



**T.C.**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**



**SOMA VE AKHİSAR ARASININ JEOLJİSİ,  
KİNEMATİĞİ VE SİSMOTEKTONİĞİ**

**Aykut KESKİN**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ÇANAKKALE**

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SOMA VE AKHİSAR ARASININ JEOLJİSİ,  
KİNEMATİĞİ VE SİSMOTEKTONİĞİ**  
**Aykut KESKİN**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Tezin Sunulduğu Tarih: 22/06/2018**

**Tez Danışmanı:**  
**Prof. Dr. Salih Zeki TUTKUN**

**ÇANAKKALE**

Aykut KESKİN tarafından Prof. Dr. Salih Zeki TUTKUN yönetiminde hazırlanan ve **22/06/2018** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Soma ve Akhisar Arasının Jeolojisi, Kinematığı ve Sismotektoniğı**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliğı Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliğı ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

Prof. Dr. Talip GÜNGÖR .....

**Başkan**

Prof. Dr. Salih Zeki TUTKUN .....

**Üye**

Prof. Dr. Süha ÖZDEN .....

**Üye**

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2016-758

## İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



**Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.**

Aykut KESKİN

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Salih Zeki TUTKUN'a, çalışma sÜrem boyunca ettiği yardım ve yol gÖstericiliği için saygıdeğer hocam Prof. Dr. SÜha ÖZDEN'e, sismoloji çalışmalarında gerekli yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Tolga BEKLER'e, arkadaşlarım Özcan ÖZKARA ile Alper YANGÖZ'e, Seçil ERDEM'e ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Aykut KESKİN

anakkale, Haziran 2018



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Fm	Formasyon
K (N)	Kuzey
D (E)	Doğu
B (W)	Batı
G (S)	Güney
Mw	Moment Büyüklüğü
Km	Kilometre
M	Metre
FZ	Fay Zonu
SFM	Odak Mekanizması Çözümü
UTM	Universel Transverse Mercator

## ÖZET

### SOMA VE AKHISAR ARASININ JEOLJISI, KINEMATİĞİ VE SİSMOTEKTONİĞİ

Aykut KESKİN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Prof. Dr. Salih Zeki TUTKUN

22/06/2018, 48

Batı Anadolu'nun orta-batı kesiminde yer alan bölge, ülkemizin en aktif tektonik alanlarından biridir. Bölgenin ana tektonik unsurları Hacıyusuf, Soma, Kırkağaç ve Bakır Faylarıdır.

Bölgenin kinematik analizi için bu faylar üzerinde ve yakın çevresindeki 16 istasyondan 169 adet adet fay düzleminde kinematik verilere ait ölçümler yapılmıştır. Yapılan kinematik analizler sonucu, Hacıyusuf, Soma, Kırkağaç ve Bakır fayları günümüzde KD-GB yönlü bir genişleme rejimi tarafından denetlenmektedir.

Çalışma bölgesinde son yüzyıl içerisinde küçük ve orta büyüklükte 200'den fazla deprem oluşmuştur. 1919 ve 1942 yıllarında meydana gelen iki büyük deprem ise bölgede hasara ve can kaybına yol açtığı bilinmektedir. 2002 yılından günümüze, çalışma alanını kapsayan bölgede meydana gelen büyüklüğü 3.0'den büyük olan bazı depremlerin odak mekanizması ters çözümleri yapılmıştır. Deprem odak mekanizması çözümlerinden elde edilen sonuçlardan bölgede günümüzde KD-GB yönlü bir genişleme rejiminin aktif olduğu bulunmuş olup, sonuçların sahadan elde edilen kinematik analiz sonuçları ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Deprem, Fay, Kinematik Analiz, Ters Çözüm, Batı Anadolu, Genişleme Rejimi

## ABSTRACT

# GEOLOGY, KINEMATICS AND SEISMOTECTONICS BETWEEN AKHISAR AND SOMA

Aykut KESKİN

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Geological Engineer

Advisor: Prof. Dr. Salih Zeki TUTKUN

22/06/2018, 48

The area located between the Akhisar, Kırkağaç and Soma districts in the western part of western Anatolia, is one of the most active tectonic areas of our country. The major tectonical features of the area are Hacıyusuf, Soma, Kırkağaç and Bakır Faults.

Measurements of kinematic data were completed on 169 fault planes at 16 stations in or near these faults for kinematic analysis of the region. The results of the kinematic analysis indicate that the Hacıyusuf, Soma, Kırkağaç and Bakır Faults have been currently controlled by a NE-SW oriented extensional regime.

More than 200 earthquakes with small and moderate magnitude have occurred in the study region in the last century. Two large earthquakes occurring in 1919 and 1942 are known to have caused damage and loss of life in the region. The inverse focal mechanism solutions of some earthquakes with  $M_w$  magnitude above 3.5 occurring from 2002 to date were calculated. The results obtained from the earthquake focal mechanism solutions found the region is under the influence of a NE-SW oriented extensional regime, which appears to comply with the kinematic analysis results obtained from field studies.

**Keywords:** Earthquake, Fault, Kinematic Analysis, Inversion, Extensional Regime, West Anatolia



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	v
ÖZET .....	vi
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ .....	1
1.1 Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kapsamı .....	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı.....	1
1.3. Çalışma Alanının Morfolojisi .....	2
1.4. Çalışma Alanının İklimi ve Bitki Örtüsü .....	4
BÖLÜM 2 .....	5
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	5
BÖLÜM 3 .....	10
MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Çalışma Yöntemleri .....	10
3.1.1. Literatür Çalışmaları.....	10
3.1.2. Saha Çalışmaları.....	11
3.1.3. Büro Çalışmaları.....	11
BÖLÜM 4 .....	13
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	13
4.1. İnceleme Alanının Jeolojisi.....	13
4.1.1. Paleosen Öncesi Kayalar .....	16
4.1.2. Paleosen Sonrası Kayalar .....	17
4.2. Yapısal Jeoloji.....	20
4.2.1. Batı-Orta Anadolu'nun Tektoniği .....	21
4.2.2. Uyumsuzluklar .....	22
4.2.3. Faylar.....	22
4.3. Kinematik Analiz Çalışmaları.....	27
4.3.1. Fay Topluluklarının Kinematik Analiz Yöntemi .....	27

4.3.2. Fayların Kinematik Analiz Sonuçları .....	31
4.3.2.1. KD-GB Genişleme Rejimi Altında Gelişen Normal Faylanma Rejimi .....	33
4.3.2.2. KB-GD Yönünde Sıkışmaya Bağlı Gelişen Doğrultu Atımlı Faylar .....	35
4.3.2.3. KB-GD Yönünde Gelişen Genişlemeye Bağlı Normal Faylar.....	36
4.3.2.4. KD-GB Yönlü Sıkışmaya Bağlı Gelişen Doğrultu Atımlı Faylar .....	37
4.3.3. Depremler .....	40
BÖLÜM 5 .....	42
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	42
KAYNAKLAR .....	44
ÖZGEÇMİŞ .....	I



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. Kırkağaç Fayı'nın oluşturduğu fay dikliği (sarplığı) ve keskin (üçgen) yüzeyler	3
Şekil 1.3. Çalışma alanının morfolojisini gösterir uydu görüntüsü (Kuzeyden güneye bakış) .....	3
Şekil 4.1. Batı Anadolu'nun sadeleştirip genelleştirilmiş jeolojik haritası (Ersoy ve ark. 2011). KAFZ-Kuzey Anadolu Fay Zonu, SSF-Simav Sıyrılma Fayı, DAFZ- Doğu Anadolu Fay Zonu BMSF-Büyük Menderes Sıyrılma Fayı, SMZ- Selimiye Makaslama Zonu, GSF Gediz Sıyrılma Fayı.....	14
Şekil 4.2. Çalışma alanının sadeleştirilmiş 1/500.000'lik jeoloji haritası (MTA'nın 1/500.000'lik İzmir Paftasından sadeleştirip değiştirilerek alınmıştır).....	15
Şekil 4.3. Darkale Köyü KD'sunda yol yarmasında gözlenen Bornova Filiş Zonu'na ait metaşeyl ve metakumtaşlarından genel bir görünüm (Batıdan doğuya bakış. UTM:35S 05511650 N, 4335490 E, 280 m.).....	16
Şekil 4.4. Bornova Karmaşığı'na ait Kırkağaç Formasyonu'ndan bir görünüm. (Kuzeyden güneye bakış, UTM: 35S 0556378 N, 4336933 E 199 m.).....	17
Şekil 4.5. Soma Formasyonuna ve içerisinde bulunan genişleme rejiminin bir ürünü olan normal bir faylanmaya ait görünüm. (Doğudan batıya bakış, 35S 0558025 N, 4327426 E, 341 m.).....	18
Şekil 4.6. Yuntdağ volkaniklerinden bir görünüm (Batıdan doğuya bakış, 35S 0552715 N, 4325687 E, 152 m.).....	19
Şekil 4.7. Çalışma sahasındaki Kuvaterner yaşlı fay önü çökellerine örnek bir görünüm. (Kuzeydoğudan Güneybatıya bakış, UTM: 35S 0546154 N, 4333978 E, 290 m.).....	19
Şekil 4.8. Bölgenin sadeleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (İnci ve ark., (2001)'den değiştirilip sadeleştirilerek alınmıştır).....	20
Şekil 4.9. Kırkağaç İlçesi ve Avdan Köyü arasında alınmış yapısal unsurları gösteren jeolojik enine kesiti.....	21
Şekil 4.10. Soma Fay Zonu içerisine giren bölgeden bir fay aynasına ait görünüm (Kuzeyden güneye bakış, UTM: 35S 0556378 N, 4336933 E, 200 m.).....	23
Şekil 4.11. Soma Fay Zonu ve Hacıyusuf Fayı'nın uydu görüntüsü.....	23
Şekil 4.12. Kırkağaç Fay Zonuna ait Kırkağaç Segmentinin fay aynası ( Doğudan batıya bakış, UTM: 35S 0557538 N, 4328725 E, 190 m.).....	24
Şekil 4.13. Kırkağaç Fay Zonuna ait Kırkağaç ve Bakır Segmentleri arasındaki normal fay düzleminden bir görünüm (Kuzeydoğudan güneybatıya bakış, UTM: 35S 0558394N, 4327841E, 185 m.).....	24
Şekil 4.14. Bakır ve Kırkağaç Faylarının uydu görüntüleri.....	25
Şekil 4.15. Çalışma alanının uydu görüntüsü ve half graben blok diyagramı.....	26
Şekil 4.16. Bir faya ait blok diyagram üzerinde öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile ölçülen ile ölçülen kayma vektörü (S) arasındaki açı ( $\sigma_2$ , $\sigma_1$ ve $\sigma_3$ sırasıyla ortaç, sıkışma ve genişleme ana gerilme yönleri) (Över ve ark., 2001).....	31
Şekil 4.17. Soma ve Akhisar bölgelerinin fayları ve kinematik veriler.....	32
Şekil 4.18. KD-GB yönlü genişleme rejimi altında gelişen normal faylanmalara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir.....	34
Şekil 4.19. KD-GB yönlü genişleme rejimi altında gelişen normal faylanmalara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir.....	35
Şekil 4.20. KB-GD yönlü sıkışma rejimi altında oluşan doğrultu atımlı faylara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir.....	35

Şekil 4.21. KB-GD yönlü genişleme rejimi altında gelişen normal faylanmalara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir .....	36
Şekil 4.22. KD-GB yönlü sıkışma rejimi altında oluşan doğrultu atımlı faylara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir .....	37
Şekil 4.23. Bakır ve Kırkağaç Fay Zonu arasındaki bölgedeki birleşme kaynaklı faylara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir .....	38
Şekil 4.24. (a) ve (b) AK-6. İstasyonda ölçülen fay çiziklerine bir örnek (c) AK-4. istasyonda ölçülen kronoloji fayları,(d) AK-7. İstasyondan bir fay çiziyi (e) AK-2 istasyonunda ölçülen fay çizikleri, (f)AK-5. İstasyonda ölçülen fay çiziyi ( Koordinatlar için Çizelge. 4.1) .....	39
Şekil 4.25. Elde edilen odak mekanizması çözümlerinden yardımcı düzlemler çıkarılarak seçilmiş olan düzlemler üzerinde Carey-Gailhardis ve Mercier (1987)' in terslenme methodu ile yapılan ortak bir çözüm (SFM) .....	40
Şekil 4.26. Çalışma alanında meydana gelen depremlerin odak çözüm mekanizmaları (Mavi ve kırmızı alanlar genişleme bölgelerini temsil eder) .....	41
Şekil 4.27. Yapılan kinematik analizler sonucu ortaya çıkan tektonik rejimler .....	41

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa No

Çizelge 4.1. Çalışma alanında ölçüm yapılan istasyonların verileri.....	33
Çizelge 4.2. KD-GB genişleme rejimi altında gelişen doğrultu atım bileşeni olan normal faylara ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları .....	34
Çizelge 4.3. Bölgede rastlanan KB-GD yönlü sıkışma rejimine ait doğrultu atımlı faylara ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları .....	35
Çizelge 4.4. Bölgede rastlanan KB-GD yönlü genişleme rejimine ait normal faylara ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları .....	36
Çizelge 4.5. Bölgede rastlanan KD-GB yönlü sıkışma rejimi etkisiyle oluşan doğrultu atımlı faylara ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları ....	38
Çizelge 4.6. Kırkağaç ve Bakır Fayı arasındaki birleşmenin olduğu bölgede gelişen faylara ait kinematik analiz sonuçları .....	38
Çizelge 4.7. Odak mekanizması Moment Tensör Ters çözümü yapılarak bulunan deprem bilgileri .....	40

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

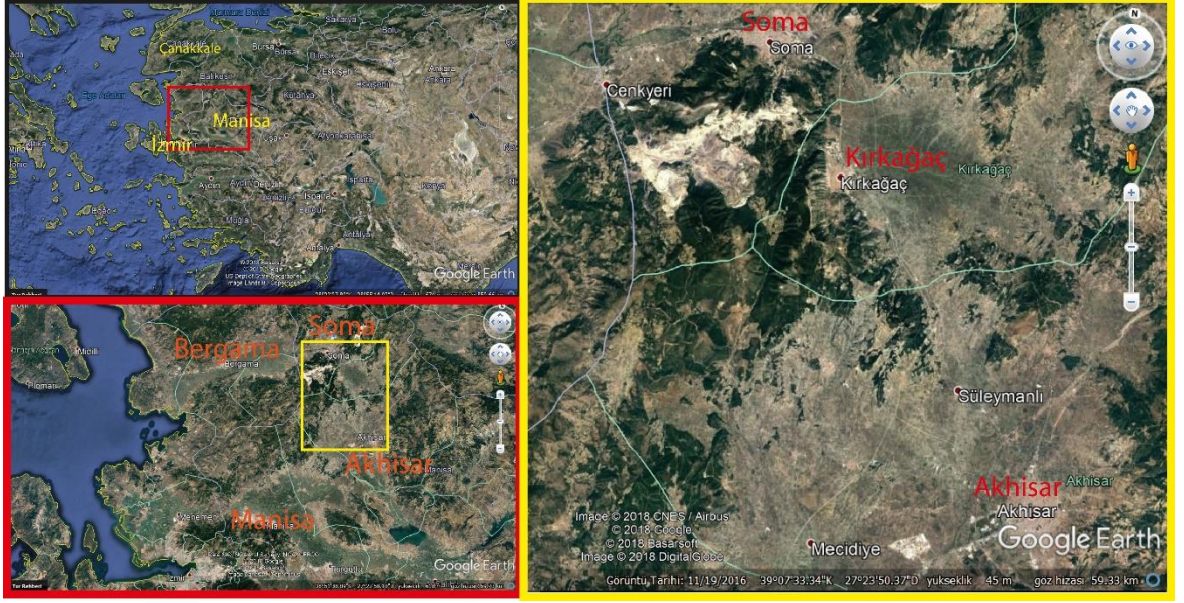
### 1.1 Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı Batı Anadolu'nun orta-batı kesiminde bulunan Soma ve Akhisar (Manisa) arasında bulunan "Hacıyusuf, Soma, Kırkağaç ve Bakır Faylarının" yapısal evriminin jeolojik gözlemler ve kinematik analizle incelenmesi, devamlı olmayan segmentli yapıdaki bu faylardaki büklüm geometrisinin araştırılması ve deprem üretme potansiyelinin belirlenmesi konularını kapsamaktadır.

Neotektonik dönemin en önemli unsurlarından olan Anadolu Plakasının batıya doğru kaçıışı ve güneyde Helen yayı boyunca Anadolu plakasının altına dalan Afrika plakasının yarattığı güneye doğru çekme etkisiyle Batı Anadolu da batıdan güneybatıya saat tersi yönünde rotasyona uğramaktadır. Anadolu plakasının bu hareketi, kuzey sınırını oluşturan Kuzey Anadolu Fayından Edremit Körfezi güneyine kadar olan kısımda bu hareket doğrultu atımlı faylar ile sağlanırken Dikili, Bergama ve Soma'da düzleminde Afrika plakasının güneye çekme etkisi Ege Graben sistemi ile kendini göstermeye başlamaktadır. Çalışma alanını bu bölge üzerine bulunduğu bölgede bulunan bahsedilen fayların davranış biçimlerinin tanımlanması, kinematik analizler aracılığıyla bölgede etkin olan geçmişte ve günümüzde hakim olan rejimlerin saptanması, bölgede var olan fayların oluşturduğu segmentli yapı ve büklüm geometrisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bölgede var olan tektonik unsurların haritalanması, bu fayların kinematik analizleri, bölgesel gerilme durumlarının ortaya konması, fayların aktivitesi ile deprem üretme potansiyellerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

### 1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı Türkiye'nin orta kuzey batısında, Ege bölgesi'nde Manisa ilinin Soma, Kırkağaç ve Akhisar İlçeleri sınırları içerisinde bulunmaktadır. Kırkağaç ilçesi Manisa İlçesine karayolu ile 80 km, Soma İlçesine karayolu ile 14 km uzaklıkta yer almaktadır. (Şekil 1.1). Çalışma alanı Ayvalık J17, Balıkesir J18 ve J19, İzmir K18 ile K19 paftalarında yer almaktadır.

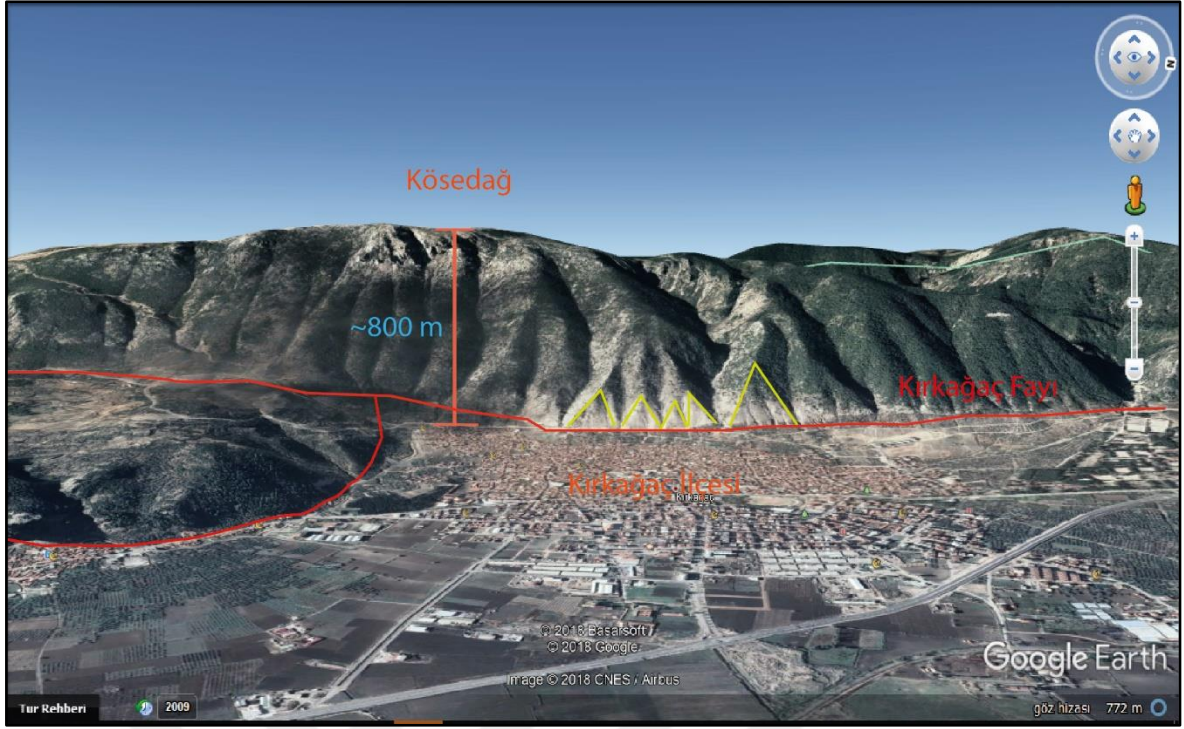


Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

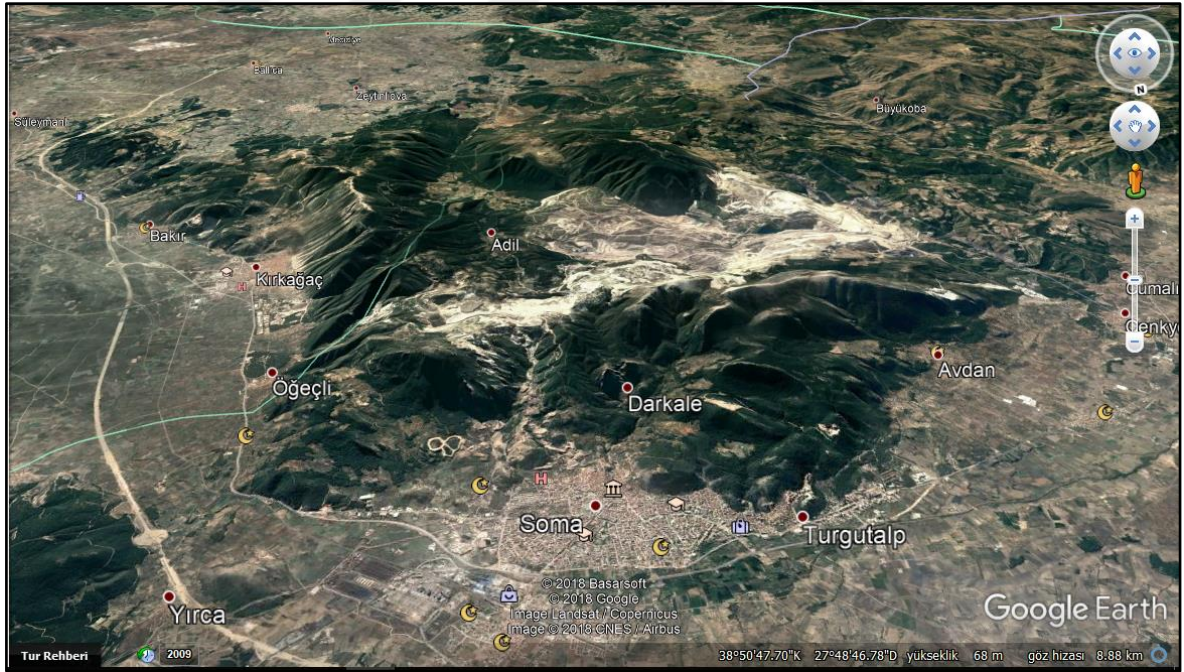
### 1.3. Çalışma Alanının Morfolojisi

Çalışma alanı geniş ölçekte Bakırçay Grabeni ve Kırkağaç Ovası içerisinde ve Madra Dağları ile Yunt Dağları arasında kalmaktadır (Şekil 1.3.). Güneyde Sultan Dağları ile doğuda Eğnez Dağı bulunmaktadır. Bakırçay Grabeni Bakırçay Ovası ve Bergama Ovası olarak da adlandırılmaktadır. Kırkağaç ve Bakırçay ovaları, Somanın Güneydoğusunda Akhisar'dan Soma'ya oradan da büklüm yaparak Kınık ile Bergama'ya uzanan Zeytindağ ile Çandarlı civarında Ege Denizi ile buluşan alüvyon ovası şeklinde olup ortalama 40 m yükseklik sunmaktadır. Ovanın kuzey kenarı sarp olmamakla beraber güney kenarı batıda yumuşak, doğuda ise sarpıdır. Batı kenarında yer alan vadiler derin ve sarp olmayıp asıl çalışma alanını kapsayan doğu kısmında ise sarp ve derindir. Bakır ve Kırkağaç ilçelerinin batısından geçen faylar Kocakaya Tepe ve Kösekaya Tepe yükselimleri ile ova arasında 800 m. yükseltili doğuya eğimli bir diklik oluşturur. Soma İlçesinde benzer şekilde Köseadağ yükseliminin fay dikliğinin eteğine yer almaktadır. Fayların oluşturduğu bu diklikler üzerinde üçgen yüzeyler ve alüvyon yelpazeleri gözlenir (Şekil 1.2.).





Şekil 1.2. Kırkağaç Fayı'nın oluşturduğu fay dikliği (sarplığı) ve keskin (üçgen) yüzeyler



Şekil 1.3. Çalışma alanının morfolojisini gösterir uydu görüntüsü (Kuzeyden güneye bakış)



#### **1.4. Çalışma Alanının İklimi ve Bitki Örtüsü**

Çalışma alanını kapsayan bölgede Akdeniz iklimi görülmektedir. Çalışılan alanın mevsimsel özelliklerinin meydana gelmesinde hava kütlelerinin hareketleri, topografya, denizin etkisi ve eğim koşulları etkilidir. Bölgede senelik sıcaklık ortama olarak 15.3 °C (Soma) ile 16.9 °C (Manisa) olarak belirlenmiştir. Bölgede rüzgâr, toporafyaya uygun bir şekilde D-B ve KD-GB yönlerinden esmektedir. Senelik nem ortalaması oranı minimum Soma'da (%55) maksimum Akhisar'da (%63) olarak gözlenmektedir. Yıl içerisinde meydana gelen yağışların yarısı kış mevsiminde gözlenmektedir. Yazları ise kurak bir bölge olarak tanımlanmıştır. İlkbahar mevsimi Güz mevsimine göre daha yağışlı olmaktadır. Yazların kurak geçmesi kışın su akısının olduğu derelerde kurumaları meydana getirmekte ve vadiler arasında jeolojik gözlem imkanlarını arttırmaktadır ve de yaya ulaşımı için de alternatif güzergahlar oluşturması bakımından elverişlidir (Eroğlu İ. ve ark., 2012).

Bölgede bitki örtüsü ise kendini Kızılçam ve Meşe ağaçlarının genellikle olduğu verimli ormanlık araziler, ova ve düzlüklerde yaygın meralar ve tarım arazileri şeklinde göstermektedir. Dağlık alanlarda sık çalılıklı ormanlar, ovalarda ise geniş tarım arazileri jeolojik arazi çalışmaları açısından zorlayıcı bir faktördür (Eroğlu İ. ve ark., 2012).

## BÖLÜM 2

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, Soma ve Akhisar bölgelerinde önceden yapılmış olan konu ve alanla ilgili bazı çalışmalar verilecektir.

Orta-Batı Anadolu'da yer alan İzmir ilinin K-KD'sunda yer alan Kırkağaç ve Soma ilçelerinin etrafının genel jeolojisi, Soma havzası'nın sahip olduğu ekonomik linyit yatakları sebebiyle birçok kişi tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen bilgiler geçmişten günümüze doğru verilmiştir.

Brinkmann ve ark. (1970), Soma ve çevresinde yüzlek veren havzanın temel kayaları olan Paleozoyik yaşlı temel kayalarını tanımlamışlar ve Soma'nın doğusunda bir alanda ise Eosen yaşlı kırıntılı ve karbonat kayalarıda yüzlek verdiğini gözlemlemişlerdir. Yazarlar, yaptığı gözlemlerde Soma'nın doğusunda genel hatların K-G olduğunu ve somanın batısında ise genel hatların D-B yönlendiğini gözlemlemiştir. Çalışma alanının tektonik yapısının üç bölümde oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Çalışan bölgede variskan orojenezi ve alp orojenezinin bölgede şüpheli de lsa mevcut olduğunu öne sürmüştür. Tersiyer sonrası tektonik rejimin kırıklı bir blok dokusu ortaya çıkarmış olduğunu belirtmiştir.

Nebert (1978), Soma ve çevresindeki kömür içeren tortulları iki seriye ayırmıştır. Alt seri Miyosen yaşlı, üst seri Pliyosen yaşlıdır. Ayırmış olduğu bu ki serinin birbirinden ayrı bir sedimantasyon sürecinin sonucu olduğunu anlatmış ve Soma bölgesindeki Neojen yaşlı birimlerin, Soma Formasyonu ve Deniz Formasyonu olmak üzere iki formasyondan oluştuğunu belirtmiştir.

Kaya (1979), yaptığı gözlemlerde Ege bölgesinin özgün yapısal-stratigrafik özellikler barındıran bloklardan yapıları olduğunu gözlemlemiştir. Taban ve tavan bloklarının kesiştiği süreksizlikleri hareketli çizgiler oluşturduğunu belirtmiştir. Bu süreksizlikler değişik yönlerde yer değiştirmiş faylar veya blok rotasyonları olduğunu ortaya koymuştur. Soma bölgesindeki yapısal ve stratigrafik blokların üç grup içinde sınıflandırılması gerektiğini belirtmiştir. Bu yapısal ve stratigrafik birimleri Kuzey gidişli olanları Tersiyer öncesi olduğunu belirtmiş Kuzeybatı gidişli olanları Miyosen'de meydana gelmiş olduğunu anlatmıştır. Doğu-Batı gidişli olan çizgiselliklerin ise Pliyosen sondasında meydana gelen tektonizma ile açıklamıştır.

Akyürek ve Soysal (1981), Biga Yarımadasının güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç Bergama- Ayvalık) temel jeoloji özelliklerini ortaya koymaya çalışmışlardır. Akyürek ve Soysal, ayrı tektono-stratigrafik birimleri ayırt edemeyip bölgedeki en yaşlı otokton birim

olarak Halilağa Grubu ait Çavdartepe Formasyonu olduğunu belirtmişlerdir. Bölgedeki birimleri ayırtlayan çalışanlar bu birimlerin stratigrafik ilişkilerini ve yaşlarını saptamış ve ayrıntılı olarak anlatmışlardır. Bölgede volkanosedimenter birim olarak Rahmanlar Aglomerası ayırtlayan yazarlar, bölgedeki volkanizmanın son ürünlerinin Dededağ Bazaltları olduğunu söylemişlerdir.

Okay ve Siyako (1991), Soma havzası ve çevresinde gözlenen temel kayalarını Sakarya tektonik birliğine ait Karakaya Karmaşığın ve İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu'na ait Bornova Karmaşığın (Bornova Filişi) ait tektonik birimleri oluşturduğunu saptamışlardır.

İnci (1998a), Soma havzasının Miyosen istifini Alt Miyosen Soma ve Üst Miyosen Deniz Formasyonu olarak ayırarak iki birimde incelenmiştir. Bu birimlerin Kuvaterner birimler tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü belirlemiştir. Soma Formasyonunun gittikçe derinleşen ve enerjisi düşen bir göl ortamını tanımlayan çakıltaşlarından başlayıp, kumtaşı, kıltaşı ve tavana doğru marn ve kireçtaşı birimlerinden oluştuğunu gözlemlemiştir. Bu birim içinde iki kömür seviyesi bulunduğunu anlatan yazar bu formasyonun üzerine uyumsuzlukla gelen Deniz Formasyonu'nun alüvyal-gösel bir ortamda çakıltaşları ile başlayıp ve üste doğru linyit seviyeri ihtiva eden çökellerle devam ettiğini belirtmiştir. Formasyonun üst seviyelerinde ise volkanoklastik çökeller ile yanal geçişler sunan birimin killi ve silisliyiye karbonatlar ile son bulunduğunu gözlemlemiştir. Tüm bu birimlerin, Soma güneyinde yer alan yüzlek veren bazalt daykları ile kesildiğini belirtmiştir.

İnci (1998b), Yazar bu yayınında ise Soma Formasyonu'nun karbonatça baskın kömür seviyelerinin fasiyes özelliklerini sedimantolojik, stratigrafik ve paleontolojik açıdan inceleyerek bölgede var olan Neojen öncesi kayaların üzerine taşkın düzlüğü, alüvyal, sığ karbonat gölleri ile bataklık ortamlarının geliştiğini belirtmiştir.

Arpalıyığıt ve İnci (2000), Çalışanlar Kırkağaç-Soma arasında yer alan Kırkağaç Fay Zonu olarak tanımlanan bölgede alüvyal yelpazelerin haritalamaları yapmış ve bu fayların aktivitesi hakkında yorumlarda bulunmuşlardır. Çalışma bölgesinde tarihsel yıkıcı depremlerin varlığını saptayan araştırmacılar aynı zamanda günümüzde sığ odaklı depremlerin varlığından bölgenin hala aktif bir deprem bölgesi olduğunu belirtmişlerdir

İnci ve ark. (2001), Kırkağaç ve Soma' bölgelerinde kinematik analiz ve depremselliğini ele alan çalışmalarında; bölgedeki fayların üç evreli (genişleme, sıkışma ve genişleme) deformasyon mekanizmasıyla şekillendiğini belirtmektedirler.

İnci ve ark. (2003), Soma havzasında yaptıkları gözlemlerde Pliyo-Kuvaterner döneminde grabenlerin oluşumu sırasında graben sınır faylarının etkisiyle güneybatıya eğimli olacak şekilde, etrafına göreceli olarak 1000 metreden daha fazla yükseldiğini iddia etmişlerdir. Önceki çalışmalarda tek bir yapı olarak tanımlanan D-B gidişli Bergama Grabeninin çöküntü alanlarını oluşturan Bakırçay Grabeni, Soma Grabeni ve Kırkağaç Grabeni'nin birbirinden değişik geometriye sahip üç ayrı yapı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışanlar bölgedeki fayların kinematik analizini yapmışlardır.

Yeşilyurt-Kapan ve Taner (2001), Soma yöresi Neojen Stratigrafisi ve Mollusk Faunasını ele alan çalışmalarında Soma Formasyonu'nun Meosiyen-Ponsiyen ve Deniz Formasyonu'nun ise Dasiyen yaşında olduğunu bunların üzerine ise Romaniyen yaşında kumlu serilerin geldiğini saptamışlardır.

Engin ve ark. (2006), Soma civarındaki en genç oluşukların yaşlarını gastropoda kabuklarından ESR yöntemiyle 2.57 Ma olarak belirlemişlerdir.

Sözbilir ve ark. (2007), Batı Anadolu'da yaptıkları çalışmalara göre Ege bölgesinin Neotektonik dönemden beri Kuzey-Güney doğrultusunda genişleyen bir bölge olarak kabul edildiğini belirtmektedirler. Bahsedilen genişleme tektoniği rejimi sonucunda doğu batı doğrultulu normal fayların sınırladığı grabenlerin oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu grabenlerin batısında yaptıkları araştırmalar sonucunda, eski görüşlerle çelişen bulgulara rastlamış olduklarını ifade etmektedirler. Bu araştırmalar İzmir ile Balıkesir arasında yanal atımlı fayların hakim olduğu bir transfer zonu (İzmir-Balıkesir Transfer Zonu-İBTZ) varlığını önermektedir. Yazarlar yaptıkları bu transfer zon içerisinde kalan fayların ürettiği bazı depremlerin odak mekanizması çözümlerinde doğrultu atımlı nitelikte sonuçlar saptamışlardır. Araştırmacılar bölgede yeterli miktarda haritanın üretilmediği bu ekliğin giderilmesinin bölgenin tektoniğine büyük fayda sağlayacağını belirtmişlerdir.

Dirik ve ark. (2009), 'nin gözlemlerine göre inceleme alanı Alpin tektonizmasının etkilenecek güncel yapısal konumunu kazanmıştır. Kömürlü Miyosen yaşlı kayalar birimleri üzerine Pliyo-Kuvaterner çöküntü alanlarının geliştiğini gözlemleyen çalışan; Doğu-batı doğrultulu Soma Grabeni ve Kuzey-Güney doğrultulu Kırkağaç Grabeni bu yapılardan sayılabildiğini belirtmiştir. Miyosenden genç kayaların sedimantasyon sırasında ve sedimantasyondan sonra süregelen sıkışma rejiminden etkilenecek kıvrımlanmış ve kırılıp faylandığını gözlemlemiştir. Yazarların gözlemlerine göre Deniz Formasyonu'nda sedimantasyonla eş oluşumlu birçok kıvrım, birimin çökelişi sırasında basen kenarlarının hareketli olduğunun önemli bir kanıtı olduğunu belirtmektedir. Bunlara ilaveten yazarlar,

Deniş Formasyonu'nun dayanımlı kayaç birimlerinde yer alan dayanımsız birimlerinde oluşan disharmonik kıvrımların bölgede oldukça karakteristik olduğunu belirtmişlerdir.

Dindi (2011), Yazar yaptığı yüksek lisans tezinde Soma Havzası ve çevresindeki volkanik kayaların petrografisini ve jeokimyasını incelemiştir. alışan bu bölgede ki Miyosen-Pliyosen volkanik kayalarının sedimanter kayalarla yanall ve düşey yönde geçişli olduğunu ve bu birimlerin de Adilky Bazaltları olarak isimlendirilen ge volkanik dayklar tarafından kesildiğini belirtmiştir.

Emre ve ark. (2011), Yazarların MTA için yaptıkları çalışmalarda Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi kapsamında bulunan Soma-Kırkağaç Fay Zonu, Bergama Fayı ve Zeytindağ Fay Zonu'nun Kuvaterner'den günümüze kadar aktif olduğunu belirtmişlerdir. Söz konusu bu fayların Zeytindağ Fay zonu hariç normal bileşenli faylar olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda Kuvaterner yaşlı Zeytindağ Faylarını sağ yanall doğrultu atımlı faylar olduğunu belirtmişlerdir.

Ersoy ve ark. (2012), çalışma alanında Karakaya Karmaşığının Triyas yaşlı olistolitli birimlerden oluştuğunu önermişlerdir. Bunların Bergama kuzeyinde ve Kınık ilçesinin güneyinde mostra verdiklerini gözlemleyen yazarlar, Bornova Filişine ait birimlerin Kretase-Paleosen arasında oluşmuş filiş fasiyesinde çökelmiş tortull aralanmaları ve bunların içinde yaşları Triyas-Kretase olan kireçtaşlarının olistostoromal bloklar şeklinde oluştuğunu anlatmışlardır. Somanın kuzeyinde genelde filiş fasiyesine ait kayaların bulunduğunu tespit eden yazarlar güneyinde ise blok konumlu kireçtaşlarının varlığını söylemişlerdir. Bahsedilen tektonik birimler Miyosen yaşlı volkano-sedimanter kayalar tarafından uyumsuzlukla örtüldüğü çalışanlar tarafından belirtilmiştir.

Alan ve ark. (2014), yaptıkları çalışmalarda bölgedeki Mesozoyik yaşlı sedimanter birimlerin 400 m kalınlığında olduğunu gri, beyaz, sarımsı yeryer ise kırmızımsı renkte kiretaşlarından oluştuğunu belirmişlerdir. Çalışanlar bu sedimanter istifin İzmirl-Ankara-Erzincan suturuna ait silikaklastik karbonat kayalarına ait olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, Soma linyit havzasına ait Neojen yaşlı volkanosedimanter kaya birimlerinin Savaştepe'nin kuzeyinde Karakaya ve İzmirl-Ankara zonuna ait ki farklı tektonik birimin üzerine uyumsuz olarak geldiğini tespit etmişlerdir.

Uzel (2016), yaptığı çalışmada bölgede etkin olan tektonik rejimin KD-GB genişleme rejimi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Kırkağaç Fay Zonu olarak tanımladığı faylarda Öveçli (Kırkağaç Fayı) segmenti ile Bakır segmentini birleştiren bir relay-ramp olduğunu söylemektedir.



## **BÖLÜM 3**

### **MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Çalışma Yöntemleri**

Soma ve Akhisar arasındaki bölgenin faylarının Kinematığı ve Sismotektoniği'ni konu alan bu tez çalışmasında; önceki çalışmaları tarama, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde Hacıyusuf Fayı, Soma Fayı ve Kırkağaç Fay ve Bakır Fayı'nı tanımlamaya ve anlamaya yönelik olarak yapılan literatür araştırmaları ve bölgede yapılan gözlemler ve haritalamayı kapsayan saha çalışmaları, sonrasında büroda gerçekleştirilen verilerin analizi işlemleri ve sahada meydana gelen büyüklüğü 3 (Mw)'den büyük depremlerin odak mekanizması çözümleri hakkında ayrıntılı bilgi sunularak çalışma yöntemleri açıklanacaktır.

##### **3.1.1. Literatür Çalışmaları**

İlk aşama olarak inceleme alanı ve civarı ile ilgili, çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan Jeoloji, Jeofizik ve Jeomorfoloji içerikli çalışmalar araştırılıp incelenmiştir. Bir bölgenin yapısal evrimini ortaya çıkarmak, zaman içerisinde bölgede etken olan tüm unsurların bir arada değerlendirilmesiyle mümkün olmaktadır. Bu durumda önceki jeolojik çalışmalarda sunulan, stratigrafi tanımlamalarının, konumlarının, yaşlarının ve oluşum koşullarının iyi anlaşılması, bölgenin jeolojik yapısının öğrenilmesi amacıyla öncelikle gereklidir. Ayrıca Jeofizik çalışmalarda matematiksel ve fiziksel temellere dayalı yöntemlerle Kıtaların kayma tektoniği ve deprem araştırmaları, jeofizik yöntemlerden sismik ile karada ve denizde jeolojik yapıların araştırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda yapılan jeofiziksel çalışmalar, bölgenin jeolojik evriminin anlaşılmasında faydalı olacaktır. Yer şekilleri bilimi olarak jeomorfoloji, yer kabuğunun şekillenmesi ve bunun gerçekleştiği süreçleri zaman kavramıyla birlikte değerlendiren bilim dalıdır. Yer şekilleri kaya türü, iç ve dış etkenler ile zamana bağlı olarak değişmektedir. Özellikle tektonik çalışmalarında bölgenin morfolojik yapısının bilinmesi ve zaman içerisindeki değişiminin anlaşılması, bölgenin yapısal evrimini yorumlamada önemli ölçüde yardımcı olacaktır. Sonrasında ise çalışma alanı ve yakın çevresinin 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli topoğrafik ve jeoloji haritaları elde edilmiştir. Topoğrafik haritalar üzerinde inceleme yapılarak çalışılacak alan hakkında ayrıntılı bilgi sağlanmıştır. Yerleşim yerleri, morfolojik yapı, bitki örtüsü ve tali yollarla ulaşım olanakları değerlendirilmiştir.

### **3.1.2. Saha Çalışmaları**

Saha çalışmaları, yapısal unsurların belirlenmesi ile kinematik verilerin toplanması olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar aşağıda kısaca özetlenecektir.

2016 yılının yaz döneminde harita alım ve kinematik verilerin toplanması çalışmaları yapılmıştır. Bölgedeki önemli çizgisellikler belirlenmiş, litolojilere ait tabaka durumları, eklem çatlak düzlemleri ölçülerek 1/100.000 ölçekli topografik harita üzerine işaretlenmiştir.

Yapılan kinematik ölçümler kapsamında inceleme alanında yüzlek veren kayaç grupları içerisindeki fay düzlemlerine ait parametreler ölçülmüştür. Ölçülen faylar içerisindeki kayaç gruplarına ve yaşlarına göre gruplandırılmıştır. Fayların yoğun olarak görüldüğü bölgeler birer istasyon olarak belirlenmiştir. İstasyonlar ve çevresinde mümkün olduğunca fazla fay düzlemi ölçülmüştür.

### **3.1.3. Büro Çalışmaları**

Tez yazım çalışmalarında, yapılan araştırma ve çalışmalar sonucu elde edilen veriler değerlendirilip yorumlanarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez formatına uygun olarak yazılmıştır. Tez yazılırken özellikle kinematik, sismotektonik ve depremsellik çalışmaları üzerinde durulmuştur.

Büro çalışmalarının en önemli bölümünü kinematik analiz çalışmaları kapsamında arazi çalışmalarında gözlenen faylara ait kinematik veriler gruplandırılıp değerlendirilerek bölgedeki tektonik rejim belirlenmeye çalışılmıştır. Kinematik analiz çalışmaları başlığı altında kinematik analiz yöntemleri ve gerçekleştirilen uygulamalar üzerinde durularak açıklanacaktır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek bölgenin kinematiği yorumlanmıştır.

Çalışmanın bir bölümünü oluşturan ve depremlerin odak mekanizması çözümleri incelemenin amacına uygun olarak seçilen depremlerin verileri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (BDTİM) kayıtlarından alınarak yapılmıştır. Odak mekanizması ters çözümlerinde BDTİM’de kullanılan ZSACWin uygulaması kullanılmıştır. Bahsedilen bilgisayar destekli uygulamada temel olarak deprem verilerinin belirlenmesinde CMT (Centroid Moment Tensor), HYPO71 çözümleri için TDMTINV (Time Domain Moment Tensor Inversion) yazılımları gözetilerek çözümlenmeler yapılacaktır. Yapılan işlemlerde kullanılacak moment tensör ters çözüm methodu (Dreger, 2002), geniş bantlı deprem kayıt istasyonlarından elde edilen üç bileşen sayısal verileri kullanarak yakın alan ve rejyonel sismik aktivitelerinin kayma parametrelerini hesaplamaya yönelik olarak geliştirilmiştir. Uygulamada moment tensör



bileşenleri kullanılarak fay parametreleri ve sismik moment (kayma, atım, doğrultu) hesaplanabilmektedir (Özden S., 1998).



## **BÖLÜM 4**

### **ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

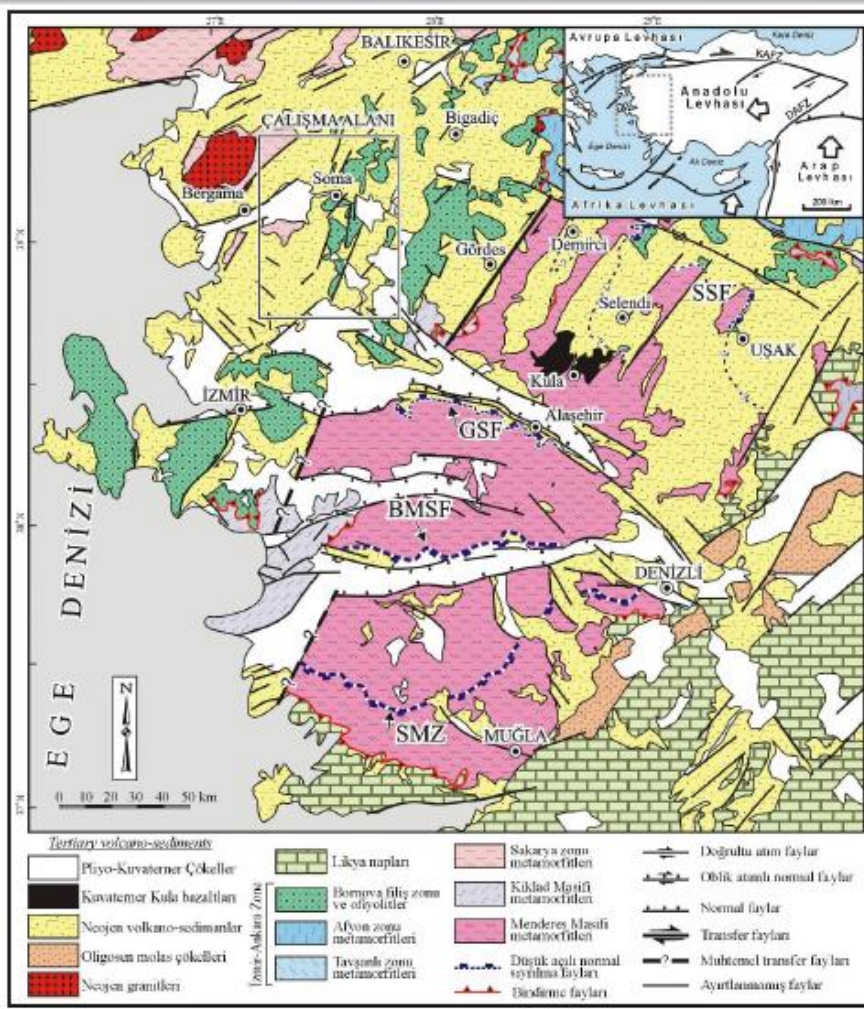
Bu bölümde inceleme alanının jeolojik özellikleri ile ilgili bilgiler sunulacaktır. Bu kapsamda inceleme alanında yapılan stratigrafi, yapısal jeoloji, kinematik analiz çalışmaları, depremlerin ters çözümü çalışmalarında elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Bu sonuçlar, önceki araştırmacıların gözlem ve yayınları ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

#### **4.1. İnceleme Alanının Jeolojisi**

Çalışma alanında mostra veren kayalar litolojik özellikleri, birbirleriyle olan ilişkileri ve önceki araştırmaların bulguları da dikkate alınarak gözlenmiştir. İnceleme alanında amaca yönelik olarak çizgisellikleri içeren 1/100.000 ölçekli bölgenin tektonik haritası oluşturulmuştur.

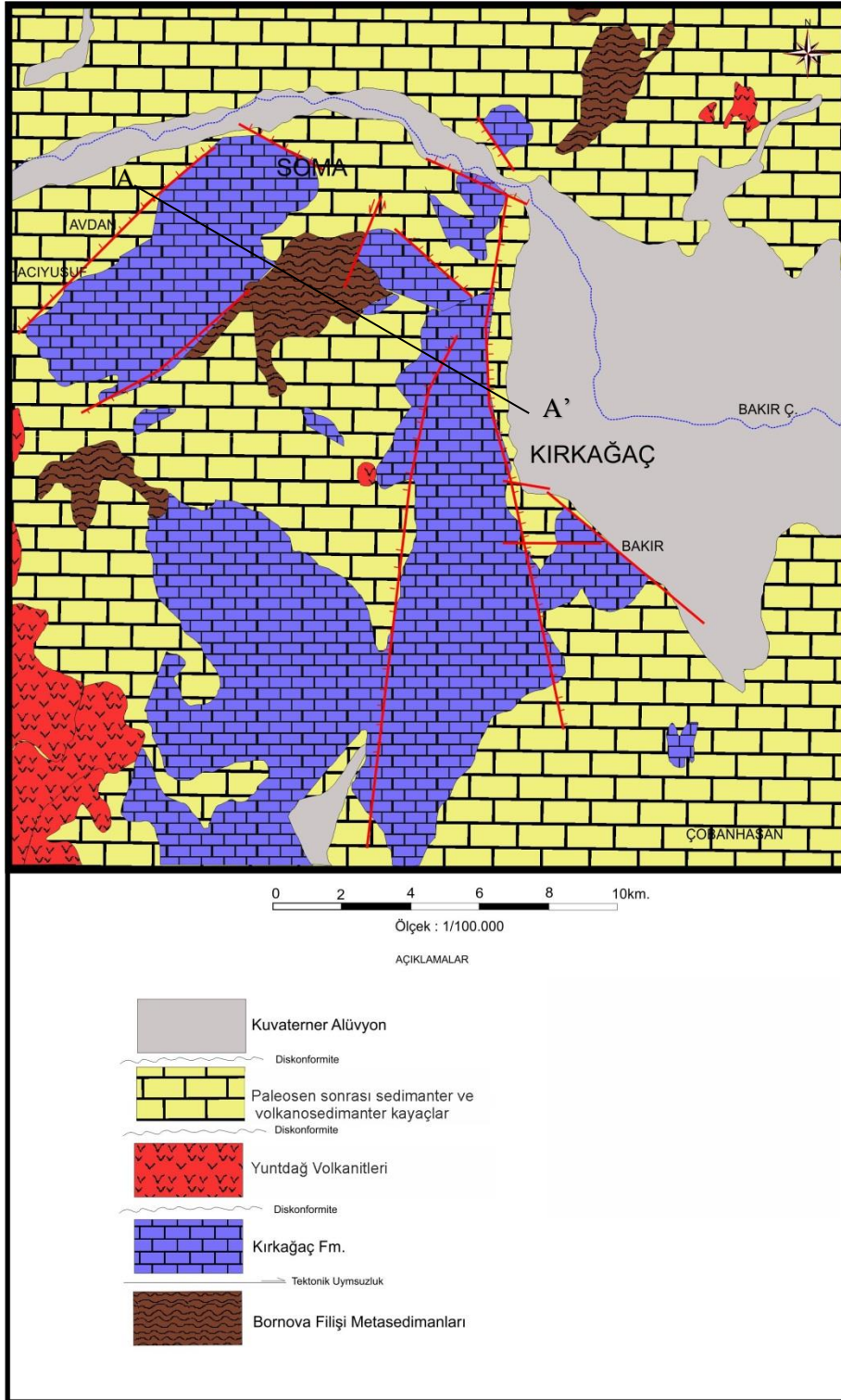
Çalışma alanı bölgesel olarak bakıldığında İzmir-Ankara zonunda yer almakta (Şekil 4.1.), Paleosen öncesi İzmir-Ankara zonun filiş özelliği gösteren temel kayalarının üzerine uyumsuz olarak gelen ve genişleme tektoniğiyle bağlantılı olan Paleosen sonrası volkano-sedimanter kayaların yüzlek verdiği bir sahadır. Bölgede Hacıyusuf Fayı, Soma Fayı, Kırkağaç ve Bakır Fayları gibi Neotektonik unsurlar bulunmaktadır.

Bölgede yüzlek veren en yaşlı kayaçlar Paleosen öncesi temel kayaçlardır bunlar; İzmir Ankara Zonuna ait Bornova Karmaşığına ait tektonostratigrafik birimler oluşturur (Okay ve ark, 1991; Okay ve ark, 1999). Bornova Karmaşığına ait birimler geç Kratese-Paleosen'de çökelmiş filiş fasiyesi ve bunlar içersinde yaşları Triyas-Kratese aralığında olan olistostomal kireştaşlarından oluşur. Tüm bu birimler Miyosen volkanizması ürünleri ve sedimanter kayaçlar tarafından uyumsuzlukla örtülmüşlerdir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.1. Batı Anadolu'nun sadeleştirip genelleştirilmiş jeolojik haritası (Ersoy ve ark. 2011). KAFZ-Kuzey Anadolu Fay Zonu, SSF-Simav Sıyrılma Fayı, DAFZ-Doğu Anadolu Fay Zonu BMSF-Büyük Menderes Sıyrılma Fayı, SMZ-Selimiye Makaslama Zonu, GSF Gediz Sıyrılma Fayı

Soma havzasının Paleosen Sonrası Miyosen istifi İnci (1998a) tarafından Soma ve Deniz Formasyonu olmak üzere iki birimde incelenmiştir. Bu birimleri Kuvaterner çökeller uyumsuz olarak örtmektedir. Soma Formasyonu alt seviyelerde çakıltaşları ile başlayıp tavana doğru doğru kumtaşları, çamurtaşları ve killi kireçtaşıyla devam edip ve tamamen karbonatlı seviyeler ile son bulduğunu gözlemlemiştir. Bu birim içinde iki ekonomik kömür seviyesi bulunduğunu ve Soma Formasyonu'nun üzerine diskordans ile gelen Deniz Formasyonu çakıltaşı ile başlayıp ve üst seviyelere doğru ince linyit seviyesi içeren yeşil renkli alüvyal-gösel tortullar ile devam ettiğini belirtmiştir. Birimin tavan seviyelerinde volkanosedimanter çökeller ile geçiş sunan birim killi kireçtaşları ve silisifiye kireçtaşıyla son bulduğunu gözlemlemiştir.



Şekil 4.2. Çalışma alanının sadeleştirilmiş 1/500.000'lik jeoloji haritası (MTA'nın 1/500.000'lik İzmir Paftasından sadeleştirip değiştirilerek alınmıştır)



#### 4.1.1. Paleosen Öncesi Kayalar

Bornova Karmaşığı; Çalışma alanının temelini oluşturan Bornova Karmaşığı kayaları filiş matriksi ve bu matriksin içinde platform türü kireçtaşları olmak üzere iki şekilde görülmektedir. Platform tipi kireçtaşları önceki çalışanlar tarafından Kırkağaç Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu formasyonun etrafında küçük yüzlelerde görünen Bornova Filiş Zonuna ait metakumtaşı, metaşeyl, metatüf, metalay, grovak ve metaçörtleri gözlenmektedir. Bu filiş Kırkağaç Formasyonun megaolistolitlerinin matriksini oluşturur (Erdoğan, 1990, Okay ve ark., 2012). Bu kayalar Soma'nın Güney'indeki dağlarda ve Kırkağaç İlçesinin batısında gözlenir (Şekil 4.3.). Kırkağaç Formasyonu ise (Şekil 4.4.) beyaz-gri renklerinde orta-kalın tabakalı yer yer masif görünümde ve kristalize olmuş kireçtaşları şeklinde izlenmektedir (Akyürek ve Soysal, 1978; Eroğlu ve Bozyiğit, 2012).



Şekil 4.3. Darkale Köyü KD'sunda yol yarmasında gözlenen Bornova Filiş Zonu'na ait metaşeyl ve metakumtaşlarından genel bir görünüm (Batıdan doğuya bakış. UTM:35S 05511650 N, 4335490 E, 280 m.)



Şekil 4.4. Bornova Karmaşığı'na ait Kırkağaç Formasyonu'ndan bir görünüm. (Kuzeyden güneye bakış, UTM: 35S 0556378 N, 4336933 E 199 m.)

#### **4.1.2. Paleosen Sonrası Kayalar**

Paleosen Sonrası Sedimanter ve Volkano-sedimanter Kayalar; Çalışma alanında Eosen'den Geç Pliyosene kadar devam eden sedimantasyon sonucu oluşan kayalar bu çalışmada Paleosen sonrası volkano-sedimanter kayalar olarak tanımlanmıştır. Bu kayalar Başlamış Formasyonu, Soma Formasyonu, Deniz Formasyonu, ve Kumköy Formasyonu. olarak çeşitli araştırmacılar tarafından ayırtlanmıştır. Çalışma alanında temel kayaların üzerini uyumsuz olarak örten bu birimler killi kireçtaşı, tüfit, marn, kumtaşı, konglomera ar dalanması şeklinde görülür. Genellikle beyaz, bej, gri renkli ve ince orta tabakalıdır (Şekil 4.5.). İçerisinde kömür ve bitümlü şist düzeyleri görünür. Araştırmacıların elde ettiği fosil bulgusuna göre birimler Eosen-Geç Pliyosen yaşları arasındadır (İnci, 1998a).





Şekil 4.5. Soma Formasyonuna ve içerisinde bulunan genişleme rejiminin bir ürünü olan normal bir faylanmaya ait görünüm. (Doğudan batıya bakış, 35S 0558025 N, 4327426 E, 341 m.)

Kozak-Yundağ Volkanitleri; Ersoy ve ark. (2012)'nin yaptıkları çalışmalarda Kozak volkano-plütonik ve Yundağ komplekslerinin aynı petrografik ve jeokimyasal özellikler sunduğunu belirtmişler ve bu iki birimi beraber incelemiştir. Kozak-Yundağ volkanitleri genelde riyolitik-dasitik-andezitik dom, lav ve piroklastik birimlerden oluştuğu ve riyolitik ürünlerin istifin genelde üstünde yer aldığını belirtmişlerdir (Şekil 4.6.) Ayrıca bölgede gözlenen siyah renkli ve bazalt görümlü Ercan (1987) tarafından “yalancı bazalt” olarak adlandırılan volkanik çıkışları kimyasal bileşimine bakıldığında andezit olarak sınıflamış ve yine bu volkanit grubuna dahil etmişlerdir. Kozak-Yundağ volkanitlerine ait porfirik dokulu oldukları gözlenmiştir. Bu volkanitlere ait kayalar bölgede oluşan volkano-sedimanter kayalar ile eş oluşumlu olup bu kayaları kesip üzerine uyumlu olarak üzerler ve bu volkanitlerin eşleniği kabul edilen volkanik erken Miyosen yaşlı oldukları bilinmektedir (Ersoy ve ark., 2012).



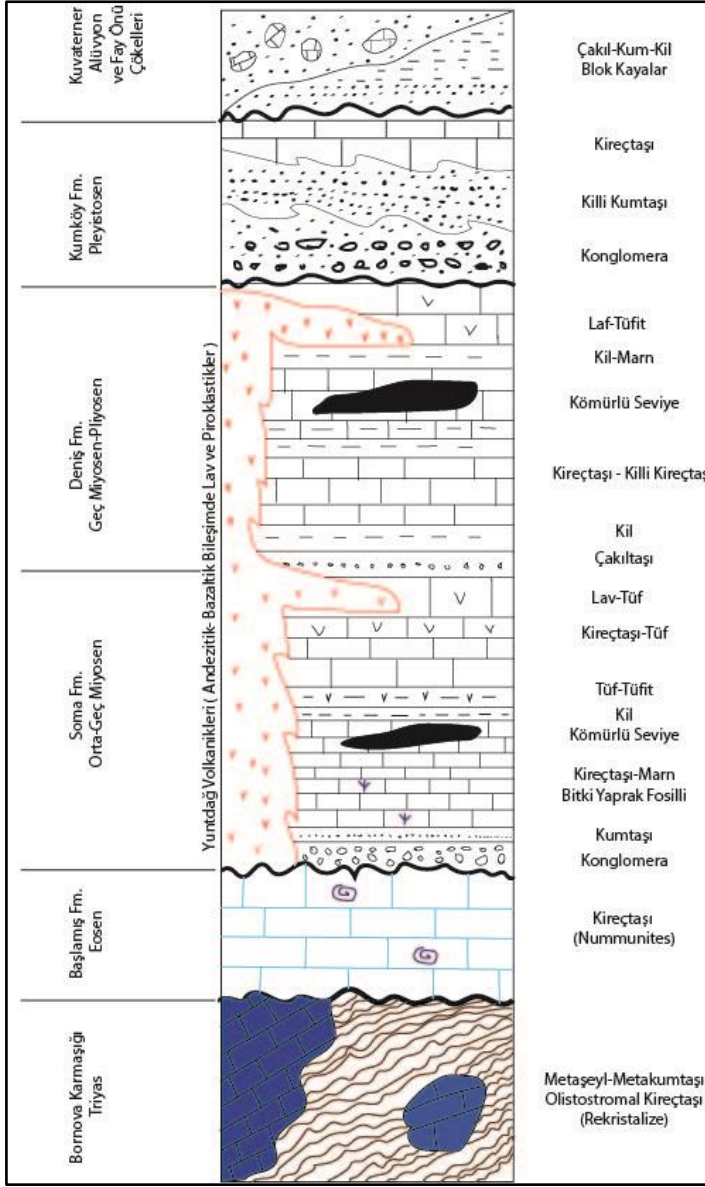
Şekil 4.6. Yuntdağ volkaniklerinden bir görünüm (Batıdan doğuya bakış, 35S 0552715 N, 4325687 E, 152 m.)

Kuvaterner Yaşlı Alüvyon ve Fay Önü Çökelleri; Akarsular boyunca dar ve geniş alanlar olmak üzere Bakırçay ovası ve Kırkağaç ovasını oluşturur. Ayrıca Fayların yakınlarında fay önü çökelleri görülmektedir (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Çalışma sahasındaki Kuvaterner yaşlı fay önü çökellerine örnek bir görünüm. (Kuzeydoğudan Güneybatıya bakış, UTM: 35S 0546154 N, 4333978 E, 290 m.)



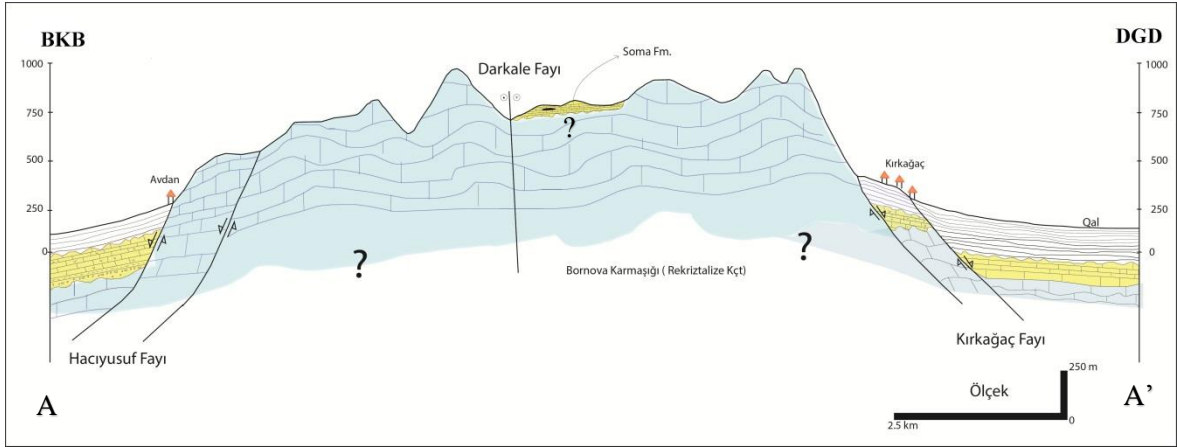


Şekil 4.8. Bölgenin sadeleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (İnci ve ark., (2001)'den değiştirilip sadeleştirilerek alınmıştır)

#### 4.2. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanında paleotektonik olarak iki farklı tektonik birlik yer almaktadır. Çeşitli araştırmacılar tarafından bu iki tektonik birliği yan yana getiren İzmir-Ankara-Erzincan suture zonunun varlığından bahsedilmektedir, bu sınır çalışma alanının doğu kenarını teşkil etmektedir. Neotektonik dönemden itibaren ise bölgede başlayan yaklaşık KD-GB doğrultulu bir genişleme tektoniğiyle ilişkili olarak Bakırçay ve Kırkağaç ovalarını oluşturan faylar bu bölgedeki etkin tektonik yapıyı kontrol etmektedir. Çalışma alanının doğusundaki Kırkağaç fay zonu KKB-GGD doğrultusunda uzanmaktadır. Bu fay üzerinde Bakır Segmenti, Kırkağaç Segmenti, Öveçli Segmenti olarak 3 segment

tanımlanmıştır. Kırkağaç Fay zone çalışma alanının en kuzeyinde bir büküm geometrisi oluşturarak doğrultusu yaklaşık D-B ve KD-GB doğrultulu Soma ve Hacıyusuf Fay segmentlerine bağlanırlar. Ayrıca Hacıyusuf ve Soma fayları ile Kırkağaç Fay Zonu arasındaki deformasyon hızlarının farklılığı nedeniyle yaklaşık KD-GB doğrultulu normal bileşeni olan sol yanal atımlı Darkale Fayını oluşturmuştur (Şekil 4.9.) . Bölgede etkin tektonizma jeolojik birimlerin oluşumlarını denetlemekle beraber kıvrım, çatlak ve fay gibi tektonik yapıların oluşumuna sebep olmuştur.



Şekil 4.9. Kırkağaç İlçesi ve Avdan Köyü arasında alınmış yapısal unsurları gösteren jeolojik enine kesiti

#### 4.2.1. Batı-Orta Anadolu'nun Tektoniği

Paleotektonik dönemde Batı-Orta Anadolu'da Neotetis'in kuzeye, Pontidlerin altına dalıp-batmasıyla ilgili olarak Üst Kampaniyen-Alt Maastirithtiyen'de Sakarya Kıtası ve Anatolid-Torid bloğu Üst Paleosen döneminde İzmir-Ankara suture zonu boyunca çarpışmışlardır (Okay ve Tüysüz, 1999). Tektonik rejim değişikliğinden bir sonraki dönem ise Neotektonik dönem olarak isimlendirilmektedir. Bu tanımlara göre Türkiye'nin içinde bulunduğu bölgede Neotektonik evre, Bitlis-Zagros suture zonu boyunca Anadolu kıtası ve Arap kıtası çarpışması ile başlamıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Neotektonik dönemde Anadolu Levhası, kuzeyden Avrasya; güneyden ise Afrika-Arap levhalarının sıkıştırmalarıyla, KAF ve DAF boyunca batıya doğru itilmeye başlamıştır. KAF'ın, Saros Körfezi'nin hemen batısında, GB-KD doğrultulu Ege Makaslama Zonuna dönüşmesi, Anadolu 'nun batıya hareketine büyük ölçüde engel olmuştur. Bunun sonucu olarak, Batı Anadolu 'da doğu-batı yönlü sıkışma rejimi gelişmeye başlamış, sıkışmanın etkisiyle bölgede K-G yönlü gerilmelerle birlikte,

genişlemeli tektonik rejim dönemi gelişmiştir. Bu genişleme rejimi sonucunda, GB Türkiye 'de yaklaşık D-B yönünde uzanan çok sayıda graben yapıları gelişmeye başlamıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Batı Anadolu bölgesinde, K-G istikametinde uzanan grabenler genel olarak Alt Miyosen yaşlı olup (Nazilli, Bergama, Gördes, Demirci, Uşak, Evrenli grabenleri); bunlar D-B uzanlı Orta-Üst Miyosen yaşındaki daha genç grabenler (Gediz, Küçük ve Büyük Menderes Grabenleri) tarafından kesilmektedir. D-B grabenlerinin kenar fayları günümüzde diri olup, bunlar derine doğru eğimleri azalan listrik fay geometrisine sahiptirler (Hetzl ve ark., 1995., Bozkurt, 2001).

#### **4.2.2. Uyumsuzluklar**

Bölgede bulunan temel birimler olan İzmir-Ankara Zonuna ait Bornova Filişi ve Kırkağaç Formasyonu ile Sakarya Zonuna ait Karakaya Karmaşığı Paleosen öncesinde bir suture zonu ile tektonik olarak bir araya gelmişlerdir bu suture zonu çalışma alanının doğu sınırını teşkil eder. Miyosen'de bölgede genişleme rejiminin etkisiyle Soma Formasyonu çökelmiş ve aynı zamanda bölgede Yuntdağ Volkanizmasının etkinliği ile volkanik kayalar, volkanosedimanter ve piroklastik malzemeler Miyosen-Pleyistosen döneminde oluşmuştur. Tüm birimleri Bakırçay ve Kırkağaç ovalarında da Kuvaterner yaşlı alüvyon uyumsuz olarak örtmektedir. Birimlerin hepsi birbirine uyumsuzdur (Şekil 4.8.).

#### **4.2.3. Faylar**

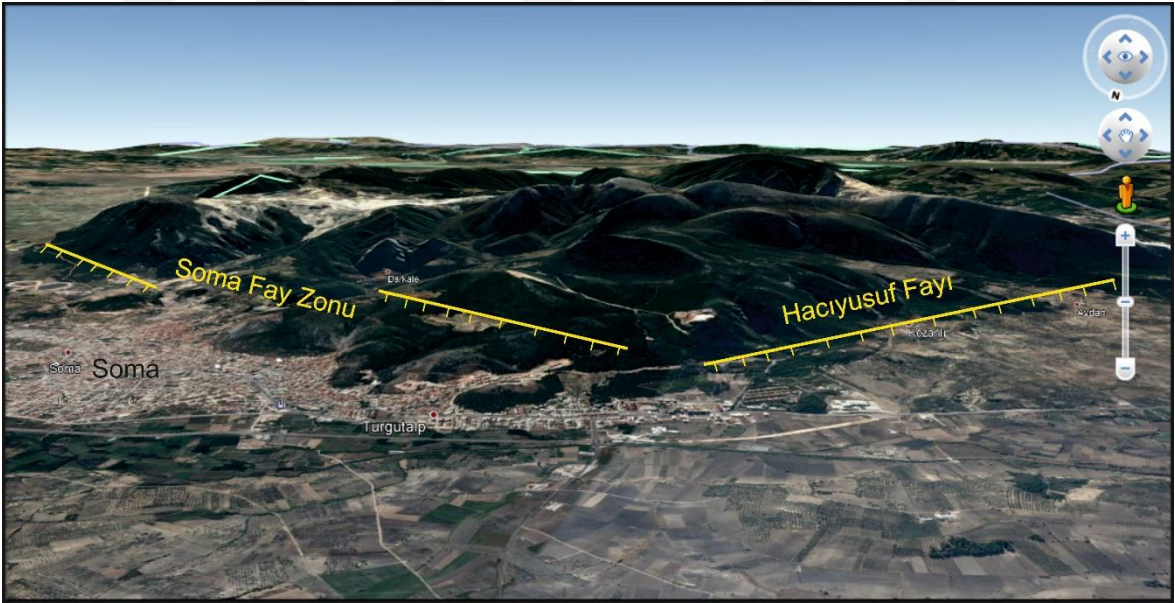
Çalışma bölgesindeki faylar, Hacıyusuf Fayı, Soma Fay Zonu ve Kırkağaç Fay Zonu olarak çalışma alanının batısından doğusuna kadar uzanmaktadır.

Hacıyusuf Fayı, sağ yanal bileşeni olan eğim atımlı normal fay olup Avdan ile Hacıyusuf köylerinin güneydoğusunda KD-GB doğrultuda uzanır ve 4 km uzunluktadır (Şekil 4.11.).

Soma Fay Zonu (SFZ), Soma ilçesinin güneyinde bulunan ve KB-GD doğrultusunda uzanan sağ yanal doğrultu atım bileşeni olan eğim atımlı normal faylardır (Şekil 4.10.). Bu faylar Bakırçay ovası ile Soma ilçesinin güneyindeki dağlar arasında dokanak oluşturur (Şekil 4.11.). Bu fay zonu doğuda ve batıda birer tane olmak üzere iki fay segmentinden oluşur.



Şekil 4.10. Soma Fay Zonu içerisine giren bölgeden bir fay aynasına ait görünüm (Kuzeyden güneye bakış, UTM: 35S 0556378 N, 4336933 E, 200 m.)



Şekil 4.11. Soma Fay Zonu ve Hacıyusuf Fayı'nın uydu görüntüsü

Çalışma alanının en doğusundaki Kırkağaç Fay Zonu (KFZ), üç farklı fay segmentinden oluşur. Öveçli segmenti KKD-GGB doğrultusunda uzanıp sol yanal normal fay niteliğini taşır. Öveçli segmentinin güneyinde KKB-GGD doğrultuda uzanan Kırkağaç



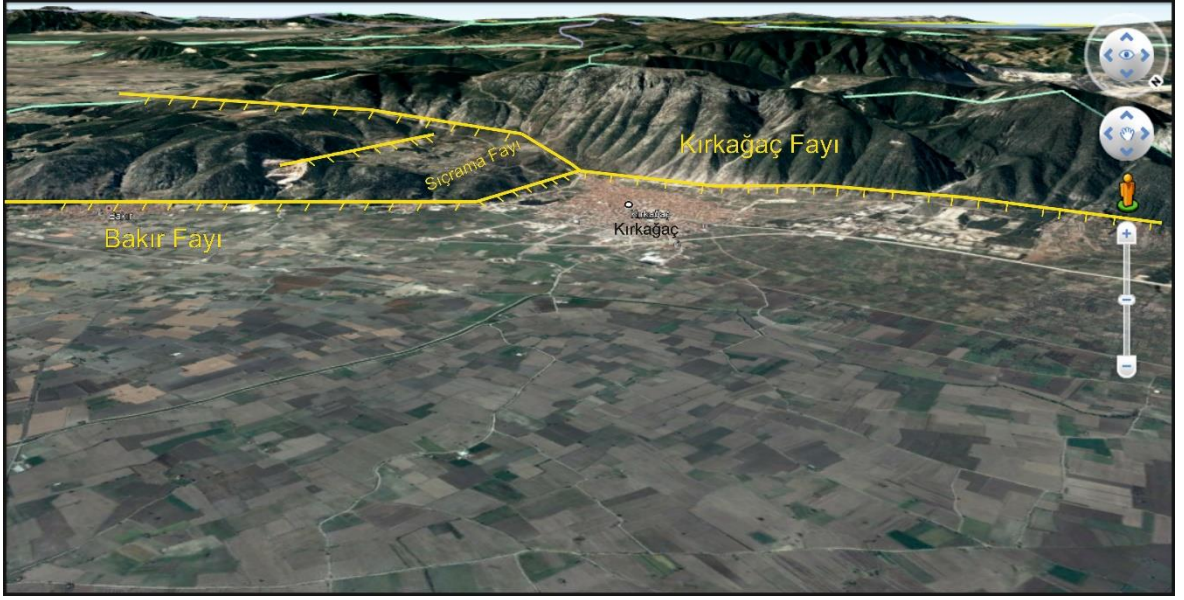
fayı Öveçli köyünden Yatağan köyüne kadar uzanır. K20B doğrultusunda olan bu fay 60 ile 70 derece arasında bir eğime sahiptir ve sol yanal doğrultu atım bileşeni olan normal fay niteliğindedir. Uzel (2016)'e göre Kırkağaç fayı (Şekil 4.12.), Kırkağaç ilçesinin hemen güneyinde “breaching fault” (Şekil 4.13. ve 4.14.) ve relay-ramp sistemi ile Bakır fayına bağlı olduğunu söylemektedir (Uzel B., 2016). Bakır Fayı, KB-GD doğrultusunda Bakır mahallesinin batısında uzanır ve 4 km uzunluğundadır. Bu fay sol yanal doğrultu atım bileşeni olan normal fay karakterindedir.



Şekil 4.12. Kırkağaç Fay Zonuna ait Kırkağaç Segmentinin fay aynası ( Doğudan batıya bakış, UTM: 35S 0557538 N, 4328725 E, 190 m.)



Şekil 4.13. Kırkağaç Fay Zonuna ait Kırkağaç ve Bakır Segmentleri arasındaki normal fay düzleminden bir görünüm (Kuzeydoğudan güneybatıya bakış, UTM: 35S 0558394N, 4327841E, 185 m.)



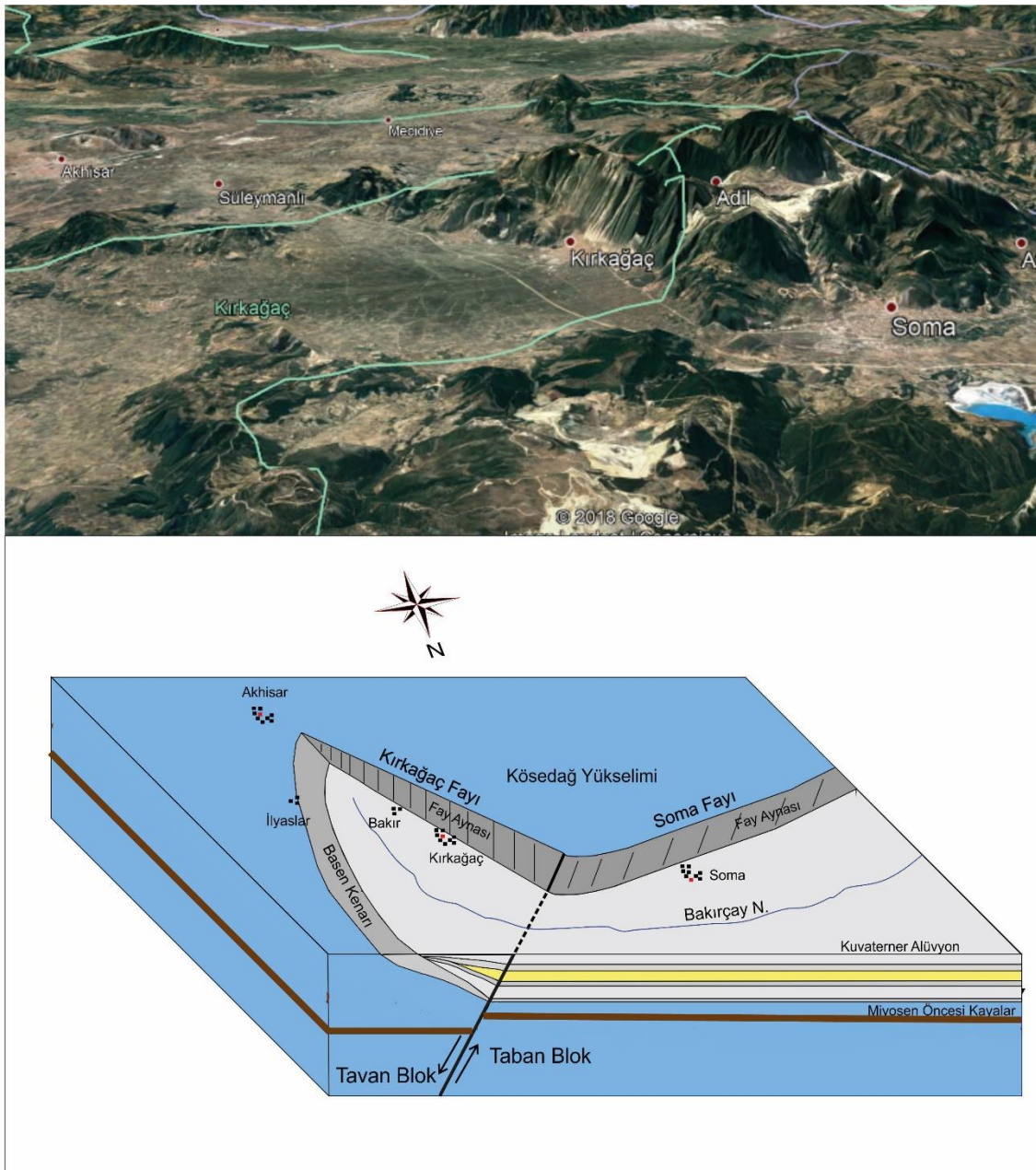
Şekil 4.14. Bakır ve Kırkağaç Faylarının uydu görüntüleri

Daha önceki çalışanlar tarafından graben olarak tanımlanan çöküntü alanlar olan Kırkağaç, Soma ve Bakırçay ovalarının aslında yarı-graben (half graben) adlandırılmalıdır. Kırkağaç ovasının doğusunda, Soma ve Bakırçay ovasının ise kuzeyinde tanım olarak “graben” oluşturacak bir faya rastlanmamıştır ki bu morfolojik olarak çok bariz bir şekilde kendini göstermektedir. “Graben” tanımı gereği iki normal fayla sınırlanmış çöküntü alanı olarak adlandırılmaktadır. Çalışma alanında Kırkağaç, Soma, Hacıyusuf faylarının karşılarında onlara eşdeğer bir faylanma mekanizması bulunmamaktadır. Ancak antitetik faylar bunlara eşlik etmektedir. Bu durum sahanın dışında kalan Bakırçay ovası içinde geçerlidir. Bögedeki çöküntü alanı Batı Anadolu’da ve çalışma alanının güneyinde Graben olarak tanımlanan Küçük Menderes Grabeni ve Büyük Menderes Grabeni ile oluşum açısından büyük farklılıklar barındırmaktadır. Küçük Menderes ve Büyük Menderes grabenleri K-G genişleme etkisinde oluşmuş “graben” olabilmek için tüm özellikleri gösterirken Bakırçay, Soma ve Kırkağaç çöküntü alanları tamamen farklı olarak tek normal fayla sınırlı yapısal ve morfolojik özellik sunmaktadır (Şekil 4.15.).

Bu çöküntü alanları önceki çalışanlar tarafından (İnci ve ark., 2003) üç ayrı yapı olarak saptanmış olsalarda da gelişim süreçleri birbirinden ayrı düşünülmemelidir. Kırkağaç Fayı ve oluşturduğu Kırkağaç çöküntü alanı, Soma Fayı, Hacıyusuf Fayı ve daha batıda Bakırçay ovasını oluşturan çalışma alanı dışarısında kalan Bergama Fay Zonu’nun sağ yanal atımı vasıtasıyla batıya doğru çekildiği için KB-GD doğrultuda KD’ya eğimli olacak şekilde yırtılmıştır. Soma Fayı ve Hacıyusuf fayı batısındaki Bergama Fay Zonu

aynı karakterde olup bu faylar ile bağlantıdır.

Soma ve Kırkağaç Faylarının oluşmalarına sebep olan KD-GB genişleme rejimi bölgenin hem Kuzey Anadolu Fay Zonu hem de Helen yayından hemen hemen eşit derecede etkilendiğini göstermektedir. Bölgedeki KD-GB gidişli Bergama Fay Zonu, Hacıyusuf ve Soma faylarının geniş çerçevede incelendiğinde Simav Fayı ve Sındırgı Faylarının batıdaki Ege denizine açılan ucu olduğu görülmektedir. Kırkağaç Fayı ve çöküntüsü ise bu fayların sağ yanal bileşimi sayesinde oluşmuştur.



Şekil 4.15. Çalışma alanının uydu görüntüsü ve half graben blok diyagramı



### **4.3. Kinematik Analiz Çalışmaları**

İnceleme alanı içerisinde bulunan fayları oluşturan kuvvet yönlerinin ve güncel tektonik rejimin belirlenmesi için fay topluluklarının kinematik analizi çalışmaları yapılmıştır. Hacıyusuf Fayı, Soma ve Kırkağaç Fay Zonları boyunca yüzlek veren genç ve yaşlı kayaçlarda fay düzlemlerinin gözleendiği lokasyonlardan ölçülen fay aynalarına ait kinematik veriler (fayın doğrultusu, eğim yönü ve miktarı, rake açısı) değerlendirilerek fay topluluklarının kinematik analizi yapılmıştır. Bu kapsamda; 16 istasyonda, 169 adet fay düzlemi Carey (1979)'in sayısal analiz methodu ile hesaplanmıştır.

#### **4.3.1. Fay Topluluklarının Kinematik Analiz Yöntemi**

Bu çalışmada kullanılan analiz yöntemi, Carey (1979) tarafından bulunan sonrasında ise farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Kinematik analizin uygulanmasında dikkat edilecek bir takım kriterler mevcuttur. Tektonizmanın etkisiyle kayaçlarda deformasyonun geliştiği birçok alanda, deformasyon ürünü olan kırık sistemleri gözlenebilmektedir. Bununla birlikte koşullar uygun olduğu takdirde kaya mostralarında blokların hareketini yansıtan kinematik veriler fay düzlemleri üzerinde gözlenmektedir. Kinematik verilerin çalışılan alan içerisinde birçok gözlem noktasında ölçülmesiyle, mevcut fayların geometrisi ortaya koymakta hem de bölgesel olarak deformasyonun ana karakteri saptanabilmektedir. Toplanan bu kinematik veriler, rijit kabukta tektonizma sırasındaki gerilmeye oluşan deformasyonun belirlenmesini sağlamaktadır (Carey-Gauilhardis ve Mercier, 1987). Yer değiştiren bloklar arasındaki faylara ait düzlemlerin gözleendiği yerlerde, fayın eğimi, doğrultusu, kayma vektörü (pich), fayın türü ve bahsedilen fayın hareket yönü belirlenebilir. Fayların hareket yönünün saptanması kinematik analiz açısından büyük önem icra etmektedir. Toplanan bu veriler fay takımlarının kinematik ve geometrik karakterlerinin saptanması için gerekli verileri oluşturacaktır. Tüm süreksizlikler, diğer kırıklarla ilişkilerinden sadece geometrik olarak değil, bununla birlikte aynı fay aynası üzerinde oluşmuş ve birbirini kesen yahut üzerleyen kayma vektörleri sayesinde tektonik rejime ait (kronolojik) farklı davranışların ayırt edilmesinde çok önemlidir. Daha iyi sonuç elde edebilmek için oldukça fazla fay parametresinin derlenmesi gerekmektedir. Bu parametreler, inceleme alanının farklı bölgelerine dağılmış ve fay düzlemlerinin yoğun olarak görüldüğü istasyonlardan toplanmaktadır. İstasyonlardan toplanan verilerin sınıflandırılıp stereonet üzerine aktarılmasında verilerin toplanması kadar önemlidir. Üzerinde hareket barındıran süreksizliklerin geometrisi de diğer düzlemsel ve çizgisel veriler gibi klasik stereografik



izdüşüm ile gösterilmektedir. Deformasyona uğramış arazilerde Wulf veya Schmidt'in eş alanlı alt yarım küre projeksiyonları kullanılmaktadır. Bu diyagramda fay düzlemleri üzerinde yer alan kayma çizikleri yardımıyla hareket yönleri gösterilebilmektedir. Hareketlerin yönleri, düzleme ait doğrultu çizgisi ve eğim yayı üzerine çizilen oklarla(pitch) gösterilir. Bahsedilen küçük okların içe doğru durumlarda ters, dışa doğru olduğu durumlarda normal fay karakteri hareketlerini ve/veya bunların bileşenlerini ifade etmektedir (Angelier ve Mechler, 1977). Hareket yönü gösterilen fay toplulukları birçok yöntemle değerlendirilmektedir. Fay toplulukları, grafik yöntemlerden Arthaud (1969) yöntemi, deprem odak çözümlerinde kullanılan ve sismik faylara Pegoraro (1972), Angelier ve Mechler (1977) tarafından uygulanan diedron yöntemi (diédres droid) ve Carey (1976, 1979) ile aynı temel koşulları içeren Angelier (1975 ve 1984), Armijo ve Cisternas (1979)'sin geliştirdiği analiz yöntemi şeklinde üç yöntemle belirlenebilmektedir. Arthaud (1969)'un geliştirdiği yöntemde, üzerinde kayma vektörlerinin yönelimlerini içeren faylar kullanılarak bir tektonik döneme ait bölgesel deformasyonun gerilme yönlerinin belirlenmesi mümkündür. Arthaud (1969), ölçülen fay verilerine ait fayın hareket düzleminin kutup noktasını stereografik olarak iz düşürmektedir. Bu diyagramda, fayların hareket ettiği düzlemlerin normaline dik olan birkaç hareket düzleminin ortak olduğu bir ana yön saptanır, bulunan bu yön hareket düzlemlerinin kutup noktalarını içeren düzlemin normaline karşılık gelmektedir. Hareket düzlemlerinin kutup noktaları üç ana yön boyunca birbirine dik üç düzlem boyunca ideal bir doğrultudadır. Bu yönlerden hangisinin ortaç, en büyük ve en küçük eksene karşılık geldiğinin belirlenmesinde faylarla ilgili kırıkların, stilolitlerin ve açılma çatlaklarının yönelimlerinden faydalanılabilir. Çatlakların kısılma yönüne dik olması ve Stilolitlerin ise uzama yönüne durumundan yararlanılabilir. Sahada bu veriler gözlenmiyorsa kısılma ve uzama eksen Kısılma ve uzama yönleri, fayların hareket yönleri ile uyumlu olması gerekmektedir. Eğer ki bu süreksizliklerin çoğunluğu kullanılarak belirlenen üç ana yönle uyumsuz olan faylar varsa, bu süreksizliklerin başka bir tektonik dönem sırasında oluşması olasıdır. Eğer süreksizliğe ait kronolojik veri saptanırsa, bu fayların ayrılması ve farklı tektonizmanın belirlenmesi imkandır (Arthaud, 1969).

Arthaud'un geliştirdiği yöntem, ana üç eksen (X, Y, Z) boyunca farklı değerlerde deformasyonun olduğu durumlarda, eksenler boyunca değişik değerlere sahip reyonel gerilmeler altında hareket eden süreksizlikler için kullanılması çok zordur. Pegoraro (1972) eş alan (diédre droid-standart diedron) yöntemini tanımlamış olup, daha sonra Angelier ve Mechler (1977)'in geliştirdiği fay topluluklarına ve deprem odak mekanizması

çözümlemesine uygulanmıştır. Bahsedilen yöntemde farklı faylar üstündeki hareketler fay düzlemi ile kayma çizimine dik gelen yardımcı bir düzlem yardımıyla dört bölgeye (diédre droid) bölünebilmektedir. Fayın hareket yönüne ile alakalı olarak ikisi genişleme, ikisi sıkışma olmak üzere birbirine karşılık gelecek şekilde dört bölge oluşmaktadır. Bahsedilen methodun çalışma prensibi başlangıçta zayıflık barındıran kayaç kütlelerinde gözlenen fayların aynı tektonik fazda, ortaç gerilme durumunda geliştiği ve tekdüze biçimde kayaç kütlesi içinde dağıldığı kabul edilmektedir. Gözlem yapılan alanda birbirine dik olacak şekilde üç ana gerilme yönü, stres elipsoidinin eksenleri, ortaç gerilme eksenini Sigma 2 ( $\sigma_2$ ), en küçük gerilme bileşeni Sigma 3 ( $\sigma_3$ ) ve maksimum sıkışma gerilmesi Sigma 1 ( $\sigma_1$ ) olmak üzere malzemenin heterojenliğine ve süreksizliğine bağlı olarak değişir. Benzer biçimde süreksizlik doğrultusunda kaymalar da değişir. Farklı faylar üzerindeki her hareket birbirinden bağımsız olmayabilir. Yöntemde bahsedilen ikinci şart ise, bir fay düzleminin fay hareketine geçmeden hemen önce makaslama üreten bir tanjansiyel gerilme oluşturmasıdır. Bott (1959)'a göre hareketin bu makaslama yönünde olduğunu kabul edilmelidir. Bu şartla süreksizler için hareket yönünde ana gerilmelerden Sigma 1 ( $\sigma_1$ )'in sıkışma bölgesinde, Sigma 3 ( $\sigma_3$ )'ün ise açılma bölgesinde yer aldığını göstermektedir (Angelier ve Mechler, 1977). Deprem odak çözümlerinde birbirine dik iki farklı düzlem bulunmaktadır. Bu düzlemlerden biri ana (esas) düzlem, diğer düzlem ise yardımcı düzlem olarak kullanılmaktadır. Ama bu düzlemlerin birbirinden ayrılması çok önemlidir. Bu düzlemler birbiriyle kesişen iki düzlemin normalleridir. Burada bir genişleme eksenini ve bir sıkışma eksenini belirlemektedir. Buna ek olarak bu eksenler genişleme ve sıkışma bölgelerinin iç simetri eksenlerine karşılık gelmektedir. Bahsedilen methodun bilgisayar destekli programlar yardımıyla oluşturulabileceği gibi el çizimi yardımıyla stereografik çizim yöntemlerinden Wulff veya Schmidt ağı üzerinde de oluşturulabilir.

Price (1966)'ın Wallace (1958) ve Bott (1959) üzerine geliştirdiği gibi, mekanik yaklaşımlarının yaygınlaşmasıyla birçok araştırmacı (Carey ve Brunier, 1974; Carey, 1976, 1979; Etchecopar ve ark., 1981) deformasyona uğramış birimlerinin fay topluluklarının kinematiklerinin yorumlanması için bilgisayar programları kullanılarak kantitatif yöntemler hazırlanmıştır. Bu methodlar için belli başlı kabul edilmesi gereken ön koşullar şu şekilde belirtilmiştir.

1. Kaya birimleri tek bir homojen stres tensörü ve bir tektonik fazla karakterize edilmektedir.

2. Bahsedilen tektonik faz için kayaç malzemesinin homojen izotropik olduğu, her bir fay düzleminde meydana gelen atımın kayma (Si) çizgisi bu fay düzlemi üzerinde etkin

çözümlemiş makaslama gerilmesinin ( $\tau_i$ ) yönünde ve doğrultusunda olduğu kabul edilir.

3. Faylarla bölünmüş kayaç blokları arasında deformasyon sırasında fay düzlemi rotasyonlarının olmadığı sürekli deformasyonun olmadığı ve kayma çizikleri üzerindeki atımın bağımsız ve bu fayların genişliğinden küçük olduğu kabul edilmektedir. Böylece kayaç kütlelerinin deformasyonu, süreksizlikler boyunca kırılğan blokların göreceli olarak yer değiştirmesiyle oluşmaktadır. Makaslama tensöründeki fark, fay blokların göreceli hareketine neden olan çözümlenmemiş gerilme tensöründen sorumludur. Bu önkoşullar sağlandığında tektonik dönem ile ilişkili gerilme tensörü, bu dönemin sonucunda meydana gelen bağımlı olmayan kayma çiziklerinden saptanabilir (Angelier ve Mechler, 1977).

Çözümlemiş her bir kayma çizgisi (1) için bir fay düzlemine uygulanan gerilme " $(\sigma_1), \sigma_1 = \sigma_n + \tau$ " şeklinde belirlenir. Burada belirtilen hipotezi, gözlenen atım vektörü ( $s_i$ ) ile tahmin edilen gelen atım vektörü ( $\tau_i$ ) arasındaki açı değerinin sifra yakınsadığını göstermektedir. ( $\tau_i$ ) bileşenleri dört parametrenin fonksiyonudur (Şekil 4.16.). Bunlar bir coğrafik olan mihenk noktasına göre üç ana gerilme eksenini veren üç Euler açısı ve ana gerilmeleri arasındaki R oranıdır (Carey, 1976; Carey-Gailhardis ve Mercier, 1987).

$$R = \sigma_2 - \sigma_1 / \sigma_3 - \sigma_1$$

$\sigma_2, \sigma_1, \sigma_3$ , sırasıyla ortaç, sıkışma ve genişleme gerilmesi olmak üzere üç ana gerilme değerini vermektedir. R değeri 1 ( $\sigma_1 = \sigma_2$ ) ve ( $\sigma_2 = \sigma_3$ ) arasında değişmektedir. Dört değer ( $\tau_i, s_i$ )  $\rightarrow 0$  ile uyumlu olması ve bu sebeple aşağıda verilen fonksiyonun minimum olduğu durumda dört değer ile belirlenmektedir.

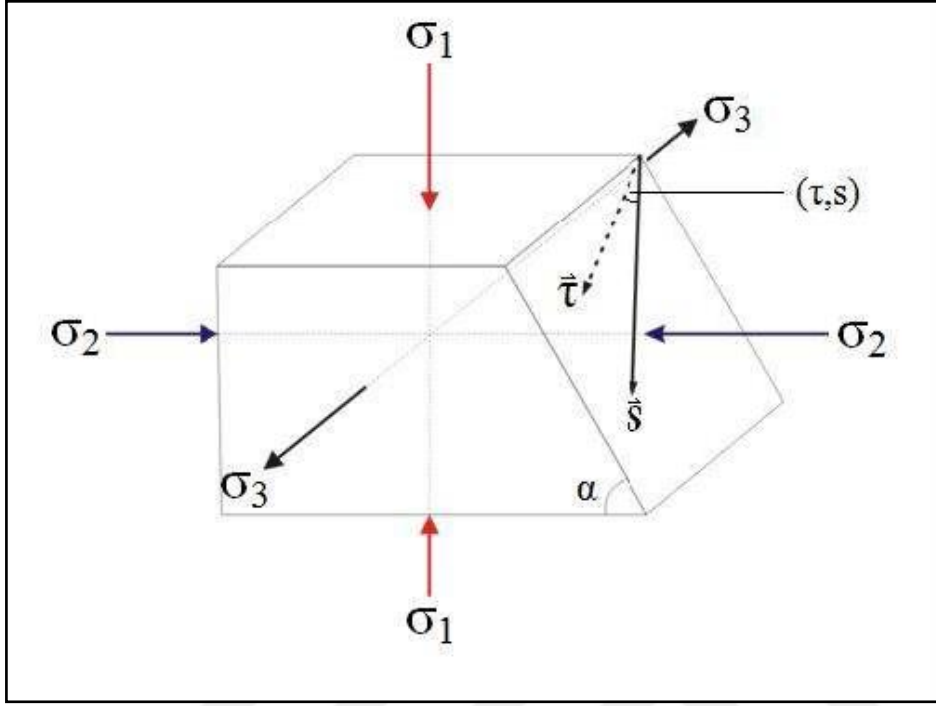
N

$$F = -\sum_{i=1}^N k_i \cos^2(\tau_i, s_i)$$

i=1

Yukarıda gösterilen N değeri, fay düzlemlerinin sayısı olarak miktarını ifade eder, eğer ( $\tau_i, s_i$ ) < 90 ise  $k_i=1$ , ( $\tau_i, s_i$ ) > 90 ise  $k_i=-1$  dir. Kullanılabilirlikte, indirgenme cebirsel olarak, ( $\tau_i, s_i$ ) açısı 20'den küçük olduğunda gerçeğe en yakın sonuçları vermektedir (Carey, 1979). Çünkü grafik üzerindeki dağılım yakın bir aralıkta ve birbirine benzeyen faylar için bu sonucu verebilir. Uygulanabilirlikte, ( $\tau_i, s_i$ ) açılarının %80'i 20'den küçük olması durumunda da sonuç güvenilir olarak kabul edilmektedir. Bu açı miktarı fazlaştıkça, elde edilen çözümün güvenilirliği ve ikinci minimum daha da uzaklaşmaktadır. Birden çok tektonik faza işaret eden verilerin belirlenmesinde daha kompleks hesaplamalar kullanılır (Carey, 1979; Etchecopar ve ark., 1981; Armijo ve ark.,

1982). Bahsedilen yöntem, belirlenmiş sismik fay düzlemlerinin odak mekanizması çözümlerinde de kullanılabilir (Özden S., 1998).



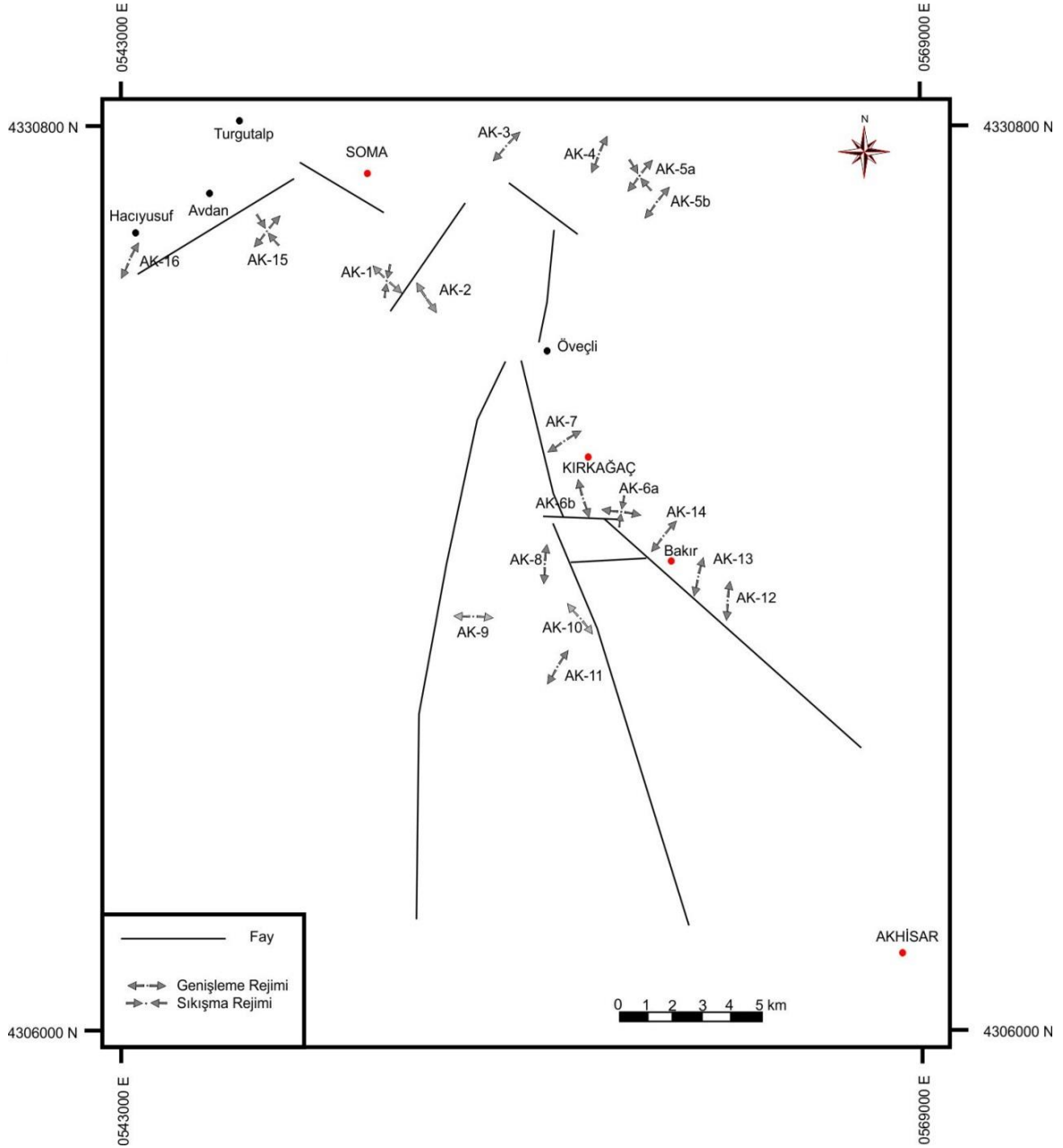
Şekil 4.16. Bir faya ait blok diyagram üzerinde öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile ölçülen ile ölçülen kayma vektörü ( $S$ ) arasındaki açı ( $\sigma_2$ ,  $\sigma_1$  ve  $\sigma_3$  sırasıyla ortaç, sıkışma ve genişleme ana gerilme yönleri) (Över ve ark., 2001)

#### 4.3.2. Fayların Kinematik Analiz Sonuçları

Çalışma alanından toplanan fay parametreleri, Carey (1979)'in geliştirdiği fayların kinematik analiz methodu kullanılarak değerlendirilmiş ve kinematik analiz sonuçları elde edilmiştir. 16 adet istasyondan alınan veriler çalışma alanının tektonik haritası üzerinde işaretlenmiştir. İstasyonlara ait litoloji ve yaş bilgileri de Çizelge 4.1'de yer almaktadır. Yapılan bu çalışmada fayların özellikleri, çalışma alanının konumu ve kinematik verilerin doğrultusunda ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

Çalışma alanı Soma, Kırkağaç ve Akhisar ilçelerinde yer almaktadır. Bu alanda toplamda 16 istasyondan (Çizelge 4.1) 169 ölçüm yapılmıştır. Ölçülen fayların kinematik analizleri yapıldığında güncel tektonik rejimin KD-GB yönünde bir genişleme rejimi olduğu belirlenmiştir. KD-GB yönünde genişleme rejimi altında oluşan Hacıyusuf, Soma Fayları ve Kırkağaç, Bakır Fayları arasındaki deformasyon hızı bölgede KB-GD yönünde bir genişleme rejimi yaratmıştır. Bu deformasyon hızı farkını KB-GD yönünde genişleme rejimi altında oluşmuş normal ve doğrultu atımlı faylarla karşılanmıştır. Ayrıca Kırkağaç

ve Bakır Fayları arasında ki bölgede KD-GB yönünde bir genişleme olmuş ve birleşme (breaching fault) fayı meydana gelmiştir. Çalışma alanında ki fayların çalışmasını sağlayan gerilme yönleri 1:100.000' lik tektonik haritada gösterilmiştir (Şekil 4.17.).



Şekil 4.17. Soma ve Akhisar bölgelerinin fayları ve kinematik veriler

Çizelge 4.1. Çalışma alanında ölçüm yapılan istasyonların verileri

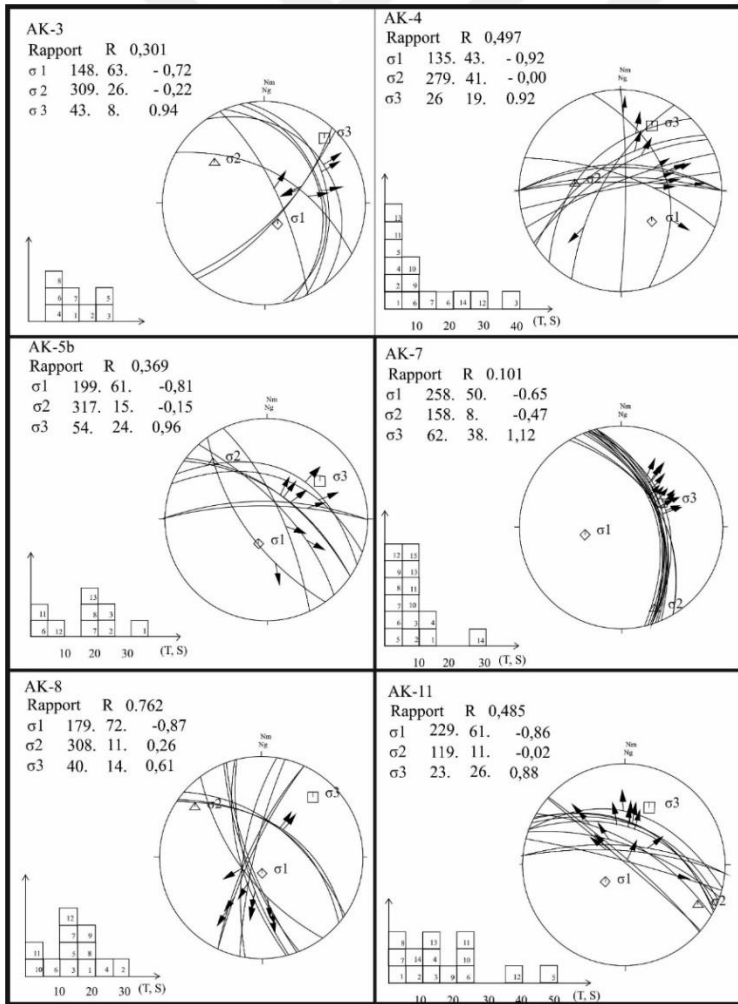
İst. No	UTM. Enlem	UTM-Boylam	Yükseklik(m)	Yaş	Litoloji	Formasyon
AK-1	4335490	35S 0551650	280	Alt Triyas	Metasedimanter	Bornova Filişi
AK-2	4335490	35S 0551650	280	Alt Pliyosen	Kireçtaşı	Soma Fm.
AK-3	4324279	35S 0550959	199	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-4	4336933	35S 0556378	146	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-5	4336796	35S 0556785	146	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-6	4336725	35S 0557538	190	Alt Pliyosen	Kireçtaşı	Soma Fm.
AK-7	4327849	35S 0558394	185	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-8	4325671	35S 05611166	190	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-9	4323341	35S 0557489	770	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-10	4323343	35S 0557485	772	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-11	4325671	35S 0561161	190	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-12	4325552	35S 0561346	194	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-13	4326257	35S 0560384	182	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-14	4326465	35S 0560153	172	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-15	4333304	35S 0545256	342	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.
AK-16	4331934	35S 0543636	300	Triyas	Kireçtaşı	Kırkağaç Fm.

#### 4.3.2.1. KD-GB Genişleme Rejimi Altında Gelişen Normal Faylanma Rejimi

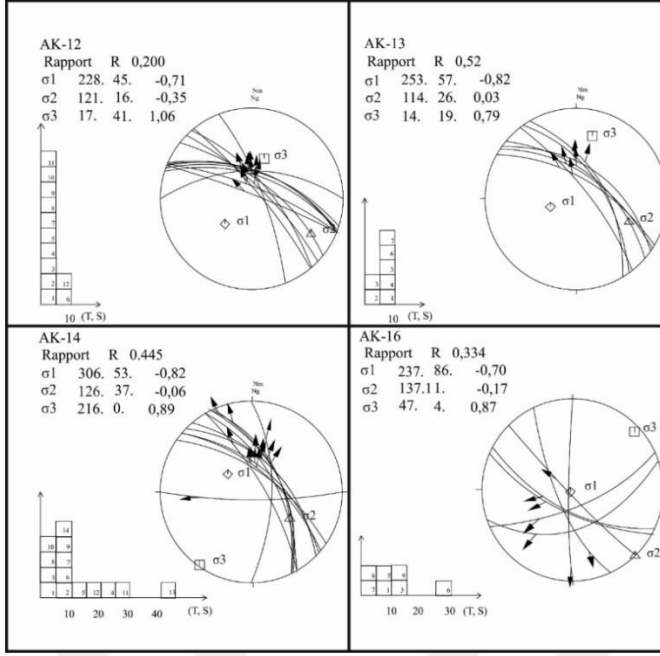
Bölgede çeşitli istasyonlarda ölçülen (Şekil 4.18. ve 4.19. ve Çizelge 4.2.) verilere göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) konumu  $243/47^\circ$ , en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) konumu  $35/17^\circ$  olarak saptanmıştır. Diyagramda ortaç gerilme eksenini ( $\sigma_2$ ) ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yatay konumda, en büyük gerilme ekseninin ise ( $\sigma_1$ ) düşey konumda olduğu tektonik rejim normal faylanmaya işaret etmektedir. Rm oranı 0,40 olarak bulunmuştur. Yukarıdaki veriler doğrultusunda bu alanın genişleme doğrultusu  $\sigma_3$  yönünde olup  $K35^\circ D$  dur. Bu sonuç bize bölgede oluşan fayların KD-GB yönünde genişleme rejimi altında oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca bu bölgeye gelişen son depremlerin odak çözümü yapıldığında karşılaşılan sonuç elde etmiş olduğumuz kinematik çözümün doğruluğunu kanıtlamaktadır. Bu veriler Batı Anadolu'da gerçekleşen açılma ve kaçma rejiminin bölgede oluşturduğu normal atımlı fayları ve horts-yarı graben yapılarını da açıklamaktadır. Bu çözüme göre bölgede etkin olan tektonik rejim, doğrultu atım bileşene sahip normal atımlı faylanmayı vermektedir. Bu normal atımlı faylanmalara (genişleme rejimi) uyumlu olarak doğrultu atımlı faylanmalar da mevcuttur.

Çizelge 4.2. KD-GB genişleme rejimi altında gelişen doğrultu atım bileşeni olan normal faylara ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları

İst. No:	N	$\sigma 1$ Az/Dip	$\sigma 2$ Az/Dip	$\sigma 3$ Az/Dip	R
AK-3	8	148/3	309/63	43/8	0,30
AK-4	14	135/43	279/41	26/19	0,49
AK-5b	9	199/61	317/15	54/24	0,36
AK-7	15	258/50	158/8	62/39	0,10
AK-8	12	179/72	308/11	40/14	0,76
AK-11	14	229/61	119/11	23/26	0,48
AK-12	12	228/45	121/16	17/41	0,20
AK-13	7	253/57	114/19	14/19	0,52
AK-14	14	306/53	126/37	216/0	0,44
AK-16	7	237/86	137/11	47/4	0,33
<b>SS1</b>	<b>112</b>	<b><math>\sigma 1=243/47</math></b>	<b><math>\sigma 2=125/21</math></b>	<b><math>\sigma 3=35/17</math></b>	<b>Rm = 0,40</b>



Şekil 4.18. KD-GB yönlü genişleme rejimi altında gelişen normal faylanmalara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir



Şekil 4.19. KD-GB yönlü genişleme rejimi altında gelişen normal faylanmalara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir

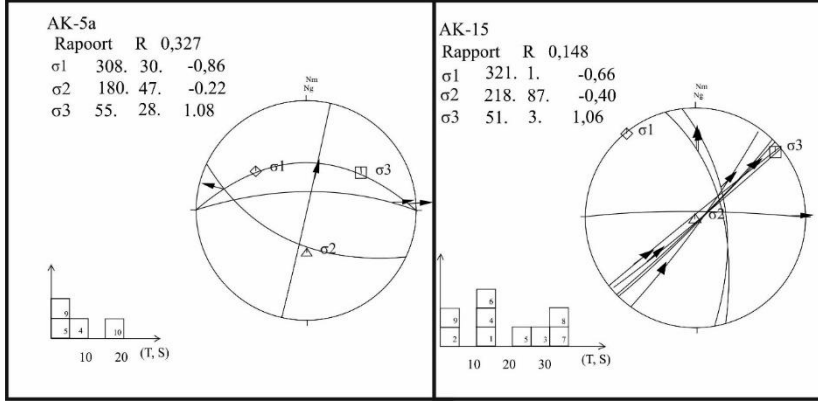
#### 4.3.2.2. KB-GD Yönünde Sıkışmaya Bağlı Gelişen Doğrultu Atımlı Faylar

Bölgede çeşitli istasyonlarda ölçülen (Şekil 4.20. ve Çizelge 4.3.) verilere ışığında hesaplanan en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) konumu  $314/20^\circ$ , en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) konumu  $53/15^\circ$  olarak bulunmuştur. Diyagramda en büyük asal gerilme eksenini ( $\sigma_1$ ) ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yatay konumda, orta gerilme ekseninin ise ( $\sigma_2$ ) düşey konumda olduğu rejim doğrultu atımlı faylanmaya ait tektonik rejimdir. Rm oranı 0,23 olarak bulunmuştur. Bu veriler doğrultusunda bu alanın sıkışma doğrultusu  $\sigma_1$  yönünde olup  $K46^\circ B$ , genişleme yönü ise  $\sigma_3$  olup  $K53^\circ D$  dur. Bu sonuç bize bölgede oluşan faylar KD-GB genişleme rejimine uygundur. Rm oranının 0,50 den düşük olması ise bu doğrultu atımlı faylanmaların transtansiyonel karakterinde olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.3. Bölgede rastlanan KB-GD yönlü sıkışma rejimine ait doğrultu atımlı faylara ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları

İst. No:	N	$\sigma_1$ Az/Dip	$\sigma_2$ Az/Dip	$\sigma_3$ Az/Dip	R
AK-5A	4	308/40	180/47	55/28	0,32
AK-15	9	321/1	218/87	51/3	0,14
<b>SS.2</b>	<b>13</b>	<b><math>\sigma_1=314/20</math></b>	<b><math>\sigma_2=199/67</math></b>	<b><math>\sigma_3=53/15</math></b>	<b>0,23</b>





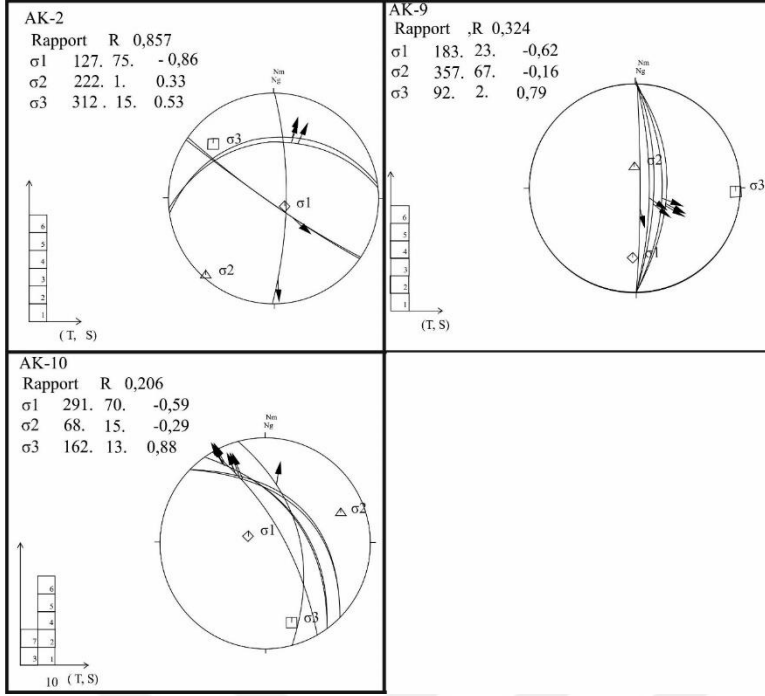
Şekil 4.20. KB-GD yönlü sıkışma rejimi altında oluşan doğrultu atımlı faylara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir

#### 4.3.2.3. KB-GD Yönünde Gelişen Genişlemeye Bağlı Normal Faylar

Bölgede çeşitli istasyonlarda ölçülen (Şekil 4.21. ve Çizelge 4.4.) verilere göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) konumu  $140/39^\circ$ , en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) konumu  $308/10^\circ$  olarak hesaplanmıştır. Burada en büyük asal gerilme eksenini ( $\sigma_2$ ) ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yatay konumda, ortaç gerilme ekseninin ise ( $\sigma_1$ ) dikey konumda olduğu normal faylanma ile karşımıza çıkan bir tektonik rejimdir. Rm oranı 0,45 olarak hesaplanmıştır. Yukarıdaki veriler doğrultusunda bu alanın genişleme doğrultusu  $\sigma_3$  yönünde olup  $K52^\circ B$  dir. Bu alanda elde edilen sonuçlar çalışma alanının KD-GB genişleme rejimi altında Hacıyusuf ve Soma Faylarının Kırkağaç ve Bakır Faylarıyla olan deformasyon hızı farklılığından doğan iki alan arasında KB-GD genişleme rejimi altında gelişen normal faylara ait olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.4. Bölgede rastlanan KB-GD yönlü genişleme rejimine ait normal faylara ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları

İst. No:	N	$\sigma_1$ Az/Dip	$\sigma_2$ Az/Dip	$\sigma_3$ Az/Dip	R
AK-2	6	127/25	222/1	312/15	0,85
AK-9	6	183/23	357/67	92/2	0,32
AK-10	7	291/70	68/15	162/13	0,20
<b>SS.3</b>	<b>23</b>	<b><math>\sigma_1=140/39</math></b>	<b><math>\sigma_2=275/27</math></b>	<b><math>\sigma_3=308/10</math></b>	<b>0,45</b>



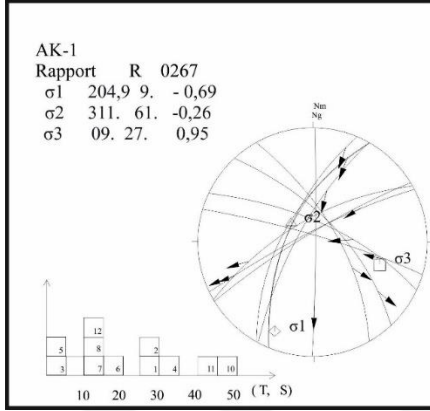
Şekil 4.21. KB-GD yönlü genişleme rejimi altında gelişen normal faylanmalara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir

#### 4.3.2.4. KD-GB Yönlü Sıkışmaya Bağlı Gelişen Doğrultu Atımlı Faylar

Bölgede AK-1 istasyonunda ölçülen (Şekil 4.22. ve Çizelge 4.5.) göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) konumu  $204/9^\circ$ , en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) konumu  $109/27^\circ$  olarak hesaplanmıştır. Burada en büyük asal gerilme eksenini ( $\sigma_1$ ) ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yatay konumda, ortaç gerilme ekseninin ise ( $\sigma_2$ ) düşey konumda olduğu doğrultu atımlı faylar ile karşımıza çıkan bir tektonik rejimdir. Rm oranı 0,26 olarak hesaplanmıştır. Yukarıdaki veriler doğrultusunda bu alanın sıkışma doğrultusu  $\sigma_1$  yönünde olup  $K24^\circ D$ , genişleme yönü ise  $\sigma_3$  olup  $K71^\circ B$  dir. Bu sonuç bize bölgede oluşan fayların, KB-GD genişleme rejimine uygun, KD-GB yönünde sıkışma rejimi altında oluştuğunu göstermektedir. Rm oranının 0,50 den küçük olması ise bu doğrultu atımlı faylanmaların transtansiyonel bir karakterde olduğunu göstermektedir. Bu fayların gelişimi ise AK-2, AK-9 ve AK-10 istasyonlarında olduğu gibi çalışma alanının KD-GB genişleme rejimi altında Hacıyusuf ve Soma Faylarının, Kırkağaç ve Bakır Faylarıyla olan deformasyon hızı farklılığından doğan ve iki alan arasında gelişen doğrultu atımlı faylara ait olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.5. Bölgede rastlanan KD-GB yönlü sıkışma rejimi etkisiyle oluşan doğrultu atımlı faylara ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları

İst. No:	N	$\sigma 1$ Az/Dip	$\sigma 2$ Az/Dip	$\sigma 3$ Az/Dip	R
AK-1 (SS4)	12	204/9	311/61	109/27	0,26



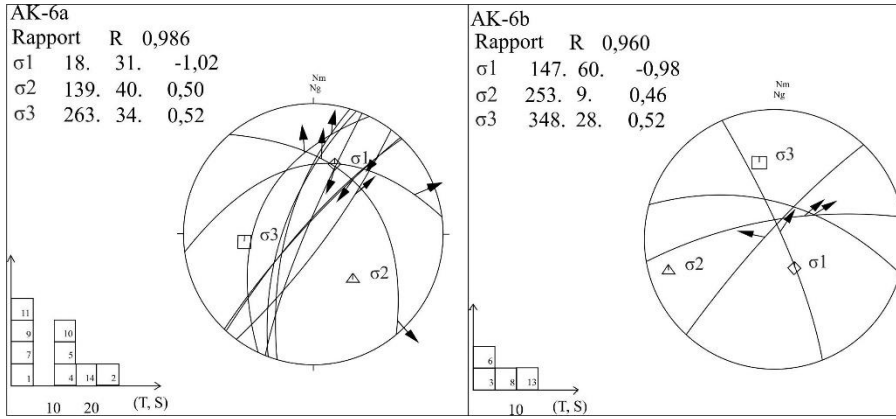
Şekil 4.22. KD-GB yönlü sıkışma rejimi altında oluşan doğrultu atımlı faylara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir

#### 4.3.2.5. Kırkağaç Ve Bakır Fayı Arasındaki Birleşmenin Olduğu Bölgede Gelişen Faylar

Ayrıca bölgede özel bir faylanmaya ait Kırkağaç Fayının Kırkağaç ve Bakır Fayı arasındaki sıçrama (birleşme) fayının aynası ve etrafında gelişen lokal faylarda ölçülen kinematik veriler aşağıda (4.23. ve Çizelge 4.6.) verilmiştir. Kinematik verilerin sonuçlarına göre K-G ve D-B yönlü genişleme ve K-G yönlü bir sıkışma vermektedir. Bölgeye hakim güncel KD-GB yönlü genişlemenin bir yan ürünü olarak bu fay meydana gelmiştir. AK-6B nolu istasyonda hesaplanan R oranı 0,90 dan büyük olması bu fayın gravitasyonel bir çökme olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde AK-6A nolu istasyonda da R oranı 0.90 dan büyük olması bunu ispat eder niteliktedir.

Çizelge 4.6. Kırkağaç ve Bakır Fayı arasındaki birleşmenin olduğu bölgede gelişen faylara ait kinematik analiz sonuçları

İst. No:	N	$\sigma 1$ Az/Dip	$\sigma 2$ Az/Dip	$\sigma 3$ Az/Dip	R
AK-6B	4	147/60	253/9	348/28	0,96
AK-6A	9	18/31	139/40	263/34	0,98



Şekil 4.23. Bakır ve Kırkağaç Fay Zonu arasındaki bölgedeki birleşme kaynaklı faylara ait lokasyonlarda gelişen kinematik analiz sonuçları görülmektedir.



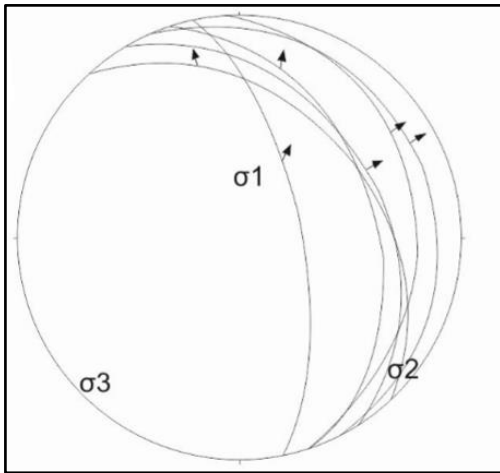
Şekil 4.24. (a) ve (b) AK-6. İstasyonda ölçülen fay çiziklerine bir örnek (c) AK-4. istasyonda ölçülen kronoloji fayları,(d) AK-7. İstasyondan bir fay çiziyi (e) AK-2 istasyonunda ölçülen fay çizikleri, (f)AK-5. İstasyonda ölçülen fay çiziyi ( Koordinatlar için Çizelge. 4.1)

### 4.3.3. Depremler

Çalışma sahasının bu bölümünde ve yakın çevresindeki deprem verileri B. Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (BDTİM) kayıtlarından alınıp, zSACWin EQ programıyla çözülmüştür. 2002 den günümüze kadar 3 (Mw)' ten büyük depremlerden seçilmiş 6 deprem çözülmüş, arazide görülen tektonizmaya ilişkilendirilmiş ve deprem parametreleri (doğrultu, atım, kayma) hesaplanmıştır (Çizelge 4.7). Elde edilen odak mekanizması çözümlerinden yardımcı düzlemler çıkarılarak seçilmiş olan düzlemler üzerinde Carey-Gailhardis ve Mercier (1987)' in terslenme methodu ile ortak bir çözüm (SFM) yapılmıştır. Çözülen bu güncel depremlerden çıkan sonuç saha gözlemleriyle uyuşmakta olup KD-GB doğrultusunda bir genişleme rejimini işaret etmektedir (Şekil 4.25.).

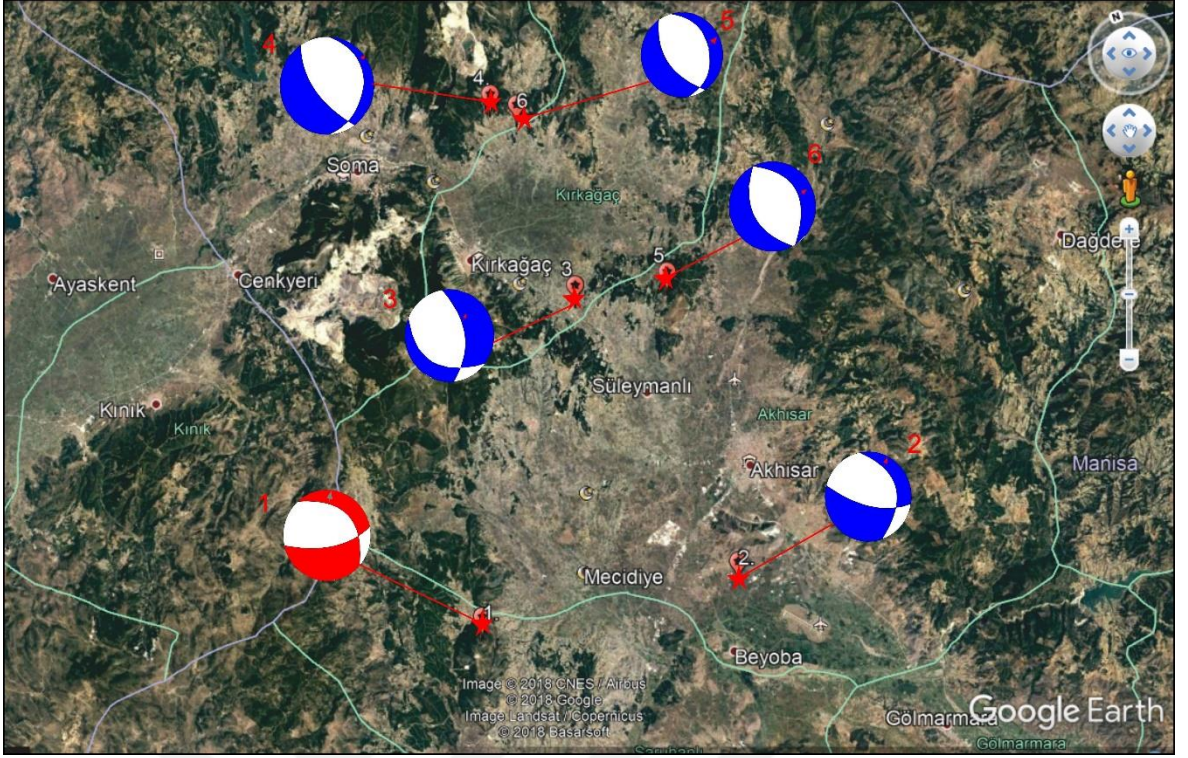
Çizelge 4.7. Odak mekanizması Moment Tensör Ters çözümü yapılarak bulunan deprem bilgileri

Deprem	Tarih ve Saat	Büyükük (Mw)	Derinlik (km)	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	NP1 Strike/Dip/Slip	NP2 Strike/Dip/Slip	Varians Red.(%) ve Kullanılan İstasyon Sayısı (X)	Referans
1	12.09.2016 08.26	5.0	12.10	38.8407	27.5762	78/67/-123	317/39/-36	78 (26)	Bu Çalışma.
2	12.09.2016 08.26	4.6	6	38.8468	27.7932	104/67/-122	342/39/-38	81 (14)	Bu Çalışma.
3	05.11.2004 17.30	4.3	14	39.1905	27.74217	348/67/-66	121/32/-133	47 (6)	Bu Çalışma.
4	13.01.2005 11.00	4.1	4	39.189	27.7295	147/71/-100	357/21/-61	57 (11)	Bu Çalışma.
5	15.03.2008	4.1	10.40	39.04117	27.818	350/72/-32	91/59/-160	49 (27)	Bu Çalışma.
6	13.01.2005 13.39	3.9	6	39.17733	27.74717	158/77/-88	334/13/-93	40 (10)	Bu Çalışma



Şekil 4.25. Elde edilen odak mekanizması çözümlerinden yardımcı düzlemler çıkarılarak seçilmiş olan düzlemler üzerinde Carey-Gailhardis ve Mercier (1987)' in terslenme methodu ile yapılan ortak bir çözüm (SFM)





Şekil 4.26. Çalışma alanında meydana gelen depremlerin odak çözüm mekanizmaları (Mavi ve kırmızı alanlar genişleme bölgelerini temsil eder)

Kuvaterner	SS1	SS2	Depremler
	SS3	SS4	Birleşme Fayı

Şekil 4.27. Yapılan kinematik analizler sonucu ortaya çıkan tektonik rejimler

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Soma ve Akhisar arasının Jeolojisi, Kinematığı ve Sismotektoniği isimli bu tez kapsamında Batı-Orta Anadolu yer almakta olan Soma ve Kırkağaç Fay Zonlarının jeolojik, kinematik ve sismotektetik özellikleri incelenmiştir.

Bakırçay ve Kırkağaç Ovalarının kenar faylarında yapılan saha çalışmalarında temel olarak 1/100.000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak yapısal unsurlar belirlenmiş ve çalışma alanının tektonik haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanı bölgesel olarak bakıldığında İzmir-Ankara zonunda yer almakta, Paleosen öncesi İzmir-Ankara zonun filiş özelliği gösteren temel kayalarının üzerine uyumsuz olarak gelen ve genişleme tektoniğiyle bağlantılı olan Paleosen sonrası volkano-sedimanter kayaların yüzlek verdiği bir sahadır ve Bakırçay boyunca Bakırçay ovasını ve Kırkağaç ovasını örten Kuvaterner alüvyon tüm bahsedilen birimlerin üstünü örtmektedir. Bölgede Hacıyusuf Fayı, Soma Fayı, Kırkağaç Fayı, Bakır Fayı gibi Neotektonik unsurlar bulunmaktadır.

Araştırma alanında tektonik özelliklerin belirlenmesi için Bakırçay ve Kırkağaç ovalarının kenar fayları ve civarında yapısal unsurlar araştırılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanının tektonik ve diri fay haritası çıkarılmıştır. Yaklaşık 22 km uzunlukta olan bu faylar Bakırçay ovasını güneyden ve Kırkağaç ovasını ise batıdan sınırlamaktadır. Hacıyusuf ve Avdan köyleri arasında uzanan Hacıyusuf Fayı ve Soma ilçesinin güneyinde ki yükselimle ova arasındaki sınırı teşkil eden Soma Fayı sağ yanal doğrultu atım bileşeni olan normal faylardır, bu fayların uzunlukları ise 12 km'dir. Öveçli mahallesinden Kırkağaç batısından geçerek güneyine doğru uzanan Kırkağaç Fayı K20B doğrultusunda olup sol yanal doğrultu atımlı bileşene sahip normal fay karakteri gösterir ve 6 km uzunludur. Bakır fayı ise 4 km uzunluğa sahip olup sol yanal doğrultu atım bileşenli normal bir faydır ve bu fay Kırkağacın güneyinde bir birleşme (breaching fault) fayı ile Kırkağaç Fayı ile birleşmektedir.

Çalışma alanında ve yakın çevresinde bahsedilen faylardan kinematik analiz için 16 istasyondan 169 kadar ölçüm yapılarak veri elde edilmiştir. Bu çalışmalar neticesinde çalışma alanının Kuvaterner'de KD-GB yönlü genişleme rejimi tarafından denetlendiği saptanmıştır. KD-GB yönlü genişlemenin etkisiyle oluşan Hacıyusuf ve Soma Fayları ile Kırkağaç ve Bakır Fayların deformasyon hızlarının farklı olması neticesinde bu fayların arasındaki bölgede KB-GD yönlü genişlemede bölgede izlenebilmektedir.

Çalışma alanı ve çevresinde 2002 ve 2016 yılları arasında meydana gelen 3 (Mw)'den büyük toplamda 6 adet depremin odak mekanizması çözümlenmeleri ve ters çözümleri yapılarak en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yatayda ve dış yayda, büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) merkezde ve düşey konumda, ortaç gerilme ekseninin ( $\sigma_2$ ) ise yatayda ve dış yaya yakın olduğu belirlenmiştir, genişleme rejimini ifade eden bu sonuca göre güncel gerilme rejimi KD-GB yönünde olduğu belirlenmiş ve yapılan fay topluluklarının kinematik analizleri ile elde edilen sonuçlarla uyum sağladığı belirlenmiştir.

Kırkağaç ve Soma çöküntü ovalarının aslında bir graben olmadığı söylenebilir. Soma Fayının kuzeyinde, Kırkağaç fayının doğusunda graben yaratacak eşlenik (conjugate) fayların bulunmadığı saptanmıştır. Bu ovalar yarı graben (half-graben) olarak adlandırılmalıdırlar. Kırkağaç ve Soma faylarına ancak antitetik ve sentetik tali faylar eşlik etmektedir. Bölgenin Neotektoniğine uygun doğrultusu bulunmayan Kırkağaç Fayı'nın ise Soma Fayı, Hacıyusuf Fayı ve batıda Bergama Fay zonunun sağ yanal atımı sayesinde oluştuğu anlaşılmaktadır. Bölgedeki KD-GB gidişli Bergama Fay Zonu, Hacıyusuf ve Soma faylarının geniş çerçevede incelendiğinde Simav Fayı ve Sındırgı Faylarının batıdaki Ege denizine açılan ucu olduğu görülmektedir. Soma ve Kırkağaç Faylarının oluşmalarına sebep olan KD-GB genişleme rejimi, bölgenin güneyinde yer alan ve Anadolu Levhası altına dalan Afrika Levhasının Helen yayı boyunca oluşturduğu karmaşık yitim süreçlerinden (slab-pull, roll-back) kaynaklandığını göstermektedir. Bununla birlikte bölge, Batı Anadolu'da hâkim olan wrench tektoniğinin (Moody and Hill, 1956) bir parçasını oluşturmaktadır.



## KAYNAKLAR

- Akyürek B., Soysal Y., 1981. Biga Yarımadasının Güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) Temel Jeoloji Özellikleri, MTA Dergisi, 11, 115-128. Ankara.
- Akyürek B., Soysal, Y., 1978. Kırkağaç-Soma (Manisa) Savaştepe-Korucu-Ayvalık (Balıkesir)-Bergama (İzmir) Civarının Jeolojisi: Maden Tetkik Ve Arama Enst. Rap., 6432 (Yayımlanmamış).
- Alan H., Ateşoğulları M., Çağlayan D., İlgün F., Konuk S., Uytun H., 2014. Manisa- Soma Eynez Karanlıkdere Mevkii Kapalı Ocak Kömür Madeni İşletmesi İş Cinayeti/ İş Kazası Raporu. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın No:120 Isbn: 978-605-01-0628-2.
- Angelier J., 1975. Sur L'analyse Des Mesures Recueillies Dans Des Sites Failleâs: L'utilité D'une Confrontation Entre Les Méthodes Dynamiques Et Cinématiques. C.R. Acad. Sci. 281(II): 1805-1808.
- Angelier J., Mechler P., 1977. Sur Methode Graphique de Recherche des Contraintes Principales Egalement Utilisable en Tectonique et en Sismologie: La Methode Diédre Droit. Bulletin de la Société Géologique de France, 19: 1309-1318.
- Angelier J., 1984. Tectonic Analysis of Fault Slip Data Sets, Geophys. Res., 89, 5835-58489.
- Armijo R., Cisternas A., 1979. Un Problème Inverse en Microtectonique Cassante. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 287: 595-598.
- Arpalıyigit İ., İnci U., 2000. Kırkağaç Diri Fay Zonu, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, BADSEM-2000, Bildiriler, 184-189, İzmir.
- Arthaud F., 1969. Méthode De Détermination Graphique Des Directions de Raccourcissement, D'allongement et intermédiaire D'une Population de Failles. Bull. Soe. Géol. France, 11:729-737.
- Bingöl E., Akyürek B., Korkmazer B., 1973. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi Ve Karakaya Formasyonu'nun Bazı Özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Kitabı, MTA yayınları, 70-76.

- Bozkurt E., 2001. Neotectonics of Turkey – a Synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, (2001), p.3-30.
- Bott M. H. P., 1959. The Mechanism of Oblique Slip Faulting. *Geol. Mag.* 96: 109–117.
- Brinkmann R., Feist R., Marr W.U., Nickel E., Schlimm W., Walter H.R. 1970. Soma Dağlarının Jeolojisi. *MTA Dergisi* 74, 41-56
- Carey E. ve Brunier B., 1974. Analyse Theorique et Numerique d'une Modele Mecanique Elementaire Applique à l'etude d'une Population des Failles, *C. R. Hebd. Acad. Sci, Lett.*270: 891-894.
- Carey E., 1976. Analyse Numérique D'un Mod` Ele Mécanique Élémantaire Appliqué À L'étude D'une Population De Failles: Calcul D'un Tenseur Moyen Des Contraintes À Partir Des Stries De Glissement: Unpublished PhD thesis, Tectonique Générale, Univ. Paris-Sud, Orsay, 138p.
- 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-Gailhardis E. and Mercier J.L., 1987. A Numerical Method For Determining The State Of Stress Using Focal Mechanisms Of Earthquake Populations Earth Planet. *Sci. Lett.* 82, 165-179.
- Dindi F., 2011, Soma havzası ve çevresindeki Neojen Volkanik Kayalarının Petrografisi ve Jeokimyası. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi. Türkiye.
- Dirik K., Özsayın E. Kahraman B., 2009. Eynez Sahası'nın (Soma Güneyi) Yapısal Özellikleri. TKİ Genel Müdürlüğü Raporu.
- Dreger D.S., 2002. Manual of the Time-Domain Moment Tensor Inverse Code (TDMT-INVC), Release 1.1. Berkeley Seismological Laboratory Berkeley, 18.
- Emre Ö., Doğan A. ve Özalp F., 2011. Türkiye Diri Fay Haritası, MTA. Ankara
- Engin B., Kapan-Yeşilyurt S., Taner G., Demirtaş H., Eken M., 2005. ESR Dating of Soma (Manisa, West Anatolia – Turkey) Fossil Gastropoda Shells. *Nuclear Instrumens and Methods in Physics Research B* 243 (2006), pp. 397-406.

- Ercan T., 1987. Radiometric Age Determinations of the Cenozoic Volcanics in Western Anatolia. *Bulletin of Geomorphology* 15, 83–90 (in Turkish).
- Erdoğan B., 1990. İzmir-Ankara Zonunun İzmir ve Seferihisar arasındaki Bölgede Stratigrafik Özellikleri Ve Tektonik Evrimi. *TPJD Bülteni*, 2/1, 1-20.
- Eroğlu İ., Bozyiğit R., 2012. Yunt Dağı ve Çevresinin İklim Özellikleri. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27 / 2012
- Ersoy Y. E., Dindi F., Karaoğlu Ö., Helvacı C., 2012. Soma Havzası ve Çevresindeki Miyosen Volkanizmasının Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, Batı Anadolu, Türkiye. *H.Ü. Yerbilimleri*, 33 (1), 59-80.
- Etchecopar A., Vasseur G., Daigneries M., 1981. An Inverse Problem in Microtectonics for the Determination of Stress Tensors from Fault Striation Analysis: *J. Struct Geol.*, v.3: 51-65.
- Görür N., Okay A.I., 1996. Fore-arc Origin of the Thrace Basin, Northwest Turkey. *Geologische Rundschau* 85, 662-668.
- Hetzel R., Ring U., Akal C., Trosech M., 1995. Miocene NNE-directed Extensional Unroofing in the Menderes Massif, Southwestern Turkey. *Journal of the Geology Society, London* 152, 639-654
- İnci U. 1998a. Miocene Synvolcanic Alluvial Sedimentation in Lignite-bearing Soma Basin, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 7, 63-78.
- İnci U. 1998b. Lignite and Carbonate Deposition in Middle Lignite Succession of the Soma Formation, Soma coalfield, western Turkey. *International Journal of Coal Geology* 37, 287-313.
- İnci U., Koçyiğit A., Bozkurt E., Arpalıyığıt İ., 2001. Kırkağaç ve Soma (Manisa) Grabenlerinin Kenar Faylarının Kinematik Analizi ve Depremselliği. *Tübitak Projesi, Proje No: YDAPCAG – 199Y013, 73 (s).*
- İnci U., Koçyiğit, A., Bozkurt E., Arpalıyığıt İ., 2003. Kırkağaç ve Soma Grabenlerinin Kuvaterner jeolojisi. *IV Kuvaterner Çalıştay, Genişletilmiş Bildiri Özleri*, 25-35, İTÜ.

- Kapan-Yeşilyurt S., Taner G., 2001. Soma Yöresi (Manisa - Batı Anadolu) Neojen Stratigrafisi ve Mollusk Faunası. 54. Jeoloji Kurultayı, 7-10 Mayıs 2001, Ankara. Bildiri No: 54-78.
- Kaya O., 1979. Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği: Türkiye Jeol. Kur. Bült., c. 22- 1,35-58.
- Nebert K. 1978. Linyit içeren Soma Neojen bölgesi, Batı Anadolu. MTA Dergisi 90, 20-69.
- Moody J.D., Hill M.J., 1956. Wrench-fault Tectonics. Geological Society of America Bulletin, v. 67, p. 1207-1246.
- Okay A.İ., Işınık İ., Altın D., Özkan-Altın S., Okay N., 2012. An Olistostrome–Mélange Belt Formed Along a Suture: Bornova Flysch zone, western Turkey. Tectonophysics, 568–569, (2012) 282–295.
- Okay A., Siyako M., 1993. The Revised Location Of The İzmir-Ankara Suture in the Region between Balıkesir and İzmir (in Turkish). In: Ozan Sungurlu Symposium Proceedings, Tectonics and Hydrocarbon Potential of Anatolia and Surrounding Regions (ed. S. Turgut), Ankara, 333-355.
- 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.
- Okay A.İ., Siyako M., 1991. The New Position of the İzmir–Ankara Neo-Tethyan Suture between İzmir and Balıkesir. In: Turgut S. (Ed.), Tectonics and Hydrocarbon Potential of Anatolia and surrounding regions, Ozan Sungurlu Symposium Proceedings, pp. 333– 355.
- Özden S., 1998. Sivas Havzası Kuzeyinde İzmir-Ankara Kenet Kusağının Tektonostratigrafisi ve Deformasyon Biçimi (Sivas-KD Anadolu), Doktora Tezi, C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 228 s.
- Över S., Ünlügenç U. C., Özden S., 2001. Hatay Bölgesinde Etkin Gerilme Durumları. Yerbilimleri, Sayı: 23, : 1-14

- Pegoraro O., 1972. Application de la Microtectonique a une Etude de Neotectonique sur le Golfe Maliaque (Gece centrale): These de 3 cycle, Montpellier
- Price N.J., 1966. Fault and Joint Development In Brittle And Semi-Brittle Rock, New York, Pergamon Press, 176 p.
- Sözbilir H., Sümer Ö., Uzel B., Özkaymak Ç., Ersoy Y., Erkül F., İnci U., Helvacı C., 2007. Batı Anadolu'da İzmir-Balıkesir Transfer Zonu İçerisinde Kalan Aktif Doğrultu Atımlı Faylarla Sınırlı Havzaların Jeolojik Özellikleri, ATAG-11, s. 42., Gebze.
- Şengör A.M.C., Yılmaz Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey, A Plate Tectonic Approach. Tectonophysics 75, 181–241.
- Uzel B., 2016. Bora Uzel (2016): Field Evidence For Normal Fault Linkage And Relay Ramp Evolution: the Kırkağaç Fault Zone, Western Anatolia (Turkey), Geodinamica Acta, DOI: 10.1080/09853111.2016.1184778.
- Wallace R. E., 1958. Geometry of Shearing Stres and Relation to Faulting. J. Geol. 59: 118.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Aykut KESKİN

Doğum Yeri : Bergama / İzmir

Doğum Tarihi : 11.06.1991

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

Keskin A., Tutkun S.Z., 2018. Akhisar ve Soma (Manisa) arasının Kinematığı ve Sismotektoniği. 71. Uluslar Arası Katılımlı Türkiye Jeoloji Kurultayı. Bildiri Kitapçığı, Sayfa No : 706. 23-27 Nisan 2018.

Keskin A., Özden S., Tutkun S.Z., 2016. Soma ve Akhisar(Manisa) arasının Kinematığı ve Sismotektoniği. ATAG 20, Bildiri Kitapçığı S: 47, 13-15 Ekim 2016, Denizli.

c) Katıldığı Projeler

Özden S., ve ark., 2016. Zeytindağ, Bergama, Soma ve Kırkağaç Faylarının Kinematığı ve Sismotektoniği. Proje No: FBA-2016-758

### İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Gülen Danışmanlık Çevre Bilimleri Mühendislik Madencilik Sondaj Enerji İnşaat Tic. Ve San. Ltd. Şti  
(2 yıl)

Kaleseramik A.Ş., ARGE., Hammadde Uzman Yardımcısı.

### İLETİŞİM

E-posta Adresi: aykutkeskn@gmail.com