



**YUNAK FAY ZONU'NUN AKTİF TEKTONİĞİ
VE KİNEMATİK ANALİZİ,
AFYON AKŞEHİR GRABENİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doğukan Mert ÖZCAN

**Danışman
Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK**

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2023

Bu tez çalışması 22.FENBİL.06 numaralı proje ile AKÜ-BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUNAK FAY ZONU'NUN AKTİF TEKTONİĞİ VE KİNEMATİK
ANALİZİ, AFYON AKŞEHİR GRABENİ

Doğukan Mert ÖZCAN

Danışman

Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2023

TEZ ONAY SAYFASI

Doğukan Mert ÖZCAN tarafından hazırlanan “Yunak Fay Zonu’nun Aktif Tektoniği ve Kinematik Analizi, Afyon Akşehir Grabeni” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 17 / 07 / 2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

Başkan : Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki 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,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

17/ 07 / 2023

Doğukan Mert ÖZCAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YUNAK FAY ZONU'NUN AKTİF TEKTONİĞİ VE KİNEMATİK ANALİZİ, AFYON AKŞEHİR GRABENİ

Doğukan Mert ÖZCAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

Yunak Fay Zonu üzerinde Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen saha ağırlıklı çalışmalar sırasında Yunak Fay Zonu içerisinde kalan 5 segment ilk defa 1/25.000 ölçekli olarak haritalanmış, Karapınar, Cebirail, Üçkuyu, İncirli ve Ayrıtepe Segmentleri olarak ilk defa adlandırılmış, geometrik, kinematik ve aktif tektonik özellikleri ilk defa analiz edilmiştir. Bununla beraber, çalışma alanı güneyinde yer alan Tuzlukçu ve yakın çevresinde son 7 yıldır yıkıcı deprem olmaksızın meydana gelen asismik yüzey deformasyonları tez kapsamında ilk defa haritalanmış, deformasyon özellikleri analiz edilmiş ve bölgenin tektonik yapısı ile ilişkilendirilmiştir.

Saha çalışmaları ile elde edilen bulgular, çalışma alanında uzunlukları 3 km ile 18 km arasında, genişlikleri 300 m ile 4 km arasında değişen KG, DB ve KD-GB uzanımlı ve 5,6 ile 6,7 moment büyüklüklerine kadar deprem üretme potansiyellerine sahip normal fayların varlığına işaret etmektedir. Tez kapsamında yapılan paleostres analizleri, bölgede yer alan fayların Kuvaterner öncesinde genel olarak K-G yönlü genişleme kuvvetleri ilişkili D-B yönlü sıkışma kuvvetleri etkisi altında saf doğrultu atımlı faylanma ile oluştukları, Pliyo-Kuvaterner döneminde etkili olan genişlemeli tektonizma sırasında ise D-B, KG ve KD-GB arasında değişen çok yönlü genişlemeli (multi-directional extension) tektonik ortam içerisinde eğim/oblik atımlı normal fay şeklinde çalışarak reaktif oldukları ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmada ilk defa tanımlanan Akşehir Alt Grabeni, eğim atımlı Yunak ve Mevlütlü Fay Zonları ile kontrol edilmektedir ve Sultandağı fayının düşen bloğu üzerinde çapraz graben niteliği sunmaktadır.

Tuzlukçu Yerleşim alanı doğusunda (Çöğürlü) gözlenen asismik yüzey deformasyonları üzerinde yapılan ölçümlere göre, çizgisel gidişli yarık ve çatlakların doğrultuları K28°D ile K10°B arasında değişmekte olup, Çöğürlü Köyü kuzeyinde ve güneyinde K-G genel uzanıma sahiptir. Yapılan saha çalışmaları, deformasyon hızı yaklaşık 8 cm/yıl olarak hesaplanan asismik yüzey deformasyonlarının, bu bölgede var olan ancak henüz literatürde bilinmeyen yaklaşık K-G uzanımlı fay kollarından birisinin üzerinde gelişmiş olabileceğine işaret etmektedir.

2023, xii + 98 sayfa

Anahtar Kelimeler: Aktif Tektonik, Kinematik analiz, Yunak Fay Zonu, Afyon-Akşehir Grabeni.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

ACTIVE TECTONICS AND KINEMATIC ANALYSIS OF YUNAK FAULT ZONE, AFYON AKŞEHİR GRABEN

Doğukan Mert ÖZCAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Çağlar ÖZKAYMAK

The Master's thesis study was conducted on the Yunak Fault Zone. Five segments within the Yunak Fault Zone were mapped for the first time at a scale of 1/25,000. These segments were named Karapınar, Cebirail, Üçkuyu, İncirli, and Ayrıtepe. The geometric, kinematic, and active tectonic properties of these segments were analyzed for the first time. Additionally, within the study area, aseismic surface deformations that have occurred in the Tuzlukçu region and its vicinity without destructive earthquakes for the past 7 years were mapped for the first time within the scope of the thesis. The deformation characteristics were analyzed and correlated with the region's tectonic structure.

The findings obtained from fieldwork indicate the presence of normal faults with NS, EW, and NE-SW orientations, ranging in length from 3 km to 18 km and in width from 300 m to 4 km, capable of generating earthquakes with moment magnitudes ranging from 5.6 to 6.7. Paleostress analyses conducted within the thesis reveal that the faults in the region were primarily formed by pure strike-slip faulting under the influence of N-S-directed extensional forces and E-W-directed compressional forces during the pre-Quaternary period. However, during the Plio-Quaternary period of extensional tectonism, they were reactivated as inclined/oblique-slip normal faults within a multi-directional extensional tectonic setting involving E-W, NS, and NE-SW orientations. The newly defined Akşehir Sub-Graben is controlled by the inclined Yunak and Mevlütlü Fault Zones and exhibits a cross-graben nature on the hanging block of the Sultandağı Fault.

Based on measurements conducted on the asismic surface deformations observed east of the Tuzlukçu Settlement (Çöğürlü), the orientations of the linear fissures and cracks range from N28°E to N10°E, with a general N-S trend north and south of Çöğürlü Village. Fieldwork suggests that the approximately 8 cm/year deformation rate calculated for the asismic surface deformations may have developed on one of the existing but hitherto unknown N-S-oriented fault branches in this region.

2023, xii + 98 pages

Keywords: Active tectonics, Kinematic analysis, Yunak Fault Zone, Afyon-Akşehir Graben.



TEŞEKKÜR

Yapılan Yüksek Lisans Tez çalışması sırasında, saha çalışmalarında, analizlerin ortaya çıkarılmasında, tezin yazımında ve daha birçok aşamada beni yönlendirerek desteklerini esirgemeyen saygı değer tez danışmanım Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK'a çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tez çalışmalarına sağladığı destek için Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na (Proje No: 22.FENBİL.06) teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında 121Y021 numaralı TÜBİTAK projesi ile bursiyerliğim boyunca bana sağladığı destekler için TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Bana projesinde yer veren ve her konuda desteklerini esirgemedi yardımcı olan saygı değer Dr. Özcan ÖZYILDIRIM'a, tüm sorularımı yanıtlayan ve yardımcı olan, öğrenim hayatım boyunca tanıdığım saygı değer Prof. Dr. Ahmet YILDIZ'a, Doç. Dr. Metin BAĞCI'ya, Dr. Tülay ALTAY'a, Dr. Aslı KARABAŞOĞLU'na, Dr. Can BAŞARAN'a, Dr. Feyzullah Ekrem ÇONKAR'a, Arş. Gör. Sami Serkan İŞOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Tez çalışmalarımı değerlendirerek çok değerli ve gurur verici yorumlar yapan jüri üyeleri Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR'e ve Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Son olarak yüksek lisans tez çalışmamda saha çalışmalarına yardımcı olan arkadaşlarıma, hayatım boyunca maddi ve manevi her zaman yanımda olan, yardımlarını esirgemeyen, aileme, varlığıyla beni motive eden oğluma ve sevgili eşim Didem ÖZCAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Doğukan Mert ÖZCAN

Afyonkarahisar 2023

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışma Alanının Tanıtımı.....	1
1.2 Çalışma Alanının Amacı.....	7
1.3 Terminoloji, İklim, Bitki Örtüsü ve Coğrafi Yapı	8
1.4 Kullanılan Yöntemler.....	10
1.4.1 Uzaktan Algılama Çalışmaları	10
1.4.2 Jeolojik Haritalama Çalışmaları.....	11
1.4.3 Kinematik Analiz Çalışmaları.....	12
2. STRATİGRAFİ	15
2.1 Neojen Öncesi Temel Kayaçlar	16
2.2 Neojen Birimler	22
2.3 Kuvaterner Birimler	24
3. YAPISAL JEOLJİ	29
3.1 Fay Geometrisi ve Segmentasyonu.....	30
3.2 Fay Kinematiki	39
3.2.1 L-1	41
3.2.2 L-2	43
3.2.3 L-3	45
3.2.4 L-4	47
3.2.5 L-5	49
3.2.6 L-6	50
3.2.7 L-7	52
3.2.8 L-8	54
3.2.9 L-9	56

3.2.10 L-10	58
3.2.11 L-11	67
3.2.12 L-12	69
3.2.13 L-13	71
3.2.14 L-14	73
3.2.15 L-15	76
3.2.16 L-16	78
3.2.17 L-17	80
3.2.18 Tuzlukçu Bölgesinde Meydana Gelen Asismik Yüzey Deformasyonlarının Arazi Gözlemleri	82
4. SONUÇ	87
5. KAYNAKLAR	91
ÖZGEÇMİŞ	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Türkiye'nin tektonik haritası.....	1
Şekil 1.2 Batı Anadolu Genişleme Bölgesi'nin (BAGB) ana neotektonik yapılarını ve aktif havzalarını gösteren basitleştirilmiş harita.....	2
Şekil 1.3 Afyon-Akşehir Grabeni ve yakın çevresinin jeoloji haritası.	3
Şekil 1.4 Yüksek Lisans Tez sahası yer bulduru haritası,	4
Şekil 1.5 Yüksek Lisans Tez sahasını ve onu oluşturan paftaların gösteren Türkiye Diri Fay Haritası	5
Şekil 1.6 Afyon-Akşehir Grabeni ve yakın çevresinin sismotektonik haritası.	6
Şekil 1.7 Uzaktan algıma yöntemleri ile oluşturulan tez sahasının 2B ve 3B sayısal yükseklik modeli haritaları.	11
Şekil 1.8 Yüksek Lisan tez sahası paftalarını gösteren Google earth uydu görüntüsü. .	12
Şekil 1.9 Farklı gerilme tipleri içinde gelişen fay setleri ve bu gerilmelere sebep olan asal gerilme eksenlerinin şematik gösterimi,	14
Şekil 2.1 Yüksek Lisans Tez Çalışma alanının da içerisinde yer alan Afyonkarahisar ili ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti	16
Şekil 2.2 Yüksek Lisans tez sahası jeoloji haritası.....	18
Şekil 2.3 Yüksek Lisans Tez sahası içerisindeki Orta-üst Triyas yaşlı karbonatlı kayalar	20
Şekil 2.4 a; Yüksek Lisans Tez çalışması kapsamında 10. Lokasyondaki şematik gösterim, orta üst Triyas yaşlı temel kayalar, bu kayaları kesen fay düzlemi ve genç fayönü çökellerini göstermektedir., b; Yüksek Lisans Tez çalışması kapsamında 10. Lokasyondaki şematik gösterime aitsaha fotoğrafı	21
Şekil 2.5 Yüksek Lisan Tez çalışması kapsamında oluşturulan E-F hattındaki jeolojik kesit	21
Şekil 2.6 Yüksek Lisans Tez sahası içerisindeki Neojen yaşlı karbonatlı kayalar.....	22
Şekil 2.7 Yüksek Lisan Tez çalışması kapsamında oluşturulan X-Y hattındaki jeolojik kesit	23
Şekil 2.8 Üçkuyu ve Cebail Segmenteri üzerinde haritalanan alüvyal yelpaze çökelleri	25
Şekil 2.9 Cebail ve Ayrıtepe Fay Segmenteri üzerinde haritalanan alüvyal yelpaze çökelleri	26
Şekil 2.10 Yüksek Lisans Tez sahası içerisindeki alüvyal yelpaze çökelleri.....	27
Şekil 2.11 Yüksek Lisans Tez sahası içerisindeki Kuvaterner birimler ile Neojen öncesi temel kayalar ve onları birbirinden sınırlayan Cebail fay segmenti	27
Şekil 2.12 Yüksek Lisan Tez çalışması kapsamında oluşturulan G-H hattındaki jeolojik kesit	28

Şekil 2.13 Yüksek Lisans Tez sahası içerisinde bulunan kurumuş Akşehir Gölü tabanından çekilmiş arazi fotoğrafı.	29
Şekil 3.1 Cebirail segmentine ait arazi fotoğrafları.....	32
Şekil 3.2 Cebirail segmentine ait arazi fotoğrafları.....	33
Şekil 3.3 Karapınar fay segmentine ait arazi fotoğrafları.	34
Şekil 3.4 Ayrıtepe segmentine ait arazi fotoğrafları	36
Şekil 3.5 Karapınar segmentine ait arazi fotoğrafı,.....	37
Şekil 3.6 a; L-14'e ait arazi fotoğrafı, b; Kuvaterner yaşlı Alüvyal yelpaze çökelleri. Genç çökeller içerisinde gözlenen düşeye yakın açılı deformasyon yapısı. ...	39
Şekil 3.7 Yunak Fay Zonunun içerisinde yer aldığı Yüksek Lisan tez sahası Dirî Fay geometrisini ve Lokasyonları gösteren harita.	40
Şekil 3.8 Lokasyon 1'de ölçülen fay düzlemlerine ait arazi fotoğrafı.	40
Şekil 3.9 L1'de gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	43
Şekil 3.10 Lokasyon 2'de gözlemlenen yapıların arazi fotoğrafları	44
Şekil 3.11 L-2'de gözlemlenen fay hareketlerine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	45
Şekil 3.12 L-3'e ait fay düzlemi ve fay breşleri içeren arazi fotoğrafları.	46
Şekil 3.13 L-3'te gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	47
Şekil 3.14 L-4'e ait fay düzlemi ve fay çizikleri içeren arazi fotoğrafları.	48
Şekil 3.15 L-4'te gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	49
Şekil 3.16 L-5'de gözlemlenen fay çiziklerini içeren arazi fotoğrafları	50
Şekil 3.17 L-6'ya ait fay düzlemi ve fay çizikleri içeren arazi fotoğrafları.	51
Şekil 3.18 L-6'da gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	52
Şekil 3.19 L-7'ye ait fay düzlemi ve fay çizikleri içeren arazi fotoğrafları.	53
Şekil 3.20 L-7'de gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	54
Şekil 3.21 L-8'ye ait fay düzlemi ve fay çizikleri içeren arazi fotoğrafları.	55
Şekil 3.22 L-8'de gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	56
Şekil 3.23 L-9'a ait fay düzlemi ve fay çizikleri içeren arazi fotoğrafları.	57
Şekil 3.24 L-9'da gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	58
Şekil 3.25 L-10' a ait fay düzlemlerini gösteren arazi fotoğrafları	59

Şekil 3.26 a;L-10' da gözlemlenen fay düzlemi, b; karstik oluşumlar, c; fay breşleri...	60
Şekil 3.27 L-10'da gözlemlenen R1 hareketine ait fay düzlemi ve çiziklerini içeren arazi fotoğrafları.....	61
Şekil 3.28 L-10'da gözlemlenen fay çizikleri, a,b; R2 fazına ait fay çizikleri, c,d; R3 fazına ait fay çizikleri.	62
Şekil 3.29 Lokasyon 10'a ait arazi fotoğrafı,	63
Şekil 3.30 Lokasyon 10'a ait arazi fotoğrafı,	64
Şekil 3.31 L-10'da gözlemlenen R4 hareketine ait fay çiziklerini içeren arazi fotoğrafları.....	65
Şekil 3.32 L-10'da hesaplanan kinematik analiz sonuçları ve plot görüntüsü.....	67
Şekil 3.33 L-11'de gözlemlenen fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları..	68
Şekil 3.34 L-11'de gözlemlenen fay hareketiner ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	69
Şekil 3.35 L-12'de gözlemlenen fay düzlemlerine ve çiziklerine ait arazi fotoğrafları.	70
Şekil 3.36 L-12'de gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	71
Şekil 3.37 L-13'te gözlemlenen fay düzlemlerine ve çiziklerine ait arazi fotoğrafları..	72
Şekil 3.38 L-13'te gözlemlenen fay hareketlerine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.....	73
Şekil 3.39 L-14'e ait fay sarplıkları ve düzlemleri içeren arazi fotoğrafı.	74
Şekil 3.40 L-14'e ait fay düzlemleri ve gözlemlenen fay çizikleri.	75
Şekil 3.41 L-14'e ait plot görüntüsü, asal gerilme eksenleri ve kinematik analiz çalışmaları ile elde edilen kinematik veriler.....	76
Şekil 3.42 L-15' e ait fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları.....	77
Şekil 3.43 L-15'e ait plot görüntüsü, asal gerilme eksenleri ve kinematik analiz çalışmaları ile elde edilen kinematik veriler.....	78
Şekil 3.44 L-16'ya ait fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları.....	79
Şekil 3.45 L-16'ya ait plot görüntüsü, asal gerilme eksenleri ve kinematik analiz çalışmaları ile elde edilen kinematik veriler.....	80
Şekil 3.46 L-17'ye ait fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları.....	81
Şekil 3.47 L-17'ye ait plot görüntüsü, asal gerilme eksenleri ve kinematik analiz çalışmaları ile elde edilen kinematik veriler.....	82
Şekil 3.48 Tuzlukçu bölgesi jeoloji haritası	83
Şekil 3.49 Tuzlukçu bölgesinin batısında gözlenen K70°D doğrultulu asismik yüzey deformasyonları.....	84
Şekil 3.50 Tuzlukçu doğusunda yer alan Çöğürlü Köyü ve yakın civarında gözlenen asismik yüzey deformasyonlarına ait saha fotoğrafları	85

Şekil 3.51 Tuzlukçu bölgesindeki gözlenen asismik yüzey deformasyonlarına ait saha fotoğrafları.....	86
Şekil 4.1 Afyon Akşehir Grabeni kuzeyindeki KD-GB uzanımlı çapraz grabenleri gösteren basitleştirilmiş tektonik harita	86

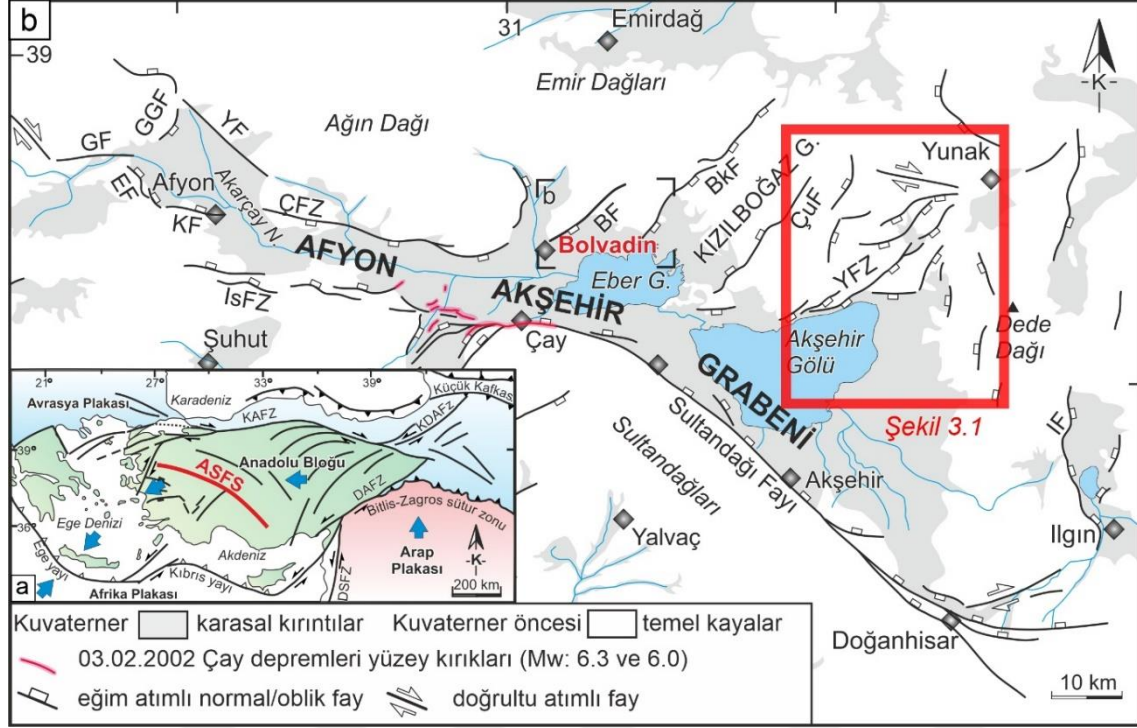


ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1 Afyon-Akşehir Grabeni Doğu bölümünde bulunan diri fayların bilgileri	6
Çizelge 1.2 Asismik Yüzey Deformasyonlarının sınıflandırılması.....	9
Çizelge 3.1 Yüksek Lisans Tez çalışması içerisinde alınan ölçümler ve kinematik hesaplamaları içeren çizelge.....	41
Çizelge 4.1 Tez sahası içerisindeki fay segmentlerinin özellikleri ve üretebilecekleri deprem büyüklükleri.....	87

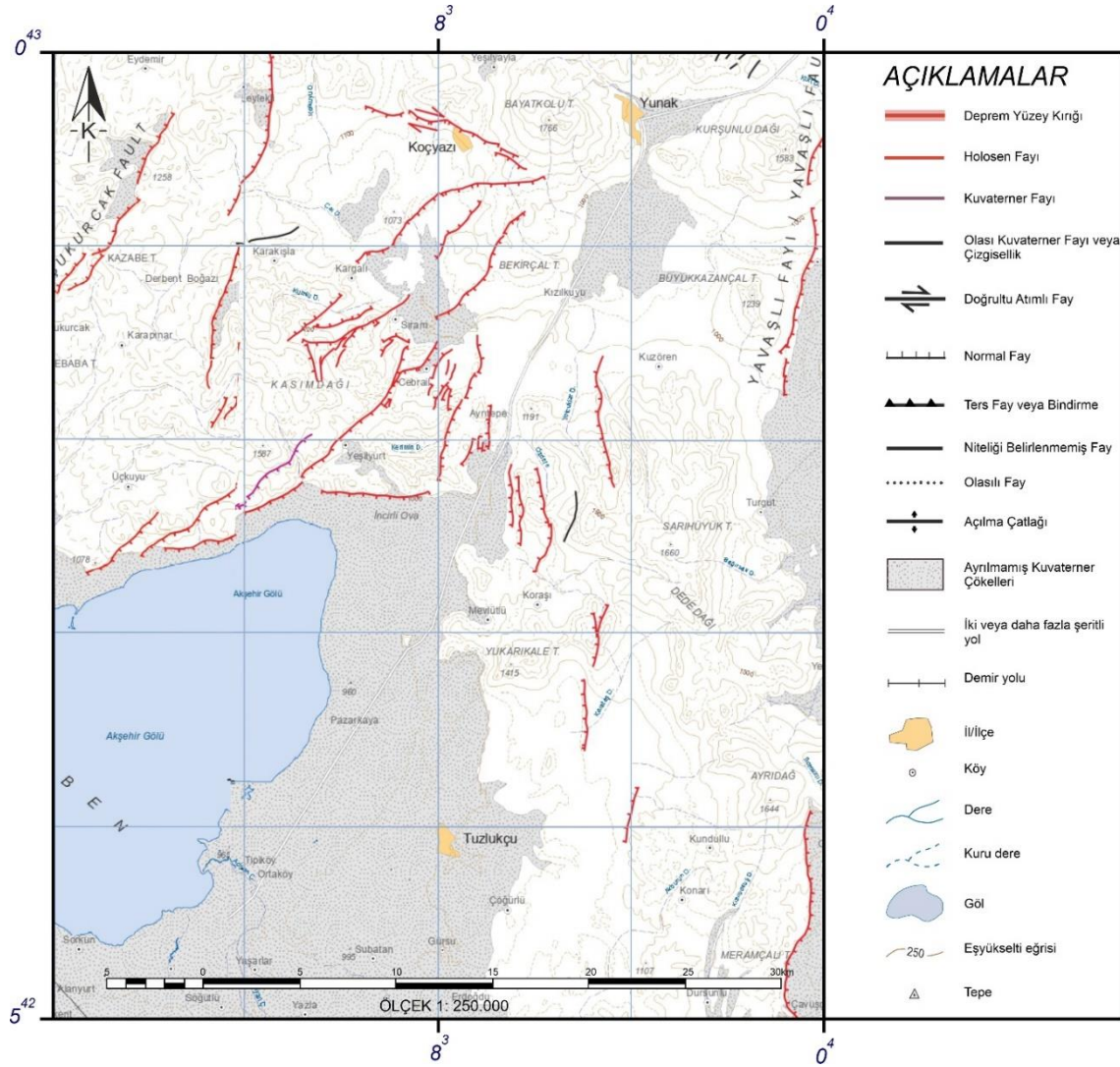


K26c2, K27d1, K27d2, K26c3, K27d4, K27d3, L26b2, L27a1, L27a2 paftaları içerisinde yer alır (Şekil 1.4, 1.5).



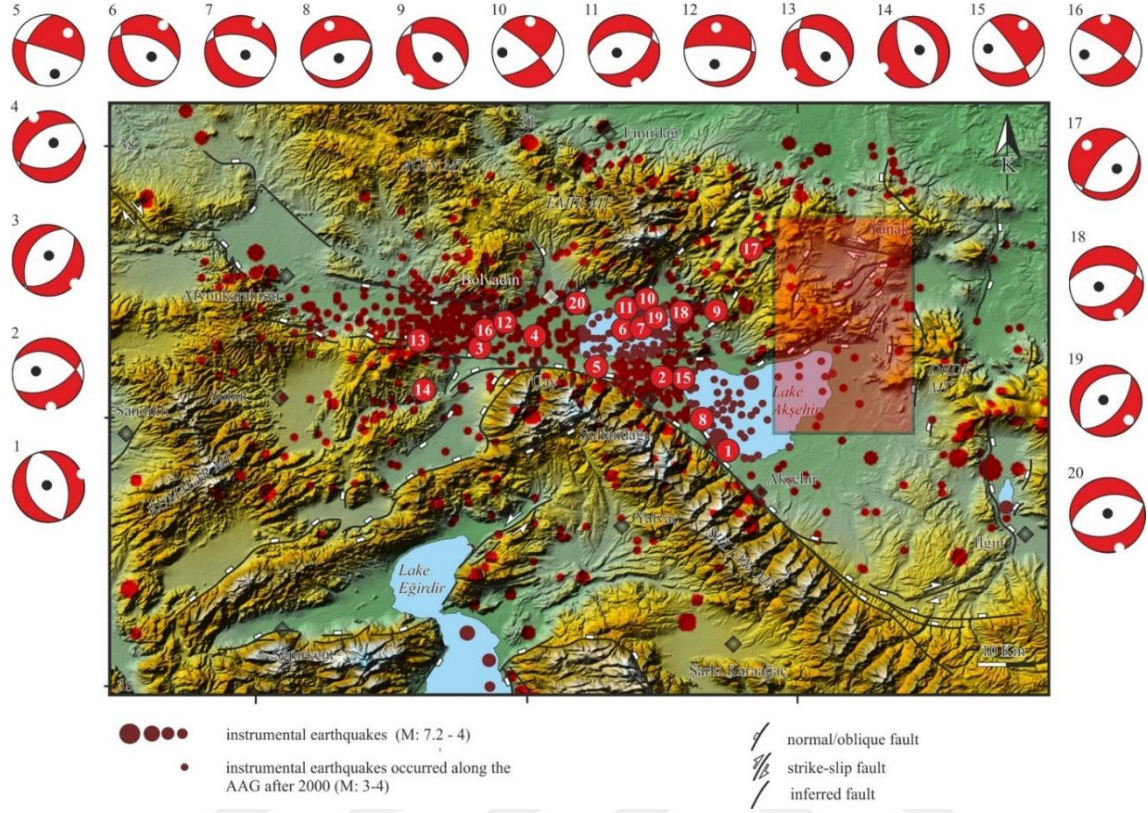
Şekil 1.4 Yüksek Lisans Tez sahası yer bulduru haritası, a; Doğu Akdenizin Neotektonik yapısı (Özkaymak, 2015'ten alınmıştır) b) Afyon-Akşehir grabeni diri fay haritası (Emre vd. 2011 ve Özkaymak vd. 2019'dan düzenlenmiştir).

Çalışma alanı birbirlerini açılal uyumsuzluklarla üzerleyen Neojen öncesi temel kayalar, Neojen karasal kırıntılar ve Kuvaterner birimlerden oluşmuştur. Yunak Fay Zonu, Akşehir Gölü'nün kuzeyinde, güneydoğuda Üçkuyu ile kuzeydoğuda Yunak yerleşim alanları arasında yer alır. Birçok fay kolları Yunak Fay Zonu'nu temsil etmektedir (Emre vd. 2011). KB-GD, K-G ve KD-GB uzanımlı fay setleri, grabenin kuzeydoğu bölümünü parçalayarak ikincil horst ve grabenlerin gelişmesine olanak sağlamıştır (Koçyiğit ve Özacar 2003, Özkaymak vd. 2017, 2019, Geçievi vd. 2019). Bu fayların, Afyon-Akşehir Grabeni'nin kuzeye eğimli ana graben fayı niteliğindeki Sultandağı Fay Zonu'nun tavan bloğunda çapraz faylar niteliğinde gelişmiş olduğu ifade edilmektedir (Geçievi vd. 2019). Fay Zonu içerisinde, uzunlukları 9, 18, 27 ve 20 km olan dört diri fay segmenti tanımlanmıştır. Yunak fay Zonu'nun üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü 6,75 olarak hesaplanmıştır (Duman vd. 2018, Emre vd. 2018) (Çizelge 1.1).



Şekil 1.5 Yüksek Lisans Tez sahası ve yakın çevresini gösteren Türkiye Diri Fay Haritası (Emre vd. 2011).

Bölgenin sismotektonik yapısına bakıldığında aletsel ve tarihsel dönemden bu yana çok sayıda depremin meydana geldiği bilinmekte olup, bu bakımından aktif bir bölgedir. Afyon-Akşehir Grabeni ve yakın çevresinde aletsel dönem boyunca büyüklükleri 4 ile 7.2 arasında değişen 267 adet deprem meydana gelmiştir (KOERİ 2023). Grabenin orta kısımlarında sismik aktivitelerin daha da yoğun olduğu görülmektedir. Graben boyunca meydana gelen aletsel dönem depremlerin odak mekanizma çözümleri baskın olarak normal faylanmaya işaret etmektedir (Şekil 1.6). Çalışma alanının da içerisinde yer aldığı Grabenin doğu bölümü de sismik açıdan önemli bir alandır. Grabenin doğu bölümünde maksimum 6,8 büyüklüğüne kadar deprem üretebilme potansiyeline sahip olan fay sistemleri dahil olmak üzere 8 tane diri fay bulunmaktadır (Çizelge 1.1).



Şekil 1.6 Afyon-Akşehir Grabeni ve yakın çevresinin sismotektonik haritası (Özkaymak vd. 2017, Faylar Emre vd. 2011'den, Odak Mekanizma Çözümleri, EMSC 2023'den, Afyon-Akşehir Grabeni içerisinde 2000 yılından sonra meydana gelen (M:3-4) depremler KOERİ 2023'den alınmıştır).

Çizelge 1.1 Afyon-Akşehir Grabeni Doğu bölümünde bulunan diri fayların bilgileri (Emre vd. 2018'den alınmıştır).

No	Fayın İsmi	Tip	Uzunluğu (km)	Maksimum Deprem Büyüklüğü
1	Sultandağı F	Eğim Atımlı normal	18,11,22,26,20, 18	6.7
2	Büyük Karabağ F	Eğim Atımlı normal	29	6.8
3	Çukurcak F	Eğim Atımlı normal	23	6.7
4	Yunak FZ	Eğim Atımlı normal	9,18,27,20	6.8
5	Piribeyli F	Eğim Atımlı normal	17	6.4
6	Yavaşlı F	Eğim Atımlı normal	22	6.6
7	İlgın FZ	Eğim Atımlı normal	27,9	6.7
8	Yazlıca F	Sağ yönlü doğrultu atımlı	20	6.5

Afyon Akşehir Grabeninin kuzeydoğu bölümünü temsil eden Yunak Fay Zonu içerisinde, uzunlukları 9, 18, 27 ve 20 km olan dört diri fay segmenti tanımlanmıştır ve üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü 6,75 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1.1) (Duman vd. 2018, Emre vd. 2018). Zonun üzerinde fayın yıkıcı deprem tekrarlama periyodu, geçmişte ürettiği yıkıcı deprem sayısı, atım miktarı, kayma hızı gibi parametrelerin sunulduğu yayınlanmış bir veri bulunmamaktadır.

Son yıllarda, Afyon-Akşehir Grabeni boyunca yıkıcı deprem olmaksızın gelişen yüzey deformasyonları gözlemlenmiştir. Gazlıgöl, Afyonkarahisar Askeri Havaalanı, Bolvadin, Yeni Karabağ, Eber, Tatarlı, Tuzlukçu bölgelerinde gözlenen bu deformasyonlar yüzeyde çizgisel gidişli yarık ve çatlaklar şeklinde belirgindir. Batı Anadolu Genişleme Bölgesi içerisinde yer alan Manisa'ya bağlı Yeniköy, Sarıgöl, İzmir'e bağlı Ödemiş, Bayındır ve Aydın'a bağlı Germencik, Söke gibi graben kenarlarındaki yerleşim alanlarında da benzer yüzey deformasyonları gözlemlenmiştir (Koca vd. 2011, Demirtaş vd. 2008a, Özkaymak vd. 2017). Yapılan önceki çalışmalar genellikle düşey yönde yer değiştirmenin de gözlemlendiği bu tip deformasyonların genellikle graben kenarlarını kontrol eden diri faylar üzerinde oluştuğuna işaret etmektedir (Gürsoy vd. 1997, Demirtaş vd. 2008a, Koca vd. 2011, Tiryakioğlu vd. 2017, 2018, Özkaymak vd. 2014, 2015, 2017, 2019).

1.2 Çalışma Alanının Amacı

Afyonkarahisar ve Konya'daki yerleşim alanları için önemli deprem kaynaklarından birisi, Afyon-Akşehir Grabeni'nin Kuzeydoğu bölümünde bulunan Yunak Fay Zonu'dur. Bu zon ilk defa 2011 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda (Emre vd. 2011) diri fay olarak tanımlanmıştır. Ancak fayın geometrisi, kinematik analizi ve aktif tektonik özellikleri üzerine yayınlanmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tezin amacı, Yunak Fay Zonu'nun 1/25.000 ölçeğinde haritalanması, zonun aktif tektonik özelliklerinin belirlenmesi, geometrik ve kinematik özelliklerinin araştırılmasıdır. Fay Zonu üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmalar ile Yunak Fay Zonu'nun deprem tehlike analizine yönelik saha verileri toplanmıştır. Bununla beraber, Yunak Fay Zonu güneyinde yer alan Tuzlukçu ve çevresinde gözlenen asismik yüzey deformasyonları 1/25.000 ölçeğinde haritalanmış ve bölgenin jeolojik yapısı içerisinde değerlendirilmiştir.

1.3 Terminoloji, İklim, Bitki Örtüsü ve Coğrafik Yapı

Tez çalışması içerisinde değinilen ‘Tektonik’ kavramı kısaca yerkabuğunun deformasyonu ile ilişkili olarak gelişen yapıları, süreçleri ve yerkabuğundaki oluşumları temsil eder. Herhangi bir bölgede, jeolojik geçmişte herhangi bir zamanda başlayıp niteliğini değiştirmeksizin günümüzde de süren tektonik rejime 'Neotektonik', bu döneme de 'Neotektonik dönem' denilmektedir. Doğu Türkiye’de Neotektonik dönem, Miyosen döneminde Arap ve Avrasya levhalarının Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca çarpışması sonrasında, batı Anadolu’da ise Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu’nun Pliyosen zamanında oluşmasıyla başlamıştır (Bozkurt 2001, Dewey vd. 1986, Koçyiğit vd. 2001, Şaroğlu ve Yılmaz 1986, Şengör ve Kidd 1979, Şengör ve Yılmaz 1981, Yılmaz vd. 1987).

Yeryüzünü şekillendiren ve insan toplulukları üzerinde etki yapan dinamik tektonik süreçleri inceleyen çalışmalar 'Aktif Tektonik' olarak tanımlanmaktadır (Keller ve Pinter 2002). Bu anlamda, Neotektonik dönem içerisinde yer alan daha sınırlı bir zamanı temsil eder.

'Sismotektonik' kavramı ise, sismik aktiviteler ile tektonik yapının birleştirilmesi ile ortaya çıkan ve bu ikisi arasındaki ilişkiyi çözmeye çalışan bir disiplindir.

‘Asismik yüzey deformasyonları’ (AYD) ise, genellikle insan aktiviteleri sonucu yeraltı su seviyesinin düşmesi sonucu yüzey altındaki konsolide olmayan sedimanların sıkışmasına bağlı olarak gelişen oturma ilişkili deformasyonlar olarak tanımlanır (Holzer 1984, Pewe 1990, Koca vd. 2011, Hernández-Madriral vd. 2014, Özkaymak vd. 2017). Yüzey yarıkları ve yüzey faylanmaları şeklinde iki tip olarak gelişirler. Yüzey yarıkları, genişleme gerilmesi ile ilişkilidir ve yarık düzlemine dik yönlü açılma geometrisine sahiptirler. Yeraltı su seviyesinin düşmesine bağlı olarak gelişen yüzey faylanmaları ise, o bölgede daha önceden var olan faylar boyunca meydana gelirler (Van Siclen 1967, Holzer 1980, Özkaymak vd. 2017).

Çizelge 1.2 Asismik Yüzey Deformasyonlarının sınıflandırılması (Holzer 1984, Pewe 1990, Holzer ve Galloway 2005, Pacheco-Martínez vd. 2013, Hernández-Madrigal vd. 2014, Özkaymak vd. 2017).

Yüzey Faylanması (Surface Faults)	Yüzey Yarıkları (Earth Fissures)
Deformasyon, var olan bir fayı takip eder	Derinlere inmezler
Düşey yönde yer değiştirme gözlenir	Genellikle drenajlara paralel gelişirler
Tektonik krip gelişebilir	Düşey yönde bir yer değiştirme gözlenmez
Sarplıklar genellikle 0,5 m'den fazladır	Yarıklara dik yönde açılmalar gözlenir
Deformasyonun uzunluğu genellikle 1 km'den fazladır	Tektonik krip gözlenmez
Borulanma gerçekleşebilir	Borulanma gerçekleşebilir

Çalışma Alanı Eber ve Akşehir Göllerinin sırasıyla kuzeydoğu ve kuzeyinde yer alır. Sığ bir göl olan Eber Gölü, son yıllarda etkili olan kuraklık ve iklim koşullarına bağlı olarak küçülme eğilimi göstermektedir. Akşehir Gölü ise 2021 yılı yaz aylarında tamamen kurumuş olup, mevsimsel yağışlara bağlı olarak zaman zaman su içermektedir. Bölgenin iklimi karasal iklimdir. Bununla beraber İç Anadolu ve İç Batı Anadolu iklimlerinin geçit yeridir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Yıllık sıcaklık ortalaması 10,9 derecedir. Yıllık nispi nem % 61,9'dur. Yıllık yağış ortalaması 384,2 mm.'dir. Çalışma alanı bozkır özelliği göstermekte olup, ormanlık alan yoktur, kurakçıl otsu bitkiler ve seyrek bodur ağaçlar gözlenir. Karakışla, Cebail ve Üçkuyu yerleşim alanları arasındaki bölge dağlık alan olup, baskın olarak dayanımı yüksek Mezozoyik yaşlı karbonatlardan, kısmen de Miyosen volkanitleri ve sedimanlarından oluşmaktadır. Bölgenin önemli yükseltileri, Kasım Dağı (1595 m), Çalıöz Tepe (1545 m), Zeybek Tepe (1532 m), Sarıtaş Tepe (1571), Gökdolay Tepe (1476 m), Tilkisiyen Tepe (1457 m), Koca Tepe (1389) Toptaş Tepe (1244 m) bu dağlık alandaki karbonatlar üzerinde yer almaktadır. Bu karbonat platformu, mevsimsel yağışları drene eden ve genellikle kuru olan çok sayıda dere ile aşındırılmaktadır. Karakışla, Sıram ve Cebail yerleşim alanları genel olarak KB-GD doğrultusu boyunca karbonat platformunu kuzeydoğudan sınırlarlar. Bu alandan itibaren kuzeydoğu bölgesi dayanımı nispeten daha düşük alüvyal çökelleri ile Miyosen kırıntılardan yapıldır. Bu alandaki Kurtdüzü mevki (1042 m), Kumludere Mevki (1000 m) alüvyal düzlük alanlardır ve ekili tarla alanlarıdır. Bununla beraber, Akşehir Gölü

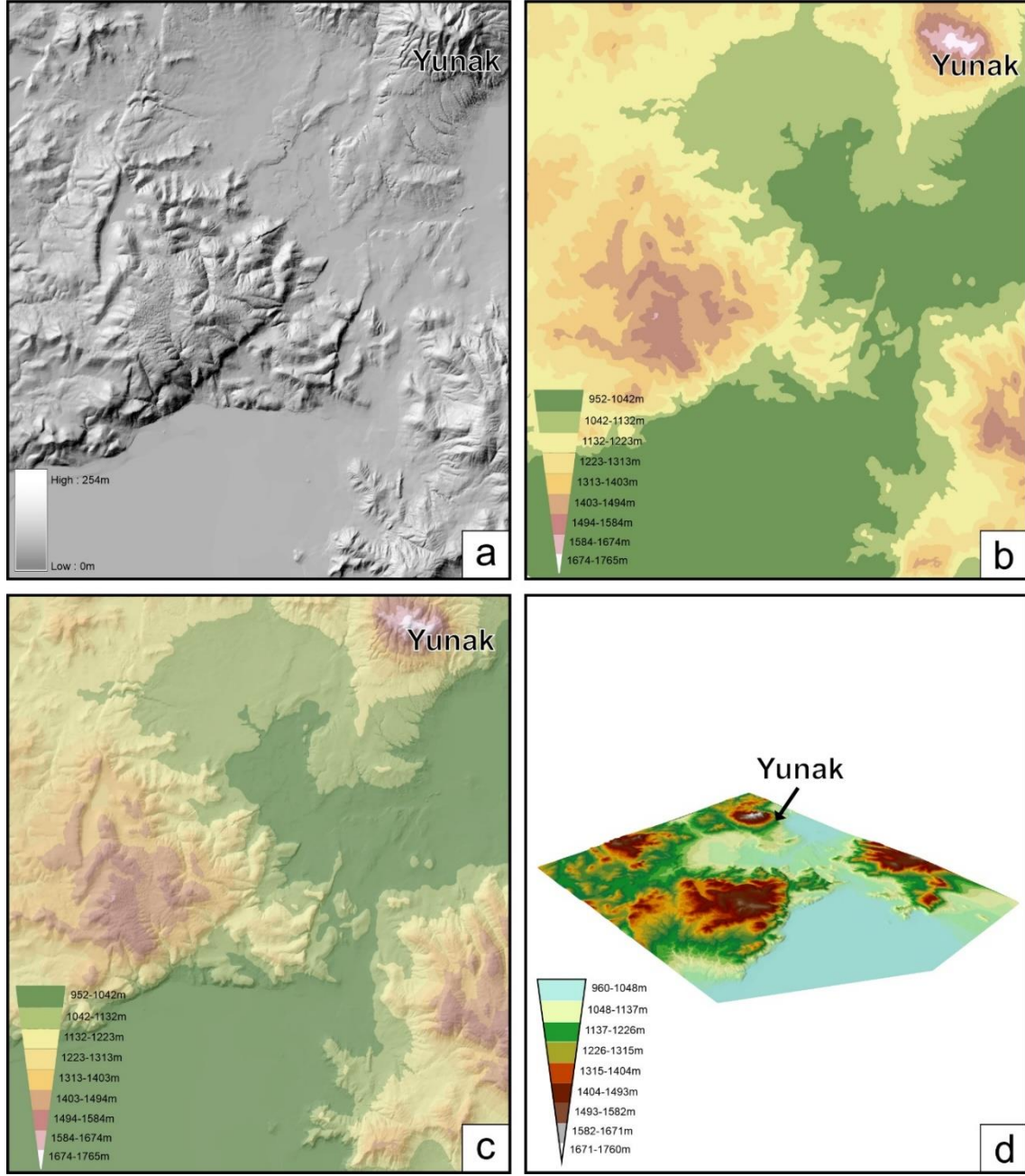
kuzeyinde, karbonatları güneyden sınırlayan fay segmentleri boyunca düşen güney blok Afyon Akşehir Grabeni'nin kuzey kenarı olarak bilinir. Bu alan, alüvyal düzlükler ile tipiktir. Bu alanlardaki Karagöz Ovası (960 m), Karana yeri (967 m), İncirli Ova (965 m), Pazarkaya mevki (962 m) alüvyal, flüvyal ve gl çökellerinin girik olduğu önemli düzlük alanlardır.

1.4 Kullanılan Yöntemler

Yüksek lisans tez çalışması kapsamında kullanılan yöntemler başlıca; uzaktan algılama, jeolojik haritalama ve kinematik analiz yöntemleridir.

1.4.1 Uzaktan Algılama alışmaları

Uzaktan algılama, gerekli donanıma sahip uydu ve uçaklardan, belirli bir mesafeden yapılan yeryüzünü gözleme ve tanımlama teknolojisidir. Jeolojik alışmalar yapılırken, yeryüzü şekillerinin incelenmesi, yapısal jeoloji, doğal afetler ve doğal kaynakların incelenmesi gibi kullanım alanları bulunmaktadır (Sümer vd. 2006). Jeolojik saha çalışmalarında yeryüzü şekilleri incelenmesinde, araziye çıkmadan önce ön hazırlık yapılması için önemli bir kaynak sunmaktadır. Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında da uydu görüntülerinden ve sayısal yükseklik modellerinden faydalanılmıştır. Çalışma alanında bölgesel çalışmalar yapılırken SRTM (Shuttle Radar Terrain Mission) verileri kullanılmıştır ve ayrıntılı çalışma yapılması gereken bölgelerde ise ayrıntılı ölçekte üretilen detaylı sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuştur. Kullanılan bu yöntemler sayesinde arazi için hazırlık ve Yüksek Lisans tezi için ise önemli veri tabanı oluşturulmuş ve modellemeler yapılmıştır. Bu kapsamda Surfer ve Arc Map programları kullanılarak 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalardan 10 m hassasiyette 2B ve 3B sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur.

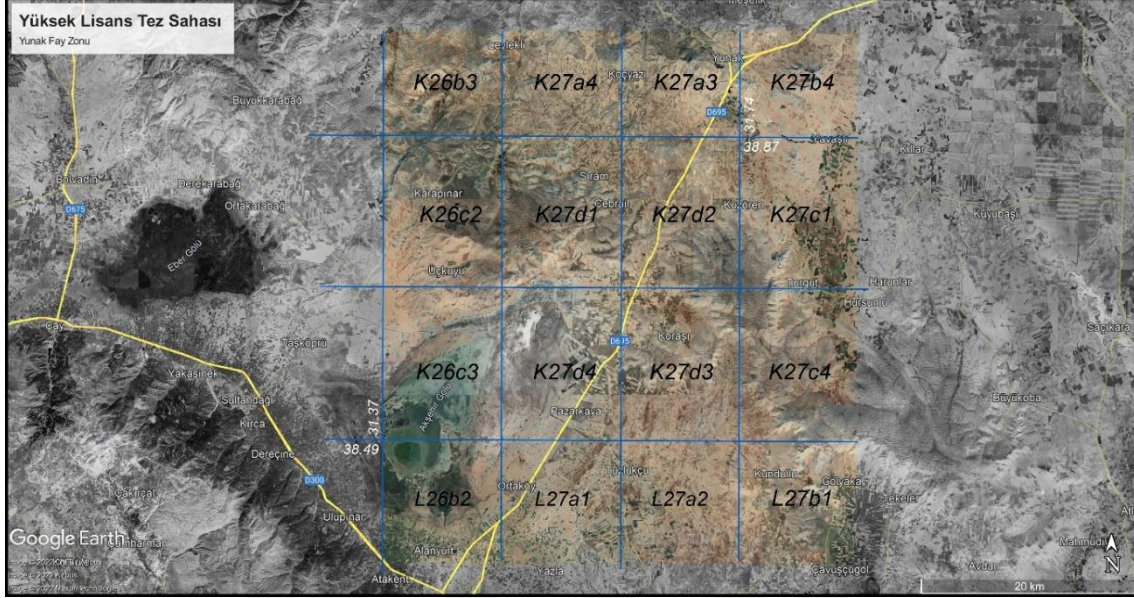


Şekil 1.7 Uzaktan algıma yöntemleri ile oluşturulan tez sahasının 2B ve 3B sayısal yükseklik modeli haritaları.

1.4.2 Jeolojik Haritalama Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında, Yunak Fay Zonu'nun Aktif Tektoniği ve Kinematik Analizi yapılması amacıyla 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalara jeoloji, fay verileri ve jeomorfolojik göstergeler, Afyon Kocatepe Üniversitesi'nden temin edilen topoğrafik haritalara işlenmiştir. Bu çalışma Yunak Fay Zonunu kapsayan paftalarda

gerçekleştirilmiştir. Bu paftalar, k26b3, k26c2, k26c3, k27a3, k27a4, k27d1, k27d2, k27d3, k27d4 isimli 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalardan oluşmaktadır (Şekil 1.8).



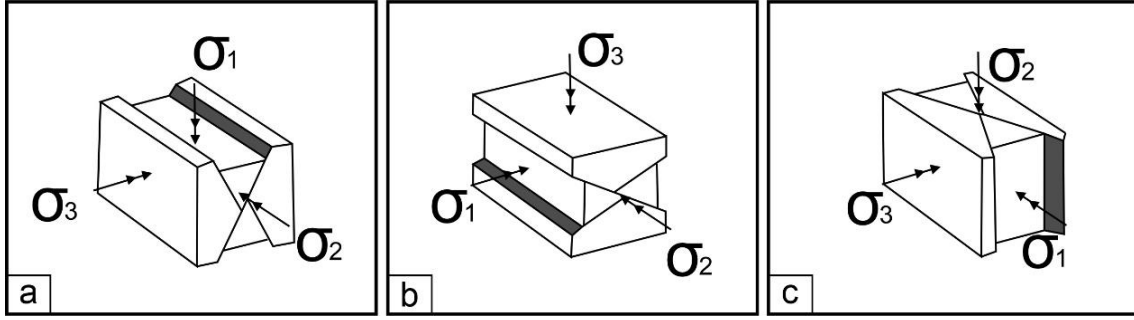
Şekil 1.8 Yüksek Lisan tez sahası 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita paftalarını gösteren Google earth uydü görüntüsü.

Tez çalışması kapsamında yapılan jeolojik haritalama çalışmaları ile çalışma alanında yüzlek veren birimlerin litolojik özelliklerinin belirlenmesi, çalışma alanı içerisinde yüzlek veren birimlerin birbirinden ayıran yapısal hatların tanımlanması ve kinematik olarak özelliklerinin belirlenmesi, çalışma alanı içerisinde gözlemlenen fayların aktif tektonik analizleri ve tanımlanması, bölge içerisinde yüzlek veren birimlerin birbirleri ile ilişkisinin daha iyi analiz edilmesine yardımcı olmak amacı ile jeolojik kesitlerin alınması çalışmaları eşzamanlı bir şekilde yürütülmüştür.

1.4.3 Kinematik Analiz Çalışmaları

Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında, çalışma alanı içerisinde gözlemlenen faylarda meydana gelen gerilimlerin ve bu gerilimlere etki eden gerilme rejiminin belirlenmesi için kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır. Fay kinematiği ile geometrisini, Anderson 1951 yılında yaptığı çalışmalarda homojen ve homojen olmayan ortamda karşılaştırarak bu parametrelerin ana gerilme yönleriyle ilişkili olduğuna çalışmasında değinmiştir. Kayaçlardaki gerilmeler genelde anizotropik olarak tanımlanmaktadır. Kayaçlar ve

kayaçlar içerisindeki gerilmeler stres elipsoidi eksenleri ile ifade edilir. Bu eksenler ana gerilmenin büyüklükleri ile karakterize edilen eksenlerdir. En büyük asal gerilme σ_1 olarak ifade edilir ve stres elipsoidinin en uzun eksenindedir. En kısa ekseninde ise σ_3 olarak ifade edile en küçük asal gerilme ve ortanca uzunluktaki ekseninde ise σ_2 şeklinde ifade edilen ortanca asal gerilme bulunur. Asal gerilme büyüklükleri ve stres elipsoidinin şekli, o bölgedeki deformasyonu oluşturan faylanmanın tipi, dağılımı ve hareket yönü ile ilişkilidir (Angelier 1984). Bu yaklaşımlar günümüze dek geliştirilmiş ve bilgisayar tabanlı kinematik analiz programları oluşturulmuştur. Fayın reaktivasyonu ve fay yüzeyi üzerindeki hareketin yönü, ridel makaslamaları, fay olukları (corrugations), fay kurtukları ve fay çizikleri gibi kinematik göstergeler kullanılarak tespit edilmiştir. Çalışma alanında gözlemlenen farklı fay setlerinin bağlı yaşları hesaplanması aralarında kesen-kesilen ilişkisine göre yapılmıştır. Fay yüzeyi verileri Angelier'in gerilme terslenme yöntemi (Angelier 1984, 1991, 1994) ve Hardcastle ve Hills (1991) tarafından geliştirilen program kullanılarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda fay düzlemleri ölçümlerinden elde edilen gerilim tensörü, üç asal gerilim ekseninin doğrultuları ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$) ve bu gerilmeler için eksenel oran (ϕ) olmak üzere dört bileşene sahiptir. Eksenel oran (ϕ) = $(\sigma_2 - \sigma_1) / (\sigma_3 - \sigma_1)$ ve $0 < \phi < 1$ olarak tanımlanmıştır (Angelier 1994). Gerilme rejimi hesaplanırken asal gerilmesi eksenlerinin doğrultularından hangisinin düşey düzlemde olduğuna göre yapılır. En büyük asal gerilme eksenini olarak tanımlanan σ_1 , düşey düzlemdeyken genişlemeli, ortaç asal gerilme eksenini olarak tanımlanan σ_2 , düşey düzlemdeyken doğrultu atımlı ve en küçük asal gerilme eksenini olarak tanımlanan σ_3 , düşey düzlemdeyken sıkışmalı tektonik rejimden bahsedilmektedir. Gerilme rejimi 0 ile 1 değerleri arasında değişen gerilim oranının fonksiyonuna bağlı olarak değişir (Delvaux vd. 1997): Dairesel genişleme (σ_1 düşeyde, $0 < \phi < 0,25$), saf genişleme (σ_1 düşeyde, $0,25 < \phi < 0,75$), transtansiyon (σ_1 düşeyde, $0,75 < \phi < 1$ ya da σ_2 düşeyde, $1 > \phi > 0,75$), saf doğrultu atımlı (σ_2 düşeyde, $0,75 > \phi > 0,25$), transpresyonel (σ_2 düşeyde, $0,25 > \phi > 0$ ya da σ_3 düşeyde, $0 < \phi < 0,25$), saf sıkışma (σ_3 düşeyde, $0,25 < \phi < 0,75$) ve dairesel sıkışma (σ_3 düşeyde, $0,75 < \phi < 1$). Saha çalışmaları içerisinde fay düzlemleri üzerinde ve bu düzlemler üzerinde gözlemlenen fay çiziklerinde yapılan çalışmalar ile elde edilen kinematik veriler Angelier programına işlenerek fayların paleostres analizleri yapılmıştır.



Şekil 1. 9 Farklı gerilme tipleri içinde gelişen fay setleri ve bu gerilmelere sebep olan asal gerilme eksenlerinin şematik gösterimi, a; Normal fay, b; bindirme, c; doğrultu atımlı fay (Angelier 1984).

2. STRATİGRAFİ

Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında çalışma alanında jeolojik haritalama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sahada ulaşılamayan bölgelerin jeolojik verileri ise önceki çalışmalardan alınarak revize edilmiştir (Uman ve Yergök 1979, Metin vd. 1987, 1988, Özcan vd. 1990, Özkaymak vd. 2017, 2019). Tez kapsamında oluşturulan 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası Şekil 2.2’de sunulmuştur. Jeolojik haritalama çalışmaları sırasında, Afyon Akşehir Grabeni kuzey kenarını kesecek şekilde 3 hat boyunca enine jeolojik kesit oluşturulmuş ve bu bölümde aşağıda sunulmuştur. Yapılan çalışmalar sırasında toplanan stratigrafik veriler, gözlenen jeolojik birimler ve bu birimlerin bölgenin tektonizması ile ilişkisi aşağıda sunulmuştur.

Çalışma alanı Akşehir-Simav Fay Sistemi’nin güneydoğu bölümünü temsil eden Afyon-Akşehir Grabeninin kuzeydoğu bölümünü oluşturur. Çalışma alanında gözlenen stratigrafik birimler, 1) Neojen öncesi temel kayalar, 2) Neojen Birimler ve 3) Kuvaterner Birimler başlıkları altında gruplanmıştır. Temel kayalar, çalışma alanında oldukça geniş bir bölgede, özellikle topoğrafik olarak yüksek alanlarda yüzlek vermektedirler. Genel olarak orta Triyas ile üst Kretase arasında tarihlenen, baskın olarak denizel karbonatlı kayalar yer yer de ofiyolitik ve kırıntılı sedimanlardan oluşmaktadır. Temel kayalardan oluşan bu yaşlı istif, erken Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik ve sedimanter kayalardan oluşan bir istif tarafından uyumsuzlukla üzerlenir. Altta taban konglomerası ile başlayan, üste doğru karbonatlı seviyelere geçiş gösteren regresif sedimanlar, en üst kesimlerde kırıntılı transgresif bir istifle örtülür. Volkanik çökeller ile eş yaşlı ve geçişli olan bu karasal sedimanlar içerisinde tüfit, lav kayaları ve piroklastik çökeller sıklıkla gözlenir. Çalışma alanının kuzeydoğu, güneydoğu ve batı bölümlerinde nispeten yumuşak bir topoğrafyanın olduğu alanlarda yüzlek vermektedir. Çalışma alanında stratigrafik olarak en üstte yer alan birimler genel olarak alüvyal yelpaze, kolüvyal ve flüvyal dağ önü birikintileri ile graben içerisindeki alüvyal düzlük, flüvyal ve gölsel çökellerden oluşmaktadırlar. Kuvaterner yaşlı bu birimler Neojen birimleri uyumsuz olarak üzerlerler ve modern havza dolgusu olarak nitelenmişlerdir (Şekil 2.1).

Zaman	Sistem	Seri	B. kalınlığı	Litoloji	Açıklamalar
SENOZOYİK	NEOJEN	PLİYO-KUVATERNER	~ 5-25 m		Kaba taneli kenar fasiyesi; kötü boyanmalı, kumlu çamurlu kaba çakıl-bloklardan yapıli alüvyal yelpaze, kolüvyal ve yamaç döküntüleri. Ince taneli graben ortası fasiyesi; çapraz katmanlı kırmızı çamurlu, yer yer çakıllı kum ve killerden yapıli alüvyal yelpazelerin uç kesimleri ve akarsu çökelleri <i>uyumsuzluk</i>
		PLİYOSEN	~ 30-50 m		kumtaşı ve kilttaşlarından yapıli karasal kırıntılar polijenik çakıltaşı (Erdemir Konglomerası) <i>uyumsuzluk</i>
		ORTA MİYOSEN	~ 25-110 m		Gebeceler Formasyonu beyaz, sarımsı beyaz renkli, yer yer silisli, gastropod fosilli, orta-kalın tabakalı gölsel kireçtaşları Afyon Volkanitleri Trakit, Andezit, Trakiandezit bileşimli lav (Karakaya Bazaltı) ve piroklastik çökeller (Seydiler İgnimbiriti ve tüfü) Kumtaşı, kilttaşı, çamurtaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşan gölsel çökeller
		ALT MİYOSEN	~ 25-110 m		Andezit, Trakiandezit bileşimli lav ve piroklastik çökeller Kumtaşı, çamurtaşı-kilttaşı, kömürlü-organik malzemece zengin şeyl
MEZOZOYİK	ORTA TRIYAS - ÜST KRETASE		~ 800-1500 m		Emirdağ Grubu Temel Kayaları pelajik kireçtaşları çört ve metadiyabaz blokları içeren ofiyolitik birimler beyazımsı gri kristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı

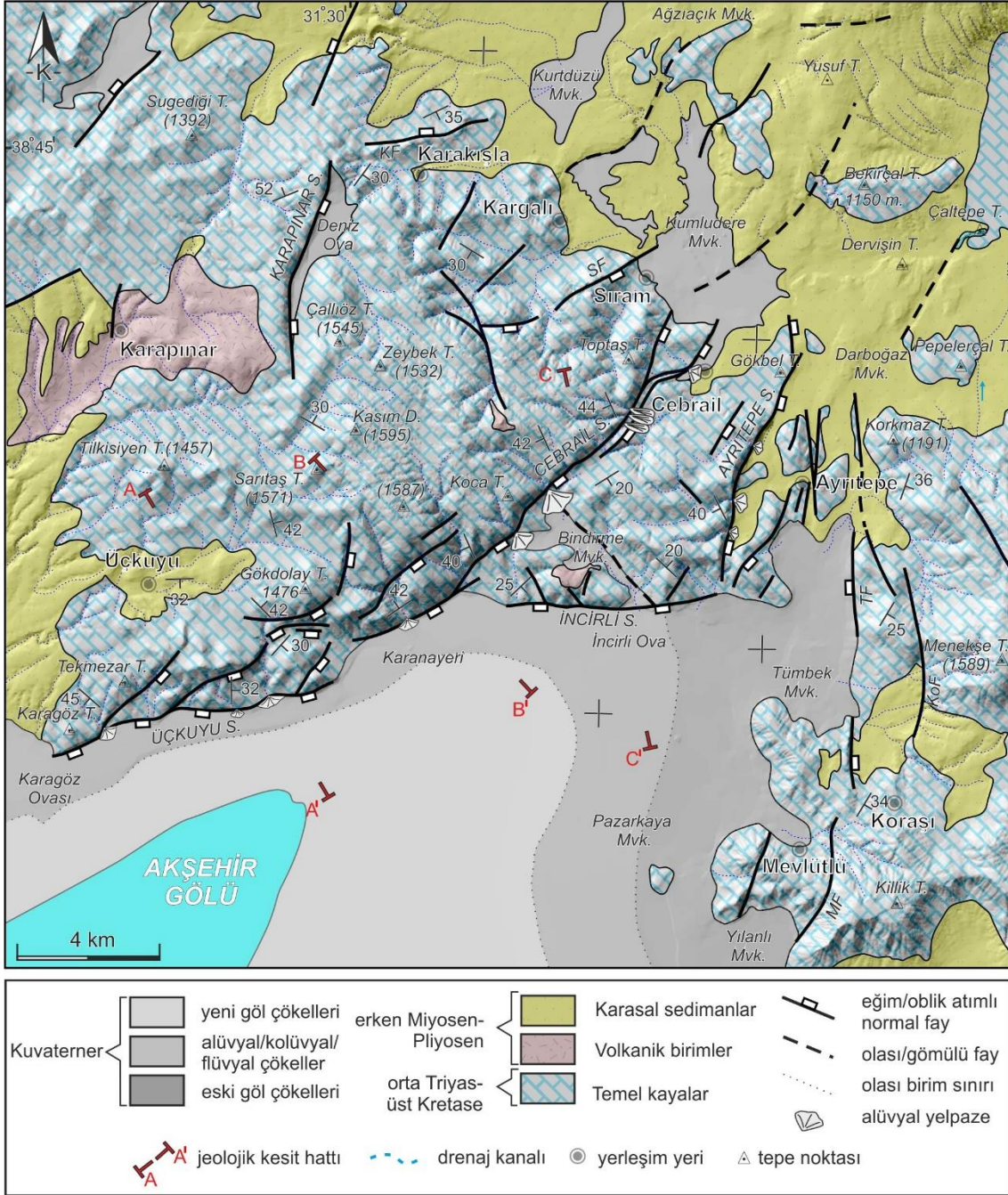
Şekil 2.1 Yüksek Lisans Tez Çalışma alanının da içerisinde yer alan Afyonkarahisar ili ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Özkaymak 2017'den alınmıştır).

2.1 Neojen Öncesi Temel Kayaçlar

Bölgede yüzlek veren Neojen öncesi kayaçlar, genel olarak yeşilşist fasiyesinde bölgesel metamorfizma ürünleri olarak bilinen Emirdağ Grubu'na ait kayaçlardır. Transgresif sığ denizel çökellerden oluşan bu istif, paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak yer almakla birlikte (Metin vd. 1987), Afyon metamorfikleri ile dokanağı genellikle tektoniktir (Metin vd. 1988). Genel olarak altta detritik taban konglomerası ile başlayan istif, üste kireçtaşları ve dolomitler ile tipiktir. Çalışma alanında oldukça geniş alanlar kaplayan orta Triyas-üst Jura yaşlı karbonatlı kayaçlar, ilk defa Uman ve Yergök (1979) tarafından Emirdağ batısındaki Karaçaltepe'de Emirdağ kalkerleri olarak

tanımlanmıştır. Metin vd. (1988) tarafından yapılan bir başka çalışmada Karaçaltepe Kireçtaşları olarak adlandırılan birimler, altta beyaz ve gri renkli, kalın katmanlı kristalize kireçtaşları ile başlar, istif üste doğru çört yumrulu ve bantlı kireçtaşı seviyelerine geçer; daha da üstte ise dolomitik kireçtaşları ile temsil edilirler. Araştırmacılara göre, kristalize kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşları yanal ve düşey yönde geçişlidir, birimin tahmini kalınlığı 800-1500 metre arasındadır. Karaçaltepe Kireçtaşları Metin vd. (1987) tarafından Çatkuyu Kireçtaşı üyesi olarak tanımlanmıştır. Kireçtaşı ve Dolomitlerden oluşan bu birim, Özcan vd. (1990) tarafından Loras Formasyonu olarak adlandırılmıştır.





Şekil 2.2 Yüksek Lisans tez sahası jeoloji haritası.

Çalışma alanında gözlenen kireçtaşları genel olarak gri-açık gri bozunma rengine sahip taze kırık yüzeyi beyaz-açık girmesi beyaz olan orta katmanlı, düzgün yüzeyli, yer yer karstik özelliklere sahip, bol çatlaklıdır (Şekil 2.3). Çalışma alanında, Akşehir Gölü kuzey ve kuzeydoğusunda genel olarak dağlık alanlarda yüzlek veren birimler çalışma alanının temel kayalarını oluşturmaktadır.

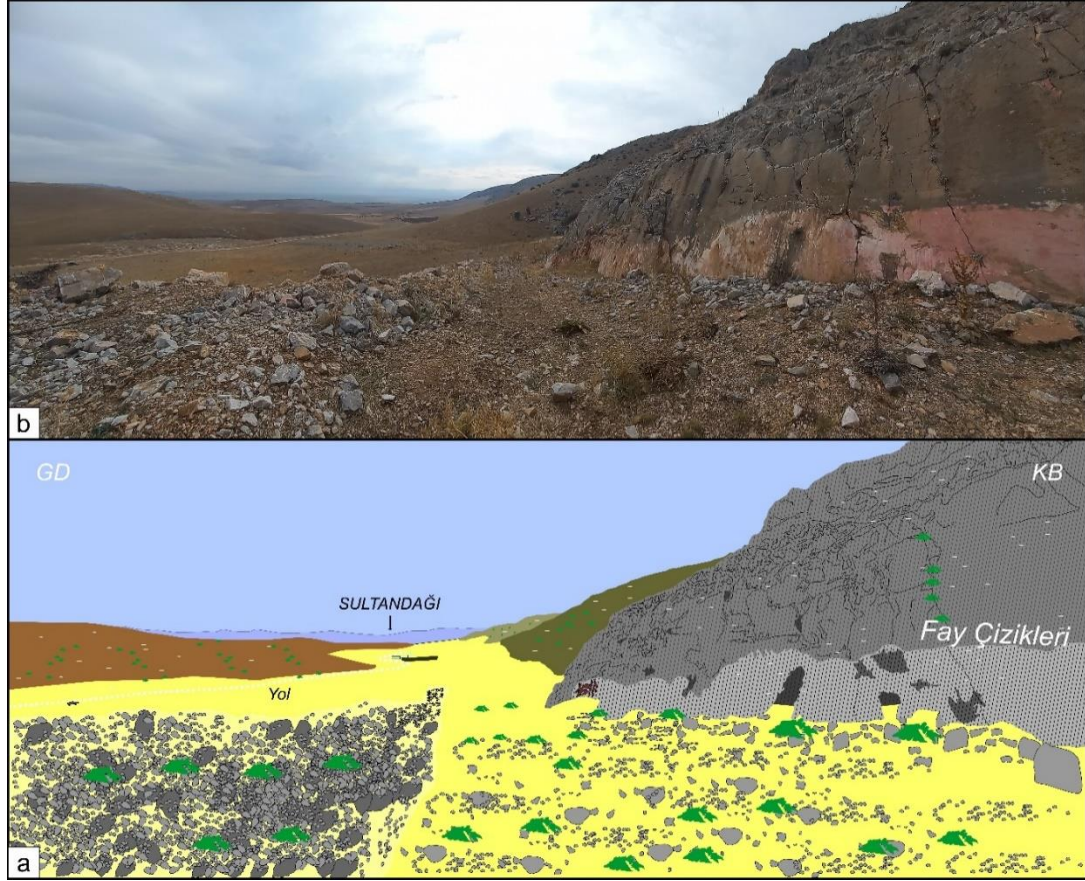
Çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Karakışla ve çevresinde pelajik kireçtaşları ve çamurtaşı ile alanın güneydoğusunda yer alan Koraşı ve çevresinde kireçtaşı mercikleri ile beraber çört ve metadiyabaz blokları içeren ofiyolitik birimler de yer almaktadır. Karakışla ve çevresinde yüzlek veren birimler Üst kretase yaşlı Midos Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Özcan vd. 1990). Çalışma alanının güneydoğusundaki ofiyolitik birimler ise, Metin vd. (1988) tarafından Koraşı Formasyonu olarak adlandırmışlardır. Araştırmacılara göre, bu birimler, orta-üst Triyas yaşlı Karaçaltepe kireçtaşları ile yanal ve düşey yönde geçişlidir. Göğer ve Kırıl (1973) birimi Hatip formasyonu olarak tanımlamışlardır. Melanj özelliği gösteren birim, Özcan vd. (1990) tarafından Hatip Ofiyolitli Karışığı olarak adlandırılmıştır. Karakoç (1996)'a göre ise birimin yaşı üst Kretase'dir.



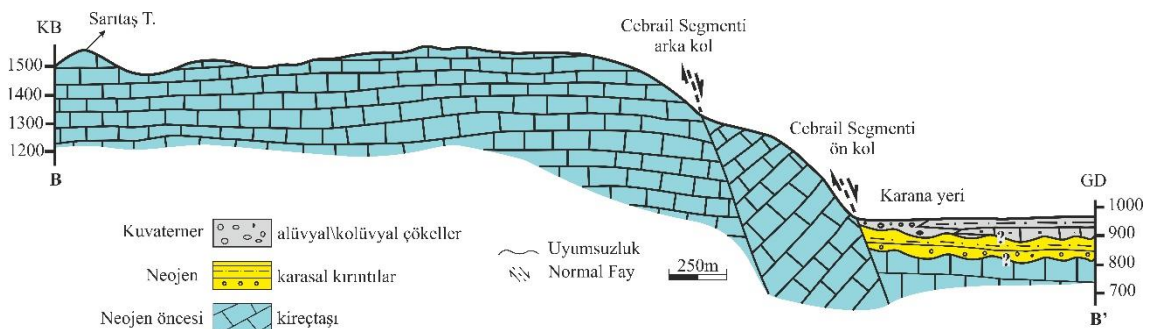
Şekil 2.3 Yüksek Lisans Tez sahası içerisindeki Orta-üst Triyas yaşlı karbonatlı kayaçlar.

Şekil 2.5'te sunulan enine jeolojik kesit, baskın olarak karbonatlı kayaçlardan oluşan temel kayaçların topoğrafik olarak yüksek alanlar ile temsil edildiğini (Sarıtaş Tepe rakımı, 1571 metre, Şekil 2.2 ve 2.5), güneydoğuda Cebrail Segmenti'ne ait ön ve arka fay kolları ile kesilerek düşürüldüğünü göstermektedir. Enine Jeolojik kesit yorumlamasına göre, 1571 kotlarındaki temel kayaçlar Cebrail Segmenti'nin taban bloğunda (Afyon Akşehir Grabeni) Karana Yeri civarında yaklaşık 800 metre kotlarına kadar, yaklaşık 800 metre düşmüştür. Sarı renkli gösterilen Neojen yaşlı

sedimanter/volkanik birimler, tez sahasında geniş alanlarda yüzlek veren Orta Triyas- üst Kretase yaşlı temel kayaçlar üzerinde uyumsuzlukla yer almaktadır.



Şekil 2.4 a; Yüksek Lisans Tez çalışması kapsamında 10. Lokasyondaki şematik gösterim, orta üst Triyas yaşlı temel kayaçlar, bu kayaçları kesen fay düzlemi ve genç fayönü çökellerini göstermektedir., b; Yüksek Lisans Tez çalışması kapsamında 10. Lokasyondaki şematik gösterime ait saha fotoğrafı



Şekil 2.5 Yüksek Lisan Tez çalışması kapsamında oluşturulan B-B' hattındaki jeolojik kesit.

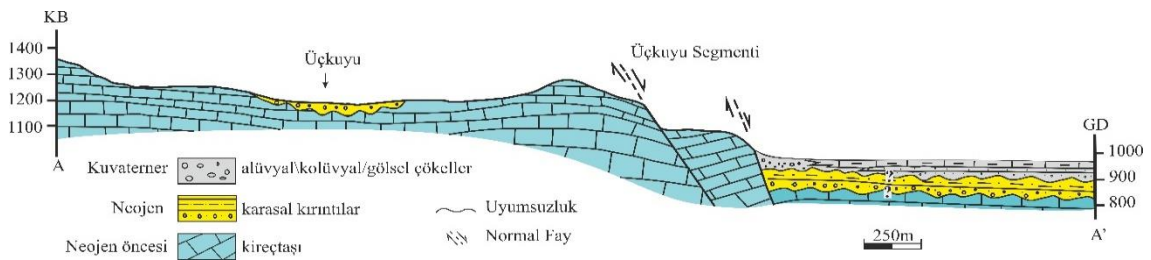
2.2 Neojen Birimler

Temel kayalar üzerinde uyumsuzlukla yer alan ve görsel çökellerden oluşan birim orta-üst Miyosen yaşı Gebeciler Formasyonu olarak bilinmektedir (Erişen 1972, Metin vd. 1987, 1988, Bağcı vd. 2022). Bu birim Afyon Volkanitleri olarak bilinen Miyosen yaşı birim ile giriktir (Çevikbaş vd. 1988, Aydar vd. 2003, Kibici vd. 2012, Özkaymak vd. 2017, Özkaymak ve Sözbilir 2020). Volkanik istif Aydar vd. (2003) tarafından Seydiler İgnimbiriti ve Karakaya bazaltı olarak iki üye olarak tanımlanmıştır. Neojen istifin en üstü ise Pliyosen yaşı kumtaşı, kıltaşı ve konglomeralardan oluşan kırıntılı bir istif ile temsil edilmektedir. Bu birimler çalışma alanında Üçkuyu köyü ve çevresinde yüzlek vermektedir.



Şekil 2.6 Yüksek Lisans Tez sahası içerisindeki Neojen yaşı karbonatlı kayalar.

Gebeceler Formasyonu, genel olarak sarımsı gri renkli orta-kalın katmanlı olup, altta konglomera ve kumtaşları ile başlar. Yer yer tüfit ve marn seviyeleri içeren kırıntılı istif üste doğru karbonatlı gölsel sedimanlara geçiş gösterir. Eş yaşlı volkanizma etkisi ile yer yer volkanosedimanter seviyeler içeren birimin orta-üst seviyelerinde gözlenen gölsel kireçtaşları yer yer silis seviyeleri içermektedir. Metin vd. (1987) Gebeceler formasyonunun tahmini kalınlığını 25-100 metre arasında vermektedir. Çalışma alanının özellikle güneydoğu ve kuzeydoğu bölümlerinde genel olarak yumuşak bir eğime sahip topoğrafik alanlarda yüzlek vermektedir. Gebeceler Formasyonu ile girik olan Karakaya bazaltı, trakit, traki-andezit ve traki-bazalt şeklinde tanımlanmış olup, çalışma alanında Karapınar ve çevresinde yüzlek vermektedir. Neojen birimlerin stratigrafik olarak üst kısımlarında sarı ve boz renkli, kum kilden oluşan bağlayıcı malzemeye sahip iyi yuvarlaklaşmış çakıl tanelerinden oluşan konglomeralar gözlenir. Akarsu ve alüvyal yelpaze çökellerinden oluşan istif, Gebeceler formasyonunun üzerinde uyumlu olarak yer almaktadır. Metin vd. (1987)'ne göre Erdemir Konglomera üyesi olarak isimlendirilen birimin kalınlığı 30-50 metre arasındadır. Şekil 2.7'de sunulan jeolojik kesitten de görüleceği üzere, tez sahasında özellikle Üçkuyu yerleşim alanı ve çevresinde altta konglomeralar ile başlayan Neojen yaşlı kırıntılı istifin temel kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak yer aldığı açık olarak gözlenmektedir. Kesitin kuzeybatısındaki bu istif, güneyde Üçkuyu segmentine ait fay kolları ile kesilerek düşürülmektedir. Saha gözlemlerine göre Üçkuyu yerleşim alanı doğusunda kesit hattı üzerinde Neojen yaşlı birimin aşınım yüzeyi 1200 metre kotlarında iken, A-A' jeolojik kesitin yorumuna göre, tavan blok üzerinde yaklaşık 900 metre kotlarına düşmektedir. Üçkuyu bölgesinde yüzlek veren bu birimlerin yaşı Metin vd. (1987 ve 1988) üst Pliyosen olarak verilmiştir. Elde edilen tüm veriler, Üçkuyu segmenti boyunca Pliyosen sonrası yaklaşık 300 metre düşey yönde deformasyon meydana geldiğine işaret etmektedir. Bu verilere göre Üçkuyu segmenti boyunca minimum 0,012 mm/yıl kayma hızı hesaplanmıştır.

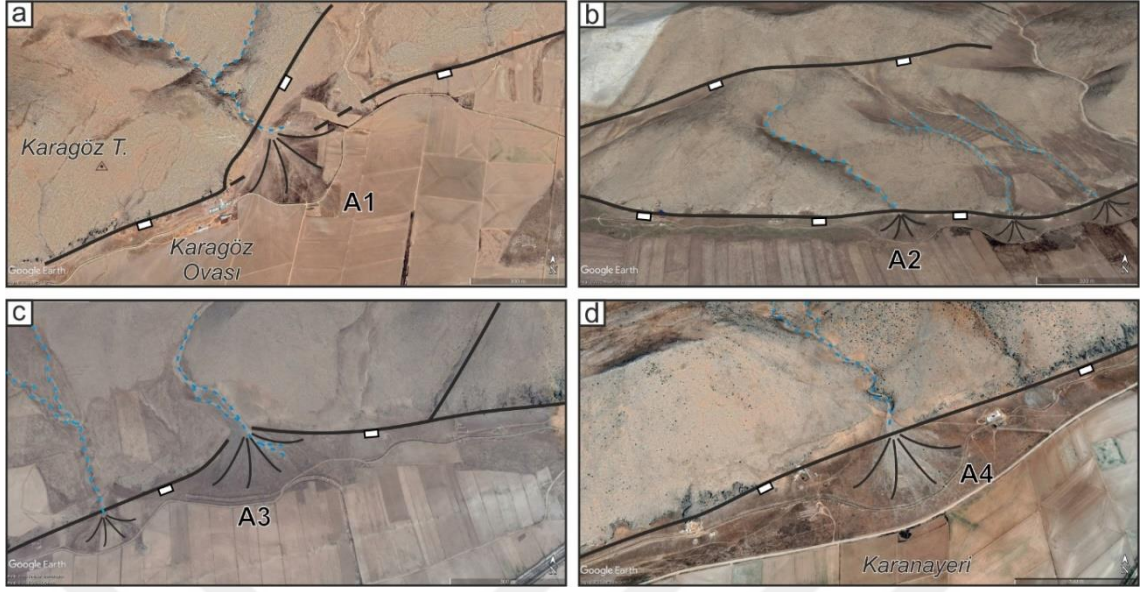


Şekil 2.7 Yüksek Lisan Tez çalışması kapsamında oluşturulan A-A' hattındaki jeolojik kesit.

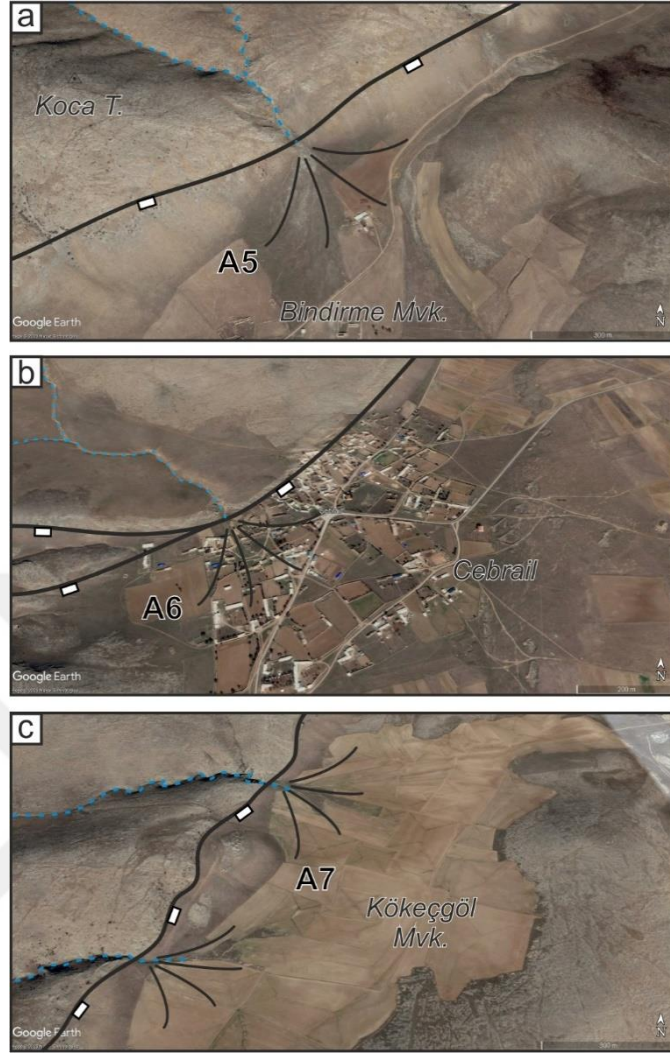
2.3 Kuvaterner Birimler

Kuvaterner yaşı istif ise, modern graben dolgusu birimleri ile temsil edilir. Çalışma alanında gözlenen modern graben dolgusu genel olarak düzlük alanlar ile fay önlerinde gözlenirler. Özkaymak vd. (2017) tarafından iki ana fasiyes şeklinde tanımlanan istif, 1) iri taneli kenar fasiyesi (alüvyal yelpaze, kolüvyal sedimanlar/ yamaç döküntüleri), ve 2) ince taneli graben ortası fasiyesi olarak tanımlanmıştır (alüvyal yelpazelerin uç kesimleri, akarsu ve göl çökelleri).

Çalışma alanında, iri taneli kenar fasiyesi, özellikle fay kontrollü dağ önlerinde, Akşehir Gölü kuzeyindeki Karagöz ovası, Karanayeri ve İncirlioğlu arasında kalan fay sarplıkları önünde gelişen kolüvyal döküntü ve alüvyal yelpazeler şeklinde gözlenmektedir. Benzer şekilde Karanayeri ile Cebirail arasında, Ayrıtepe ve civarında gözlenen genç alüvyal yelpaze ve fay önü döküntüleri tipiktir. Üçkuyu segmenti üzerinde gözlenen ve genel olarak güneye akan derelerin fay önünde biriktirdiği alüvyal yelpaze çökelleri, 250 metre ile 450 metre arası genişlikte, 140 metre ile 300 metre uzunluğunda (örn: A1: yaklaşık 380 metre genişliğinde ve 300 metre uzunluğunda; A2: 250 metre genişlikte 140 metre uzunlukta; A3: 450 m genişlikte 300 metre uzunlukta) bir geometriye sahiptir. Cebirail segmenti üzerinde haritalanan ve genel olarak güneydoğuya doğru akan derelerin dağ önünde biriktirdiği alüvyal yelpaze çökelleri genel olarak 300 ile 480 metre arası genişlikte ve 220 metre ile 370 metre arası uzunluklardadır (örn: A4: 480 m genişlikte 310 metre uzunlukta; A5: 440 m genişlikte 370 metre uzunlukta; A6: 300 m genişlikte 220 metre uzunlukta). Ayrıtepe fay segmenti boyunca gözlenen alüvyal yelpazeler ise, 300 ile 600 metre arası genişliklerde ve 300 ile 500 metre uzunluklarda gözlenmektedir (örn: A7: 600 m genişlikte 500 metre uzunlukta) (Şekil 2.8 ve Şekil 2.9).



Şekil 2.8 Üçkuyu ve Cebrail Segmenteri üzerinde haritalanan alüvyal yelpaze çökelleri (A1, A2, A3 ve A4 lokasyonları için Şekil 2.2 bakınız).

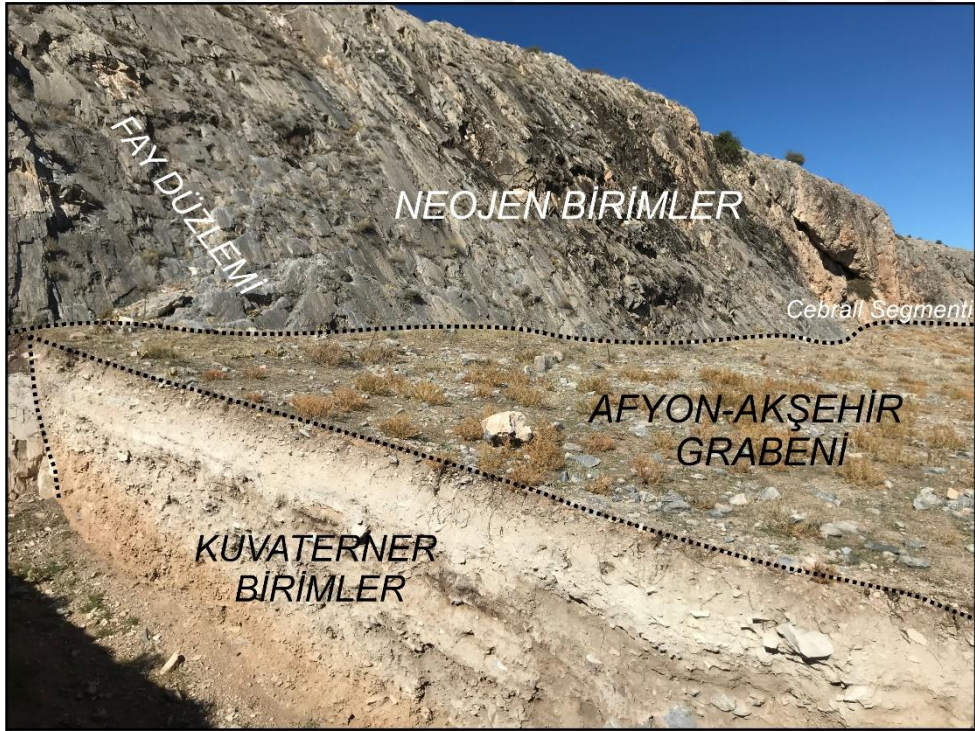


Şekil 2.9 Cebraail ve Ayrıtepe Fay Segmenteri üzerinde haritalanan alüvyal yelpaze çökelleri (A5, A6 ve A7 lokasyonları için Şekil 2.2 bakınız).

Alüvyal yelpaze çökelleri genel olarak açık gri, koyu kahverengi arasında değişen renkli, genellikle tek tane bileşenli, baskın olarak karbonatlı temel kayalardan beslenen, orta-kötü yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı çamurlu siltli kumludur. Yer yer dağ önlerindeki moloz akışı ve kolüvyal çökeller ile giriktir.

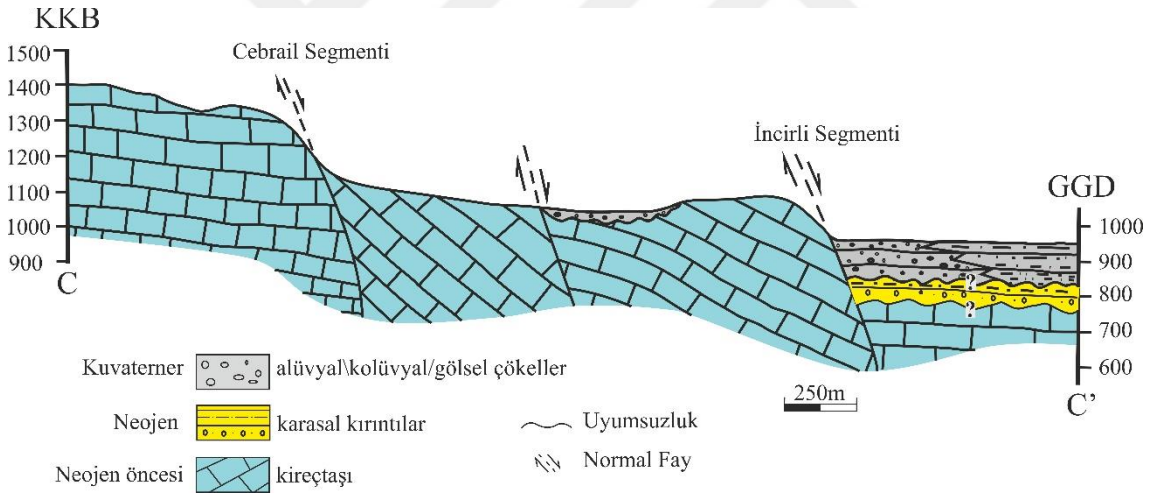


Şekil 2.10 Yüksek Lisans Tez sahası içerisindeki alüvyal yelpaze çökelleri.



Şekil 2.11 Yüksek Lisans Tez sahası içerisindeki Kuvaterner birimler ile Neojen öncesi temel kayalar ve onları birbirinden sınırlayan Cebrai fay segmenti.

Son yıllarda artan küresel ısınma ve ilişkili kuraklık ile yeraltı su seviyesinin azalmasına bağlı olarak Akşehir Gölü de küçülerek güneybatı yönünde çekilmiştir. Gölün çekildiği alandaki güncel göl çökelleri ile alüvyal düzlük çökelleri arasındaki sınır net olarak gözlenemeyip, ikinci derece dokanak olarak çizilmiştir. Çalışma alanında, Ayrıtepe güneyi ile Tümbek, Pazarkaya ve Yılanlı mevki arasında kalan alanlarda genel olarak kil, marn, kumtaşı ve çakıltaşlarından oluşan kırıntılı sedimanlar gölsel ortama işaret etmektedirler. Olasılıkla göl su seviyesinin daha yüksek olduğu zamanlardaki eski göl çökelleri olarak tanımlanabilecek bu çökeller ile alüvyal düzlük çökellerinin sınırı, İncirli ova ile Pazarkaya mevki arasındaki bölgede net olarak gözlenememiş ve ikinci derece dokanak çizilmiştir. Bu bölgelerdeki gölsel çökeller yer yer flüvyal çökeller ile giriktir. Dağ önlerindeki iri taneli kırıntılı istif, güneye doğru ince taneli kırıntılı ve karbonatlı gölsel çökellere geçiş göstermekte, güneyde bu fasiyes kalınlaşarak baskın hale gelmektedir.



Şekil 2.12 Yüksek Lisan Tez çalışması kapsamında oluşturulan C-C' hattındaki jeolojik kesit.



Şekil 2.13 Yüksek Lisans Tez sahası içerisinde bulunan kurumuş Akşehir Gölü tabanından çekilmiş arazi fotoğrafı.

3. YAPISAL JEOLJİ

Afyon Akşehir Grabeni'nin kuzey kenarında yer alan KB-GD, K-G ve KD-GB uzanımlı fay setleri, grabenin bu bölümünü parçalayarak ikincil horst ve grabenlerin gelişmesine olanak sağlamıştır (Koçyiğit ve Özacar 2003, Özkaymak vd. 2017, 2019, Geçievi vd. 2019). Bu fayların, Afyon-Akşehir Grabeni'nin kuzeye eğimli ana graben fayı niteliğindeki Sultandağı Fay Zonu'nun tavan bloğunda çapraz faylar niteliğinde gelişmiş olduğu ifade edilmektedir (Geçievi vd. 2019). Yunak Fay Zonu, Akşehir Gölü'nün kuzeyinde, güneydoğuda Üçkuyu ile kuzeydoğuda Yunak yerleşim alanları arasında uzanan çok sayıda KD-GB ve yaklaşık D-B uzanımlı fay kolu ile temsil edilmektedir. Türkiye Diri Fay Haritasında (2011 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası), Fay Zonu içerisinde, uzunlukları 9, 18, 27 ve 20 km olan dört diri fay segmenti tanımlanmıştır (Emre vd. 2011, 2018, Duman vd. 2018). Yunak Fay Zonu'nun üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü 6,75 olarak hesaplanmıştır (Duman vd. 2018, Emre vd. 2018). Zonun üzerinde fayın yıkıcı deprem tekrarlama periyodu, geçmişte ürettiği yıkıcı deprem sayısı,

atım miktarı, kayma hızı gibi parametrelerin sunulduğu yayınlanmış bir veri bulunmamaktadır.

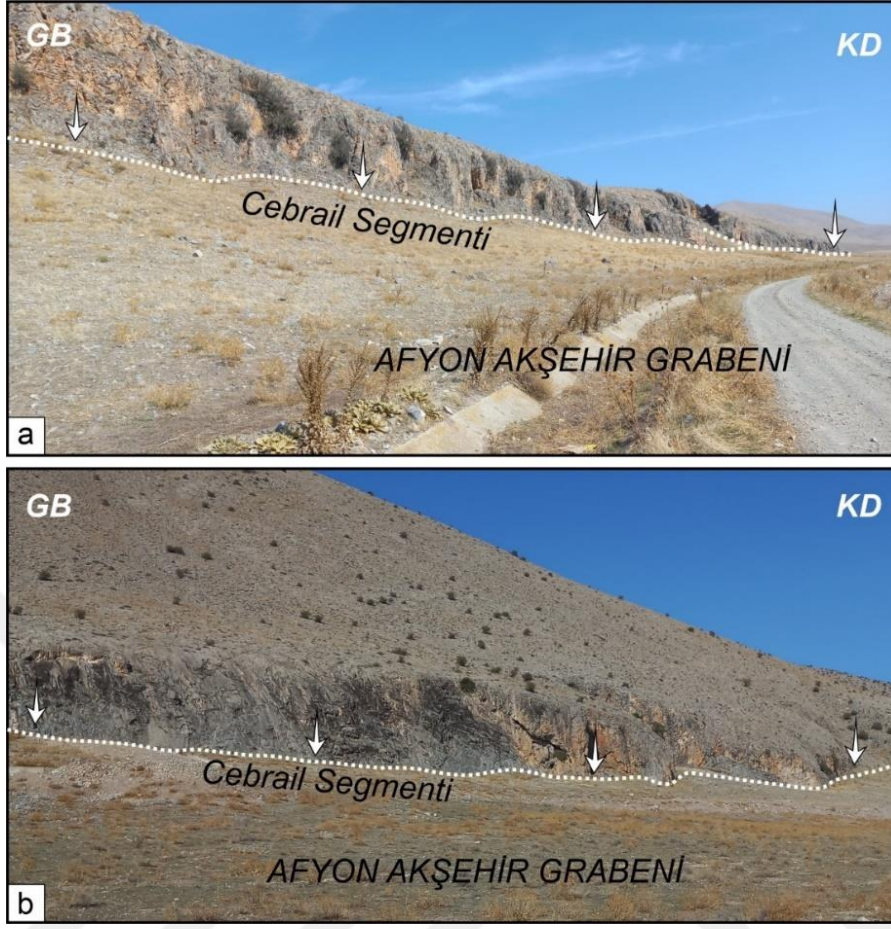
Bu tez çalışması kapsamında, Şekil 3.1’de koordinatları verilen alanda Yunak Fay Zonu boyunca gerçekleştirilen 1/25.000 ölçekli fay haritalama çalışmaları sırasında Karapınar, Cebirail, Üçkuyu, Ayrıtepe ve İncirli Segmentleri olmak üzere başlıca 5 fay segmenti ilk defa bu tez çalışmaları sırasında 1/25.000 ölçeğinde haritalanmıştır ve ilk defa bu tez kapsamında adlandırılmıştır. Haritalanan fay segmenti üzerinde 17 farklı lokasyondan toplamda 227 adet fay yüzeyi ölçümü toplanarak ilk defa bu tez çalışmaları kapsamında Yunak Fay Zonu’nun kinematik analizi yapılmıştır. Lokasyonlar, Şekilde L1-L17 arası numaralandırılarak gösterilmiştir. Tez kapsamında gerçekleştirilen saha çalışmaları ile faylara ait toplanan fay geometrisi, segment yapısı ve fayların kinematik analizi üzerine toplanan veriler aşağıda sunulmuştur.

3.1 Fay Geometrisi ve Segmentasyonu

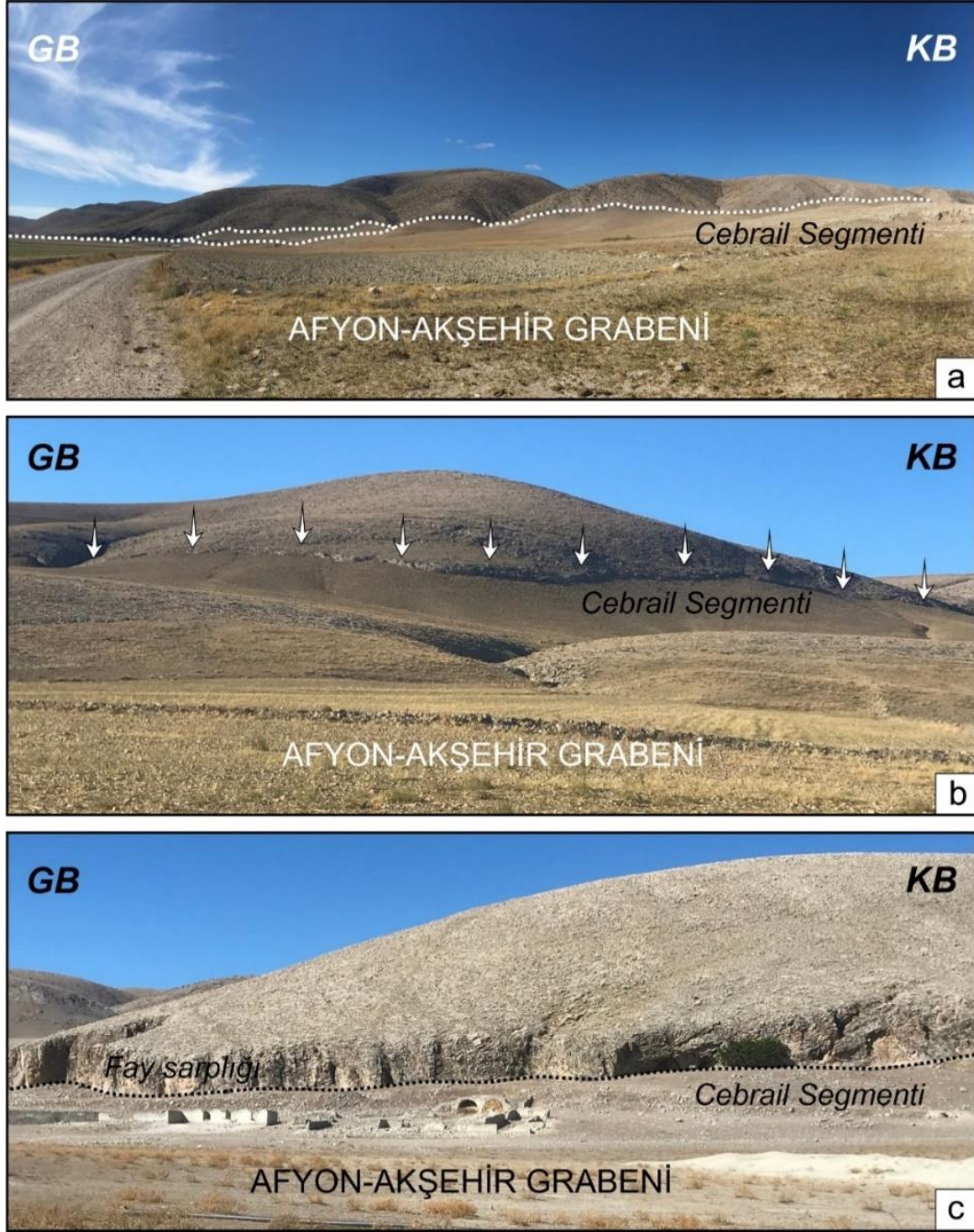
Tez sahası içerisinde bulunan Akşehir Gölünün kuzeyinde yer alan graben kenarı incelendiğinde, çizgisel bir gidiş olduğu gözlemlenmiştir. Çizgisel gidişle birlikte dağ önlerindeki tipik fay sarplıkları yüzeyde gözlemlenmiştir. Yunak Fay Zonu’na ait morfolojik göstergeler topoğrafik haritalarda, bu haritalardan üretilen sayısal yükseklik modellerinde, uydu görüntülerinde ve hava fotoğraflarında açık olarak gözlenebilmektedir. Fay kolları ile kesilen dayanımı yüksek temel kayalar üzerinde, dağ önlerinde yükseklikleri yer yer 30 metreye ulaşan KD-GB ve yaklaşık D-B uzanımlı belirgin fay sarplıkları oluşmuştur. Oluşan bu sarplıklar yer yer çok net bir şekilde kendini belli etmektedir. Sarplıklara bakıldığında yer yer iyi korunmuş kayma yüzeyleri gözlemlenmiştir. Ani topoğrafik eğim kırılmaları, fay çizgileri, fay breşleri, fay kertikleri ve karstik oluşumlar da çalışma alanında gözlemlenmektedir. Bu fay sarplıklarının önleri genel olarak kolüvyal döküntüler ile temsil edilirken, faya dik doğrultuda havzaya doğru akan mevsimlik derelerin beslediği alüvyal yelpaze oluşumları ile Akşehir Gölü’nün güncel çökelleri yer yer girik olarak gözlenir. Fayların yükselen bloğunda “v” şekilli vadiler içeren drenaj ağı oluşumları dikkat çekmektedir.

Cebrail Segmenti

İlk defa bu çalışmada adlandırılan Cebrail segmenti kuzeydoğuda Kocatarla Mevki ile güneybatıda Karana yeri arasında ortalama $K40^{\circ}D$ doğrultulu, güneydoğuya eğimli, yaklaşık 15 km uzunluğunda ve 2 km genişliğinde, eğim atımlı normal bir faydır. Cebrail yerleşim alanı altından geçtiği ve bu alanda fay düzlemleri oldukça belirgin olduğundan dolayı Cebrail Segmenti olarak adlandırılmıştır. C-C' jeolojik kesitine göre fayın her iki bloğundaki temel kayaların aşınma yüzeylerine göre, Cebrail Fayı boyunca güneydoğuda kalan bloğun yaklaşık 300 metre düştüğü gözlenmektedir. Cebrail Segmenti kuzeydoğuda Cebrail köyü yerleşim alanı güneybatısında iki kola ayrılarak çatallanır. Batı kol Toptaş Tepe doğu yamaçlarından kuzeye doğru ilerler. Doğu kol ise Cebrail yerleşim alanı altından geçerek temel kayaları sınırlar. Daha kuzeyde, fayın her iki kolu da Kocatarla Mevki içerisinde kaybolur ve gözlenemez. Daha kuzeyde, Cebrail segmentinin kuzeydoğu devamlılığı niteliğinde olan ve Kocatarla ile Yusuf Tepe arasında çizgisellik sunan bir yapı gözlenmekle beraber, bu yapıya ait saha verisi gözlenemediğinden kesikli çizgiler ile olası fay olarak haritalanmıştır. Cebrail yerleşim alanı güneyinde ise fay morfolojik olarak oldukça belirgin sarplıklar sunar. Güneydoğuya doğru Koca Tepe güneydoğu yamaçlarından çizgisel tek gidişli ilerleyen segment boyunca yer yer iyi gelişmiş alüvyal yelpaze çökelleri gözlenmektedir. Karanyeri kuzeyinde birden fazla kol ile temsil edilen Cebrail Segmenti, güneydoğuya doğru basamaklı bir geometri oluşturmaktadır. Fay Zonu, Karanyeri Mevki batısında sola sıçrayarak Üçkuyu segmentine geçiş gösterir. Çalışma alanı içerisinde en yüksek fay sarplıklarına sahip Cebrail segmenti üzerinde 119 ölçüm alınmıştır.



Şekil 3.1 Cebrazil segmentine ait arazi fotoğrafları.

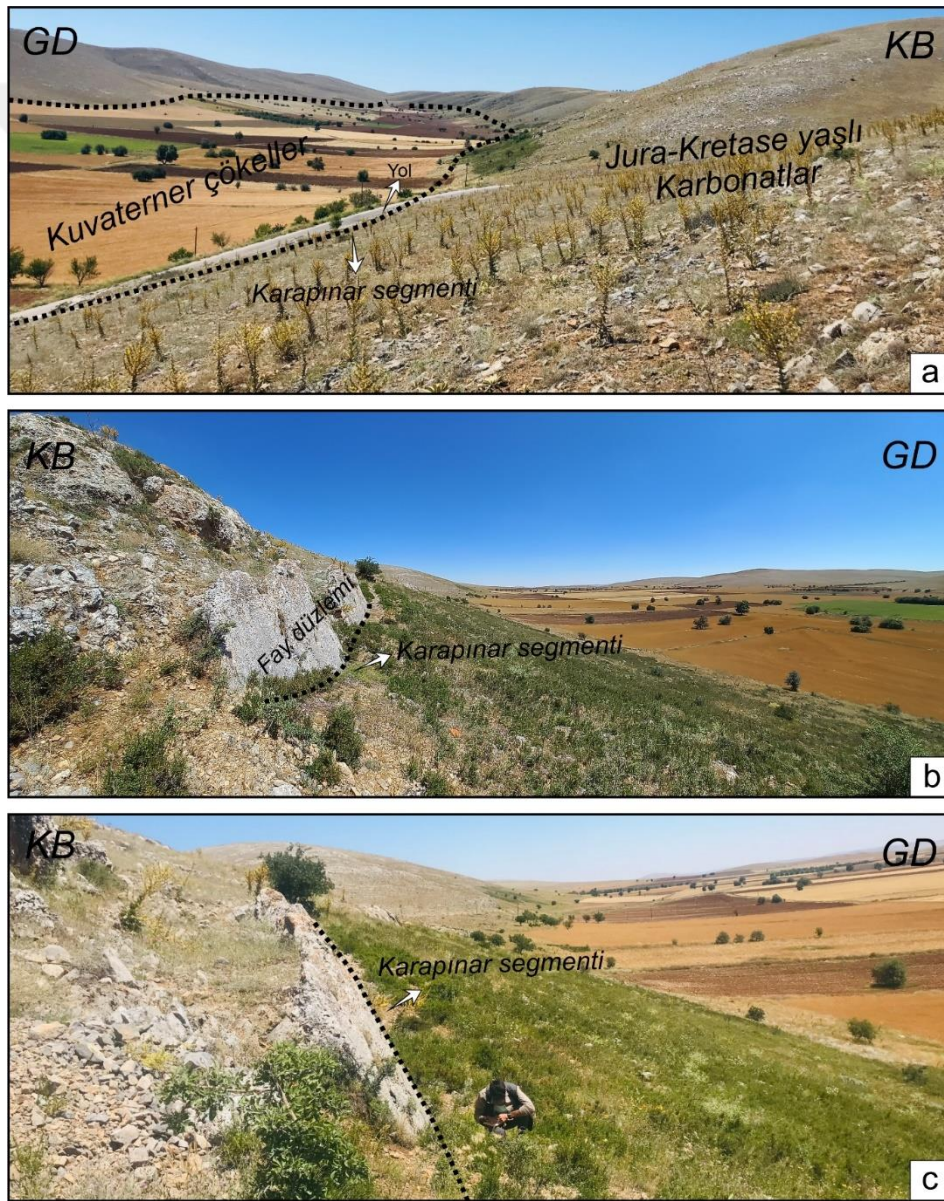


Şekil 3.2 Cebrazil segmentine ait arazi fotoğrafları.

Karapınar Segmenti

Yunak Fay Zonu içerisinde yapılan çalışmalar sonucunda haritalanan bir diğer fay segmenti Karapınar segmentidir. Karapınar segmenti $K10^{\circ}D$ genel gidişli olarak tanımlanan Yunak Fay Zonuna ait bir fay segmenti olarak tanımlanmıştır. Kuzeyde Karakışla Fayı (KF) ile güneyde Kırçal Tepe arasında çizgisel ve tek gidişli yaklaşık 8

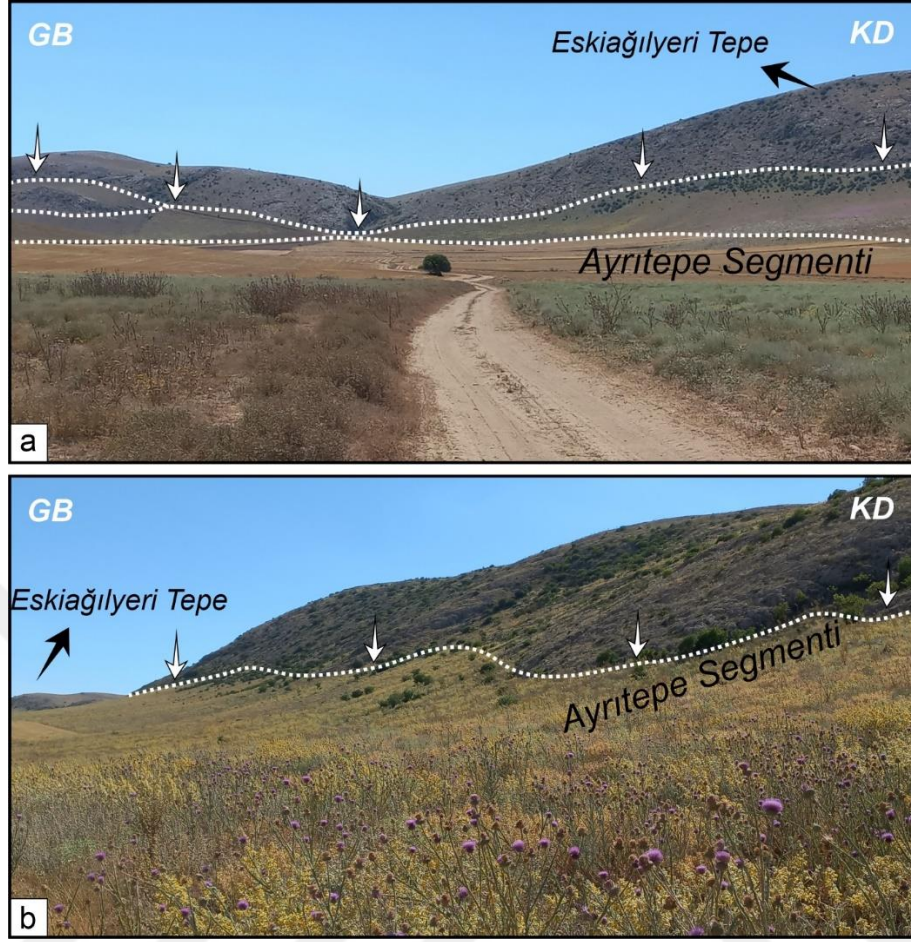
km uzunluğunda, 300 metre genişliğindeki segment, güneydoğu-doğuya eğimlidir. Morfolojik saha gözlemleri ve kinematik ölçümler fayın eğim atımlı normal karakterde olduğuna işaret etmektedir. Segment geometrisi, Karakışla Fayı ile Çallıöz Tepe kuzeydoğusunda ortalama $K25^{\circ}D$ doğrultulu ve çizgisel gidişli iken bu bölümde düşen blokta Deniz Ova olarak bilinen Kuvaterner bir havzanın oluşumuna neden olmuştur. Daha güneyde Ovanın kama yaparak sonlandığı bölüme doğru yaklaşık KG doğrultusuna dönen segment Kırçal Tepe kuzeyinde sonlanmaktadır. Karapınar segmentine ait iyi korunmuş kayma yüzeyleri üzerinde 8 fay yüzeyi ölçümü alınabilmektedir.



Şekil 3.3 Karapınar fay segmentine ait arazi fotoğrafları.

Ayrıtepe Segmenti

Tez çalışmaları kapsamında ilk defa 1/25.000 ölçeğinde haritalanan ve isimlendirilen segmentlerden birisi olan Ayrıtepe segmenti, genel olarak K20°D uzanımlı olup yaklaşık 8 km uzunluğunda, yaklaşık 2,5 km genişliğindedir. DGD'ya eğimli fay düzlemelerine sahip segment boyunca yapılan jeolojik ve jeomorfolojik gözlemler fayın eğim atımlı normal karakterine işaret etmektedir. Segment kuzeyde, Gökbel Tepe doğu yamaçlarında belirgin fay sarplıkları ile kolayca tanınabilir. Gökbel Tepe güneyinde K30°D genel doğrultusunda dağ önü boyunca güneydeki İncirli Segmentine kadar morfolojik olarak belirgin fay düzlemleri gözlenir. Daha doğuda ise bazıları Ayrıtepe Yerleşim alanından geçen uzunlukları 2-3 km'ye varan fay kolları haritalanmıştır. Ayrıtepe Segmenti, genel olarak Mezozoyik Yaşlı temel kayalar ile Neojen yaşlı gölsel kırınılar arasındaki yapısal dokanağı temsil eder. Fay boyunca iyi gelişmiş olarak gözlenen alüvyal yelpaze çökelleri Neojen yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak gözlenir. Ayrıtepe segmentine ait kayma düzlemleri üzerinde 3 farklı lokasyon boyunca takip edilerek 20 ölçüm alınmıştır.



Şekil 3.4 Ayrıtepe segmentine ait arazi fotoğrafları.

İncirli Segmenti

Tez kapsamında gerçekleştirilen haritalama çalışmaları sırasında, yaklaşık 9 km uzunluğunda ve 500 metre genişliğinde, yaklaşık DB uzanımlı olarak haritalanan İncirli Segmenti güneye eğimli sol yanal bileşene sahip oblik atımlı normal bir faydır. Çalışma alanındaki Neojen Öncesi temel kayaları güneyden sınırlayan segment boyunca temel kayalar ile Kuvaterner yaşlı modern havza dolgusu yan yana haritalanmıştır. Doğuda, Muslukburnu Sırtını güneyden sınırlayan İncirli segmenti, İncirli Ova kuzeyinde yaklaşık DB doğrultusu boyunca çizgisel gidişli dağ önünde fay sarplıkları sunar. Batıda ise Karanyeri kuzeyinde, KD-GB uzanımı Cebail Segmentine ait fay kolları ile birleşme eğilimi sunar. İncirli Segmenti Afyon Akşehir Graben düzlüğünü kuzeyden sınırlamaktadır ve graben kuzeyindeki belirgin yaklaşık DB uzanımlı normal faylardan birisidir.



Şekil 3.5 Karapınar segmentine ait arazi fotoğrafı.

Üçkuyu Segmenti

Yaklaşık 9 km uzunluğunda ve 2,5 km genişliğinde olan Üçkuyu Fayı çok sayıda birbirine paralel/yarı paralel fay kollarından oluşmaktadır. En güneydeki kol, batıda Karagöz Ovası civarından başlayarak yaklaşık K70°D doğrultusu boyunca Karanayeri Mevki'ne kadar güneydoğuya eğimli belirgin fay düzlemleri ile tipiktir. Fay düzlemleri boyunca gerçekleştirilen gözlemler fayın eğim atımlı normal karakterine işaret etmektedir. Yaklaşık faya dik yönde güneye doğru akan derelerin fay önünde alüvyal yelpaze oluşumlarına neden olduğu gözlenmektedir. Afyon Akşehir Graben düzlüğünü kuzeyden sınırlayan fay kollarından birisi olan yaklaşık K70°D uzanımı bu fay kolu boyunca K50-60°D doğrultusunda birkaç fay kol dağ içine doğru gidiş sunmaktadır. Dağ önünde birbirine yarı paralel bir gidiş sunan bu kollar basamaklı bir geometri oluşturmuşlardır. Üçkuyu Segmenti güney kolu Mezozoyik yaşlı temel kayalar ile Kuvaterner yaşlı modern havza dolgusu arasındaki sınırı oluşturmaktadır.

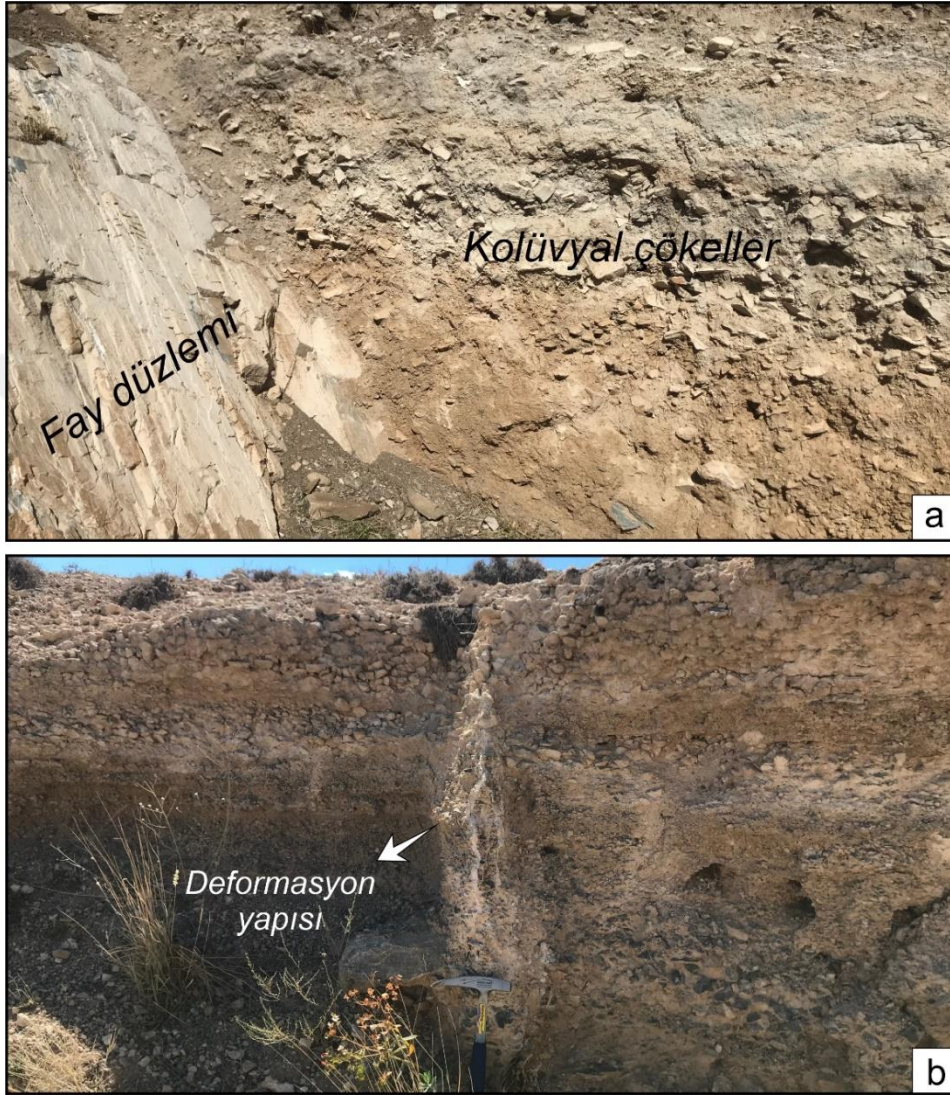
Çalışma Alanında Tanımlanan Diğer Faylar

Karakışla Fayı (KF), yaklaşık 3 km uzunluğunda, 300 metre genişliğinde, K80°D genel gidişli kuzeye eğimli eğim atımlı normal faydır. Karakışla yerleşim alanı kuzeyinde temel kayalar içerisinde morfolojik olarak belirgindir. Düşen kuzey blok içerisindeki

katmanlar faya doğru eğimlidir. Fayın batı ve doğudaki yanal devamlılıkları olası olmakla beraber sahada takip edilememiştir. Sıram Fayı (SF), Temel kayalar içerisinde belirgin derin yarmalar ile tipiktir. K50-70D arasında değişen yaklaşık 6 km uzunluğunda, 50 metre genişliğindedir. Kuzeydoğuda Kumludere mevkinde Neojen yaşlı birimleri güneydoğudan sınırlayarak alüvyal birimler ile yan yana getirir. Sıram yerleşim alanı yakın doğusundan dağlık alan içerisine giren Sıram Fayı, sırt içerisinde morfolojik olarak belirgin büyük yarıklar sunar. İlk defa bu çalışmada tanımlanan ve 1/25.000 ölçeğinde haritalanan Mevlütlü Fay Zonu (MFZ), çalışma alanının güneyindeki Yılanlı mevki ile kuzeyde darboğaz mevki arasında yaklaşık KG doğrultusunda uzanan, toplam uzunluğu yaklaşık 18 km olan birden fazla fay kolundan oluşmaktadır. Doğuya ve batıya eğimli fay kolları düşey bileşenlere sahip olup, genellikle Neojen öncesi temel kayalar ile Neojen birimleri ve Neojen öncesi temel kayalar ile Kuvaterner yaşlı modern havza dolgusunun arasındaki yapısal sınırı temsil etmektedir. MFZ, Afyon Akşehir Graben düzlüğünü doğudan sınırlayan önemli yapılardan biridir. Zonun kuzeyde neojen yaşlı birimler içerisindeki devamı gözlemlenememiştir. Güneyde ise Tuzlukçu'ya doğru devamlılığı olasıdır.

Yunak fay zonu içerisinde yapılan arazi çalışmalarında faylar, genel olarak orta-üst Triyas yaşlı karbonatlı kayalardan oluşan temel kayalar ile alüvyal yelpaze, kolüvyal, flüvyal ve gölsel çökellerden oluşan modern havza dolgusu arasındaki yapısal dokanağı oluşturmaktadır. Dağlık alanları oluşturan temel kayalar içerisinde birbirine paralel/yarı paralel fay kolları gözlemlenmiştir. Gözlemlenen bu fay kolları grabene doğru basamaklı bir yapı oluşturmaktadır. Tez sahası içerisinde yapılan çalışmalarda modern havza dolgusunu temsil eden genç alüvyal yelpaze çökellerinin de genç fay kolları tarafından deformasyona uğradığı gözlenmiştir (Şekil 3.7). Yeşilyurt güneyinde Kasım Dağı'ndan grabene doğru akan ve baskın olarak Mesozoyik karbonatlardan beslenen derenin dağ önünde biriktirdiği alüvyal yelpaze çökelleri içerisinde K25°D genel doğrultulu ve düşeye yakın eğime sahip, içi beyazımsı krem renkli karbonat dolgulu bir deformasyon zonu gözlenmiştir. Gözlenen deformasyon yaklaşık 2 metre yüksekliğindeki bloklu ve çakıllı kireçtaşı tanelerinden oluşan alüvyal çökelleri boydan boya kesmiştir. Saha çalışmasında yapılan bu gözlem fayın Kuvaterner aktivitesine işaret etmesi bakımından önemlidir (Şekil 3.6 b). Akşehir Gölü kuzeyinde Cebrail segmenti üzerinde 14. Lokasyonda daha

önce açılan bir hendek içerisinde yapılan çalışmalarda ise daha fayın hemen üzerinde kolüvyal çökellerin olduğu gözlemlenmiştir. Fayın Kuvaterner aktivitesine işaret etmesi bakımından önemli bir diğer bulgudur (Şekil 3.6, a).

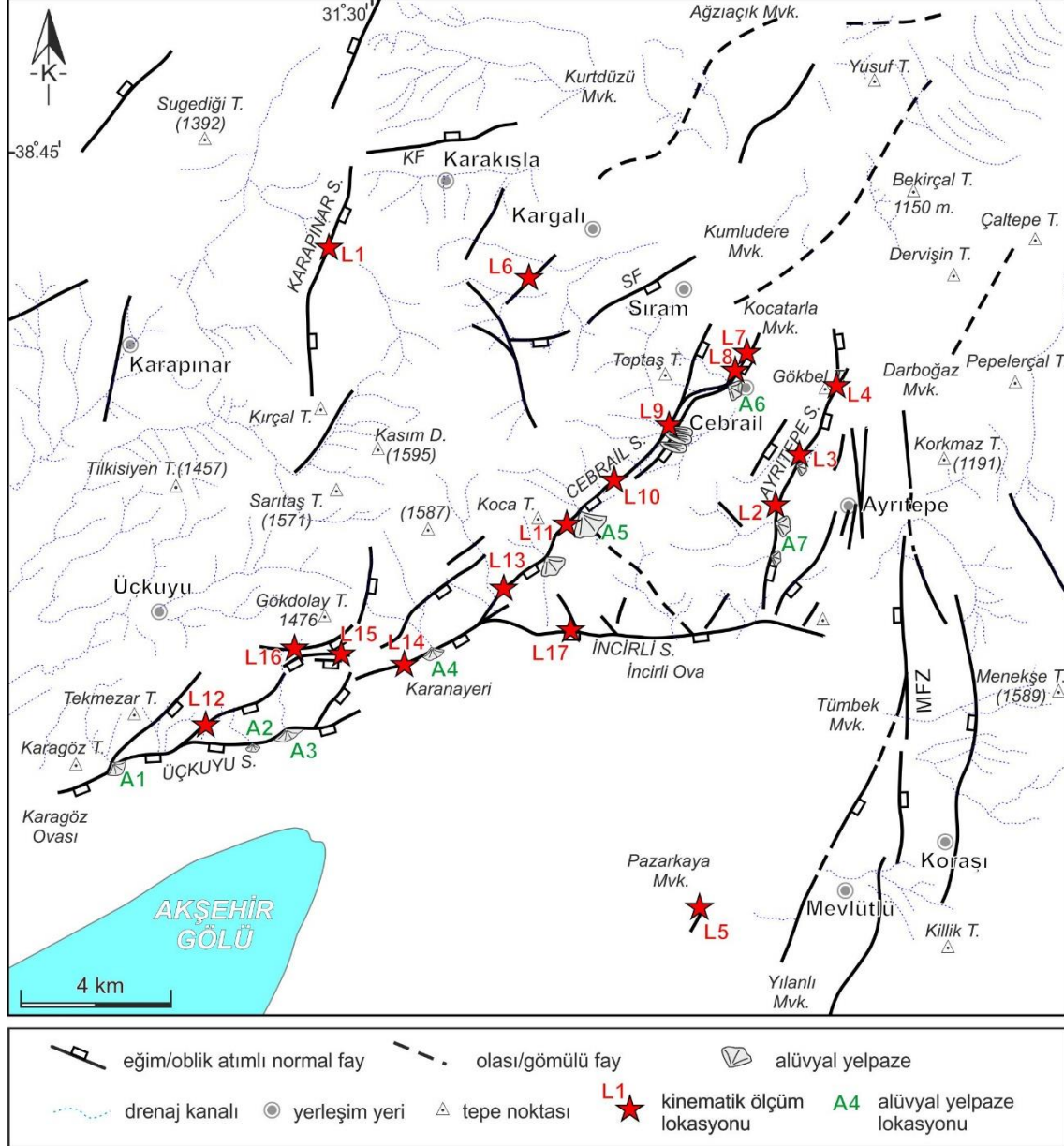


Şekil 3.6 a; L-14'e ait arazi fotoğrafı, b; Kuvaterner yaşlı Alüvyal yelpaze çökelleri. Genç çökeller içerisinde gözlenen düşeye yakın açılı deformasyon yapısı.

3.2 Fay Kinematığı

Tez çalışması kapsamında Yunak Fay Zonu'nun fay kolları üzerinde gerçekleştirilen saha çalışmaları ile faya ait kayma yüzeyleri belirlenmiş ve bu yüzeyler üzerinden fayın kinematik analizine yönelik ölçümler alınmıştır. Yapılan çalışmalarda fay üzerinde birden

fazla harekete ait kinematik ölçümler yapılmıştır ve yer yer birden fazla fay hareketinin aynı fay düzleminde gözlemlendiği lokasyonlar vardır. Çalışma alanında 17 farklı lokasyonda fay düzlemlerinden toplamda 227 adet ölçüm alınmıştır ve ölçülen fayların paleostress analizleri yapılmıştır (Çizelge 3.1, Şekil 3.48).



Şekil 3.7 Yunak Fay Zonunun içerisinde yer aldığı Yüksek Lisan tez sahası Diri Fay geometrisini ve Lokasyonları gösteren harita.

Çizelge 3.1 Yüksek Lisans Tez çalışması içerisinde alınan ölçümler ve kinematik hesaplamaları içeren çizelge

SEGMENT	SEGMENT ADI	LOKASYON	FAY DOĞRULTUSU	FAY TÜRÜ	VERİ SAYISI	σ_1	σ_2	σ_3	Φ	ANG
KARAPINAR	YKPSL1	L1	KD-GB	eğim atımlı normal	12	243/74	358/07	089/14	0.423	4
AYRITEPE	YASL2	L2	KD-GB	eğim atımlı normal	7	241/60	331/00	061/30	0.567	9
	YASL3R1	L3	KD-GB	doğrultu atımlı	7	231/54	081/32	342/14	0.515	9
	YASL3R2	L3	KD-GB	eğim atımlı normal	7	289/55	082/32	180/13	0.275	11
	YASL4	L4	KD-GB	eğim atımlı normal	11	293/72	176/08	084/16	0.141	4
SIRAM	YKKS16	L6	KD-GB	eğim atımlı normal	7	176/72	077/03	346/18	0.162	2
CEBRAİL	YCSL7	L7	KB-GD	eğim atımlı normal	7	271/65	076/24	169/06	0.126	8
	YCSL8	L8	KD-GB	eğim atımlı normal	7	338/73	235/04	143/17	0.209	5
	YCSL9	L9	KD-GB	oblik atımlı normal	13	253/68	094/21	001/07	0.267	25
	YCSL10R1	L10	KD-GB	eğim atımlı normal	7	268/09	138/77	359/10	0.506	4
	YCSL10R2	L10	KD-GB	oblik atımlı normal	7	276/57	084/33	177/05	0.449	3
	YCSL10R3	L10	KD-GB	oblik atımlı normal	14	025/59	183/29	279/10	0.546	20
	YCSL10R4	L10	KD-GB	doğrultu atımlı	42	011/68	255/10	162/19	0.327	23
	YCSL11	L11	KD-GB	eğim atımlı normal	11	355/70	255/10	249/06	0.076	11
	YCSL13	L13	KD-GB	eğim atımlı normal	26	352/70	256/02	165/20	0.460	16
	YCSL14	L14	KD-GB	eğim atımlı normal	11	293/80	072/08	162/07	0.348	4
ÜÇKUYU	YUSL12	L12	KD-GB	eğim atımlı normal	10	281/83	052/05	143/05	0.293	6
	YUSL15	L15	KB-GD	eğim atımlı normal	7	031/66	170/18	265/14	0.057	7
	YUSL16	L16	KD-GB	eğim atımlı normal	7	294/77	045/05	136/12	0.198	4
İNCİRLİ	YISL17	L17	KB-GD	doğrultu atımlı	7	067/24	272/64	162/10	0.335	2

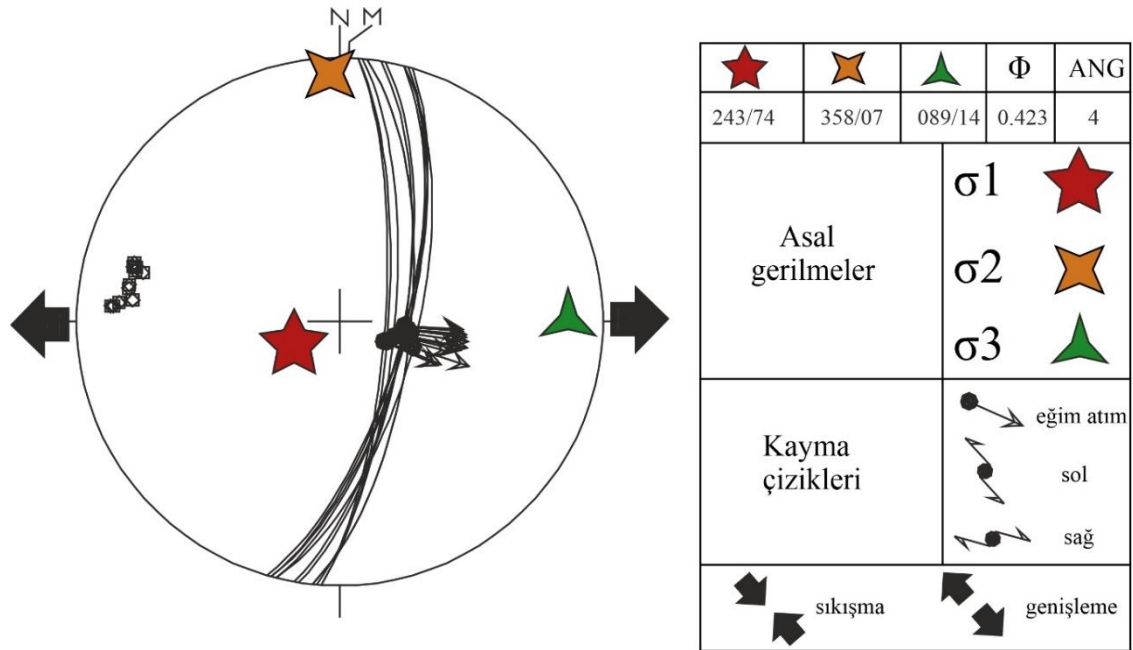
3.2.1 L-1

Çalışma alanının kuzeybatı bölümünde haritalanan Karapınar Segmenti üzerindeki, Lokasyon-1’de gerçekleştirilen saha çalışmalarında elde edilen bulgulara göre K3°D ile K16°D arasında doğrultulara sahip fay düzlemleri ölçülmüştür. Çalışma alanında iyi korunmuş fay düzlemleri yer yer çok net olarak kendini göstermektedir. Lokasyon-1 de ölçülen eğim dereceleri ise 66° ile 76° arasında değişmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda Yunak Fay Zonunun bu segmentinde bulunan kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 85° ile 89° arasında değişmektedir. Yapılan saha çalışmalarında bu segmentin eğim atımlı normal fay karakteri gösterdiği gözlemlenmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Lokasyon 1’de ölçülen fay düzlemlerine ait arazi fotoğrafları.

Bu lokasyonda gözlemlenen fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik ölçümler kinematik analiz programlarına işlenerek veriler hesaplanmıştır. Lokasyonda elde edilen kinematik verilere göre, σ_1 ’in 243° yönelim ve 74° düşeye yakın dalımlı, $\sigma_2(358/07)$ ve σ_3 ’ün ($089/14$) ise yataya yakın dalımlıdır. Hesaplanan veriler, σ_1 ’in düşeyde ve eksenel oranın ($\phi = 0.423$) 0,25 ile 0,75 arasında hesaplaması sonucunda bölgede KD-GB uzanımlı fayların D-B yönlü saf genişlemeli tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 L1’de gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

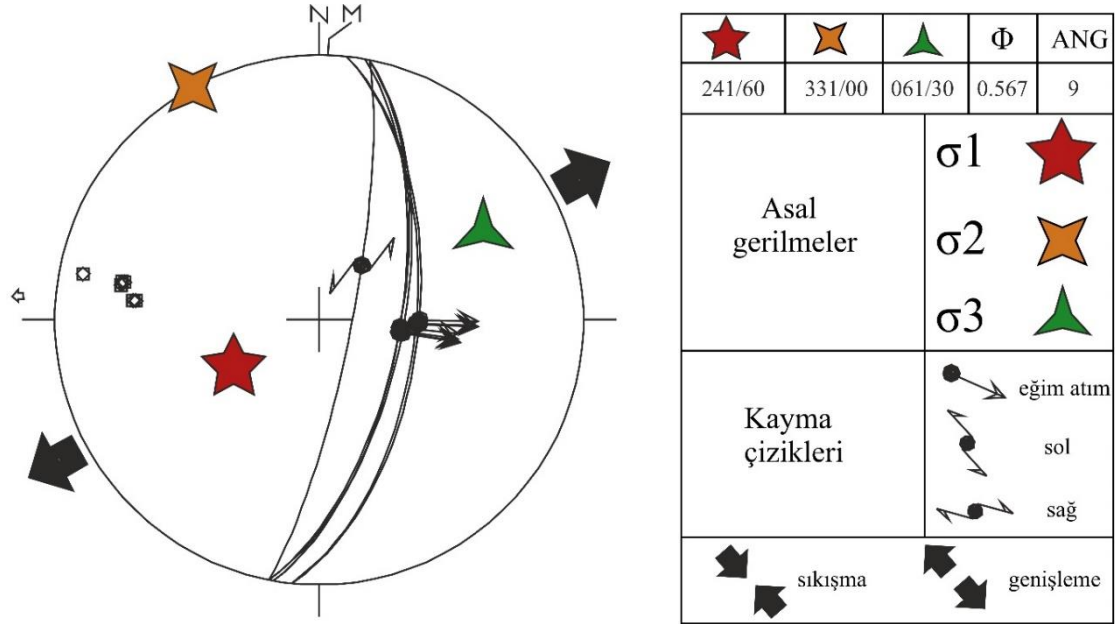
3.2.2 L-2

2. Lokasyon, Yunak Fay Zonu içerisinde haritalanan Ayritepe fay segmenti üzerinde yer almaktadır. Bu bölgede gerçekleştirilen saha çalışmalarında kinematik göstergeleri iyi korunmuş fay düzlemleri gözlemlenmiştir. Gözlemlenen fay düzlemleri üzerinde yapılan kinematik çalışmalara göre K6°D ile K11°D arasında doğrultulara, 59° ile 65° arasında değişen eğime ve 87° ile 89° arasında değişen kayma açlarına sahip fay çizikleri gözlemlenmiştir. Bölgede yapılan saha çalışmaları bu segmentin eğim atımlı normal fay karakterinde rejim gösterdiğine işaret etmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Lokasyon 2’de gözlemlenen yapıların arazi fotoğrafları.

Lokasyon 2’de yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen kinematik veriler, σ_1 ’in 241° yönelim ve 60° düşeye yakın dalıma, σ_2 (331/00) ve σ_3 ’ün (061/30) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan veriler bölgede gözlemlenen fay segmentinin KD-GB yönlü saf genişlemeli tektonik rejim ($\phi = 0.567$) etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 L-2’de gözlemlenen fay hareketlerine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

3.2.3 L-3

Ayrıtepe fay segmenti Kuzeydoğuya doğru bu lokasyona kadar takip edilmiştir. Lokasyon-3’te gerçekleştirilen saha çalışmalarında fay düzlemleri, fay sarplıkları ve fay breşleri gözlemlenmiştir. Fay düzlemlerinde yapılan kinematik çalışmalarda 2 faz gözlenmiştir ve alınan kinematik ölçümlere göre, Lokasyon-3’de R1 fazı K15°D ile K24°D arasında, R2 fazı ise K5°D ile K15°D arasında doğrultulara sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Lokasyon-3 de ölçülen eğim dereceleri ise R1 fazı için 84° ile 87° arasında R2 fazı için 71° ile 79° arasında değişmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda Yunak Fay Zonunun bu segmentinde bulunan kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise R1 segmenti için 9° ile 20°, R2 segmenti için ise 80° ile 88° arasında değişmektedir. Yapılan saha gözlemlerinde kesen kesilen ilişkisine göre doğrultu atım karakterinde bir rejim etkisinde geliştiği gözlemlenen R1 fazının, eğim atımlı normal fay karakteri gösteren R2 fazından daha önce çalıştığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.12).

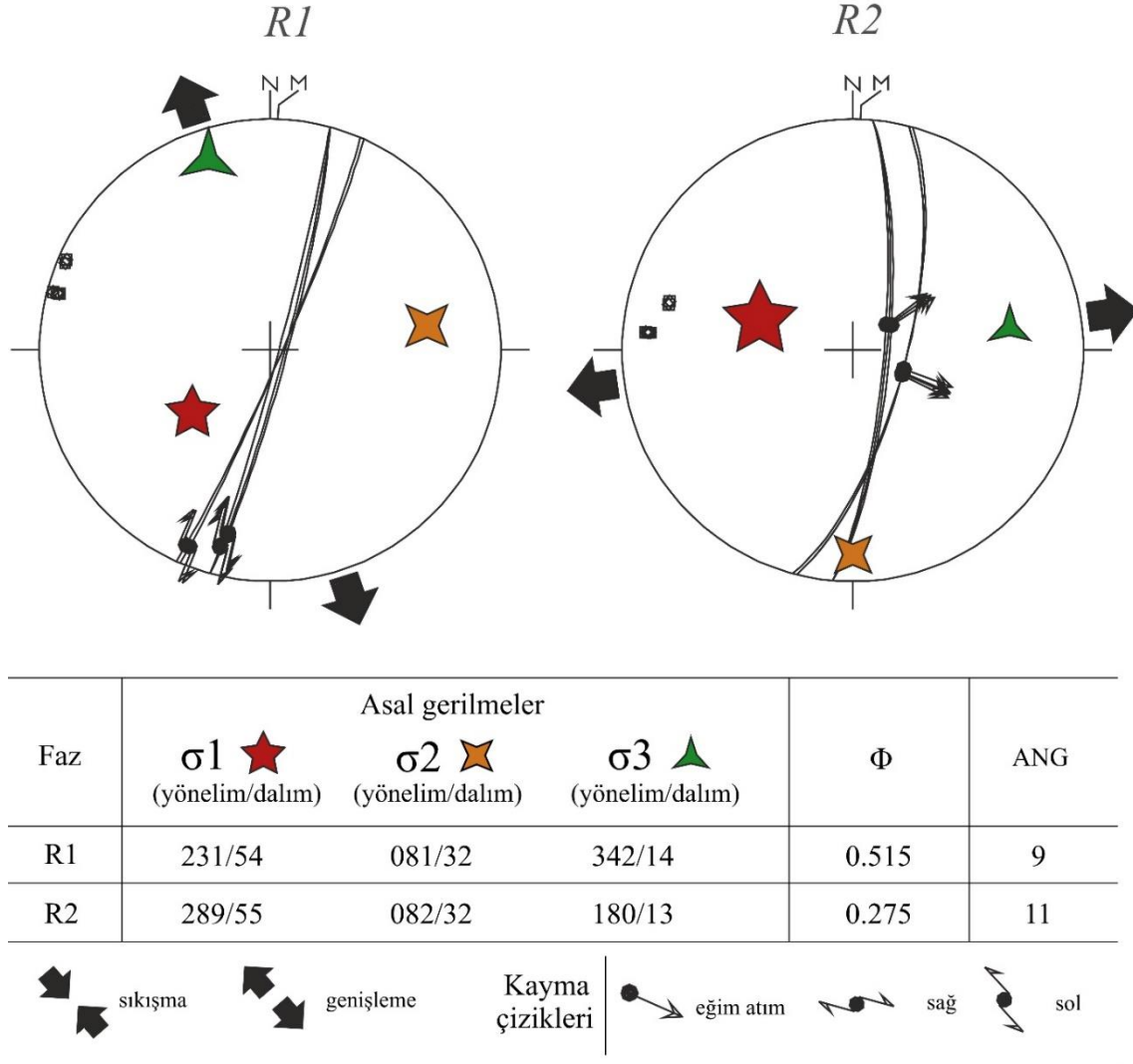


Şekil 3.12 L-3'e ait fay düzlemi ve fay breşleri içeren arazi fotoğrafları.

Bölgede R1 ve R2 olmak üzere iki faz gözlemlenmiş ve ayrı ayrı analizleri yapılmıştır. R1 fazından elde edilen kinematik veriler, σ_2 'nin 81° yönelim ve 32° düşeye yakın dalıma, σ_1 (231/54) ve σ_3 'ün (342/14) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. R2 fazından elde edilen veriler ise σ_1 'in 289° yönelim ve 55° düşeye yakın dalıma, σ_2 (082/32) ve σ_3 'ün (180/13) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan veriler, R1 fazı için σ_2 'nin düşeyde ve eksenel oranının ($\phi = 0.515$) 0,25 ile 0,75 arasında hesaplaması sonucunda sağ yönlü saf doğrultu atımlı tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir. R2 fazından elde edilen veriler ise KD-GB yönlü

saf genişlemeli tektonik rejim ($\phi = 0.275$) etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.13).

Ayrıtepe Segmenti/YASL3



Şekil 3.13 L-3'te gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

3.2.4 L-4

Ayrıtepe fay segmenti üzerinde yapılan arazi çalışmalarında Lokasyon 2 ve Lokasyon 3'te gözlemlenen fay göstergeleri Kuzeydoğuya doğru takip edilerek lokasyon 4'te incelenmiştir. Bu Lokasyonda yer yer fay düzlemleri ve fay sarplıkları belirgin bir şekilde yüzlek vermiştir. Fay düzlemlerinde yapılan kinematik çalışmalara göre, Lokasyon-4'te

K6°D ile K40°D arasında doğrultulara sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Lokasyon-4'te ölçülen eğim dereceleri ise 65° ile 78° arasında değişmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda Yunak Fay Zonunun bu segmentinde bulunan kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 81° ile 88° arasında değişmektedir. Yapılan saha çalışmalarında elde edilen bulgular gözlemlenen bu fayın eğim atımlı normal fay karakterinde olduğuna işaret etmektedir (Şekil 3.14).

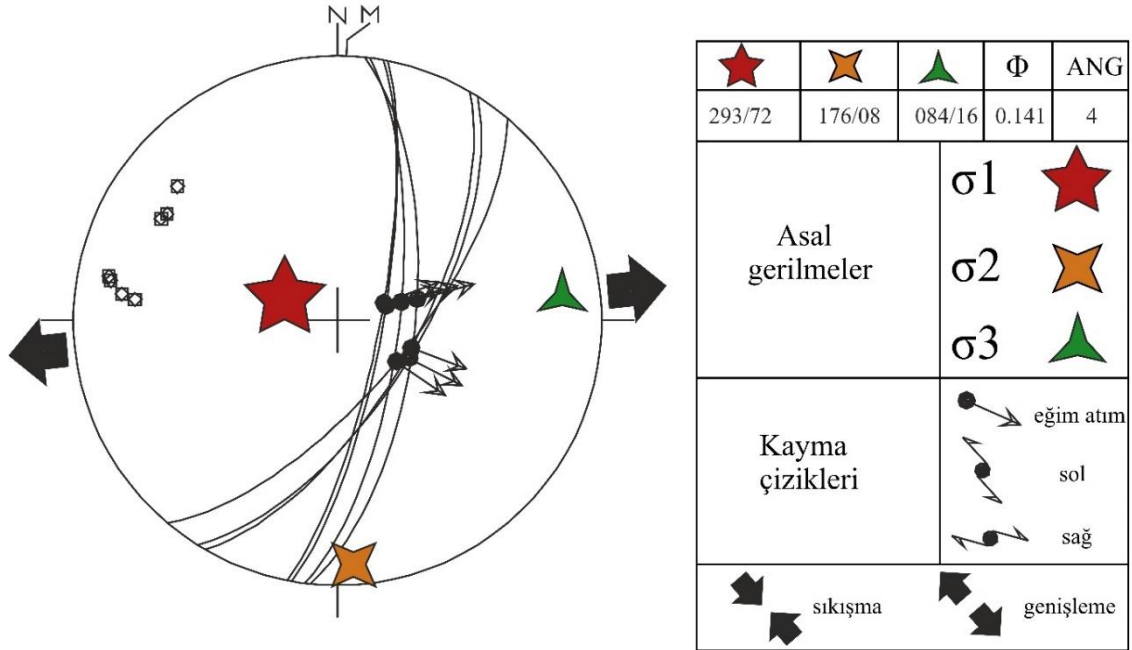


Şekil 3.14 L-4'e ait fay düzlemi ve fay çizikleri içeren arazi fotoğrafları.

Lokasyon 4'te elde edilen kinematik verilerden hesaplanan σ_1 , σ_2 ve σ_3 sırasıyla, 293°, 176° ve 084° yönelim ve 72°08' ve 16° dalımlı olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler σ_1 'in düşeye dalımlı ve eksenel oranının ($\phi=0.141$) 0 ile 0.25 aralığında olması, bölgede

KD-GB olarak tanımlanan fay segmentinin yaklaşık D-B yönlü dairesel genişleme tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.15).

Ayritepe Segmenti/YASL4



Şekil 3.15 L-4'te gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

3.2.5 L-5

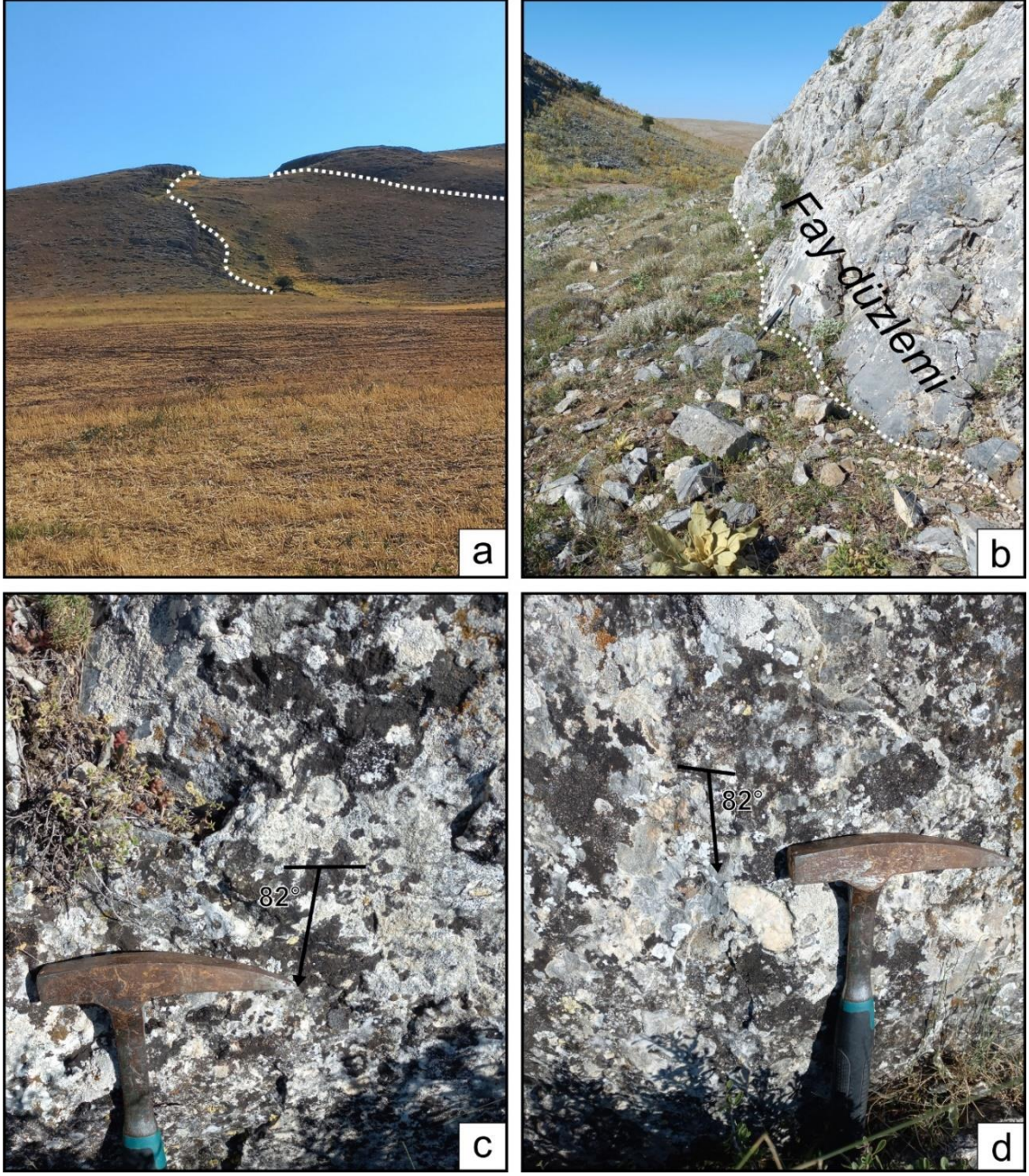
Mevlütü ile Pazarkaya Mevki arasında yer alan 5. Lokasyon bölgede bulunan maden ocağı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bölgede madencilik faaliyetleri kapsamında çıkan bir yarmada iyi korunmuş fay düzlemleri, fay çizikleri ve kertikleri gözlemlenmiştir fakat düzleme ulaşılamadığından dolayı sadece doğrultu ölçümü yapılabilmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda gözlemlenen fayın doğrultu atımlı fay olduğu saptanmıştır ve edilen doğrultular ise K35°D ve K50°D olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 L-5’de gözlemlenen fay çiziklerini içeren arazi fotoğrafları.

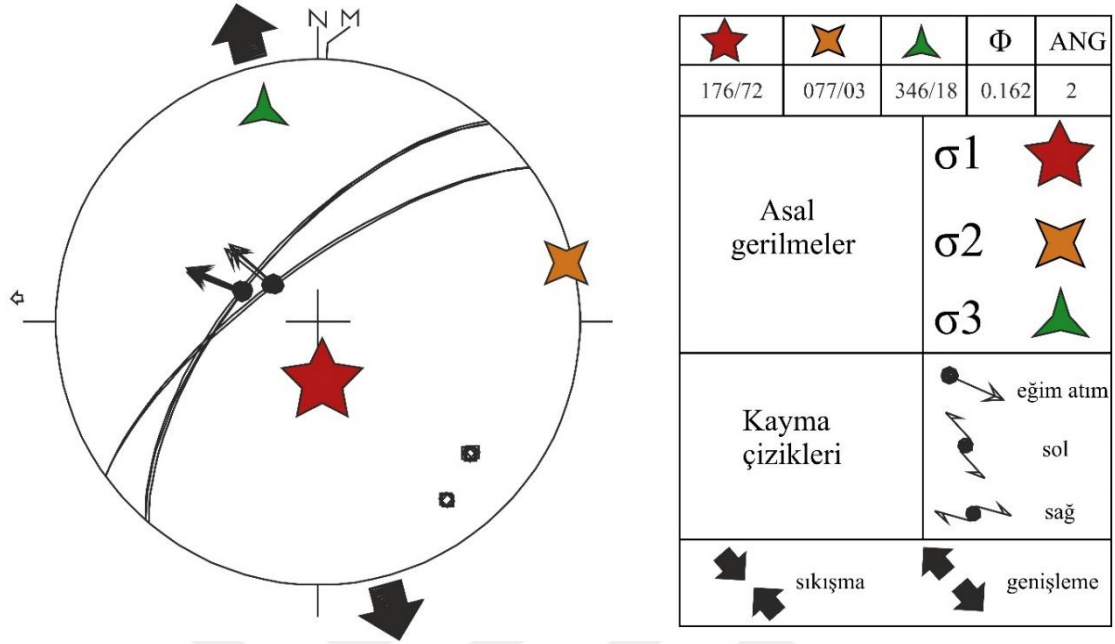
3.2.6 L-6

Lokasyon-6, Sıram fayına ait kollardan birisi üzerinde, Kargalı yerleşim alanının Güneybatısı ile Karakışla yerleşim alanının güneydoğusunda yer almaktadır. Bölgede yapılan çalışmalarda kırık hatları takip edilerek ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler sonucunda K40°D ile K54°D arasında doğrultulara sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Lokasyon-6’da ölçülen eğim dereceleri 65° ile 73° arasında değişmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 86° ile 82° arasında değişmektedir. Yapılan arazi çalışmalarından elde edilen bulgular eğim atımlı normal bir hareket rejiminin etkisi ile gerçekleştiğine işaret etmektedir. (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 L-6'ya ait fay düzlemi ve fay çizikleri içeren arazi fotoğrafları.

Lokasyon 6'dayapılan çalışmalarda hesaplanan veriler σ_1 'in 176° yönelim ve 72° düşeye yakın dalıma, σ_2 (077/03) ve σ_3 'ün (346/18) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan veriler, KB-GD yönlü dairesel genişlemeli tektonik rejim ($\phi=0.275$) etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 L-6'da gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

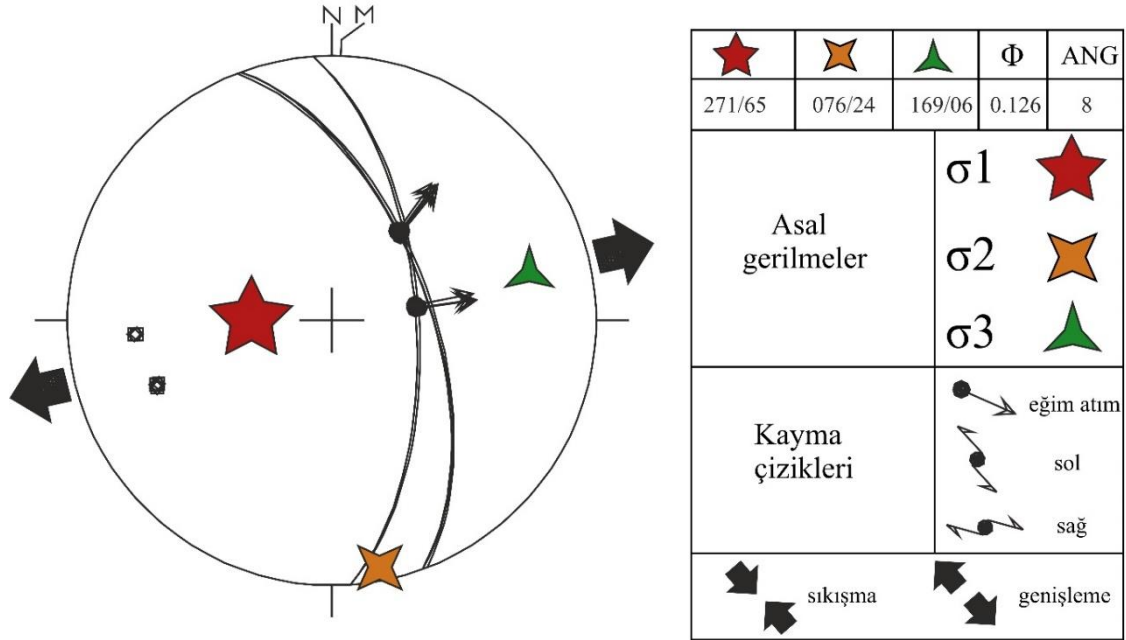
3.2.7 L-7

Cebrail yerleşim alanının kuzey kesiminde yer alan Cebrail segmenti üzerinde bulunan Lokasyon 7'de gerçekleştirilen arazi çalışmalarında fay düzlemleri ve fay sarplıkları gözlemlenmiştir. Alınan ölçümler sonucunda K4°B ve K21°B doğrultularına sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Bu lokasyonda ölçülen eğim dereceleri ise 59° ve 64° olarak hesaplanmıştır. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde gözlenen rake açıları ise 72° ve 88° olarak ölçülmüştür. (Şekil 3.19). Yapılan arazi çalışmaları sonucunda elde edilen saha verileri bölgede gözlemlenen fayın eğim/verev atımlı normal fay karakteri gösterdiğine işaret etmektedir.



Şekil 3.19 L-7'ye ait fay düzlemi ve fay çizikleri içeren arazi fotoğrafları.

Bu lokasyonda gözlemlenen fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik ölçümler kinematik analiz programlarına işlenerek veriler hesaplanmıştır. Lokasyonda elde edilen kinematik veriler, σ_1 'in 271° yönelim ve 65° düşeye yakın dalıma, $\sigma_2(076/24)$ ve σ_3 'ün $(169/06)$ ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan veriler, σ_1 'in düşeyde ve eksenel oranın ($\phi = 0.126$) 0 ile 0,25 arasında hesaplaması sonucunda bölgede KB-GD uzanımlı bu fay segmentinin KD-GB yönlü dairesel genişlemeli tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 L-7’de gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

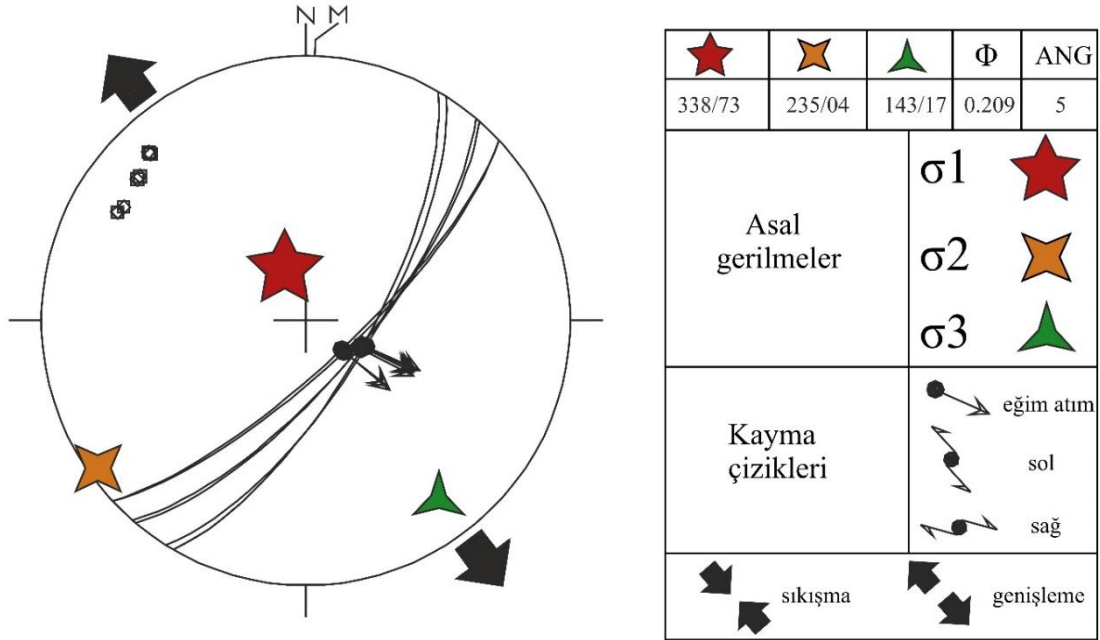
3.2.8 L-8

Cebrail yerleşim alanının Kuzeyinde, Lokasyon 7’de gözlemlenen fay düzlemleri Cebrail yerleşim alanına doğru takip edilerek Lokasyon 8’de incelenmiştir. Cebrail segmentinde yapılan arazi çalışmaları sonucunda bölgede belirgin fay düzlemleri, fay sarplıkları, fay çizikleri ve karstik oluşumlar gözlemlenmiştir. Alınan ölçümler sonucunda K30°D ile K47°D arasında doğrultulara sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Lokasyon-8’de ölçülen eğim dereceleri ise 70° ile 76° arasında değişmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 85° ile 89° arasında değişmektedir (Şekil 3.21). Yapılan arazi çalışmaları bölgede gözlemlenen fay segmentinin eğim atımlı normal fay karakterinde olduğuna işaret etmektedir.



Őekil 3.21 L-8'ye ait fay dűzlemi ve fay çizikleri ięeren arazi fotoęrafları.

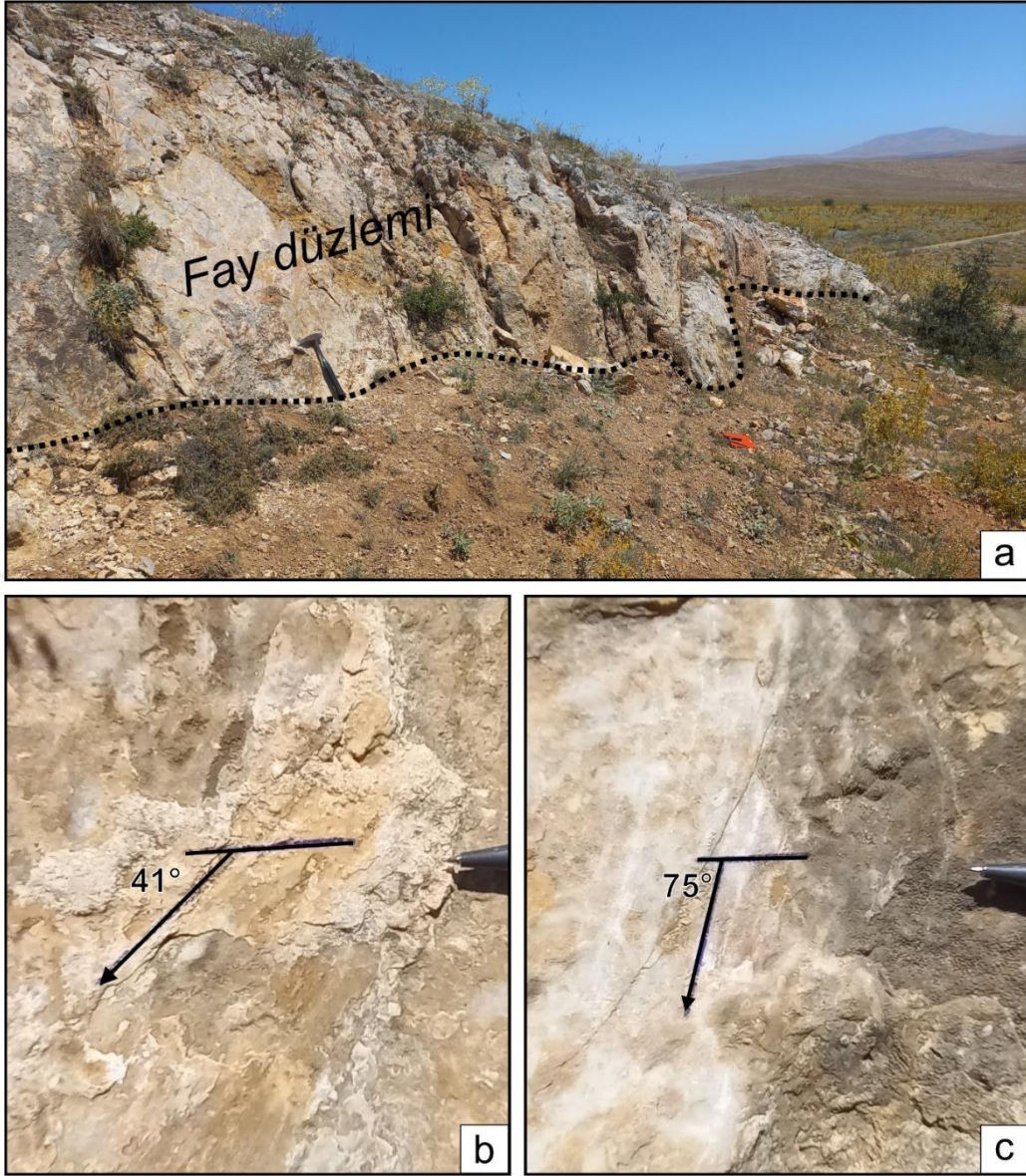
Lokasyon 8'de elde edilen kinematik verilerden hesaplanan σ_1 , σ_2 ve σ_3 sırasıyla 338° , 235° ve 143° yönelim ve 73° , 04° ve 17° dalımlı olarak hesaplanmıřtır. Hesaplanan veriler σ_1 'in dűőeye dalımlı ve eksenel oranının ($\phi=0.209$) 0 ile 0.25 aralıęında olması, bűlgede KD-GB olarak tanımlanan fay segmentinin yaklařık KB-GD yűnlű dairesel geniřleme tektonik rejim etkisinde geliřtięine iřaret etmektedir (Őekil 3.22).



Şekil 3.22 L-8’de gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

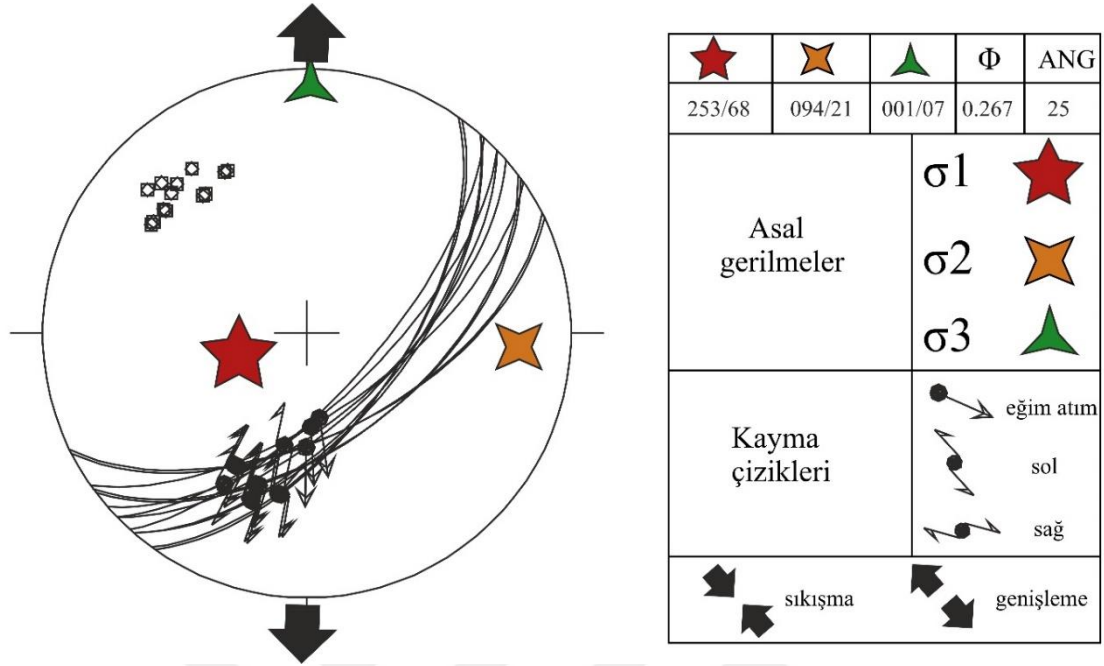
3.2.9 L-9

Cebrail yerleşim alanının Güneybatısına doğru Cebrail fay segmenti takip edilerek fay düzlemlerinin ve fay sarplıklarının yüzlek verdiği bu bölgede de ölçümler alınmıştır. Bölgede yapılan çalışmalar sonucunda alınan ölçümler sonucunda K35°D ile K64°D arasında doğrultulara sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Lokasyon-9’da ölçülen eğim dereceleri ise 55° ile 70° arasında değişmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 40° ile 75° arasında değişmektedir (Şekil 3.23). Bölgede gözlemlenen fay segmenti yapılan saha çalışmaları sonucunda eğim/verev atımlı normal fay karakterinde olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 3.23 L-9'a ait fay düzlemi ve fay çizikleri içeren arazi fotoğrafları.

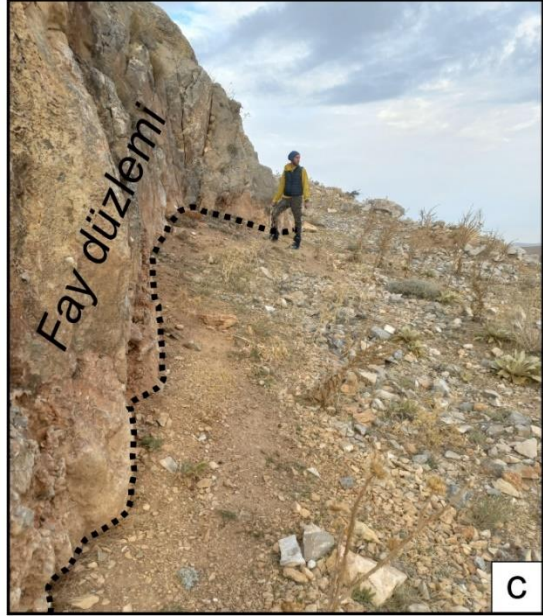
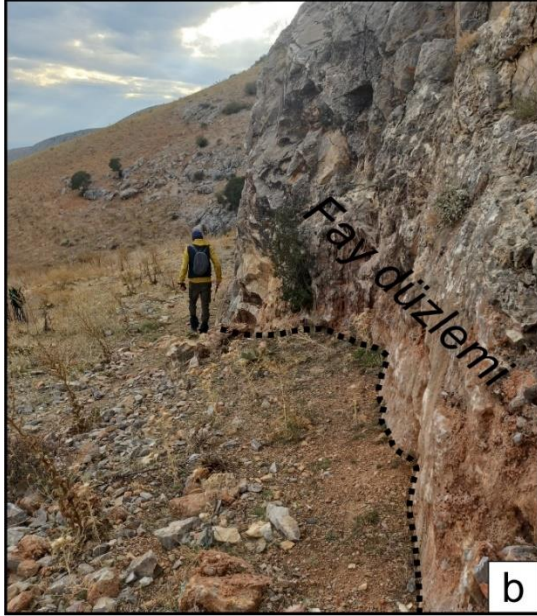
Bu lokasyonda elde edilen kinematik veriler, σ_1 'in 253° yönelim ve 68° düşeye yakın dalıma, $\sigma_2(094/21)$ ve σ_3 'ün $(001/07)$ ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan veriler, σ_1 'in düşeyde ve eksenel oranın ($\phi = 0.267$) 0,25 ile 0,75 arasında hesaplaması sonucunda bölgede KD-GB uzanımlı fayların KG yönlü saf genişlemeli tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.23).



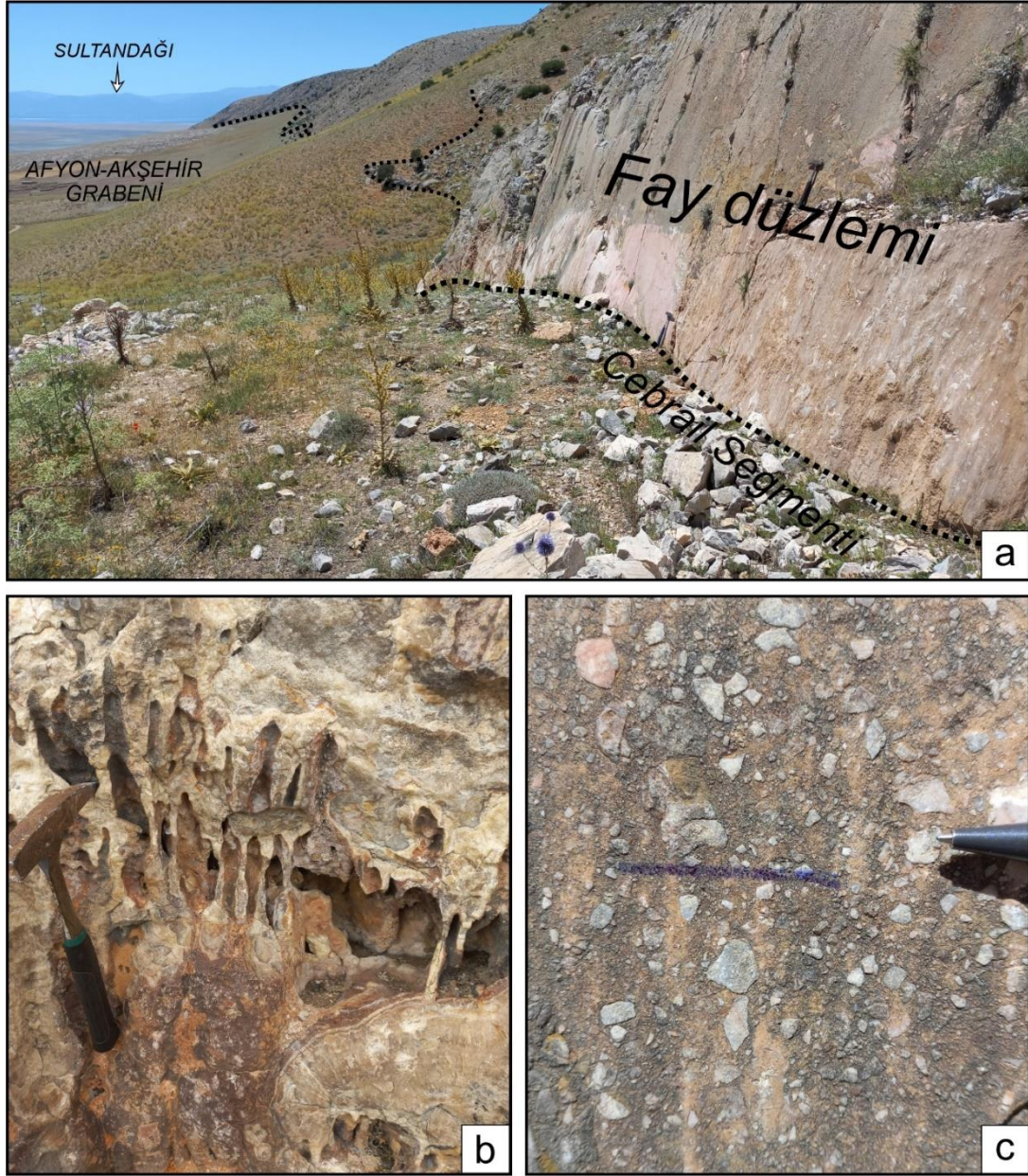
Şekil 3.24 L-9'da gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

3.2.10 L-10

Cebrail yerleşim alanının Güneybatısın Cebrail fay segmenti takip edilerek bu bölgede yüzlek veren fay sarplıkları ve fay düzlemleri gözlemlenmiştir. Karbonatlı kayaçların hakim olduğu bu bölgede bu kayaçları Kuvaterner birimlerle sınırlayan bir dokanak niteliğinde meydana gelmiş Cebrail fayı üzerinde 4 farklı fay hareketi gözlemlenmiştir. Bölgede yer alan karbonatlı kayaçlar üzerinde oluşan karstik oluşumlar, fay breşleri, fay çizikleri gibi göstergeler bu bölgede gözlemlenmiştir.



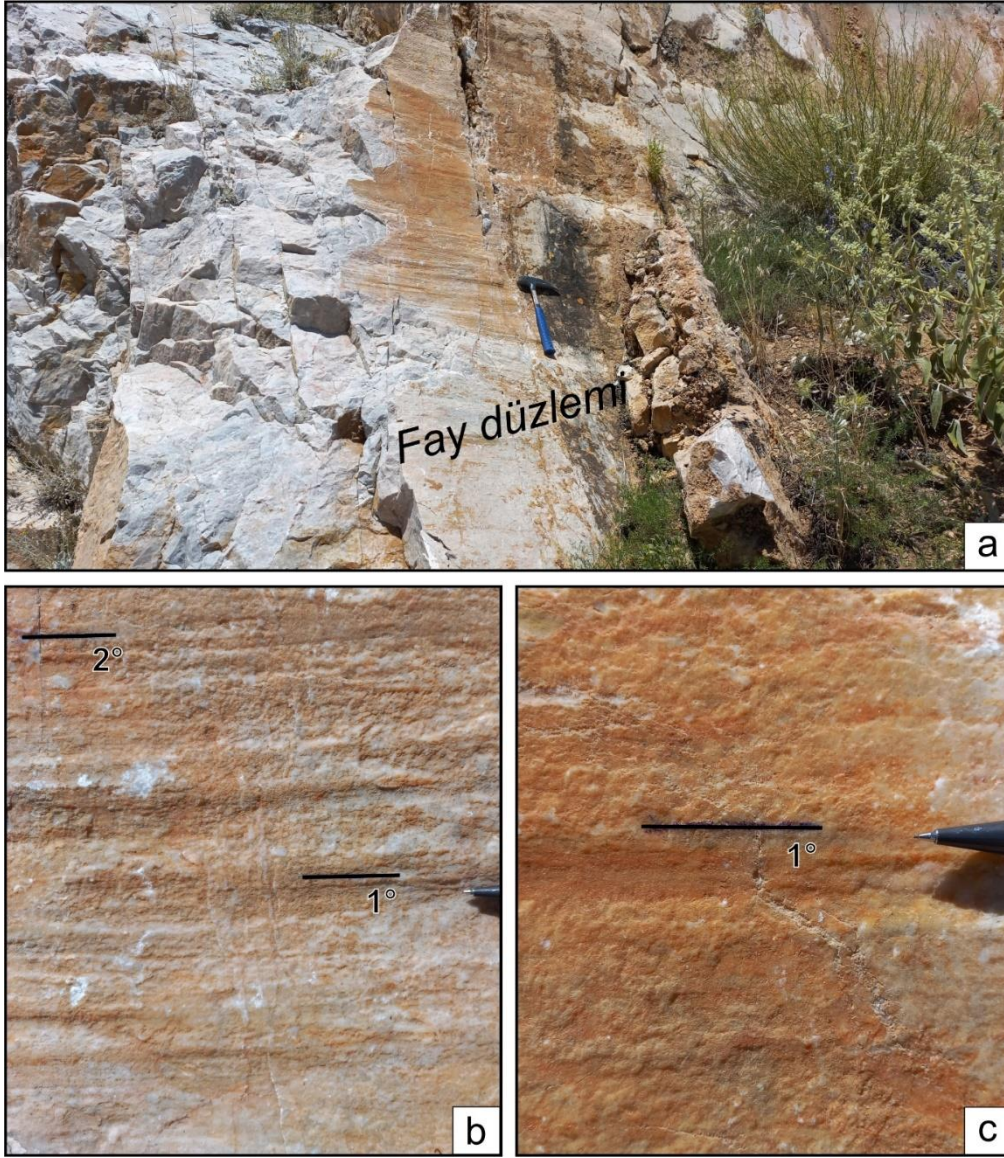
Şekil 3.25 L-10' a ait fay düzlemlerini gösteren arazi fotoğrafları.



Şekil 3.26 a; L-10' da gözlemlenen fay düzlemi, b; karstik oluşumlar, c; fay breşleri.

Bölgede gözlemlenen bu hareketler saha çalışması içerisinde kendi aralarında yaşlandırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda doğrultu atım karakteri gösteren fayın en yaşlı (R1), güneye doğru rake açılarına sahip fay çizikleri meydana getiren fayın ise doğrultu atımlı faydan daha genç (R2), kuzeye rake açılarına sahip fay çiziklerini meydana getiren fay hareketinin ise güneye doğru rake açılarına sahip fay çizikleri meydana getiren faydan daha genç (R3) ve aralarında eğim atımlı normal fay karakterine sahip ve yüksek rake açılı fayın ise en genç ve güncel fay olduğu saptanmıştır. Bölgede jeolojik kesit ve çok sayıda ölçüm alınmıştır. Aralarında en eski olan (R1) fay aktivitesi

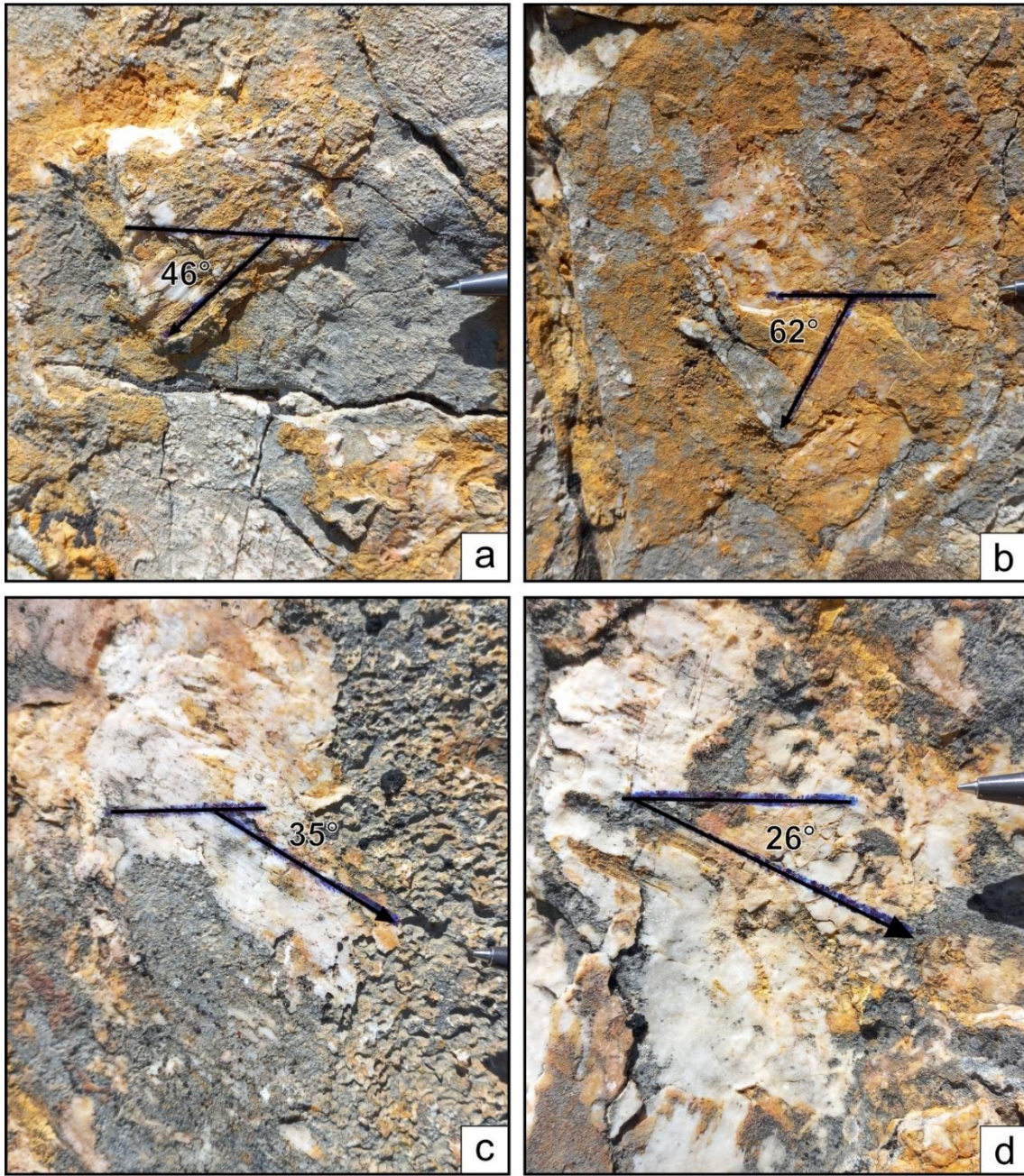
üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda K38°D ile K48°D arasında değişen doğrultular sahip, 60° ile 75° arasında değişen eğim açlarına ve 1° ile 5° arasında değişen kayma düzlemleri gözlemlenmiştir. Yapılan saha çalışmaları bölgedeki Cebrail segmenti üzerinde gözlenen R1 fazının sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakteri gösterdiğine işaret etmektedir.



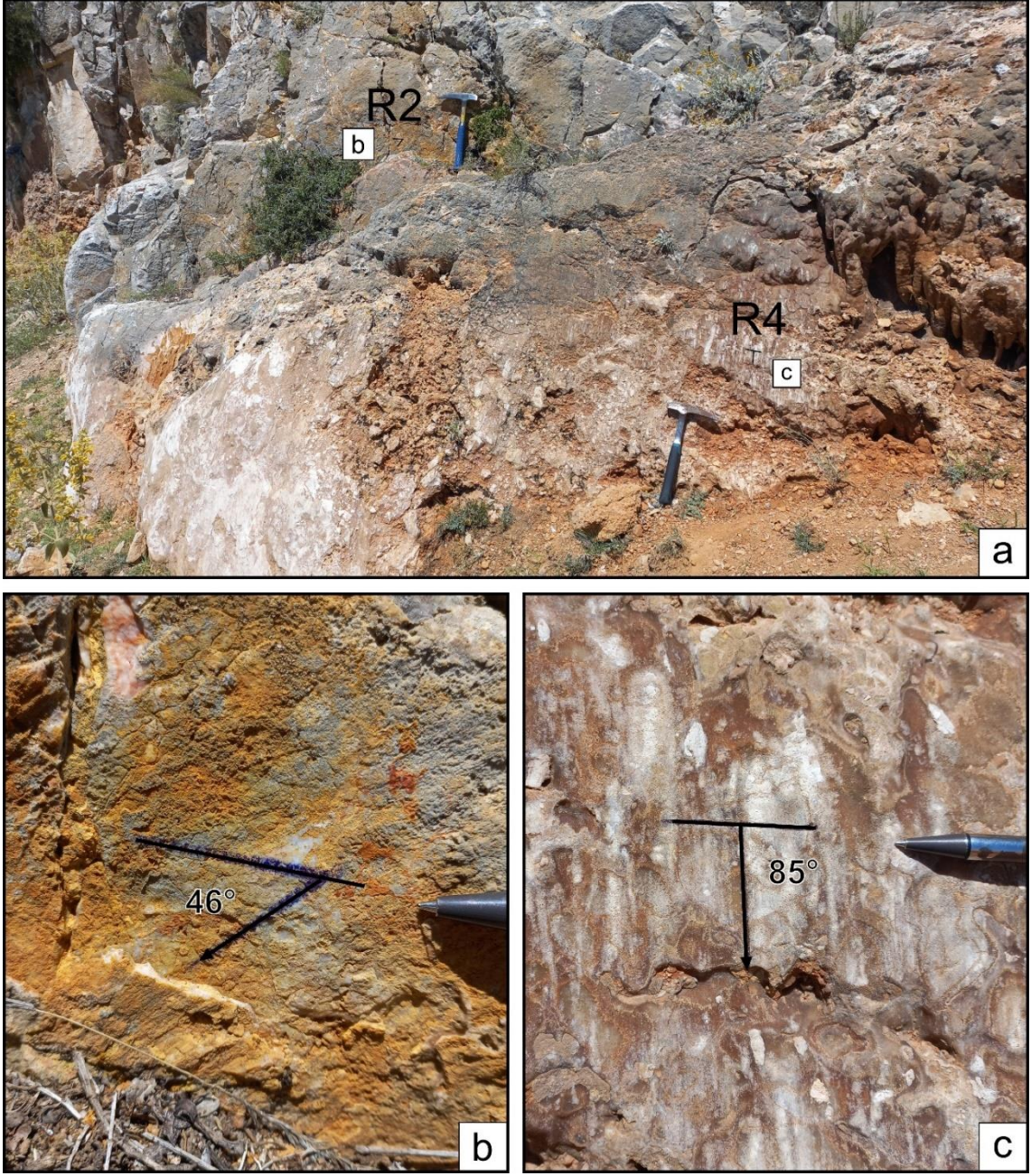
Şekil 3.27 L-10'da gözlemlenen R1 hareketine ait fay düzlemi ve çiziklerini içeren arazi fotoğrafları.

Aralarında en eski olan (R1) fay aktivitesinden daha genç olan R2 aktivitesi üzerinde alınan ölçümler sonucunda K33°D ile K44°D arasında değişen doğrultular sahip, 60° ile 82° arasında değişen eğim açlarına ve 45° ile 46° olan kayma düzlemleri

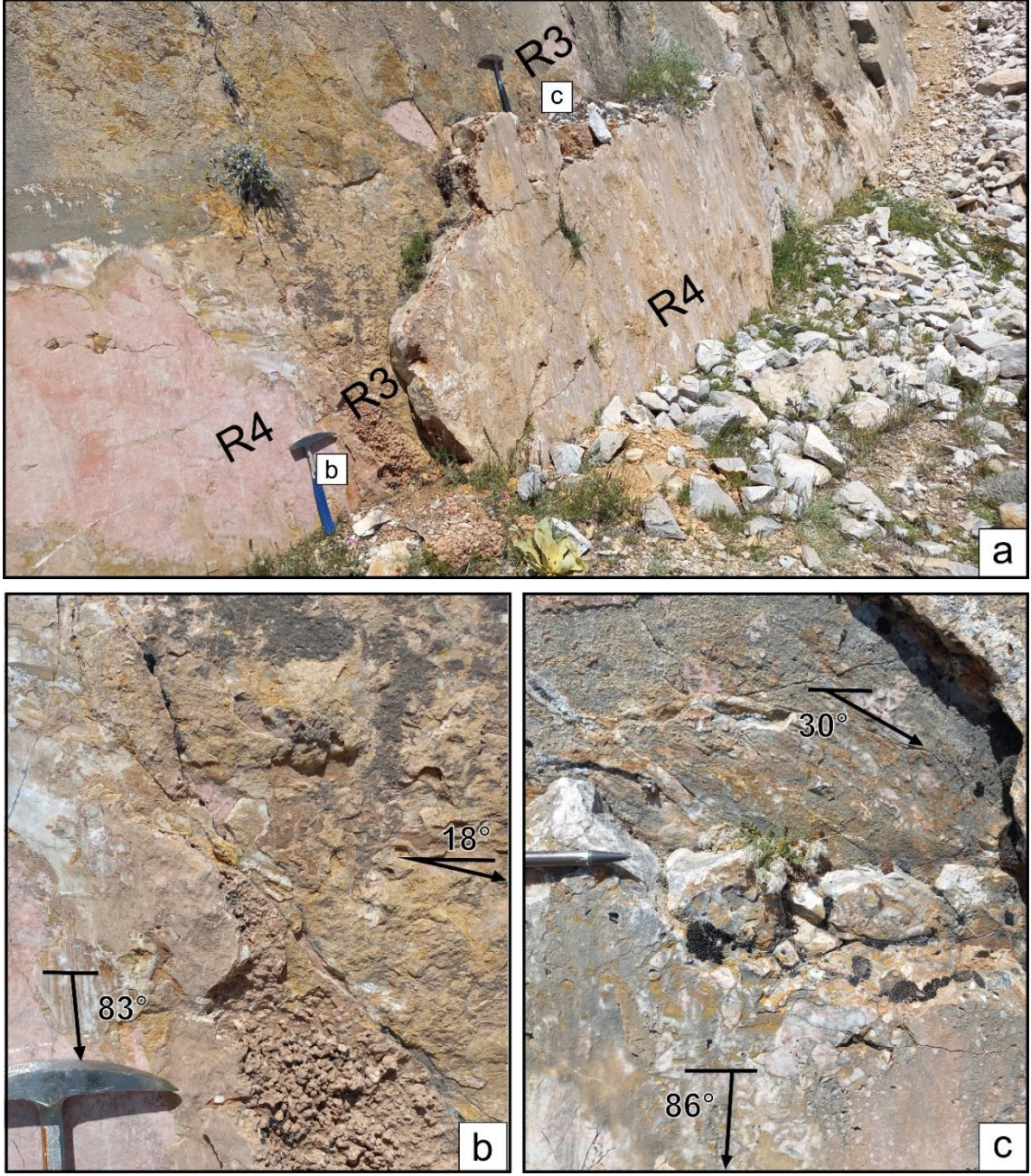
gözlemlenmiştir. Bu saha çalışmaları eğim/verev atımlı normal fay karakteri olduğuna işaret etmektedir (Şekil 3.28, Şekil 3.29). R2 fay aktivitesinden daha genç olan R3 aktivitesi üzerinde alınan ölçümler sonucunda K32°D ile K74°D arasında değişen doğrultular sahip, 60° ile 80° arasında değişen eğim açlarına ve 18° ile 50° olan kayma düzlemleri gözlemlenmiştir. Bu fay segmenti üzerinde yapılan çalışmalar R3 fazının eğim/verev atımlı fay karakterinde olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 3.28 L-10'da gözlemlenen fay çizikleri, a, b; R2 fazına ait fay çizikleri, c, d; R3 fazına ait fay çizikleri.

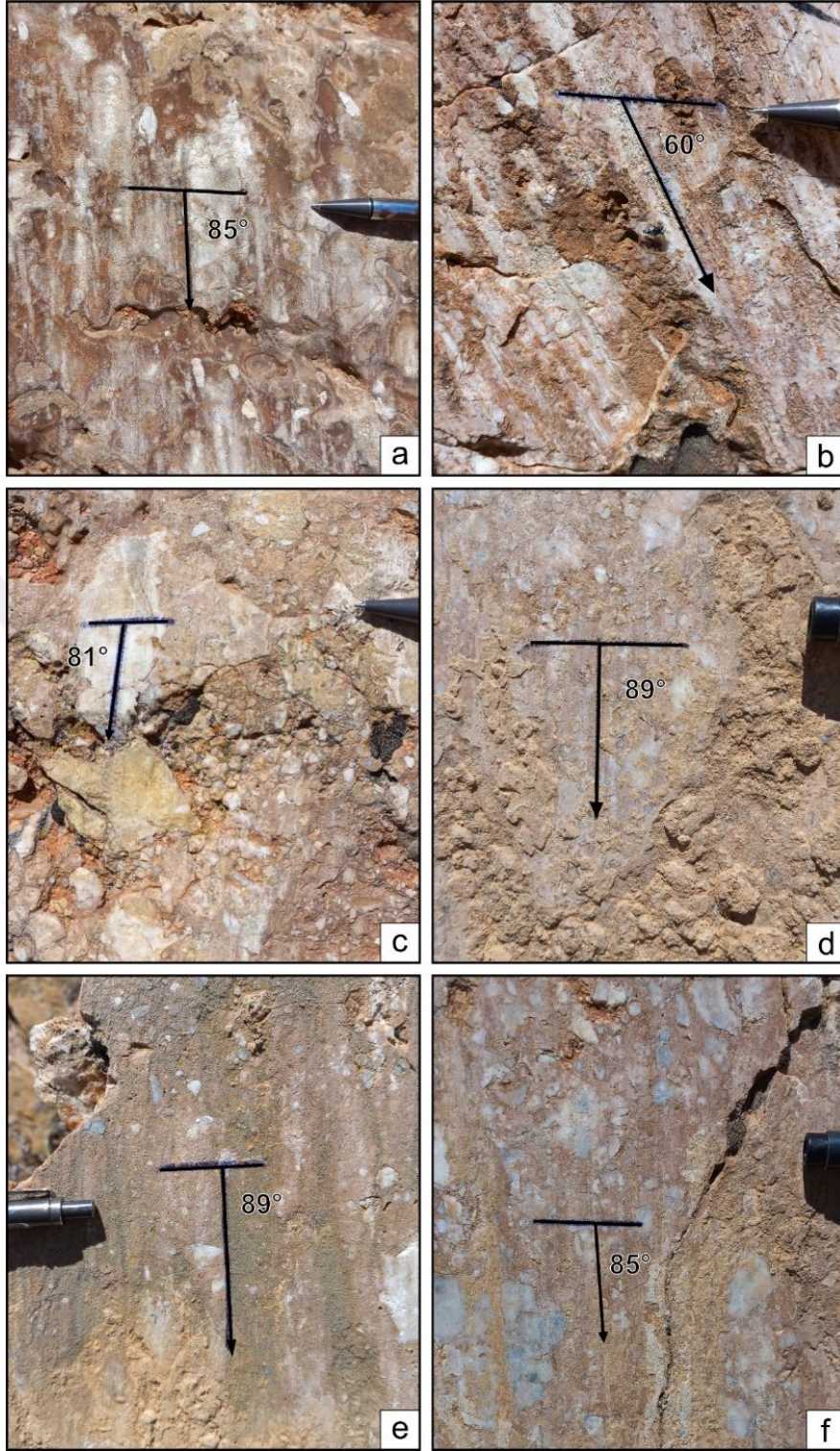


Şekil 3.29 Lokasyon 10'a ait arazi fotoğrafı, a; R2 ve R4 fazının kesen kesilen ilişkisini gösteren arazi görüntüsü, b; R2 fazına ait fazına ait fay çiziklerinin yakın görüntüsü, c; R4 fazına ait fay çiziklerinin yakın görüntüsü.



Şekil 3.30 Lokasyon 10'a ait arazi fotoğrafı, a; R3 ve R4 fazının kesen kesilen ilişkisini gösteren arazi görüntüsü, b; R3 ve R4 fazına ait fay çiziklerinin yakın görüntüsü, c; R3 ve R4 fazına ait fay çiziklerinin yakın görüntüsü.

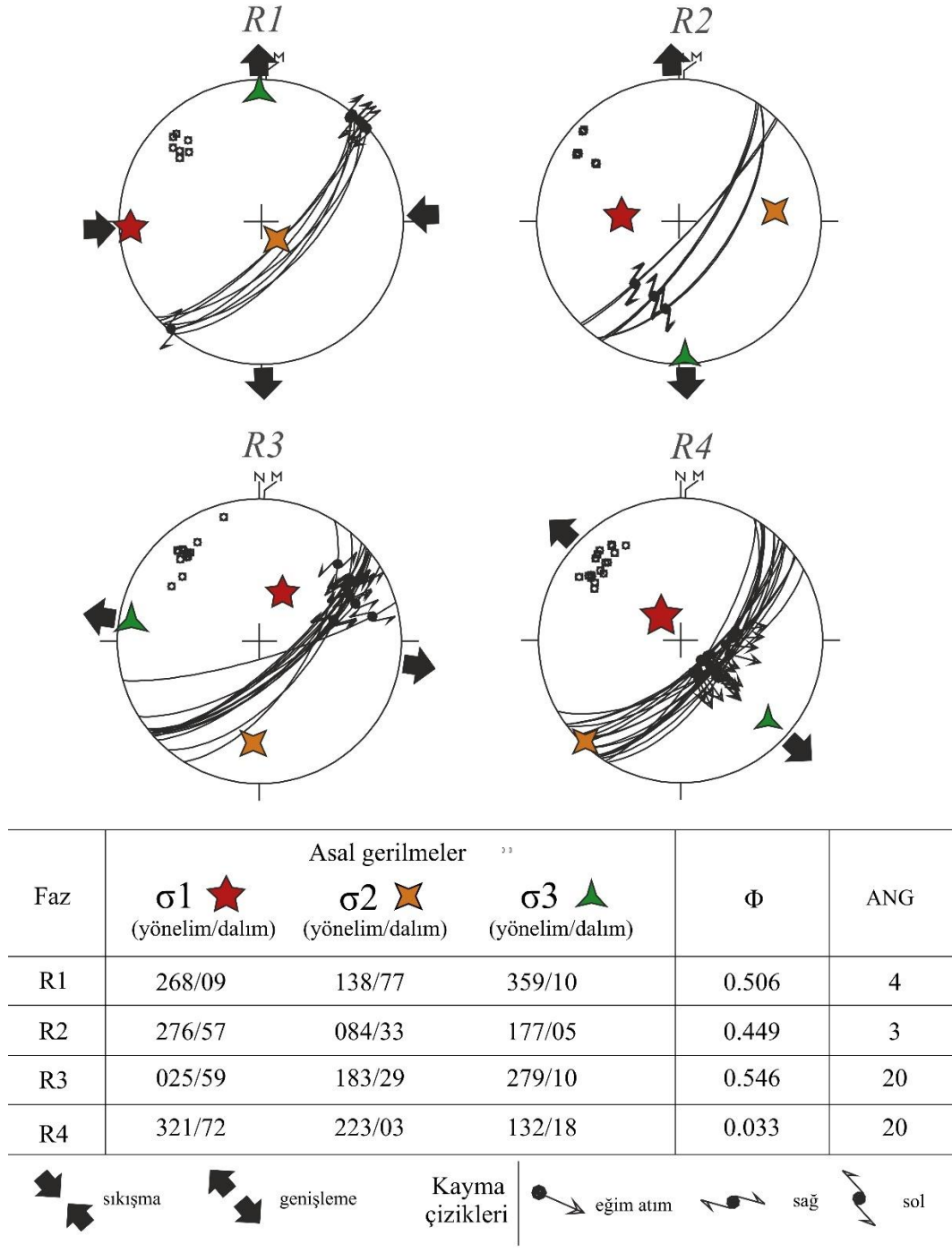
Aralarında en genç olan (R4) fay aktivitesi üzerinde çok sayıda ölçüm alınmıştır. Alınan ölçümler sonucunda K16°D ile K89°D arasında değişen doğrultular sahip, 58° ile 89° arasında değişen eğim açlarına ve 60° ile 89° olan kayma düzlemleri gözlemlenmiştir. R4 fazı üzerinde alınan ölçümler ve arazi gözlemleri R4 fazının eğim atımlı normal fay karakterinde olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 3.31 L-10'da gözlemlenen R4 hareketine ait fay çiziklerini içeren arazi fotoğrafları.

Lokasyon 10'da yapılan çalışmalar sonucunda R1, R2, R3, R4 olmak üzere dört faz gözlemlenmiş ve ayrı ayrı analizleri yapılmıştır. R1 fazından elde edilen kinematik veriler, σ_2 'nin 138° yönelim ve 77° düşeye yakın dalıma, σ_1 (268/09) ve σ_3 'ün (359/10)

ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. R2 fazından elde edilen düşeye dalımlı σ_1 ve yataya yakın dalımlı σ_2 ve σ_3 verileri sırasıyla 276° , 84° ve 177° yönelimli ve 57° 33° 5° dalımlı olarak hesaplanmıştır. R3 fazından elde edilen veriler ise σ_1 'in 25° yönelim ve 59° düşeye yakın dalıma, $\sigma_2(183/29)$ ve σ_3 'ün ($279/10$) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Aralarında en güncel tektonik faz olan R4 fazından elde edilen veriler ise sırasıyla, düşeye yakın dalımlı σ_1 ($321/72$) ve yataya yakın dalımlı σ_2 ($223/03$) ve σ_3 ($132/18$) olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler, R1 fazı için σ_2 'nin sağ yönlü saf doğrultu atımlı ($\phi = 0.506$) tektonik rejim etkisinde geliştiğine, KD-GB uzanımlı eğim/verev atımlı normal faylanmalardan R2 fazının yaklaşık KG yönlü saf genişlemeli ($\phi = 0.449$), R3 fazının KB-GD yönlü saf genişlemeli ($\phi = 0.546$) ve R4 fazının ise KB-GD yönlü dairesel genişlemeli ($\phi = 0.033$) tektonik rejim etkisi altında geliştiğine işaret etmektedir.

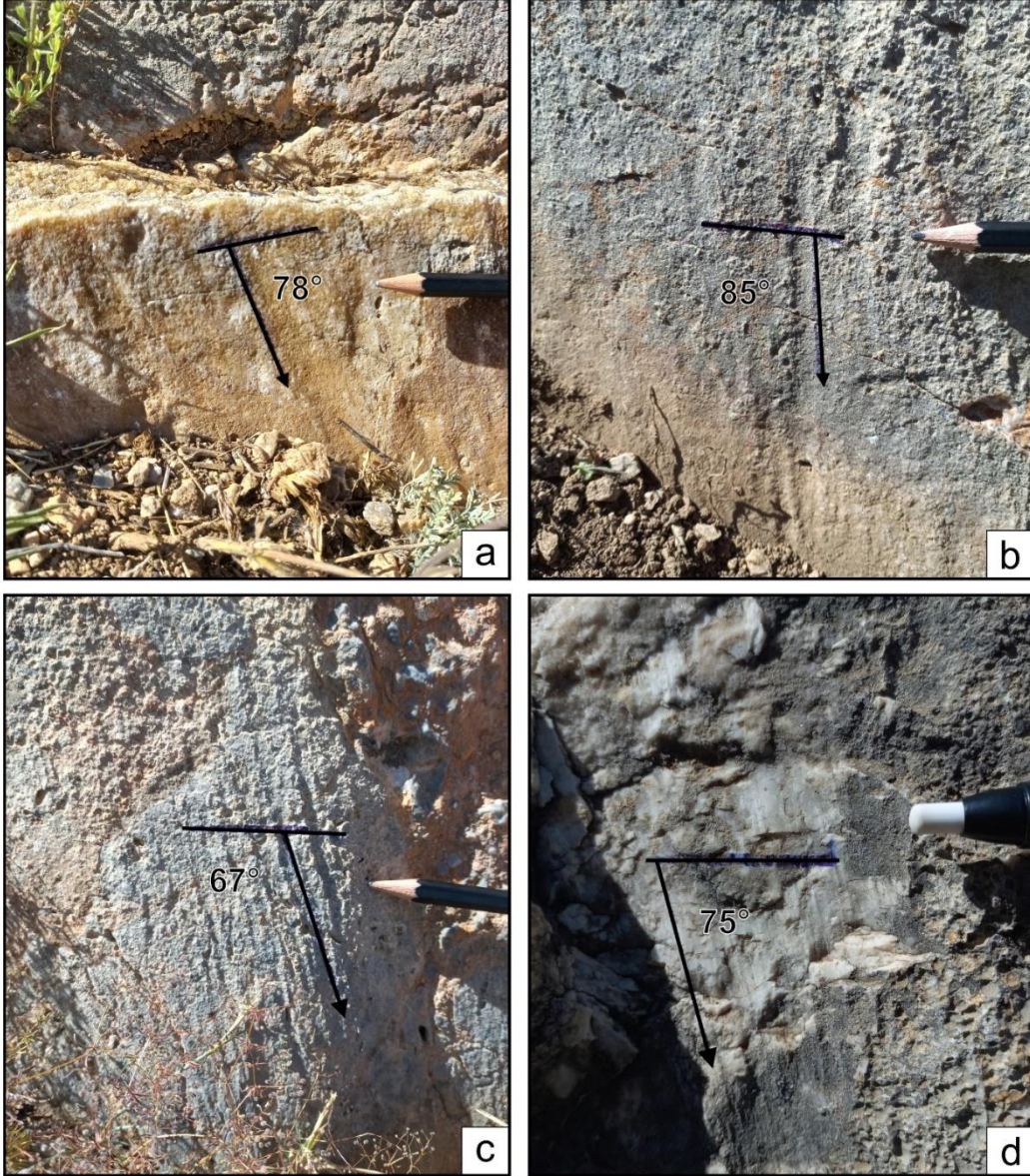


Şekil 3.32 L-10'da hesaplanan kinematik analiz sonuçları ve plot görüntüsü.

3.2.11 L-11

Cebrail yerleşim alanının Güneybatı kesiminde yer alan 11. Lokasyon daha önce Cebrail yakınlarında bulunan inceleme alanlarının da Güneybatısında yer almaktadır. Bölgede

yüzlek veren fay düzlemlerinden sahada ölçümler alınarak kinematik çalışmalar yapılmıştır. Alınan ölçümler sonucunda K52°D ile K75°D arasında doğrultulara sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Lokasyon-11’de ölçülen eğim dereceleri ise 62° ile 66° arasında değişmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 70° ile 86° arasında değişmektedir (Şekil 3.33).

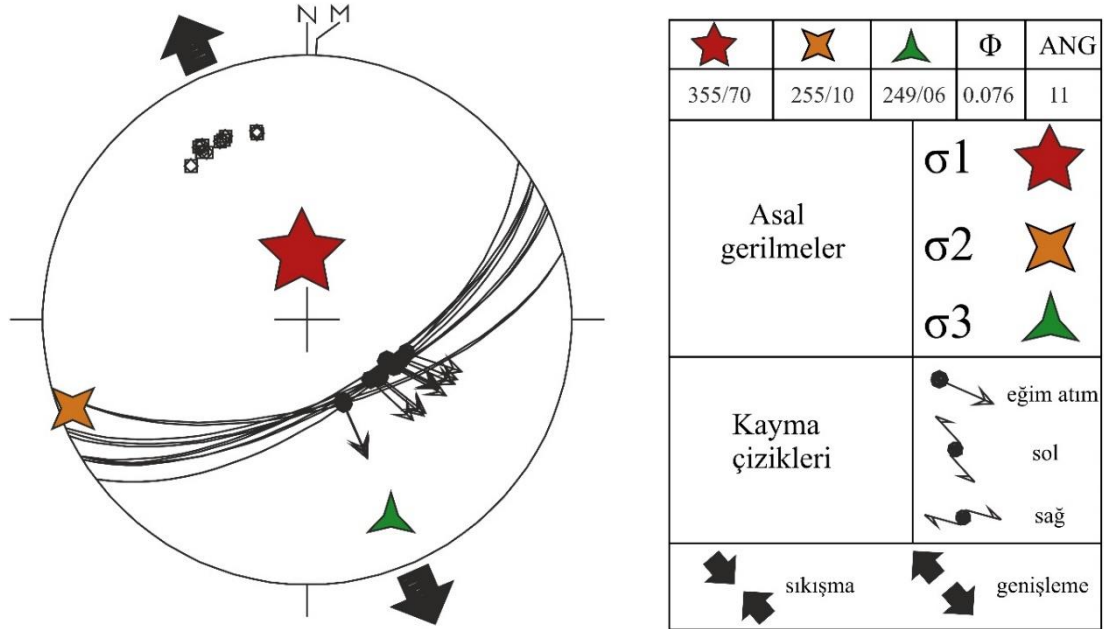


Şekil 3.33 L-11’de gözlemlenen fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları.

Bu lokasyonda elde edilen kinematik veriler, σ_1 ’in 355° yönelim ve 70° düşeye yakın dalıma, σ_2 (255/10) ve σ_3 ’ün (249/06) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan veriler, σ_1 ’in düşeyde ve eksenel oranın ($\phi = 0.076$) 0 ile 0,25

arasında hesaplaması sonucunda bölgede KD-GB uzanımlı fayların KB-GD yönlü dairesel genişlemeli tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.34).

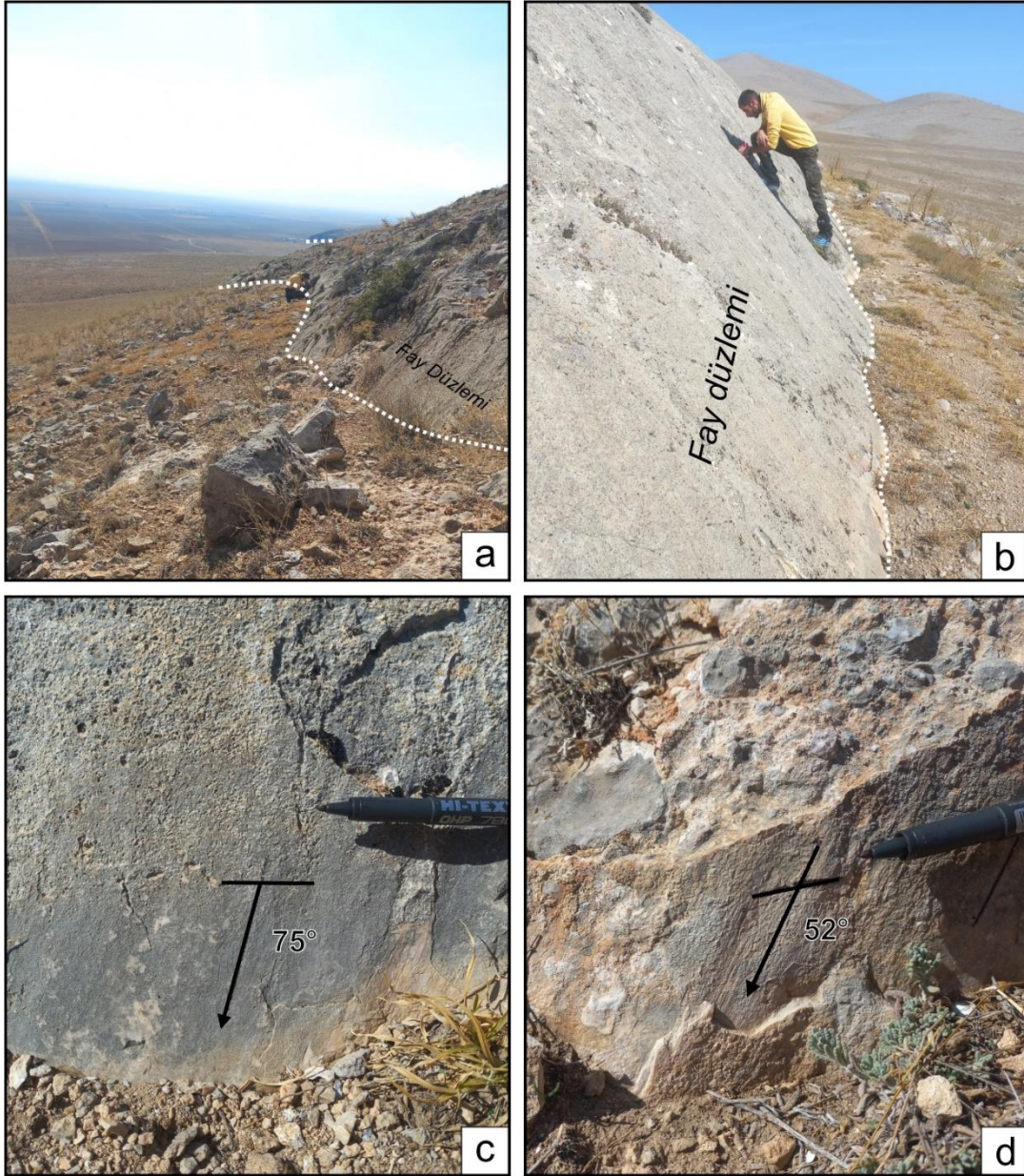
Cebrail Segmenti/YCSL11



Şekil 3.34 L-11’de gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

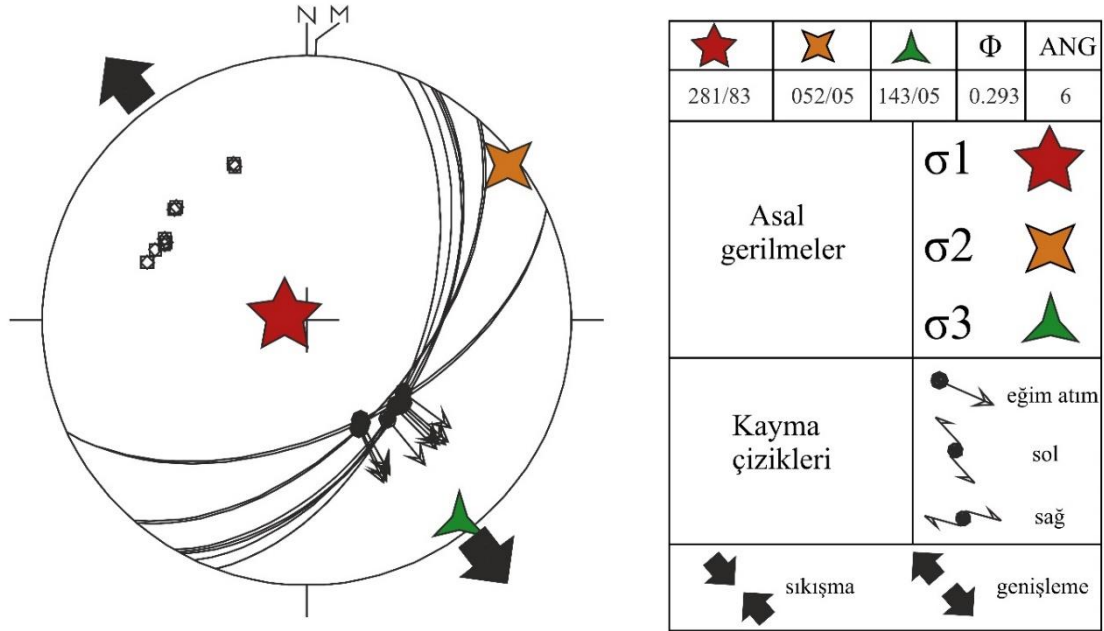
3.2.12 L-12

Lokasyon 12, Akşehir Gölü’nün Kuzeyinde Üçkuyu Segmentine ait fay kolu üzerinde yer almaktadır. Bu istasyonda fay düzlemleri net olarak görülmektedir. Gözlemlenen fay düzlemlerinden alınan ölçümlere göre K20°D ile K65°D arasında doğrultulara sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Lokasyon-12’de ölçülen eğim dereceleri ise 51° ile 55° arasında değişmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 75° ile 88° arasında değişmektedir (Şekil 3.35).



Şekil 3.35 L-12’de gözlemlenen fay düzlemlerine ve çiziklerine ait arazi fotoğrafları.

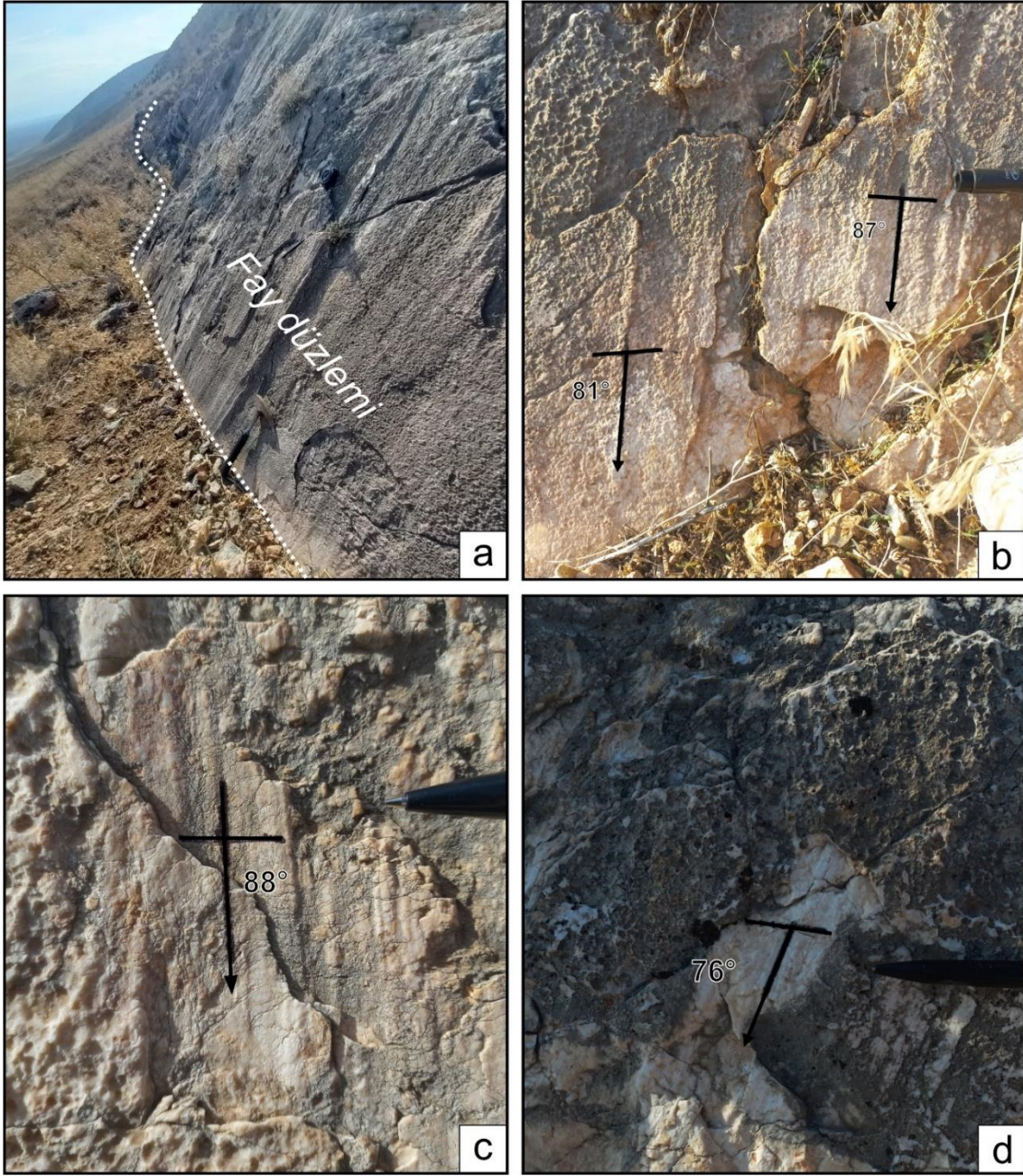
Lokasyon 12’de elde edilen kinematik verilerden hesaplanan σ_1 , σ_2 ve σ_3 sırasıyla 281° , 52° ve 143° yönelim ve 83° , 5° ve 5° dalımlı olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler σ_1 ’in düşeye dalımlı ve eksenel oranının ($\phi=0.293$) 0.25 ile 0.75 aralığında olması, bölgede KD-GB olarak tanımlanan fay segmentinin yaklaşık KB-GD yönlü saf genişlemeli tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.36).



Şekil 3. 36 L-12’de gözlemlenen fay hareketine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

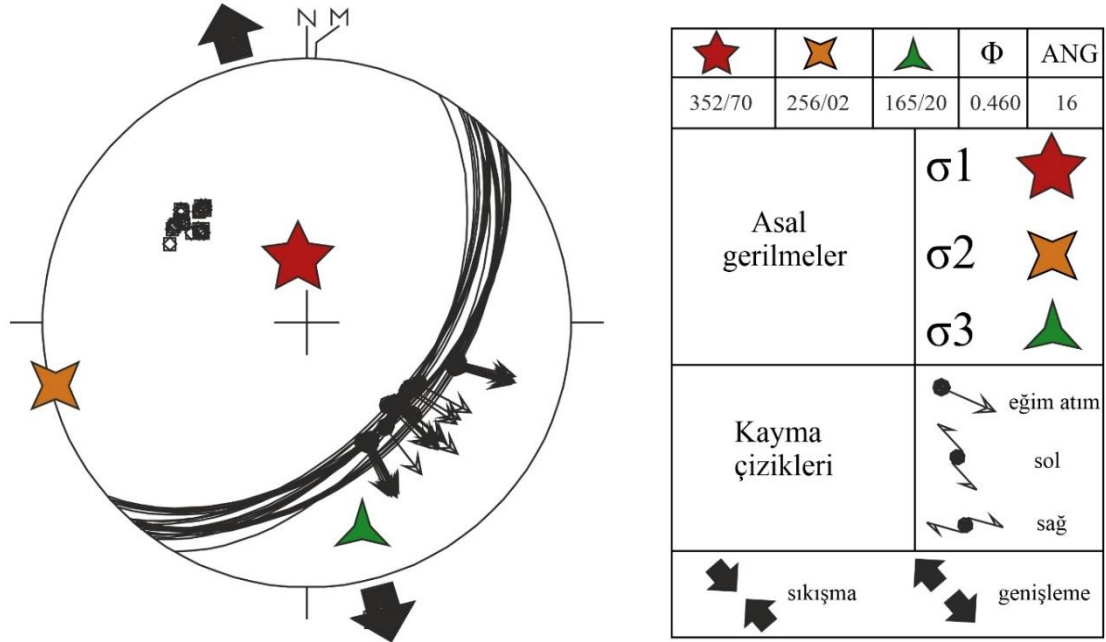
3.2.13 L-13

Akşehir Gölünün Kuzeydoğusunda Cebail yerleşim alanının Güneybatısında yapılan arazi çalışmaları 13. Lokasyonda gerçekleştirilmiştir. Bu lokasyonda fay düzlemleri net yüzlek vermektedir. Karbonatlı kayaların baskın olduğu bu bölgede yüzlek veren fay düzlemleri üzerinde alınan ölçümlere göre bölgede gözlemlenen fay K30°D ile K49°D arasında değişen doğrultuya, 43° ile 53° arasında değişen eğim açlarına ve 70° ile 89° arasında değişen kayma açlarına sahip olduğu hesaplanmıştır. Bu bölgede yapılan arazi çalışmaları ve saha gözlemleri bölgede gözlemlenen fayın eğim/verev atımlı normal fay karakterinde olduğuna işaret etmektedir (Şekil 3.37).



Şekil 3. 37 L-13'te gözlemlenen fay düzlemlerine ve çiziklerine ait arazi fotoğrafları.

Cebraail segmentinin güneybatısında yer alan Lokasyon 13'te gerçekleştirilen saha çalışmaları ile elde edilen kinematik verilerden hesaplanan σ_1 , σ_2 ve σ_3 sırasıyla, 352° , 256° ve 165° yönelim ve 70° , 2° ve 20° dalımlı olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler σ_1 'in düşeye dalımlı ve eksenel oranının ($\phi = 0.460$) 0.25 ile 0.75 aralığında olması, bölgede KD-GB olarak tanımlanan fay segmentinin yaklaşık KB-GD yönlü saf genişlemeli tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.38).



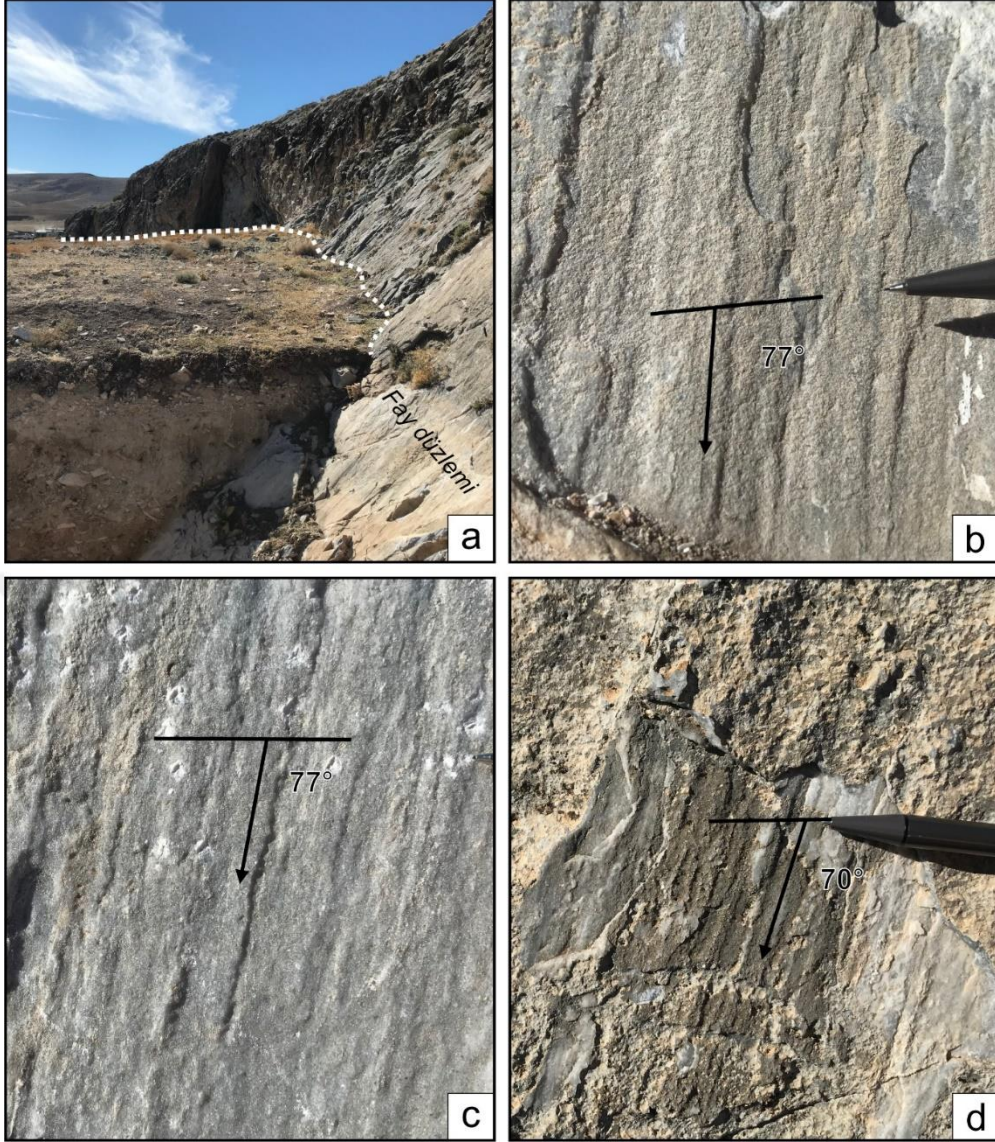
Şekil 3.38 L-13'te gözlemlenen fay hareketlerine ait kinematik analiz sonuçları ve arazi ölçümleri.

3.2.14 L-14

Akşehir Gölünün Kuzeydoğusunda Cebrail yerleşim alanının Güneybatısında yapılan arazi çalışmalarında Cebrail segmentinin güneybatı ucunda 14. Lokasyonda fay düzlemleri gözlemlenmiş ve ölçülmüştür. Bu bölgede yapılan çalışmalar aynı zamanda daha önceki çalışmalarda fay üzerinde açılan ancak kapatılmamış olan paleosismoloji amaçlı bir hendek içerisinde de gerçekleştirilmiştir. Karbonatlı kayaların yüzlek verdiği fay düzlemlerine sahip birimlerde alınan ölçümlere göre K59°D ile K71°D arasında doğrultulara sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Lokasyon-14'te ölçülen eğim dereceleri ise 58° ile 62° arasında değişmektedir. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 75° ile 83° arasında değişmektedir (Şekil 3.39, Şekil 3.40).

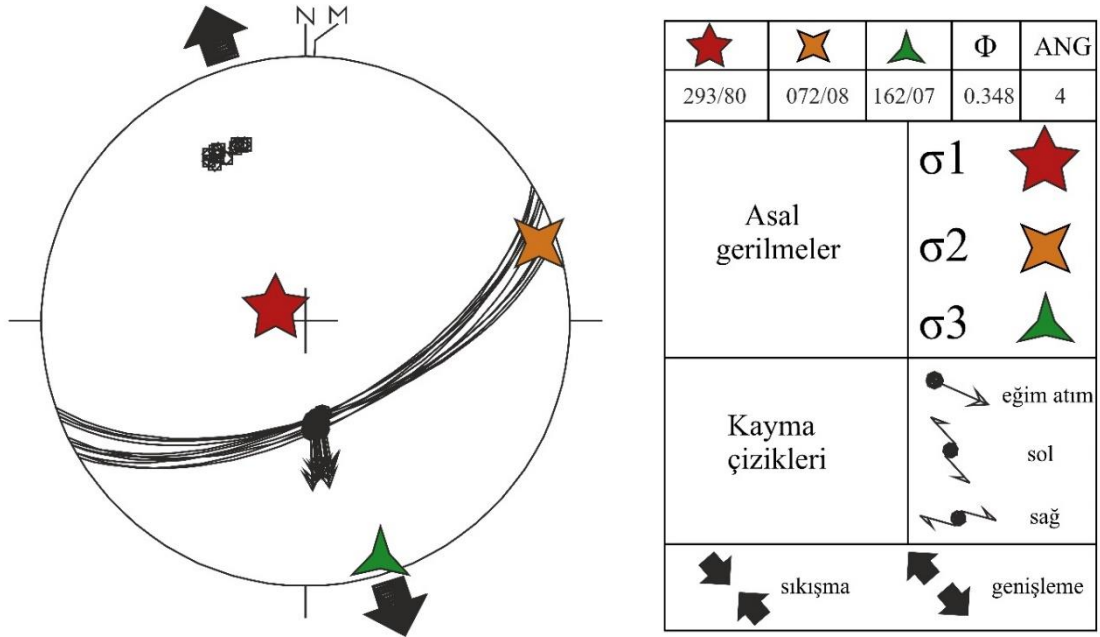


Şekil 3.39 L-14'e ait fay sarplıkları ve düzlemleri içeren arazi fotoğrafı.



Şekil 3.40 L-14'e ait fay düzlemleri ve gözlemlenen fay çizikleri.

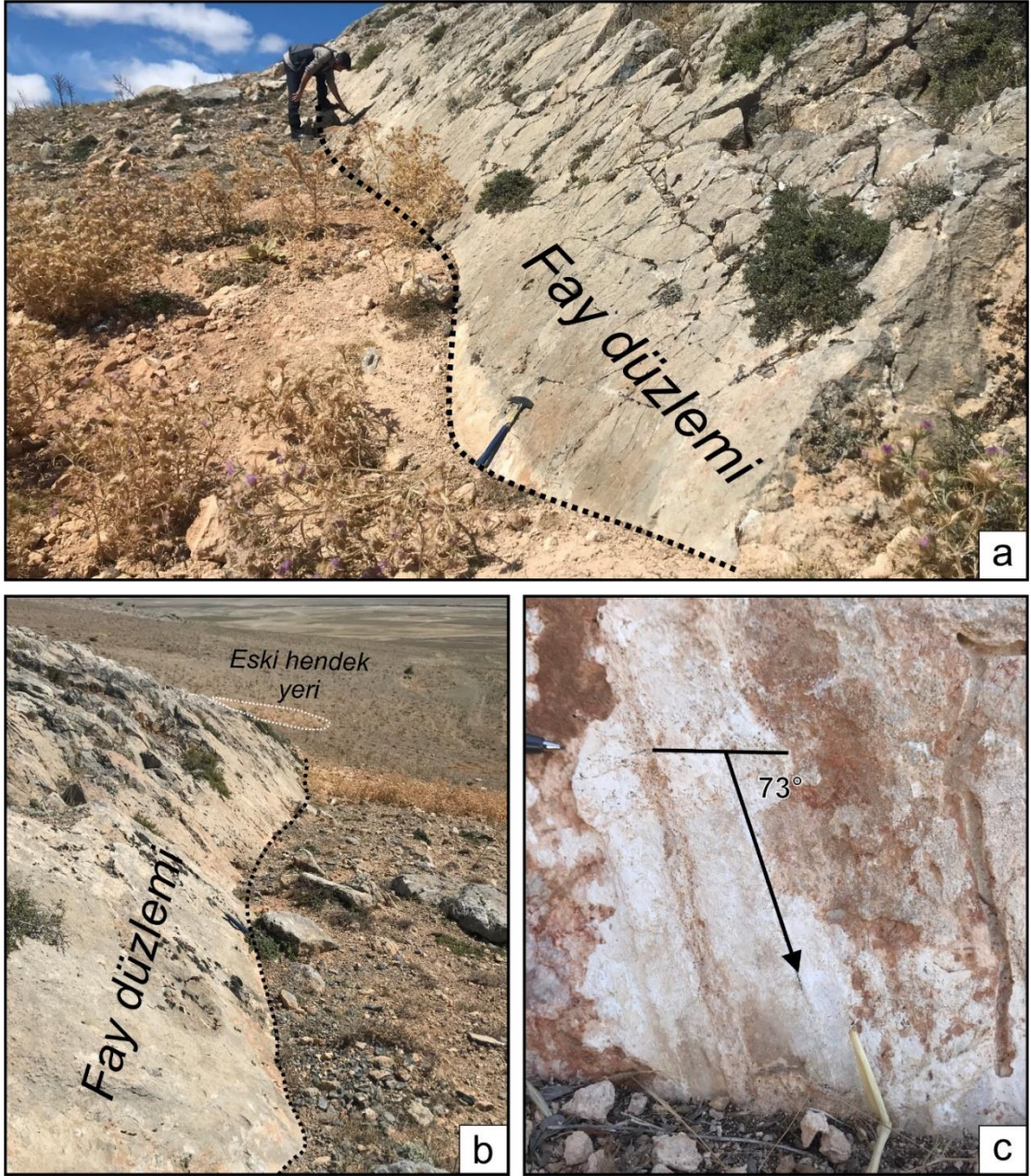
Lokasyon 14'te elde edilen kinematik verilerden hesaplanan σ_1 , σ_2 ve σ_3 sırasıyla 293° , 72° ve 162° yönelim ve 80° , 8° ve 7° dalımlı olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler σ_1 'in düşeye dalımlı ve eksenel oranın ($\phi=0.348$) 0.25 ile 0.75 aralığında olması, bölgede KD-GB olarak tanımlanan fay segmentinin yaklaşık KB-GD yönlü saf genişlemeli tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.41).



Şekil 3.41 L-14'e ait plot görüntüsü, asal gerilme eksenleri ve kinematik analiz çalışmaları ile elde edilen kinematik veriler.

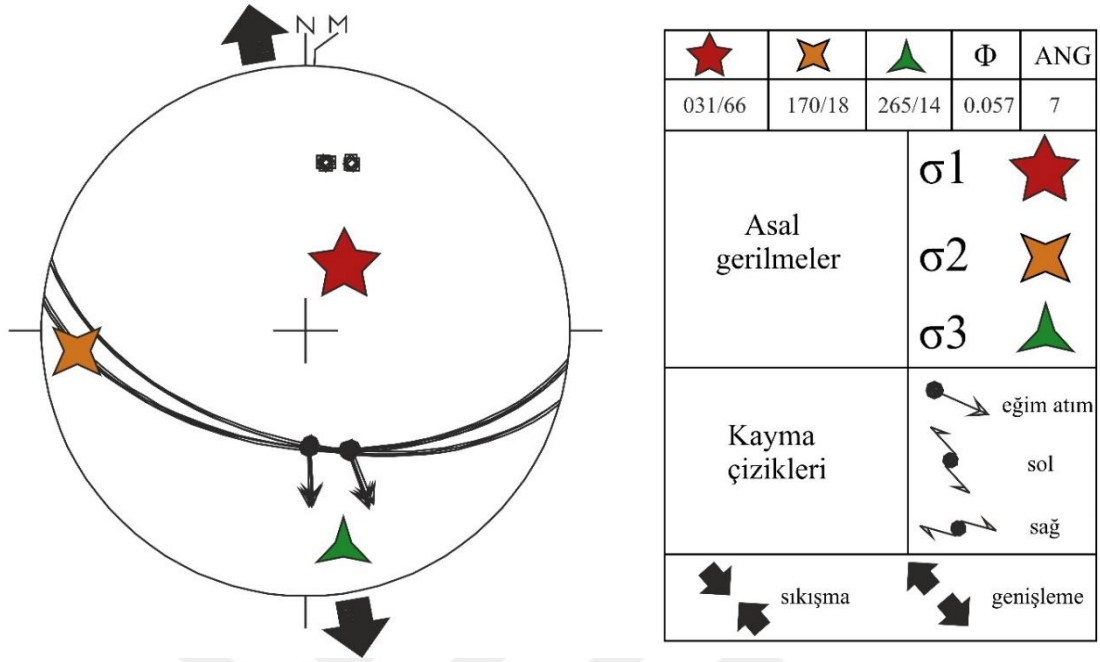
3.2.15 L-15

Üçkuyu yerleşim alanının Güneydoğusunda yapılan arazi çalışmalarında karbonatlı kayaların yüzlek verdiği fay düzlemlerinde ölçümler alınmıştır. Bu lokasyonda da önceki çalışmalarda açılıp kapatılan paleosismoloji amaçlı bir hendek gözlenmiştir. Alınan ölçümlere göre K74°B ve K84°B doğrultularına sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Bölgede ölçülen eğim dereceleri ise 53° ve 56° 'dir. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 73° ve 80° olarak ölçülmüştür (Şekil 3.42). Saha gözlemleri bölgede incelenen fayın eğim/verev atımlı fay karakterinde olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 3.42 L-15' e ait fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları.

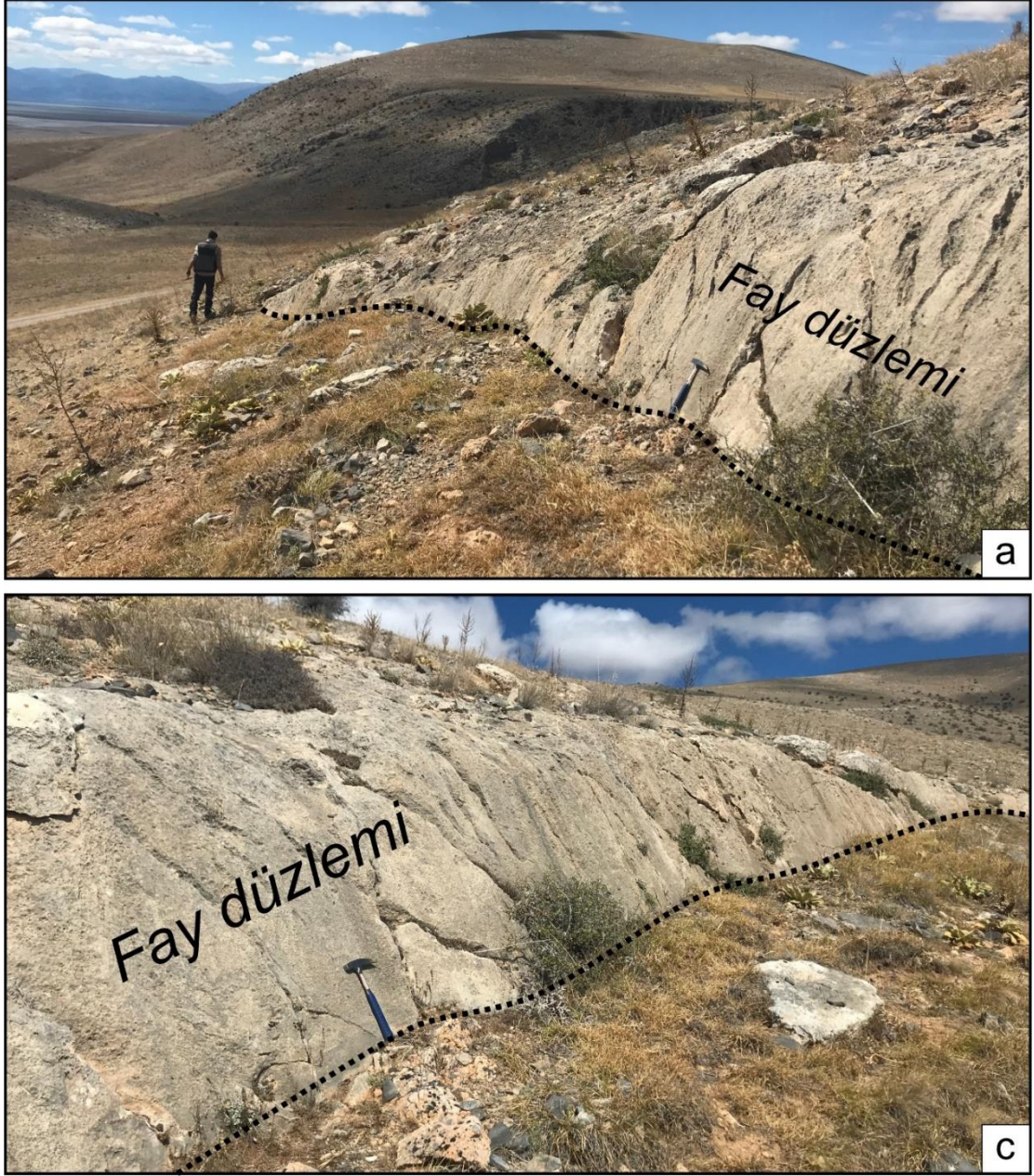
Bu lokasyonda elde edilen kinematik veriler, σ_1 'in 31° yönelim ve 66° düşeye yakın dalıma, $\sigma_2(170/18)$ ve σ_3 'ün $(265/14)$ ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan veriler, σ_1 'in düşeyde ve eksenel oranın ($\phi = 0.057$) 0 ile 0,25 arasında hesaplaması sonucunda bölgede KB-GD uzanımlı fayların yaklaşık KG yönlü dairesel genişlemeli tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.43).



Şekil 3.43 L-15'e ait plot görüntüsü, asal gerilme eksenleri ve kinematik analiz çalışmaları ile elde edilen kinematik veriler.

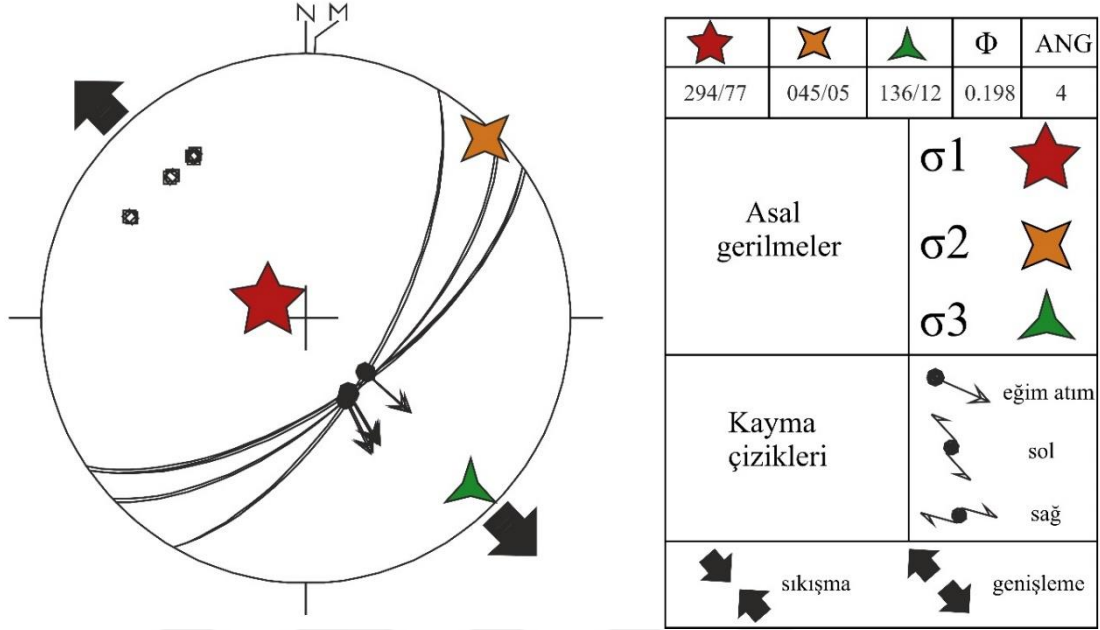
3.2.16 L-16

Üçkuyu yerleşim alanının güneydoğusunda yapılan arazi çalışmaları gözlemlenen fay segmenti bu lokasyonda da takip edilmiştir. Karbonatlı kayaların yüzlek verdiği fay düzlemlerinde alınan ölçümlere göre K30°B ve K56°B doğrultularına sahip fay düzlemleri olduğu saptanmıştır. Bölgede ölçülen eğim dereceleri ise 63° ve 66°'dir. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 82° ve 88° olarak ölçülmüştür (Şekil 3.44). Yapılan saha çalışmalarından elde edilen ölçümler ve arazi gözlemleri üzerinde çalışılan fayın eğim atımlı normal fay karakterinde olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 3.44 L-16'ya ait fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları.

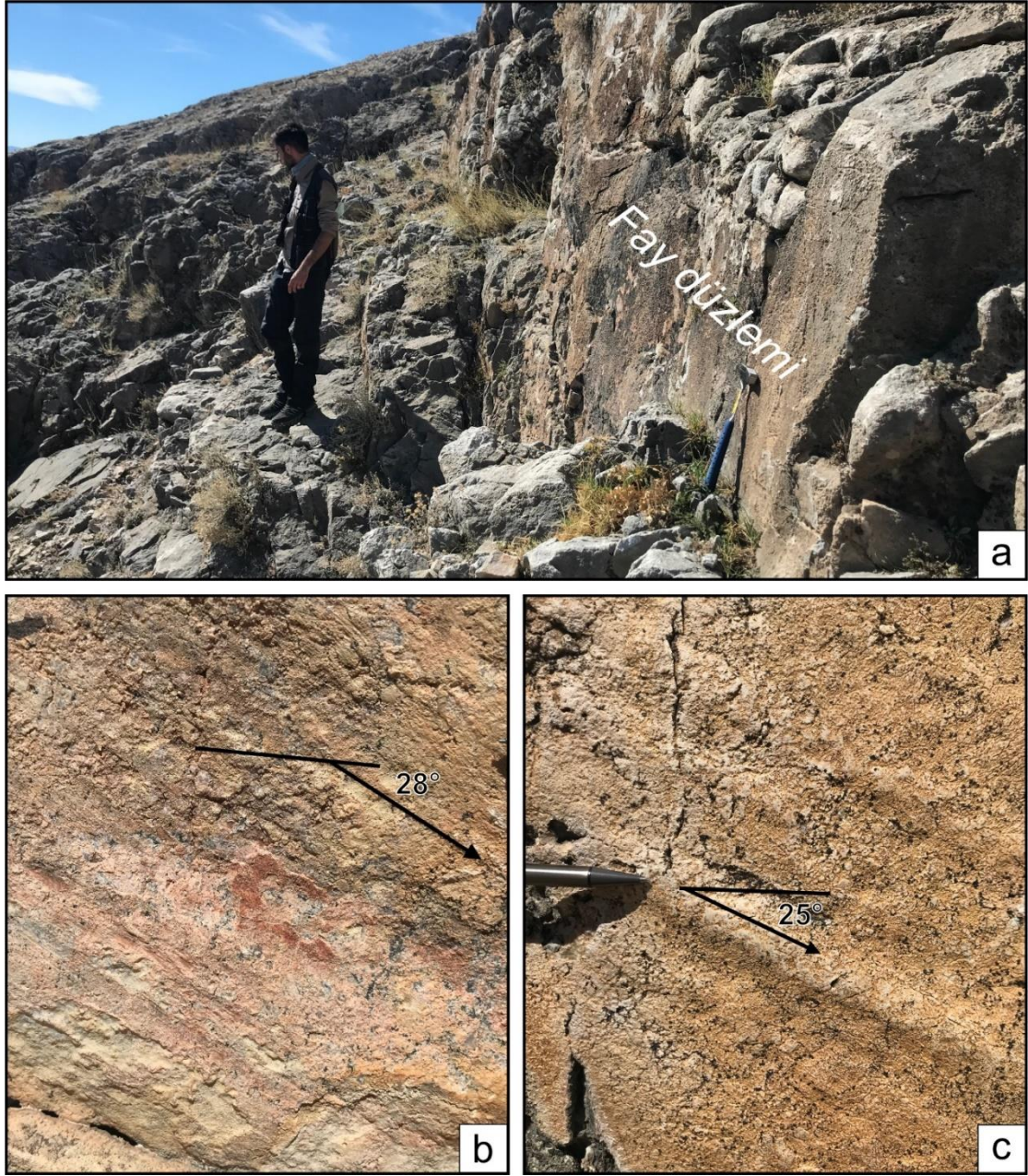
Lokasyon 16'da elde edilen kinematik verilerden hesaplanan σ_1 , σ_2 ve σ_3 sırasıyla, 294° , 45° ve 136° yönelim ve 77° , 5° ve 12° dalımlı olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler σ_1 'in düşeye dalımlı ve eksenel oranının ($\phi=0.198$) 0 ile 0.25 aralığında olması, bölgede KD-GB olarak tanımlanan fay segmentinin yaklaşık KB-GD yönlü dairesel genişlemeli tektonik rejim etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.45).



Şekil 3.45 L-16'ya ait plot görüntüsü, asal gerilme eksenleri ve kinematik analiz çalışmaları ile elde edilen kinematik veriler.

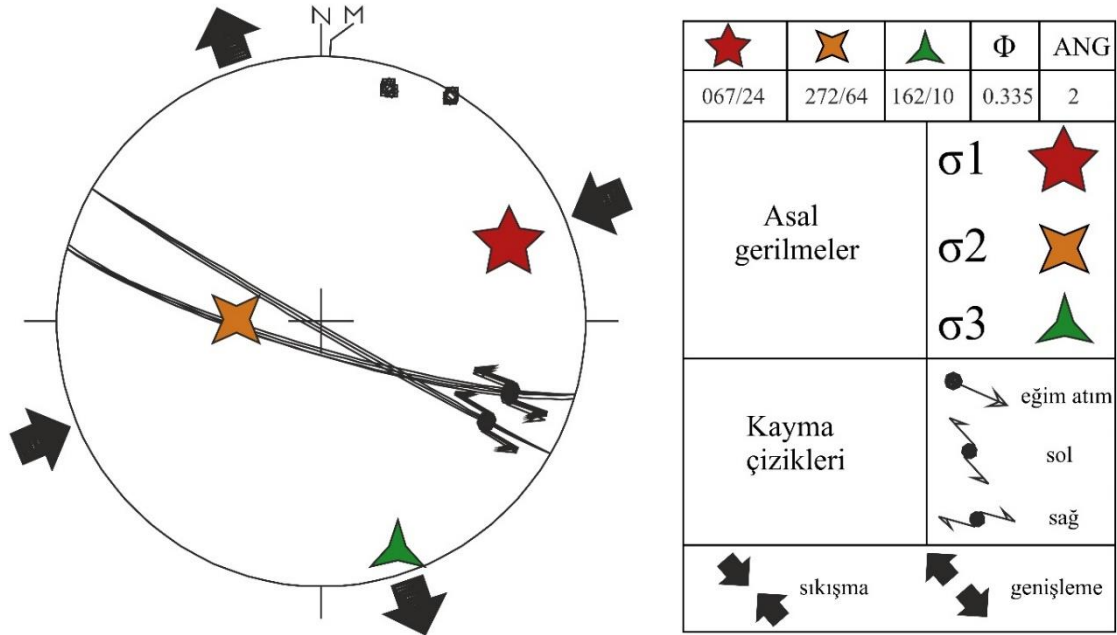
3.2.17 L-17

İncirli Segmenti üzerinde, İncirli Ova kuzeyindeki dağ önünde yapılan çalışmalarda fay düzlemleri gözlemlenmiştir. Alınan ölçümlere göre K60°B ve K74°B doğrultularına sahip fay düzlemleri ölçülmüştür. Bölgede ölçülen eğim dereceleri ise 80° ve 89°'dir. Bölgede yapılan çalışmalarda kayma düzlemlerinde ölçülen rake açıları ise 25° ve 28° olarak ölçülmüştür (Şekil 3.46). Yapılan saha çalışmaları incelenen fayın sol yönlü doğrultu atımlı fay karakterinde olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 3.46 L-17'ye ait fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları.

Bu lokasyonda elde edilen kinematik veriler, σ_2 'nin 272° yönelim ve 64° düşeye yakın dalıma, $\sigma_1(067/24)$ ve σ_3 'ün $(162/10)$ ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan veriler, σ_2 'nin düşeyde ve eksenel oranın ($\phi = 0.335$) 0.25 ile 0,75 arasında hesaplaması sonucunda sol yönlü saf doğrultu atımlı tektonik rejimin etkisinde geliştiğine işaret etmektedir (Şekil 3.47).



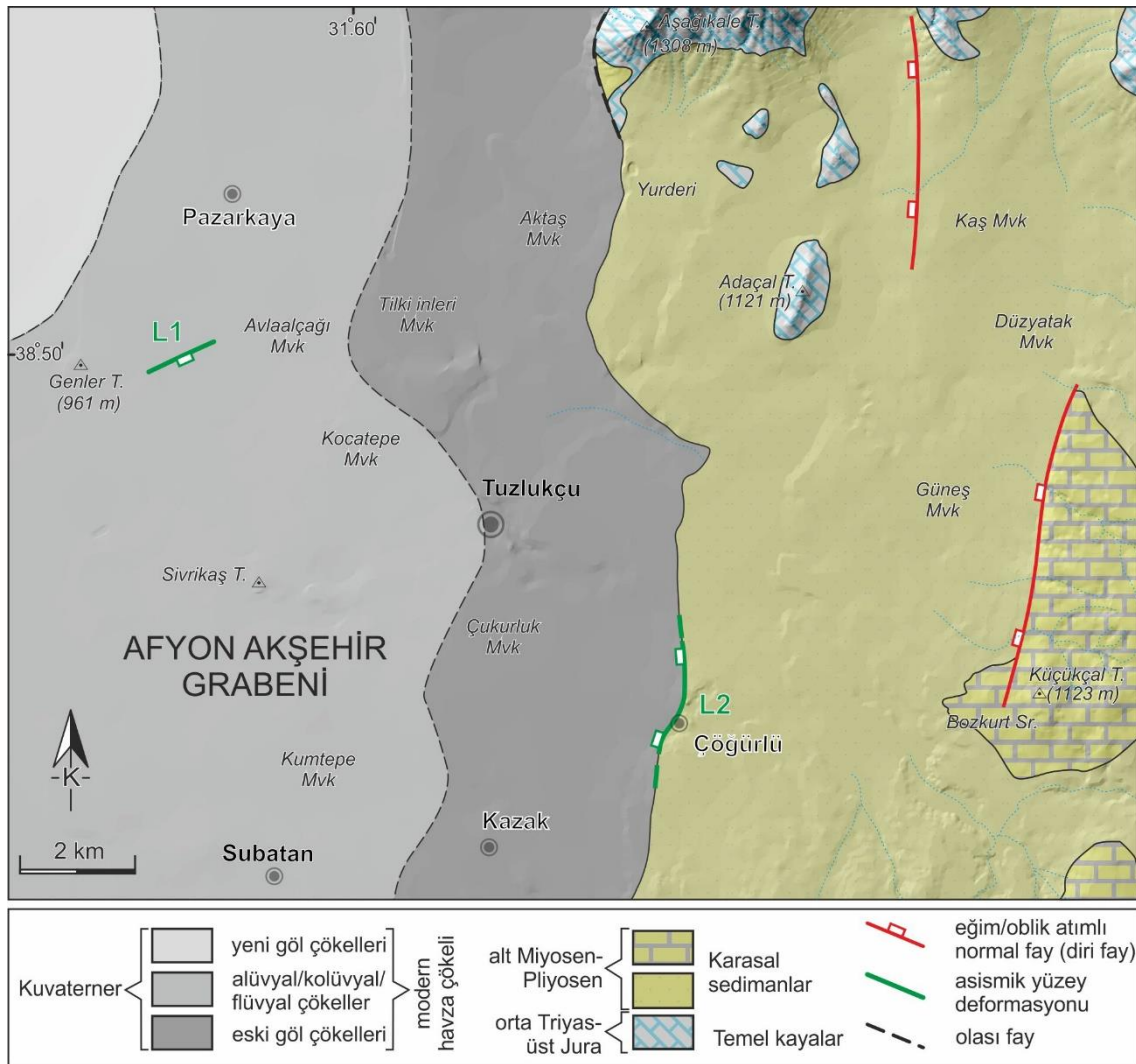
Şekil 3.47 L-17'ye ait plot görüntüsü, asal gerilme eksenleri ve kinematik analiz çalışmaları ile elde edilen kinematik veriler.

3.2.18 Tuzlukçu Bölgesinde Meydana Gelen Asismik Yüzey Deformasyonlarının Arazi Gözlemleri

Afyon-Akşehir Grabeninin doğusundaki Akşehir Gölünün doğusunda yer alan Tuzlukçu bölgesi ve yakın çevresinde son zamanlarda yıkıcı deprem olmaksızın gelişen yüzey deformasyonları gözlemlenmiştir. Batı Anadolu Genişleme Bölgesi içerisinde yer alan Manisa'ya bağlı Sarıgöl ve Afyonkarahisar'a bağlı Bolvadin yerleşim alanlarında da benzer yüzey deformasyonları gözlemlenmiştir (Koca vd. 2011, Özkaymak vd. 2017; 2019). Yapılan çalışmalar bu tip deformasyonların genellikle diri faylar üzerinde oluştuğuna işaret etmektedir (Gürsoy vd. 1997, Demirtaş vd. 2008a, Koca vd. 2011, Tiryakioğlu vd. 2017; 2018, Özkaymak vd. 2014; 2015; 2017;2019). Bu çalışmada bölgede gözlenen yüzey deformasyonlarının geometrisi ve deformasyon özellikleri hakkında veri toplamak için arazi çalışmaları yapılmıştır.

Tuzlukçu bölgesinde gelişen yüzey deformasyonları iki farklı lokasyonda gözlemlenmiştir ve ölçülen deformasyonların geometri ve doğrultuları Şekil 3.48'de sunulan haritada gösterilmiştir (L1 ve L2, Şekil 3.49). Gözlenen bu deformasyonlar

çizgisel gidişli yarık ve çatlaklar ile belirgin yüzey faylanması şeklinde oluşmuştur. Bölgenin batısında (Pazarkaya güneyi) gözlenen deformasyonlar (L1) genel olarak K70°D uzanımına sahiptir. Yaklaşık 600 metre boyunca sağa ve sola sıçramalı yer yer sağa ve sola büküm yapan ya da çatallanan çatlak ve yarıklar şeklinde gözlenmiştir. Gözlemlenen yarıklar yer yer 30 cm genişliğe ulaşmaktadır. Görünür derinliklerine bakıldığında ise 60 cm civarında olduğu saptanmıştır. Deformasyon zonu boyunca deformasyonun ayırdığı bloklardan güneydoğu blok maksimum 10 cm civarında düşmüştür.



Şekil 3.48 Tuzlukçu ve yakın çevresinin jeoloji haritası.



Şekil 3.49 Tuzlukçu bölgesinin batısında (L1 lokasyonu) gözlenen K70°D doğrultulu asismik yüzey deformasyonları.

Tuzlukçu yerleşim alanı doğusunda yer alan Çöğürlü Köyü ve yakın civarında gözlenen yüzey deformasyonlarında (L2) yapılan saha çalışmaları sonucu elde edilen bulgulara göre yine çizgisel gidişli bir deformasyon türü olduğu, yarık ve çatlakların doğrultularının K28°D ile K10°B arasında değişmekte olduğu saptanmıştır. Yüzey deformasyonları Çöğürlü Köyü kuzeyinde ve güneyinde K-G genel uzanımına sahiptir. Köyün ortasından geçerek yapılara da zarar veren deformasyonlar ise sağa büküm yapan bir geometride ortalama K20°D uzanımlıdır. Bu bölgede gözlenen asismik yüzey deformasyonları yaklaşık 3 kilometre boyunca takip edilebilir.

Yarıklar yer yer 70 cm genişliğe ulaşmakta olup, yarıkların görünür derinliği 2 metre civarındadır (Şekil 3.50). Bu çizgisel deformasyon zonu boyunca deformasyonun ayırdığı bloklardan batı blok maksimum 40 cm civarında düşmüştür. Deformasyonların kestiği asfalt yol 2021 yılı içerisinde araç geçişine kapatılarak yeniden asfaltlanmış olup, asfalt üzerindeki düşey yer değiştirme belirgindir (Şekil 3.50).



Şekil 3.50 Tuzlukçu doğusunda yer alan Çöğürlü Köyü ve yakın civarında gözlenen asismik yüzey deformasyonlarına ait saha fotoğrafları, a) Asfalt yoldaki düşey yönde yer değiştirme, b) Bölgedeki asismik yüzey deformasyonları, c) Bölgede bulunan asismik yüzey deformasyonun düşey yöndeki yer değişimi.

Çöğürlü Köyü Muhtarı (Çabuk, 2021), köy içerisinden geçen bu çizgisel gidişli deformasyonların 5 yıl önce (2016 yılında) başladığını ifade etmiştir. Saha gözlemlerinden elde edilen bulgulara göre de düşey yöndeki yer değiştirme miktarı 2021 yılı itibarıyla 40 cm'dir. Elde edilen mevcut verilere göre deformasyon hızın 8 cm/yıl olduğu söylenebilir. Tiryakioğlu vd. 2019 yılında Bolvadin'de yaptıkları Jeodezik

çalışmada deformasyon hızının 8,5 cm/yıl, Poyraz vd. 2015 yılında, Sarıgöl’de yaptıkları Jeodezik çalışmada ise deformasyon hızlarının 10 cm/yıl olduğu saptanmıştır. Tuzlukçu bölgesindeki deformasyon hızı da bu bölgelerle benzerlik göstermektedir.

Köyde yer alan AYD üzerindeki yapılar zarar görmüştür. Deformasyonlar, yol, duvar, mezarlık, bina gibi yapılar üzerinde izler bırakmış ve deforme etmiştir. Bu yapılarda düşey yöndeki harekete bağlı olarak çatlak ve yarıkların oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.51).



Şekil 3.51 Tuzlukçu bölgesindeki gözlenen asismik yüzey deformasyonlarına ait saha fotoğrafları, a) Düşey yönde yer değiştirme ile deformasyona uğramış mezar, b) Açılmalar ve düşey yönde yer değiştirme ile deformasyona uğramış mezar duvarı, c) Asismik yüzey deformasyonları tarafından deforme olmuş bahçe duvarı.

4. SONUÇ

2011 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay haritasında (Emre vd. 2011) Yunak ile Akşehir Gölü arasında diri fay olarak tanımlanan Yunak Fay Zonu, Afyon Akşehir Grabeni'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır ve çok sayıda fay kolu ile temsil edilmektedir. Yunak Fay Zonu üzerinde Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen saha ağırlıklı çalışmalar sırasında Yunak Fay Zonu içerisinde kalan 5 segment ilk defa 1/25.000 ölçekli olarak haritalanmış, Karapınar, Cebirail, Üçkuyu, İncirli ve Ayrıtepe Segmentleri olarak ilk defa adlandırılmış, geometrik, kinematik ve aktif tektonik özellikleri ilk defa analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular bölgenin tektonik çatısı içerisinde yorumlanmıştır. Bununla beraber, çalışma alanı güneyinde yer alan Tuzlukçu ve yakın çevresinde son 7 yıldır yıkıcı deprem olmaksızın meydana gelen asismik yüzey deformasyonları tez kapsamında ilk defa haritalanmış, deformasyon özellikleri analiz edilmiş ve bölgenin tektonik yapısı ile ilişkilendirilmiştir.

Saha çalışmaları ile elde edilen bulgular, çalışma alanında uzunlukları 3 km ile 18 km arasında, genişlikleri 300 m ile 4 km arasında değişen KG, DB ve KD-GB uzanımlı normal fayların varlığına işaret etmektedir. Haritalama çalışmaları ile uzunlukları belirlenen bu fayların, Wells ve Coppersmith (1994) ve Pavlides ve Caputo (2004) tarafından verilen segment uzunluğu ve üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü arasındaki empirik ilişkilere göre, 5,6 ile 6,7 moment büyüklüklerine kadar deprem üretebileceğini göstermektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Tez sahası içerisindeki fay segmentlerinin özellikleri ve üretebilecekleri deprem büyüklükleri.

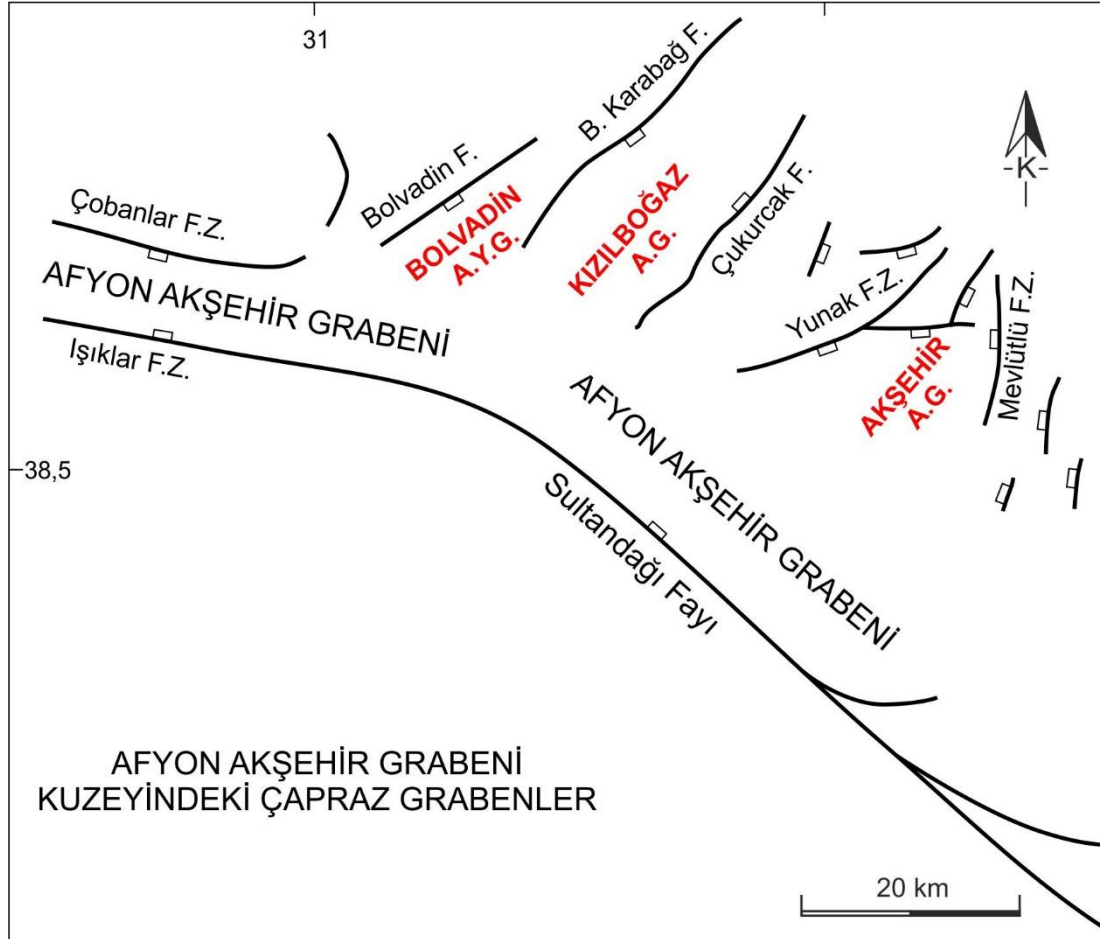
Adı	Doğrultu	Uzunluk	Genişlik	Karakteri	Maks. Büyüklüğü	Deprem
Cebirail S.	K40°D	15 km	2 km	Eğim Atımlı normal	6,4	6,7
Üçkuyu S.	K70°D	9 km	2,5 km	Eğim Atımlı normal	6,2	
İncirli S.	D-B	9 km	500 m	Oblik Atımlı normal	6,2	
Ayrıtepe S.	K20°D	8 km	2,5 km	Eğim Atımlı normal	6,1	
Karapınar S.	K10°D	8 km	300 m	Eğim Atımlı normal	6,1	
Mevlütü F.Z.	KG	18 km	4 km	Oblik atımlı normal	6,5	6,5
Karakışla F.	K80°D	3 km	300 m	Eğim Atımlı normal	5,6	
Sıram F.	K50-70D	9 km	500 m	Eğim Atımlı normal	6,2	

Saha çalışmaları, grabenin kuzeyinde, fay kolları ile kesilen dayanımı yüksek temel kayalar üzerinde, dağ önlerinde yükseklikleri yer yer 30 metreye ulaşan KD-GB ve yaklaşık D-B uzanımlı belirgin fay sarplıkları oluşmuştur. Bu sarplıklarda yer yer iyi korunmuş kayma yüzeyleri ve ani topoğrafik eğim kırılmaları gözlenmektedir. Bu bölgede faylar, baskın olarak orta-üst Triyas yaşlı karbonatlı kayalardan oluşan temel kayalar ile alüvyal yelpaze, kolüvyal, flüvyal ve gölsel çökellerden oluşan modern havza dolgusu arasındaki yapısal dokanağı oluşturmaktadır. Dağlık alanı oluşturan temel kayalar içerisinde yer alan birbirine paralel/yarıparalel fay kolları, grabene doğru basamaklı bir yapı oluşturmaktadır. Bölgede eğim atımlı, oblik ve doğrultu atımlı fay karakteri gözlemlenmiştir.

Tez kapsamında yapılan paleostres analizlerine göre, bölgede yer alan fayların Kuvaterner öncesinde genel olarak K-G yönlü genişleme kuvvetleri ilişkili D-B yönlü sıkışma kuvvetleri etkisi altında saf doğrultu atımlı faylanma ile oluştukları, Kuvaterner döneminde etkili olan genişlemeli tektonizma sırasında ise D-B, KG ve KD-GB arasında değişen çok yönlü genişlemeli (multi-directional extension) tektonik ortam içerisinde eğim/oblik atımlı normal fay şeklinde çalışarak reaktive oldukları ortaya çıkarılmıştır.

Yapılan jeolojik haritalama ve kinematik analiz çalışmaları, Afyon Akşehir Grabeni'nin kuzeydoğusunda haritalanan KD-GB uzanımlı ve GD'ya eğimli Yunak Fay Zonu ile KG uzanımlı ve batıya eğimli Mevlütlü Fay Zonunun normal hareketleri sonucu arada kalan KD-GB uzanımlı bloğun çökmekte olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu tez kapsamında ilk defa Akşehir Alt Grabeni olarak tanımlanan tektonik blok Afyon Akşehir Grabeni'nin KB-GD uzanımlı ana ayrılma fayı olan Sultandağı master fayına ve genel graben doğrultusuna çapraz konumdadır. Bu tip yapılara güzel bir örnek, Geçievi vd. (2019) tarafından Afyon-Akşehir Grabeni'nin güney kenarını morfolojik olarak belirgin dağ önü sarplıkları ile sınırlayan kuzeye eğimli ana graben fayı niteliğindeki Sultandağı Fay Zonu'nun tavan bloğunda çapraz fay niteliğinde gelişen Büyük Karabağ Fayı boyunca tanımlanmıştır. Geçievi vd. (2019) Büyük Karabağ Fayı'nın Miyosen döneminde doğrultu atımlı bir fay olarak oluştuğunu ve Kuvaterner döneminde ise normal fay olarak reaktive olduğunu ifade etmektedir. Önceki çalışmalarda, KD uzanımlı Bolvadin fayı ile kontrol edilen Bolvadin Alt yarım Grabeni, KD-GB uzanımlı B. Karabağ ve Çukurcak Fayları ile kontrol edilen Kızılboğaz Alt Grabeni (Özkaymak vd. 2017, 2019, Geçievi vd. 2019) ile beraber bu çalışmada ilk defa tanımlanan Akşehir Alt Grabeni, eğim atımlı

Yunak ve Mevlütlü Fay Zonları ile kontrol edilmektedir ve çapraz graben niteliği sunmaktadır.



Şekil 4.1 Afyon Akşehir Grabeni kuzeyindeki KD-GB uzanımlı çapraz grabenleri gösteren basitleştirilmiş tektonik harita.

Tüm bu veriler, Afyon Akşehir Grabeni kuzeyindeki KD-GB uzanımlı fayların

- 1) Batı Anadolu'da Pliyo-Kuvaterner'de etkin olan genişlemeli tektonik rejim etkisinde, eğim atımlı normal fay karakterinde reaktif olduğunu,
- 2) Ana graben fayı niteliğindeki Sultandağı Fayının düşen bloğundaki çapraz alt-graben bloklarını sınırladıklarını,
- 3) bölgesel genişlemeye bağlı çok yönlü genişleme (multi-directional extension) kuvvetleri etkisi altında olduklarını göstermektedir.

Afyon Akşehir Grabenin'nin doğu bölümünde gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, Tuzlukçu ve yakın civarında son yıllarda yıkıcı deprem olmaksızın gelişen asismik yüzey deformasyonları gözlemlenmiştir ve haritalanmıştır. Tuzlukçu bölgesinin batısında ve doğusunda olmak üzere iki ayrı lokasyonda gelişen deformasyonlar, genel olarak çizgisel gidişli yarık ve çatlaklar ile belirgin yüzey faylanması şeklinde gözlenmiştir. Tuzlukçu Yerleşim alanı doğusunda (Çöğürlü) gözlenen asismik yüzey deformasyonları üzerinde yapılan ölçümlere göre, çizgisel gidişli yarık ve çatlakların doğrultuları $K28^{\circ}D$ ile $K10^{\circ}B$ arasında değişmekte olup, Çöğürlü Köyü kuzeyinde ve güneyinde K-G genel uzanıma sahiptir. Bu çizgisel deformasyon zonu boyunca deformasyonun ayırdığı bloklardan batı blok maksimum 40 cm civarında düşmüştür. Proje kapsamında yapılan ölçümlere göre, Tuzlukçu bölgesindeki deformasyon hızı yaklaşık 8 cm/yıl olarak hesaplanmıştır. Tuzlukçu bölgesinde hesaplanan deformasyon hızı batı Anadolu'da benzer asismik deformasyonların gözlemlendiği Bolvadin ve Sarıgöl gibi bölgelerde daha önce hesaplanan deformasyon hızları (Bolvadin: 8,5 cm/yıl, Tiryakioğlu vd. 2019, Sarıgöl: 10 cm/yıl Poyraz vd. 2015) ile uyum göstermektedir. Çöğürlü köyünde yaklaşık 3 km boyunca takip edilebilen asismik yüzey deformasyonlarının, bu bölgede var olan ancak henüz literatürde bilinmeyen yaklaşık K-G uzanımlı fay kollarından birisinin üzerinde gelişmiş olabileceğine işaret etmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Altunel E, 1999, Geological and Geomorphological Observations in Relation to the 20 September 1899 Menderes Earthquake, Western Turkey, *Journ. Geol. Soc. London*, 156, 241–246.
- Angelier J, 1984, Tectonic Analysis of Fault Slip Data Sets, *Journal of Geophysical Research*, 80, 5835–48.
- Angelier J, 1991, Inversion of Field Data in Fault Tectonics to Obtain Regional Stress III: A New Rapid Direct Inversion Method by Analytical Means, *Geophysical Journal International*, 103, 363–76.
- Angelier J, 1994, Fault Slip Analysis and Paleostress Reconstruction, In P.L.Hancock, (Ed), *Continental Deformation* (53–100), Pergamon Press, Oxford.
- Aydar E, 2003, Les Lamprophyres du Stratovolcan D'Afyon, Anatolie de l'Ouest, Turquie: Description et genèse, *Comptes Rendus Geosciences* 335(3), 279–288.
- Bağcı M, İsoğlu S S, Yıldız A, 2022, Yüreğil (Emirdağ) Kireçtaşlarının Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(2), 377–389.
- Blumenthal M, 1963, Le Systeme Structural du Taurus sud-Anatolien, In *Livre a Memoire du Proffesseur P, Fallot, Memoire de la Societe Geologique de France*, 2, 611-662.
- Bozkurt E, 2001, Neotectonics of Turkey—a Synthesis, *Geodinamica acta*, 14(1-3), 3-30.
- Çevikbaş A, Ercan T, Metin S, 1988, Geology and Regional Distribution of Neogene Volcanics Between Afyon-Şuhut, *Journal of Pure and Applied Sciences, METU*, 21 (1-3), 479–499.
- Delvaux D, Moeys R, Stapel G, Petit C, Levi K, Miroshnichenko A, Ruzhich V vd. 1997, Paleostress Reconstructions and Geodynamics of the Baikal Region, Central Asia, Part II: Cenozoic rifting, In: Cloetingh S, Fernandez M, Munoz J A, Sassi W, Horvath F, (Editors), *Structural Controls on Sedimentary Basin Formation, Tectonophysics*, 282, 1–38.

- Demirtaş R, Ercan S, Demir B, Aktan M, 2008a, Ege Çöküntü Bölgesi'nde Alüvyal Havzalarda Son 20 Yılda Oluşmuş Yüzey Deformasyonlarının Oluşum Mekanizması, ATAG 12 Bildiri Özleri Kitabı, 42–44.
- Dewey J F, Hempton M R, Kidd W S F, Şaroğlu F, Şengör, A M C, 1986, Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia-A Young Collision Zone, Geological Society Special Publication, 19,3–37.
- Şaroğlu F, Yılmaz Y, 1986, Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Duman T Y, Çan T, Emre Ö, Kadirioğlu F T, Başarır, Baştürk N, Kılıç T, Arslan S, Özalp S, Kartal R F, Kalafat D, Karakaya F, Eroğlu, Azak T, Özel N M, Ergintav S, Akkar S, Altınok Y, Tekin S, Cingöz A, Kurt A İ, 2018, Seismotectonics Database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering, 16(8), 3277–3316.
- Emre Ö, Duman T Y, Özalp S, Olgun Ş, Elmacı H, 2011, 1:250.000 Scale Active Fault Map Series of Turkey, Afyon (NJ 36-5) Quadrangle, Serial number: 16, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey.
- Emre Ö, Duman T Y, Özalp S, Şaroğlu F, Olgun Ş, Elmacı H, Çan T, 2018, Active fault database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering, 16(8), 3229–3275.
- EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre), 2022, 23 March 2022.
- Erişen B, 1972, Afyon-Heybeli (Kızılkilise) Jeotermal Araştırma Sahasının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları, MTA Raporu, Derleme, 3107.
- Hernández-Madrigal V M, Muñiz-Jauregui J A, Garduño-Monroy V H, Flores-Lázaro N, Figueroa-Miranda S, 2014, Depreciation Factor Equation to Evaluate the Economic Losses from Ground Failure due to Subsidence Related to Groundwater Withdrawal, Natural Science, 6 (3), 108–113.
- Geçievi M O, Özkamak Ç, Sözüler H, 2019, Evidence for Reactivated Cross-Fault and Normal Fault Linkage in Extensional Tectonic Settings: An Example From Büyük Karabağ Fault, Afyon Akşehir Graben, 72nd Geological Congress of Turkey with International Participation, 28 January–01 February 2019, Turkey/Ankara.

- Göğer E, Kırıl K, 1973, Kızılören dolayının (Konya'nın batısı) genel stratigrafisi, M.T.A Rapor No: 5204 (Yayımlanmamış).
- Gürsoy H, Temiz H, Tatar O, Barka A, 1997, Gediz Grabeni Güney Kenarındaki Güncel Deformasyon Verileri, II. İzmir ve Çevresinin Jeoteknik ve Deprem Sorunları Sempozyumu, Bildiri Özetleri, 14s, İzmir, Turkey.
- Hardcastle K C, Hills L S, 1991, BRUTE3 and SELECT: Quick Basic 4 Programmes for Determination of Stress Tensor Configurations and Separation of Heterogenous Populations of Fault Slip Data, Computer Geoscience, 17, 23–43.
- Hernández-Madrigal V M, Muñiz-Jauregui J A, Garduño-Monroy V H, Flores-Lázaro N, Figueroa Miranda S, 2014, Depreciation Factor Equation to Evaluate the Economic Losses from Ground Failure due to Subsidence Related to Groundwater Withdrawal, Natural Science, 6(3), 108–113.
- Holzer T L, 1980, Faulting Caused by Ground-Water Level Declines, San Joaquin Valley, California, Water Resources Research, 16 (6), 1065–1070.
- Holzer T L, 1984, Ground Failure Induced by Groundwater Withdrawal from Unconsolidated Sediment, Reviews in Engineering Geology 6: 67-105.
- Holzer T L, Galloway D L, 2005, Impacts of Land Subsidence Caused by Withdrawal of Underground Fluids in the United States, Geological Society of America, Reviews in Engineering Geology, 16, 87–99.
- Karakoç İ, 1996, Hatip - Çayırbağı- Çaldağı (Konya) ve Kuzeyinin Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 60 s. (Yayımlanmamış).
- Keller, E A, Pinter N, 2002, Active Tectonics, Earthquakes, Uplift, and Landscape, Prentice Hall, New Jersey, 362.
- Kibici Y, Dinç D, Uçar A, 2012, Afyonkarahisar Yöresi Volkanik Kayaçlarının Mineralojik ve Petrografik Özellikleri. Dumlupınar Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 29, 53–70.
- KOERI (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü) 2023, Recent Earthquakes in Turkey [online], Website [http:// www.koeri.boun.edu.tr/](http://www.koeri.boun.edu.tr/), 2023.

- Koca M Y, Sözbilir H, Uzel B, 2011, An Investigation on the Causes of Deformations Formed Along the Sarıgöl Fault Zone, *Journal of Geological Engineering* 35(2): 151–173.
- Koçyiğit A, 1984, Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 27(1), 1–15.
- Koçyiğit A, Ünay E, Saraç G, 2000, Episodic Graben Formation and Extensional Neotectonic Regime in West Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey, *Geological Society of London Special Publication* 173: 405–421.
- Koçyiğit A, Yılmaz A, Adamia S, Kuloshvili S, 2001, Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for Transition from Thrusting to Strike-Slip Faulting, *Geodinamica Acta*, 14(1-3), 177–195.
- Koçyiğit A, Özacar A, 2003, Extensional Neotectonic Regime through the NE Edge of Outer Isparta Angle, SW Turkey: New Field and Seismic Data, *Turkish Journal of Earth Sciences* 12: 67–90.
- Metin S, Genç Ş, Bulut V, 1987, Afyon ve Dolayının Jeolojisi, MTA Rapor, 8103.
- Metin S, Genç Ş, Bulut V, Ölmez M, Kılıç İ, Akıncı A, Kurt Z, 1988, Bolvadin (Afyon)–Yunak (Konya) Dolayının Jeolojisi, MTA Rapor, 8522.
- NASA/JPL, 2005, SRTM Documentation, 29 Ocak 2005, http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/Documentation/SRTM_Topo.pdf.
- Özcan A, Göncüoğlu M C, Turhan N, Şentürk K, Uysal Ş, Işık A, 1990, Konya – Kadınhanı–İlgın Dolayının Temel Jeolojisi, MTA Derleme Rapor No: 9535, 132 s, Ankara.
- Özkaymak Ç, Yıldız A, Sarıkaya H, Başaran C, Dumlupınar İ et al, 2014, Bolvadin Fayı Boyunca Meydana Gelen Yüzey Deformasyonları, Batı Anadolu-Türkiye, 18th Meeting of Active Tectonic Research Group; 52s, Muğla, Türkiye.
- Özkaymak Ç, 2015, Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) Using Geomorphic Indices and the Regional Implications, *Geodinamica Acta* 27(2–3): 110–129.

- Özkaymak Ç, Sözbilir H, Tiryakioğlu İ, Baybura T, 2017, Geologic, Geomorphologic and Geodetic Analyses of Surface Deformations Observed in Bolvadin (Afyon-Akşehir Graben, Afyon), Geological Bulletin of Turkey 60: 169–188.
- Özkaymak Ç, Sözbilir H, Geçievi M O, Tiryakioğlu İ, 2019, Late Holocene coseismic rupture and aseismic creep on the Bolvadin Fault, Afyon Akşehir Graben, Western Anatolia, Turkish Journal of Earth Science, 28, 787–804.
- Özkaymak Ç, Sözbilir H. 2020, Structural Evidence for Extensional Domain-Type Geothermal Play in Western Anatolia: A Case Study from Afyon-Akşehir Graben.
- Pacheco-Martínez J, Hernandez-Marín M, Burbey T J, González-Cervantes N, Ortiz-Lozano J Á, Zermeno-De-Leon M E, Solís-Pinto A, 2013, Land Subsidence and Ground Failure Associated to Groundwater Exploitation in the Aguascalientes Valley, México, Engineering Geology, 164, 172– 186.
- Pavlidis S, Caputo R, 2004, Magnitude Versus Faults' Surface Parameters: Quantitative Relationships from the Aegean, Tectonophysics, 380, 159–188.
- Pewe, 1990, Land Subsidence and Earth-Fissure Formation Caused by Groundwater Withdrawal in Arizona; A review, Groundwater Geomorphology The Role of Subsurface Water in Earth-Surface Processes and Landforms, Edited by Charles G. Higgins, Donald Robert Coates, Geological Society of America pub. pp.252.
- Poyraz F, Tatar O, Hastaoğlu K Ö, Tiryakioğlu İ, Gürsoy Ö, Koçbulut F, Türka T, Demirel M, Duman H, Cığır A F, Güle D, 2015, Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 7(1), 17–28.
- Seyitoğlu G, Scott B, 1991, Late Cenozoic Crustal Extension and Basin Formation in West Turkey, Geological Magazine, 128(2), 155–166.
- Seyitoglu G, Scott B C, Rundle C C, 1992, Timing of Cenozoic Extensional Tectonics in West Turkey, Journal of the Geological Society, 149(4), 533–538.
- Sümer E Ö, San T B, Gürçay B, Pekesin B F, Avcı M K, Koruyucu vd. 2006, Aster uydu verisi uygulamaları; Türkiye'den örnekler, MTA Genel Müdürlüğü ve Japonya Uluslararası İş Birliği Ajansı özel yayın serisi 5, 71s.

- Sözbilir H, 2001, Extensional Tectonics and the Geometry of Related Macroscopic Structures: Field Evidence from the Gediz Detachment, Western Turkey, Turkish Journal of Earth Science, 10, 51–67.
- Sözbilir H, 2002, Geometry ve Origin of Folding in the Neogene Sediments of the Gediz Graben, Western Anatolia, Turkey, Geodinamica Acta, 15, 277–288.
- Sözbilir H, 2005, Oligo-Miocene Extension in the Lycian Orogen: Evidence from the Lycian Molasse Basin, SW Turkey, Geodinamica Acta, 18(3-4), 257–284.
- Sözbilir H, Sümer Ö, Uzel B, Ersoy Y, Erkül F, İnci U vd. 2009, 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) Depremlerinin Sismik Jeomorfolojisi ve Bölgedeki Gerilme Alanları ile İlişkisi, Batı Anadolu. Türkiye Jeoloji Bülteni, 51(2), 217–238.
- Şaroğlu F, Yılmaz Y, 1986, Doğu Anadolu’da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şengör A M C, Kidd W S F, ,1979, Post-collisional Tectonics of the Turkish Iranian Plateau and a Comparison with Tibet, Tectonophysics, 55, 361–376.
- Şengör A M C, 1980, Türkiye’nin neotektoniğinin esasları, Türkiye Jeoloji Kurumu yayını, 40.
- Şengör A M C, Yılmaz Y, 1981, Tethyan evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181–241.
- Taymaz T, Jackson J, Mckenzie D, 1991, Active tectonics of the North ve Central Aegean Sea, Geophysical Journal International, 106, 433–490.
- Tiryakioğlu I, Yavaşoğlu H, Uğur M A, Özkaymak Ç, Yılmaz M, Kocaoğlu H, Turgut B, 2017, Analysis of October 23 (Mw 7.2) and November 9 (Mw 5.6), 2011 Van Earthquakes Using Long-Term GNSS Time Series, Earth Science Research Journal, 21, 3, 147–156.
- Tiryakioğlu İ, Özkaymak Ç, Baybura T, Sözbilir H, Uysal M, 2018, Comparison of Palaeostress Analysis, Geodetic Strain Rates and Seismic Data in the Western Part of The Sultandağı Fault in Turkey, Annals of Geophysics, 61(3): GD335.

- Tiryakioğlu İ, Yiğit C O, Özkaymak Ç, Baybura T, Yılmaz M et al, 2019, Active Surface Deformations Detected by Precise Levelling Surveys in the Afyon-Akşehir Graben, Western Anatolia, Turkey, *Geofizika*, 36: 33–52.
- Turan, N, 2002, Geological Map of Turkey in 1:500.000 scale: Ankara Sheet, Publication of Mineral Research and Explaniton Direction of Turkey (MTA), Ankara.
- Uman Ö, Yergök F A, 1979, Emirdağ (Afyon) Dolayının Jeolojisi, MTA Rapor, (6604).
- Van Siclen D C, 1967, The Houston Fault Problem, in *Proceedings, American Institute of Professional Geologists, Texas Section, Annual Meeting, 3rd, Dallas*, p. 9-31.
- Yılmaz Y, Şaroğlu F, Güner Y, 1987, Initiation of the Neomagmatism in East Anatolia, *Tectonophysics*, 134, 177–199.
- Wells D L, Coppersmith K J, 1994, New Empirical Relationship among Magnitude, Rupture Length, Rupture width, Rupture Area, and Surface Displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84(4), 974–1002.