kadar (Sultan Dağı) gözlemlendiği ifade edilmiştir. Ayrıca, bölgenin batısında sığ seviyelerde iletken bir bölgenin bulunması, buna karşın Fethiye Burdur Fay Zonu doğusunda böyle bir iletkenin gözlemlenmemesi Fethiye Burdur Fay Zonu’nun en azından depresel olarak aktif ve ince Batı Anadolu kabuğu ile kalın Isparta Açısı kabuğu arasında bir sınır olduğu biçiminde yorumlanmıştır.

Kaya vd. (2014) Akşehir-Afyon Grabeni’nin batı kenarını oluşturan Sultandağı Fayının kestiği Yakasenek Ters Fayı üzerinde gerçekleştirdikleri jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucunda bölgedeki temel birimler ile Neojen örtü birimleri dokanağında uygulanan ‘Sismik Işın Yönlendirme’ yöntemi ile Yakasenek Ters Fayı’na karşılık gelen tektonik hattın kuzeydoğuya eğimli olduğunu ve buradaki fayın güneybatıya değil de kuzeydoğuya eğimli olduğunun saptanmasından yola çıkarak, bölgede Miyosen-Pliyosen’de sıkışma rejiminin varlığını ve iki evreli graben modelini destekleyen Yakasenek Ters Fayı’nın bulunmadığını belirtmişlerdir.

### **1.2.3 Jeodezik çalışmalar**

Tiryakioglu vd. (2013) 1997–2010 arasındaki dönemde Isparta Açısı bölgesinde GPS gözlemleri yapmışlar ve bölgenin saat ibresinin tersi yönünde rotasyona uğradığını, Fethiye Burdur Fay Zonu (FBFZ) ve Akşehir-Simav Fay Zonu ‘nun (ASFZ) Batı Türkiye’deki aktif deformasyonu karşıladığını, esas olarak transtansiyonal sınırlar olan hem FBFZ ve hem de ASFZ ‘nun Anadolu’ya göre Isparta bölgesinin güneye doğru hareketini karşıladığını, FBFZ ‘nun KD uzanımı boyunca sağ yanal doğrultu atıma dönüşen GB segmenti boyunca sol yanal doğrultu atım davranışa sahip olduğunu belirtmişlerdir.



Özkaymak vd. (2017) Batı Anadolu Genişleme Bölgesinde, son 10-20 yılda yıkıcı deprem üretmeyen yüzey deformasyonlarının belirgin örneklerinden biri olan KB-GD uzanımlı Akşehir - Afyon Grabeni içindeki Bolvadin yerleşim alanında uzunlukları 300 metre ile 2 km ve doğrultuları ise K15°D ile K70°D arasında değişen kademeli yüzey deformasyonlarını haritalamışlardır. Bu çalışmada jeolojik ve jeomorfolojik analizlerin, yüzey faylanmaları boyunca, güneydoğuda yer alan bloğun 10-40 cm arasında düştüğü ve bölgedeki son dört yıllık düşey yerdeğiştirme hızının 7,1 cm/yıl olduğu ileri sürülmüştür.

Tiryakioglu vd. (2019) Akşehir-Simav Fay Systemindeki Bolvadin Fayında yürüttükleri yüzey deformasyonu çalışmaları sonucunda, 2016–2017 aralığındaki ilerleyici yüzey deformasyonlarının (haritalanmış 800m-3 km uzunluğunda ve K15°D- K 70° D doğrultulu fay ve yarıklar) asismik dönemlere karşılık geldiğini ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar, bu dönemde Bolvadinde 30 mm/yıl düşey deformasyon hızı ölçmüşlerdir.



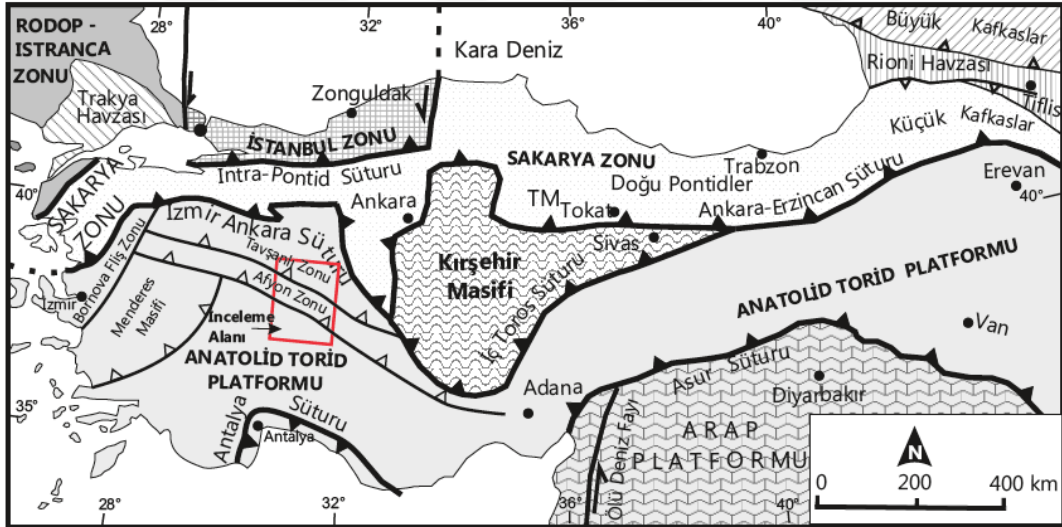
## 2. BÖLÜM

### ÇALIŞMA ALANIN JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

#### 2.1 Bölgesel Jeoloji

Türkiye'nin jeolojik tarihinin yapısal sınıflamasını yapan Şengör'e (1984) göre ülkenin güneydoğusunda Serravaliyen'de (Orta Miyosen) Çüngüş havzasının kapanmasıyla (Şengör ve Yılmaz, 1981) Türkiye'deki orojenik yapı Paleotektonik evrimini tamamlayarak Arabistan-Avrasya çarpışmasının zorunlu kıldığı Neotektonik döneme girmiştir (Şengör, 1980). Buna göre Üst Miyosen öncesi Paleotektonik dönem olarak kabul edilmektedir.

Ketin'in (1966) sınıflamasına göre Türkiye'nin ana paleotektonik birlikleri kuzeyden güneye Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar kıvrımları olarak sıralanmaktadır. Okay ve Tüysüz (1999) ise bu sınıflamayı geliştirerek Türkiye'yi Şekil 2.1'de sunulan ana paleotektonik birliklere ayırmışlardır.



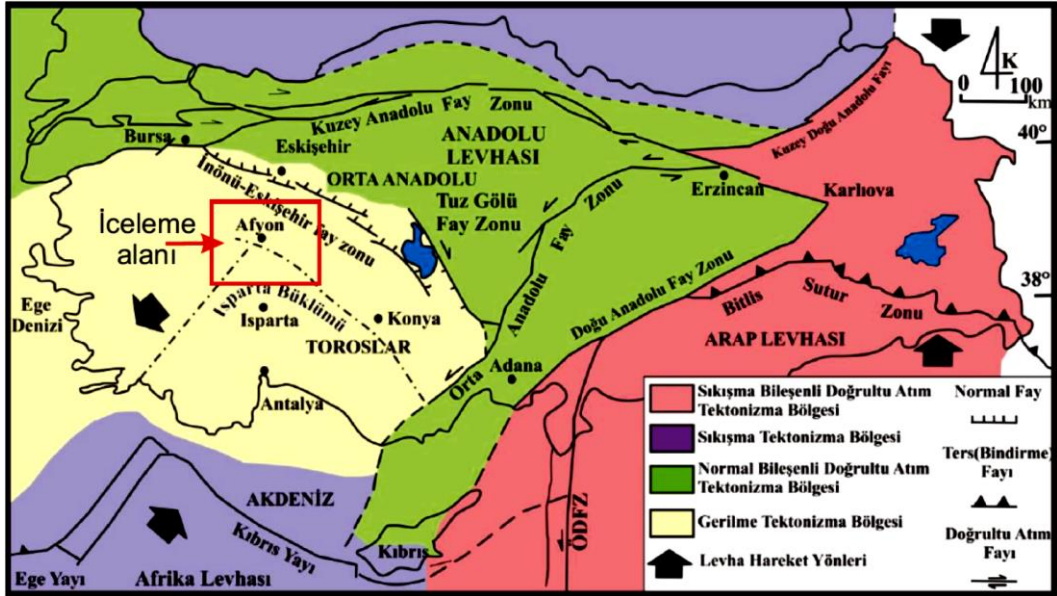
Şekil 2.1 Türkiye'nin başlıca tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999) ve inceleme alanının konumu.

İnceleme alanı Okay ve Tüysüz'ün (1999) haritasında Anatolid-Torid Bloku'nda yer almaktadır. Anatolid-Torid Bloku ise deformasyon ve metamorfizma özelliklerine göre Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Bornova Fliş Zonu ve Toroslar biçiminde zonlara ayrılmaktadır (Şekil 2.1). Çalışma alanında bu zonlardan Geç

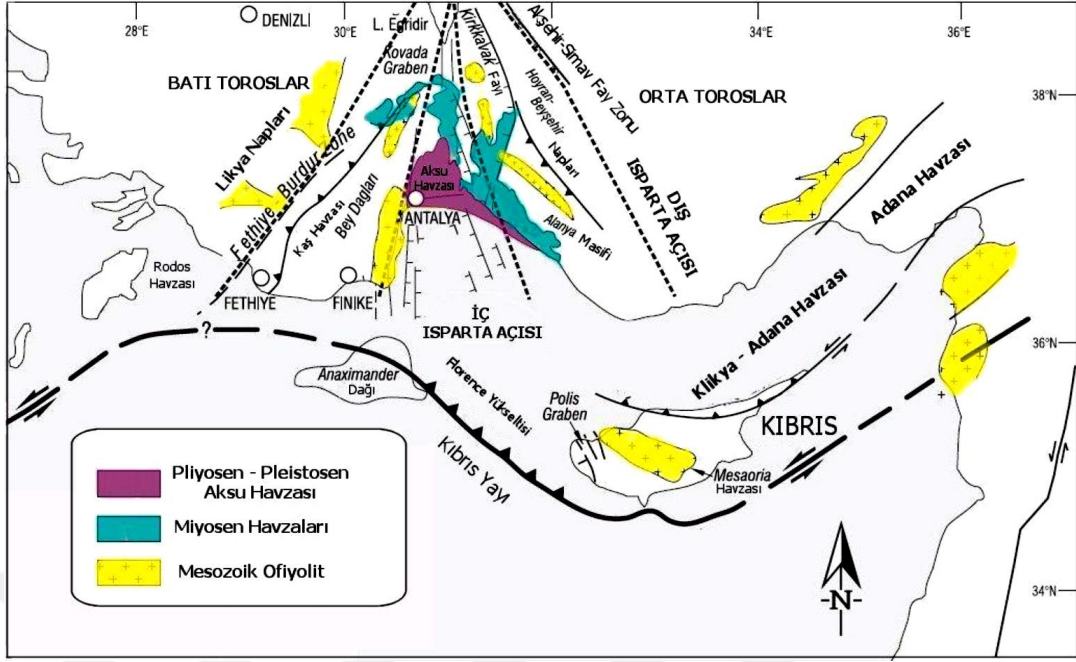
Kretase’de yüksek basınç metamorfizması ürünü olan Tavşanlı Zonu, Kretase-Tersiyer sınırında yüksek basınç metamorfizmasını yansıtan Afyon Zonu ve Kretase-Miyosen aralığında deforme olmuş Paleozoyik-Tersiyer yaşta sedimentler istiflerinden oluşan Toroslar bulunmaktadır (Şekil 2.5).

Şengör (1980) Türkiye’nin neotektonik dönemini şekillendiren Ege-Kıbrıs yayı, Sağ yönlü Kuzey Anadolu Fay Zonu, Sol yönlü Doğu Anadolu Fay Zonu, Bitlis-Zağros Kenet Kusağı ve Ölü Deniz Fayı olmak üzere beş ana yapı ve bu ana yapılarca denetlenen Doğu Anadolu sıkışma bölgesi, Ege graben sistemi ve Orta Anadolu Ovalar bölgesi olmak üzere üç ana neotektonik bölge ayırtlamıştır (Şekil 2.2). İnceleme alanı bu sınıflamada Ege Graben Sistemi ve Orta Anadolu Ovalar bölgeleri arasında yer almaktadır.

Koçyiğit ve Özacar (2003) ise Türkiye’yi genişlemeli neotektonik rejim, normal bileşenli neotektonik rejim, bindirme bileşenli doğrultu atımlı neotektonik rejim ve sıkışmalı neotektonik rejim alanlarına ayırmışlardır (Şekil 2.2). İnceleme alanı bu sınıflamada genişlemeli neotektonik rejim alanında Dış Isparta Açısında yer almaktadır.



Şekil 2.2 Koçyiğit ve Özacar’a (2003) göre Türkiye’deki neotektonik bölgeler.



**Şekil 2.3** Isparta Büklümü'nün konumu, ana yapısal birimleri ve havzaları (Glover ve Robertson, 1998; Altuncu, 2009)

İlk kez Blumenthal (1963) tarafından adlandırılan Isparta Açısı Türkiye'nin güneybatısında bulunan önemli bir yapısal unsurdur (Şekil 2.2). Isparta Açısı bölgesi doğuda Sultandağı bindirmesi ve batıda Burdur-Fethiye fay zonu ile sınırlı bir alanı tanımlamaktadır. Bu bölge kimi araştırmacılarca Isparta Açısı (Brunn vd., 1976; Şengör, 1980) kimileri tarafından ise Isparta Büklümü (Koçyiğit, 1981) olarak adlandırmıştır. Isparta Açısının güney bölümünde batıdan Kemer çizgiselliği ve batıdan ise Çandır, Pınargözü ve Ovacık çizgisellikleriyle sınırlı alan İç Isparta Açısı alanı olarak, bu alanın kuzeyinde kalan alan ise Dış Isparta Açısı alanı olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanının da içinde bulunduğu kesim Dış Isparta Açısı alanıdır (Şekil 2.3).

## 2.2 Batı Anadolu-Ege Bölgesinin neotektonik evrimi

Batı Anadolu-Ege Bölgesinin Neotektonik Evrimine yönelik olmak üzere başlıca beş model önerilmiştir

1. Tektonik kaçma modeli: Bu modelde bölgedeki yapıların oluşumu geç Serravaliyen'den (Orta Miyosen-13 My) itibaren Anadolu Bloku'nun batıya doğru

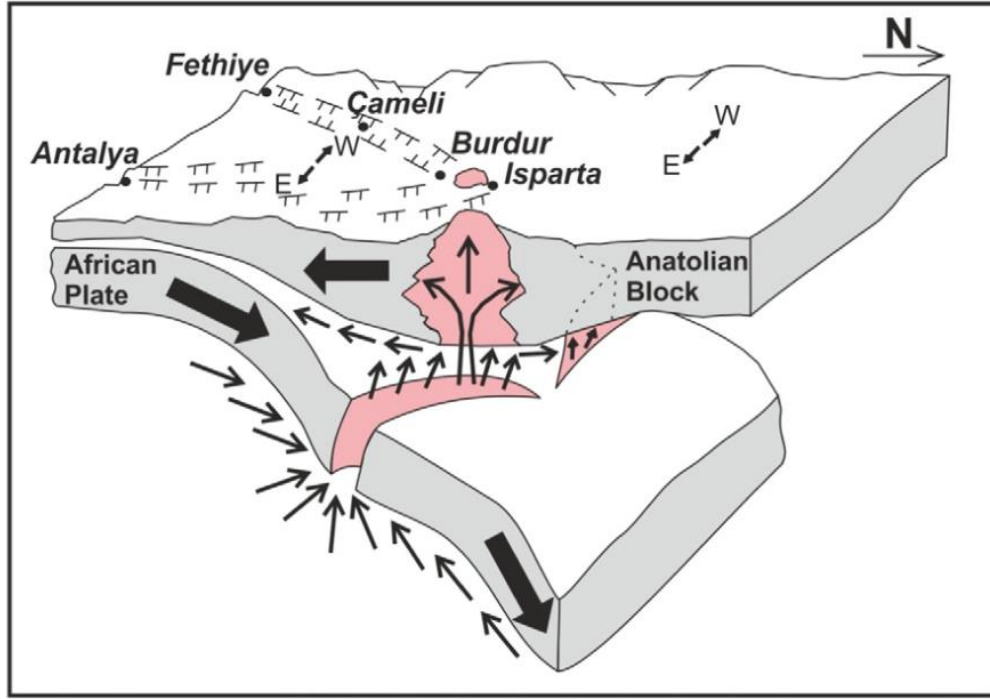
hareketi ile ilişkili olarak meydana gelen açılma ile açıklanmaktadır (Şengör vd., 1985; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1979, 1987; Görür vd., 1995).

2.Yiten dilimin geriye çekilmesi ya da yay-ardı yayılma modeli: Bu modele göre bölgedeki kıtasal gerilme (açılma) Akdenizde güneyden kuzeye doğru Anadolu'nun altına dalan okyanusal dilimin Geç Serravaliyan'dan beri Hellenic Yayılı boyunca güneye doğru geriye çekilmesinin eşlik ettiği yay gerisi açılma ile ilişkilidir (Le Pichon ve Angelier, 1979; Mercier vd., 1989; Jackson and McKenzie, 1988 Robertson vd., 1991; Över vd., 2002, 2010).

3.Post-Orojenik çökme modeli: Bölgedeki, İzmir – Ankara-Erzincan Kenedi boyunca Neotetis Okyanusunun kapanmasına bağlı olarak kabuğun aşırı kalınlaşması nedeniyle geç Oligosen-erken Miyosen süresince maruz kalmıştır (Seyitoğlu ve Scott, 1991; 1996).

4.Epizodik grabenleşme modeli (iki aşamalı süperempoze graben oluşumu): Bu model Batı Anadolu'daki grabenleşmede, üst üste iki farklı dönemde iki farklı çekme tektoniği rejimini öngörmektedir (Westavay, 1994; Koçyiğit vd., 1999; 2000; Bozkurt, 2000; Yılmaz ve Karacık 2001, Gürer vd., 2001; Genç vd., 2001). Bu dönemler arasında kimi araştırmacılara göre Pliyosen'de erozyon gerçekleşmiş (Bozkurt, 2001; Yılmaz ve Karacık 2001, Gürer vd., 2001; Can vd., 2001), kimine göre ise de Geç Miyosen-Erken-Pliyosen arası kompresyon etkili olmuştur (Koçyiğit vd., 1999; 2000).

5.Sıcak astenosfer yükselimi modeli: Bu model Isparta Açısı bölgesinde günümüzde de etkili olan D-B doğrultulu açılma rejimi güneyden kuzeye doğru Hellenik ve Kıbrıs yaylarının altına dalan okyanusal dilimde oluşan yırtılma fayından yukarıya astenosferin yükselmesinin sonucudur (Şekil 2.4, Över vd., 2016a).



**Şekil 2.4** Sıcak astenosfer yükselimi modeli (Över vd., 2016a), Kalın oklar levha hareket yönünü ve pembe alanlar Sıcak astenosfer yükselimini göstermektedir.

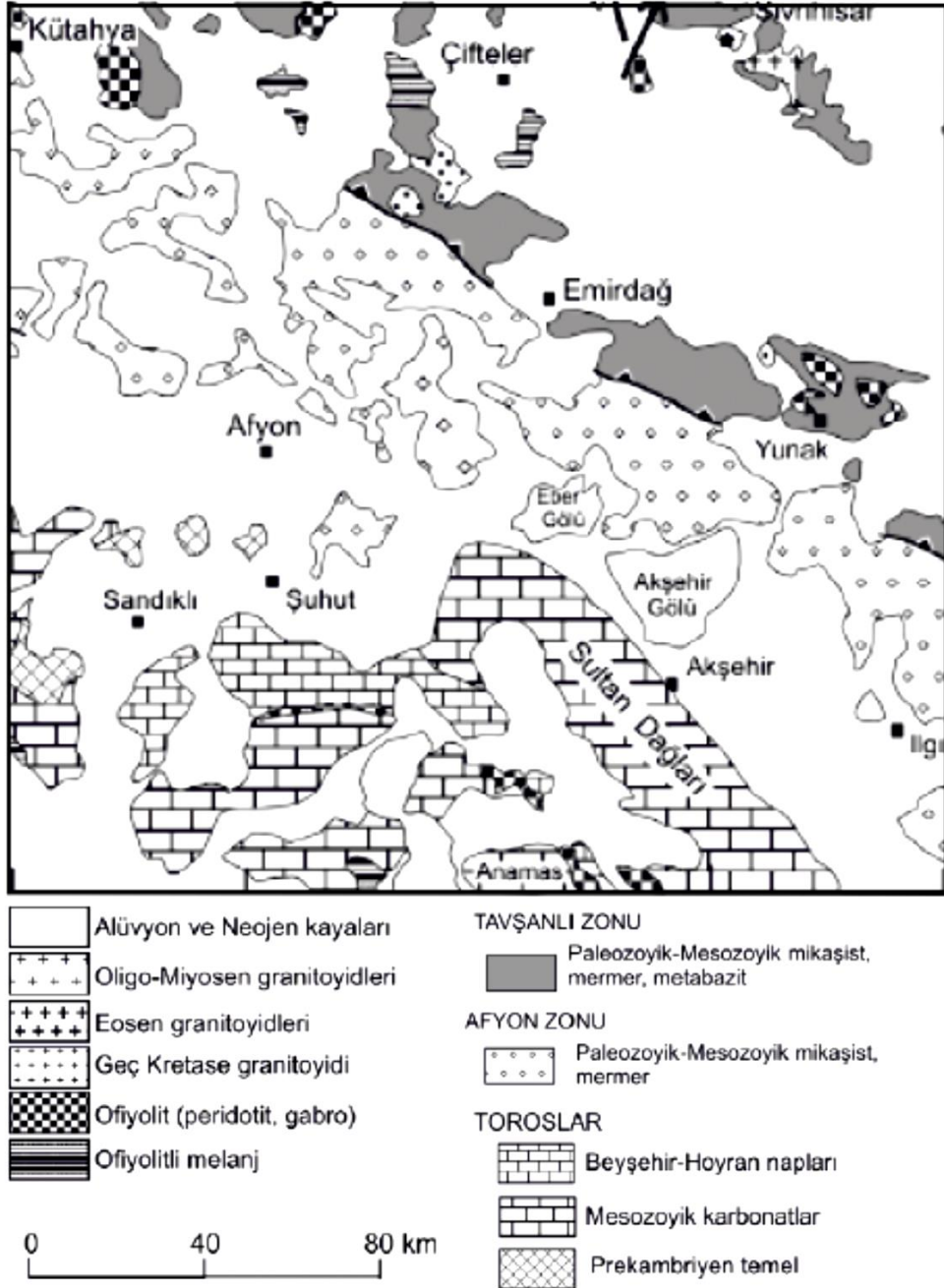
Bu modellerde K-G açılma Oligo-Miyosen'deki Post-Orojenik çökme (Bozkurt and Mittwede, 2005) ve Pliyo-Kuvaterner'den itibaren Tektonik kaçma ve Yiten dilimin geriye çekilmesi modellerine bağlanmıştır (Över vd., 2016a,b). Miyo-Pliyosen'de K-G açılması etkisinde Batı Anadolu'da bir horst-graben morfolojisi gelişmiştir (Bozkurt ve Sözbilir, 2004). D-B uzanımlı havzalar Miyo-Pliyosen'den itibaren K-G açılmasından kaynaklanmıştır (Yılmaz vd., 2000; Bozkurt ve Sözbilir, 2004) ve bu bölgede K-G açılmasının hızı 14 mm/yıldır (Reilinger vd., 1997; McClusky vd., 2000). Bu havzaların oluşumu ve gelişimi sırasıyla KB-GD ve KD-GB açılmalarına bağlanmaktadır. KB-GD açılmasının nedeni Pliyo-Kuvaternerden itibaren baskın olan Kıbrıs yayı boyunca yitim süreçlerine bağlı yiten dilimin çekme kuvvetine bağlıdır. Pliyo-Kuvaternerden itibaren baskın olan KD-GB açılması özellikle Hellenic yayı boyunca yitim süreçlerine bağlı yiten dilimin çekme kuvvetine bağlıdır (Över et al., 2010). Görüldüğü gibi bu modellerden hiçbiri jeodinamik ölçekte D-B yönlü açılmayı açıklamamaktadır. Bu durumu açıklamak için Över vd. (2016a, b) Isparta Açısının tepe bölgesindeki günümüzde etkin olan



D-B yönlü açılmayı, aletsel dönemdeki verileri kullanarak yeni bir model olan sıcak astenosfer yükselimi modelini önermişlerdir.

### 2.3 İnceleme Alanının Jeolojik Özellikleri

İnceleme alanında paleotektonik birliklerden Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu ve Toroslara ait kaya birimleri (Şekil 2.5) ve bunları uyumsuzlukla örten Üst Miyosen-Kuvaterner yaştaki Neotektonik dönem birimleri yüzeylenmektedir.



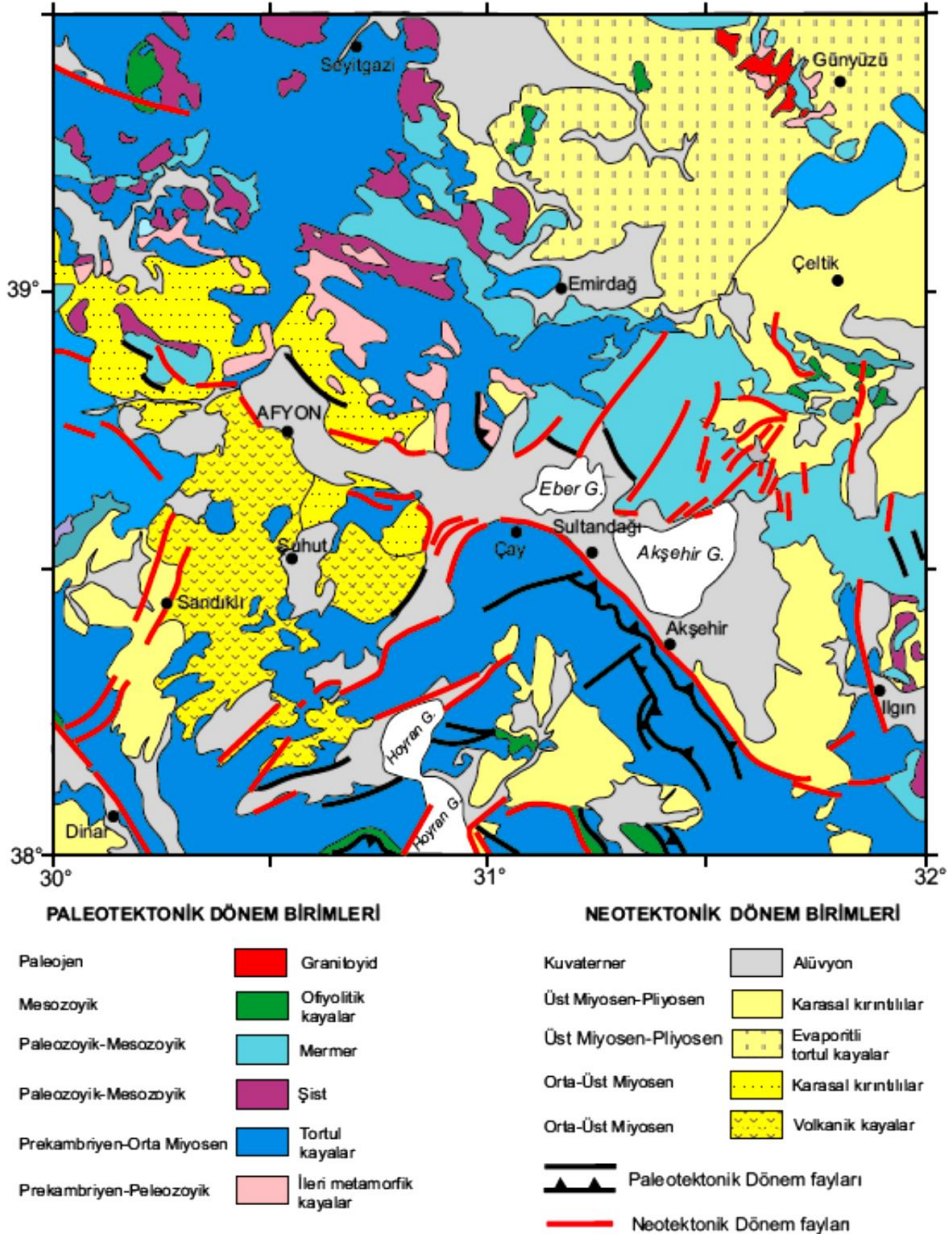
Şekil 2.5 İnceleme alanında bulunan ana paleotektonik birimler (Okay, 2011).

Tez alanında bulunan ana paleotektonik birimlerden Afyon'un kuzeydoğusunda yüzeylenen Tavşanlı Zonu, alttan üste doğru mikaşist, mermer ve metabazit-metaçört-fillat ardalması (Orhaneli Grubu), bu birimin üzerinde tektonik dokanıklı yer alan ofiyolit, bazalt, çört, pelajik şeyl ve kireçtaşlarını içeren ofiyolitli karışık, tüm bu birimleri kesen Alt-Orta Eosen granodiyoritleri ve çökel kayalarından oluşmuştur. Bu Zonun güneydoğusunda yer alan Afyon Zonu, Paleozoyik-Mesozoyik yaşta mikaşist ve mermerlerden ibarettir (Okay, 2011). Afyonun güneydoğusunda bulunan Toroslar ise çalışma alanında Prekambriyen temel, Mesozoyik karbonatlar ve Beyşehir-Hoyran naplarını kapsamaktadır. Beyşehir-Hoyran napları Paleozoyik-geç Kretase yaşta platform karbonatları, sığ ve derin denizel birimler, volkanojenik ve ofiyolitik birimler içerir (Gutnic vd., 1968; Monod, 1977; Dumont, 1978).

EMAG2 manyetik anomalilerine yönelik çalışmalarda birimlerin fiziksel özellikleri önemli olduğu için inceleme alanındaki birimlerin kaya türü özellikleri ve sismotektonik açıdan da Paleotektonik dönem ve Neotektonik dönem birimlerinin ayırtlanması önemli olduğu için bu kriterleri gözetererek MTA Genel Müdürlüğünce yapılmış 1/500 000 ölçekli jeoloji haritası yalınlaştırılarak sunulmuştur (Şekil 2.6).

#### **2.4 Paleotektonik dönem kaya birimleri**

İnceleme alanında tabanda Prekambriyen-Peleozoyik yaşlı ileri metamorfik kayalar Afyon kuzeyinde KB-GD gidişli bir hat boyunca birbirinden kopuk yüzlekler halinde yüzeylenmektedir. Afyon, Emirdağ ve Seyitgazi arasındaki bölgede gözlenen Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı şistler ise diğer metamorfik birimlerdir. Iğın ve Seyitgazi arasında KB-GD gidişli bir hat boyunca Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı mermerler geniş alanlarda yüzeylenirler. İnceleme alanında dağınık bir biçimde ve değişik boyutlarda gözlenen Mesozoyik yaşlı ofiyolitik birimler muhtemelen Neotetisle ilişkilidirler. Günyüzü yakınlarında yüzeylenen granitik kayalar Paleojen yaşlıdır. Bölgede egemen kaya türü Prekambriyen-Orta Eosen zaman aralığında çökelmiş tortul kayalardır. Neotektonik dönem birimleri ise bütün bu temel birimlerin üzerinde açısız uyumsuzlukla yer almaktadır.



Şekil 2.6 İnceleme alanının yalınlaştırılmış jeoloji haritası (MTA 2003'den yalınlaştırılarak)

## 2.5 Neotektonik dönem kaya birimleri

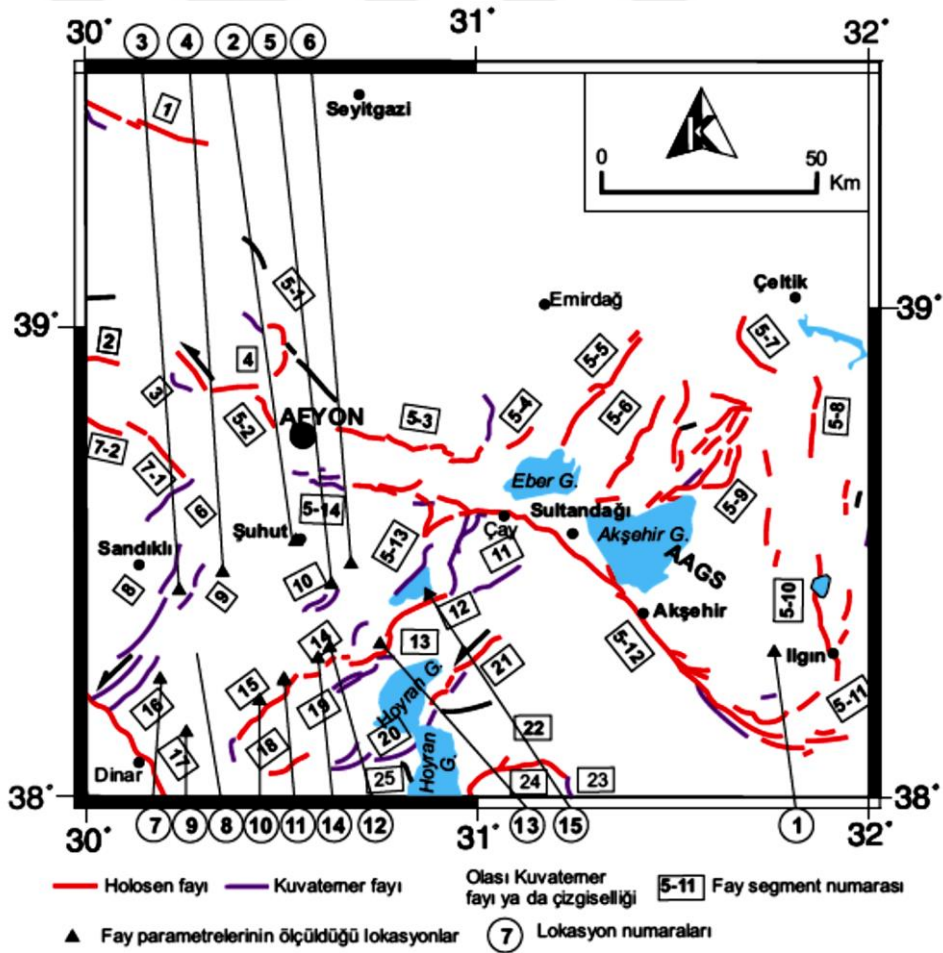
MTA (2003) haritalarında Sandıklı-Şuhut ve Afyon arasındaki geniş alanlarda gözlenen Orta-Üst Miyosen yaşlı volkanikler ve karasal kırıntılarda Orta Miyosen ile Üst Miyosen arasındaki sınır belli olmadığından inceleme alanının yalınlaştırılmış jeoloji haritasında (Şekil 2.6) bu birimlerin tümü Neotektonik dönem içerisinde gösterilmiştir. Emirdağ ve Günyüzü çevresinde yüzeylenen Üst



Miyosen-Pliyosen yaşta evaporitli tortullar ve Çeltik çevresinde, Ilgın ve Akşehir arasında, Hoyran Gölünün hemen doğusunda görülen Üst Miyosen-Pliyosen yaşta karasal kırıntılıların yanısıra Seyitgazi doğusunda, Emirdağ çevresinde, Afyon-Akşehir hattı boyunca geniş bir alanda, Hoyran gölü yakınlarında, Şuhut çevresinde ve Dinar yakınlarında yüzeylenen Kuvaterner çökelleri Neotektonik dönemde oluşmuş diğer birimlerdir.

## 2.6 İnceleme Alanının Tektonik Özellikleri

Afyon güneydoğusunda yaklaşık KB-GD gidişli ve doğudaki birimleri batıya doğru bindiren fayların yanısıra değişik duruşlu niteliği belirsiz faylar çalışma alanındaki paleotektonik unsurları oluşturmaktadır (Şekil 2.5). Neotektonik dönem unsurları ise konumları Şekil 2.7’de ve özellikleri Çizelge 2.1’de sunulmuş Üst Miyosen sonrası yaştaki faylardır.



Şekil 2.7 İnceleme alanındaki aktif faylar (Emre vd. 2018) (Fay adlamaları ve özellikleri çizelge 2.1’de sunulmuştur)

**Çizelge 2.1** İnceleme alanındaki aktif fayların adlamaları ve özellikleri. N: Normal fay. LL: Sol yanal doğrultu atımlı fay. RL: Sağ yanal doğrultu atımlı fay. Magnitüd (Mw): Beklenen ve gerçekleşen maksimum büyüklük (Emre vd. 2018).

No	Fay			Uzun. km	Doğrultu		Eğim		Derinlik km	Magnitüd Mw	
	Fay-Segment	Tür	Yaş		Min	Max	Min	Max			
1	Kütahya F	N	H	48	284	306	60	75		7.04	
2	Aslıhanlar F	N	H	15	98	174	60	65	16-18	6,48	
3	Adlandırılmamış F	N	Q	6	96	177	87	90	15-18	5,89	
4	Gecek F	N	H	10	85	94	70	70	13-15	6,18	
5-1	Aydın-Akşehir FS	Yavaşlı F	N	H	22	182	200	70	70	13-15	6,63
5-2		Sultandağ	N	H	22	305	330	55	70		2002: 6.5
5-3		Gazlıgöl F	N	H	19	1	358	60	65	13-15	6,55
5-4		Yazlıca F	N	H	20	233	327	87	90		6,58
5-5		İlgin FZ	N	H	27	1	357	65	67		6,76
5-6		Sultandağ F	N	H	8	0	358	60	70	13-15	6,05
5-7		Işıklar FZ	N	H	12	249	318	55	65	13-15	6,28
5-8		Işıklar FZ	N	H	16	267	300	85	90	13-15	6,45
5-9		Sultandağı F	N	H	18	312	329	55	70	13-15	6,55
5-10		Çukurcak F	N	H	23	205	227	60	65	13-15	6,65
5-11		Bolvadin F	N	H	7	54	54	65	75	13-15	5,98
5-12		Karabağ F	N	H	29	28	54	65	75	13-15	6,79
5-13		Çukurcak F	N	H	18	0	359	55	75	13-15	6,52
5-14		Piribeyli F	N	H	17	89	200	60	65	13-15	6,48
6	Akharım	N	Q	14	6	64	70	75	13-15	6,23	
7-1	Simav FZ	Sinanpaşa S	RL	H	18	303	323	87	90	16-18	6,57
7-2		Elvanpaşa S	RL	H	27	270	298	87	90	16-18	6,76
8	Örenkaya F	N	Q	29	5	48	87	90		6,79	
9	Sandıklı F	N	Q	11	204	223	87	90		6,23	
10	Adlandırılmamış F	N	Q	10	211	290	87	90		6,18	
11	Yarıkkaya F	N	H	11	239	267	60	65		6,58	
12	Koçbeyli F	N	H	13	189	252	70	70		6,18	
13	Arızlı F	N	H	15	193	256	60	60		6,41	
14	Karaadilli F	N	H	14	163	269	55	65		6,37	
15	Tatarlı F	N	Q	24	212	267	65	70		6,70	
16	Kızılören F	N	Q	15	201	240	87	90		6,41	
17	Dinar F	N	H	28	108	231	45	80		1995: 6.4	
18	Uluborlu F	N	H	11	239	267	60	65		6,58	
19	Adlandırılmamış F	N	Q	10	194	254	87	90		6,18	
20	Semirkent FZ	N	Q	20	224	296	65	70		6,45	
21	Kumdanlı F	LL	H	16	214	235	65	80	13-15	6,45	
22	Gelendost F	N	H	25	208	313	55	70	13-15	6,71	
23	Beyşehir GF	N+RL	Q	32	315	353	87	90	13-15	6,85	
24	Sarıdris	N	H	14	144	171	65	75	13-15	6,37	
25	Barla F	N	H	14	10	41	65	70	13-15	6,37	

### 3. BÖLÜM

## İNCELEME ALANININDAKİ ÇİZGİSELLİKLERİN EMAG2 MANYETİK ANOMALİLERİ İLE İNCELENMESİ

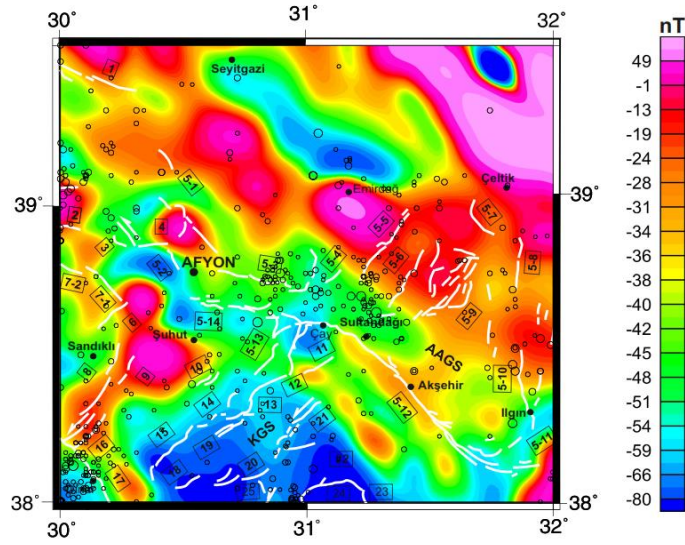
EMAG2 manyetik anomalileri, bu tez çalışmasında inceleme alanındaki ana çizgiselliklerin araştırılması ve elde edilen sonuçların jeolojik verilerle denestirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

### 3.1 Materyal ve Yöntem

Son yıllarda kabuk araştırmalarında tektonik unsurların konumlarının belirlenmesinde uydudan alınan yüksek çözünürlüklü veriler önem kazanmıştır. Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi'nin (NOAA), Ulusal Jeofizik Veri Merkezine (NGDC) bağlı uluslararası jeomanyetizma ve aeronomi birliği (IAGA) tüm uydu, gemi ve havadan elde edilmiş manyetik ölçümleri derleyerek, küresel bir manyetik anomali grid haritası (WDMAM) hazırlamış ve yerbilimcilerin kullanımına sunmuştur (Maus vd., 2007).

#### 3.1.1 Emag2 Manyetik Anomalileri

Dünyanın ilk dijital manyetik anomali haritasını (WDMAM) oluşturan Yer Manyetik Anomali Gridi 2 dakikalık çözünürlüğe sahip (örneklenen alan için yaklaşık 2.8 km'lik bir yüzey gridleme aralığına karşılık) EMAG2 (Earth Magnetic Anomaly Grid with 2 arc-minute resolution) verileridir. 2009 yılında bu yükseklik seviyesi 4 km 'ye çekilerek EMAG2'nin yüksek çözünürlüklü üçüncü versiyonu yayımlanmıştır (Maus vd., 2009). EMAG2'nin bu versiyonu NGDC'nin web sitesinde araştırmacıların ve bilim insanlarının kullanımına açılarak (<http://geomag.org/models/EMAG2>) istenilen bölgenin koordinatlarına göre veriler serbestçe indirilebilmektedir. Buradan elde edilen çalışma alanına ait manyetik anomali haritası Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1** Çalışma alanının manyetik anomali haritası (Deprem odakları <http://www.koeri.boun.edu.tr> ve Diri faylar ise Emre vd., 2018'den alınmıştır).

### 3.1.2 Kutba İndirgeme

Pozitif gravite anomalilerinin, kütle üzerine yerleşmesine karşın mıknatıslanma ve çevre alanının her ikisi de düşey olmadığında bu durum manyetik anomaliler için doğru olmamaktadır. Eğer mıknatıslanma ve çevre alanı düşey değilse, simetrik bir manyetik anomali yerine simetrik bir mıknatıslanma dağılımı (örneğin, düzgün mıknatıslanmış bir küre gibi) ortaya çıkar. Bu karmaşıklık, manyetik ölçümden 3.1 ve 3.2 denklemleri kullanılarak giderilmektedir.

$$[\Delta Tr] = [\psi_r] [\Delta T] \quad [3.1]$$

$$\text{Burada, } [\psi_r] = \frac{1}{\theta_m \theta_n}$$

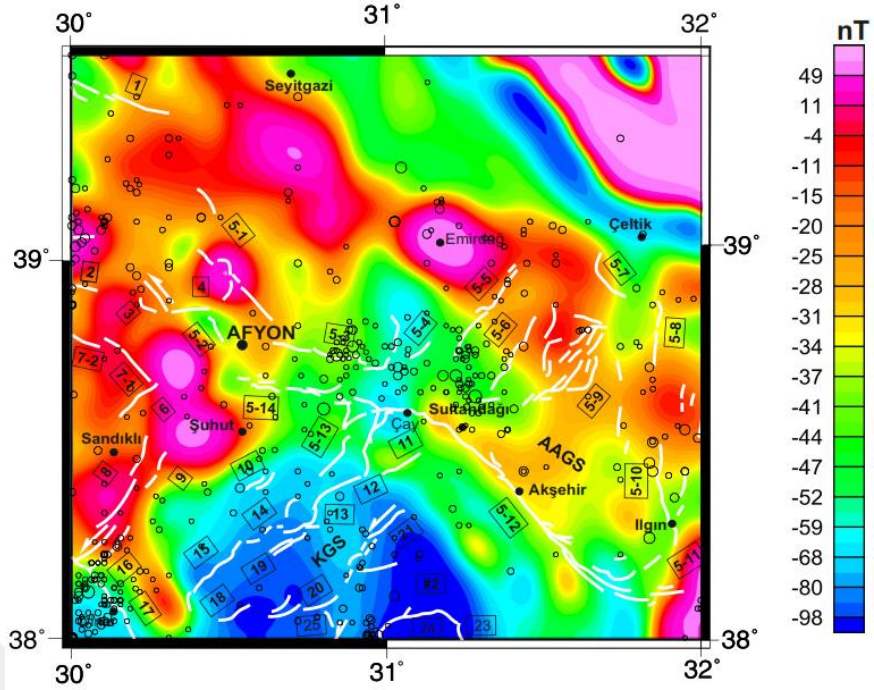
$$= \frac{|k^2|}{a_1 k_x^2 + a_2 k_y^2 + a_3 k_x k_y + i|k|(b_1 k_x + b_2 k_y)} |k| \neq 0 \quad [3.2]$$

$$a_1 = \hat{m}_z \hat{f}_z - \hat{m}_x \hat{f}_x$$

$$a_2 = \hat{m}_z \hat{f}_z - \hat{m}_y \hat{f}_y$$

$$a_3 = \hat{m}_y \hat{f}_x - \hat{m}_x \hat{f}_y$$

$$b_1 = \hat{m}_x \hat{f}_z - \hat{m}_z \hat{f}_x$$



Şekil 3.2 Çalışma alanına ait kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası

### 3.2 Türev Yöntemleri

TYT Toplam yatay türev (TYT) ve Analitik sinyal (AS) yöntemlerinin bazı zayıf noktalar içermesi nedeniyle türev yöntemleri olarak tanımlanan süzgeçler geliştirilmiştir. Bu bağlamda ilk geliştirilen süzgeç Tilt Açısı (Tilt) süzgeci olup Miller ve Singh (1994) tarafından denklem [3.3]'de gösterilen bağıntı ile verilmiştir.

$$Tilt = \tan^{-1} \left( \frac{\frac{\partial P}{\partial z}}{TYT} \right)$$

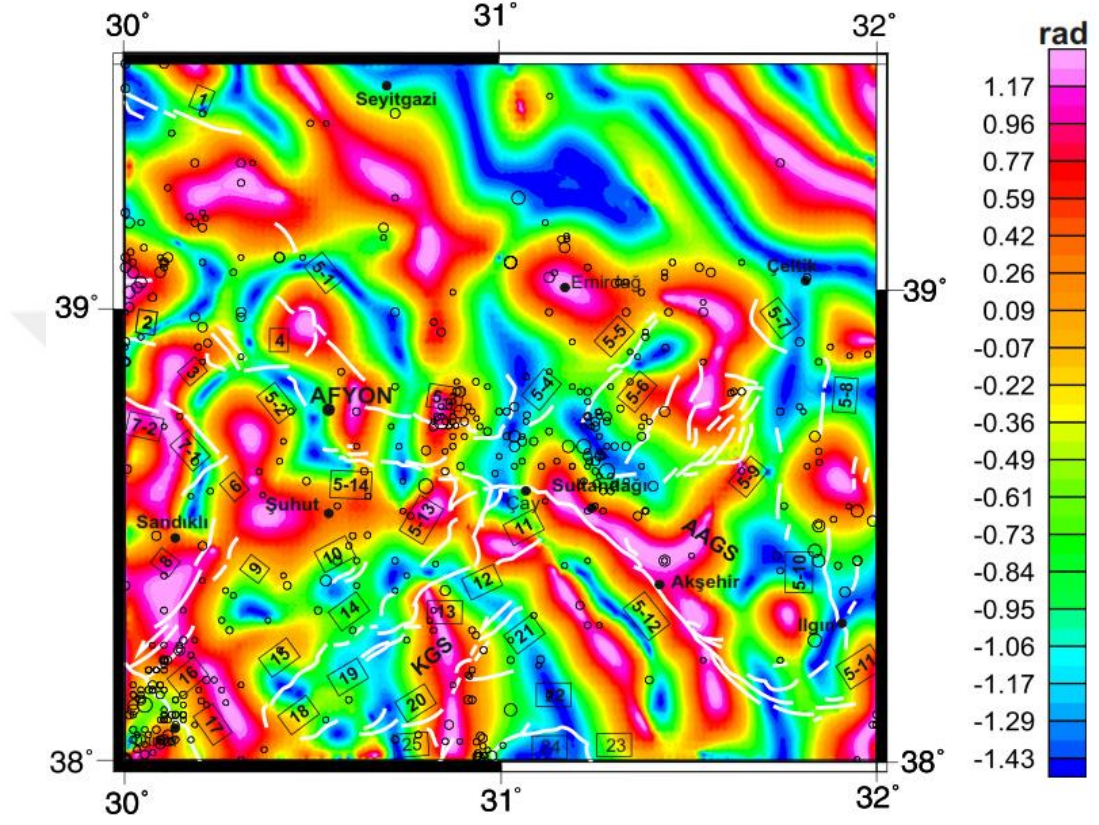
[3.3]

Burada, düşey türev TYT'e oranlanarak Tilt açısı süzgeci elde edilmektedir. Eğim açısı değeri yapının üzerinde pozitif, yapının kenarından sıfır ve yapının dışında negatif değerler alır ve genlik değerleri  $-\pi/2$  ve  $\pi/2$  arasında değişir.



### 3.3 Bulgular

Çalışma alanında yer alan yapıların sınırlarını ve çizgisellikleri belirlemek için Şekil 3.2'de gösterilen kutba indirgenmiş manyetik verilere Tilt Açısı Türev Süzgeci (Tilt) yöntemi uygulanmış ve Şekil 3.3 elde edilmiştir.



Şekil 3.3 Şekil 3.2'de gösterilen kutba indirgenmiş manyetik anomali haritasının Tilt Açısı Türev Süzgeci (Tilt) uygulanmış durumu.

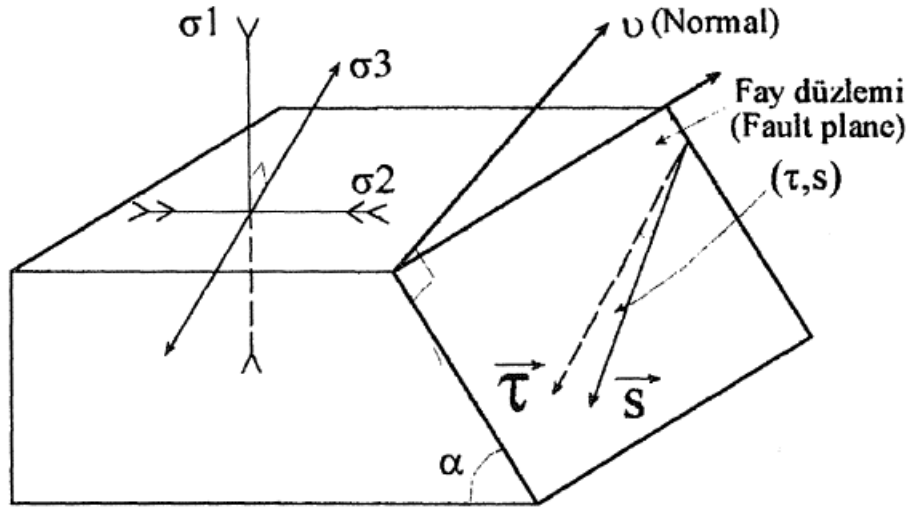
## 4. BÖLÜM

### KİNEMATİK ANALİZ

İnceleme alanında yüzeyleyen jeolojik birimleri etkileyen fay düzlemlerine ait fayın doğrultusu, eğim miktarı, eğim yönü ve reyk değerleri ölçülmüştür. Bu kapsamda, 15 istasyonda fay düzlemlerine ait ölçüler Carey'in (1979) sayısal analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

#### 4.1 Fay Topluluklarının Kinematik Analiz Yöntemi

Kırılğan ortamlarda tektonik gerilmelere bağlı olarak oluşan fayların özelliğini o dönemde etkin olan asal gerilmelerin ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  ve  $\sigma_3$ ) konumları belirlemektedir (Anderson 1951). Gerilme eksenlerinin konumları ile ilgili saptamalar ise fayın taban bloguna göre tavan bloğunun birim vektörel hareketi göz önünde bulundurularak yapılmıştır (Wallace 1951, Bott 1959). Carey ve Brunier (1974) ve Carey (1979), kırıklı ortamlardaki fay kinematığının yorumlanması için Wallace (1951) ve Bott (1959)'un mekanik yaklaşımlarına dayanarak bilgisayar destekli niceliksel yöntemler geliştirmişlerdir. Bu amaçla, fay topluluklarının kinematik analizinde fay düzlemi üzerinde ölçülen kayma vektörlerinden yararlanılır. Bu kapsamda, her fay düzlemi üzerindeki kayma vektörü etkin çözümlenmiş kayma gerilmesi yönünde ise (Bott, 1959), ölçülen kayma vektörlerinin ters çözümü ile en uygun gerilme tensörü hesaplanabilmektedir (Carey, 1979; Angelier, 1984). Bu yöntemde rijid bloklar arasında gerçekleşmiş hareketin, bağımsız ve ölçülen kayma vektörünün (s) her bir fay düzlemi için çözümlenen etkin kayma gerilmesine ( $\tau$ ) paralel ve aynı yönde olduğu öngörülmektedir. Böylece ölçülen kayma vektörü (s) ve öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) arasındaki açıyı (Şekil 2'deki  $\tau$  ve s vektörleri arasındaki açı,) minimize ederek en uygun gerilme tensörü hesaplanır (Carey ve Brunier, 1974; Carey, 1979). Ters çözüm (inversion) işlemi sonucunda, gerilme tensörünün ana gerilme eksenlerinin konumları (azimut ve eğim) ve gerilme oranı [ $R = (a_2 - (s_1y(cy_3)^{<^1})$ ] belirlenir. Burada lineer büyüklükler olan gerilme manyitüdüleri  $1^{<^1+1021+1031=0$  dır. İşlemde ana gerilme eksenleri ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  ve  $\sigma_3$ ) ile R parametrelerinin çözümü aranır. Bu çözümü sağlamak için birbirinden bağımsız en az dört fay düzlemi gerekmektedir. Bu işlem sonunda  $\tau$  ve s vektörleri arasındaki açılarının %80'i  $20^\circ$  den küçük ise sonuç güvenilir olarak kabul edilir



**Şekil 4.1** Fay kinematığında göz önünde bulundurulan faya ait parametreler.  $(\tau, s)$ : Öngörülen kayma vektörü  $(\tau)$  ile ölçülen kayma vektörü  $(s)$  arasındaki açı.  $\sigma_1, \sigma_2$  ve  $\sigma_3$ : Sırasıyla sıkışma, ortaç ve genişleme ana gerilmeleri.  $v$ : Fay düzleminin normali (Över, 1999).

Kayma vektörü  $(s)$  ve fay düzlemi üzerindeki belirteçlerin konumu, bölgesel gerilme tensörü ve “R” oranı değişmediği sürece duruşlarını değiştirmezler. Buna karşın, bölgesel gerilme tensörü değişirse fay kinematığı da değişir; yeni oluşan kayma vektörü ise daha önceki vektörleri vev olarak üzerler. Bu nedenle fay düzlemi üzerinde gözlenen birbirlerini vev olarak üzerleyen kayma vektörlerinden bölgesel gerilme tensörünün değişim kronolojisini belirleyerek farklı tektonik fazlar ayırt edilebilmektedir (Mercier ve Vergely, 1992).

Ancak yukarıda özetlenen bu yöntemlerin geçerliliği için üç ön kabul gerekmektedir:

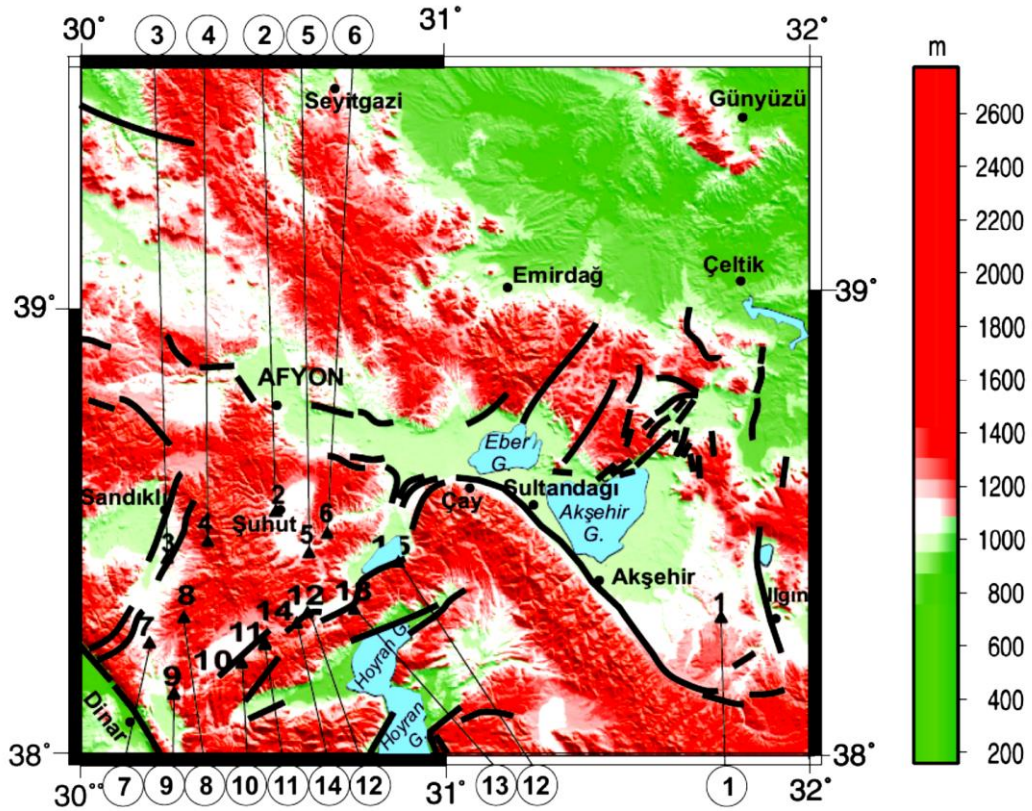
- 1) Kaya kütlelerinin fiziksel olarak homojen ve izotrop, eğer kütle oldukça kırıklı ise mekanik olarak izotrop olduğu varsayılır.
- 2) Fay düzlemindeki atımın (kayma vektörünün), bağımsız ve fay genişliğinden küçük olduğu kabul edilir.
- 3) Bloklar arasındaki deformasyonun sürekli olmadığı ve deformasyon sırasında fay düzleminin rotasyona uğramadığı ve böylece kaya kütlelerinin deformasyonunun faylar boyunca rijid blokların görelî yer değiştirmesiyle oluşmuş olduğu varsayılır.



Ancak yukarıdaki koşullar sağlandığında bir tektonik faz ile ilişkili gerilme tensörü, bu fazın ürünü olarak ortaya çıkan bağımsız kayma vektörlerinin ters çözümü ile elde edilebilir. Mercier vd.'ne (1991) göre gerçekte kaya kütlelerinin homojen ve izotrop olmamasına karşın birkaç yüz metre ile birkaç kilometre arasında değişen boyutlardaki kaya kütlelerinde yukarıda belirtilen varsayımlar geçerlidir. Bu şekilde elde edilen sonuçlar da genellikle bölgesel gerilme tensörü ile uyumludur

#### 4.2 İnceleme Alanındaki Fay Topluluklarının Kinematik Analiz Sonuçları

İnceleme alanında lokasyonları Şekil 4.2'de belirtilen fay topluluklarının parametrelerinin ölçüldüğü istasyonların konumları, içinde buldukları jeolojik birimlerin özellikleri ve yaşları Çizelge 4.1'de sunulmuştur.



Şekil 4.2 İnceleme alanının topoğrafik görünümü, diri faylar ve fay topluluklarının ölçüldüğü istasyonların dağılımını gösterir harita.

**Çizelge 4.1** Fay topluluklarının ölçüldüğü istasyonların konumları, içinde buldukları jeolojik birimlerin yaşları ve kaya türleri.

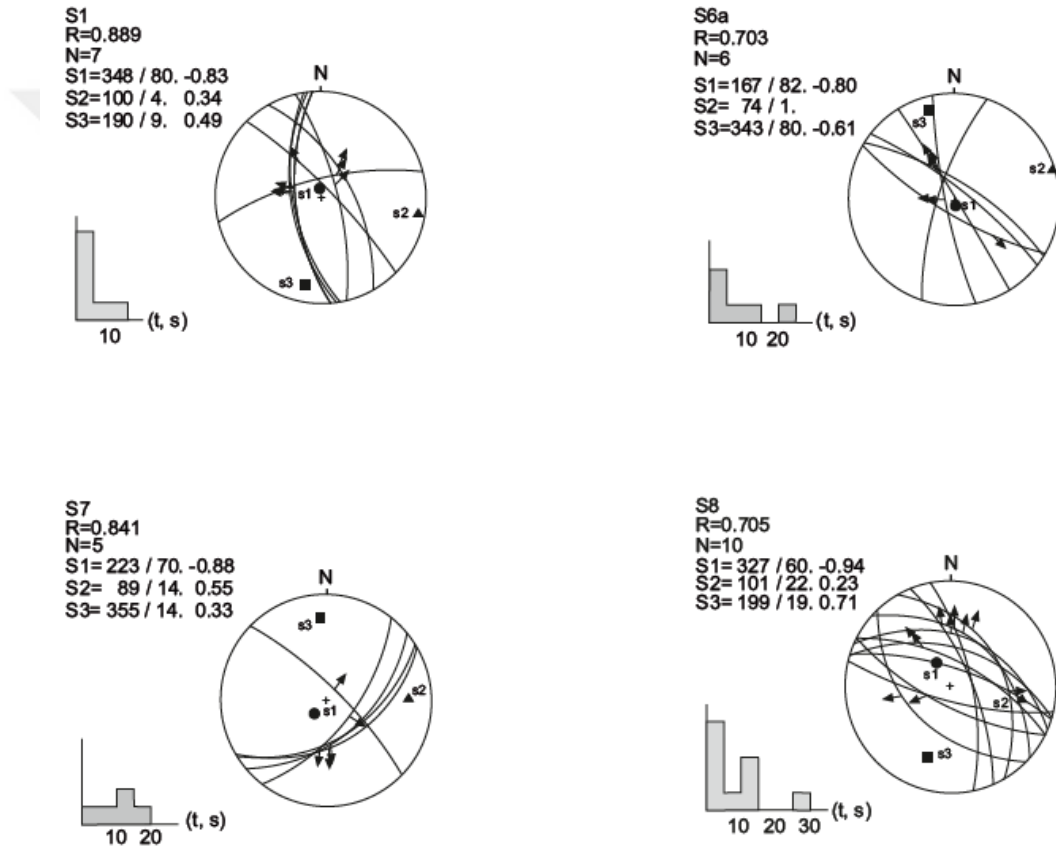
İstasyon	Enlem	Boylam	Ölçüm Sayısı	Kot	Jeolojik Birimin Yaşı	Litolojisi
1	38 17 42	31 45 24	7	1149	Üst Miyosen - Pliyosen	Evaporitli tortullar
2	38 31 24	30 31 58	3	1155	Kuvaterner	Kırıntılı çökeller
3	38 28 22	30 24 13	8	1810	Orta Miyosen - Üst Miyosen	Piroklastik kayalar
4	38 27 34	30 20 45	11	1687	Orta Miyosen - Üst Miyosen	Piroklastik kayalar
5	38 26 04	30 37 26	8	1172	Jura-Kretase Kuvaterner	Kireçtaşı Kırıntılılar
6	38 28 35	30 40 26	11	1210	Miyosen	Volkano-tortul
7	38 14 23	30 11 07	5	1182	Miyosen	Kömürlü kırıntılılar
8	38 17 43	30 16 50	10	1380	Pliyosen	Çakıllı kumtaşları
9	38 07 52	30 17 16	12	1240	Üst Miyosen	Kömürlü kırıntılılar
10	38 11 47	30 26 23	11	1113	Üst Miyosen	Kırıntılılar
11	38 14 10	30 30 10	8	1304	Üst Miyosen	Volkano-tortul
12	38 18 17	30 37 14	10	1100	Jura-Kretase Kuvaterner	Kireçtaşı Kırıntılılar
13	38 18 27	30 43 12	6	1227	Jura-Kretase Kuvaterner	Kireçtaşı Kırıntılılar
14	38 16 57	30 35 23	11	1144	Jura-Kretase	Kireçtaşı
15	38 24 53	30 52 10	3	999	Jura-Kretase Kuvaterner	Kireçtaşı Kırıntılılar

Çalışma sahasındaki fay topluluklarının kinematik analizi sonucunda bölgede

- 1) K-G Açılmalı normal fay rejimi
- 2) K-G Açılmalı doğrultu atım fay rejimi
- 3) D-B Açılmalı doğrultu atım fay rejimi
- 4) D-B Açılmalı normal fay rejimi olmak üzere dört farklı tektonik rejim ayırtlanabilmektedir.

#### 4.2.1 K-G Açılmalı normal fay rejimi

S1, S6a, S7 ve S8 numaralı lokasyonlardaki Miyosen-Pliyosen yaştaki birimleri etkilemiş olan faylanmaya ilişkin verilere (Şekil 4.3 ve Çizelge 4.2) göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) duruşu 266/ 73, ortaç gerilme ekseninin ( $\sigma_2$ ) duruşu 91/10 ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) duruşu ise 272/13 ve ortalama gerilme oranı ( $R_m$ ) 0,785 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) düşeye yakın konumda olduğu Miyo-Pliyosen'de etkin yaklaşık K-G yönlü gelişen açılmalı normal fay rejimini vermektedir.



**Şekil 4.3** S1, S6a, S7 ve S8 numaralı lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü ( $s$ ) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur).

**Çizelge 4.2** Şekil 4.3'deki lokasyonlarla ilişkili kinematik analiz sonuçları

İstasyon	N	$\sigma_1$ Az/dip	$\sigma_2$ Az/dip	$\sigma_3$ Az/dip	R
S1	7	348/80	100/4	190/9	0,889
S 6a	6	167/82	74/1	343/8	0,703
S7	5	223/70	89/14	355/14	0,841
S8	10	327/60	101/22	199/19	0,705
<b>Ortalama</b>	<b>28</b>	<b>266/ 73</b>	<b>91/10</b>	<b>272/13</b>	<b>0,785</b>



**Şekil 4.4** S1 lokasyonunda Üst-Miyosen-Pliyosen yaşlı çökellerde gözlenen normal fay.



**Şekil 4.5** S6 lokasyonunda Şuhut ovasını doğudan sınırlayan normal fay.

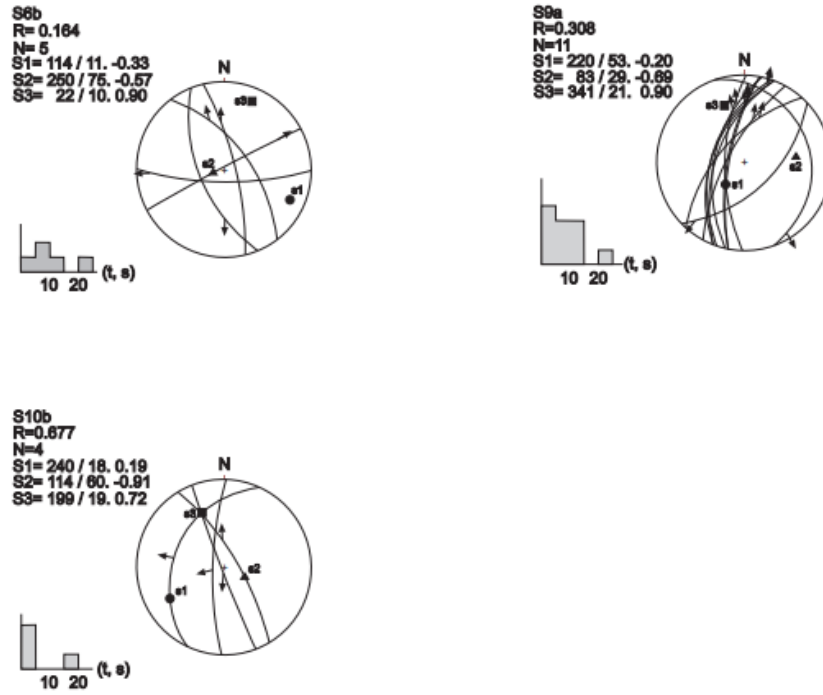




Şekil 4.6 S6 lokasyonunun yakınlarında Üst Miyosen yaşlı kireçtaşlarını kesen normal fay.



Şekil 4.7 S7 Lokasyonunun yakınlarında Pliyo-Kuvaterner yaşlı kömürlü kırıntılıları kesen normal faylar.



**Şekil 4.8** S6b, S9a ve S10b numaralı lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü ( $s$ ) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur).

**Çizelge 4.3** K-G Açılmalı doğrultu atım fay rejimine ait veriler.

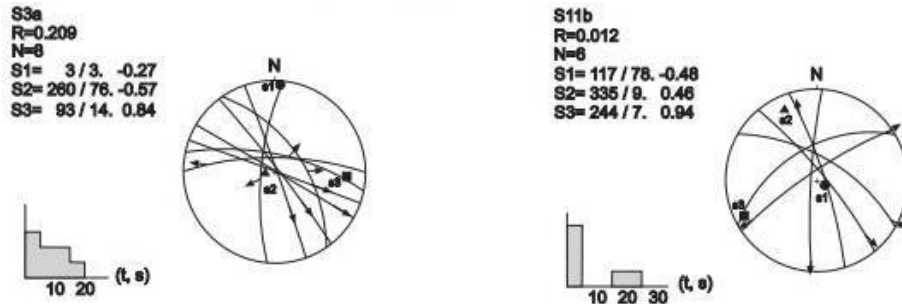
İstasyon	N	$\sigma_1$ Az/dip	$\sigma_2$ Az/dip	$\sigma_3$ Az/dip	R
S6b	5	114/11	250/75	22,10	0,164
S9a	11	220/53	83/29	341/21	0,308
S10b	4	114/60	240/18	199/19	0,677
<b>Ortalama</b>	<b>20</b>	<b>149/41</b>	<b>191/41</b>	<b>187/17</b>	<b>0,383</b>

#### 4.2.2 K-G Açılmalı doğrultu atım fay rejimi

S6b, S9a ve S10b numaralı lokasyonlardaki Üst Miyosen yaştaki birimleri etkilemiş olan faylanmaya ilişkin verilere (Şekil 4.8 ve Çizelge 4.3) göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) duruşu 149/41, ortaç gerilme ekseninin ( $\sigma_2$ ) duruşu 191/41 ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) duruşu ise 187/17 ve ortalama gerilme oranı ( $R_m$ ) 0,383 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sadece en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yataya yakın konumda olduğu Üst Miyosen' de etkin, yaklaşık K-G yönlü bir açılmalı doğrultu atım fay gerilme rejimini vermektedir.

#### 4.2.3 D-B Açılmalı doğrultu atım fay rejimine ait veriler

S3a ve S11b numaralı lokasyonlardaki Orta-Üst Miyosen yaştaki birimleri etkilemiş olan faylanmaya ilişkin verilere (Şekil 4.9 ve Çizelge 4.4) göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) duruşu 60/41, ortaç gerilme ekseninin ( $\sigma_2$ ) duruşu 296/43 ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) duruşu ise 164/11 ve ortalama gerilme oranı ( $R_m$ ) 0,111 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sadece en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yataya yakın konumda olduğu Üst Miyosen' de etkin, yaklaşık K-G yönlü bir açılmalı doğrultu atım fay gerilme rejimini vermektedir.



Şekil 4.9 S3a ve S11b numaralı lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü ( $s$ ) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur).

Çizelge 4.4 D-B Açılmalı doğrultu atım fay rejimine ait veriler

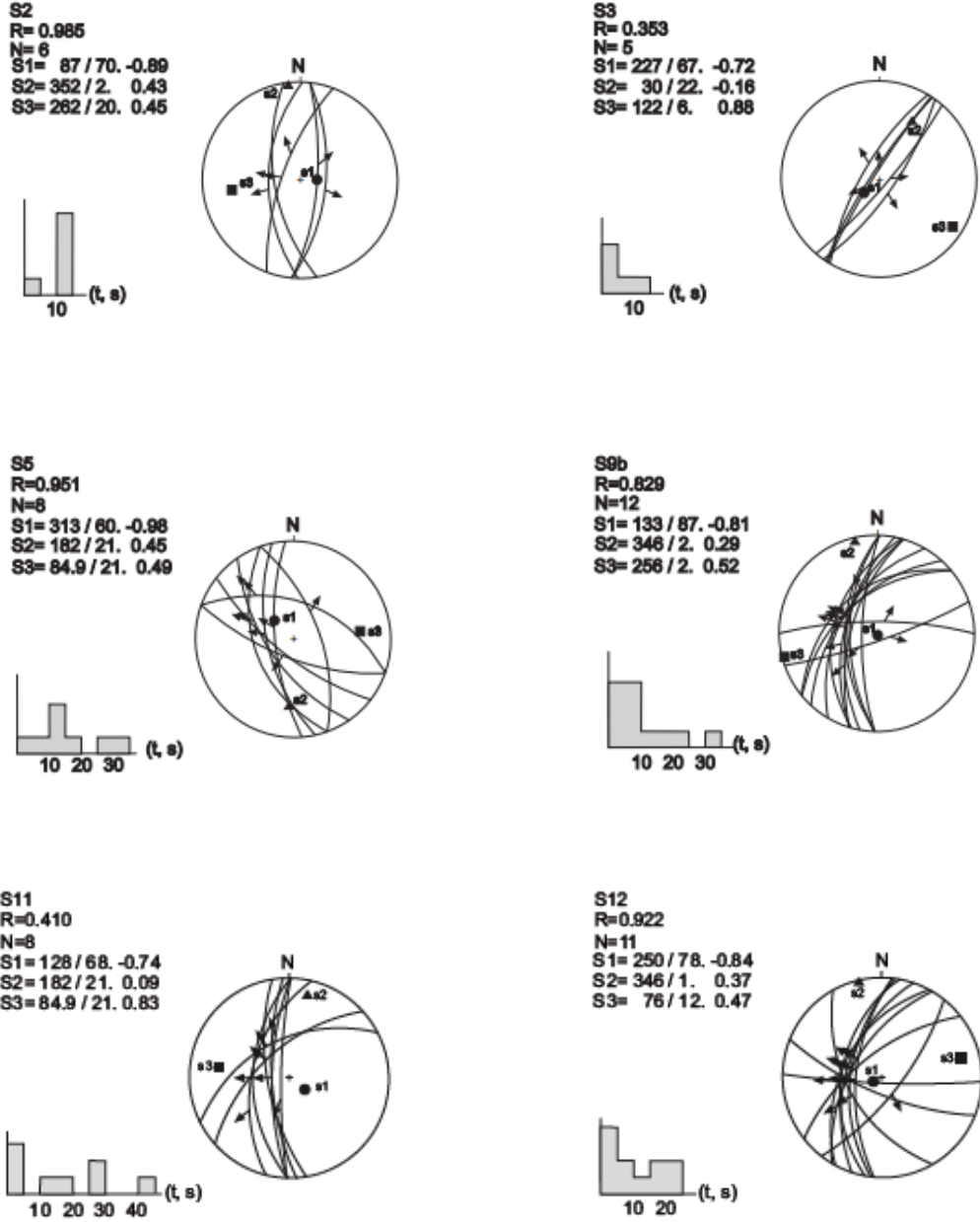
İstasyon	N	$\sigma_1$ Az/dip	$\sigma_2$ Az/dip	$\sigma_3$ Az/dip	R
S3a	8	3/03	260/76	93/14	0,209
S11b	6	117/78	335/9	244/7	0,012
<b>Ortalama</b>	<b>14</b>	<b>60/41</b>	<b>296/43</b>	<b>164/11</b>	<b>0,111</b>

#### 4.2.4 D-B Açılmalı normal fay rejimine ait veriler

S2, S3, S5, S9b, S11, S12, S13, S14 ve S15 numaralı lokasyonlardaki Miyosen-Kuvaterner yaştaki birimleri etkilemiş olan faylanmaya ilişkin verilere (Şekil 4.9 a,b ve Çizelge 4.5) göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) duruşu 192/70, ortaç gerilme ekseninin ( $\sigma_2$ ) duruşu 227/13 ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) duruşu ise 116/14 ve ortalama gerilme oranı ( $R_m$ ) 0,722 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) düşeye yakın konumda olduğu



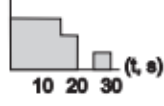
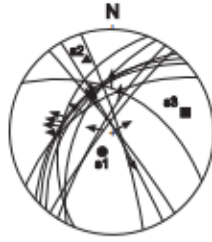
Miyosen-Kuvaterner'de etkin yaklaşık D-B yönlü bir açılmalı normal fay gerilme rejimini vermektedir.



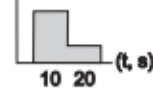
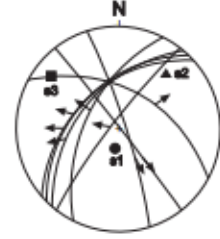
**Şekil 4.10a** S2, S3, S5, S9b, S11, S12 lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü ( $s$ ) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur).



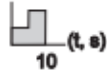
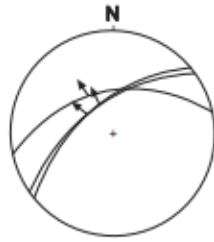
S13  
R=0.590  
N=12  
S1= 206 / 66. -0.86  
S2= 340 / 17. 0.76  
S3= 75 / 16. 0.10



S14  
R=0.734  
N=8  
S1= 191 / 67. -0.88  
S2= 41 / 20. 0.24  
S3= 308 / 11. 0.64



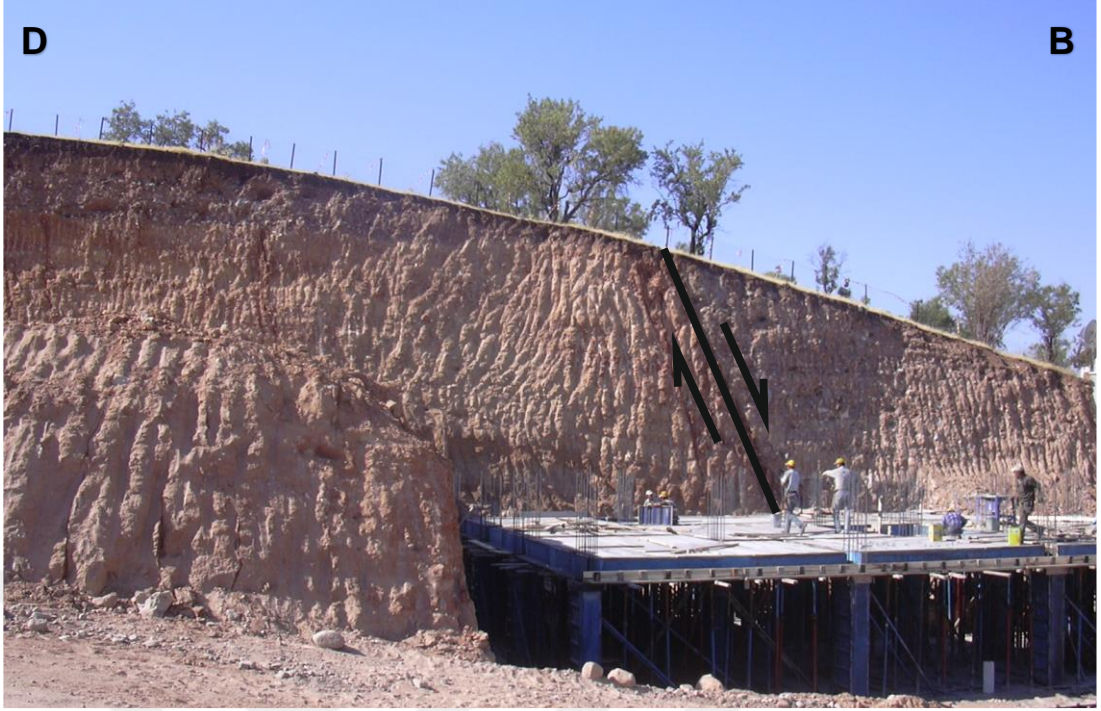
S15  
N=3



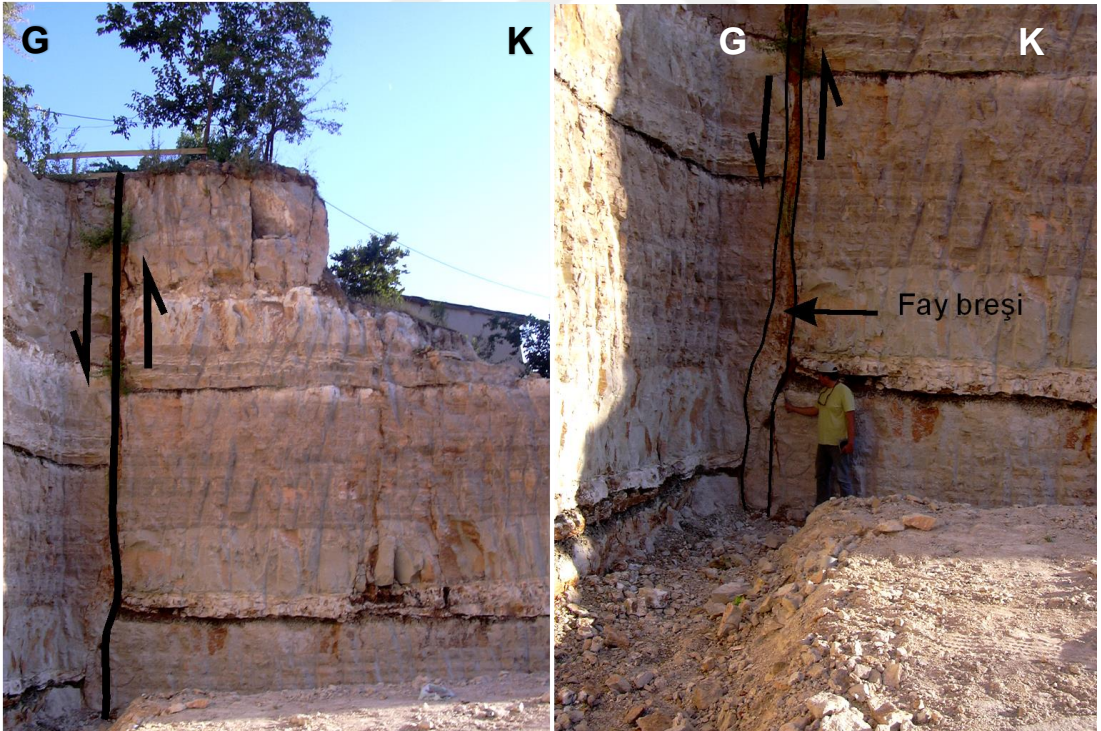
Şekil 4.10b S13, S14 ve S15 Numaralı lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları (Eşit açılı alt yarıküre (Wulf ağı) üzerinde (öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda sunulmuştur).

Çizelge 4.5 D-B Açılmalı normal fay rejimine ait veriler

İstasyon	N	$\sigma_1$ Az/dip	$\sigma_2$ Az/dip	$\sigma_3$ Az/dip	R
S2	6	87 / 70	352 / 2	262 / 20	0.985
S3	5	227 / 67	30 / 22	122 / 6	0.353
S5	8	313 / 60	182 / 21	84.9 / 21	0.951
S9b	12	133 / 87	346 / 2	256 / 2	0.829
S11	8	128 / 68	182 / 21	84.9 / 21	0.410
S12	11	250/78	346/1	76/12	0,922
S13	12	206/66	340/17	75/16	0,593
S14	8	191/67	41/20	308/11	0,734
S15	3	-	-	-	-
<b>Ortalama</b>	<b>73</b>	<b>192/70</b>	<b>227/13</b>	<b>116/14</b>	<b>0,722</b>



Şekil 4.11 Sandıklı Pazaryeri yakınındaki temel kazısında açığa çıkan normal fay



Şekil 4.12 Sandıklı Pazaryeri yakınındaki Üst Miyosen gölsel kireçtaşlarındaki düşey fay.



Şekil 4.13 S5 lokasyonunda Kuvaterner çökelleri etkileyen düşük açılı normal fay.



## 5. BÖLÜM

### DEPREMSELLİK

Şekil 2.7’de konumları ve Çizelge 2.1’de ise parametreleri verilen çok sayıdaki diri faylardan da anlaşılacağı üzere, inceleme alanında çok sayıda sismojenik fay bulunmaktadır. Bunlar tarihsel ve aletsel dönemde çok sayıda deprem üretmişlerdir.

#### 5.1 Tarihsel Depremler

Tarihsel ve aletsel kayıtlardan anlaşılacağı üzere günümüze kadar inceleme alanında birçok yıkıcı deprem meydana gelmiş olmasına rağmen bunlardan ancak 9 adedi tesbit edilmiştir (Çizelge 5.1). En eskisi Dinar yakınlarında M.Ö 88’de ve en sonuncusu ise Afyonkarahisar’da gerçekleşen depremlerdir. Dinar yakınlarındaki ilk depremin şiddeti ve büyüklüğü konusunda bir bilgi bulunmamaktadır. Ancak M.S. 53 ve 13.05.1876 arasında meydana gelmiş depremlerin şiddetleri VI ve IX arasında değişmektedir. Büyüklük olarak ise 7.3’e kadar ulaşabildiği belirtilmektedir (<https://deprem.afad.gov.tr/>). 03.05.1875 üs merkezi Dinar civarında (muhtemelen Çapalı Gölü) olan depremde Çapalı-Dinar-Çivril bölgesinde büyük hasar Uşak ve Afyon’da da hafif hasar meydana gelmiş, 1300 kişi ölmüş, toprakta yarıklar ve fişkıran sıcak sular görülmüştür (Pinar ve Lahn, 1952).

**Çizelge 5.1** Tez alanında tarihsel dönemde meydana gelmiş olan depremler (<https://deprem.afad.gov.tr/>).

No	Tarih	Yer	Şiddet	Magnitud
1	03.05.1875	Dinar, Çivril, Denizli, Uşak	IX	7.3
2	13.05.1876	Afyonkarahisar	IX	6.7
3	1873	Afyonkarahisar	VI	
4	1862	Afyonkarahisar ve Şuhut	VIII	6.1
5	1795	Afyonkarahisar	VIII	
6	1766	Şuhut	VII	
7	94	Afyonkarahisar ve çevresi	VIII	
8	M.S. 53	Dinar ve Yöresi	VIII	
9	M.Ö. 88	Dinar	??	

## 5.2 Aletsel Dönemde Kaydedilen Depremler

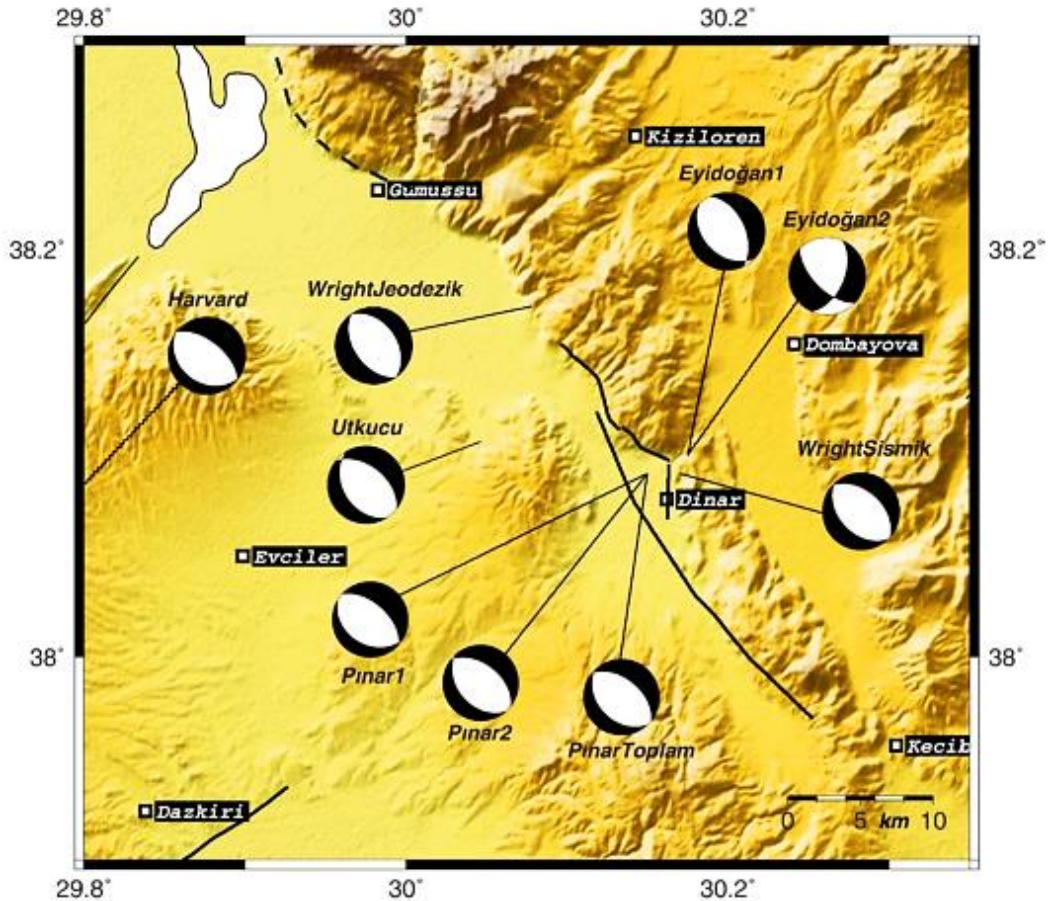
Türkiye’de 1900’den itibaren oluşan depremler aletsel olarak kaydedilmiştir. Bu nedenle, ancak bu tarihten itibaren oluşan depremlere ait parametrelere ulaşmak olanaklıdır. İnceleme alanında aletsel dönemde oluşan  $4 \leq$  depremlerin konumları manyetik anomali ve aktif faylarla yukardaki şekillerde (Şekil 2.7; Şekil 3.1 ve Çizelge 2.1) sunulmuştur. Çalışma alanında eski yapılaşmanın henüz yaygın olduğu ve bu tür yapılarda  $5 \leq$  depremlerin de hasar oluşturabildiği dikkate alınarak 1900-2019 arasında belirtilen büyüklükteki depremlere ait parametreler Çizelge 5.2’de özetlenmiştir.

**Çizelge 5.2** Çalışma alanında 1900-2019 arasında meydana gelmiş  $5 \leq$  depremlere ait parametreler (<https://deprem.afad.gov.tr/>).

No	Oluş tarihi	Enlem	Boyl.	Der. (km)	xM	Yer
1	2002.02.03	38.65	31.01	10	5.1	Çay (Afyonkarahisar)
2	2002.02.03	38.68	30.82	5	6	Çobanlar (Afyonkarahisar)
3	2002.02.03	38.7	30.87	10	5.2	Hamidiye-Bolvadin (Afyonkarahisar)
4	2002.02.03	38.58	31.25	10	6	Taşköprü-Sultandağı (Afyonkarahisar)
5	2000.12.15	38.63	31.19	13	5.8	Eber-Çay (Afyonkarahisar)
6	1995.10.01	38.11	30.05	5	6	Belenpınar-Dinar (Afyonkarahisar)
7	1972.05.28	38.96	30.04	29	5.1	Eyidemir-Dumlupınar (Kütahya)
8	1970.04.27	38.98	30.02	32	5.0	Eyidemir -Dumlupınar (Kütahya)
9	1970.04.23	38.94	30.01	32	5.2	Allioren-Dumlupınar (Kütahya)
10	1968.03.28	38.1	31	10	5.3	Gelendost (Isparta)
11	1946.07.16	38.63	31.15	40	5.3	Eber-Çay (Afyonkarahisar)
12	1946.02.21	38.24	31.79	60	5.6	Sebiller-İlgın (Konya)
13	1931.01.12	38.5	31.9	30	5.3	Gölyaka-İlgın (Konya)
14	1931.01.12	38.47	31.8	20	5.3	Kundullu-Tuzlukcu (Konya)
15	1927.02.07	39	31	15	5.4	Yüreğil-Emirdağ (Afyonkarahisar)
16	1926.12.20	39	31	30	5.2	Yüreğil-Emirdağ (Afyonkarahisar)
17	1925.09.20	39	31	30	5.2	Yüreğil-Emirdağ (Afyonkarahisar)
18	1925.09.14	39	31	30	5.2	Yüreğil-Emirdağ (Afyonkarahisar)
19	1925.08.16	38	30	15	5.3	Körkuyu-Evciler (Afyonkarahisar)
20	1924.11.20	38.55	30.78	10	5.9	Inlı-Çay (Afyonkarahisar)
21	1921.09.26	38.42	31.79	10	5.5	Tursunlu-Tuzlukcu (Konya)
22	1921.04.13	38.4	31.8	30	5.4	Tursunlu-Tuzlukcu (Konya)
23	1919.05.27	39.13	31.02	10	5.5	Gökçeyaka-Emirdağ (Afyonkarahisar)
24	1914.10.11	38	30	15	5.4	Körkuyu-Evciler (Afyonkarahisar)
25	1914.10.04	38	30	15	5.3	Körkuyu-Evciler (Afyonkarahisar)
26	1901.04.01	38.4	31.4	5	5	Atakent-Akşehir (Konya)

Son 25 yılda inceleme alanında meydana gelen en önemli depremler 01.10.1995 Dinar depremi (Mw = 6.1), 15.12.2000 (Mw=6.0) ve 03.02.2002 (Mw=6.5) Sultandağı depremleri ile yine 03.02.2002 tarihinde meydana gelen Çay depremidir (Mw=6.0).

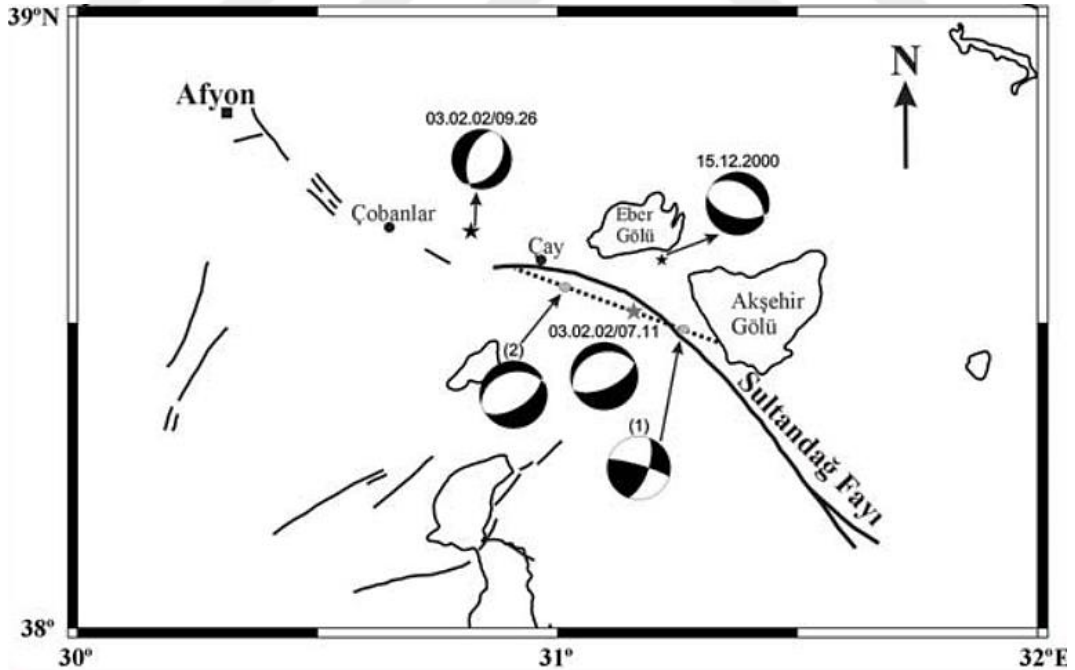
1 Ekim 1995 Dinar depremi: KB-GD uzanımlı Dinar fayı üzerinde meydana gelen 6 büyüklüğündeki deprem başta Dinar olmak üzere Afyon il merkezinin güneydoğusunda yer alan Çay., Sultandağı, Bolvadin ilçe merkezleriyle, Eber, Maltepe, Kadıköy, Çobanlar gibi yerleşim alanlarını etkilemiş, 90 kişinin ölümüne ve 14156 binanın farklı derecelerde hasar görmesine neden olmuştur (<http://www.koeri.boun.edu.tr>). Dinar kenti, tarihsel deprem kayıtlarına göre MÖ 400, MÖ 88 ve MS 53, 1875, 1914, 1925 ve 1971 yıllarında oluşan depremlerde de hasar görmüştür (Ergin vd., 1967; Soysal vd., 1981; Guidobani vd., 1994; Çetin, 2010).



**Şekil 5.1** 1 Ekim 1995 Dinar depremi ana şokuna yönelik fay düzlemi çözümleri. Eyidoğan ve Barka'nın (1996) haritalamış olduğu yüzey kırığı koyu siyah çizgi ile belirtilmiştir (Çetin, 2010).

15 Aralık 2000 Sultandağı depremi: Akşehir (ya da Sultandağı) fayında oluşan 5.8 büyüklüğündeki deprem Afyon il merkezinin güneydoğusunda yer alan Çay., Sultandağı, Bolvadin ilçe merkezleriyle, Eber, Maltepe, Kadıköy, Çobanlar gibi yerleşim alanlarını etkilemiş, 6 kişinin ölümüne ve 547 binanın farklı derecelerde hasar görmesine neden olmuştur (<http://www.koeri.boun.edu.tr>).

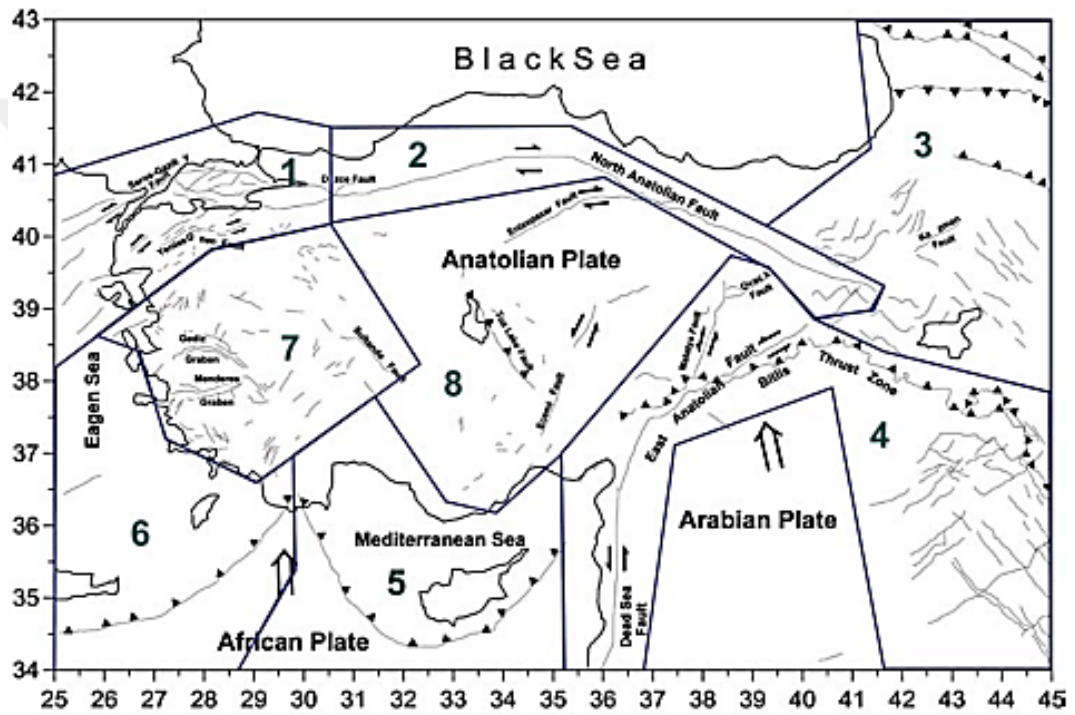
03 Şubat 2002 Çay-Sultandağı depremleri: 44 kişinin ölümüne ve 622 binanın farklı derecelerde hasar görmesine neden olan depremlerden ilki merkezi Sultandağı ilçesinin 10 km güneydoğusunda olan ve saat 9.11'de meydana gelen 6 büyüklüğündeki depremdir. Akşehir ilçesi ve Eber gölleri kıyısındaki Eber beldesi ve Çay ilçesinde daha şiddetli hissedilmiş olan bu depremden (Sultandağı depremi) sonra aynı gün saat 11.26'da 5.1 büyüklüğündeki ikinci deprem Akşehir fayının batı kesiminde Çay-Işıklar arasındaki bölümü kırmıştır (Özçelik vd., 2006). İlkinin göre daha küçük olmasına karşın ikinci deprem, yumuşak alüvyon zeminlerde kurulmuş olan Çay'ın Kuzey bölümü, Çobanlar ve aynı hat üzerinde yerleşen köylerde Sultandağı depreminde hasar gören pek çok yapının iki saat sonra Çay depreminde yıkılmasına neden olmuştur (<http://www.koeri.boun.edu.tr>).



**Şekil 5.2** Akşehir (Sultandağı) fayı üzerinde 2000-2002'de meydana gelen depremlerin dış merkezleri (yıldız) ve CMT (Centroid Moment Tensor) çözümleri.

1: 03.02.02 07-11 GMT depreminin birinci alt olay CMT çözüümü. 2: İkinci alt olay GMT çözüümü. Kesikli çizgiler ile 2002 (07:11) depreminin şematik olarak kaynak kırılma yönelimini göstermektedir. İçi dolu noktalar ise yaklaşık olarak alt olayların meydana geldiği yerleri işaret etmektedir (Özçelik vd., 2006).

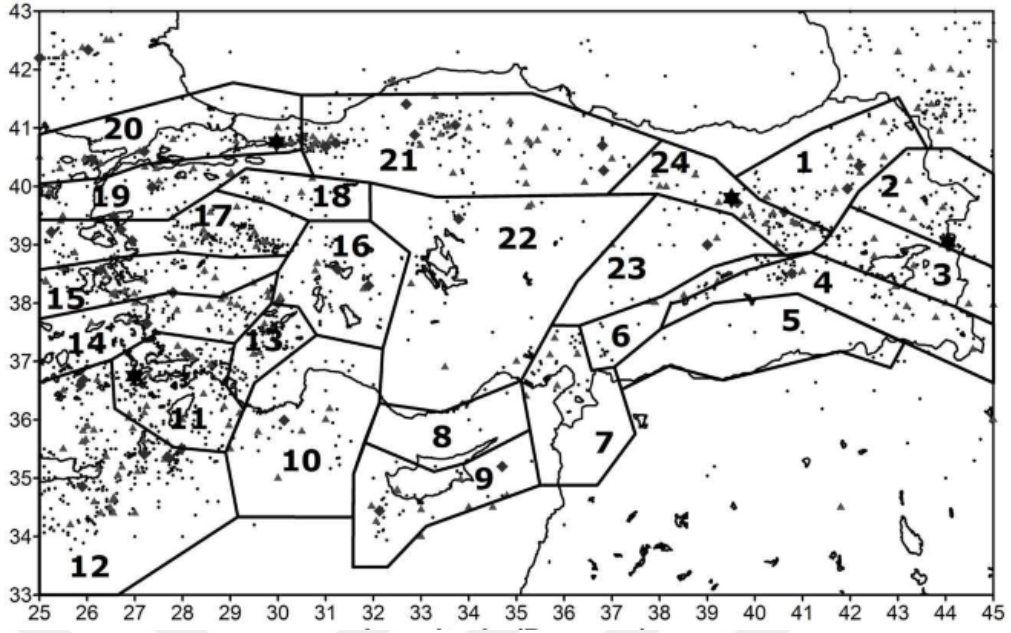
Bayrak vd. (2005) Türkiye'yi 8 değişik bölgeye ayırarak, inceleme alanının 8 numra ile olarak belirtildiği bu alanlara yönelik temel sismik afet parametrelerini araştırarak beklenen en büyük deprem haritası oluşturmuşlardır (Şekil 5.3). Bu çalışmada 8 nolu alan 6.5 ile 7 arasında deprem beklenen bölgedir.



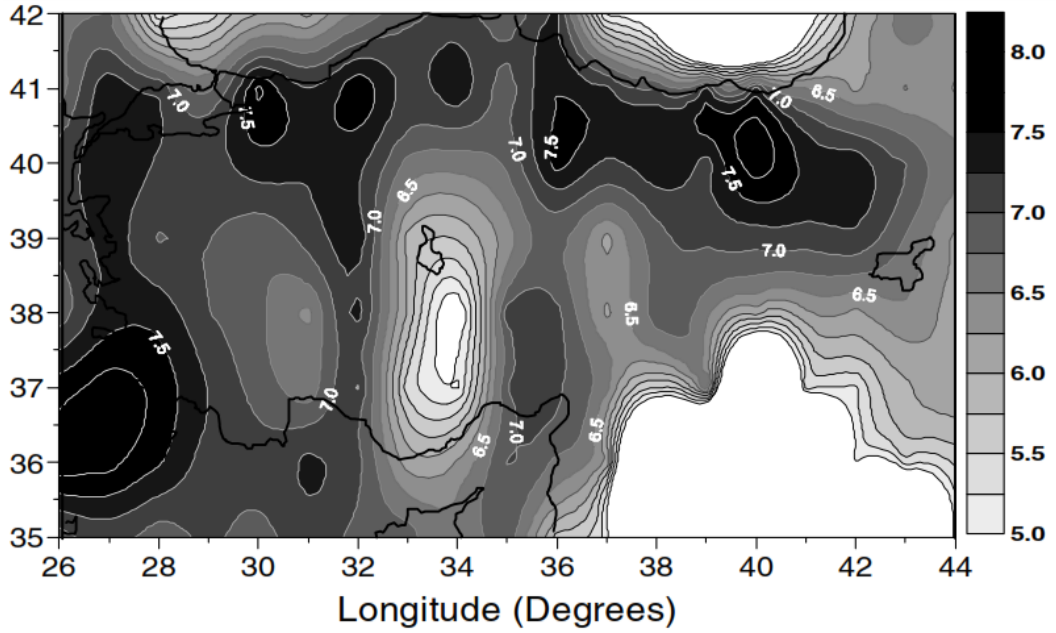
**Şekil 5.3** Türkiye'nin tektonik haritası ve farklı kaynak bölgeleri (Bayrak vd.,2005). İnceleme alanı 8 nolu bölgededir.

Bayrak vd. (2008) Gutenberg-Richter kümülatif frekans ve Gumbel ilk asimptotik dağılımı yöntemini kullanarak Türkiye'nin depremselliğini incelemelerinde inceleme alanını 16 nolu bölge olarak belirlemiş (Şekil 5.4) ve bölge için yüksek gerilimli nisbeten düşük 0.51- 0.63 b değeri hesaplamışlardır.





Şekil 5.4 Türkiyedeki farklı deprem kaynakları ve 1900-2005 arasındaki depremlerin dış merkez üslerinin lokasyonları (Bayrak vd., 2008).



Şekil 5.5 Yüzyıllık zaman aralıında Türkiye’de “ $\ln[-\ln G(M_j)] = \ln \alpha - \beta M$ ” formülünden hesaplanan maksimum magnitud kontur haritası (Bayrak vd., 2008).

## 6. BÖLÜM

### TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Emag2 verilerinden yararlanılarak oluşturulan manyetik anomalilerine Tilt açısı türev yöntemi uygulanmış ve inceleme alanındaki tektonik hatlarla bir uyumluluk görülmüştür. Genellikle inceleme alanındaki yüksek anomali sınırları aktif faylarla, düşük anomaliler ise grabenlerle temsil edilmektedir. Ancak bu durumu tam olarak yansıtmayan anomaliler de görülmektedir. Çeltik kuzeyindeki KB-GD uzanımlı anomali aynı doğrultuda mafik minerallerce zengin magmatik kayalar içeren bir topluluğu düşündürmektedir. Seyitgazi güneyinde ve Emirdağ çevresinde görülen anomaliler aynı zamanda yoğun deprem odakları ile birliktelik gösterdiğinden, haritada “1” numara ile işaretli Kütahya fayının bu hat boyunca devam edebileceği ileri sürülebilir. Sandıklı-Şuhut-Afyon arasındaki anomaliler tektonik hatların yanı sıra bu alandaki genç volkaniklerden de kaynaklanmış olabilir. İnceleme alanının güneyinde 31 ° boylamının hemen doğusunda ve batısında en düşük değerli iki anomali görülmektedir. Bu iki anomalinin arasındaki manyetik değerler doğu ve batısındakilere göre daha yüksektir. Hoyran Gölünün bulunduğu alanda pozitif bir anomali bulunmaktadır. Şekil 3.3’de K-G uzanımlı bu hat daha belirgindir. Bu çizgisellik buradaki KD-GB doğrultulu faylarla ilişkisizdir. Hoyran Gölü ve yakın çevresinde bu duruma neden olacak bir birim de görülmediğinden gölün altında daha derin bir kaynağın alternatif çözüm olabileceği düşünülmektedir.

İnceleme alanında gözlenen fay topluluklarının kinematik analizi sonucunda bölgede 1) K-G açılmalı normal fay rejimi, 2) K-G açılmalı doğrultu atım fay rejimi, 3) D-B açılmalı doğrultu atım fay rejimi, 4) D-B açılmalı normal fay rejimi olmak üzere dört farklı tektonik rejim ayırtlanabilmiştir.

Fay kinematik verilerine göre (S1, S6a, S7 ve S8 numaralı lokasyonlar), Kuvaterner öncesinde yörede Miyo-Pliyosen'de yaklaşık K-G yönlü bir açılmalı normal fay gerilme rejimi etkinken bu durum Kuvaternerde (S2, S3, S5, S9b, S11, S12, S13, S14 ve S15 numaralı lokasyonlar) yaklaşık D-B yönlü açılmalı bir normal fay

gerilme rejimine evrilmiştir. İnceleme alanında neotektonik döneme ilişkin bu evrim, Över vd.' nin (2016) modeline uygunluk göstermektedir.

Tarihsel ve aletsel dönemdeki deprem kayıtları çok sayıda sismojenik fay barındıran bölgede, son yıllarda yapılan deprem kestirim çalışmaları yakın gelecekte yıkıcı deprem oluşma olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir.



## KAYNAKLAR

- Akyüz, H.S., Uçarkuş, G., Şatır, D., Dikbaş, A. ve Kozacı, Ö.** (2006). 3 Şubat 2002 Çay depreminde meydana gelen yüzey kırığı üzerinde paleosismolojik araştırmalar. *Yerbilimleri*, 27 (1), 41-52.
- Altuncu, S.** (2009). Isparta Büklümünü Oluşturan Tektonik Yapıların Sismolojik Yöntemlerle Araştırılması, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 79s, İstanbul.
- Altuncu Poyraz, S., Pınar, A.** (2011). 2007 Eğirdir Depremlerinin Sismolojik Yöntemlerle Araştırılması, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı (TDMSK)*, 11-14 Ekim 2011, ODTÜ, s.1-7, Ankara.
- Anderson, E. M.** (1951). The dynamic of faulting. Edinburg, Oliver ve Boyd.
- Angelier J.** (1984). Tectonic Analysis of the Slip Data Sets. *J. Geophys. Res.* 89: 5835-5848.
- Avşar, Ü.** (2013). Isparta Büklümü tektonik yapısı'nın manyetotellürik yöntem ile araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 212s, İstanbul.
- Barka A., Reilinger R.** (1997). Active Tectonics of the Eastern Mediterranean Region: Deduced from GPS, Neotectonic and Seismicity Data. *Annali di Geofisica*, XL(3): 587-610.
- Bayrak Y., Yilmaztürk A., Öztürk S.** (2005). Relationships between fundamental seismic hazard parameters for the different source regions in Turkey. *Natural Hazards*, vol.36, pp.445-462.
- Bayrak Y., Öztürk S., Koravos G.C., Leventakis G.A., Tsapanos T.M.** (2008) . Seismicity assessment for the different regions in and around Turkey based on instrumental data: Gumbel first asymptotic distribution and Gutenberg-Richter cumulative frequency law, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol.8, pp.109-122.
- Blumenthal, M.** (1947). Geologie des Taurusketten im Hinterland von Seydisehir und Beyşehir. Mineral Research and Exploration Institute(MTA) of Turkey Publication, Series D2, 242.
- Blumenthal, M.** (1963). Le système structural du Taurus sud Anatolies. *Bull. Soc. Géol. Fr.* In: Livre à Mémoire de Professor P. Fallot. *Mém. Soc. Géol. Fr.* 1, 2, 611–662.

- Boray, A., Şaroğlu, F. ve Emre, Ö.** (1985). Isparta Büklümünün Kuzey Kesiminde Doğu – Batı Daralma için Bazı Veriler. *Jeoloji Müh. Derg.*, 28, 9-20.
- Bott M. H. P.** (1959). The Mechanism of Oblique Slip Faulting. *Geology Magazine*, 96: 109-117.
- Bozkurt E.** (2000). Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey, and its tectonic implications, in: Bozkurt E., Winchester J.A., Piper J.D.A. (Eds.), *Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area*, Geological Society Special Publication no. 173, Geological Society, London, 385–403.
- Bozkurt, E.** (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis, *Geodinamica. Acta* 14, s 3–30.
- Bozkurt, E., Sözbilir, H.** (2004). Geology of the Gediz Graben: newfield evidence and its tectonic significance. *Geol. Mag.* 141, 63–79.
- Bozkurt, E., Mittwede, S.K.** (2005). Introduction: evolution of continental extensional tectonics of western Turkey. *Geodin. Acta* 18 (3–4), 153–165.
- Brunn, J., Argyriadis, I., Ricou, L.E., Poisson, A., Marcoux, J. and Graciansky, P.C.** (1976). Elements majeurs de liaison entre Taurides et Hellenides. *Bull. Geol. Soc. Fr.*, 18, 481-497.
- Carey E.** (1979). Recherche des Directions Principales de Contraintes Associées au Jeu D'une Population de Failles. *Revue Geological Dynamic and Géography Physic*, 21: 57-66.
- Carey E., Brunier B.** (1974). Analyse Théorique et Numérique d'une Modèle Mécanique Élémentaire Appliqué à l'étude d'une Population des Failles. *Cr. Acad. Sci.*, 279: 891-894.
- Çaglar, I., Tuncer, V., Kaypak, B., Avşar, U.** (2005). A high conductive zone associated with a possible geothermal activity around Afyon, northern part of Tauride Zone, southwest Anatolia. *Extended Abstracts (no: 0763-6 pp.)*, Proceedings of World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.
- Çetin, E.** (2010). 1 Ekim 1995 Dinar Depremi Faylanma Parametrelerinin İNSAR ve Sismoloji Verileriyle Belirlenmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*, 75s.
- Dewey, J.F., Şengör, A.M.C.** (1979). Aegean and surrounding regions: complex multiple and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of American Bulletin*, 90, 84-92.

- Dolmaz, M.N.** (2007). An aspect of the subsurface structure of the Burdur-Isparta area, SW Anatolia, based on gravity and aeromagnetic data, and some tectonic implications. *Earth Planets Space*, 59, 5–12.
- Dumont, J.F.** (1978). Les deux types de soubassements Paleozoiques dans la coupole de Karacahisar (Region d'Isparta, Turquie) et leur separation par un accident Ante-Triasique. *Bull. Min. Res. Explor. Inst., Turkey*, 90, 77-81.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S. Şaroğlu, F. Olgun, S., Elmacı, H., Çan, T.** (2018). Active fault database of Turkey. *Bull Earthquake Eng* 16, 3229–3275.
- Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z.** (1967). A Catalogue of Earthquake for Turkey and Surrounding Area (11 A.D.-1964 A.D.), Institute of Geophysics, ITU, İstanbul.
- Eyidoğan, H., Barka, A.** (1996). The 1 October 1995 Dinar earthquake, SW Turkey. *Terra Nova*, 8, 479-485.
- Genç, C., Altunkaynak, Z. Karacık, M. Yazman, Yılmaz, Y.** (2001). The Çubukdağ graben, south of İzmir: its tectonic significance in the Neogene geological evolution of the western Anatolia, *Geodinamica Acta* 14 , 45–56.
- Glover, C., Robertson, A.H.F.** (1998). Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: extensional and strike-slip faulting in Isparta Angle, SW Turkey. *Tectonophysics*, 298, 103-132.
- Gökçe, V.** (2007). Güneybatı Türkiye’de depremsellik ve deprem tehlike analizi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 81s, Isparta.
- Görür, N., Şengör, A. M. C., Sakıncı, M., Tüysüz, O., Akkök, R., Yiğitbaş, E., Oktay, F. Y., Barka, A. A., Sarıca, N., Ecevitoglu, B., Demirbaş, E., Ersoy, Ş., Algan, O., Güneysu, C., Akyol, A.** (1995). Rift formation in the Gökova region, southwest Anatolia: implications for the opening of the Aegean Sea, *Geol. Mag.*, 132, 637-650.
- Guidobani, E., Canastari, A., Traina, G.** (1994). Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area Up to the 1070 th Century A.D., Institute Nationale Geophysica, Rome.
- Gutnic, M., Kelter, D., Monod, O.** (1968). Decouverte de nappes de charriage dans le nord du Taurus occidental (Turquie meridionale). *Comptes Rendus de l’Academie des Sciences*, 226, 988-991.

- Gürer, F.Ö., Bozcu, M, K. Yılmaz, Y.** (2001). Neogene basin development around Söke Kuşadası (western Anatolia) and its bearing on tectonic development of the Aegean region, *Geodinamica Acta* 14, 57–70.
- Jackson, J., McKenzie, D.P.** (1988). The relationship between plate motion and seismic moment tensors, and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle-East. *Geophys. J. R. Ast. Soc.* 93, 45–73.
- Kalyoncuoğlu, U.Y., Elitok, Ö., Dolmaz, M. N., Anadolu, N.C.** (2011). Geophysical and geological imprints of southern Neotethyan subduction between Cyprus and the Isparta Angle, SW Turkey *Journal of Geodynamics*, 52, 70–82.
- Kaya, S., Esat, K., Ecevitoglu, B., Işık, V., Kaypak, B., Aldaş, G.U., Can, A.Z., Baksi, E.E., Akkaya, İ., Seyitoğlu, G.** (2014). Afyon-Akşehir grabeni batı kenarının tektonik özellikleri üzerine jeolojik ve jeofizik gözlemler: iki evreli genişleme modeli hakkındaki tartışmalara bir katkı. *Yerbilimleri*, 35(1), 1-16.
- Ketin, İ.** (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. *M.T.A. Dergisi*, 66.
- Koçyiğit, A.** (1981). İsparta büklümünde(Batı Toroslar) Toros Karbonat Platformunun evrimi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni C.*, 24, 15-23.
- Koçyiğit A.** (1984) . Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27: 1-16.
- Koçyiğit A., Yusufoglu H., Bozkurt E.** (1999). Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey, *J. Geol. Soc., London* 156, 605–616.
- 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. In *Tectonics and magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, (Eds. E. Bozkurt, J.A. Winchester, J.D.A. Piper), Geological Society, London, Special Publication, 173, p. 405-421.
- Koçyiğit, A., Bozkurt, E., Kaymakçı, N, Şaroğlu, F.** (2002). 3 Şubat 2002 Çay (Afyon) depreminin kaynağı ve ağır hasarın nedenleri: Akşehir fay zonu, (Ön jeolojik rapor), 19s, Ankara.
- Koçyiğit, A., Özacar, A.A.** (2003). Extensional Neotectonic Regime through the NE Edge of the Outer Isparta Angle, SW Turkey: New Field and Seismic Data. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12, 67-90.

- Koçyiğit, A. , Deveci, Ş.** (2007). A N–S-trending Active Extensional Structure, the Şuhut (Afyon) Graben: Commencement Age of the Extensional Neotectonic Period in the Isparta Angle, SW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 391–416.
- Le Pichon, X., Angelier, J.** (1979). The Aegean arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area, *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- Maus, S., Sazonova, T., Hemant, K., Fairhead, J. D., Ravat D.** (2007). National Geophysical Data Center candidate for the World Digital Magnetic Anomaly Map, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, DOI:10.1029/2007GC001643.
- Maus, S., Yin, F., Luhr, H., Manoj, C., Rother, M., Rauberg, J., Michaelis, I., Stolle, C., Müller, R. D.** (2008). Resolution of direction of oceanic magnetic lineations by the sixth-generation lithospheric magnetic field model from CHAMP satellite magnetic measurements, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, DOI:10.1029/2008GC001949.
- Maus, S., Barckhausen, U., Berkenbosch, H., Bournas, N., Brozena, J., Childers, V., Dostaler, F., Fairhead, J. D., Finn, C., Von Frese, R. R. B., Gaina, C., Golynsky, S., Kucks, R., Lühr, H., Milligan, P., Mogren, S., Müller, R. D., Olesen, O., Pilkington, M., Saltus, R., Schreckenberger, B., Thébault, E., CaratoriTontini, F.** (2009). EMAG2: A 2 – arc min 57 resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne and marine magnetic measurements, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, DOI:10.1029/ 2009 GC002471.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M.N., Veis, G.** (2000). Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *J. Geophys. Res.* 105 (B3), 5695–5719.
- McClusky, S., Balassanian S, Barka A, Demir C, Ergintav S, et al.** (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *J. Geophys. Res.* 105 (B3), 5695–5719.
- Mercier, J. L., Vergely, P.** (1992). *Tectonic. Collection geosciences-Dunod*, 214p.



- Mercier, J.L., Sorel, D., Vergely, P.** (1989). Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic. *Basin Res.* 2, 49–71.
- Mercier, J. L., Carey-Gailhardis, E., Sebrier, M.** (1991). Paleostress determinations from fault kinematics: application to the neotectonics of the Himalayas Tibet and the Central Andes, *Phil. Trans, R. Soc. Lond.. A.*, 337, 41-52.
- Monod, O.** (1977). Recherches géologiques dans le Taurus occidental au sud de Beyşehir (Turquie), (doktora tezi), Université de Paris-Sud, Orsay, France.
- MTA.** (2003). 1/ 500 000 Türkiye Jeoloji Haritaları Ankara paftası.
- Okay, A.** (2011). Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun dalma-batmaya uğramış kuzey ucu. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 142, 195-226.
- Okay, A.I., Tüysüz, O.** (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.
- Över, S.** (1999). Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun orta ve batı kesiminde bölgesel gerilme durumunun incelenmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 42 / 1, 85-96.
- Över, S., Ünlügenç, U.C., Bellier, O.** (2002). Quaternary stress regime change in the Hatay region (SE Turkey). *Geophys. J. Int.* 148, 1–14.
- Över, S., Özden, S., Pınar, A., Yılmaz, H., Ünlügenç, U.C., Kamacı, Z.** (2010). Late Cenozoic stress field in the Çameli Basin, SW Turkey. *Tectonophysics* 492 (1–4), 60–72.
- Över, S., Özden, S., Pınar, A., Yılmaz, H., Kamacı, Z., Ünlügenç, U.C.** (2016a). Late Cenozoic stress state distributions at the intersection of the Hellenic and Cyprus Arcs, SW Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences* 132, 94–102.
- Över, S., Özden, S., Kamacı, Z., Yılmaz, H., Ünlügenç, U.C., Pınar, A.** (2016b). Upper crust response to geodynamic processes beneath Isparta Angle, SW Turkey: Revealed by CMT solutions of earthquakes, *Tectonophysics* 687, 94-104.
- Özçelik, S., Kalafat, D., Sezgin., N, Pınar A.** (2006). 2000-2002 Yıllarında Afyon-Sultandağ bölgesindeki depremlerin ( $m_w \geq 5.8$ ) etkileşimi. *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, C. 19, S. 1, SS. 101-112.
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Tiryakioğlu, İ., Baybura, T.** (2017). Bolvadin'de (Afyon-Akşehir Grabeni, Afyon) Gözlenen Yüzeysel Deformasyonlarının

Jeolojik, Jeomorfolojik ve Jeodezik Analizi. Türkiye Jeoloji Bülteni 60 (2), 169-189

**Pınar, N., Lahn, E.** (1952). Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınlarından seri:6, sayı 36.

**Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, R.W., Toksöz, M.N., Barka, A.A., Kınık, I., Lenk, O., Şanlı, I.** (1997). Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth* 102 (B5), 9983–9999.

**Robertson, A.H.F., Eaton, S., Follows, E.J., Mc Cullum, J.E.** (1991). The role of local tectonics versus global sea-level change in the Neogene evolution of the Cyprus active margin. *Special Publ.: Int. Assoc. Sedimentol.* 12, 331–369.

**Seyitoğlu, G., Scott, B.C.** (1991). Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey. *Geol. Mag.* 128, 155–216.

**Seyitoglu G., Scott B.** (1996). The cause of N- S extensional tectonics on western Turkey: tectonic escape vs back-arc spreading vs orogenic collapse, *J. Geodyn.* 22 145- 153.

**Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y.** (1981). Historical Earthquake Catalogue of Turkey and its Environment, 2100 B.C.-1900 A.D., TUBITAK publications, Ankara.

**Şengör, A.M.C.** (1979). The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *J. Geol. Soc. London* 136, 269–282.

**Şengör, A.M.C.** (1980). Türkiyenin Neotektoniğinin esasları. Türkiye Jeol. Kurumu Konf., Ser 2, 40.

**Şengör, A.M.C.** (1984). Türkiye'nin tektonik tarihinin yapısal sınıflaması. TJK Ketin Simpozyumu (SF. 37-62), Ankara.

**Şengör, A. M. C.** (1987). Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, in: Coward M.P., Dewey J.F., Hancock P.L. (Eds), *Continental Extensional Tectonics*, Geological Soc. Special Pub. No. 28, Geological Society, London, 575-589.

**Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y.** (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.

- Şengör, A. M. C., Görür, N., Şaroğlu, F.** (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in: *Bridle K.T., Christie-Blick N. (Eds), Strike-slip Faulting and Basin Formation, Soc. Econ. Paleontol. Mineral Sp. Pub., 37, 227-264*
- Tiryakioğlu, I., Floyd, M., Erdogan, S., Gulal, E., Ergintav, S., McClusky, S., Reilinger, R.** (2013). GPS constraints on active deformation in the Isparta Angle region of SW Turkey. *Geophysical Journal International, 195, 1455–1463.*
- Tiryakioğlu, I. Yigit, C.O., Özkaymak, Ç., Baybura, C.T., Yılmaz, M., Uğur, M.A.** (2019). Active surface deformations detected by precise levelling surveys in the Afyon-Akşehir Graben, Western Anatolia, Turkey. *Geofizika 36/1.*
- Wallace, W. E.** (1951). Geometry of shearing stress and relation to faulting. *J. Geol., 59, 118-130.*
- Westaway, R.** (1994). Evidence for dynamic coupling of surface processes with isostatic compensation in the lower crust during active extension of western Turkey, *J. Geophys. Res. 99, 20, 203–223.*
- Yağmurlu, F., Savaşın, Y., Ergün, M.** (1997). Relation of Alkaline volcanism and active tectonism within the evolution of the Isparta Angle, SW Turkey. *The Journal of Geology, 105, 717-728.*
- Yılmaz, Y., Karacık, Z.** (2001). Geology of the northern side of the Gulf of Edremit and its tectonic significance for the development of the Aegean grabens, *Geodinamica Acta 14, 31–40.*
- Yılmaz, Y., Genç, C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş., Elmas, A.** (2000). When did the western Anatolian grabens begin to develop? In: *Bozkurt, E., Winchester, J.A., Piper, J.D.A. (Eds.), Tectonics and Magmatism in Turkey and Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications, 173, pp. 353–384.*

#### **İnternet kaynakları:**

URL1: <https://www.koeri.boun.edu.tr> (15.4.2019)

URL2: <https://deprem.afad.gov.tr> (15.4.2019)

## ÖZGEÇMİŞ

<b><u>Kişisel bilgiler</u></b>	
Adı Soyadı	Rukiye ARANDI
Doğum Yeri ve Tarihi	İSKENDERUN, 19.02.1991
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce / Toros üniversitesi Upper Intermediate İngilizce
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas
E-posta Adresi	rukyearandi@gmail.com

<b><u>Eğitim ve Akademik Durumu</u></b>	
Lise	Şemsettin Mursaloğlu Anadolu Lisesi, 2009
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2015
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2019
Kgm Genel Müdürlüğü Arazi Uygulamaları Kursu	Mart 2019 / Mersin
Üst Yapı Geliştirme Kursu İstanbul Teknik Asfalt Kaya ve Taş düğmesi, Erozyon Kontrolü ve Asfalt Uygulamaları Semineri	Nisan 2018 -Mart 2019

<b><u>İş Tecrübesi</u></b>	
Karayolları Genel Müdürlüğü Temat gözlem iş ortaklığı A.Ş. Araştırma Geliştirme Mühendisi Üst Yapı Geliştirme Mühendisi	Eylül 2016-Mayıs 2019