

**DOĞU ANADOLU FAY SİSTEMİ ÇARDAK SEGMENTİ
(KAHRAMANMARAŞ) FAY KAYMA HIZLARININ
OSL YAŞLANDIRMA TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ VE
TEKTONİK ÖNEMİ**

**FAULT-SLIP RATE DETERMINATION OF ÇARDAK
SEGMENT OF EAST ANATOLIAN FAULT SYSTEM
(KAHRAMANMARAŞ) USING OSL-DATING AND ITS
TECTONIC SIGNIFICANCE**

HALİL İBRAHİM DUMAN

DOÇ. DR. ERMAN ÖZSAYIN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2023



Şubat 2023'te meydana gelen depremlerde hayatlarını kaybedenlerin anısına...

ÖZET

DOĞU ANADOLU FAY SİSTEMİ ÇARDAK SEGMENTİ (KAHRAMANMARAŞ) FAY KAYMA HIZLARININ OSL YAŞLANDIRMA TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ VE TEKTONİK ÖNEMİ

Halil İbrahim DUMAN

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Erman ÖZSAYIN

Nisan 2023, 114 sayfa

Doğu Anadolu Fay Sistemi aktif bir kıta içi transform fay özelliğindedir ve ülkemizin doğusunda, Anadolu ve Arap plakalarının sınırını oluşturmaktadır. Sol yanal doğrultu atımlı fay özelliğindeki bu sistem Karlıova'dan (Bingöl) Antakya'ya (Hatay) kadar uzanmaktadır. Bu kırık kuşağı Çelikhan'dan (Adıyaman) sonra iki kola ayrılmaktadır. Ana kol Karlıova ve Antakya arasında, kuzey kol ise Çelikhan-İskenderun Körfezi arasındadır. Çelikhan'dan sonra güneyde kalan kol, Antakya yöresinde Ölü Deniz Fayı ve Kıbrıs Yayı'na, kuzey kol ise İskenderun Körfezi içinden Misis Fay Zonu'na bağlanmaktadır. Güney kol üzerinde tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelen depremler birçok can ve mal kaybına neden olmuştur.

Bu tez çalışmasının konusu olan Çardak Fayı, Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin kuzey kolunu oluşturan segmentlerden biri olup, Nurhak Fay Karmaşığı ve Göksun Büklümü arasında yer almaktadır. D-B uzanımlı olan Çardak Fay Segmenti 85 km uzunluktadır. Bu tez çalışmasının amacını; (1) Çardak Fayı'na ait düzlemlerden toplanan fay-kayma verileriyle paleogerilme analizlerinin yapılması ve sistem içindeki yerinin tartışılması, (2) fay tarafından kontrol edilen jeomorfolojik unsurları belirlenmesi ve (3) Çardak Fayı tarafından kesilmiş Kuvaterner yaşlı sedimanlardan Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) yaşlandırmayla ilk kez kayma hızlarının hesaplanması oluşturmaktadır.

Elde edilen bulgular, son dönemde meydana gelen yıkıcı depremlerle tekrar gündeme taşınan Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin bu bölümünün daha iyi anlaşılmasını sağlayacak bilimsel veri üretiminin yanında, meydana gelebilecek kayıpların en aza indirilmesini sağlamak amacıyla alınacak önlemlere de altlık veri üretecektir.

Yapılan saha çalışmalarından olan paleogerilme analizleri sonucunda sol yanal doğrultu atım karakterindeki Çardak Fayı'nın gerilme rejiminin saf doğrultu atımlı özellikte olduğu gözlenmiştir. Ayrıca fayın kayma hızı hesabının yapılması için en genç yelpaze biriminin altından alınan örneklerin yaşları belirlenmiş ve belirlenen yaşlara göre kayma hızı 4,04 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Böylelikle sahadaki en genç yelpaze biriminin kayma hızının bu değerden küçük olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çardak Fayı, Doğu Anadolu Fay Sistemi, Aktif Tektonik, Paleogerilme Analizi, OSL Yaşlandırması.

ABSTRACT

FAULT-SLIP RATE DETERMINATION OF ÇARDAK SEGMENT OF EAST ANATOLIAN FAULT SYSTEM (KAHRAMANMARAŞ) USING OSL-DATING AND ITS TECTONIC SIGNIFICANCE

Halil İbrahim DUMAN

Master's degree, Department of Geological Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Erman ÖZSAYIN

April 2023, 114 pages

The East Anatolian Fault System is an active intracontinental transform fault located at the eastern part of Türkiye and forms the border of the Anatolian and Arabian plates in the south. This sinistral strike-slip system extends from Karlıova (Bingöl) to Antakya (Hatay). The system splits into two branches after Çelikhan (Adıyaman). The main branch is between Karlıova and Antakya, and the northern branch is between Çelikhan and İskenderun Bay. After Çelikhan, southern branch is connected to the Dead Sea Fault and Cyprus Arc in the Antakya region, and the northern branch is connected to the Misis Fault Zone through the Iskenderun Bay. The earthquakes that took place in the historical and instrumental period on the south branch caused many losses of life and property.

The Çardak Fault, which is the subject of this thesis, is one of the segments, forming the northern branch of the Eastern Anatolian Fault System and is located between the Nurhak Fault Complex and the Göksun Bend. The 85 km long Çardak Fault Segment extends E-W direction. The aims of this thesis are; (1) evaluate paleostress analysis in the light of fault-slip data from the planes of the Çardak Fault and to discuss them in a regional perspective, (2) determine the geomorphological features, controlled by the faults, and (3) calculate the slip rate of the Çardak Fault for the first time using Optical Stimulated Luminescence (OSL) dating technique, with the samples taken from the Quaternary sediments cut by the Çardak Fault.

The findings of this study will generate scientific data that will provide a better understanding of this part of the Eastern Anatolian Fault System, which has recently been brought to the forefront due to the devastating earthquakes, as well as the basis for the measures that will be taken to minimise the losses that may occur.

The paleostress analysis, which is one of the field investigations, revealed that the sinistral strike-slip Çardak Fault's stress regime is pure strike-slip. In addition, to calculate the slip rate of the fault, the ages of the samples taken from the loose older geological alluvial fan unit below the youngest carbonate cemented unit were determined and the slip rate was calculated as 4.04 mm/year according to the OSL dating. Thus, it was understood that the slip rate of the youngest fan unit in the field was lower than this value.

Keywords: Çardak Fault, Eastern Anatolian Fault System, Active Tectonics, Paleostress Analysis, OSL Dating.

TEŞEKKÜR

İlk olarak, tez danışmanım olmayı kabul eden, tezimin saha çalışmalarından tez yazımına kadar her aşamasında bana verdiği destek, öneri ve her zaman yapıcı olan eleştirilerinden ötürü değerli hocam Sayın Doç. Dr. Erman ÖZSAYIN'a,

Arazi çalışmalarım ve tez yazımı sırasında bilgi ve tecrübesinden beni mahrum bırakmayan Sayın Doç. Dr. Tamer Y. DUMAN'a,

Laboratuvar çalışmalarında, hiçbir karşılık beklemede verdikleri yardımlarından ötürü Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Araştırmaları ve Teknolojileri Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Eren ŞAHİNER ve Gebze Teknik Üniversitesi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. M. Korhan ERTURAÇ'a,

Her türlü eleştiri ve yorumunu benle paylaşarak tezimin gelişmesine yardımcı olan Sayın Dr. Ömer EMRE'ye,

Yapmaya çalıştığım her güzel çalışmada manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim güzel aileme ve,

Tez çalışmamın her aşamasında yanımda olan, vazgeçmeyi düşündüğüm zamanlarda bana güvenini gösteren ve başaracağıma inandığını, söylediği sözler ve verdiği güzel öğütler ile dile getiren eşim Opr. Dr. Gözde KARACAN DUMAN'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER.....	ix
ÇİZELGELER.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Sahasının Tanıtılması.....	2
1.2 Amaç	4
1.3 Yöntem.....	4
1.3.1 Büro Çalışması	4
1.3.2 Arazi Çalışması	10
1.4 Önceki Çalışmalar.....	10
2. STRATİGRAFİ.....	18
2.1 Temel Kayaçlar	18
2.1.1 Yoncayolu Formasyonu (Pzy).....	18
2.1.2 Havcılar Granitleri (PzMzh).....	19
2.1.3 Çayderesi Formasyonu (Pç).....	19
2.1.4 Alıçlı Formasyonu (TRa)	20
2.1.5 Kaletepe Formasyonu (JKk).....	21
2.1.6 Göksun Ofiyolitleri (Mzg).....	21
2.1.7 Esence Granitoyidleri (Mze)	22
2.2 Örtü Kayaçlar.....	25
2.2.1 Harami Formasyonu (Kh).....	25
2.2.2 Demiroluk Formasyonu (Td).....	25
2.2.3 Ballıkısık Formasyonu (Tb).....	26
2.2.4 Maden Volkanitleri (Tm).....	26

2.2.5	Ericek Formasyonu (Ter).....	27
2.2.6	Salyan Formasyonu (Tsa).....	30
2.2.7	Kuzgun Formasyonu (Tku)	30
2.2.8	Ahmetçik Formasyonu (Tah)	31
2.2.9	Yamaç Molozu (Qym).....	31
2.2.10	Alüvyon Yelpazesi (Qay)	31
2.2.11	Alüvyon (Qa).....	32
3.	TEKTONİK.....	33
3.1	Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS)	36
3.1.1	Genel Özellikler.....	36
3.1.2	Segmentasyon Yapısı	38
3.1.3	Çardak Fayı	42
4.	DEPREMSELLİK	47
4.1	Tarihsel ve Aletsel Dönem Deprem Kayıtları.....	47
4.2	Çardak Fayı Deprem Aktivitesi	49
4.3	GPS Hız Verileri	53
4.4	06.02.2023 Pazarcık (M_w 7.7) ve Elbistan (M_w 7.6) Depremleri	54
5.	SAHA VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI.....	61
5.1	Paleogerilme Analizleri.....	61
5.1.1	İstasyon-1	61
5.1.2	İstasyon-2	64
5.1.3	İstasyon-3	64
5.1.4	İstasyon-4	65
5.1.5	İstasyon-5, 6 ve 7.....	66
5.1.6	İstasyon-8 ve 9.....	69
5.1.7	İstasyon-10	70
5.1.8	İstasyon-11	71
5.1.9	İstasyon-12	72
5.1.10	İstasyon-13	73
5.2	Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) Tekniği ile Yaşlandırma	88
5.2.1	Çardak Fayı'nın Kayma Hızının OSL Yaşlandırma Tekniği ile Belirlenmesi.....	88

6.	TARTIşMA VE SONUÇLAR.....	98
7.	KAYNAKLAR	101

EKLER DİZİNİ

EK-1: İnceleme Alanının Jeoloji Haritası

ÖZGEÇMİş



ŞEKİLLER

Şekil 1.1. Çalışma sahasının yer bulduru haritası.....	3
Şekil 1.2. Çardak Fayı'nın batı kesimini gösteren, CBS ortamında oluşturulan kabartma (hillshade) haritası.....	5
Şekil 1.3. Çardak Fayı'nın doğu kesimini gösteren, CBS ortamında oluşturulan kabartma (hillshade) haritası.....	6
Şekil 1.4. Çardak Fayı'nın batı kesimi ve yakın çevresini gösteren jeoloji haritası (1:100.000 ölçekli L-37 paftası ve 1:500.000 ölçekli Hatay ve Sivas paftalarından derlenmiştir).....	7
Şekil 1.5. Çardak Fayı'nın doğu kesimi ve yakın çevresini gösteren jeoloji haritası (1:100.000 ölçekli L-37 paftası ve 1:500.000 ölçekli Hatay ve Sivas paftalarından derlenmiştir).....	8
Şekil 1.6. Jeoloji haritasında gözlenen birimlerin ve çizgiselliklerin açıklaması.....	9
Şekil 2.1. Keban-Malatya biriminin diğer birimler ile olan ilişkisini gösteren dikme kesit (Yılmaz vd., 1997).....	23
Şekil 2.2. Bedi vd. (2009) tarafından hazırlanan, çalışma sahasındaki temel kayaçları gösteren başka bir dikme kesit.....	24
Şekil 2.3. Çalışma sahasında bulunan temel ve örtü kayaları gösteren dikme kesit (Yılmaz vd., 1997).....	28
Şekil 2.4. Çalışma sahasındaki bazı formasyonları da kapsayan Paleozoyik, Miyosen ve Pliyosen yaşlı birimlerinin dikme kesiti (Bedi vd., 2009).....	29
Şekil 3.1. Anadolu plakası ve yakın çevresinde gözlenen ana fay sistemleri (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şaroğlu vd., 1992a, b; Westaway, 2003; Emre vd., 2011a, 2011b, 2011c; Duman ve Emre, 2013). Kısaltmalar: KAFZ, Kuzey Anadolu Fay Zonu; DAFS, Doğu Anadolu Fay Zonu; ÖDFZ, Ölü Deniz Fay Zonu, GABZ, Güneydoğu Anadolu Bindirme Zonu; MF, Malatya Fayı; TF, Tuz Gölü Fayı; EF, Ecemiş Fayı; GK, DAFS'nin güney kolu; KK, DAFS'nin kuzey kolu.....	34
Şekil 3.2. Doğu Akdeniz'in aktif tektonik yapısı (Duman ve Emre, 2013). Kara ve Deniz tabanına ilişkin kabartma haritası Hall vd. (1994)'den; Suriye kuzeyindeki faylar Ponikarov ve Galaktionov, (1966) ve Westaway (2003)'den; denizdeki faylar Aksu vd. 2005a, b, Hall vd. (2005) ve Robertson vd. (2004)'nden basitleştirilerek; Türkiye'deki faylar Şaroğlu vd. (1992b) ve Emre vd. (2013)'nden alınmıştır.	

Kısaltmalar: SAF, Sarız Fayı; TF, Tufanbeyli Fayı; SFS, Savrun fay segmenti; ÇFS, Çokak fay segmenti; ÇAFS, Çardak fay segmenti; MF, Malatya Fayı; SÜFS, Sürgü fay segmenti; PFS, Pütürge fay segmenti; EFS, Erkenek fay segmenti; GABZ, Güneydoğu Anadolu Bindirme Zonu; PAFS, Pazarcık fay segmenti; MFZ, Maraş Fay Zonu; EFZ, Engizek Fay Zonu; YAFS, Misis Fay Zonu; DİFZ, Düziçi–İskenderun Fay Zonu; TFS, Toprakkale fay segmenti; KFS, Karataş fay segmenti; YFS, Yumurtalık fay segmenti; AM, Amik Havzası; S, Sağlık Havzası; N, Narlı Havzası; MR, Misis Yükselimi; (1) sol yanal doğrultu atımlı fay; (2) normal fay; (3) bindirme/ters fay; (4) olası fay; (5) ikincil fay; (6) ülke sınırı. 35

Şekil 3.3. Türkiye diri fayları (Emre vd., 2013’ten sadeleştirilerek alınmıştır). Yeşil çizgiler yüzey kırıklarını, kırmızı çizgiler Holosen faylarını, mor çizgiler Kuvaterner faylarını, siyah çizgiler olası Kuvaterner fayı veya çizgisellikleri göstermektedir. 37

Şekil 3.4. Segment, kıvrım-büklüm yapıları, kuzey ve ana kolu gösteren Doğu Anadolu doğrultu atımlı fay sistemi haritası (Duman ve emre, 2013). Kısaltmalar: FS, fay segmenti; FK, fay karmaşıklığı; GB, gevşemeli büklüm; GS, gevşemeli sekme; SÇB, sıkışmalı çift büklüm; SB, sıkışmalı büklüm; ÇB, çift büklüm; (1) Düziçi–Osmaniye fay segmenti; (2) Erzin fay segmenti; (3) Payas fay segmenti; (4) Misis fay segmenti; (5) Çokak fay segmenti; (6) İslahiye gevşemeli büklümü; (7) Demrek sıkışmalı sekmesi; (8) Engizek fay zonu; (9) Maraş fay zonu. 40

Şekil 3.5. DAFS kuzey kolunun en uzun segmenti olan Çardak Fayı’nın konumu (Duman ve Emre, 2013). Açıklamalar: (1) sol yanal doğrultu atımlı fay; (2) normal fay, (3) ters ya da bindirme fayı; (4) ana faylanma; (5) ikincil faylanma; (6) senklinal; (7) antiklinal; (8) Holosen çökelleri; (9) Kuvaterner çökelleri; (10) heyelan. 43

Şekil 3.6. Doğu kolun başlangıç noktası olan Barış Mahallesi civarında fayın Çayderesi ve Yoncayolu Formasyonu arasında oluşturduğu çizgisellik (kırmızı oklar fayın yaklaşık doğrultusunu temsil eder – bakış kuzeye). 44

Şekil 3.7. Barış merkezinin yaklaşık 500 m batısında, Çardak Fayı alüvyon yelpazesini kesmekte, sol yönlü atıma ek güney bloğun düşey atım etkisi ile daha alt seviyede olduğu gözlenmektedir (kırmızı oklar fayın yaklaşık doğrultusunu temsil eder – bakış güneydoğuya). 44

Şekil 3.8. Kandil Baraj Gölü yakınında topoğrafik diklikleri oluşturan fay, Göksun Ofiyolitleri ile Yoncayolu Formasyonu arasında tektonik bir dokanak oluşturmuştur (kırmızı kesikli çizgiler fayın yaklaşık doğrultusunu temsil eder – bakış doğuya). 45

Şekil 3.9. (a) Korkmaz batısında ve (b) Karaahmet-Aslanbeyçiftliği arasında fayın oluşturduğu çizgisel dokanak (bakış güneye).	46
Şekil 4.1. DAFS boyunca (a) tarihsel ve (b) aletsel deprem aktivitesi (Duman ve Emre, 2013)	48
Şekil 4.2. Türkiye Sismotektonik Haritası'nda (Duman vd., 2017), tez çalışma alanı ve yakın çevresinde gözlenen tarihsel ve aletsel dönem depremleri (siyah kesikli çizgilerin oluşturduğu alan bu tezin çalışma konusu olan Çardak Fayı'nı göstermektedir).	50
Şekil 4.3. Çalışma sahasının da içinde olduğu Diri Fay Haritası üzerinde (Emre vd., 2013) gözlenen tarihsel dönem deprem kayıtları (Tan vd., 2008).	51
Şekil 4.4. Diri Fay Haritası üzerinde (Emre vd., 2013), 2012 yılına kadar gözlenen aletsel dönem deprem kayıtları (Kadirioğlu vd., 2018).	52
Şekil 4.5. Blok modellemekten elde edilen kayma hızları. Pozitif ve negatif değerler sırasıyla fay boyunca sol yanal ve sağ yanal kayma hızlarını göstermektedir. Parantezlerde verilen pozitif ve negatif değerler sırasıyla sıkışma ve genişleme oranlarına bağlı normal kayma hızlarını ifade etmektedir (Aktuğ vd., 2016).	54
Şekil 4.6. 06.02.2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) M_w 7.7 ve Elbistan (Kahramanmaraş) M_w 7.6 depremleri ve artçı şoklar (AFAD, 2023).	55
Şekil 4.7. (a) Pazarcık ve (b) Elbistan (Kahramanmaraş) depremleri için belirlenen lokasyon ve hızlı fay düzlemi çözümleri (KRDAE, 2023).	56
Şekil 4.8. Pazarcık ve Elbistan depremleri ve 05.02.2023 ile 17.02.2023 tarihleri arasında meydana gelen artçı sarsıntılar Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki dağılımı (Deprem verileri AFAD, 2023'ten alınmıştır).	56
Şekil 4.9. 04:17'de meydana depremin şiddet haritası (Hancılar vd., 2023).	58
Şekil 4.10. Göksun ve Doğanşehir arasında yapılan saha çalışmaları ve hava fotoğrafları kullanılarak oluşturulan yüzey kırığı haritası (AFAD, 2023)	59
Şekil 4.11. Çardak Fayı doğu kolunda haritalanan yüzey kırığı (İTÜ, 2023)	60
Şekil 4.12. Yüzey kırığı, artçı depremler ve InSAR K-G yer değiştirme karşılaştırılması (İTÜ, 2023) (InSAR: https://zenodo.org/record/7626844#.Y-3hCnZBxhF)	60
Şekil 5.1. Çardak fay zonu doğu bölümü üzerindeki fay düzlemi ölçüm istasyonları. ..	62
Şekil 5.2. Çardak fay zonunun batı bölümü üzerindeki fay düzlemi ölçüm istasyonları.	63
Şekil 5.3. (a) Barış Mahallesi'nin batısında, İstasyon-1'de gözlenen karbonat çimentolu ve yer yer kumlu çakıltaşı birimleri ve (b) fay düzlemi.	64

Şekil 5.4. İstasyon-3'te fayın karşı karşıya getirdiği Çayderesi ve Yoncayolu formasyonları.	65
Şekil 5.5. İstasyon-4'te fayın karşı karşıya getirdiği Göksun ofiyolitleri içinde gözlenen serpantinit ve Yoncayolu Formasyonu.	66
Şekil 5.6. İstasyon 5'te ölçüm alınan noktada gözlenen hidrotermal alterasyon izleri ..	67
Şekil 5.7. İstasyon-6'da fayın solunda kristalin kireçtaşı ve sağında şist birimleri gözleniyor.	68
Şekil 5.8. İstasyon-7'de gözlenen geniş fay zonu	68
Şekil 5.9. İleri derecede makaslanma gözlenen kireçtaşı bloğu	69
Şekil 5.10. (a - b) Ericek Formasyonu içerisinde gözlenen kireçtaşı blokları ve (c) epiklastik birimler ile kireçtaşı ilişkisinin detay görünümü.....	70
Şekil 5.11. Alıçlı Formasyonu rekristalize kireçtaşları içerisinde gözlenen, ana fay düzlemi ile aynı doğrultuda olan faylanmalar	71
Şekil 5.12. İstasyon-11'de fay etkisi ile karşı karşıya gelen volkanit ve kireçtaşı birimleri	72
Şekil 5.13. İstasyon-12'de fayın karşı karşıya getirdiği serpantinit ve şist (metamorfik) birimleri	73
Şekil 5.14. İstasyon-13'te fayın etkisi ile karşı karşıya gelen Kaletepe Formasyonu'na ait kireçtaşları ve Göksun Ofiyolitleri.	74
Şekil 5.15. Gerilme katsayısının (R') anlamının gerilme oranına (R) karşı gösterimi ve buna göre gerilme elipsoidinin ana eksenlerinin yönelimi (Delvaux vd., 1997)...	80
Şekil 5.16. OSL numunelerinin alındığı noktanın Google Earth görüntüsü.	89
Şekil 5.17. (a) OSL numunesi alınırken kullanılan ekipmanlar, (b-1, b-2, b-3) numune alma aşaması ve (c) numunenin muhafaza edilmesi.....	91
Şekil 5.18. Barış Mahallesi'nde malzeme ocağında gözlenen alüvyon yelpazelerinden alınan B-1, B-2 ve B-3 numunelerinin konumları.	92
Şekil 5.19. Çardak Fayı'nın Barış Mahallesi civarında gözlenen alüvyon yelpazesinde meydana getirdiği düşey atım (bakış doğuya).	97
Şekil 5.20. Çardak Fayı'nın Barış Mahallesi civarında gözlenen alüvyon yelpazesinde meydana getirdiği yatay atımın Google Earth görüntüsü.	97

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1. DAFS hakkında yapılan çalışmalar. J, jeoloji; L, levha kinematiği; S, segmentasyon; G, geometrik özellikler; P, paleosismoloji; D, depremsellik; K, kayma hızı; St, Stratigrafi; T, Tektonik.	15
Çizelge 3.1. DAFS’ne ait segment, sekme ve büküm yapıları özet tablosu (Duman ve Emre, 2013). Kısaltmalar: FK, fay karmaşıklığı; GB, gevşemeli büküm; GS, gevşemeli sekme; SÇB, sıkışmalı çift büküm; SB, sıkışmalı büküm; ÇB, çift büküm.	41
Çizelge 5.1. İnceleme alanı içerisindeki 13 istasyondan ölçülen fay düzlemi verileri...	75
Çizelge 5.2. Çardak Fayı’ndaki fay-kayma verilerinden, elde edilen gerilme rejim tipleri	81
Çizelge 5.3. OSL yaş tayini için alınan numunelerin listesi.....	90
Çizelge 5.4. Numunelerin ICP-MS sonuçları	93
Çizelge 5.5. Numunelerin lüminesans tarihleme özeti (radyonüklid konsantrasyonlar, ICP-MS sonuçlarından elde edilmiştir).	94
Çizelge 5.6. Numunelerin radyal grafik özeti.....	95

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μm	: Mikrometre, milimetrenin binde birine, metrenin milyonda birine eşit uzunluk birimi
ppm	: Herhangi bir karışımda toplam madde miktarının milyonda birine eşit madde birimi

Kısaltmalar

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
DAFS	: Doğu Anadolu Fay Sistemi
DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model)
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)
SFZ	: Sürgü Fay Zonu
SMFS	: Sürgü-Misis Fay Sistemi
OSL	: Optik Uyarmalı Lüminesans (Optically Stimulated Luminescence)
ÖDFS	: Ölü Deniz Fay Sistemi

1. GİRİŞ

Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) aktif bir kıta içi transform fay özelliğindedir ve güneyde Anadolu ve Arap plakalarının sınırını oluşturmaktadır (Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975; Bozkurt, 2001; Şaroğlu vd., 1992a). Sol yanal doğrultu atımlı özelliğindeki bu sistem Karlıova'dan (Bingöl) Antakya'ya kadar uzanmaktadır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Şaroğlu vd., 1992a). Bu sistem Çelikhan'dan (Adıyaman) sonra iki kola ayrılır. Ana kol Karlıova ve Antakya arasında 580 km, kuzey kol ise Çelikhan-İskenderun Körfezi arasında 350 km uzunluğundadır. Çelikhan'dan sonra güneyde kalan kol, Antakya yöresinde Ölü Deniz Fayı ve Kıbrıs Yayı'na, kuzey kol ise İskenderun Körfezi içinden Misis Fay Zonu'na bağlanmaktadır (Duman ve Emre, 2013).

Kuzey kol olarak adlandırılan Sürgü-Misis Fay Sistemi (SMFS), DAFS'nden Çelikhan yöresinde ayrılır ve İskenderun Körfezi'ne doğru uzanır. Sol yanal doğrultu atımlı SMFS, Çelikhan ve Karataş arasında yaklaşık 350 km uzunluktadır. Bu fay sisteminde Göksun Büklümü geometrik düzende belirleyici bir yapısal unsurdur. Büklümün batısında fay sistemi dağılarak kollara ayrılır ve 8 segment oluşturur. Doğusunda ise daha yalın bir geometriye sahip Sürgü ve Çardak fay segmentleri bulunur (Duman ve Emre, 2013). Nurhak Fay Karmaşığı ve Göksun Büklümü arasında yer alan Çardak Fay Segmenti doğu-batı uzanımlı ve 85 km uzunluktadır (Duman ve Emre, 2013).

DAFS aletsel (Taymaz vd., 1991; M. Ergin vd., 2004; Tan vd., 2008; Kalafat vd., 2011; Kadirioğlu vd., 2018) ve tarihsel (Pınar ve Lahn, 1952; K. Ergin vd., 1971; Soysal vd., 1981; Jackson ve McKenzie, 1984; Ambraseys ve Finkel, 1987; Ambraseys, 1989; Başarır Baştürk vd., 2017) dönemde bölgede önemli hasarlara neden olan büyük depremler üretmiştir. Tarihsel depremlerden MS 97, 242, 1115, 1266, 1269, 1544, 1894 depremlerinin SMFS içerisinde olduğu kabul edilmektedir (Ambraseys, 1989; Guidoboni, 1994; Ambraseys ve Jackson, 1998; Kondorskaya ve Ulomov, 1999; Guidoboni ve Comastri, 2005; Tan vd., 2008; Başarır Baştürk vd., 2017). Bunlardan 1544 (M 6.8) depremi Çardak Fayı ile ilişkilendirilebilmektedir. Kadirioğlu vd. (2018) tarafından hazırlanan aletsel deprem kataloğuna göre DAFS boyunca 20 km genişliğindeki bir zonda 267 orta ve üzeri büyüklükte deprem bulunmaktadır. Bunlardan 5'i Çardak Fay Segmenti tarafından üretilmiştir.

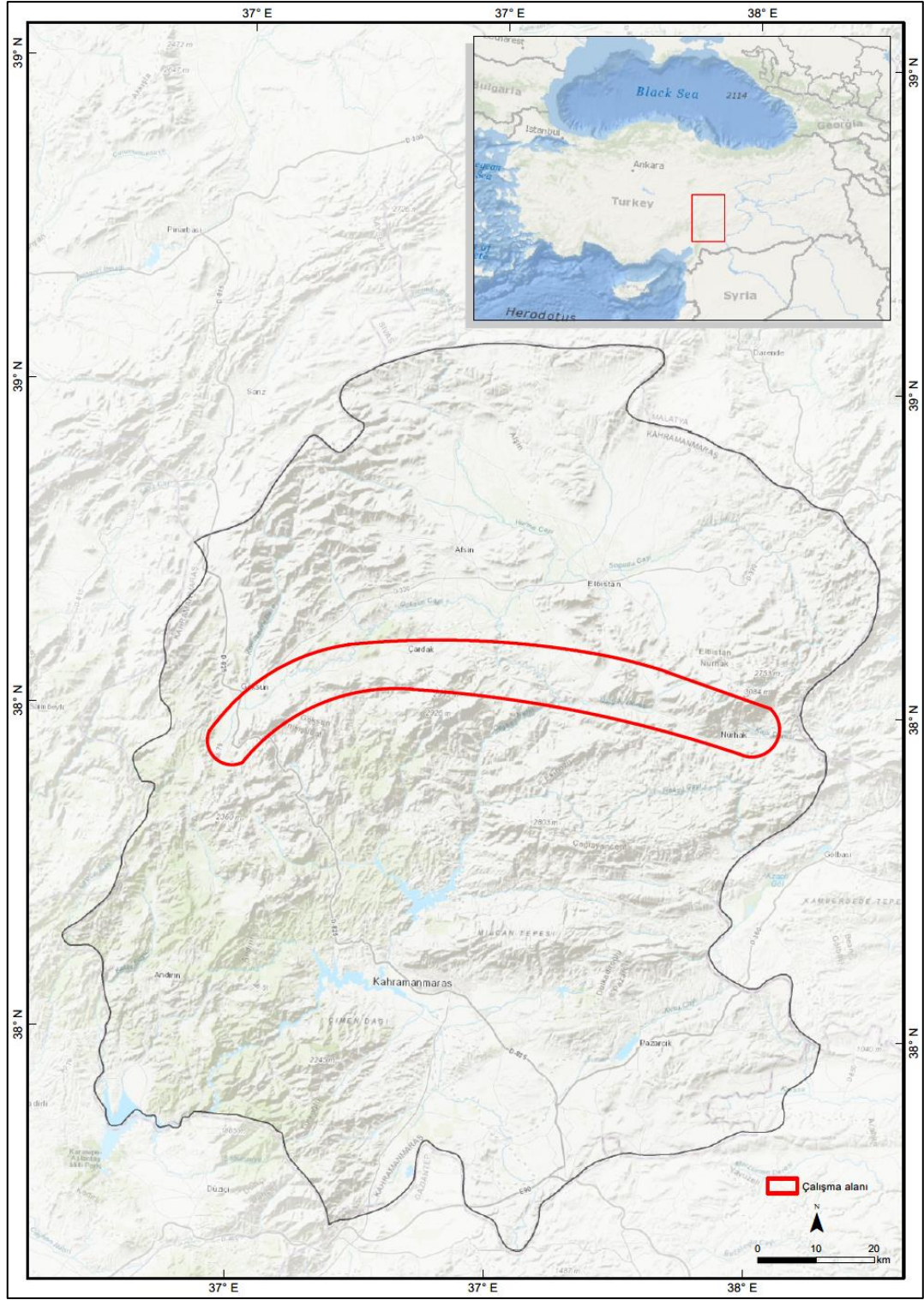
Karmaşık bir geometriye sahip DAFS’nde, jeodezik çalışmalar (McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 2006) yaklaşık 10 mm/yıl kayma hızı vermektedir. Jeolojik ve jeomorfolojik çalışmalar ise bu hızı 8 mm/yıl olarak önermektedir. Çelikhan’dan sonra iki kola ayrılan DAFS sistemindeki kayma hızı güney ve kuzey kollarda sırasıyla 2’ye 1 oranında paylaşılır (Duman ve Emre, 2013).

1.1 Çalışma Sahasının Tanıtılması

Çalışma sahası Akdeniz Bölgesi’nin doğusunda, 37.947°–37.975° paralelleri ile 36.441°–37.553° meridyenleri arasında kalan yaklaşık 250 km²’lik bir alandaki fayın geçtiği bölgeleri kapsar (**Şekil 1.1**). Kahramanmaraş iline bağlı Nurhak ilçesinin batısında yer alan Barış Mahallesi’nden başlar ve yine Kahramanmaraş iline bağlı Göksun ilçesinin doğusunda bulunan Yantepe Mahallesi’ne kadar devam eder.

Çalışma sahasının en önemli yerleşim merkezleri Kahramanmaraş iline bağlı Göksun, Ekinözü ve Nurhak ilçeleridir. Tez çalışması kapsamında bu ilçelere bağlı olan Barış, Gözpınar, İçmeler, Kandil, Yeniköy, Ericek, Çardak, Korkmaz, Fındık, Gücüksu, Kaleköy, Saraycık, Karaahmet, Soğuksu ve Yantepe mahalle ve beldelerinde incelemeler yapılmıştır.

Çalışma sahasında yükseklik farkı 923 m ile 3075 m arasında değişmektedir. Doğudan batıya doğru, Barış kuzeyinde bulunan Ayı Dağı (2750 m) ve Ziyaret Tepe (1666 m), Gözpınar güneyindeki Kuz Tepe (1460 m), Ekinözü ilçesi güneyindeki Koçboğaz Tepe (1441 m), Kandil’den Korkmaz’a kadar çalışma sahasının güneyinde, Toros sıradağlarının parçası olan Berit (2434 m) ve Kandil (1979 m) dağları, Saraycık’tan Göksun ilçesine kadar yine çalışma sahasının güneyindeki Kaman Dağı (2350 m) önemli yükseltilerdir. Bölgede ayrıca Fındık, Korkmaz ve Kamışçık göletleri ve Kandil Barajı gibi önemli su kütleleri bulunur. En önemli akarsuları, çalışma sahasını kuzeyden güneye doğru kat eden ve Ericek, Ekinözü arasında gözlenen Ceyhan Nehri ve daha batıdaki Göksun Çayı’dır. Çalışma sahasına ulaşım, Kahramanmaraş tarafından karayolu ile Göksun, Çardak ve Nurhak istikametinde gerçekleştirilebilirken, daha kuzeyden Elbistan üzeri de Nurhak’a varış sağlanabilmektedir. Yollar genelde asfalt olup, yer yer mahalleler arası iyi kalite stabilize yollar gözlenir.



Şekil 1.1. Çalışma sahasının yer bulduru haritası.

1.2 Amaç

Bu tez çalışmasının amacı (1) Çardak Fayı'na ait düzlemlerden fay-kayma verilerinin toplanması, paleogerilme analizlerinin yapılması ve sistem içindeki yerinin tartışılması, (2) fay tarafından kontrol edilen jeomorfolojik unsurların belirlenmesi ve (3) ilk kez, Çardak Fayı tarafından kesilmiş Kuvaterner yaşlı çökellerden Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) yaşlandırma yöntemiyle kayma hızının belirlenmesidir.

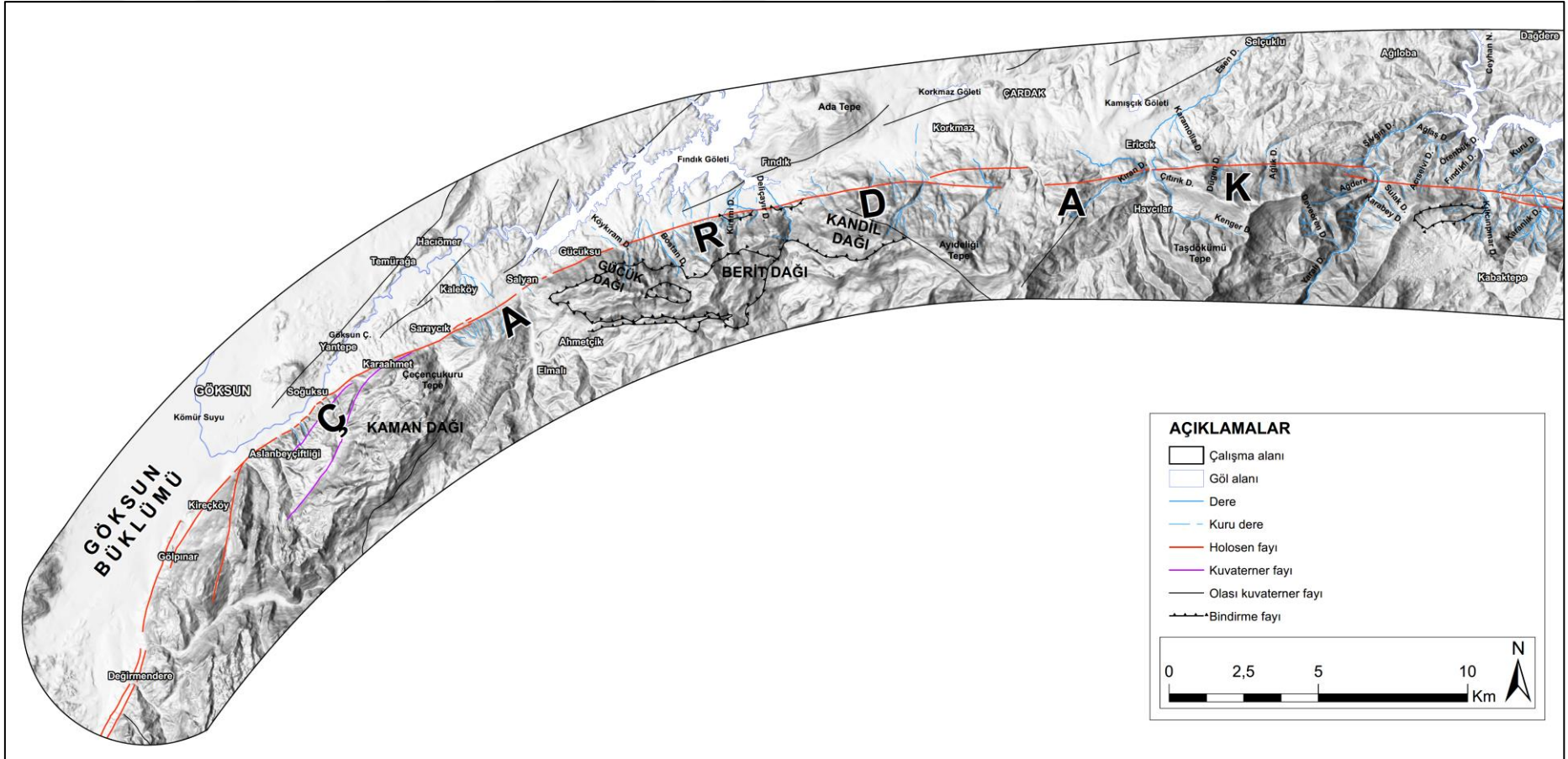
Bu amaçlar doğrultusunda elde edilen bulgularla 2020 Elazığ ve 2023 Kahramanmaraş depremleri ile tekrar gündeme gelen DAFS'nin kuzey kolunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacak bilgi birikimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Böylece Çardak Fay Segmenti'nin deprem davranışı hakkında bilgi sağlanacak ve bu fayın neden olabileceği deprem kaynaklı afet zarar ve kayıplarının önlenmesine katkı sağlayacak altlık veri üretecektir.

1.3 Yöntem

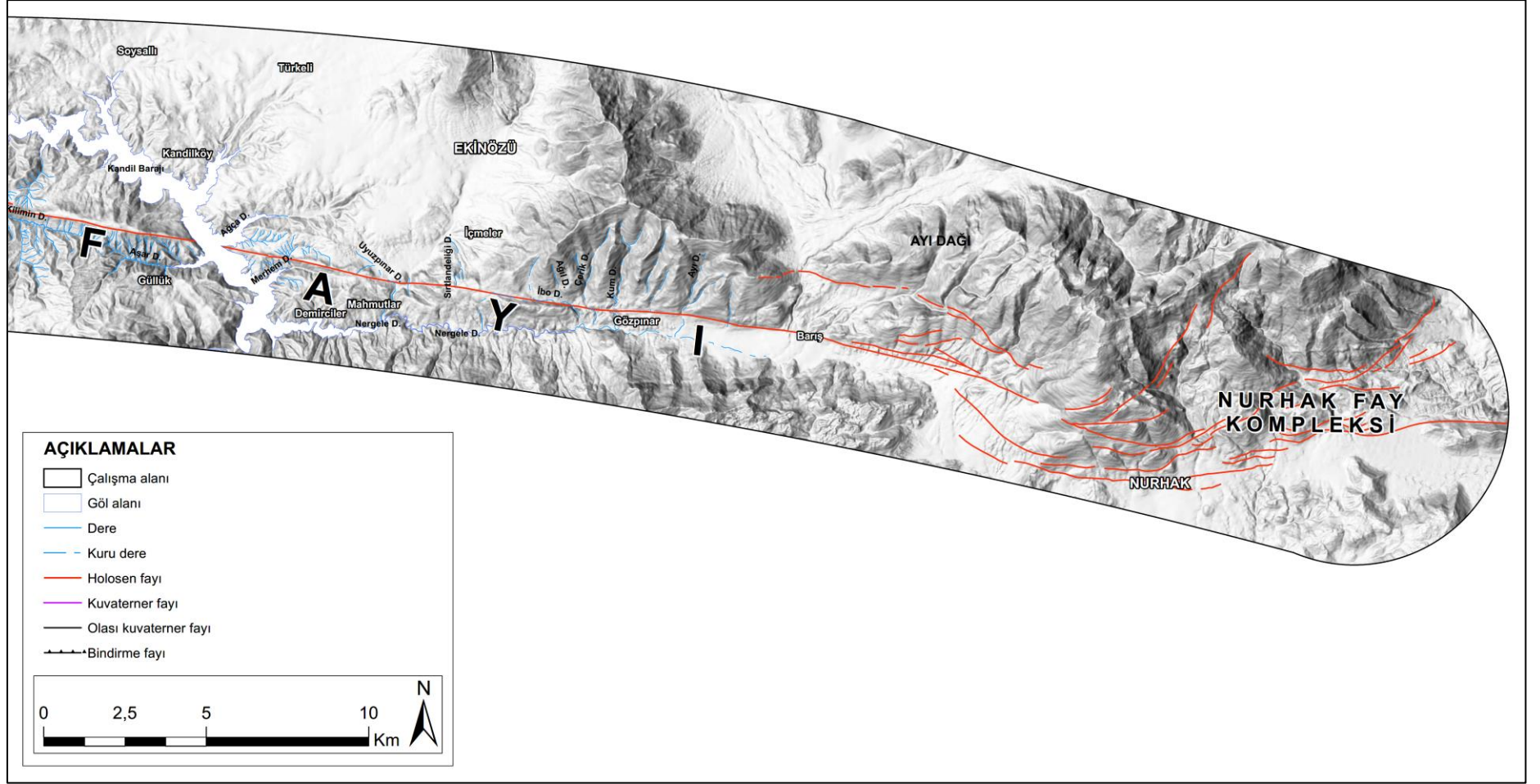
Tez çalışması büro ve arazi olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

1.3.1 Büro Çalışması

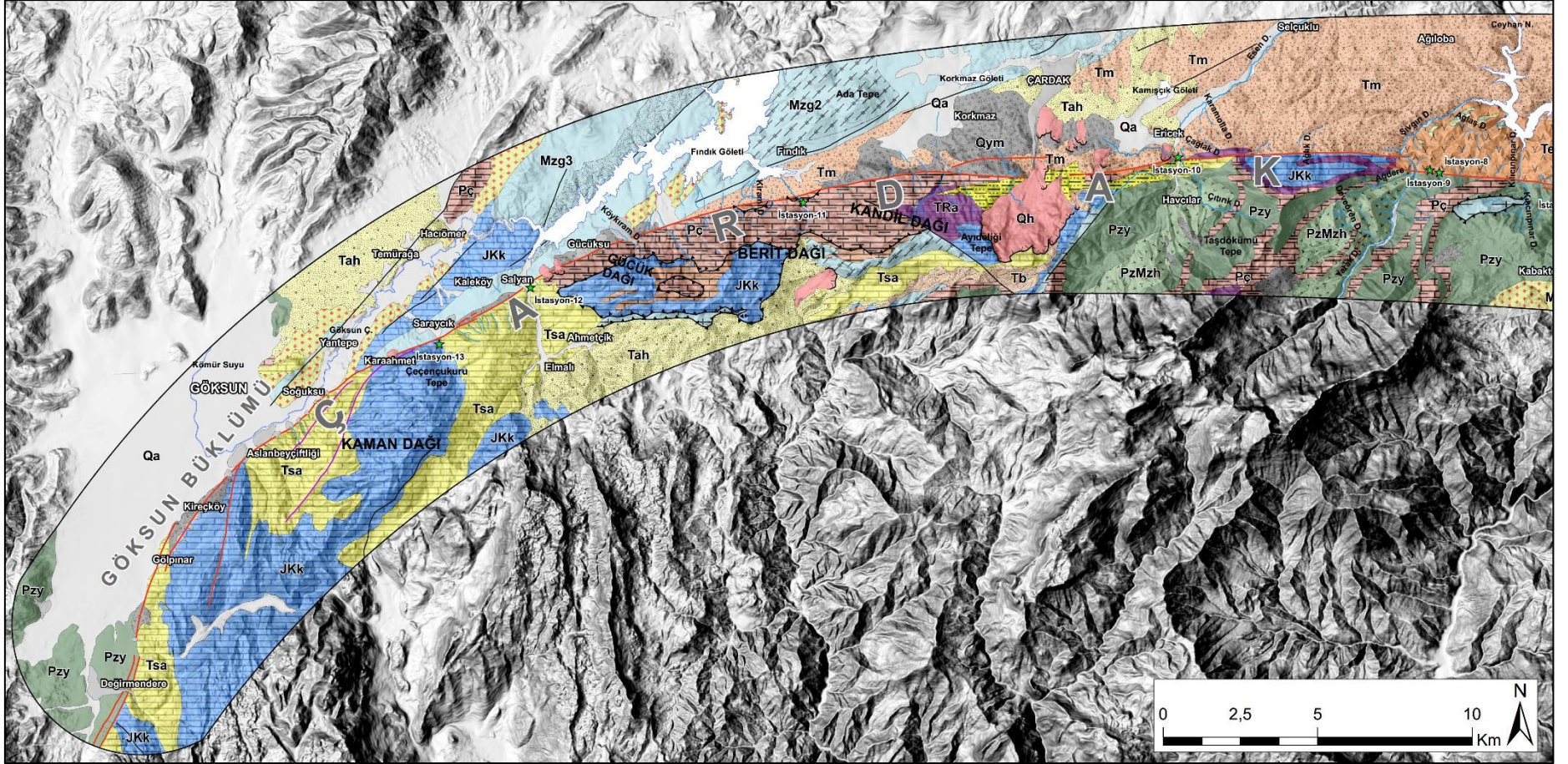
Arazi çalışmalarına fayda sağlaması amacıyla büro çalışmalarında mevcut raporlar incelenmiş, literatür taraması ve tezin yazım aşamaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasını kapsayan sayısal yükseklik modelinden (DEM) ArcGIS 10.8.1 programı kullanılarak 10 m çözünürlüklü kabartma haritası (hillshade) elde edilmiştir (**Şekil 1.2** ve **Şekil 1.3**). Böylelikle çizgisellikler görsel olarak daha belirgin hale gelmiş, saha çalışmalarında özellikle gidilecek istasyonlar tespit edilmiştir. Ölçüm istasyonlarından alınan fay-kayma verileri kullanılarak Win Tensor 5.8.9 programında paleogerilme analizleri yapılmıştır. Bölgenin jeoloji haritası mevcut 1:100.000 ve 1:500.000 ölçekli jeoloji haritaları kullanılarak yine ArcGIS 10.8.1 programında oluşturulmuştur (**Şekil 1.4**, **Şekil 1.5**, **Şekil 1.6**).



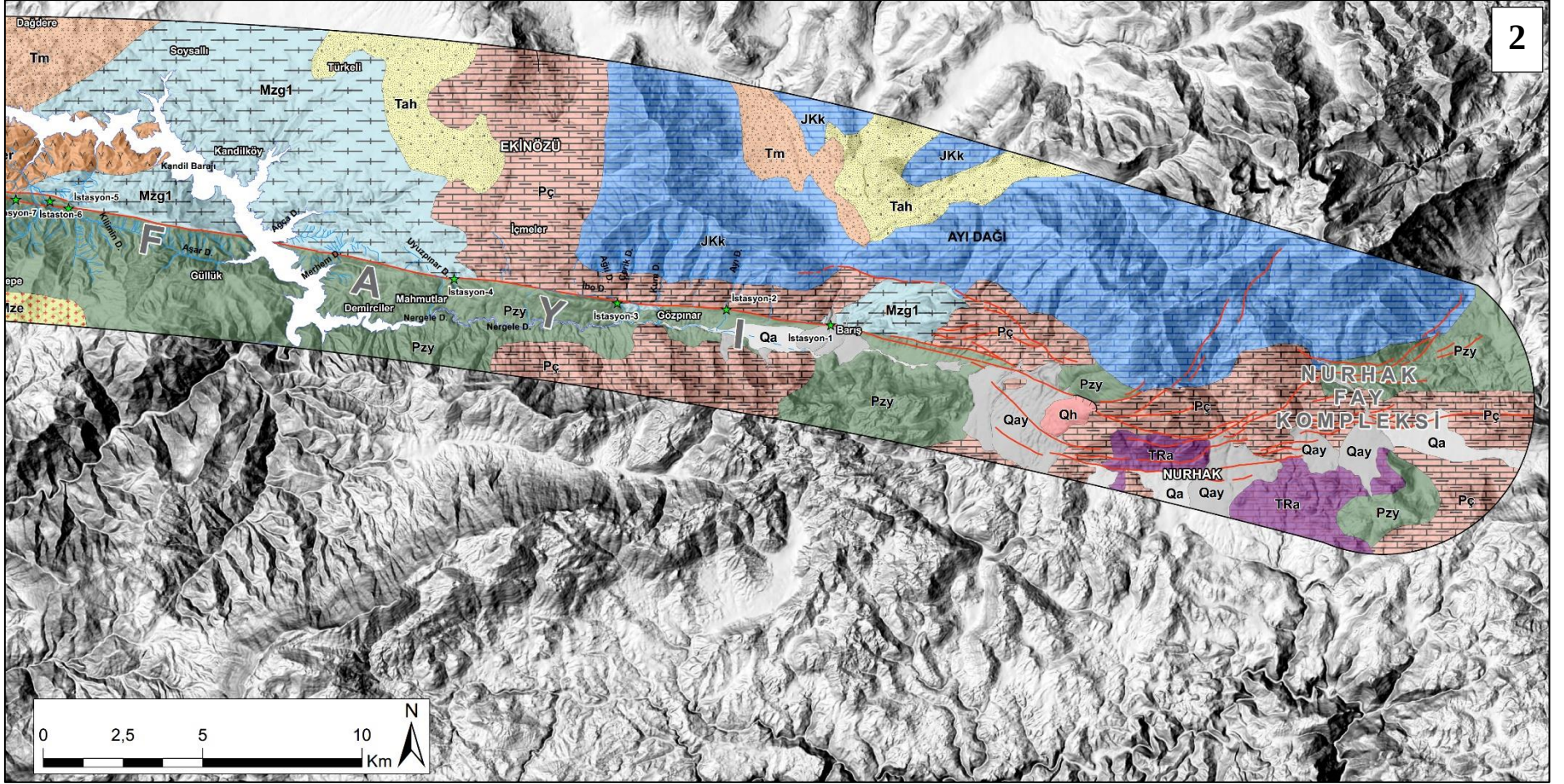
Şekil 1.2. Çardak Fayı'nın batı kesimini gösteren, CBS ortamında oluşturulan kabartma (hillshade) haritası.



Şekil 1.3. Çardak Fayı'nın doğu kesimini gösteren, CBS ortamında oluşturulan kabartma (hillshade) haritası.



Şekil 1.4. Çardak Fayı'nın batı kesimi ve yakın çevresini gösteren jeoloji haritası (1:100.000 ölçekli L-37 paftası ve 1:500.000 ölçekli Hatay ve Sivas paftalarından derlenmiştir).



Şekil 1.5. Çardak Fayı'nın doğu kesimi ve yakın çevresini gösteren jeoloji haritası (1:100.000 ölçekli L-37 paftası ve 1:500.000 ölçekli Hatay ve Sivas paftalarından derlenmiştir).

AÇIKLAMALAR

★	Ölçüm İstasyonları
	Heyelan tacı
□	Çalışma alanı
□	Göl alanı
—	Dere
- - -	Kuru dere
—	Holosen fayı
—	Kuvaterner fayı
—	Olası kuvaterner fayı
▲▲▲	Bindirme fayı
□	Qa, Alüvyon
□	Qay, Alüvyon Yelpazesi
□	Qh, Heyelan
□	Qym, Yamaç Molozu
□	Tah, Ahmetcik Formasyonu, Akarsu ve gölsel kırıntılı kayalar
□	Tku, Kuzgun Formasyonu, Kısmen pelajik olan kırıntılı kayalar
□	Tsa, Salyan Formasyonu, Neritik kireçtaşı ve yer yer kırıntılı kayalar (çakıltaşı ve kumtaşı)
□	Ter, Ericek Formasyonu, Yer yer bloklu epiklastik ve proklastik kayalar
□	Tm, Maden Volkanitleri, Andezitik lav, epiklastik ve proklastik kayalar
□	Tb, Ballıkısık Formasyonu, Epiklastik kayalar
□	Tda, Demirogluk Formasyonu, Resifal kireçtaşı
□	Khs, Harami Formasyonu, Neritik kireçtaşı
□	Mze, Esence Granitoidleri
□	Mzg4, Levha-Dayk Karmaşığı
□	Mzg3, İzotrop Gabro
□	Mzg2, Katmanlı Gabro
□	Mzg1, Serpantinit ve Peridotit
□	JKk, Kaletpe Formasyonu, Rekristalize ve dolomitik kireçtaşı
□	TRa, Alıçlı Formasyonu, Rekristalize kireçtaşı, metaşeyl ve şist ardalanması
□	Pç, Çayderesi Formasyonu, Yer yer şist ara katkılı rekristalize kireçtaşı
□	PzMzh, Havcılar Granitleri
□	Pzy, Yoncayolu Formasyonu, Şist ve mermer

Şekil 1.6. Jeoloji haritasında gözlenen birimlerin ve çizgiselliklerin açıklaması

1.3.2 Arazi Çalışması

Temmuz 2021’de gerçekleştirilen arazi çalışmasında yaklaşık 85 km uzunluğundaki Çardak Fay hattı doğudan batıya doğru kat edilmiş, fayın belirgin olarak gözlendiği noktalar incelenmiş ve Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) yaş tayini çalışması için yer tespiti yapılmış ve numuneler toplanmıştır.

Kasım 2022 tarihinde gerçekleştirilen saha çalışmasında belirlenen istasyonlardan paleogerilme analizleri için fay-kayma verileri toplanmış ve ilgili fotoğraflar çekilmiştir.

1.4 Önceki Çalışmalar

DAFS, Doğu Akdeniz bölgesinde sol yanal doğrultu atımlı, ana kıta içi bir transform fay sistemi olarak birçok araştırmacı tarafından, farklı konularda ele alınmış ve literatüre katkı yapmışlardır. İlk defa 1972’de Arpat ve Şaroğlu tarafından Doğu Anadolu Fay Zonu olarak adlandırılmış ve günümüze değin çok sayıda araştırmacı fayın geometrisi ve özellikleri hakkında farklı görüşler bildirmişlerdir. Araştırmacılar DAFS’nin genelde kuzeyde yalın güneyde ise daha karmaşık ve geniş bir yapıda olduğunda hem fikirdirler. Kuzeyde Karlıova’da Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile güneyde Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) veya Kıbrıs Yayı ile birleştiği yönünde öneride bulunun çalışmalar mevcuttur.

Bu tez çalışmasına da konu olan Çardak Fayı’nı; bağımsız bir fay olarak gösteren, DAFS’nin bir kolu içerisine katan veya DAFS deformasyon zonu içerisinde bir yapısal unsur olarak gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Dolayısıyla, önceki çalışmalardan doğrudan bu tezin konusu olan Çardak Fayı ile ilgili olanları ayrıntılı olarak, DAFS’nin geneli ile ilgili olanlar ise çizelge halinde öz bilgilerle sunulmuştur.

Arpat ve Şaroğlu (1972), Doğu Anadolu’da Karlıova ile Hazar Gölü arasında uzanan sol yönlü doğrultu atımlı bir fay zonu bulunduğunu belirtmişlerdir. 1971 yılında meydana gelen depremin oluşturduğu yüzey kırıklarına göre kuzey-güney doğrultulu sıkıştırma etkisi altında olduğu görüşündedirler.

Arpat ve Şaroğlu (1975), Türkiye genelindeki genç tektonik olayları incelemişlerdir. Bu olaylar içerisinde ele aldıkları DAFS daha önce hiç incelenmemiş olan batı yarısının

haritasını yapmışlardır. DAFS'nin zaman zaman durgunluk gösteren diri faylardan oluştuğu, çok büyük depremleri meydana getirebileceği bir zon olduğunu, Arap Levhası'nın kuzeydoğuya doğru hareket ettiğini ve ÖDFZ ile bağlantılı bulunduğunu ortaya konmuştur.

Muehlberger ve Gordon (1987), yaptıkları uzaktan algılama çalışmalarıyla DAFS'nin karmaşık bir yapıda olduğunu belirtmişler ve Göksun Fayı olarak adlandırdıkları yapısal unsurun girinti ya da kaçış tektoniği (indentation/escape tectonics) ile geliştiğini belirtirler.

Barka ve Kadinsky-Cade (1988), Türkiye'deki doğrultu atımlı fayları incelemiş ve tanımlamasını yapmıştır. Bu çalışmalarında, fay geometrisinin fay zonları boyunca büyük deprem kırılma segmentlerinin konumunun kontrolünde önemli bir role sahip olduğu çıkarımını yapmışlardır. Ayrıca bu çalışmalarında mevcut veri tabanı dünyadaki diğer doğrultu atımlı fayları içerecek şekilde genişletmişlerdir. Fay geometrisinin dikkatli bir şekilde incelenmesinin, büyük depremlerin kırılma uzunluklarını ve muhtemelen ana şok merkez üssünü veya bazı durumlarda ön ve artçı şok konumlarını tanımlamaya veya tahmin etmeye yardımcı olabileceğini düşünmüşlerdir.

Şaroğlu vd. (1992a) bu çalışmalarında diri faylar hakkında 1987 yılına kadar olan bilgi birikimine göre hassasiyeti 1/100.000 ölçeğe dayanan ülke genelindeki diri fayları 1/1.000.000 ölçeğine indirgeyerek basmışlardır. Ölçek nedeniyle haritada diri fayların ayrıntılı geometrik özellikleri ve segment yapılarına ilişkin bilgiler gösterilememiştir. Ancak ülke geneli için diri fayları tanıtıcı ve üst ölçekli planlamalarda yönlendirici bilgi kaynağı olmuştur. Bu haritada Çardak Fayı D-B yönlü ve bağımsız bir fay olarak Elbistan Fayı adı altında haritalanmıştır.

Şaroğlu vd. (1992b) DAFS'ni Karlıova-Antakya arasında bir sol yanal doğrultu atımlı aktif fay olarak tanımlarlar. Yaptıkları detay haritalamayla fayın KD-GB doğrultusunda yaklaşık 580 km uzunluğunda, 10 km genişliğe kadar uzanan bir yapı olarak gösterirler. Kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile kesiştiğini, ancak güneybatıdaki devamının hala tartışmalı olduğunu söylerler. Geç Pliyosen'den günümüze değin 20-25 km toplam yer değiştirme oluşturduğunu ve birçok yıkıcı deprem ürettiğini belirtirler. Araştırmacılar bu çalışmalarında Çardak Fayı'nı DAFS'ne dahil etmemişlerdir.

Lyberis vd. (1992) Arabistan-Afrika-Anadolu üçlü birleşim alanı çevresinde uydu görüntüsü analizi ve saha gözlemleriyle araştırmışlardır. Geç Miyosen'den bu yana DAFS boyunca meydana gelen hareketlerin sol yanal doğrultu atım ve ters atım bileşenli kısılmalara neden olan ana yapılarla meydana geldiğini savunmuşlardır. Üçlü birleşim alanı çevresinde yaklaşık 150 km genişliğindeki alanda, ağırlıklı olarak Anadolu bloğunun sınırına dağılmış, kıvrım ve bindirmelerle yüksek oranda deformasyona uğradıklarını belirtirler. Ayrıca yaptıkları kinematik yapılandırma (reconstruction) modeli Arabistan ve Anadolu levhalarının birbirlerine göre hem sol yanal hem de sıkışma rejiminde olduğunu desteklediğini söylerler. DAFS'nin sol yanal doğrultu atımlı faylarının, Arabistan-Anadolu levha çarpışmalarının K-G yönünde gelişen sıkışmanın ikincil ürünleri olduğunu belirtirler.

Westaway ve Arger (1996), Güneybatı Türkiye'de karmaşık sol yanal doğrultu atımlı olan DAFS'ni çalışmışlar ve Çelikhane yöresinden ayrılan Sürgü Fayı'nın Maraş kuzeybatısında konkav bir yapıda yer aldığını belirtirler.

Yılmaz vd. (1997), Elbistan L37 pafta sınırları içerisinde Torosların Geç Kretase döneminde bir araya gelmiş olan tektonik birliklerini 1/100.000 ölçeğinde haritalayarak alansal dağılımlarını ortaya koymuşlardır. Bu tektonik birimleri formasyon düzeyinde ayıklayarak, tektonostratigrafik ilişkilerini kurmuşlardır.

Westaway (2003), Yakapınar-Göksun Fayı'nın Sürgü Fayı üzerinden DAFS'nden ayrıldığını belirtirler ve Anadolu ve Afrika levhaları arasındaki sol yanal hareketin yaklaşık 8 mm/yıl olduğunu, bunun da 2 mm/yıl miktarının bu fay tarafından karşılandığını belirtmektedir.

Herece (2008), DAFS'nin 20-25 km genişliğindeki bir kuşak boyunca jeoloji haritasını 1/100.000 ölçeğinde hazırlamıştır. Ayrıca fay sisteminin segment yapısını da tanımlayarak bölgedeki diğer ana faylarla olan ilişkisini de incelemiştir.

Bedi vd. (2009) "Doğu Toroslar'ın Jeodinamik Evrimi" isimli MTA tarafından yayınlanan kitaplarında, Yılmaz vd. (1997) tarafından hazırlanan haritaları Elbistan L37 paftasının bir bölümü ve L38 pafta sınırları içerisinde Doğu Torosların tektonik ve

sedimanter birliklerini tekrar haritalayarak alansal dağılımlarını ortaya koymuş ve tektonostratigrafik ilişkilerini kurmuşlardır.

Kaymakcı vd. (2010), Doğu Anadolu'daki tektonik evreleri orojenez aşamasından Kretase'den günümüze kadar gelişmiş beş ayrı evre olarak tanımlamaktadır. Bu aşamaların en son evresinin Orta Pliyosen'de (yaklaşık 3.5 milyon yıl öncesine kadar) başladığını ve KD-GB sıkışması ile karakterize olduğunu belirtir. Sürgü Fayı'nı da bu evrede ters atım bileşenli sağ yanal doğrultu atım mekanizmasında davranan bir yapı olarak tanımlar.

Koç ve Kaymakcı (2013), Sürgü Fay Zonu'nu (SFZ) DAFS zonundan ayrılan ve batıda Göksun'dan doğuda Çelikhan'a kadar uzanan bir yapı olarak tanımlamışlardır. Uzaktan algılama yöntemleri ile SFZ'nin morfolojik ve geometrik özelliklerini incelemişlerdir. Bunlara göre SFZ'nin sağ yönlü doğrultu atımlı karakteristik deformasyon modellerine uygun olduğunu belirtmişlerdir. Sahadan topladıkları 17 fay atımı verilerine göre, ters ve normal atım bileşenlerine sahip sağ yanal doğrultu atımlı bir fay zone olduğunu savunurlar. Ayrıca fay zone boyunca gözlemledikleri akarsu ağlarındaki yer değiştirmelere göre 3 km'den fazla sağ yanal ötelenme ölçtüklerini belirtirler. SFZ için önerdikleri bu fay kinematığının Anadolu Bloğu ile Arap Levhası arasında K-G yönünde sıkışan Maraş Bloğu'nun batıya kaçışıyla ilgili bölgesel bir sol yanal hareket sistemi içinde meydana geldiğini savunurlar.

Emre vd. (2013) Şaroğlu vd. (1992b) tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritası'nı deprem zararlarının azaltılması kapsamında ihtiyaç duyulan bilgileri sağlamak amacıyla güncellemişlerdir. Bu amaçla Türkiye'deki tüm diri faylar 1/25.000 ölçeğinde haritalanmış ve CBS ortamında diri fay veri tabanını kurmuş, her faya bir kimlik numarası verilerek uzunluk, aktivite, kayma türü, fay düzlemi doğrultusu, eğim yönü ve derecesinden oluşan parametrik bilgileri tanımlamışlardır. Veri tabanından 1/250.000 ve 1/1.250.000 ölçekli diri fay haritalarını ülke geneli için hazırlamışlardır.

Duman ve Emre (2013), mevcut sismolojik ve paleosismolojik verilerle desteklenen aktif fayların haritalanmasına dayalı, bir bütün olarak DAFS'nin fay geometrisi ve segment yapısı hakkında ayrıntılı bir çalışma yapmışlardır. DAFS'ni kuzey ve güney olarak iki ana kola ayırmışlardır. Güney kolu Karlıova ile Antakya arasında 580 km uzunlukta,

Amik üçlü kavşağı üzerinden ÖDFZ ve Kıbrıs Yayı'na bağlanır geometride tanımlamışlardır. Sürgü-Misis Fay sistemi olarak adlandırdıkları kuzey kol ise 350 km uzunlukta ve İskenderun Körfezi'nin altında Girne-Misis Fay Zonu ile birleştiğini belirtmişlerdir. DAFS'nin ana ve kuzey kolları arasındaki kayma hızının sırasıyla 2/3 ve 1/3 oranında olduğunu önermişlerdir.

Emre vd. (2018), Türkiye'nin aktif fay haritasında 1/25.000 ölçekli jeokronolojik kriterlere göre sınıflandırılan 485 tekil fay segmentinin parametrik bilgilerini hazırlamışlardır. Bu bilgiler her bir fay için; sınıf, aktivite, tip, uzunluk, eğilim ve fay düzleminin duruşu gibi fay parametrelerinden oluşmaktadır. Fay parametrelerini mevcut GPS, sismolojik ve paleosismolojik verilerden çıkarılan kayma hızı ve sismojenik derinlik bilgileri ile de desteklemişlerdir. Ayrıca her bir fay segmenti için beklenen olası depremi görgül bağıntılarla tahmin etmişlerdir. Veri tabanını deprem mühendisliği ve sismotekniğin kullanım alanına girmesi için parametrik bir fay segmenti kataloğunda sunmuşlardır.

Duman vd. (2018), Türkiye Sismotektonik Haritası'nı hazırlamışlardır. Hazırladıkları harita ve ilgili veri tabanı ile ülkedeki sismik tehlike analizlerinde gerekli olan bilgileri sağlamışlardır. Harita ve veri tabanı beş veri grubundan oluşmaktadır. Bunlar; diri faylar, aletsel, tarihsel deprem katalogları ve fay düzlemi çözüm kataloğu ile kabuk kalınlığı bilgisinden oluşur. Veri tabanı CBS ortamında sistematik veri eklenebilir ve yenilenebilir bilgi altyapısı şeklinde kurulmuştur.

Kadirioğlu vd. (2018), 1950'lerden sonra yayınlanan deprem katalogları, ajans raporları ve araştırma makaleleri gibi 41 mevcut kaynağı derlemiş ve değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmelerden elde edilen parametrik verilerle, 1900 ile 2012 yılları arasında yaklaşık 37.000 depremi içeren bütünleşmiş bir veri tabanı oluşturmuşlardır. Hazırladıkları aletsel deprem kataloğu 1900-2012 dönemi için büyüklüğü 4,0 ve üzeri olan 12.674 depremin parametrik bilgilerini içerir.

Çizelge 1.1. DAFS hakkında yapılan çalışmalar. J, jeoloji; L, levha kinematığı; S, segmentasyon; G, geometrik özellikler; P, paleosismoloji; D, depremsellik; K, kayma hızı; St, Stratigrafi; T, Tektonik.

Yazar(lar)	Çalışma Konusu	Özet Bilgi
Arpat ve Şaroğlu (1972)	G, D, T	Karlıova-Hazar gölü arasında sol yönlü doğrultu atım özellikleri gösteren bir fay zone bulunduğunu belirtmişlerdir.
Arpat ve Şaroğlu (1975)	G, D, K, T	Türkiye genelindeki önemli genç tektonik olayları incelemişlerdir.
Barka ve Kadinsky-Cade, (1988)	S, G, D, T	Fay geometrisinin fay zonları boyunca büyük deprem kırılma segmentlerinin konumunun kontrolünde önemli bir role sahip olduğu çıkarımını yapmışlardır
Şaroğlu vd., (1992b)	S, G, D, K, T	Diri faylar hakkında 1987 yılına kadar olan bilgi birikimine göre hassasiyeti 1/100.000 ölçeğe dayanan ülke genelindeki diri fayları 1/1.000.000 ölçeğine indirgeyerek basmışlardır
Şaroğlu vd., (1992a)	S, G, D, K, T	DAFS zonunun Karlıova-Antakya arasında bir sol yanal doğrultu atımlı aktif fay olarak tanımlarlar. Yaptıkları detay haritalamayla fayın KD-GB doğrultusunda yaklaşık 580 km uzunluğunda, 10 km genişliğe kadar uzanan bir yapı olarak gösterirler.
Lyberis vd., (1992)	L, S, G, D, T	Arabistan-Afrika-Anadolu üçlü birleşim alanı çevresinde uydu görüntüsü analizi ve saha gözlemleriyle araştırmışlardır. Geç Miyosen'den bu yana Doğu Anadolu Fayı boyunca meydana gelen hareketlerin sol yanal doğrultu atım ve ters atım bileşenli kısalmalara neden olan ana yapılarla meydana geldiğini savunmuşlardır.

Çizelge 1.1. DAFS hakkında yapılan çalışmalar. J, jeoloji; L, levha kinematiği; S, segmentasyon; G, geometrik özellikler; P, paleosismoloji; D, depremsellik; K, kayma hızı; St, Stratigrafi; T, Tektonik (devam ediyor).

Yazar(lar)	Çalışma Konusu	Özet Bilgi
Emre vd., (2013)	S, G, D, K, T	Türkiye Diri Fay Haritası'nı deprem zararlarının azaltılması kapsamında ihtiyaç duyulan bilgileri sağlamak amacıyla güncellemişlerdir.
Herece, (2008),	J, S, G, T, St	DAFS zonunun 20-25 km genişliğindeki bir kuşak boyunca jeoloji haritasını 1/100.000 ölçeğinde hazırlamıştır.
Westaway ve Arger, (1996),	S, G, D, T	Güneybatı Türkiye'de karmaşık sol yanal doğrultu atımlı olan DAFS zonunu çalışmışlar ve Çelikhan yöresinden ayrılan Sürgü fayının Maraş kuzeybatısında konkav bir yapıda yer aldığını belirtirler
Westaway, (2003),	S, G, D, K, T	Yakapınar-Göksun fayının Sürgü fayı üzerinden DAFS zonundan ayrıldığını belirtirler
Duman ve Emre (2013),	S, G, D, K, T	mevcut sismolojik ve paleosismolojik verilerle desteklenen aktif fayların haritalanmasına dayalı, bir bütün olarak DAFS zonunun fay geometrisi ve segment yapısı hakkında ayrıntılı bir çalışma yapmışlardır
Emre vd., (2018),	L, S, G, P, D, K, T	Türkiye'nin aktif fay haritasında 1/25.000 ölçekli jeokronolojik kriterlere göre sınıflandırılan 485 tekil fay segmentinin parametrik bilgilerini hazırlamışlardır.
Duman vd., (2018),	L, S, G, D, T	Türkiye Sismotektonik Haritası'nı hazırlamışlardır.

Çizelge 1.1. DAFS hakkında yapılan çalışmalar. J, jeoloji; L, levha kinematığı; S, segmentasyon; G, geometrik özellikler; P, paleosismoloji; D, depremsellik; K, kayma hızı; St, Stratigrafi; T, Tektonik (devam ediyor).

Yazar(lar)	Çalışma Konusu	Özet Bilgi
Koç ve Kaymakcı, (2013),	S, G, K, T	Sürgü fay zonunu (SFZ) DAFS zonundan ayrılan ve batıda Göksun'dan doğuda Çelikhan'a kadar uzanan bir yapı olarak tanımlamışlardır. Uzaktan algılama yöntemleri ile SFZ'nin morfolojik ve geometrik özelliklerini incelemişlerdir.
Kaymakcı vd., (2010),	L, S, G, T	Doğu Anadolu'daki tektonik evreleri orojenez aşamasından Kretase'den günümüze kadar gelişmiş beş ayrı evre olarak tanımlamaktadır.
Yılmaz vd., (1997),	J, St, T	Elbistan L37 pafta sınırları içerisinde Torosların Geç Kretase döneminde bir araya gelmiş olan tektonik birliklerini 1/100.000 ölçeğinde haritalayarak alansal dağılımlarını ortaya koymuşlardır.
Bedi vd., (2009),	L, J, St, T	Elbistan L37 paftasının bir bölümü ve L38 pafta sınırları içerisinde Doğu Torosların tektonik ve sedimanter birliklerini tekrar haritalayarak alansal dağılımlarını ortaya koymuş ve tektonostratigrafik ilişkilerini kurmuşlardır.
Kadirioğlu vd. (2018),	D	1950'lerden sonra yayınlanan deprem katalogları, ajans raporları ve araştırma makaleleri gibi 41 mevcut kaynağı derlemiş ve değerlendirmişlerdir.

2. STRATİGRAFİ

Çalışma sahası genel olarak Doğu Torosların batı kesiminde bulunmaktadır. Bu bölgede Geç Maastrichtiyen öncesi yaşta, farklı ortam özelliklerini yansıtan doğu-batı uzanımlı tektonik birlikler gözlenir (Yılmaz vd., 1997). Bu tektonik birlikler, 1) Doğu Torosların orta kesiminde bulunan Gürün-Gürelî Otoktonu ile 2) Doğu Torosların güney kesimindeki allokon kaya türü toplulukları olmak üzere ikiye ayrılabilir (Yılmaz vd., 1997).

Güneydeki allokon birimleri üzerine Üst Maastrichtiyen yaşlı jeolojik birimler uyumsuzlukla gelirken Eosen yaşlı kırıntılı ve volkanik birimler daha yaşlı tüm birimler üzerine, Miyosen yaşlı denizel birimler Orta-Üst Miyosen yaşlı karasal birimler sıra ile daha yaşlı birimler üzerine yine uyumsuzluk ile gelir (Yılmaz vd., 1997).

Bu çalışma kapsamında tektonik birlikler temel, üzerine uyumsuz olarak gelen daha genç denizel ve karasal birimler ise örtü kayalar olarak iki ana başlık altında incelenmiştir.

2.1 Temel Kayaçlar

Çalışma sahasında gözlenen temel kayaçlar allokon kaya türü toplulukları olup; Keban-Malatya metamorfik birimlerine ait olan Yoncayolu Formasyonu, Çayderesi Formasyonu, Alıçlı Formasyonu, Havcılar granitleri, Kaletepe Formasyonu ve allokon kaya türlerinin denizel ve yay bölümü birimleri olan Göksun ofiyolitleri ve Esence granitoidlerinden oluşmaktadır.

2.1.1 Yoncayolu Formasyonu (Pzy)

Formasyon ilk defa Özgül (1981) tarafından adlandırılmıştır. Keban-Malatya metamorfik birimlerinin en alt seviyesinde gözlenen formasyon genel olarak koyu yeşil, kurşuni gri, sarımsı ve yeşil renklerde gnays, amfibolit, şist, kalkışist aralanmasından oluşan birimde yer yer mermer , kristalleşmiş kireçtaşı fillit, kuvarsit ve metavolkanit ara seviyeleri gözlenir (Yılmaz vd., 1997). Bedi vd. (2009) yaptıkları çalışmada formasyonun tabanda rekristalize kireçtaşı, mermer, dolomit, dolomitik kireçtaşı, kalkışist ara seviyeleri olan

şist ve kuvarsit birimlerini, üst seviyelerinde ise şist ara katkılı dolomitik ve rekristalize kireçtaşlarını gözlemlemişlerdir.

Formasyon çalışma sahasında, Göksun'un güneyinde Değirmendere civarında, Ericek ve Barış arasında, Çardak Fayı'nın genelde güney sınırını oluşturacak biçimde geniş bir alanda gözlenmektedir.

Yoncayolu Formasyonu Göksun ofiyolitleri ve diğer tektonik birimler üzerinde nap şeklinde gözlenmektedir (Yılmaz vd., 1997). Yiğitbaş (1989) ve Yıldırım (1989) yaptıkları çalışmalarda formasyonun yaşının Karbonifer-Permiyen aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Bedi vd. (2009) birimin kıtasal şelf ortamında çökeldiğini düşünmektedir.

2.1.2 Havcılar Granitleri (PzMzh)

Birim Keban-Malatya Metamorfikleri'ni kesen gri, pembemsi, bol eklemli, granitik ya da monzonitik kayalardan oluşmaktadır (Yılmaz vd., 1997).

Havcılar Granitleri Ericek tarafında Çardak Fayı'nın güneyinde gözlenmektedir. Paleozoyik yaşlı birimler ile dokanak halindedir ve metamorfiklerin yapraklanmalarına uygun olacak şekilde sokulum yapmıştır (Yılmaz vd., 1997).

2.1.3 Çayderesi Formasyonu (Pç)

Formasyon Özgül (1981) tarafından Çayderesi kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Koyu gri, gri, siyahımsı dolomit, düzenli tabakalı dolomitik kireçtaşı, beyaz, açık gri masif, yer yer kalın tabakalı ve erime boşluklu, bol eklemli rekristalize kireçtaşından oluşan birimin alt seviyeleri metamorfizma nedeniyle kayalar ilksel özelliklerini kaybetmiştir (Bedi vd., 2009).

Formasyon çalışma sahasında, Gücüksu ve Korkmaz arasında Çardak Fayı'nın güney sınırında, yer yer Ericek güneyinde, Ekinözü ve Barış arasında yine Çardak Fayı'nın kuzey ve güneyinde gözlenir. Gözpinar civarında bu fay Yoncayolu ve Çayderesi formasyonlarını karşı karşıya getirmektedir.

Yılmaz vd. (1997) çalışmalarında, Çayderesi Formasyonu'nun Yoncayolu Formasyonu üzerine uyumlu ve geçişli olarak geldiği söylemişlerdir. Bedi vd., (2009) yaptıkları çalışmada ise Çayderesi Formasyonu'nun Yoncayolu Formasyonu üzerine açısız uyumsuzlukla geldiğini, üzerine ise yersel uyumsuzlukla Alıçlı Formasyonu'nun geldiğini söylemişlerdir. Formasyon çalışma sahasında, yer yer genç örtü birimleri tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmüştür. Platform ortamında çökeldiği düşünülen birimden elde edilen fosillerden yaşı Permian olarak belirlenmiştir (Yılmaz vd., 1992, 1993, 1997). Bedi vd. (2009) çalışmalarında birimin kıyı yüzü ortam koşullarında çökeldiğini söylemiştir.

2.1.4 Alıçlı Formasyonu (TRa)

Formasyon ilk defa Özgül (1981) tarafından adlandırılmıştır. Genellikle yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş kayalardan oluşan birimde yeşil, sarımsı gri, yer yer kırmızı, ince yapraklanmalı, kıvrımlı şistler ile gri, sarımsı, yeşilimsi ve kahverengimsi, kuvars damarlı, kıvrımlı kalkışistler aralanma şeklinde gözlenir (Bedi vd., 2009). Bu aralanma içinde kırmızı, pembe renkli, yer yer ince-orta tabakalı kuvarsitler, metaşeyller gibi tekdüze olmayan kaya türleri ve sıkça gri, koyu gri, yer yer beyazımsı, orta-kalın tabakalı rekristalize kireçtaşları gözlenir (Bedi vd., 2009; Yılmaz vd., 1997).

Alıçlı Formasyonu çalışma sahasında Korkmaz güneyinde, Kandil Dağı civarında, Ericek'in doğusunda doğu-batı uzanımlı, genişliği fazla olmayacak şekilde gözlenir.

Yılmaz vd. (1997) birimin Çayderesi Formasyonu üzerine uyumlu ve geçişli olarak geldiğini belirtirken Bedi vd., (2009) aynı formasyon üzerine yersel uyumsuzlukla geldiğini söylemiştir. Elde edilen makrofosillere göre birimin yaşı Erken Triyas olarak belirlenmiş olup çökme ortamı tabanda gözlenen oolitik ve stromatolitik kireçtaşlarının gel-git etkisine bağlı yüksek enerjili bir ortamda çökelirken, üst seviyelerde yer yer gözlenen ince taneli kırıntılı birimler düşük enerjili denizel bir ortamda çökeldiğine işaret etmektedir (Bedi vd., 2009). Yılmaz vd. (1997) çalışmalarında birimin platformun sınırlı olan riftleşme sırasında çökelmiş olabileceğini söylemişlerdir.

2.1.5 Kaletepe Formasyonu (JKk)

Formasyon ilk defa Özgül (1981) tarafından adlandırılırken birçok yazar çalışmalarında bu birime farklı isimler vermiştir. Yeniden kristalleşen platform türü karbonatlar ile temsil edilen formasyon genelde gri, beyaz renkli, dolomitik ya da çörtlü kireçtaşı seviyelerinden oluşur ve kalınlığının 750 m'den fazla olduğu düşünülmektedir (Yılmaz vd., 1997).

Formasyon çalışma sahasında geniş bir alanda gözlenir. Batıda Göksun bükümü dolaylarında Çardak Fayı'nın güneyinde, Saraycık tarafında kuzeyinde ve Kaleköy civarında gözlenir. Gücüksu tarafında Berit Dağı'nın batı yamaçlarında incelenen birim doğuda Barış'ın kuzeyinde geniş bir alana yayılmıştır.

Alıçlı Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen birim Gücüksu dolaylarında örtü birimlerine bindirmektedir. Elde edilen fosillerden yaşı Jura-Kretase olarak belirlenen formasyonun denizel bir ortamda çökelindiği düşünülmektedir (Yılmaz vd., 1997).

2.1.6 Göksun Ofiyolitleri (Mzg)

Ofiyolitik kayaçlar Doğu Toroslarda farklı isimler ile anılır. Yılmaz vd. (1992, 1993, 1997), Parlak vd. (2004), Bedi vd. (2004, 2005) ve Beyarslan vd. (2005) çalışmalarında bu birim için Göksun ofiyolitleri adını kullanmışlardır.

Çalışma sahasında düzenli bir ofiyolit dizimi gösteren birim alttan üste doğru yeşil, koyu yeşil, kırıklı ve bol eklemlili, peridotit, harzburgit, serpantinit ve lerzolitlerden oluşan serpantinit-peridotit birimi (Mzg1), yeşil, koyu yeşil, gri, kahverengi, bantları belirgin katmanlı gabro (Mzg2), yeşil, koyu yeşil siyahımsı, orta-iri kristalli gözlenen izotrop gabro (Mzg3) ve ayrışma yüzeyleri genelde yeşil, koyu kahverengi, taze yüzeyleri koyu yeşil olarak gözlenen diyabaz gabro mikrodioritten oluşan levha-dayk karmaşığı (Mzg4) birimlerinden oluşur (Bedi vd., 2009).

Geniş bir alanda gözlenen ofiyolit birimleri genelde Çardak Fayı'nın güneyinde Karaahmet ve Çardak arasında yayılım gösterir. Serpantinit-peridotit birimi çalışma sahasının doğusunda Barış civarında yüzeylenir.

Çalışma sahasında ofiyolitler kendinden yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuzlukla gelirken aynı şekilde daha genç birimler tarafından da açısal uyumsuzlukla örtülür. Kalınlığının yaklaşık 1000 m olduğu düşünülen (Yılmaz vd., 1992) ofiyolitlerin radyometrik yaş tayinleri ile yaşını Bedi vd. (2009) çalışmalarında Geç Jura-Erken Kretase olarak belirlemişlerdir.

2.1.7 Esence Granitoyidleri (Mze)

Yılmaz vd. (1992, 1993, 1997) tarafından Esence Granitoyidleri olarak isimlendirilen birim sarı krem renkli, bol eklemli granit, sarımsı grimsi, granodiyorit, granodiyorit porfir, ayrışma yüzeyleri pembemsi sarı olan tonalit, yeşil, koyu yeşil renkli, gabro, monzodiyorit, siyenit, diyorit, kuvars diyorit ve kuvars monzodiyorit ile aplit, granit porfir ve aplit gibi yarı derinlik kayaçları ve ilişkili volkanik birimlerden oluşmaktadır (Bedi vd., 2009).

Çalışma sahasında birim Karaahmet ve Fındık arasında yer yer gözlenirken daha doğuda Kabaktepe'nin güneyinde yine yüzeylenmektedir.

Göksun Ofiyolitleri ile ilksel ve intrüzif ilişkide olan Esence Granitoyidleri Karaahmet ve Fındık arasında bu birimleri kesmektedir (Bedi vd., 2009). Çalışma alanında gözlemlendiği benzer lokalitelerde daha genç yaşlı Ahmetçik Formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülür. Bedi vd. (2009) tarafından yapılan radyometrik yaş tayinlerine göre birimin yaşı Geç Kampaniyen saptanmıştır.

Jeolojik yaşı Geologic age	Birimler Units	Kalınlık (m) Thickness (m)	Kayatürü Lithology	Simgeler Symbols	Açıklamalar Explanations	Fosiller Fossils	Örnek No. Sample number	Ortam Environment
	Seske Seske f.	> 200		Ts	Ts, Seske formasyonu, kireçtaşı. Seske formation, limestone			
JURA - KRETASE JURASSIC - CRETACEOUS		> 750		Jkk	Jkk, Kaletpe formasyonu Kaletpe formation Kireçtaşı dolomit ve üst kesimi çakmaklı kireçtaşı. Limestone, dolomite and upper levels cherty limestone. Kristallize kireçtaşı Crystallized limestone	<i>Pseudotextularidae, Miliolidae.</i> ----- <i>Trocholina sp., Neotrocholina sp. ?</i> <i>Ophthalmidium sp.,</i> <i>Valvulinidae.</i>	169 821 831	Platform Platform
TRİYAS TRIASSIC		> 250		Tr a	Tr a, Alçı formasyonu Alçı formation Şist, kalsist, kristallize kireçtaşı. Schist, calcschist, crystallized limestone.	<i>Invalutina sp.</i> ----- <i>Trocholina sp.</i> ----- <i>Glomospira sp. Glomospirella sp.</i>	78 177 808 490	Geçiş Transition
PERMİYEN PERMIAN		> 1000		Pç	Pç, Çaydere formasyonu Çaydere formation Kristallize kireçtaşı, mermer, yer yer şist ve mermer ardışımı. Crystallized limestone, marble, in places schist and marble alternations.	<i>Nankinella sp. Pachypholia sp.</i> <i>Mizzia sp. Schwagerinidae</i> <i>Hemigordius sp.</i> ----->	783 797 770 93	Kıta - içi havza Intra - cratonic basin
				PzMzh	PzMzh, Havcılar graniti Havcılar granite			
				Pzy	Pzy, Yonca yolu formasyonu Yonca yolu formation Şist, gnays ve mermer Schist gneiss and marble			
				???				

Şekil 2.1. Keban-Malatya biriminin diğer birimler ile olan ilişkisini gösteren dikme kesit (Yılmaz vd., 1997).

2.2 Örtü Kayaçlar

Temel kayaçlar üzerine uyumsuz olarak gelen örtü kayaçlar Üst Maastrichtiyen'den günümüze kadar olan yaş aralığına sahiptir. Çalışma sahasında gözlenen örtü kayaçlar; Maastrichtiyen-Paleosen yaş aralığındaki Harami Formasyonu, Eosen-Oligosen yaş aralığındaki Demiroluk, Ballıkısıık Ericek formasyonları ve Maden Volkanitleri, Miyosen ve daha genç yaştaki Salyan, Kuzgun ve Ahmetçik formasyonları ve yamaç molozu, alüvyon yelpazesi ve alüvyon çökelleridir.

2.2.1 Harami Formasyonu (Kh)

Formasyon ilk kez Erdoğan (1975) tarafından isimlendirilmiştir. Yılmaz vd. (1992, 1993) yaptıkları çalışmalarında formasyonun altta taban konglomera ile başlayıp, mikrokonglomera, kumtaşı, marn, kırıntılı kireçtaşı ve kiltası ardalanmalarından oluşan seviyesini Erçene üyesi (Khe), yoğun kiltası, marn ve rudistli kireçtaşı ardalanmasından oluşan üst düzeyini ise Sarıkaya Üyesi (Khs) olarak tanımlamıştır. Çalışma sahasında üst düzeyi oluşturan Sarıkaya Üyesi gözlenmektedir.

Sarıkaya Üyesi gözleendiği yerlerde genelde bej, beyaz, sarımsı gri tabandan yukarı doğru mikrokonglomera ara seviyeleri kapsayan marn, kaba taneli, tabaka gözlenmeyen kumtaşı, kumlu-killi kireçtaşı, mikrokonglomera, killi-kum kireçtaşı, çört ve volkanit küçük çakıllı kaba taneli kumtaşı seviyelerinden oluşur. Çalışma sahasında ise bu üyeye ait neritik kireçtaşları yüzeylenir (Yılmaz vd., 1997).

Sarıkaya Üyesi neritik kireçtaşları Ağıloba'nın güneydoğusunda fazla yayılım göstermeyecek bir şekilde gözlenmektedir. Geniş ölçekte yüzeylendiği yerlerde bu üye 265 m kalınlığa sahip olup, fosillerden elde edilen bilgilere göre yaşı Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (Bedi vd., 2009). Kısmen pelajik ve neritik denizel koşullarda kıta içi bir havzada çökeldiği düşünülür (Yılmaz vd., 1997).

2.2.2 Demiroluk Formasyonu (Td)

Formasyon ilk defa (Özgül vd., 1973) tarafından isimlendirilmiştir. Aziz vd. (1979, 1981) birimin çakiltası ve kireçtaşından oluşan bölümünü Arpaçukuru Üyesi, kumtaşı ve kiltası

ardalanmasından oluşan ince kırıntılı bölümü Başören Üyesi olarak tanımlamışlardır. Yılmaz vd. (1992) ise birimde, çakıltaşlarından oluşan bölümü Kırmızıçaltepe Üyesi (Tdak), kireçtaşından oluşan bölümü Arpaçukuru Üyesi (Tda) ve ince taneli kırıntılı bölümü ise Başören Üyesi (Tdb) olarak baştan tanımlamışlardır. Çalışma sahasında Arpaçukuru Üyesi'ne ait kireçtaşları gözlenmektedir.

Arpaçukuru Üyesi, kahvemsî ve sarı renkli, ince-orta ve düzenli tabakalanmalı, yer yer bol fosilli kalkarenit, killi kireçtaşı ve resifal kireçtaşlarının ardalanmasından oluşur (Bedi vd., 2009).

Çalışma sahasında Fındık ve Çardak Fayı'nın güneyinde Berit Dağı eteklerinde gözlenen üyenin, Çayderesi Formasyonu ile tektonik ilişkide olduğu gözlenmektedir. Yaşı elde edilen fosillere göre Lütésiyen-Priyaboniyen olarak belirlenmiştir (Yılmaz vd., 1997). Formasyonun kıyı fasiyesinden resifale değişen sığ denizel bir ortamda çökeldiği düşünülür (Bedi vd., 2009).

2.2.3 Ballıkısık Formasyonu (Tb)

Formasyon Perinçek ve Kozlu (1984) tarafından isimlendirilmiş ve Önalın (1986) çalışmasında aynı formasyon ismini kullanmıştır. Genel olarak kumtaşı, çakıltaşı, kıltaşı ve detritik kireçtaşlarından oluşan birim yer yer andezit ve piroklastik kayalar barındırır (Yıldırım vd., 1997).

Çalışma sahasında, Berit ve Kandil dağlarının güney yamaçlarında gözlenen formasyon, Kaletepe ve Çaytepesi formasyonları üzerine uyumsuzlukla gelir. Birimin yaşı Orta-Geç Eosen olarak belirlenmiş olup, sığ denizel bir ortamda çökeldiği düşünülür (Yılmaz vd., 1997).

2.2.4 Maden Volkanitleri (Tm)

Birim andezitik lavlar ve piroklastik kayalardan oluşurken kumtaşı, çakıltaşı, kıltaşı ve killi kireçtaşı ara seviyeleri de gözlenir (Yılmaz vd., 1997).

Volkanitler çalışma sahasında Fındık güneybatısından Soysallı batısına kadar Çardak Fayı'nın kuzeyinde kalacak şekilde ve Barış'ın kuzeyinde geniş bir alanda mostra verir. Kendinden yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla gelirken, genç birimler tarafından yine uyumsuzlukla örtülür.

Eosen yaşlı volkanitlerin kıta içi bir volkanizmayı yansıtabileceği düşünülür (Yılmaz vd., 1997)

2.2.5 Ericek Formasyonu (Ter)

Ericek Formasyonu ilk defa Baydar (1989) tarafından isimlendirilmiştir. Yeşilimsi ve morumsu epiklastik ve piroklastik kayalar ve splitleşmiş lavlardan oluşan formasyon yer yer Geç Kretase-Paleosen yaşlı kireçtaşı blokları da içerir (Yılmaz vd., 1997).

Çalışma sahasında Ericek güneyinde ve Ağıloba-Kandilköy arasında yüzeylenen formasyon Maden volkanitleri üzerine uyumlu ve geçişli bir şekilde gelir (Yılmaz vd., 1997). Eosen yaş verilen birimin kıta içi volkanizmanın etkinliğine paralel olarak gelişen tektonik denetimli denizel yerel çanaklardan oluştuğu kabul edilir (Yılmaz vd., 1997).

JEOLOJİ YAŞI GEOLOGIC AGE	BİRİMLER UNITS	KALINLIK (m) THICKNESS (m)	KAYA TÜRÜ LITHOLOGY	SİMGELER SYMBOLS	AÇIKLAMALAR EXPLANATIONS	FOSİLLER FOSSILS	ÖRNEK NO. SAMPLE NUM.	ORTAM ENVIRONMENT
EOSEN EOCENE	ÖRTÜ KAYALARI COVER ROCKS	> 300 m		Tku	Tku, Kuzgun formasyonu, kırıntılı kayalar. Kuzgun formation, clastic rocks	<i>Globigerinoides trilobus</i> (Reuss) <i>Preorbulina transitoria</i> (Blow). <i>Globorotalia obesa</i> (Bolli) <i>Lepidocyclina</i> sp. Alg, <i>Miogypsina</i> sp. Textulariidae <i>Amphistegina</i> sp. Bryozoa	708	KITA - İÇİ HAVZA INTRA - CRATONIC BASIN
				Tsa	Tsa, Salyan formasyonu, neritik kireçtaşı. Salyan formation, neritic limestone. Açılı uyumsuzluk / Unconformity		858i	
		> 750 m		Ter	Ter, Ericek formasyonu Ericek formation	<i>Nummulites</i> sp. <i>Discocyclina</i> sp. <i>Operculina</i> sp. <i>Asterigerina</i> sp. <i>Rotaliidae</i>	200A	KITA - İÇİ GERİLMELİ ORTAMA GEÇİŞ HAVZASI INTRA - CRATONIC TRANSITIONAL BASIN
				Tm	Epiklastik ve piroklastik kayalar, yer yer kireçtaşı blokları. Epiklastik and pyroclastic rocks, in places, with limestone blocks. Tb, Balıkcık formasyonu Balıkcık formation. Kırıntılı kayalar Clastic rocks Tm, Maden volkanitleri Maden volcanics. Epiklastik ve piroklastik kayalar ile lav ardaşımı. Alternation of epiklastik and pyroclastic rocks and lavas. Açılı uyumsuzluk / Unconformity	<i>Nummulites</i> sp. <i>Rotalia</i> sp. <i>Orbitolites</i> sp. <i>Rotalidae</i> <i>Miliolidae</i> <i>Ekinid dikenli</i> <i>Alveolina</i> sp. <i>Eorupertia</i> sp. <i>Miliolidae</i>	490	
				PzMzk	PzMzk, Keban - Malatya birimi Keban - Malatya unit		749A/ B	PLATFORM PLATFORM

Şekil 2.3. Çalışma sahasında bulunan temel ve örtü kayaları gösteren dikme kesit (Yılmaz vd., 1997).

SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK (m)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR	ORTAM
ÜST PALEOZOYİK- MESOZOYİK	KUVATERNER				Alüvyial yelpaze, taşkın ovası çökelleri ve akarsu yatağı	AKARSU
					Çakıltaşı	AKARSU
	PLİYOSEN	AHMETÇİK	ÜST BİRİM 50 - 250		Çakıllı kumtaşı, silttaşı	
					Çakıltaşı, silttaşı, çamurtaşı	
					Killi kireçtaşı	
					Kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı	
	ALT PLİYOSEN	ALT BİRİM 100 - 200			Çakıltaşı, silttaşı, çamurtaşı	GÖL
					Killi kumlu kireçtaşı	
	MİYOSEN	KARAMAĞARA	350 - 400		Gidya Kilitaşı, marn	
					Gidya Kilitaşı	
					Kömür	
					Kömür	
					Kilitaşı	GÖL
					Marn	
	ORTA	GÖYDELİDAĞ	50 - 100		Kireçtaşı	
					Marn	
					Silttaşı, çamurtaşı	
					Kumtaşı	
ÜST PALEOZOYİK- MESOZOYİK	ALT	SALYAN	>500		Kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı	Karasal Sığ Denizel
					Marn, kömür, kilitaşı	
					Kireçtaşı	
					Kilitaşı	
					Marn	Sığ Denizel
					Silttaşı, çamurtaşı	
					Kumtaşı	Sığ Denizel
					Çakıltaşı	
					Çakıltaşı, çakıllı kumtaşı	Karasal Sığ Denizel
					Kumtaşı, çamurtaşı, kilitaşı, marn ve kireçtaşı	
					Temel Kayalar	

Şekil 2.4. Çalışma sahasındaki bazı formasyonları da kapsayan Paleozoyik, Miyosen ve Pliyosen yaşlı birimlerinin dikme kesiti (Bedi vd., 2009).

2.2.6 Salyan Formasyonu (Tsa)

Formasyon ilk defa Tarhan (1982) tarafından bu ismiyle tanımlanmıştır. Birim, sarı, bej renkli, ince-orta tabakalı, çatlaklı, bol makro ve mikrofosilli kumlu ve killi kireçtaşları, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı, marn ve kiltası araldanmasından oluşur (Bedi vd., 2009).

Çalışma sahasının dışında güneydoğuda Değirmendere'den Kaman, Berit ve Kandil dağları eteklerine kadar geniş bir alanda Çardak Fayı'nın güneyinde kalacak şekilde geniş bir alanda mostra verir.

Formasyon çalışma sahasında kendinden yaşlı birimler üzerine uyumsuzluk ile gelirken Ahmetçik Formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülür. Aslanbeyçiftliği ve Karaahmet arasında ise birim Çardak Fayı tarafından güncel alüvyonlar ile sınırlandırılır.

Formasyonun yaşı elde edilen fosillere göre Erken-Orta Miyosen olarak belirlenmiş olup sığ denizel bir ortamda çökeldiği, formasyon içerisindeki çakıltası, kumtaşı, marn kiltaları ise eski topoğrafik çukurluklarda çökelmiş olduğu düşünülür (Bedi vd., 2009).

2.2.7 Kuzgun Formasyonu (Tku)

Formasyon Perinçek ve Kozlu (1984) tarafından isimlendirilmiştir. Genel olarak açık gri, sarımsı, mavimsi, ince-orta tabakalı, kumtaşı, marn, şeyl ve kırıntılı kireçtaşlarının araldanmasından oluşurken bu araldanmanın içinde yer yer açık renkli tuf ve aglomera seviyelerine rastlanır (Yılmaz vd., 1997).

Çalışma sahasında Korkmaz ve Ericek arasında Çardak Fayı'nın güneyinde gözlenir. Fayın bu birimi Korkmaz güneydoğusunda güncel yamaç molozları ile karşı karşıya getirdiği görülmektedir. Kendinden yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla gelen birim Salyan Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmiştir (Yılmaz vd., 1997).

Formasyonun yaşı Erken-Orta Miyosen olup kıta içi neritik ve kısmen pelajik bir ortamda çökeldiği düşünülür (Yılmaz vd., 1997).

2.2.8 Ahmetcik Formasyonu (Tah)

Formasyon ilk kez Baydar (1989) tarafından isimlendirilmiştir. Formasyon Yusufoglu vd., (2005) tarafından alt ve üst birim olarak ikiye ayrılmıştır. Çalışma sahasında üst birime ait kayalar gözlenmektedir.

Üst birim çakıllarıyla başlayıp, üste doğru kaba taneli kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı ve kiltası ardalanmasıyla devam eder (Bedi vd., 2009). Çakılları genelde kırmızı, kalın tabakalı, iri-çok iri taneli blok boyutunda, az yuvarlak olarak gözlenirken üste doğru kırmızı renkli, yuvarlak ve boylanmalı, orta-iri taneli, çakılları, silttaşı ve kalıslı çamurtaşları gözlenir (Bedi vd., 2009). Üst birim içerisinde ayrıca çapraz tabakalı nehir çökelleri, alüvyon yelpazeleri ayrıca gözlenmektedir (Bedi vd., 2009).

Çalışma sahasında geniş bir alana yayılım gösteren formasyon, Göksun'un doğusundaki Ahmetcik ve Elmalı'da, kuzeyde Temürağa ve Hacıömer civarında, daha doğuda Çardak, Ericek, Ekinözü çevresinde ve Barış'ın kuzeyinde de mostra vermektedir.

Ahmetcik Formasyonu bir bütün olarak kendinden önceki tüm yaşlı birimler üzerine aşıl uyumsuzlukla gelir ve yaşı Erken Pliyosen olarak belirlenirken genel olarak akarsu ortamında çökelediği düşünülür (Bedi vd., 2009).

2.2.9 Yamaç Molozu (Qym)

Blok boyutuna varan sedimanlardan meydana gelen, kötü boylanmalı, tane destekli, yarı tutturulmuş köşeli blok ve çakıllardan oluşmaktadır. Genel olarak Kireçköy, Saraycık güneydoğusu, Korkmaz ve Ericek arasında gözlenen birim, Çardak Fayı tarafından birçok lokasyonda kesilmekte ve karşısına yaşlı birimleri getirmektedir.

2.2.10 Alüvyon Yelpazesi (Qay)

Çalışma sahasında gözlenen yüksek dağların vadilerinden taşınan kötü boylanmış çakıl ve kum yığılmasından meydana gelmektedir. Çardak Fayı boyunca biriktirilen malzemeye göre irili ufaklı alüvyon yelpazeleri gözlenir. Bazıları bu fay etkisi ile ötelenmiştir.

2.2.11 Alüvyon (Qa)

Akarsuların geçici veya son taban düzeyine göre eğim azalması, yük fazlalaşması, yatak genişlemesi vb. nedenlerden dolayı bıraktıkları tutturulmamış çakıl, kum, silt ve az kilden olarak gözlenen birim Holosen yaşlıdır.

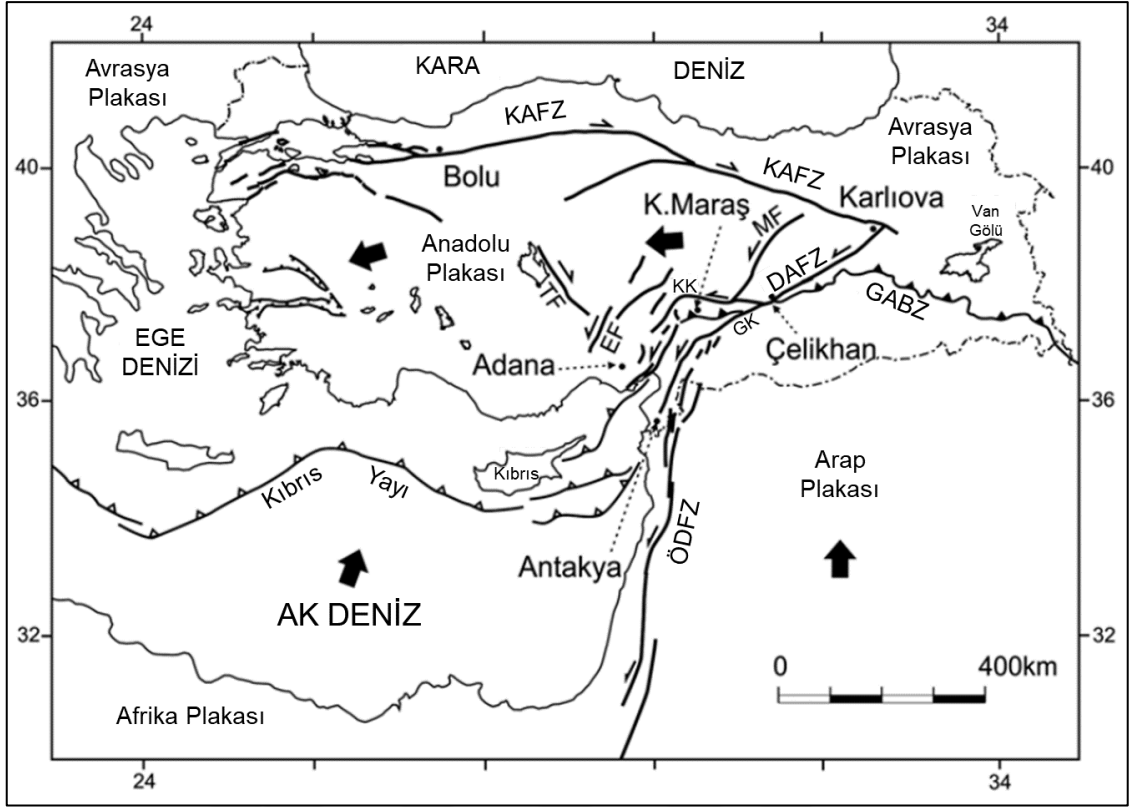


3. TEKTONİK

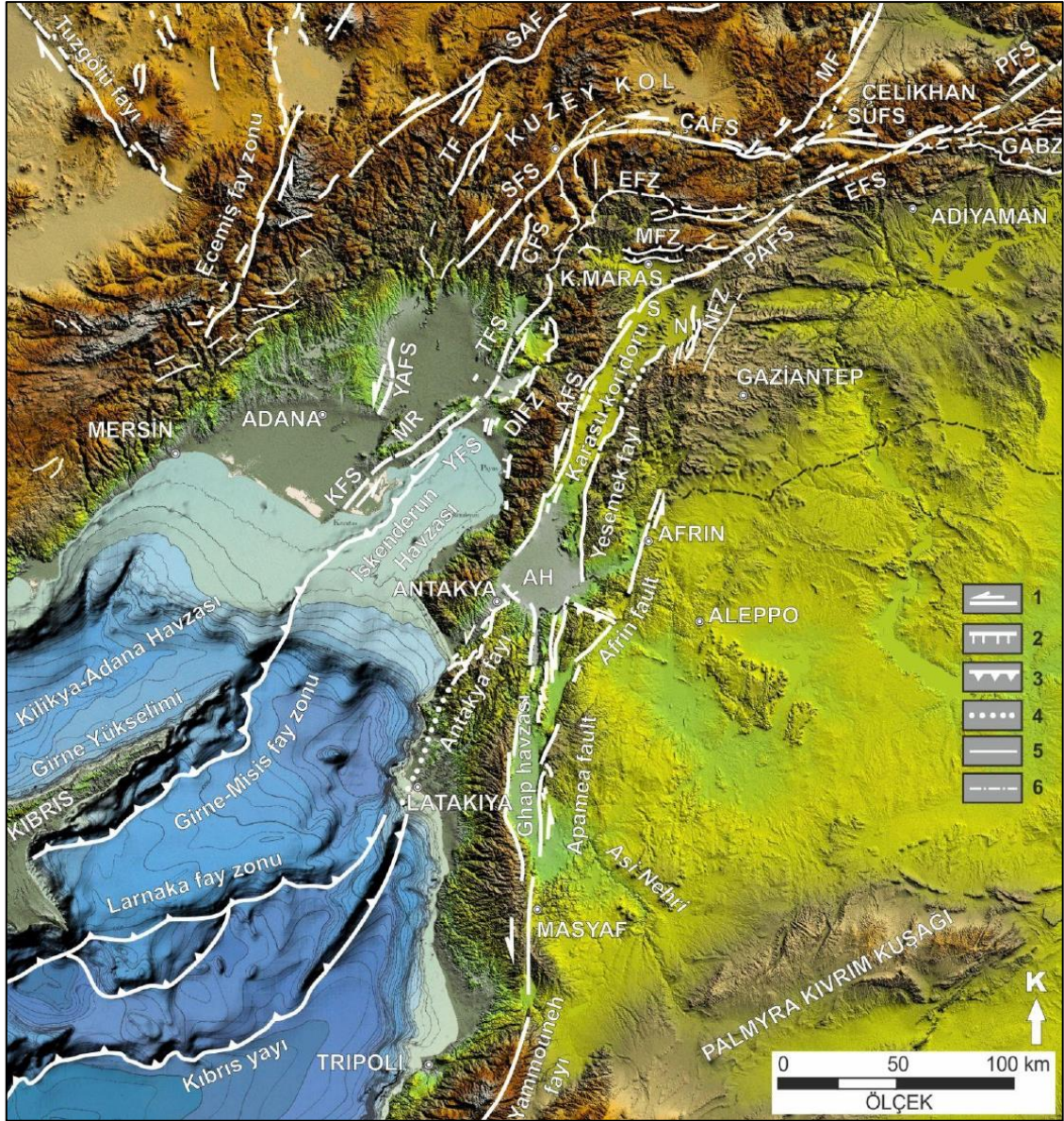
Türkiye'nin güncel tektonik yapısı bölgesel ölçekte gerçekleşen levha hareketleriyle şekillenmiştir. Geç Kretase'den günümüze kadar olan zaman içinde, Arap-Afrika plakaları ile Avrasya plakası arasındaki yakınlaşma sonucunda Neotetis Okyanusu kapanmıştır (McKenzie, 1972, 1978; Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey vd., 1986).

Anadolu Levhası Geç Kretase-Orta Miyosen döneminde K-G yönlü sıkışmalı tektonik süreçler etkisinde kalarak deformasyona uğramıştır. Arap Levhası'nın Afrika Levhası'na kıyasla kuzeye doğru ilerleme hızı daha yüksek olduğundan, Avrasya Levhası ile arasında Doğu Anadolu'da kıta-kıta çarpışması meydana gelmiştir (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981). Kapanan Neotetis Okyanusu'nun günümüzdeki izleri Doğu Akdeniz havzasında gözlenmekte olup, Kıbrıs Dalma-Batma Zonu boyunca Anadolu Levhası ile Afrika Levhası arasında yakınsama devam etmektedir (Şengör vd., 1985; Yılmaz, 1993; Yılmaz ve Gürer, 1996; Robertson vd., 2004). Doğu Anadolu'da meydana gelen kıta-kıta çarpışması neticesinde Anadolu Levhası Kuzey ve Doğu Anadolu doğrultu atımlı fayları ile şekillendirilmiştir (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1985). Neotektonik dönemde bu iki fay sistemi boyunca batıya kaçmayı sürdüren Anadolu Levhası, batıda Ege ve Kıbrıs Dalma-Batma Zonlarında Afrika levhasına bindirmektedir (**Şekil 3.1**) (Şengör, 1980; Şengör vd., 1985, Armijo vd., 1999).

Tez konusu olan bölge, Doğu Akdeniz'de güncel tektoniğin etkin olduğu, Afrika, Arap ve Anadolu levhaları arasındaki üçlü birleşme bölgesinde yer alır (**Şekil 3.2**). ÖDFS Arap ile Afrika levhalarını, DAFS ise Afrika ile Anadolu levhalarını birbirlerinden ayıran kıtalar arasındaki karmaşık plaka sınırı konumundaki tektonik yapılardır. İnceleme alanının batısında yer alan Toros Dağ Kuşağı, Arap-Afrika ile Avrasya levhaları arasındaki kıta-kıta yakınlaşmasının bir sonucu olarak meydana gelmiş orojenik bir dağ kuşağıdır. Güneydeki Kıbrıs Yayı ise Doğu Akdeniz'in yerleştiği kesimdeki levha sınırı niteliğindeki ana tektonik yapıdır. Bölgeyi etkileyen güncel tektonik deformasyonlar, levha sınırı konumundaki büyük faylar ve bunlarla ilişkili kıta içi yapılar tarafından karşılanmaktadır (Barka ve Reilinger, 1997; McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 2006).



Şekil 3.1. Anadolu plakası ve yakın çevresinde gözlenen ana fay sistemleri (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şaroğlu vd., 1992a, b; Westaway, 2003; Emre vd., 2011a, 2011b, 2011c; Duman ve Emre, 2013). Kısaltmalar: KAFZ, Kuzey Anadolu Fay Zonu; DAFS, Doğu Anadolu Fay Zonu; ÖDFZ, Ölü Deniz Fay Zonu, GABZ, Güneydoğu Anadolu Bindirme Zonu; MF, Malatya Fayı; TF, Tuz Gölü Fayı; EF, Ecemiş Fayı; GK, DAFS'nin güney kolu; KK, DAFS'nin kuzey kolu.



Şekil 3.2. Doğu Akdeniz'in aktif tektonik yapısı (Duman ve Emre, 2013). Kara ve Deniz tabanına ilişkin kabartma haritası Hall vd. (1994)'den; Suriye kuzeyindeki faylar Ponikarov ve Galaktionov, (1966) ve Westaway (2003)'den; denizdeki faylar Aksu vd. 2005a, b, Hall vd. (2005) ve Robertson vd. (2004)'nden basitleştirilerek; Türkiye'deki faylar Şaroğlu vd. (1992b) ve Emre vd. (2013)'nden alınmıştır. Kısaltmalar: SAF, Sarız Fayı; TF, Tufanbeyli Fayı; SFS, Savrun fay segmenti; ÇFS, Çokak fay segmenti; ÇAFS, Çardak fay segmenti; MF, Malatya Fayı; SÜFS, Sürgü fay segmenti; PFS, Pütürge fay segmenti; EFS, Erkenek fay segmenti; GABZ, Güneydoğu Anadolu Bindirme Zonu; PAFS, Pazarcık fay segmenti; MFZ, Maraş Fay Zonu; EFZ, Engizek Fay Zonu; YAFS, Misis Fay Zonu; DİFZ, Düziçi-İskenderun Fay Zonu; TFS, Toprakkale fay segmenti; KFS, Karataş fay segmenti; YFS, Yumurtalık fay segmenti; AM, Amik Havzası; S, Sağlık Havzası; N, Narlı Havzası; MR, Misis Yükselimi; (1) sol yanal doğrultu atımlı fay; (2) normal fay; (3) bindirme/ters fay; (4) olası fay; (5) ikincil fay; (6) ülke sınırı.

3.1 Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS)

Bu bölümde DAFS'nin genel özellikleri, segmentasyon, sekme ve büküm yapıları ve bu yapılar içerisinde, tez konusu olan Çardak Fay Segmenti'nin genel özellikleri anlatılmıştır.

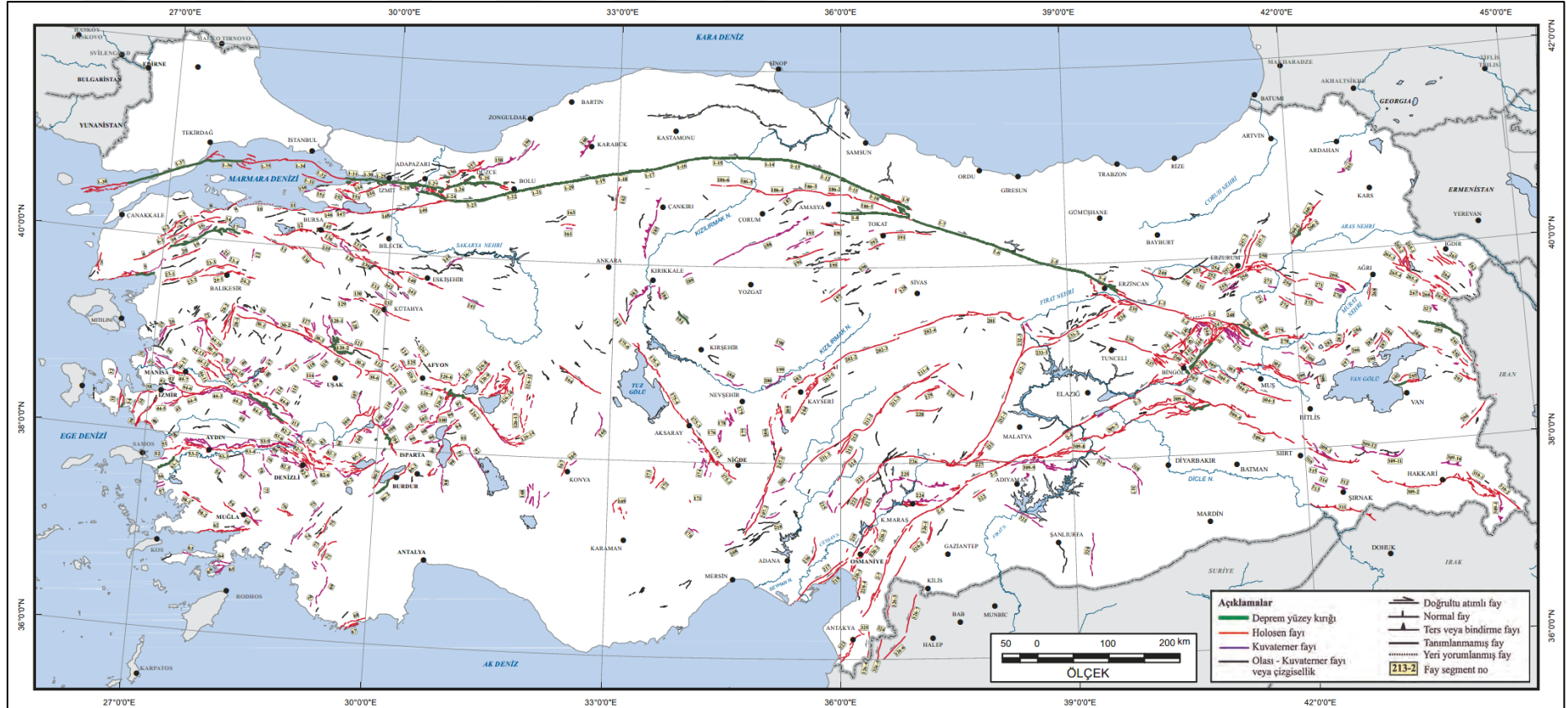
3.1.1 Genel Özellikler

Doğu Akdeniz Bölgesi'nin en önemli aktif tektonik unsurlarından biri olan DAFS sol yanal doğrultu atımlı kıta-içi ana transform faylardan birisidir. Allen, (1969) tarafından tanımlanan DAFS'nin transform yapısını ilk olarak Arpat ve Şaroğlu (1972) gündeme getirmiştir. DAFS, sağ yanal doğrultu atımlı fay niteliğindeki Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile Anadolu mikro levhasının batıya olan hareketini karşılar ve Anadolu Levhası'nın güneydeki Arabistan Levhası ile sınırını oluşturur (**Şekil 3.1** ve **Şekil 3.3**) (McKenzie, 1972, 1976; Şengör, 1978, 1980; Jackson ve McKenzie, 1984; Şengör vd., 1985; Dewey vd., 1986).

Fayın yaşı ile ilgili Geç Miyosen-Kuvaterner zaman aralığında değişen farklı görüşler bulunmaktadır. Bunlardan bazı araştırmacılar DAFS'nin yaşını Geç Miyosen-Erken Pliyosen (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Dewey vd., 1986; Hempton, 1987; Lyberis vd., 1992; Perinçek ve Çemen, 1990; Şengör vd., 1985), bazıları Geç Pliyosen (Şaroğlu vd., 1992a; Seymen ve Aydın, 1972; Westaway ve Arger, 2001) bazıları da Kuvaterner (Herece, 2008; Yürür ve Chorowicz, 1998) olarak önerirler.

DAFS boyunca Kuvaterner-Holosen aktivitesini gösteren sol yanal doğrultu atımlı faylanma mekanizmasının oluşturduğu çizgisel fay vadileri, çöküntü gölleri, basınç sırtı, semer yapısı ötelenmiş akaçlama ağları, ötelenmiş sırtlar gibi morfolojik yapılar belirgin olarak izlenir. Karlıova ve Çelikhan arasında sekme/büküm alanları dışında dar bir deformasyon zonu sunan DAFS, Çelikhan'ın batısında kuzey ve güney olmak üzere iki ana kola ayrılarak geniş bir deformasyon zonuna dönüşür (Duman ve Emre, 2013).

DAFS boyunca meydana gelen toplam atım miktarı tartışmalıdır. Toplam atım jeolojik ve jeomorfolojik yapılara göre değişim göstermektedir. Fırat Nehri ve Pliyosen öncesi



Şekil 3.3. Türkiye diri fayları (Emre vd., 2013'ten sadeleştirilerek alınmıştır). Yeşil çizgiler yüzey kırıklarını, kırmızı çizgiler Holosen faylarını, mor çizgiler Kuvaterner faylarını, siyah çizgiler olası Kuvaterner fayı veya çizgisellikleri göstermektedir.

kaya birimlerine göre toplam sol yanal atım sırasıyla 3,5-13 km ile 15-27 km arasında değişmektedir (Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975; Seymen ve Aydın, 1972; Hempton ve Dewey, 1983; Hempton, 1985, 1987; Şaroğlu vd., 1992a). Bunların dışında, Westaway ve Arger (1996) jeolojik denestirmeler ile 35-40 km uzunluğa ulaşan bir toplam atım önermektedir. DAFS'nin tamamında, ayrıntılı arazi haritalamasına dayanan çalışmalar da ise fayın Karlıova-Kahramanmaraş arasında 20-25 km (Şaroğlu vd., 1987) veya 14,5-24 km (Herece, 2008) toplam atım oluşturduğunu önerilmektedir.

3.1.2 Segmentasyon Yapısı

DAFS'nin segment yapısı ve bunları birbirinden ayıran sekme ve büküm yapılarıyla birçok araştırmacı ilgilenmiştir (Arpat ve Şaroğlu 1972, 1975; Hempton vd., 1981; Muehlberger ve Gordon, 1987; Şaroğlu vd., 1992a; Westaway, 1994; Barka ve Kadinsky-Cade 1988; Herece vd., 1992; Herece, 2008; Duman ve Emre, 2013). Barka ve Kadinsky-Cade, (1988) Türkoğlu-Karlıova arasında geometrik süreksizlikler, yüzey kırığı uzunluğu ve fay zonunun karakteristik depremlerine göre 14 segment, Hempton vd. (1981) ise beş segmentin varlığını önerirler. Şaroğlu vd. (1992a) sekme yapılarına ve doğrultu değişimlerine göre Karlıova ve Antakya arasında altı segment tanımlamışlardır. Herece (2008) DAFS'ni aynı alanda 11 segmente ayırmıştır.

DAFS'nin segmentasyon yapısı hakkında yapılan en son ve detaylı araştırmalardan birini Duman ve Emre (2013) tarafından tamamlanmıştır. Araştırmalarında DAFS'ni iki kola (kuzey ve güney) ve uzunluklarının 31 ile 112 km, doğrultularının ise D-B ile K75°D arasında değiştiği 16 segmente ayırmışlardır (**Şekil 3.4**). Bunlar güney kolda 7, kuzey kolda ise 9 fay segmentinden oluşmaktadır. Güney kol Karlıova ve Antakya arasında yaklaşık 580 km uzunlukta ve DAFS'nin ana fay koludur (**Şekil 3.4**). Ana fay kolu kuzeydoğudan güneybatıya Karlıova, Ilıca, Palu, Pütürge, Erkenek, Pazarcık ve Amanos segmentlerinden oluşur. Kuzey kol ise Çelikhan ile İskenderun Körfezi arasında yaklaşık 380 km uzunlukta ve Sürgü Misis Fay Sistemi (SMFS) olarak adlandırılmaktadır. Bu sistem kuzeydoğudan güneybatıya Sürgü, Çardak, Savrun, Çokak, Toprakkale, Yumurtalık, Karataş, Yakapınar ve Düziçi-İskenderun segmentlerinden oluşur (**Şekil 3.4**). Duman ve Emre (2013)'e göre DAFS'nin kuzey kolu İskenderun Körfezi üzerinden Misis-Girne zonuna bağlanırken, güney kol Karasu tektonik çöküntü alanında Ölüdeniz Fay Zonu'na birleşmektedir (**Şekil 3.2**). Yine de DAFS'nin bölgedeki Ölü Deniz Fayı,

Kıbrıs Yayı ve Girne-Misis Zonu olarak adlandırılan diğer ana tektonik yapıların ilişkileri ve bağlantıları üzerine tam bir fikir birliği sağlanamamıştır (Allen, 1969; Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Chorowicz vd., 1994; Emre vd., 2013; Gülen vd., 1987; Herece, 2008; Karabacak vd., 2010; Kelling vd., 1987; Kiratzi, 1993; Lovelock, 1984; Muehlberger ve Gordon, 1987; Perinçek ve Çemen, 1990; Perinçek vd., 1987; Rotstein, 1984; Şaroğlu vd., 1987, 1992a, 1992b; Şengör vd., 1985; Westaway, 2003; Westaway ve Arger, 1996).

Segmentasyon yapısı dışında bazı araştırmacılar DAFS üzerindeki sekme ve büküm yapıları ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Bu yapılar; Palu ve Bingöl arasında bir sağa sekme yapısı (Şaroğlu vd., 1992a), Hazar Gölü'nde bir çöküntü gölü veya sola sekme yapısı (Hempton ve Dewey, 1983; Mann vd., 1983), DAFS ve Bitlis Kenet Kuşağı kesişme alanında bir sağa büküm yapısı (Hempton vd., 1981), DAFS'nin Gölbaşı bölgesinde bir sola sekme yapısı (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988) ve bölgesel üçlü kesişim alanında gelişmiş bir çek-ayır havzası (Westaway ve Arger, 1996) şeklinde özetlenebilir.

DAFS üzerindeki en ayrıntılı sekme ve büküm yapısı tanımlaması Duman ve Emre (2013) tarafından yapılmıştır (**Şekil 3.4**). DAFS'nin en kuzeyinden itibaren ana kolda tanımlanan sekme ve büküm yapıları; Karlıova ve Ilıca segmentleri arasındaki Göynük çift büküm yapısı (paired bend), Ilıca ve Palu segmentleri arasında Gökdere sıkışmalı büküm yapısı (restraining bend), Palu ve Pütürge segmentleri arasında Hazar Gölü gevşemeli büküm yapısı (releasing bend), Pütürge ve Erkenek segmentleri arasında Yarpuzlu sıkışmalı çift büküm yapısı (restraining double bend), Erkenek ve Pazarcık segmentleri arasında Gölbaşı gevşemeli sekme yapısı (releasing step-over), Pazarcık ve Amanos segmentleri arasında Türkoğlu gevşemeli büküm yapısı şeklindedir. Kuzey kolda ise Sürgü ve Çardak segmentleri arasında Nurhak fay kompleksi, Çardak ve Savrun segmentleri arasında Göksun gevşemeli büküm yapısı, Toprakkale ve Yumurtalık segmentleri arasında Delihalil gevşemeli sekme yapıları tanımlanmıştır. Duman ve Emre (2013) tarafından sunulan DAFS'ne ait fay segmentleri, sekme ve büküm yapılarının genel özellikleri **Çizelge 3.1**'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. DAFS’ne ait segment, sekme ve büküm yapıları özet tablosu (Duman ve Emre, 2013). Kısaltmalar: FK, fay karmaşıklığı; GB, gevşemeli büküm; GS, gevşemeli sekme; SÇB, sıkışmalı çift büküm; SB, sıkışmalı büküm; ÇB, çift büküm.

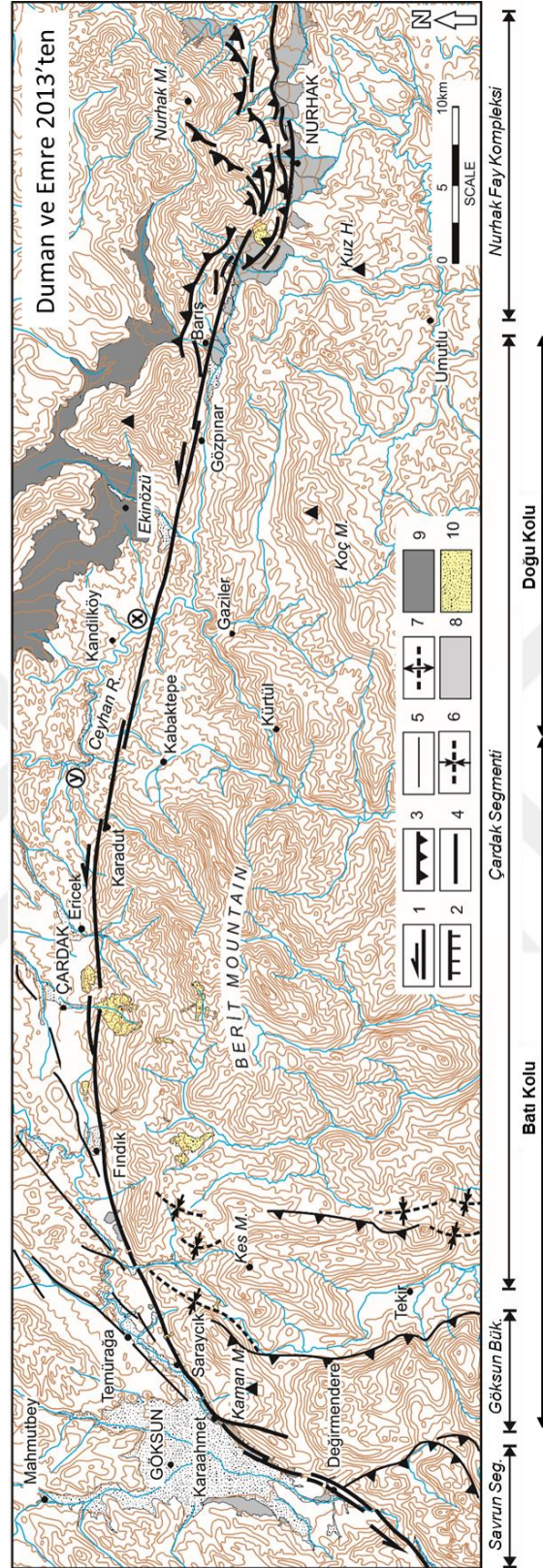
	Segment			Sekme ve Büküm Yapıları			
	Segment adı	Yön	Uzunluk (km)	Yapı Adı	Tip	Genişlik (km)	Uzunluk (km)
Ana Kol (Güney Kol)	Karlıova	K50D	31	Göynük	ÇB	1,8	16,5
	Ilıca	K40D	40	Gökdere	SB	25	45
	Palu	K62D	77	Hazar Gölü	GB	4	10
	Pütürge	K60D	96	Yarpuzlu	SÇB	6	15
	Erkenek	K75D	62	Gölbaşı	GS	2	4
	Pazarcık	K60D	82	Türkoğlu	GB	2	8
	Amanos	K35D	112				
	Sürgü	D-B	55	Nurhak	FK	7	30
	Çardak	D-B, K75D	85	Göksun	GB	4-6	15
Kuzey Kol	Savrun	K50D	60				
	Çokak	K15D	25				
	Toprakkale	K30E	52				
	Yumurtalık	K45D	41	Delihalil	GS	2	-
	Karataş	K41D	64				
	Yakapınar	K45D	35				
	Düziçi-	K45D	100				
	İskenderun						

3.1.3 Çardak Fayı

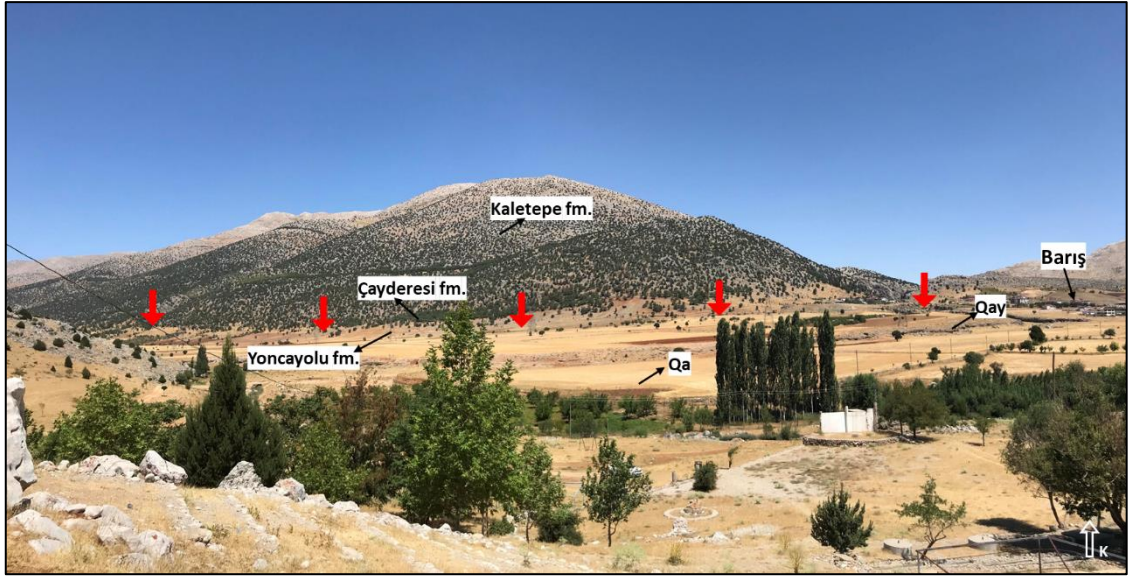
Duman ve Emre (2013) tarafından Sürgü-Misis Fay Sistemi olarak adlandırılan kuzey kolun en uzun segmenti olan Çardak Fayı 85 km uzunluğunda olup, doğuda Nurhak Fay Kompleksi, batıda Göksün gevşemeli büküm yapısı arasında uzanır (**Şekil 3.5**). Çardak Fayı, Kabaktepe civarında 0,5 km genişliğinde bir sağa sıçramalı yapısı ile doğu ve batı olmak üzere iki bölüme ayrılır (Duman ve Emre, 2013). Doğu kol, Nurhak Fay Kompleksi ile bu sekme yapısı arasında 35 km uzunluğunda, çizgisel bir yapı sergiler ve K75°B doğrultusunda uzanır. Batı kol 50 km uzunluğunda genel olarak D-B uzanımlı ve Göksun bükümünü de içine alacak şekilde gözlenir.

Yapılan saha çalışmalarında sol-yanal atımlı fayın varlığı ve geometrisi oluşturduğu çizgisellikler, dere ötelenmeleri, topoğrafik diklikler gibi yapılar ile net bir şekilde gözlenebilmiştir. Barış ve Gözpınar arasında izlenen deşilmiş nehirlerdeki büyük alüvyal yelpazelerde sistematik sol yanal ötelenmeler gözlenir.

Çalışma sahasının en doğusu olan Barış Mahallesi civarında başlayan Çardak Fayı'nın doğu kolu Çayderesi Formasyonu ile Yoncalı Formasyonu arasında çizgisel tektonik dokanak oluşturmuştur (**Şekil 3.6**). Gözlenen tektonik dokanak dışında yine Barış Mahallesi'nin yaklaşık 500 m batısında haritalanan genç alüvyon yelpazelerini kestiği noktada fay çok net olarak gözlenmektedir (**Şekil 3.7**). En üst seviyesi karbonat içeren sert çimentolu ince-kaba taneli çakıl taşlarından oluşan yelpaze çökelinde fayın etkisi ile sol yönlü yatay atımla birlikte düşey atımda gerçekleşmiştir. Daha batıda, Kandil Barajı yakınlarında fay ile ilişkilendirilebilecek topoğrafik diklikler gözlenmektedir (**Şekil 3.8**). Fayın oluşturduğu bu diklikler Göksun Ofiyolitleri ve Yoncalı Formasyonu arasında tektonik bir sınır olarak gözlenmektedir.



Şekil 3.5. DAFS kuzey kolunun en uzun segmenti olan Çardak Fayı'nın konumu (Duman ve Emre, 2013). Açıklamalar: (1) sol yanal doğrultu atımlı fay; (2) normal fay, (3) ters ya da bindirme fayı; (4) ana faylanma; (5) ikincil faylanma; (6) senklinal; (7) antiklinal; (8) Holosen çökelleri; (9) Kuvaterner çökelleri; (10) heyelan.



Şekil 3.6. Doğu kolun başlangıç noktası olan Barış Mahallesi civarında fayın Çayderesi ve Yoncayolu Formasyonu arasında oluşturduğu çizgisellik (kırmızı oklar fayın yaklaşık doğrultusunu temsil eder – bakış kuzeye).



Şekil 3.7. Barış merkezinin yaklaşık 500 m batısında, Çardak Fayı alüvyon yelpazesini kesmekte, sol yönlü atıma ek güney bloğun düşey atım etkisi ile daha alt seviyede olduğu gözlenmektedir (kırmızı oklar fayın yaklaşık doğrultusunu temsil eder – bakış güneydoğuya).



Şekil 3.8. Kandil Baraj Gölü yakınında topoğrafik diklikleri oluşturan fay, Göksun Ofiyolitleri ile Yoncayolu Formasyonu arasında tektonik bir dokanak oluşturmıştır (kırmızı kesikli çizgiler fayın yaklaşık doğrultusunu temsil eder – bakış doğuya).

Çardak Fayı'nın batı kolu 50 km uzunluğunda olup, D-B doğrultusunda, batı ucunda ise K45B doğrultusunda gözlenir ve Göksun büküm yapısını kapsar (Duman ve Emre, 2013). Batı kolun başlangıcında, bölgenin temel kayaları ile Eosen yaşlı volkanik birimler karşı karşıya gelirken (**Şekil 1.4**), batıya doğru gittikçe yine temele ait rekristalize kireçtaşları ile Göksun Ofiyolitleri karşı karşıya gelmiştir (**Şekil 1.4** ve **Şekil 1.5**). Göksun civarında ise Miyosen yaşlı kırıntılı birimler ile Kuvaterner birimleri fay etkisi ile tektonik dokanak halinde gözlenmektedir (**Şekil 1.5**).

Saha gözlemlerinde, Korkmaz'ın batısında doğu-batı doğrultusunda gözlenen fay, temel birimler ile Kuvaterner birimlerini karşı karşıya getirirken (**Şekil 3.9/a**), daha batıda Fındık ve Gücüksu mahalleleri arasında Eosen yaşlı Maden Volkanitleri ile temele ait Permien yaşlı Çayderesi Formasyonu'nu karşı karşıya getirmiştir. 50 km uzunluktaki kolun en batısında Göksun bükümüne kavuşulan bölgede, Karaahmet ve Aslanbeyçiftliği mahalleleri arasında Miyosen yaşlı kırıntılı çökellerden oluşan Salyan Formasyonu ile genç alüvyon çökelleri fayın oluşturduğu çizgisel tektonik dokanak ile karşı karşıya gelmiştir (**Şekil 3.9/b**).



Şekil 3.9. (a) Korkmaz batısında ve (b) Karaahmet-Aslanbeyçiftliği arasında fayın oluşturduğu çizgisel dokanak (bakış güneye).

4. DEPREMSELLİK

DAFS tarihsel ve aletsel dönemde yıkıcı büyüklükte depremler üretmiş ve bu depremler fay zonu yakın çevresindeki yerleşmelerde çok sayıda can ve mal kayıplarına neden olmuştur (Ambraseys, 1988, 1989; Ambraseys ve Finkel, 1987; Ayhan vd., 1981; Dewey vd., 1986; K. Ergin vd., 1971; Eyidoğan, 1983; Güçlü vd., 1986; Jackson ve McKenzie, 1984; Kalafat vd., 2011; McKenzie, 1972, 1978; Pınar ve Lahn, 1952; Soysal vd., 1981; Tan vd., 2008; Taymaz vd., 1991). Son 50 yılda, 2023 yılına kadar DAFS boyunca yüzey yırtılması gelişen üç deprem meydana gelmiştir. Bunlar, 1971 Bingöl depremi (M_s 6.8), 2010 Karakoçan depremi (M_w 6.1) (Arpat, 1971; Emre vd., 2010; Seymen ve Aydın, 1972) ve 2020 Sivrice depremidir (M_w 6.8) (Kürçer vd., 2020; Tatar vd., 2020). Buna ek olarak ana kol üzerinde büyüklüğü M_s 6.5 üzeri olan, DAFS Hazar Gölü doğusunda 1874 (M_s 7.1), 1875 (M_s 6.7) ve 1866 (M_s 7.2), batısında 1905 (M_s 6.8), 1893 (M_s 7.1) ve 1872 (M_s 7.2) depremleri dikkat çekmektedir (Ambraseys, 1988; Ambraseys ve Jackson, 1998; Çetin vd., 2003).

Tez çalışması sırasında 06.02.2023 tarihinde, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Deprem Dairesi Başkanlığı (DDB) verilerine göre, DAFS'nin Pazarcık Segmenti'nde yerel saat ile 04:17'de aletsel büyüklüğü (M_w) 7.7 olan bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremin artçıları devam ederken aynı gün içerisinde saat 13:24'te, bu sefer merkez üssü Elbistan (Kahramanmaraş) ilçesi olan, tez konusu DAFS kuzey kolu Çardak segmentinde, aletsel büyüklüğü (M_w) 7.6 olan bir deprem daha meydana gelmiştir. Bu depremlere ilişkin açıklamalar raporun **“4.4”** bölümünde **“06.02.2023 Pazarcık (M_w 7.7) ve Elbistan (M_w 7.6) Depremleri”** adı altında verilmiştir.

4.1 Tarihsel ve Aletsel Dönem Deprem Kayıtları

Tarihsel ve aletsel dönemde elde edilen deprem kayıtları, DAFS boyunca yoğun bir sismik aktivitenin varlığına işaret etmektedir (Ambraseys, 1988, 2010; Ayhan vd., 1981; Eyidoğan vd., 1991; Pınar ve Lahn, 1952; Tan vd., 2008; Kalafat vd., 2011; Kadirioğlu vd., 2018). DAFS ana ve kuzey kolunda gözlenen tarihsel ve aletsel deprem aktivitesi **Şekil 4.1**'de verilmiştir.

Şekil 4.1/a'da gözlendiği üzere, fayın Antakya-Kahramanmaraş arasında kalan bölümünde tarihsel kayıtlar daha zengindir ve bu nedenle bu kesiminin deprem tarihçesi daha iyi bilinmektedir (Ambraseys, 1989). Buna karşın Elazığ-Bingöl yöresinde kalan kesiminde son iki yüzyıldaki depremler dışında fayın sismik tarihçesi belirsizdir. Tarihsel dönemde DAFS ve yakın civarına rastlayan ve DAFS'nin farklı segmentleri üzerinde meydana geldiğine yorumlanabilecek en az 15 deprem bulunmaktadır. Aletsel döneme bakıldığında, DAFS boyunca orta ve büyük magnitüde yıkıcı depremler meydana gelişmiştir (**Şekil 4.1/b**). DAFS'nin ana kolu boyunca merkez üssü 10 km'lik bir alan içine rastlayan 1914-2008 yılları arasında oluşan ve magnitüdü 5.0'dan büyük 15'ten fazla deprem bulunur.

DAFS boyunca büyük depremlerin tekrarlanma aralığında kullanılabilecek paleosismolojik veriler çok sınırlıdır. Literatürde sadece Çetin vd., (2003) tarafından Palu Segmenti üzerinde yapılan paleosismolojik çalışma bulunmaktadır. 19. ve 20. yüzyıldaki deprem serisi içinde gelişen stres boşalımı Nalbant vd., (2002) tarafından modellenerek DAFS son iki yüzyıldaki seri içinde sismik boşluklar modellenmiştir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi bünyesinde Özalp vd., (2019) çalışmalarında DAFS'nin kuzey kolu üzerinde yer alan Karataş, Yumurtalık, Toprakkale ve Düziçi-İskenderun fay segmentleri üzerinde paleosismolojik hendek çalışmaları yapmışlardır. Bunun dışında DAFS kuzey kolu ile ilgili olarak, Balkaya vd., (2021)'nin "Sürgü ve Çardak Faylarının (Doğu Anadolu Fay Zonu) Paleosismolojisi" isimli TÜBİTAK destekli projelerinde, açılan hendekler ile bu segmentlerin deprem tekrarlanma aralıklarını ve tehlikelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

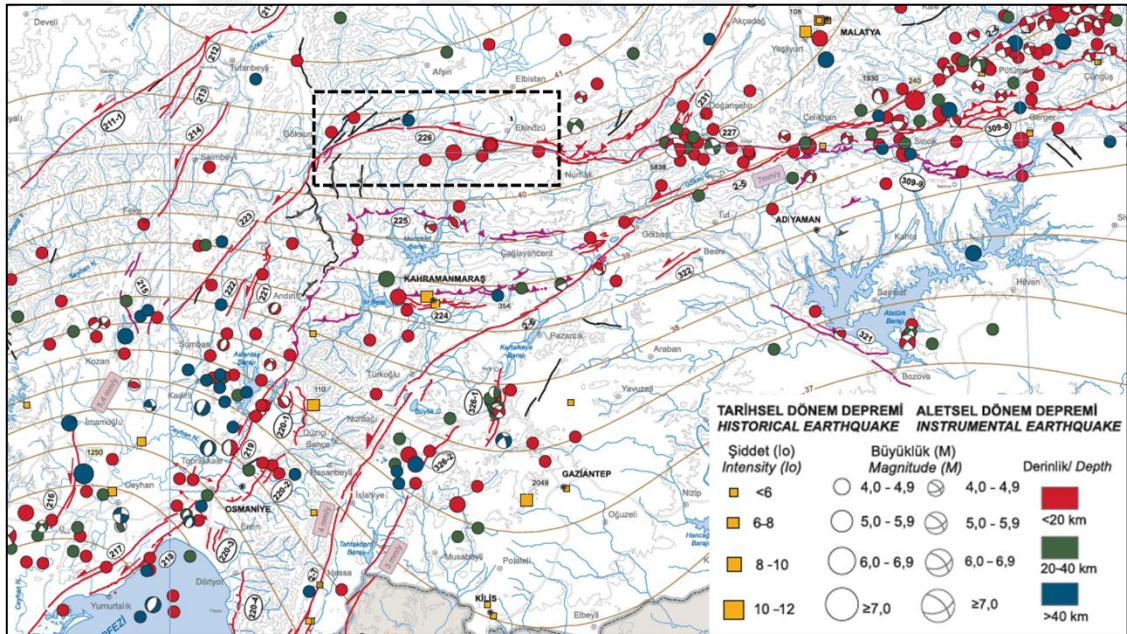
4.2 Çardak Fayı Deprem Aktivitesi

Tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtları, Doğu Akdeniz'de yoğun bir sismik aktivitenin varlığına işaret eder (Pınar ve Lahn, 1952; Ayhan vd., 1981; Ambraseys, 1988, 2009; Eyidoğan vd., 1991; Tan vd., 2008; Kalafat vd., 2011; Kadirioğlu vd., 2018).

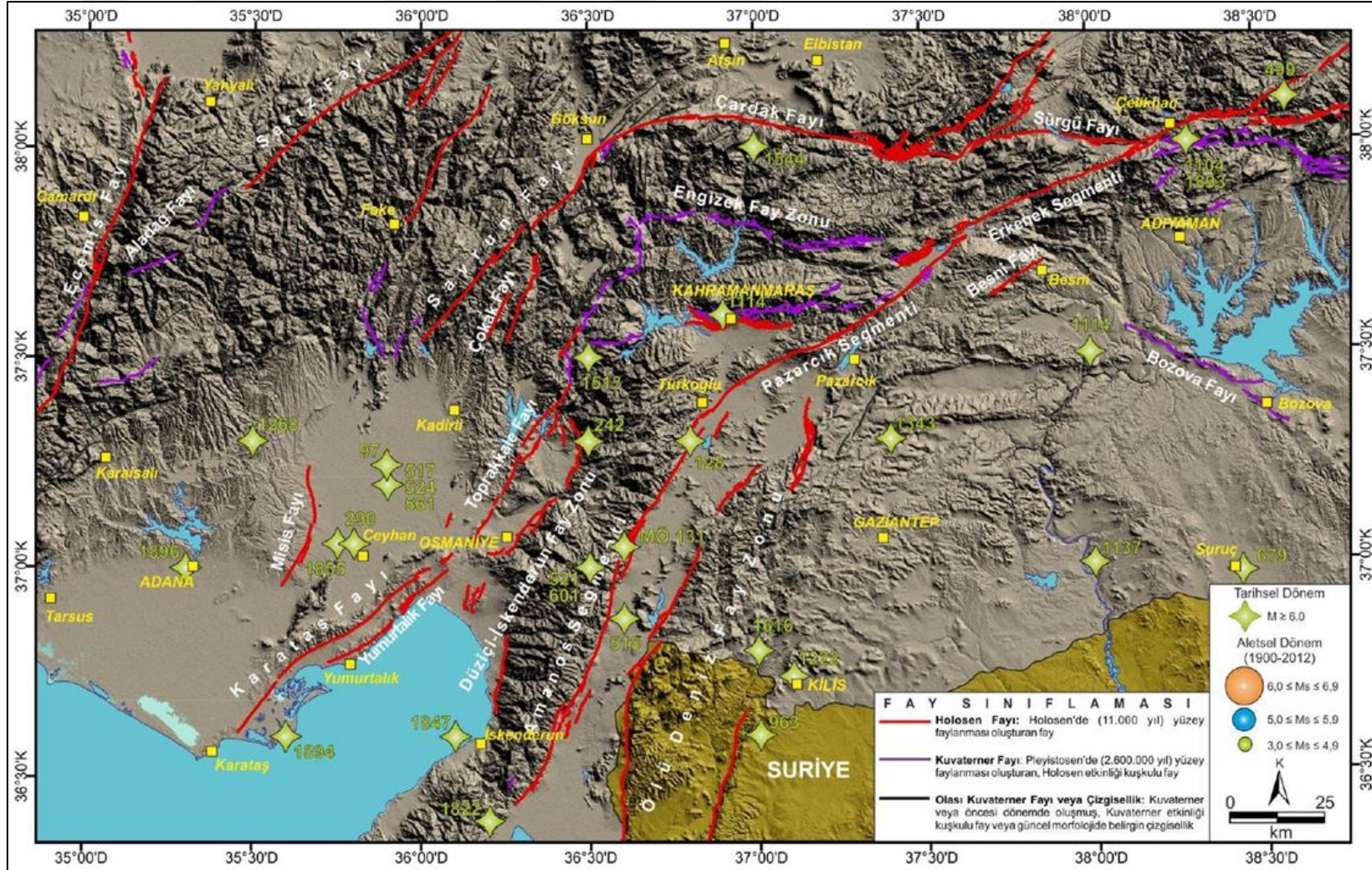
Tez konusu olan bölgenin de içinde olduğu Doğu Akdeniz'de tarihsel dönem depremlerinin, DAFS ve ÖDFZ'nun etkisinden dolayı Adana-Kahramanmaraş-Antakya arasında yoğunlaştığı gözlenmektedir (**Şekil 4.2** ve **Şekil 4.3**). Tarihsel kayıtlar bu bölgelerde bulunan fayların, büyüklüğü 7.0 ve üzeri olan depremler üretebildiğine işaret

etmektedir (Ambraseys, 1988 1989, 2010; Ambraseys ve Finkel, 1987, 1995; Stiros, 2001; Tan vd., 2008). Levha sınırları olan DAFS ve ÖDFZ, M_w 7.0 ve üzeri deprem üretebildikleri için sismik geçmişleri de iyi bilinmektedir.

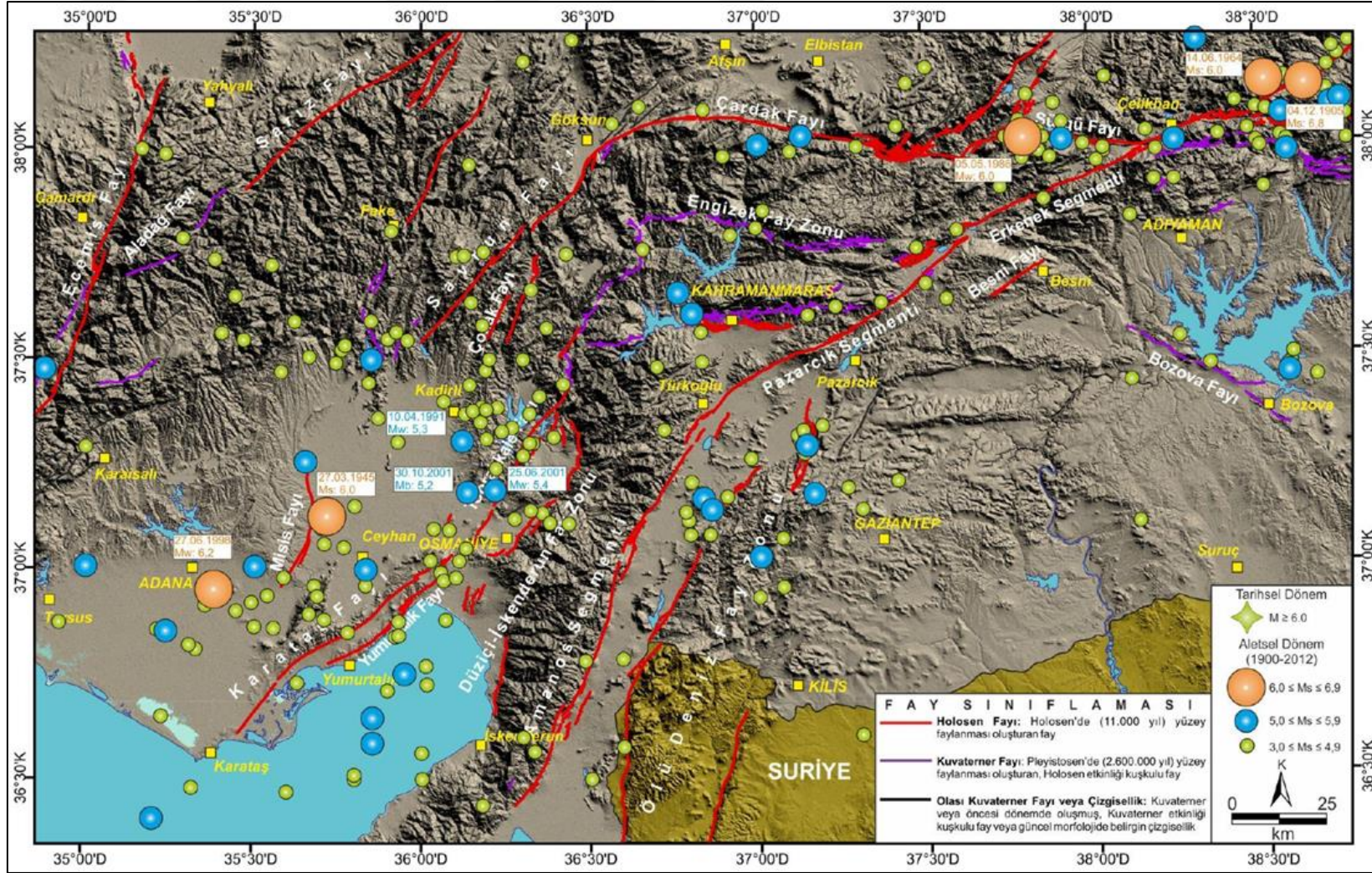
Çardak Fayı'nın da içinde olduğu DAF'nın kuzey kolu üzerinde gözlenen tarihsel deprem kayıtları çok daha az ve dağınık olarak gözlenmektedir (Özalp vd., 2019). Çardak Fayı üzerinde de bu kayıtlara göre 1544 yılında 6.8 büyüklüğünde deprem meydana gelmiştir (Şekil 4.1/a ve Şekil 4.3). Aletsel dönemde ise, 2023 yılına kadar bu fay üzerinde büyüklüğü 6'yı geçmeyen depremlerin meydana geldiği gözlenmektedir (Şekil 4.1/b ve Şekil 4.4). Bu depremlerin derinliği ise Türkiye Sismotektonik Haritası'na göre sığ (4,0-4,9 km) ya da derin depremler (>40 km) kategorisine girmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Türkiye Sismotektonik Haritası'nda (Duman vd., 2017), tez çalışma alanı ve yakın çevresinde gözlenen tarihsel ve aletsel dönem depremleri (siyah kesikli çizgilerin oluşturduğu alan bu tezin çalışma konusu olan Çardak Fayı'nı göstermektedir).



Şekil 4.3. Çalışma sahasının da içinde olduğu Diri Fay Haritası üzerinde (Emre vd., 2013) gözlenen tarihsel dönem deprem kayıtları (Tan vd., 2008).



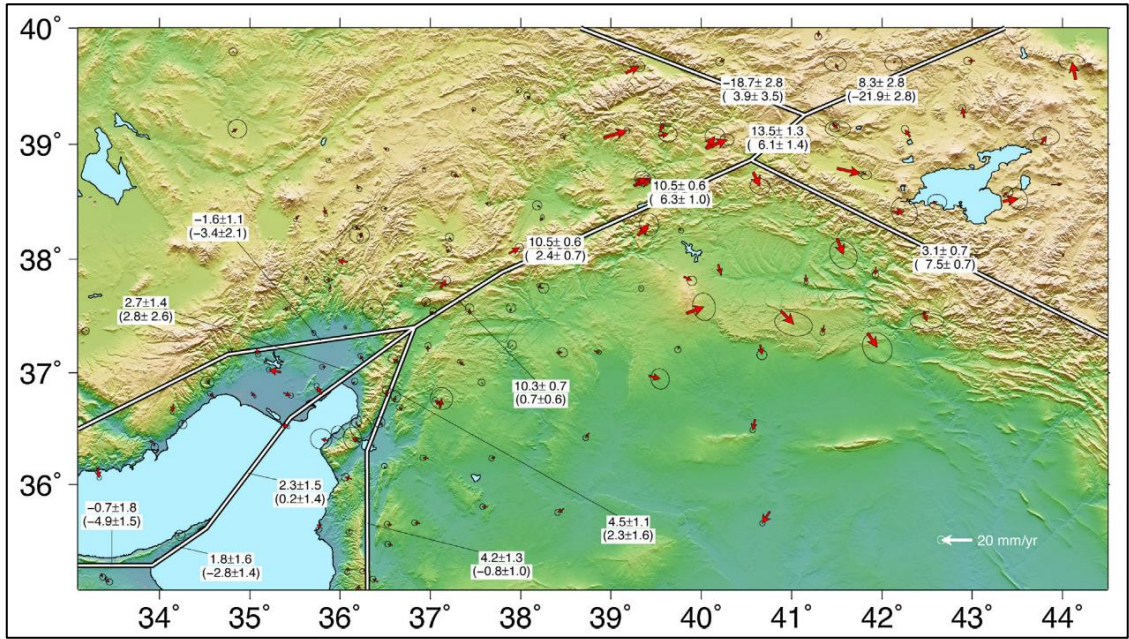
Şekil 4.4. Diri Fay Haritası üzerinde (Emre vd., 2013), 2012 yılına kadar gözlenen aletsel dönem deprem kayıtları (Kadirioğlu vd., 2018).

4.3 GPS Hız Verileri

Arap ve Anadolu plakaları arasındaki hareketin hızı birçok makaleye konu olmuştur. Farklı araştırmacılar, GPS ve InSAR verilerine göre DAFS boyunca fayın kayma hızı ve kilitlenme derinliği ile ilgili ciddi çalışmaları yayınlamıştır.

GPS verilerine göre McClusky vd., (2000) ve Reilinger vd., (2006) DAFS'nin Karlıova ve Türkoğlu arasında kayma hızını 9 ± 2 mm/yıl olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Aynı çalışmalarda Kahramanmaraş-Antakya arasında, Amanos Fayı veya DAFS'nin ana kolu üzerindeki kayma hızının $6,8$ mm/yıl olarak sunulmuştur. Duman ve Emre (2013) bu çalışmayı kaynak göstererek kayma hızının $2/3$ 'ünün ana (güney) kol, $1/3$ 'ünün de kuzey kol tarafından paylaşıldığını önermişlerdir. Herece (2008) çalışmasında fay zonunun genel kayma hızının $8,3$ mm/yıl olarak belirler. Aynı çalışmasında DAFS'nin Erkenek ve Gölbaşı segmentlerinde haritalanmamış yapılar ve gelişen sünek deformasyon ve/veya sıkışmalı yapılar tarafından paylaşıldığını savunmakta ve buna bağlı olarak bu kesimler için $7,9 \pm 0,3$ mm/yıl'lık daha düşük bir kayma oranı önermektedir. Duman ve Emre (2013) yine aynı segmentler için fay geometrisi ve jeodezik verilerin karşılaştırılmasına dayanarak fay kayma hızını $6,5-7$ mm/yıl olarak hesaplamışlardır. Yönlü (2012) doktora tezi çalışmasında Pazarcık Segmenti'ndeki paleosismolojik verilere göre kayma hızını bu bölge için $5,2 \pm 0,6$ mm/yıl olarak hesaplamıştır. Meghraoui vd. (2006) ve Karabacak vd. (2010) Pazarcık-Erkenek civarında yaptıkları saha incelemeleri ve paleosismolojik çalışmalar ile kayma hızını Holosen'de 9 mm/yıl bulmuşlardır. GPS ölçümlerine göre Mahmoud vd., (2013) Türkoğlu doğusunda yaklaşık aynı kayma hızlarını yakalamışlardır. En güncel çalışmalardan biri Aktuğ vd. (2016)'nin yürüttüğü çalışmadır. Bu çalışmada DAFS'nin kayma hızının Türkoğlu kuzeyinde neredeyse sabit ve yaklaşık 10 mm/yıl, güneye doğru gidildikçe $4,5$ mm/yıl değerlerine kadar düştüğünü göstermektedirler (Şekil 4.5). ÖDFZ'nun kuzey kesiminin kayma hızı $4,2 \pm 1,3$ mm/yıl olarak hesaplanmış ve önceki çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmüştür. Karataş, Osmaniye ve Amanos fay sistemlerinin bölgedeki toplam kayma hızını paylaştıkları paralel segmentler oldukları konusunda genel bir görüş birliği vardır. Karataş ve Osmaniye fayları üzerinde yaptıkları çalışmalarında Arger vd. (1996) bölgedeki Kuvaterner yaşlı bazaltlardan aldıkları örneklerden elde edilen $0,6 \pm 0,1$ My K-Ar yaşlarına dayanarak, $5,8 \pm 1,5$ mm/yıl kayma hızı hesaplamışlardır. Bu hıza göre de toplam $3,5 \pm 0,5$ km'lik bir atım değerine ulaşmışlardır. Rojay vd. (2001) çalışmalarında Karasu

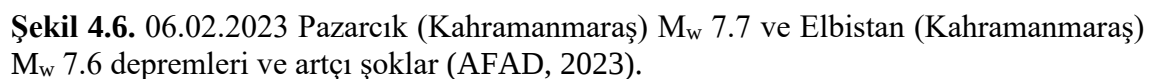
Fay Zonu'nun, ÖDFZ ve DAFS arasında bir bağlantı kuşağı olduğunu savunurlar. Burada ötelenen lavlardan elde edilen değerlere göre bu zonun hızını da 4,1 mm/yıl olarak hesaplamışlardır. Amanos Fayı'nda yaptıkları çalışmalarında Seyrek vd. (2007) bölgedeki Kuvaterner volkanizmasında yaptıkları radyometrik tarihlendirmelere göre kayma hızını 2,8 mm/yıl olarak hesaplamışlardır. Westaway (2003) ÖDFZ'nun segmenti olan Yesemek Fayı'nın 2,68 mm/yıl olarak hesaplanan kayma hızını, fayın güney bölümünde gözlenen ofiyolitlerdeki 10 km'lik ötelenme ölçümlerinde belirlemiştir. Amanos Fayı'nda yaptıkları GPS çalışmalarında Bertrand vd. (2006) 1,5 ile 2,3 mm/yıl arasında değişen kayma hızı değerlerine ulaşmışlardır.

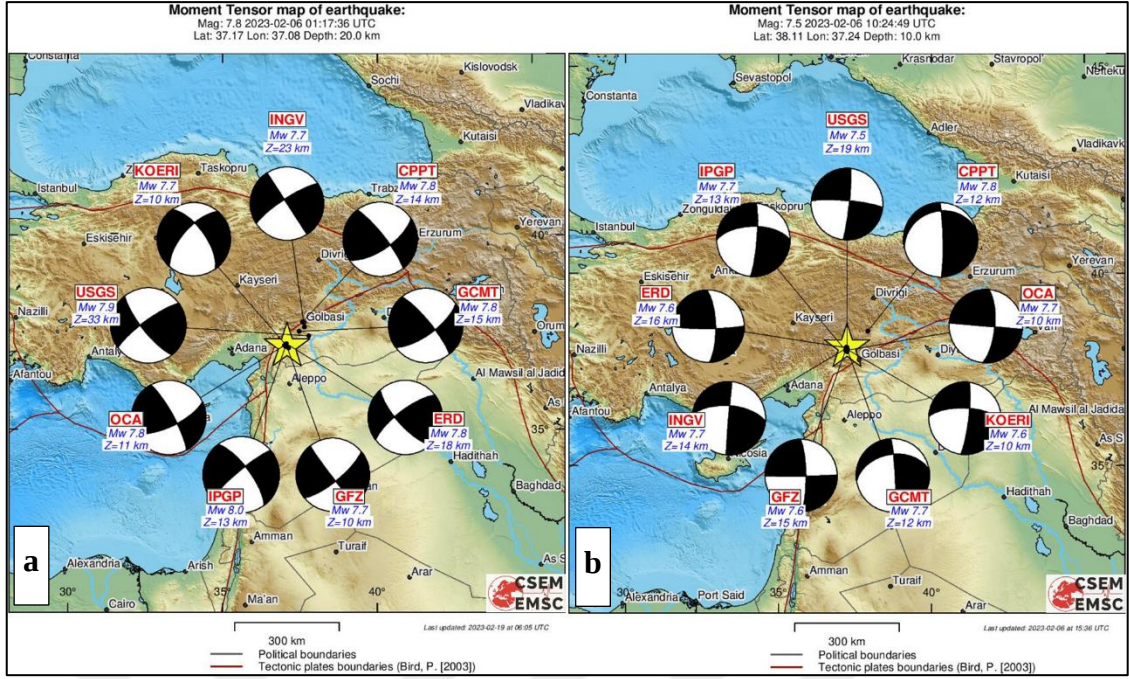


Şekil 4.5. Blok modellemeye dayalı kayma hızları. Pozitif ve negatif değerler sırasıyla fay boyunca sol yanal ve sağ yanal kayma hızlarını göstermektedir. Parantezlerde verilen pozitif ve negatif değerler sırasıyla sıkışma ve genişleme oranlarına bağlı normal kayma hızlarını ifade etmektedir (Aktuğ vd., 2016).

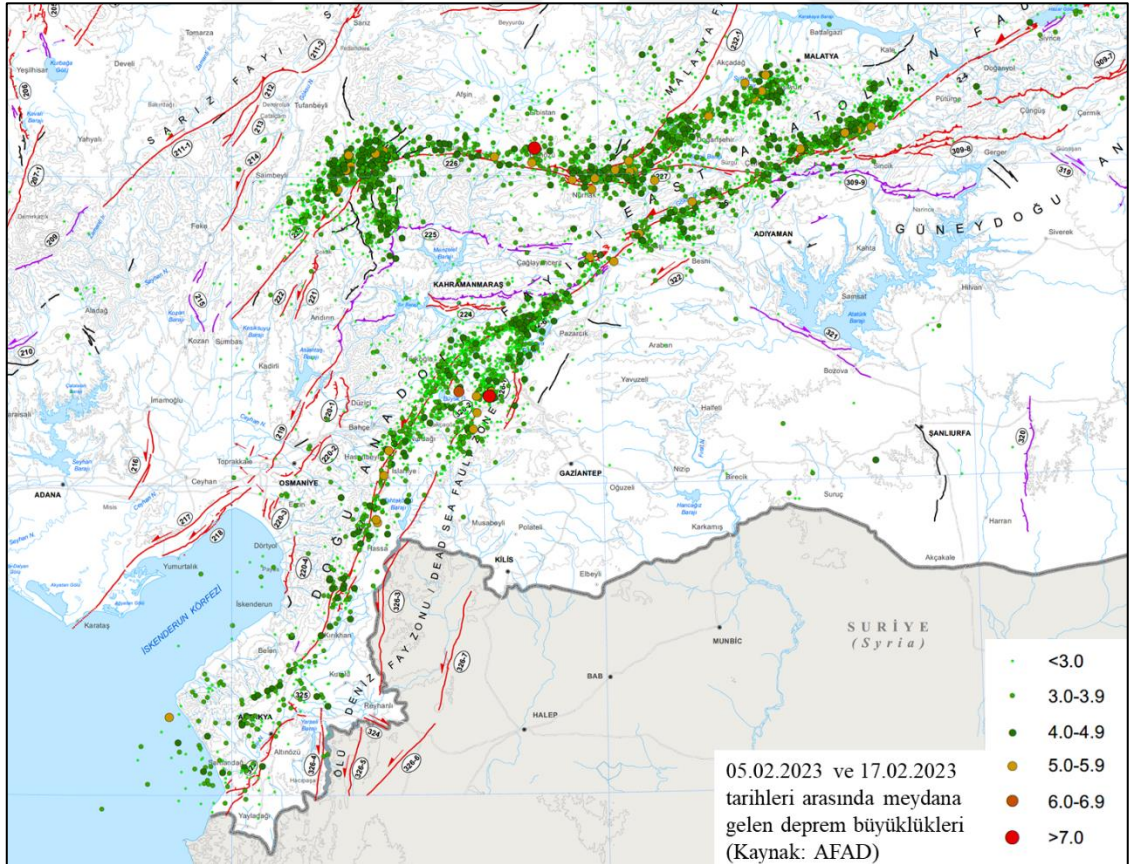
4.4 06.02.2023 Pazarcık (M_w 7.7) ve Elbistan (M_w 7.6) Depremleri

DAFS'nde, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Deprem Dairesi Başkanlığı (DDB) verilerine göre 06.02.2023 tarihinde, yerel saat ile 04:17'de, merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve aletsel büyüklüğü (M_w) 7.7 olan yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremin artçıları devam ederken DAFS'nin kuzey kolunda, yaklaşık 9 saat sonra 13:24'te, Elbistan yakınlarında bu sefer büyüklüğü (M_w) 7.6 olan ikinci bir deprem meydana gelmiştir. AFAD'ın DDB kayıtlarına göre Pazarcık'ta





Şekil 4.7. (a) Pazarcık ve (b) Elbistan (Kahramanmaraş) depremleri için belirlenen lokasyon ve hızlı fay düzlemi çözümleri (KRDAE, 2023).



Şekil 4.8. Pazarcık ve Elbistan depremleri ve 05.02.2023 ile 17.02.2023 tarihleri arasında meydana gelen artçı sarsıntıların Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki dağılımı (Deprem verileri AFAD, 2023'ten alınmıştır).

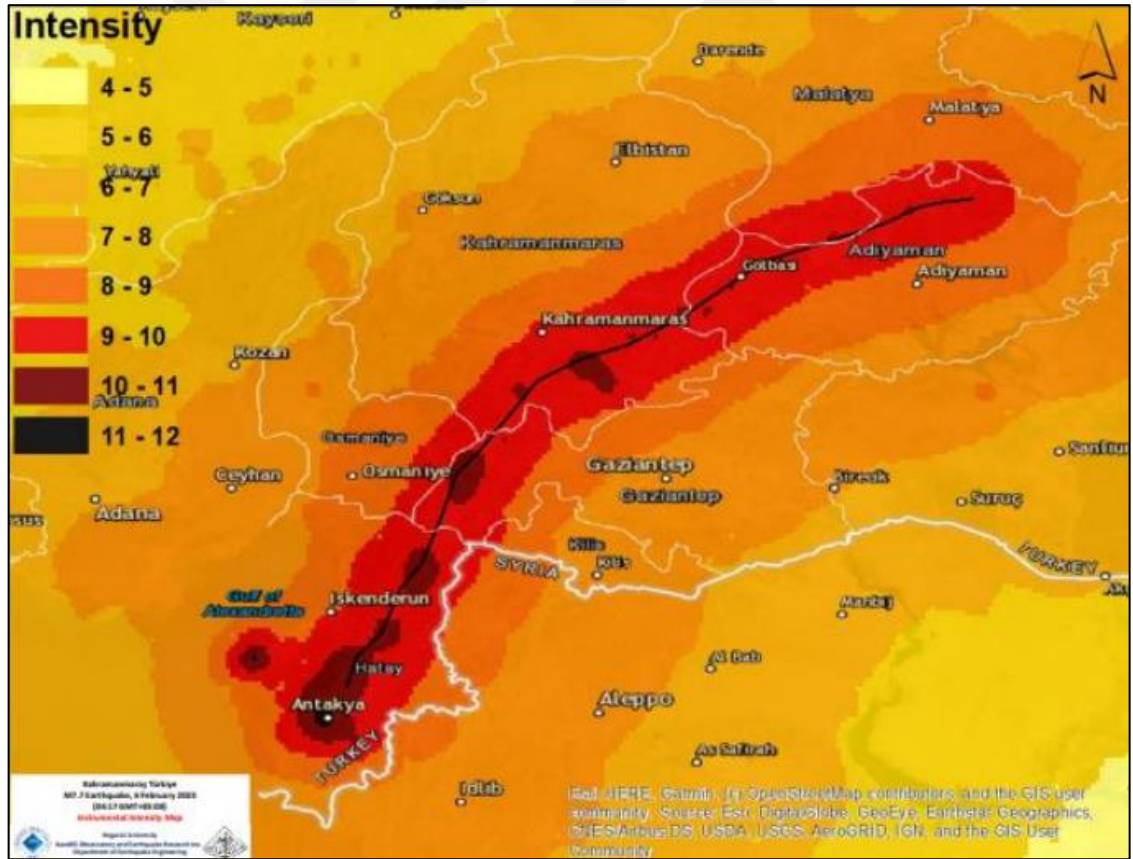
Deprem meydana geldikten sonra ilgili devlet kurumları ve üniversiteler saha çalışmalarını yürütmek için afet bölgelerine gitmişlerdir. Aşağıdaki paragraflarda kurumlar ve üniversiteler tarafından yapılan çalışmalara kısaca değinilmiştir.

MTA'nın yaptığı saha çalışmalarından sonra hazırlanan raporda Pazarcık Depremi (M_w 7.7) ile ilgili olarak, Pütürge'nin (Malatya) batısından güneybatıdaki Kırıkhan'ın (Hatay) güneyine kadar olan bölümde, DAFS'nin Erkenek, Pazarcık ve Amanos segmentleri ile Pazarcık güneyindeki Narlı segmentinin kırıldığı, daha güneyde bulunan Antakya Fay Zonu üzerinde yüzey kırığı gelişebileceği söylenmiştir. Elbistan Depremi'nde (M_w 7.6) ise DAFS'nin kuzey kolunun segmentleri olan Sürgü ve Çardak fayları ile Doğanşehir Fay Zonu'nun kırıldığı belirtilmiştir (Kürçer vd., 2023).

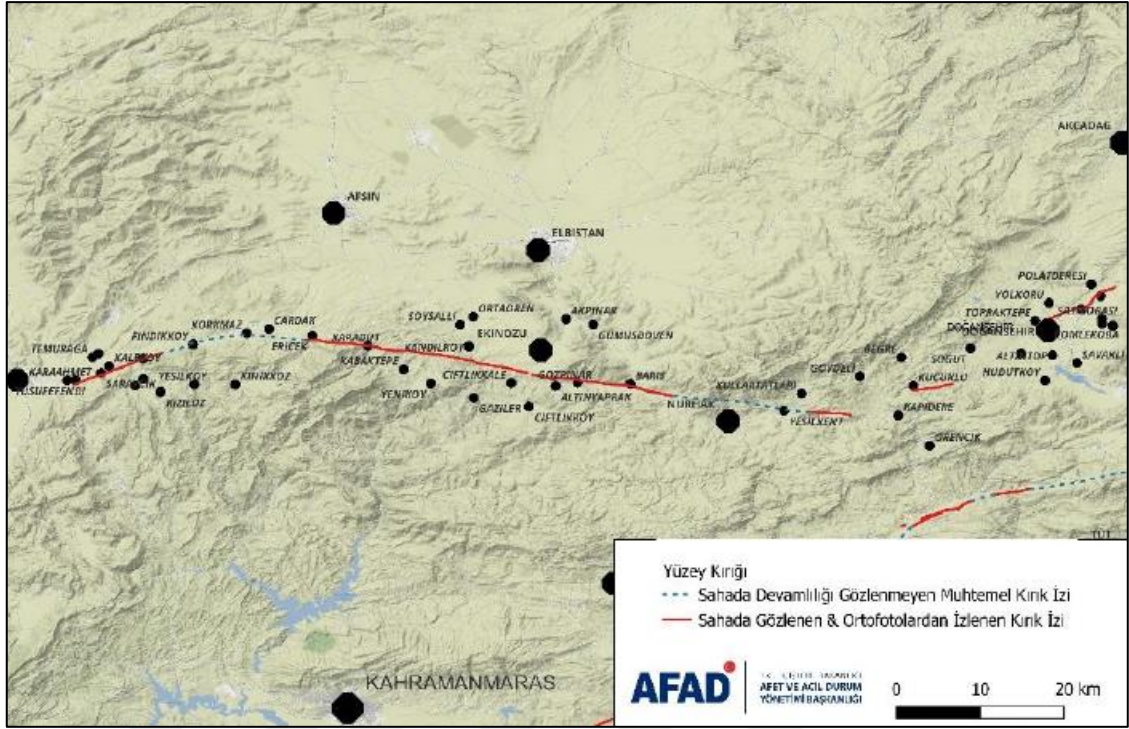
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) 04:17'de meydana gelen depremin büyüklüğünü M_w 7.7 (M_L 7.4), odak derinliğini 5 km ve merkez üssünü 37.157 K ve 37.085 D koordinatlarında bulunan Sofalaca-Şehitkamil (Gaziantep) olarak, saat 13:24'te meydana gelen depremin ilksel sonuçlara göre büyüklüğünü M_w 7.6 (M_L 7.4), odak derinliğini yaklaşık 5 km ve merkez üssünü 38.071 K ve 37.206 D koordinatlarında bulunan Ekinözü (Kahramanmaraş) olarak açıklamıştır (KRDAE, 2023). Ayrıca ilk depreme ait şiddet haritası yapılmış ve **Şekil 4.9**'da sunulmuştur.

AFAD hazırladığı ön değerlendirme raporunda, meydana gelen iki büyük depremin 11 ili kapsayan 108.812 km²'lik bir alanda olduğunu ve ülkemizin tarihinde yaşanmış en yıkıcı deprem serisi şeklinde kayıtlara geçtiğini belirtmiştir. Bu iki ana sarsıntıya ait kayıtlar, arazi gözlemleri ve yöre halkından sağlanan bilgilerle göre ilk deprem Kahramanmaraş ve Hatay'da, ikinci deprem ise Malatya'da daha etkili olmuştur (AFAD, 2023). DAFS üzerinde saat 04:17'de meydana gelen depremin Pazarcık merkez üslü olduğu ÖDFZ'nun en kuzey ucunda yer alan Narlı Segmenti üzerinde meydana geldiği, 13:24'te meydana gelen depremin ise Elbistan merkezli olduğu ve Çardak Fayı ile Doğanşehir Fay Zonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. İlk depremin (M_w 7.7) Narlı Segmenti'nde 16 km'lik bir kırık yarattığı ve 1,4 ile 3 m arasında maksimum yer değiştirmelerin gözlemlendiği rapor edilmiştir. Raporunda ayrıca HGM Atlas uygulaması üzerinde yüzey kırıkları takip edilmiş ve DAFS'nin Erkenek Segmenti'nin yaklaşık 20 km'lik bölümünün kırıldığı belirtilmiştir. Saha incelemelerinde Gölbaşı Segmenti'nde gözlenen yüzey kırıklarının 2

ile 6,5 m arasında yer değiştirmelere sebep olmuş, Amanos Segmenti'nde ise gözlemlere dayalı olarak 2-3 m'ye kadar yer değiştirmeler olmuştur (AFAD, 2023). Büyüklüğü M_w 7.6 olan Elbistan Depremi, Çardak Fayı ile Doğanşehir Fay Zonu üzerinde yüzey kırıkları meydana getirmiştir (Şekil 4.10). Rapora göre Çardak Fayı yüzey kırığı Göksun'un doğusunda Soğuksu Mahallesi'nde gözlenmeye başlamış ve kesintisiz olarak doğuya doğru Gücüksu Mahallesi'nin güneydoğusuna kadar devam eder Gücüksu ve Ericek arasında ise belirgin bir yüzey kırığı gözlenmemiştir. Ericek güneyinde tekrar gözlenen yüzey kırığı Çiftlikköy'e kadar kesintisiz gözlenir. Bu noktadan doğuya doğru 4 km boyunca takip edilebilen yüzey kırığı, 3 m'ye kadar sol yanal ötelenmeler meydana getirmiştir. Altınyaprak Mahallesi kuzeyinde sola sıçrayan kırık Gözpınar Mahallesi kuzeyinden ve Barış Mahallesi içinden geçmektedir. Bu hatta 5 ile 6 m arasında değişen sol yanal ötelenmeler gözlenmiştir (AFAD, 2023). Kırık izi Barış Mahallesi'nin 5 km doğusunda Karşıyaka Mahallesi'ne kadar izlenmiştir.



Şekil 4.9. 04:17'de meydana depremin şiddet haritası (Hancılar vd., 2023).

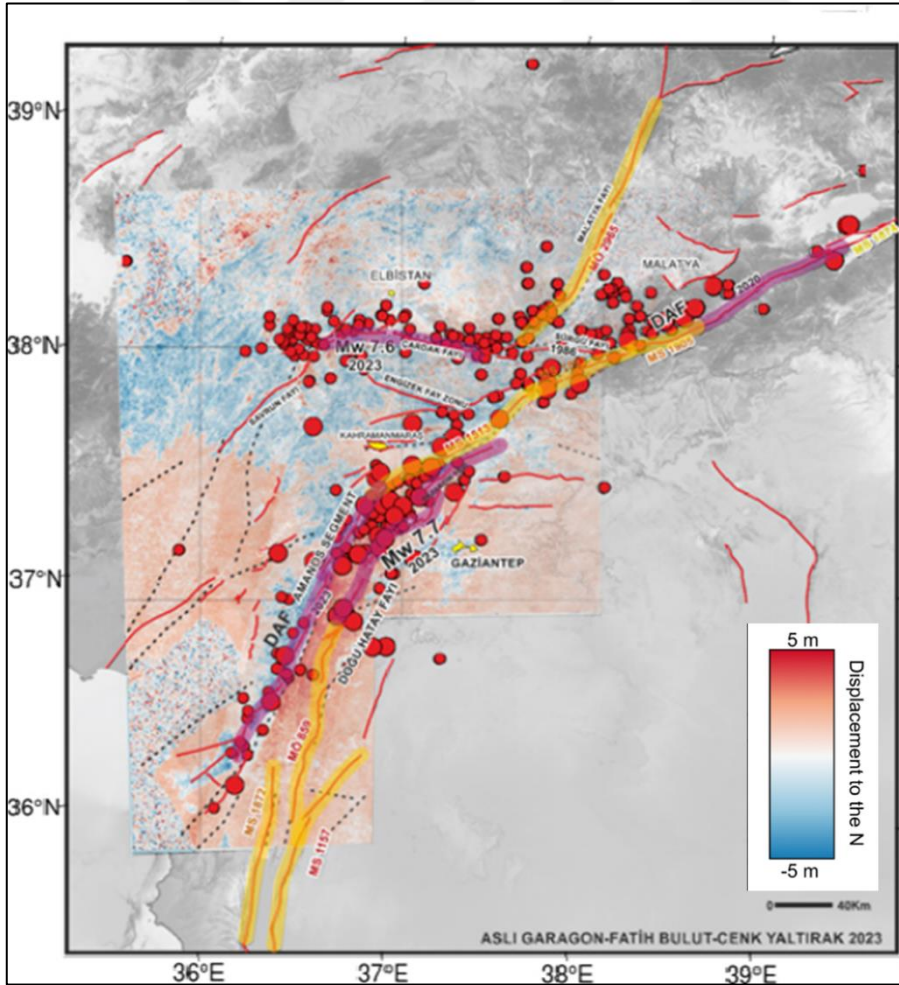


Şekil 4.10. Göksun ve Doğanşehir arasında yapılan saha çalışmaları ve hava fotoğrafları kullanılarak oluşturulan yüzey kırığı haritası (AFAD, 2023)

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) öğretim üyelerinin hazırlamış olduğu ön inceleme raporunda merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olan iki depremin büyüklüklerini M_w 7.8 ve M_w 7.7 olarak yayınlanmıştır. 17 Şubat’a kadar, yaklaşık 3000’e yakın artçı deprem olduğu belirtilmiştir. İzlenen uydu görüntülerine göre ilk deprem Pazarcık Segmenti’nde 16 km, Amanos Segmenti’nin kuzey parçasında 98 km, güney parçasında ise 68 km yüzey kırığı oluşturmuş ve Türkoğlu ile Kırıkhan arasında 3,5 m, Amanos Segmenti üzerinde maksimum 4,7 m, Pazarcık Segmenti’nde 3,2 m atım yaptığı gözlenmiştir (İTÜ, 2023). Çardak Fayı üzerinde yapılan saha çalışmalarında ise ikinci depremin, 58 km uzunluğunda yüzey kırığı oluşturduğu (Şekil 4.11), bu arazi kırığı üzerinde doğuda en büyük atım Nurhak kuzeyinde 6,7 m olarak ölçülmüştür. Fay boyunca en fazla 8 m’ye varan sol yanal atım gözlenir. Raporda, yanal atıma bağlı olarak topoğrafik ötelenme sebebiyle 80 cm kadar düşey yükselme gözlemlendiği ayrıca belirtilmiştir. InSAR verilerine göre elde edilen deformasyon Şekil 4.12’de sunulmuştur.



Şekil 4.11. Çardak Fayı doğu kolunda haritalanan yüzey kırığı (İTÜ, 2023)



Şekil 4.12. Yüzey kırığı, artçı depremler ve InSAR K-G yer değiştirme karşılaştırılması (İTÜ, 2023) (InSAR: <https://zenodo.org/record/7626844#.Y-3hCnZBxhF>).

5. SAHA VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

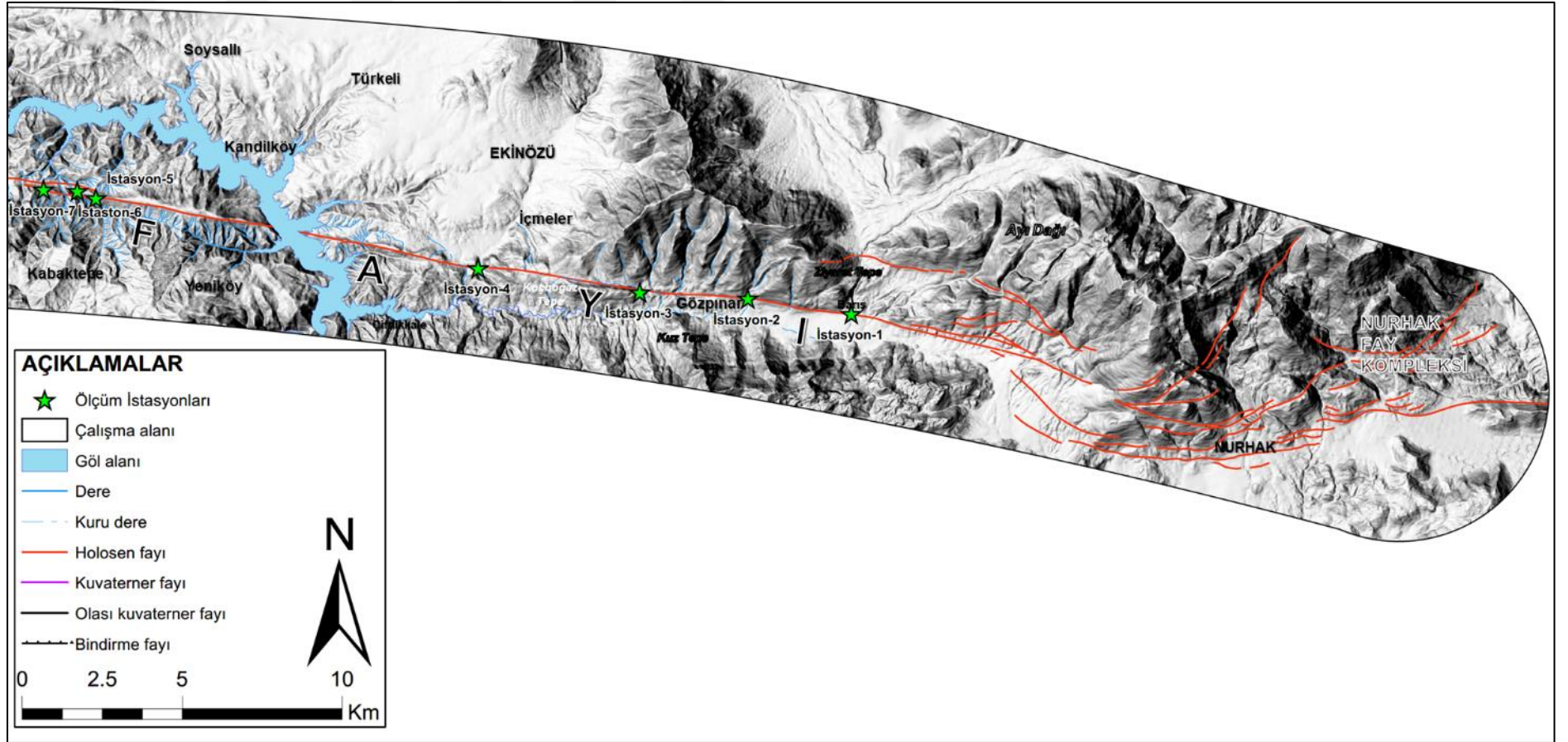
5.1 Paleogerilme Analizleri

Paleogerilme analizleri, arazide toplanan temel fay verilerinin (fay düzlemi, fay çiziziği, fayın dalımı vb.) kullanarak bir fay üzerindeki kayma yönünü elde etmeye yarayan bir yöntemdir. Bu kapsamda yaklaşık 85 km uzunluğundaki Çardak Fayı'nda 13 istasyon belirlenmiş ve fay düzlemleri ve fay çiziklerinden toplam 56 ölçüm alınmıştır. Aşağıdaki alt başlıklarda her bir istasyon tek tek anlatılmış elde edilen ölçüm bilgileri paylaşılmıştır.

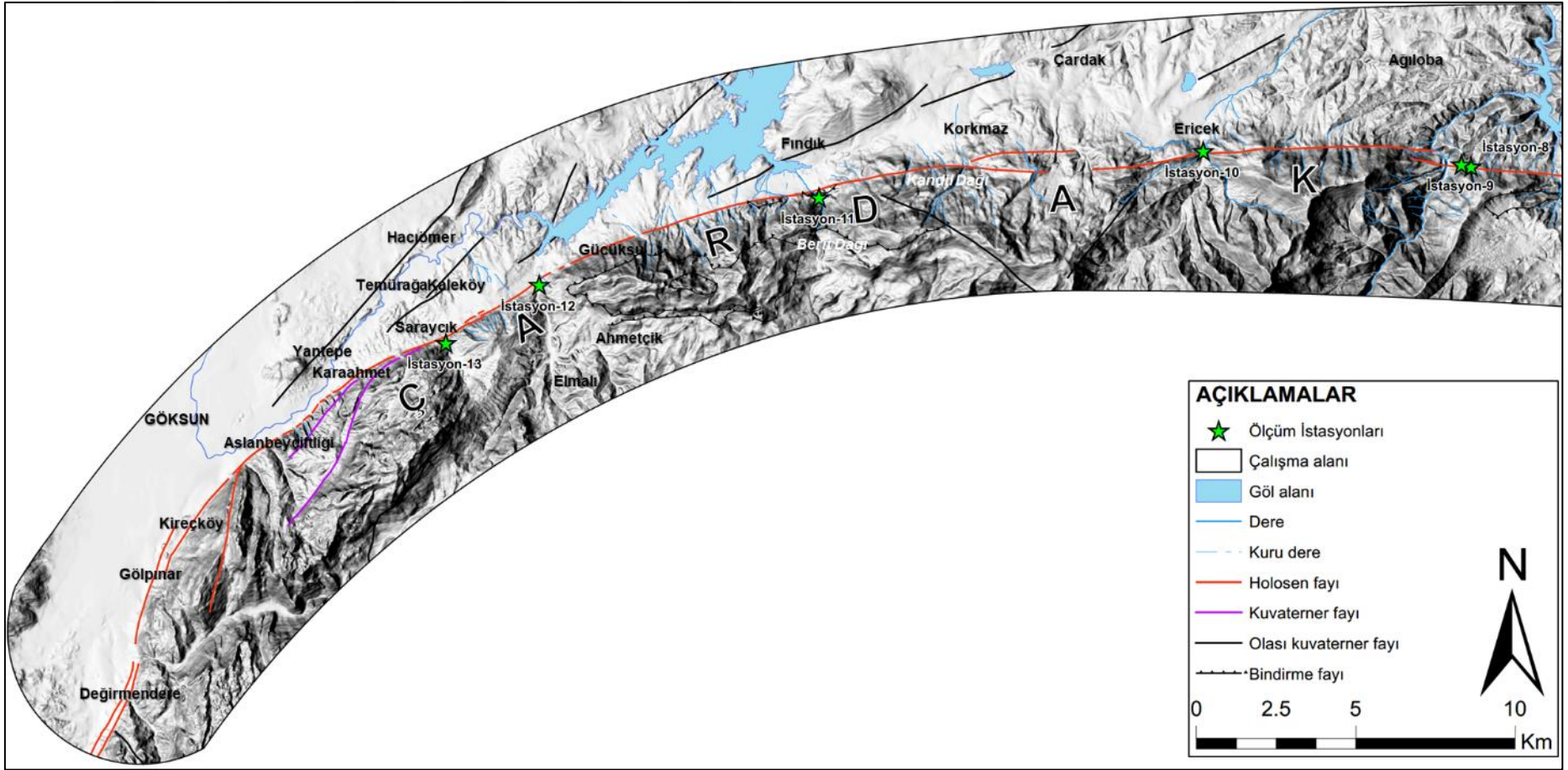
5.1.1 İstasyon-1

İstasyon-1, Çardak Fayı'nın en net gözleendiği nokta olup Barış Mahallesi'nin yaklaşık 300 m batısındadır (Şekil 5.1). Fayın bu noktada yelpaze birimlerini kestiği ve ötelediği gözlenmiştir (Şekil 5.3). Bu istasyonda, yelpaze birimlerine ait karbonat çimentolu çakıltaşı, kumlu çakıltaşı birimlerinden 4 adet fay düzlemi ve fay çiziziği ölçülmüştür (Çizelge 5.1).

Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=11^\circ/039^\circ$, $\sigma_2=78^\circ/243^\circ$, $\sigma_3=05^\circ/130^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=08^\circ/039^\circ$, $\sigma_2=76^\circ/273^\circ$, $\sigma_3=11^\circ/131^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı $(R)=0.49$, Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı $(R')=1.59$ olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve açıklamaları Çizelge 5.2'de sunulmuştur.



Şekil 5.1. Çardak fay zonu doğu bölümü üzerindeki fay düzlemi ölçüm istasyonları.



Şekil 5.2. Çardak fay zonunun batı bölümü üzerindeki fay düzlemi ölçüm istasyonları.



Şekil 5.3. (a) Barış Mahallesi'nin batısında, İstasyon-1'de gözlenen karbonat çimentolu ve yer yer kumlu çakıltaşı birimleri ve (b) fay düzlemi.

5.1.2 İstasyon-2

İstasyon-2, Barış Mahallesi'nin yaklaşık 2,5 km batısında, Değirmen Kaya mezarası sınırlarındadır (Şekil 5.1). 4 adet fay düzlemi ve fay çizdiği ölçümü (Çizelge 5.1) alınan yerde fay, yamaç molozu ve kireçtaşı birimlerini karşı karşıya getirmiştir.

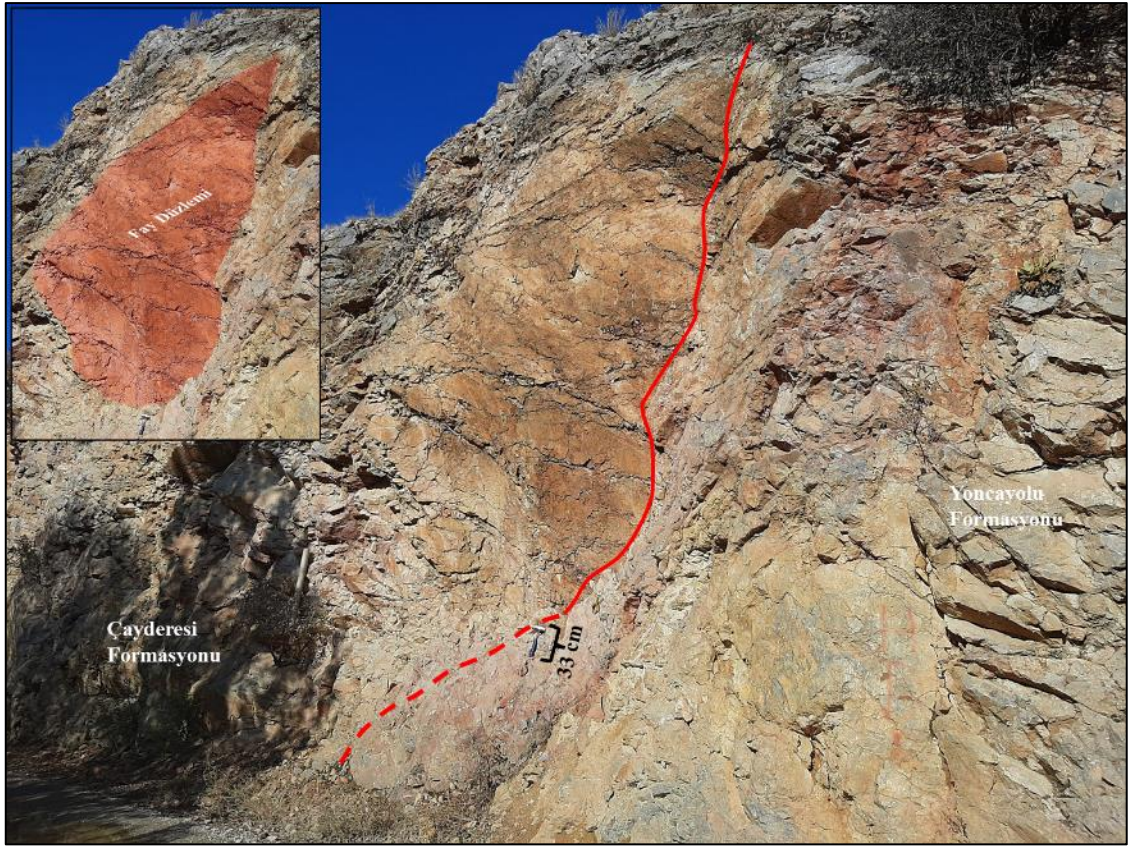
Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=23^\circ/065^\circ$, $\sigma_2=66^\circ/228^\circ$, $\sigma_3=06^\circ/332^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=22^\circ/060^\circ$, $\sigma_2=68^\circ/245^\circ$, $\sigma_3=02^\circ/151^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı (R)=0.49, Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı (R')=1.8 olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve ilgili açıklamalar Çizelge 5.2'de sunulmuştur.

5.1.3 İstasyon-3

İstasyon-3, Gözpınar Mahallesi merkezinin yaklaşık 800 m kuzeybatısındadır (Şekil 5.1). 5 adet fay düzlemi ve fay çizdiği ölçümü (Çizelge 5.1) alınan yerde fay, Çayderesi

Formasyonu'na ait kireçtaşı ve Yoncayolu Formasyonu'na ait metamorfik birimlerini karşı karşıya getirmiştir (Şekil 5.4).

Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=08^\circ/059^\circ$, $\sigma_2=80^\circ/281^\circ$, $\sigma_3=07^\circ/149^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=08^\circ/059^\circ$, $\sigma_2=80^\circ/279^\circ$, $\sigma_3=07^\circ/150^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı (R)=0.76, Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı (R')=1.35 olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve ilgili açıklamalar Çizelge 5.2'de sunulmuştur.

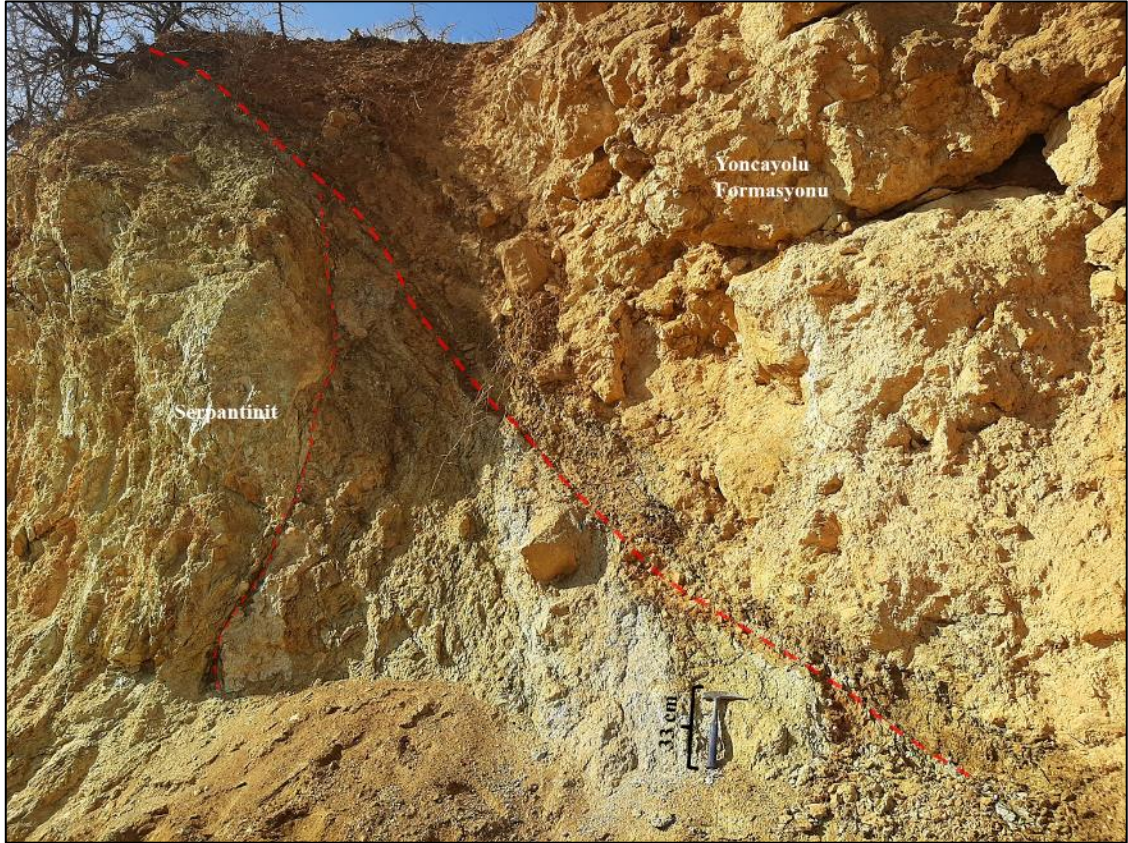


Şekil 5.4. İstasyon-3'te fayın karşı karşıya getirdiği Çayderesi ve Yoncayolu formasyonları.

5.1.4 İstasyon-4

İstasyon-4, İçmeler Mahallesi'nin yaklaşık 2,5 km güneybatısındadır (Şekil 5.1). 5 adet fay düzlemi ve fay çizigi ölçümü (Çizelge 5.1) alınan yerde fay, Göksun ofiyolitlerine ait serpantin birimi ve Yoncayolu Formasyonu'na ait kireçtaşları karşı karşıya getirmiştir (Şekil 5.5).

Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=01^\circ/045^\circ$, $\sigma_2=88^\circ/155^\circ$, $\sigma_3=02^\circ/315^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=01^\circ/044^\circ$, $\sigma_2=88^\circ/153^\circ$, $\sigma_3=03^\circ/314^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı (R)=0.53, Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı (R')=1.38 olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve ilgili açıklamalar **Çizelge 5.2**'de sunulmuştur.



Şekil 5.5. İstasyon-4'te fayın karşı karşıya getirdiği Göksun ofiyolitleri içinde gözlenen serpantin ve Yoncayolu Formasyonu.

5.1.5 İstasyon-5, 6 ve 7

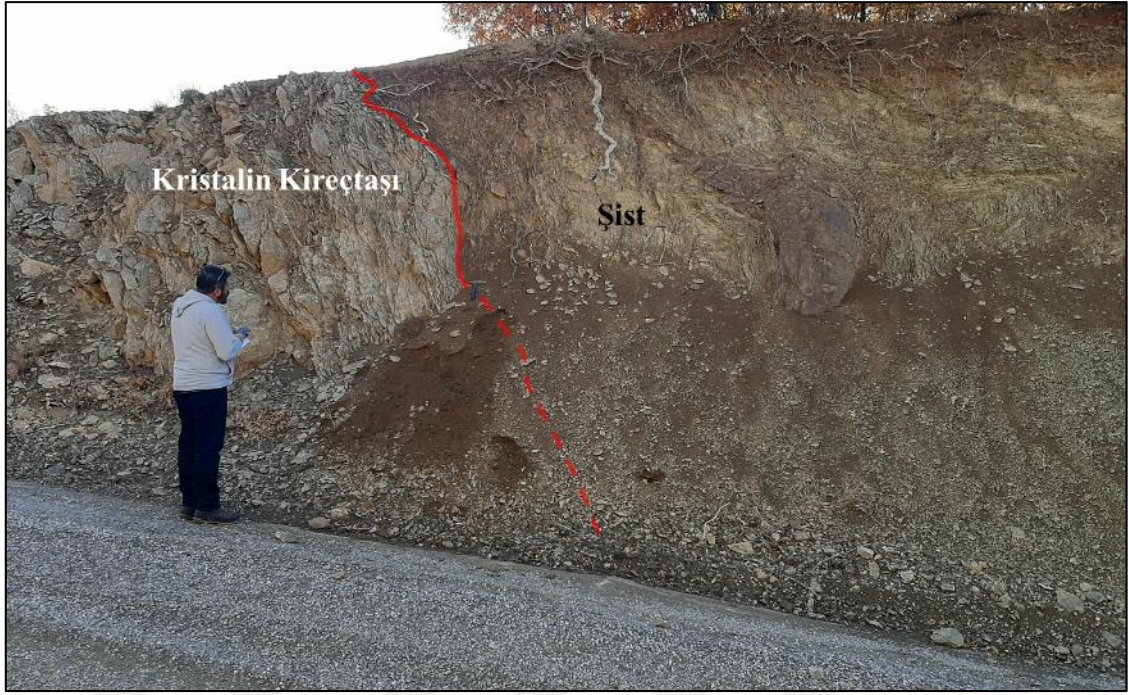
Birbirlerine çok yakın oldukları için İstasyon-5, 6 ve 7 paleogerilme analizlerinde birlikte değerlendirilmiştir. Ölçüm noktaları Kabaktepe Mahallesi'nin yaklaşık 3 km kuzeydoğusundadır (**Şekil 5.1**). İstasyon-5 te yalnız 1 adet fay düzlemi ölçümü alınabilmiş (**Çizelge 5.1**) ve fay kayma izine rastlanmamıştır. Ölçümün yapıldığı yerde hidrotermal alterasyon izleri gözlenmiştir (**Şekil 5.6**).



Şekil 5.6. İstasyon 5’te ölçüm alınan noktada gözlenen hidrotermal alterasyon izleri

İstasyon-6 da 6 adet, İstasyon-7 de 5 adet olmak üzere toplam 11 adet fay düzlemi ve fay çizdiği ölçümü alınmıştır (**Çizelge 5.1**). Fay bu ölçüm noktalarında, Göksun Ofiyolitleri’ne ait serpantinit birimini ve Yoncayolu Formasyonu’na ait şist, kireçtaşı birimlerini karşı karşıya getirmiştir.

Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=11^\circ/222^\circ$, $\sigma_2=78^\circ/024^\circ$, $\sigma_3=03^\circ/131^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=08^\circ/221^\circ$, $\sigma_2=81^\circ/062^\circ$, $\sigma_3=03^\circ/311^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı (R)= 0.5 , Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı (R')= 1.49 olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve ilgili açıklamalar **Çizelge 5.2**’de sunulmuştur.



Şekil 5.7. İstasyon-6'da fayın solunda kristalin kireçtaşı ve sağında şist birimleri gözleniyor.



Şekil 5.8. İstasyon-7'de gözlenen geniş fay zone

5.1.6 İstasyon-8 ve 9

İstasyon-8 ve 9 birbirine yakın olup, Ağıloba Mahallesi'nin yaklaşık 3,5 km güneyindedir (Şekil 5.2). İstasyon-8 de 5 adet fay düzlemi ve fay çizici ölçümü (Çizelge 5.1) alınırken, İstasyon-9 da fay verisine rastlanmamış, ileri derecede makaslanmış kireçtaşları gözlenmiştir (Şekil 5.9). Fayın gözlendiği yerlerde Ericek Formasyonu'na ait epiklastik ve piroklastik birimler ile Yoncayolu Formasyonu'na ait olduğu düşünülen kireçtaşlarını karşı karşıya getirmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5.9. İleri derecede makaslanma gözlenen kireçtaşı bloğu

Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=02^\circ/044^\circ$, $\sigma_2=80^\circ/147^\circ$, $\sigma_3=10^\circ/314^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=20^\circ/033^\circ$, $\sigma_2=63^\circ/169^\circ$, $\sigma_3=17^\circ/297^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı $(R)=0.48$, Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı $(R')=1.3$ olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve ilgili açıklamalar Çizelge 5.2'de sunulmuştur.



Şekil 5.10. (a - b) Ericek Formasyonu içerisinde gözlenen kireçtaşı blokları ve (c) epiklastik birimler ile kireçtaşı ilişkisinin detay görünümü.

5.1.7 İstasyon-10

İstasyon-10, Ericek merkezine yaklaşık 800 m mesafede, güneydedir (Şekil 5.2). Bu noktada 6 adet fay düzlemi ve fay çizliği ölçümü (Çizelge 5.1) toplanmıştır. Ölçümler, ana fay düzlemi ile aynı doğrultuda olduğu için, Alıçlı Formasyonu rekristalize kireçtaşlarında gözlenen faylardan alınmıştır (Şekil 5.11). Jeoloji haritasına göre Çardak Fayı, ölçüm noktasında Alıçlı Formasyonu ile Miyosen yaşlı Kuzgun Formasyonu'nu karşı karşıya getirmiştir. Ancak bölgedeki genç örtü biriminin kalın ve geniş bir alana yayılmasından dolayı bu ilişkiye rastlanamamıştır.

Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=17^\circ/204^\circ$, $\sigma_2=71^\circ/356^\circ$, $\sigma_3=08^\circ/112^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=29^\circ/224^\circ$, $\sigma_2=55^\circ/008^\circ$, $\sigma_3=14^\circ/124^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı (R)=0.52, Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı (R')=1.47 olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve ilgili açıklamalar Çizelge 5.2'de sunulmuştur.

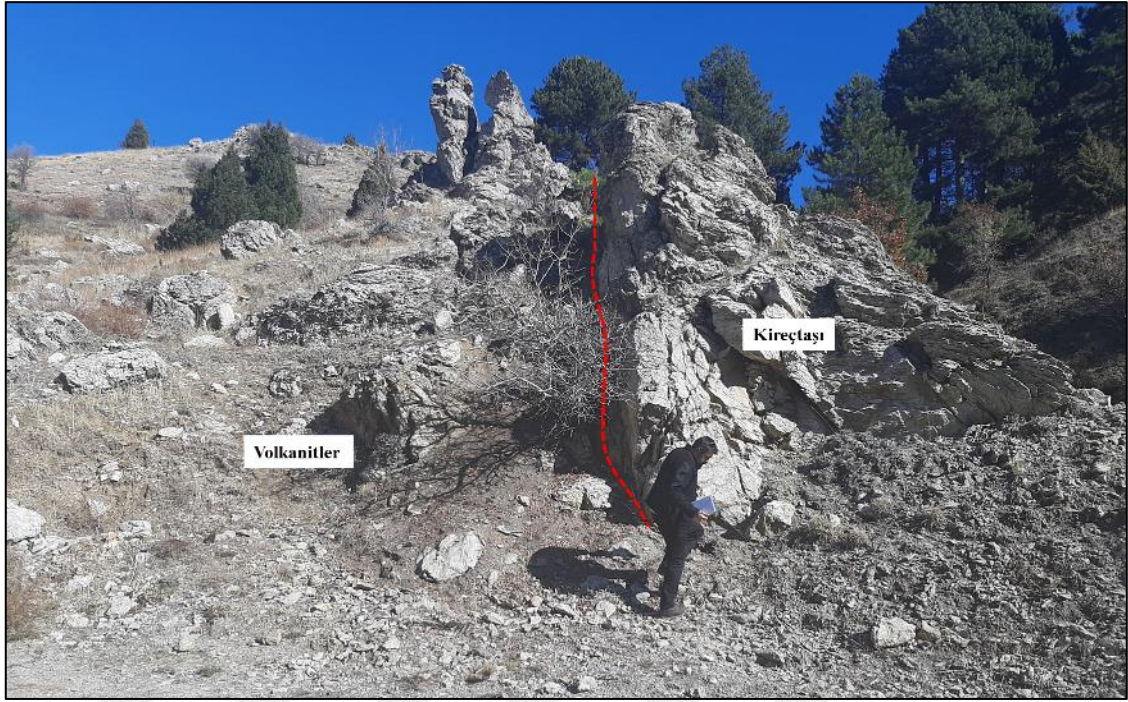


Şekil 5.11. Alıçlı Formasyonu rekristalize kireçtaşları içerisinde gözlenen, ana fay düzlemi ile aynı doğrultuda olan faylanmalar

5.1.8 İstasyon-11

İstasyon-11, Fındık Mahallesi'nin yaklaşık 1,5 km güneydoğusundadır (Şekil 5.2). Toplam 4 adet fay düzlemi ve fay çizliği ölçümü (Çizelge 5.1) alınan yerde Maden Volkanitleri'ne ait olduğu düşünülen epiklastik ve piroklastik kayalar ile Çayderesi Formasyonu'na ait rekristalize kireçtaşlarının karşı karşıya geldiği düşünülmektedir (Şekil 5.12).

Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=09^\circ/006^\circ$, $\sigma_2=74^\circ/131^\circ$, $\sigma_3=13^\circ/274^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=07^\circ/006^\circ$, $\sigma_2=75^\circ/124^\circ$, $\sigma_3=13^\circ/274^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı $(R)=0.51$, Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı $(R')=1.49$ olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve ilgili açıklamalar Çizelge 5.2'de sunulmuştur.

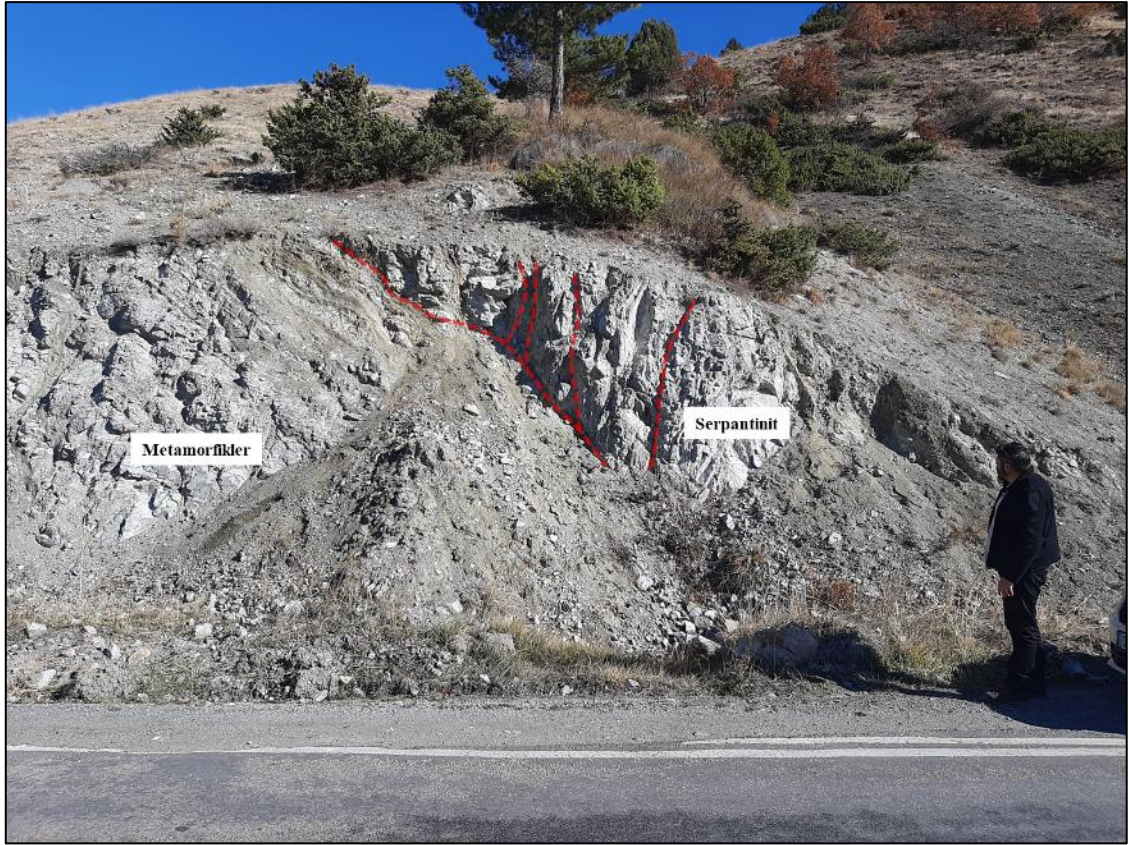


Şekil 5.12. İstasyon-11’de fay etkisi ile karşı karşıya gelen volkanit ve kireçtaşı birimleri

5.1.9 İstasyon-12

İstasyon-12, Gücüksu Mahallesi’nin yaklaşık 1,8 km güneybatısındadır (Şekil 5.2). Toplam 6 adet fay düzlemi ve fay çizdiği ölçümü (Çizelge 5.1) toplanan yerde Çayderesi Formasyonu’na ait olan şist seviyeleri ve Göksun Ofiyolitleri’nin karşı karşıya geldiği düşünülmektedir (Şekil 5.13). Fay zonunun nispeten daha geniş olduğu istasyonda serpantin birimi içindeki faylanmalar da ölçülmüştür.

Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=05^\circ/212^\circ$, $\sigma_2=85^\circ/057^\circ$, $\sigma_3=02^\circ/302^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=21^\circ/009^\circ$, $\sigma_2=54^\circ/161^\circ$, $\sigma_3=28^\circ/297^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı (R)=0.5, Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı (R')=1.47 olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve ilgili açıklamalar Çizelge 5.2’de sunulmuştur.



Şekil 5.13. İstasyon-12’de fayın karşı karşıya getirdiği serpantinit ve şist (metamorfik) birimleri

5.1.10 İstasyon-13

İstasyon-13, Saraycık Mahallesi merkezine yaklaşık 500 m mesafede, güneydedir (Şekil 5.2). Toplam 4 adet fay düzlemi ve fay çizdiği ölçümü (Çizelge 5.1) alınan yerde Kaletepe Formasyonu’na ait kireçtaşları ile Göksun Ofiyolitleri fayın etkisi ile karşı karşıya gelmiştir (Şekil 5.14).

Asal gerilim dağılımı, PBT Axes yöntemine göre $\sigma_1=02^\circ/026^\circ$, $\sigma_2=88^\circ/203^\circ$, $\sigma_3=00^\circ/296^\circ$, Rotasyonel Optimizasyon yöntemine göre $\sigma_1=02^\circ/025^\circ$, $\sigma_2=87^\circ/153^\circ$, $\sigma_3=03^\circ/294^\circ$ ve PBT Axes yönteminde, gerilme oranı $(R)=0.47$, Rotasyonel Optimizasyon yönteminde gerilme katsayısı $(R')=1.68$ olarak belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri ile oluşan gerilme rejimi ve ilgili açıklamalar Çizelge 5.2’de sunulmuştur.



Şekil 5.14. İstasyon-13'te fayın etkisi ile karşı karşıya gelen Kaletepe Formasyonu'na ait kireçtaşları ve Göksun Ofiyolitleri.

Paleogerilme analizleri için fay düzlemi üzerinden ve fay zonundan toplanan tüm ölçümler **Çizelge 5.1**'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1. İnceleme alanı içerisindeki 13 istasyondan ölçülen fay düzlemi verileri.

Lokasyon	Koordinat		Ölçüm no	Doğrultu (°)	Eğim açısı (°) ve eğim yönü	Sapma (°)	Tür	Not
	Enlem	Boylam						
İstasyon-1	38.011°	37.305°	1	85	81K	15D	Sol	Yelpaze birimleri içerisinde ölçüm alınmıştır.
			2	80	80G	12D	Sol	
			3	90	79G	07D	Sol	
			4	83	85G	11D	Sol	
İstasyon-2	38.017°	37.268°	5	95	65G	10D	Sol	Fay etkisi ile kireçtaşı ve yamaç molozu birimleri karşı karşıya gelmiştir.
			6	105	78G	25D	Sol	
			7	106	64G	15D	Sol	
			8	120	70G	02D	Sol	
İstasyon-3	38.020°	37.230	9	105	70K	20D	Sol	Fay etkisi ile Çayderesi Formasyonu'na ait kireçtaşı ve Yoncayolu Formasyonu'na ait metamorfik birimlerini karşı karşıya gelmiştir.
			10	107	60K	15D	Sol	
			11	98	62G	10D	Sol	
			12	94	85K	60B	Sol	
			13	81	66G	70D	Sol	
İstasyon-4	38.029°	37.172°	14	89	64K	05B	Sol	Göksun ofiyolitlerine ait serpantinit birimi ve Yoncayolu Formasyonu'na ait kireçtaşları karşı karşıya gelmiştir.
			15	96	89G	01B	Sol	
			16	85	78G	04B	Sol	
			17	90	75G	15D	Sol	

Çizelge 5.1. İnceleme alanı içerisindeki 13 istasyondan ölçülen fay düzlemi verileri (devam ediyor).

Lokasyon	Koordinat		Ölçüm no	Doğrultu (°)	Eğim açısı (°) ve eğim yönü	Sapma (°)	Tür	Not
	Enlem	Boylam						
			18	91	84G	10B	Sol	
İstasyon-5	38.053°	37.036°	19	266	45K	-	Sol	Fay çizikleri gözlenmemiştir.
İstasyon-6	38.056°	37.029°	20	76	70K	05B	Sol	Fay bu ölçüm noktalarında, Göksun Ofiyolitleri'ne ait serpantinit birimini ve Yoncayolu Formasyonu'na ait şist, kireçtaşı birimlerini karşı karşıya getirmiştir.
			21	82	74K	10B	Sol	
			22	98	58K	07B	Sol	
			23	100	85K	06B	Sol	
			24	96	75K	05B	Sol	
			25	112	70K	06B	Sol	
İstasyon-7	38.057°	37.017°	26	65	80K	10B	Sol	
			27	102	86K	20D	Sol	
			28	60	72G	03B	Sol	
			29	73	83G	03B	Sol	
			30	86	79K	01B	Sol	

Çizelge 5.1. İnceleme alanı içerisindeki 13 istasyondan ölçülen fay düzlemi verileri (devam ediyor).

Lokasyon	Koordinat		Ölçüm no	Doğrultu (°)	Eğim açısı (°) ve eğim yönü	Sapma (°)	Tür	Not
	Enlem	Boylam						
İstasyon-8	38.064°	36.972°	31	97	65G	05B	Sol	Fayın gözlemlendiği yerlerde Ericek Formasyonu'na ait epiklastik ve piroklastik birimler ile Yoncayolu Formasyonu'na ait olduğu düşünülen kireçtaşlarını karşı karşıya getirmiştir.
			32	96	64G	05B	Sol	
			33	78	75G	10B	Sol	
			34	76	74K	03B	Sol	
			35	93	82K	03B	Sol	
İstasyon-9	38.065°	36.969°	36	-	-	-	-	Makaslanmış kireçtaşları gözlenmiştir.
İstasyon-10	38.071°	36.876°	37	90	66K	15B	Sol	Bölgedeki genç örtü biriminin kalın olması ve geniş bir alana yayılmasından dolayı bu fayın etkilediği birimlerin ilişkisi gözlenememiştir.
			38	65	60K	10B	Sol	
			39	64	71K	10B	Sol	
			40	80	84K	05B	Sol	
			41	50	82K	15D	Sol	
			42	48	66K	20B	Sol	

Çizelge 5.1. İnceleme alanı içerisindeki 13 istasyondan ölçülen fay düzlemi verileri (devam ediyor).

Lokasyon	Koordinat		Ölçüm no	Doğrultu (°)	Eğim açısı (°) ve eğim yönü	Sapma (°)	Tür	Not
	Enlem	Boylam						
İstasyon- 11	38.063°	36.738°	43	37	60G	05D	Sol	Fayın etkisinin Maden Volkanitleri'ne ait olduğu düşünülen epiklastik ve piroklastik kayalar ile Çayderesi Formasyonu'na ait rekristalize kireçtaşlarının karşı karşıya geldiği düşünülmektedir (?).
			44	60	80G	05B	Sol	
			45	55	65G	05B	Sol	
			46	50	85K	05B	Sol	
İstasyon- 12	38.041°	36.636°	47	85	82K	10D	Sol	Fay etkisinin, Çayderesi Formasyonu'na ait olan şist seviyeleri ve Göksun Ofiyolitleri'nin karşı karşıya geldiği düşünülmektedir (?).
			48	70	87K	30B	Sol	
			49	85	84K	15B	Sol	
			50	58	74G	10B	Sol	
			51	97	83G	10D	Sol	
			52	72	84K	10D	Sol	
İstasyon- 13	38.026°	36.602°	53	65	80G	10D	Sol	Kaletepe Formasyonu'na ait kireçtaşları ile Göksun Ofiyolitleri fayın etkisi ile karşı karşıya gelmiştir.
			54	67	88K	10B	Sol	
			55	75	79G	10B	Sol	
			56	77	76K	15D	Sol	

Saha çalışmaları sırasında ölçülen fay düzlemi ve fay çizdiği verilerinden paleogerilme analizleri yapılmıştır. Fay-kayma verilerinin elde edilmesi amacıyla, Damien Delvaux tarafından geliştirilen ve ücretsiz olarak servis edilen Win Tensor – Version 5.8.9 programı (Delvaux vd., 1997; Delvaux ve Sperner, 2003) kullanılmıştır.

Delvaux vd. (1997) yaptıkları çalışmada gerilim tensör tipini belirlemek için “**gerilim rejimi**” terimini kullanmışlardır. Gerilim rejimleri, dikey gerilme eksenlerinin konumuna göre 3 gruba ayrılır. Bunlar;

- σ_1 dikey olduğunda **genişlemeli (extensive)**
- σ_2 dikey olduğunda **doğrultu atımlı (strike-slip)**
- σ_3 dikey olduğunda: **sıkışmalı (compressive)**

olarak belirlenmiştir. Bu gruplamaya ek olarak gerilim rejiminin tipi, **gerilim oranı (R)**’nın fonksiyonuna göre de değişmektedir, Bunlar;

- σ_1 düşey, $0 < R < 0.25$ olduğunda **radyal genişlemeli (radial extensive)**
- σ_1 düşey, $0.25 < R < 0.70$ olduğunda **saf genişlemeli (pure extensive)**
- σ_1 düşey, $0.75 < R < 1$ ya da σ_2 dikey, $1 > R > 0.75$ olduğunda **genişlemeli makaslamalı (trans-tensive)**
- σ_2 düşey, $0.75 > R > 0.25$ olduğunda **saf doğrultu atımlı (pure strike-slip)**
- σ_2 düşey, $0.25 > R > 0$ ya da σ_3 düşey, $0 < R < 0.25$ olduğunda **sıkışmalı makaslamalı (trans-pressive)**
- σ_3 , düşey, $0.25 < R < 0.75$ olduğunda **saf sıkışmalı (pure compressive)**
- σ_1 düşey, $0.75 < R < 1$ olduğunda **radyal sıkışmalı (radial compressive)**

olarak belirlenmiştir. Delvaux vd. (1997) ayrıca gerilme rejimini sayısal olarak ifade edebilmek için değeri 0 ile 3 arasında değişen **gerilme katsayısı (R’)** kullanmışlardır ve ilişkiyi aşağıda belirtilen şekilde kurmuşlardır;

- σ_1 düşey olduğunda (genişlemeli gerilme rejimi): **$R' = R$**
- σ_2 düşey olduğunda (doğrultu atımlı gerilme rejimi): **$R' = 2 - R$**
- σ_3 düşey olduğunda (sıkışmalı gerilme rejimi): **$R' = 2 + R$**

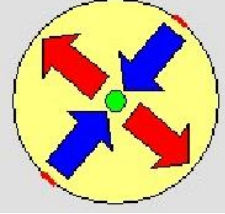
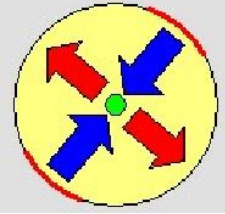
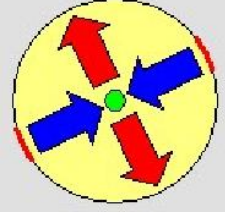
Delvaux vd. (1997) elde edilen tüm bu verileri, kullanımı kolay ve yalın olan bir şekil ile özetlemiştir (Şekil 5.15).

Stress tensor type	EXTENSIVE					STRIKE-SLIP				COMPRESSIVE			
Stress symbols													
Stress ratio R	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	0.75	0.5	0.25	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
Stress regime	Radial EXTENSIVE		Pure EXTENSIVE		TRANS- TENSIVE	Pure STRIKE-SLIP		TRANS- PRESSIVE	Pure COMPRESSIVE		Radial COMPRESSIVE		
Stress index R'	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
Determination of R'	R' = R					R' = 2 - R				R' = 2 + R			

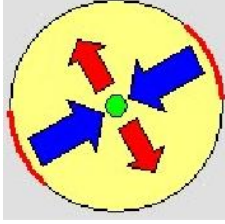
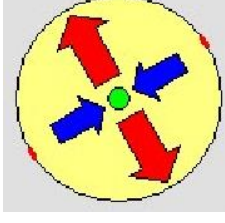
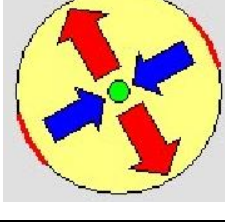
Şekil 5.15. Gerilme katsayısının (R') anlamının gerilme oranına (R) karşı gösterimi ve buna göre gerilme elipsoidinin ana eksenlerinin yönelimi (Delvaux vd., 1997).

Delvaux vd. (1997)'nin yaptığı bu geniş kapsamlı çalışmaya göre Çardak fay düzleminden ve fay çiziklerinden elde edilen ölçümlerin hangi gerilme rejimine karşılık geldiği aşağıdaki çizelgede paylaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çardak Fayı'nın gerilme rejiminin çoğunlukla saf doğrultu atımlı özellikte olduğu, bazı sonuçlarda ise sıkışmalı ya da genişlemeli makaslama doğrultu atım rejimini gösterdiği görülmüştür.

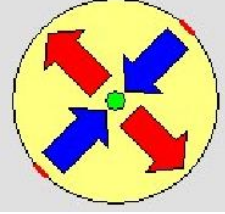
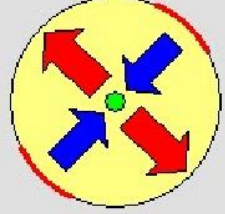
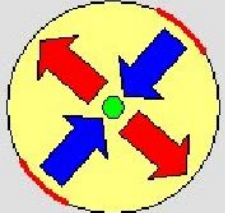
Çizelge 5.2. Çardak Fayı'ndaki fay-kayma verilerinden, elde edilen gerilme rejim tipleri

Lokasyon	Çözümleme Yöntemi	Asal Gerilme Eksenleri			Gerilme Oranı (R) ve Gerilme Katsayısı (R')	Gerilme Elipsoidi	Gerilme Rejimi
		σ_1	σ_2	σ_3			
İstasyon-1	PBT Axes	11/039	78/243	05/30	0.49 (R)		Saf Doğrultu Atım
	Rotasyonel Optimizasyon	08/039	76/274	11/131	1.59 (R')		Saf Doğrultu Atım
İstasyon-2	PBT Axes	23/065	66/228	06/332	0.49 (R)		Saf Doğrultu Atım

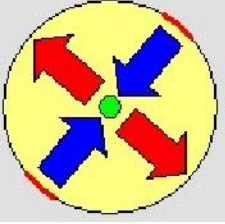
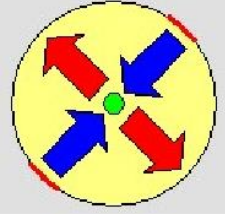
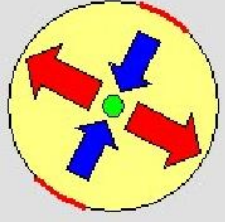
Çizelge 5.2. Çardak Fayı’ndaki fay-kayma verilerinden, elde edilen gerilme rejim tipleri (devam ediyor).

Lokasyon	Çözümleme Yöntemi	Asal Gerilme Eksenleri			Gerilme Oranı (R) ve Gerilme Katsayısı (R')	Gerilme Elipsoidi	Gerilme Rejimi
		σ_1	σ_2	σ_3			
	Rotasyonel Optimizasyon	22/060	68/245	02/151	1.8 (R')		Sıkışmalı-Makaslamalı
İstasyon-3	PBT Axes	08/059	80/281	07/149	0.76 (R)		Genişlemeli-Makaslamalı
	Rotasyonel Optimizasyon	08/059	80/279	07/150	1.35 (R')		Saf Doğrultu Atım

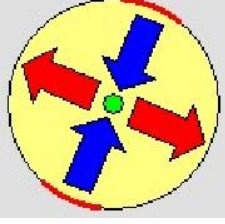
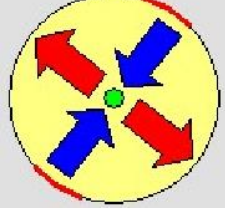
Çizelge 5.2. Çardak Fayı’ndaki fay-kayma verilerinden, elde edilen gerilme rejim tipleri (devam ediyor).

Lokasyon	Çözümleme Yöntemi	Asal Gerilme Eksenleri			Gerilme Oranı (R) ve Gerilme Katsayısı (R')	Gerilme Elipsoidi	Gerilme Rejimi
		σ_1	σ_2	σ_3			
İstasyon-4	PBT Axes	01/045	88/155	02/315	0.53 (R)		Saf Doğrultu Atım
	Rotasyonel Optimizasyon	01/044	87/153	03/314	1.38 (R')		Saf Doğrultu Atım
İstasyon-5/6/7	PBT Axes	11/222	74/024	03/131	0.5 (R)		Saf Doğrultu Atım

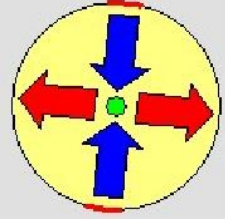
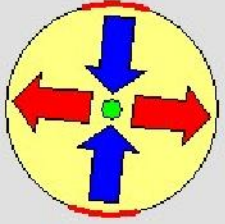
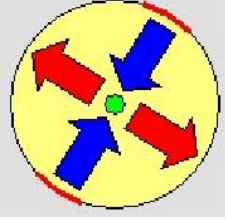
Çizelge 5.2. Çardak Fayı’ndaki fay-kayma verilerinden, elde edilen gerilme rejim tipleri (devam ediyor).

Lokasyon	Çözümleme Yöntemi	Asal Gerilme Eksenleri			Gerilme Oranı (R) ve Gerilme Katsayısı (R')	Gerilme Elipsoidi	Gerilme Rejimi
		σ_1	σ_2	σ_3			
	Rotasyonel Optimizasyon	08/221	81/062	03/311	1.49 (R')		Saf Doğrultu Atım
İstasyon-8/9	PBT Axes	02/044	80/147	10/314	0.48 (R)		Saf Doğrultu Atım
	Rotasyonel Optimizasyon	20//033	63/169	17/297	1.3 (R')		Saf Doğrultu Atım

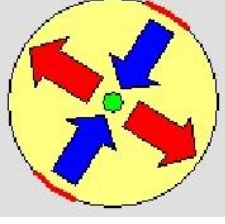
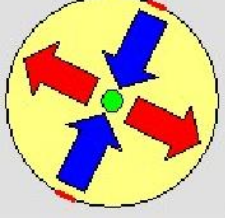
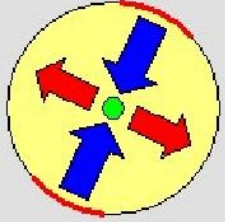
Çizelge 5.2. Çardak Fayı'ndaki fay-kayma verilerinden, elde edilen gerilme rejim tipleri (devam ediyor).

Lokasyon	Çözümleme Yöntemi	Asal Gerilme Eksenleri			Gerilme Oranı (R) ve Gerilme Katsayısı (R')	Gerilme Elipsoidi	Gerilme Rejimi
		σ_1	σ_2	σ_3			
İstasyon-10	PBT Axes	17/204	71/356	08/112	0.5 (R)		Saf Doğrultu Atım
	Rotasyonel Optimizasyon	29/224	55/008	17/124	1.47 (R')		Saf Doğrultu Atım

Çizelge 5.2. Çardak Fayı’ndaki fay-kayma verilerinden, elde edilen gerilme rejim tipleri (devam ediyor).

Lokasyon	Çözümleme Yöntemi	Asal Gerilme Eksenleri			Gerilme Oranı (R) ve Gerilme Katsayısı (R')	Gerilme Elipsoidi	Gerilme Rejimi
		σ_1	σ_2	σ_3			
İstasyon-11	PBT Axes	09/006	74/131	13/274	0.51 (R)		Saf Doğrultu Atım
	Rotasyonel Optimizasyon	07/006	75/124	13/274	1.49 (R')		Saf Doğrultu Atım
İstasyon-12	PBT Axes	05/212	85/057	02/302	0.5 (R)		Saf Doğrultu Atım

Çizelge 5.2. Çardak Fayı’ndaki fay-kayma verilerinden, elde edilen gerilme rejim tipleri (devam ediyor).

Lokasyon	Çözümleme Yöntemi	Asal Gerilme Eksenleri			Gerilme Oranı (R) ve Gerilme Katsayısı (R')	Gerilme Elipsoidi	Gerilme Rejimi
		σ_1	σ_2	σ_3			
	Rotasyonel Optimizasyon	21/039	54/161	28/297	1.47 (R')		Saf Doğrultu Atım
İstasyon-13	PBT Axes	02/026	88/203	00/296	0.47 (R)		Saf Doğrultu Atım
	Rotasyonel Optimizasyon	02/025	87/153	03/294	1.68 (R')		Saf Doğrultu Atım

5.2 Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) Tekniği ile Yaşlandırma

Tez çalışmasının ana başlıklarından birisi de Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) yaşlandırma tekniği kullanılarak Çardak Fayı'nın kayma hızının hesaplanmasıdır. Bu kapsamda Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü laboratuvarlarında toplanan numunelerden OSL yaşlandırması yapılmıştır. OSL yaşlandırmasının doğruluğuna doğrudan etki eden Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi (ICP-MS) tekniği çalışması da İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Mineraloji ve Petrografi laboratuvarlarında yapılmıştır.

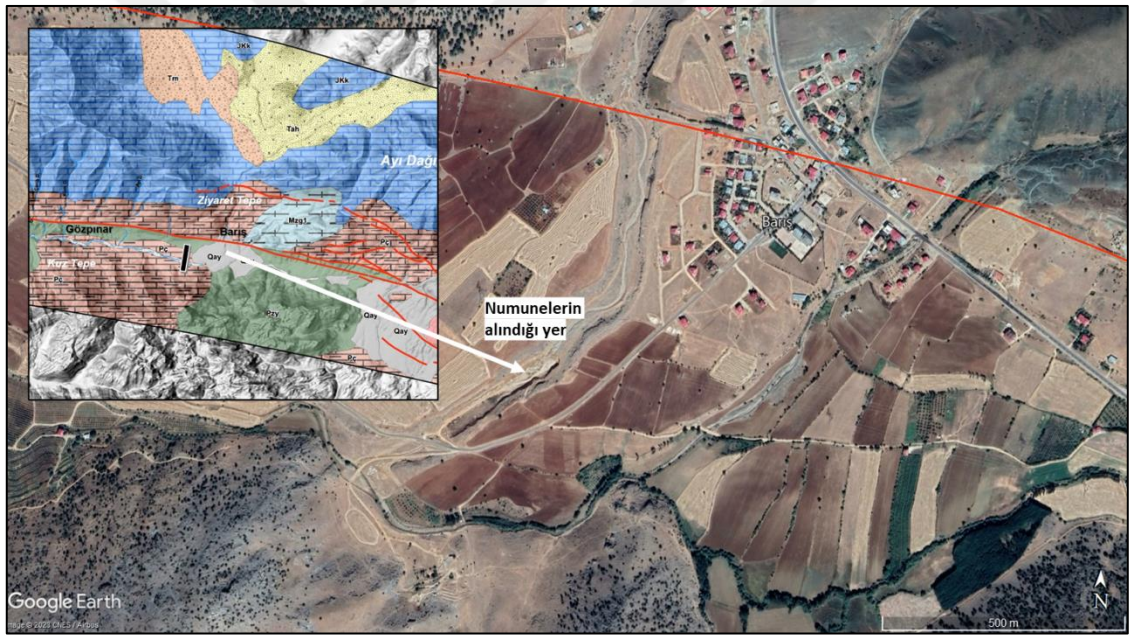
Lüminesans tekniği, jeokronoloji araştırma alanında önemli bir yere sahiptir. Geç Kuvaterner'de depolanan birimlerin gömülme tarihi, bu tekniklerle tespit edilebilmekte ve bu teknik üzerinde yapılan iyileştirmelerle hata payı % 3-10 olacak şekilde yaş tayini yapılabilen teknik, radyokarbon ve radyoizotop yaş tayini yöntemleri ile birlikte kullanılmaktadır (Şahiner vd., 2017). Lüminesans tarihlendirme; feldspat, kuvars benzeri doğal minerallerin dozimetre şeklinde davranarak soğurduğu iyonize radyasyonu dikkate almakta ve birim zamanda birim kütle başına soğurduğu enerjinin ölçümü temelli hesaplama çalışmasıdır. Uzay kökenli kozmik radyasyon ve ^{232}Th , ^{40}K , ^{87}Rb , doğal U serilerinin bozunmasıyla gelişen dalga veya partikül halindeki enerji tabiattaki düşük seviyeli iyonize radyasyonun kaynağıdır (Şahiner vd., 2017). Bu radyasyon, doğal minerallerin kristal yapısı içerisinde elektron birikmesine neden olur ve dışarıdan bir etki gelmediği sürece de birikmeye devam eder. Dışarıdan gelebilecek ışık, ısı, mekanik gibi bir etki birikimi bozar (Şahiner vd., 2017). Bu nedenden dolayı, tarihlendirilecek sedimanter birim seviyesinin bulunduğu noktada, ışık görmeyecek şekilde örnek alınması, laboratuvarda hedef minerallerin güvenli ışık şartlarında ayıklanması, kristal yapısında bulunan kapanların ve tuttuğu dozun kontrollü olarak araştırılması ile en son ışığa ve ısıya maruz kaldığı zamana ulaşılabilir (Şahiner vd., 2017). Bu uyarma işlemi ışık ile yapılacak olursa, buna Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) denir (Aitken, 1985).

5.2.1 Çardak Fayı'nın Kayma Hızının OSL Yaşlandırma Tekniği ile Belirlenmesi

Çardak Fayı'nın kayma hızının belirlenmesi amacıyla, OSL için kullanılacak numuneler, 2021 yılı Temmuz ayında yapılan saha çalışmalarında Kuvaterner yaşlı çökellerden toplanmıştır.

Yaşlandırmada kullanılacak numuneler Çardak Fayı'nın en doğu ucunda, fayın başlangıcı kabul edilebilecek Barış Mahallesi'nden alınmıştır. Buranın seçilmesinde önemli iki faktör vardır; birincisi fayın net bir şekilde jeolojik birimleri ötelediğinin görülmesi, ikincisi ise bu ötelenen birimlerden yaş verisi için numune alınabilecek olmasıdır.

Seçilen numunelerin bölgedeki en genç birimler olması ve Çardak Fayı tarafından kesilmesi dikkate alınmıştır. Bu bağlamda toplamda 3 adet olan numuneler, fayın çok net görüldüğü, alüvyon yelpazelerini sol yönlü ötelediği noktanın yaklaşık 600 m güneybatısında, mahalli birimler tarafından malzeme ocağı olarak kullanılan bölgeden alınmıştır (Şekil 5.16). Numunelerin alındığı noktaların koordinatları ve laboratuvar tarafından yaşlandırmada kullanılmak üzere istenen özellikleri Çizelge 5.3'te sunulmuştur.



Şekil 5.16. OSL numunelerinin alındığı noktanın Google Earth görüntüsü.

Çizelge 5.3. OSL yaş tayini için alınan numunelerin listesi.

Örnek Adı	Konum	Rakım	Gömü Derinliği (cm)	Enlem	Boylam	Numune Alma Şekli	Kabaca Beklenen Jeolojik Yaş
B-1	Barış	1344	30	38.0058°	37.3033°	Tüp	Kuvaterner
B-2		1345		38.0059°	37.3032°		
B-3		1341		38.0057°	37.3033		

5.2.1.1 Numune Alma Aşaması

Alınan numunelerin fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçecek olması, sonuçların teslim süresinin 6 aya kadar sürebilmesi sebebiyle yer seçimi yapılırken, seçim için nasıl bir yapıdaki sedimanter birimin alınacağı ve numune alınırken uygulanması gereken bazı önemli adımlar eksiksiz yerine getirilmiştir.

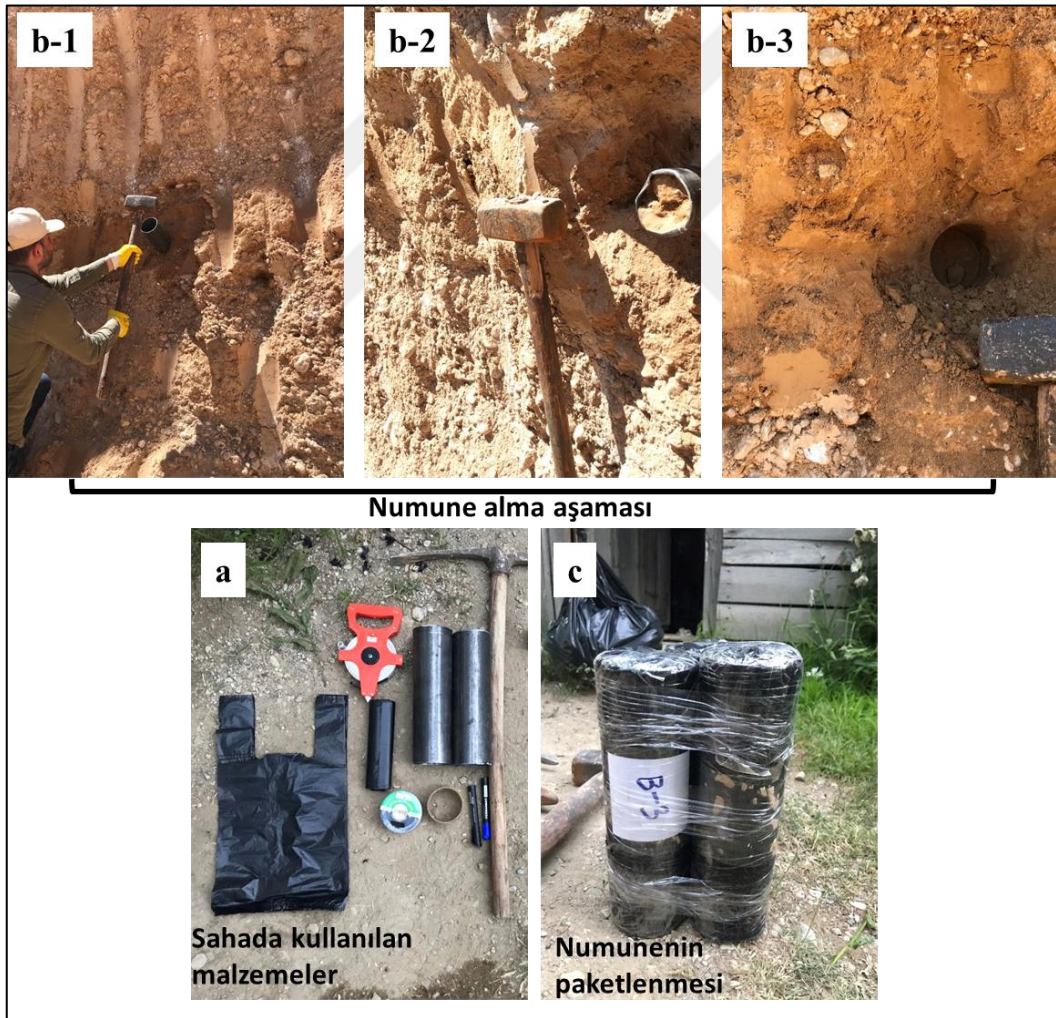
Numunenin alınabilmesi için gerekli malzemeler temin edilmiştir (**Şekil 5.17/a**). Sahada kullanılan malzemeler: Şerit metre, metal tüp, koyu ve güneş geçirmeyeceği düşünülen poşet, numune yerinin düzenlemek için sağlam saplı bir kürek, numuneyi zemine çakmak için kullanılacak sağlam saplı bir balyoz, yıllık doz hesabı için kullanılacak olan, alınan numuneyi temsil edecek toprak örneklerini koymak için sağlam poşet ve numunenin adını yazmak için su ve toza dayanıklı olan bir kalem olarak özetlenebilir.

Tedarik edilen malzemelerden en önemlisi numunenin muhafaza edileceği zemine uygun metal tüpün seçilmesidir. Tüp zemine balyoz yardımı ile çakılacağı için bir ucunun sivri olmasına dikkat edilmiştir. Numune alma aşamaları sırası ile aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

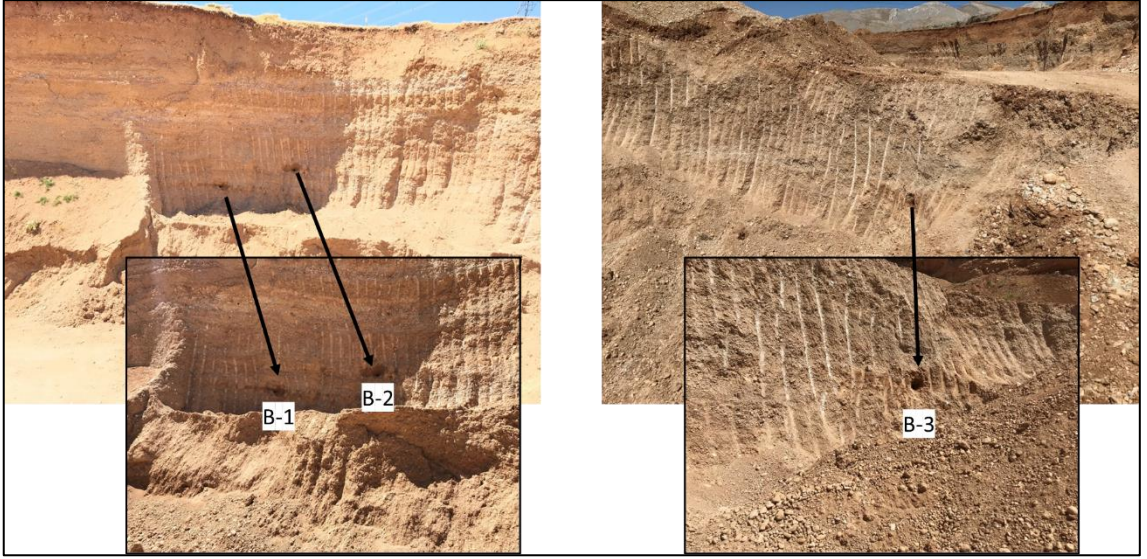
- Kozmojenik doz hatalarını en aza indirmek için numunenin derinliğinin yüzeyden en az 1 metre aşağıda olmasına ve numunenin orijinal tortul yapısı koruyan, ince orta kumlardan alınmasına dikkat edilmiştir.
- Boyu 30 cm ve çapı 10 cm olan metal tüpün içi tamamen dolana kadar balyoz yardımı ile zemine iyice gömülmüştür. (**Şekil 5.17/b-1, b-2**).

- Gömülme işlemi tamamlandıktan sonra çıkarma aşamasında numunenin çok fazla hareket ettirilmemesine dikkat edildi (şekil 5.17/b-3).
- Çıkarılan numune zaman kaybetmeden güneş geçirmeyen kalın poşetlerle paketleni (şekil 5.17/c).
- Her bir numunenin etrafından alınan toprak, yıllık doz tayinin için kullanılmak üzere paketleni.

Yukarıda anlatılan aşamalar eksiksiz bir şekilde yerine getirilerek Barış Mahallesi güneybatısında bulunan malzeme ocağından toplamda 3 adet numune alınmış oldu (şekil 5.18).



şekil 5.17. (a) OSL numunesi alınırken kullanılan ekipmanlar, (b-1, b-2, b-3) numune alma aşaması ve (c) numunenin muhafaza edilmesi.



Şekil 5.18. Barış Mahallesi'nde malzeme ocağında gözlenen alüvyon yelpazelerinden alınan B-1, B-2 ve B-3 numunelerinin konumları.

5.2.1.2 Numunenin Yaşlandırılma İşlemi

Temmuz 2021'de tamamlanan saha çalışmalarının ardından toplanan OSL yaşlandırması için kullanılacak 3 adet tüp numunesi, yıllık doz hesaplamalarında kullanılacak olan ve her bir numuneyi temsil eden poşet numuneleri, Ağustos 2021 yılında Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü laboratuvarlarına teslim edilmiştir.

ICP-MS için alınan numuneler, Ağustos 2021 yılında İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Mineraloji ve Petrografi Laboratuvarlarına teslim edilmiştir. Bu teknik ile elde edilen uranyum, toryum, rubidyum ve potasyum element değerleri OSL yaşlandırmasının doğrulanmasında kullanılmıştır. Laboratuvarlara gönderilen numunelerden ICP-MS değerlerini içeren sonuçlar Aralık-2021'de, OSL yaşlandırma değerlerini içeren sonuçları Haziran 2022'de teslim edilmiştir. ICP-MS değerleri **Çizelge 5.4**'te, OSL yaşlandırma sonuçları da **Çizelge 5.5** ve **Çizelge 5.6**'da sunulmuştur.

Çizelge 5.4. Numunelerin ICP-MS sonuçları

Lab. Kodu	Numune Adı	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Toplam	
336	B-1	25.973	0.342	4.575	2.496	0.074	10.746	54.518	0.301	0.699	0.090	99.814	
337	B-2	19.840	0.310	4.096	2.267	0.070	7.556	64.720	0.249	0.615	0.088	99.812	
338	B-3	20.728	0.312	4.137	2.161	0.068	10.715	60.705	0.272	0.643	0.091	99.832	
338	B-3	21.291	0.316	4.020	2.157	0.063	10.403	60.617	0.252	0.624	0.091	99.834	
		Li	Sc	V	Cr	Co	Ni	Ga	Ge	Rb	Sr	Y	
336	B-1	14.028	7.713	113.381	124.919	12.170	32.515	9.258	0.723	33.395	162.935	12.249	
337	B-2	15.546	7.395	108.249	231.414	11.784	33.610	7.985	0.404	29.412	179.970	10.983	
338	B-3	16.721	6.945	109.131	97.758	10.595	24.381	8.855	0.668	30.361	194.376	12.400	
338	B-3	15.388	7.123	104.624	104.225	10.307	23.486	8.137	0.955	29.782	185.800	11.636	
		Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	
336	B-1	80.819	6.420	2.497	145.114	15.166	34.670	3.785	13.115	2.709	0.622	2.422	
337	B-2	69.028	5.528	2.181	129.937	14.022	29.578	3.385	11.887	2.363	0.519	2.106	
338	B-3	73.752	6.270	2.175	130.200	14.444	31.948	3.449	12.676	2.297	0.569	1.997	
338	B-3	70.157	6.349	2.005	126.578	14.122	31.352	3.438	11.999	2.436	0.519	2.032	
		Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Pb	Th	U
336	B-1	0.271	1.892	0.367	1.149	0.157	1.009	0.154	2.135	0.511	32.482	3.735	2.511

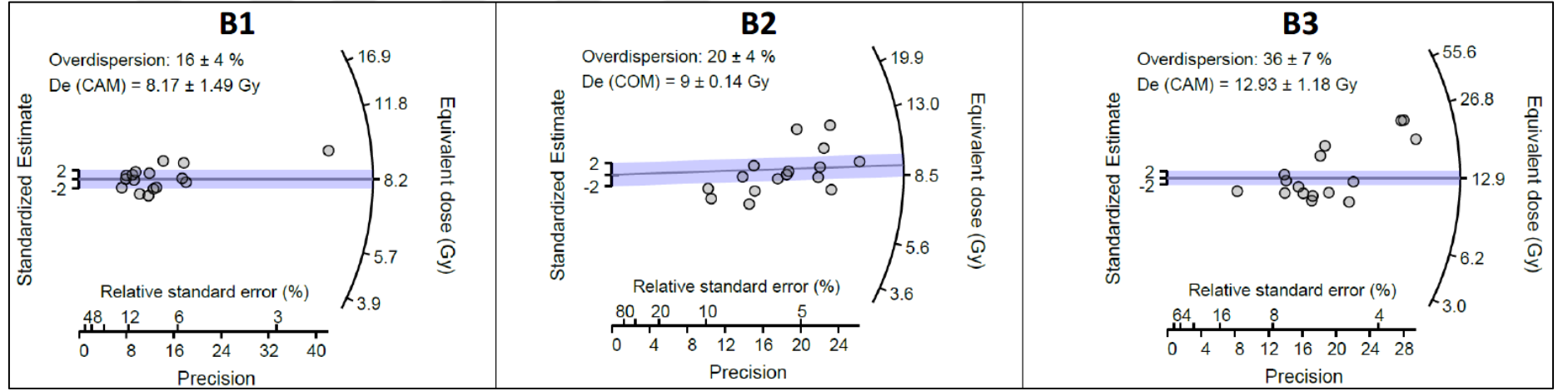
Çizelge 5.4. Numunelerin ICP-MS sonuçları (devam ediyor).

	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Pb	Th	U	
337	B-2	0.294	1.724	0.329	0.933	0.138	0.875	0.128	1.871	0.393	8.609	3.049	2.113
338	B-3	0.292	1.807	0.366	1.162	0.166	1.012	0.166	1.610	0.442	8.919	3.519	2.381
338	B-3	0.285	1.813	0.356	1.049	0.155	1.026	0.138	1.661	0.412	9.140	3.313	2.253

Çizelge 5.5. Numunelerin lüminesans tarihleme özeti (radyonüklid konsantrasyonlar, ICP-MS sonuçlarından elde edilmiştir).

Numune	Derinlik	Tane	Eşdeğer	OD	U	Th	K	Kozmik	Doz Oranı	CAM Yaş (ka)
Adı	(m)	Boyutu	Doz (Gy)	(%)	(ppm)	(ppm)	(%)	Doz	(mGy/yr)	
		(µm)	CAM					(mGy/yr)		
B-1	0.3	90-140	8.2±1.5	16±4	2.51	3,73	0.58	0.29±0.03	1.36±0.07	6.02±1.13
B-2	0.3	90-140	9.0±0.14	20±4	2.11	3,05	0.51	0.29± 0.03	1.21±0.06	7.50±0.39
B-3	0.3	90-140	12.9±1.2	36±7	2.32	3,42	0.53	0.29±0.03	1.27±0.06	10.22±1.01

Çizelge 5.6. Numunelerin radyal grafik özeti



Sonuç olarak OSL yaşlandırmalarına göre **B-1** numunesinin yaşı **6020±1130** yıl, **B2** numunesinin yaşı **7500±390** yıl ve **B3** numunesinin yaşı **10220±1010** yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.1.3 Kayma Hızının Hesabı

Literatür incelendiğinde, DAFS kuzey kolunun en uzun segmenti olan 85 km'lik Çardak Fayı'nın kayma hızı ile ilgili yapılan çalışmaların çok sınırlı olduğu görülmektedir. Duman ve Emre (2013), Çardak Fayı'nın Barış ve Gözpınar arasında izlenen kazınmış nehirlerdeki büyük alüvyal yelpazelerde toplam 100-135 metre arasında değişen sistematik sol yanal ötelenmeler gözlemiş, fayın Ekinözü batısında Ceyhan Nehri kanalını kestiğini, 3 km genişliğindeki alanda, 11 km uzunluğunda sol yanal bir büküm yapısı oluşturduğunu ve bu uzunluğun da fayın meydana getirdiği toplam atım olduğunu düşünmüşlerdir. Ayrıca Çardak ve Fındık arasında Kuvaterner yaşlı alüvyon yelpazelerini de sistematik bir şekilde sol yanal ötelelediğini belirtmişlerdir. Fındık civarında ötelenen dere yataklarının ortalamasının da 60 m olduğunu ve bu değer yıllık 2,5 mm/yıl ötelenme miktarına denk geldiğini söylemişlerdir.

Çardak Fayı'nın tez çalışmasına ana başlıklardan biri olan kayma hızının hesaplanacağı, OSL numunelerinin de toplandığı Barış Mahallesi'ndeki alüvyon yelpazelerinde Temmuz 2021 ve Kasım 2022'de yapılan saha çalışmalarında fayın yatay atıma ek olarak düşey atım mekanizması da geliştirdiği gözlenmiştir. Alüvyon yelpazesinin bölgede en üst seviyesini oluşturan karbonat çimentolu çakıltaşlarının üst seviyesi takip edildiğinde, kuzey bloğun güney bloktan daha yukarıda olduğu görülmektedir (**Şekil 5.19**). Bu düşey atımın saha ölçümleri ile yaklaşık **4±0,5** metre yatay atım da **25±1** metre olarak hesaplanmıştır (**Şekil 5.20**).

Kayma hızı hesabına geçmeden önce belirtilmesi gereken önemli bir püf nokta vardır. Kayma hızı hesabı, numunenin alındığı gevşek, ince-kaba çakıllı, yer yer siltli, ince-kaba kumlu birimin üstündeki sert, karbonat çimentolu çakıltaşlarında yapıldığı dikkate alınmalı, OSL yaşlandırılmasında elde edilen yaş verileri bu birimin jeolojik yaşından daha yaşlı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Yani elde edilen en genç yaş verisinden (6020±1130 yıl) kayma hızının hesaplandığı birim daha gençtir.



Şekil 5.19. Çardak Fayı'nın Barış Mahallesi civarında gözlenen alüvyon yelpazesinde meydana getirdiği düşey atım (bakış doğuya).



Şekil 5.20. Çardak Fayı'nın Barış Mahallesi civarında gözlenen alüvyon yelpazesinde meydana getirdiği yatay atımın Google Earth görüntüsü.

Kayma hızı hesabı yapılırken, en genç OSL yaş verisinden yola çıkılarak 6020 yaşındaki birimde yatayda toplamda 25 m atım meydana getiren fayın bir yılda yaptığı atımın 4mm/yıl, düşeyde toplamda 4 m atım meydana getiren fayın bir yılda yaptığı atımın 0,6mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Gerçek atım ise bu iki atımın bileşeni olduğundan **4,04 mm/yıl** olarak hesaplanmıştır. Böylece atımı hesaplanan birimin yıllık kayma hızının 4,04 mm/yıl değerinden az olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak Çardak Fayı'nın yüzeydeki kayma hızının büyüklüğünün 4,04 mm/yıl değerinden daha düşük olduğu yorumu yapılabilir.

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

DAFS, Doğu Akdeniz Bölgesi'nin en önemli deprem kaynağıdır. Sol yanal doğrultu atımlı transform nitelikli bu fay sistemi ile, sağ yanal doğrultu atımlı yine bir diğer transform yapı olan Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile Anadolu mikro plakasının batıya doğru hareket etmesini sağlamaktadır. Bingöl'ün Karlıova ilçesinden Antakya'ya kadar uzanan DAFS 580 km uzunlukta olup Adıyaman'ın Çelikhan ilçesinde kuzey ve güney (ana) kola ayrılır. Kuzey kol yaklaşık 350 km boyunca İskenderun Körfezi'ne uzanır. Bu kolun en uzun parçası genelde D-B doğrultusuna sahip 85 km uzunluktaki sol yanal doğrultu atımlı Çardak Fayı segmentidir. Çardak Fayı, doğuda Nurhak Fay Komplexi ve batıda Göksun Büklümü yapılarıyla sınırlandırılmıştır (Duman ve Emre, 2013).

Çardak Fayı doğrultusu boyunca yayılım gösteren kayalar Neojen öncesi temel ile Neojen ve sonrası örtü birimleri olarak iki grup altında incelenmiştir. Çalışma sahasının büyük bölümünü Permo-Karbonifer'den Geç Kampaniyen'e kadar yaş dağılımı gösteren temel kayalar oluşturur. Çardak Fayı boyunca bu kaya türleri Eosen volkanitleri ve Kuvaterner çökeli birimleri ile karşı karşıya gelmektedir. Tez sahasının batısında geniş bir alanda gözlenen, Orta-Geç Miyosen yaşlı kırıntılı sedimanter birimlerden oluşan Salyan Formasyonu, Salyan ve Aslanbeyçiftliği Mahallesi ve yakın çevrelerinde, Kuvaterner çökelleri ile fay boyunca karşı karşıya gelmiştir. Bunlarla birlikte Çardak Fayı birçok yerde Kuvaterner çökellerinde, nehir ve derelerde belirgin sol yanal ötelenmelere neden olmuştur. Kuvaterner çökelleri ve Çardak Fayı'nın etkileşimi en çarpıcı şekilde bu tezin yaş numunelerinin de alındığı Barış yöresindeki yelpazede izlenmektedir. Ceyhan Nehri fayın neden olduğu toplam yer değiştirme için, ikincil dere sistemleri de Holosen dönemi yer değiştirmeleri hakkında bilgiler sunmaktadır.

Tamamlanan bu tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Tez yazım aşamasının büro çalışmaları kısmında mevcut literatür incelenmiş ve bu incelemelere dayalı fay kuşak haritası oluşturulmuştur. Morfotektonik analizler için de 10 metre hassasiyetinde sayısal yükseklik verileri kullanılarak bu verilerden sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur. Oluşturulan SYM analizleri sonucunda, gözlenen çizgisellik ve ötelenmeler de dikkate alınarak arazi programında özellikle kontrol edilmesi gereken hedef bölgeler belirlenmiştir.

- Saha çalışmaları sırasında paleogerilme analizleri için Çardak Fayı boyunca fay-kayma verileri, toplamda 56 adet olmak üzere 13 istasyondan ölçülmüştür. Ölçümler, Delvaux tarafından geliştirilen ve ücretsiz olarak servis edilen Win Tensor bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir. Bu program ölçümlerden elde edilen bilgiyi kullanarak fayın asal gerilme eksenleri, gerilme oranı, gerilme katsayısı değerlerini vermektedir. Delvaux vd. (1997) elde edilen gerilme oranı ve gerilme katsayısı değerlerini kullanarak gerilme rejiminin belirlendiği bir çalışma yapmıştır. Sonuç olarak Çardak Fayı'nın gerilme rejiminin bir bütün olarak saf sol yanal doğrultu atımlı olduğu bazı gerilme katsayısı değerlerine göre de sıkışmalı makaslamalı rejimde olduğu saptanmıştır.
- Koç ve Kaymakcı (2013) yaptıkları çalışmalarında Çardak Fayı'nı, Sürgü Fay Zonu olarak adlandırmıştır. Bu zonun batıdan fayın sekme yaptığı yere kadar Göksun Segmenti ve fayın sağa sekme yaptığı yerden Nurhak'a kadar Ericek-Derbent Segmenti olarak isimlendirmiştir. Yaptıkları paleogerilme analizlerine göre Göksun Segmenti'nin güçlü bir ters atım bileşenli doğrultu atımlı bir rejim gösterdiğinin, sekme yapısından sonra da doğudaki segmentin batı ucunun yine ters atım bileşeni olan sağ yönlü doğrultu atımlı bir yapıda olduğu sonucuna varmışlardır. Sahada ölçülen fay kayma değer sonuçları, 6 Şubat 2023'te meydana gelen 7.6 Mw büyüklüğündeki Elbistan Depremi'nin oluşturduğu yüzey kırıkları ve devlet kurumları, üniversiteler tarafından hazırlanan deprem raporları incelendiğinde Çardak Fayı'nın yaklaşık 85 km'lik uzunluğu boyunca sağ yönlü doğrultu atım mekanizması göstermediği anlaşılmaktadır.
- Fay kayma hızının belirlenmesi için Barış Mahallesi'nde ötelenmiş olan Holosen yaşlı alüvyon yelpazelerinden 3 adet numune alınmış ve OSL yöntemi ile yaşlandırılmıştır. Bunlardan B1 numunesi için 6020 ± 1130 yıl, B2 numunesi için 7500 ± 390 yıl ve B3 numunesi için 10220 ± 1010 yıl yaşları elde edilmiştir. Bu numuneler, arazideki atım miktarı yatayda 25 ± 1 metre, düşeyde $4 \pm 0,5$ metre olan sert, karbonat çimentolu alüvyon yelpazesi biriminin altındaki daha gevşek olan sedimanter birimlerden alınmıştır. Elde edilen yaş verileri ve yelpazenin en üstündeki birimin atım miktarına göre Çardak Fayı'nın kayma hızı 4,04 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

- Barış yelpazesinde atım miktarı ölçülen yüzeyde de gözlenen birimin yaşının, numunelerin alındığı birimden daha genç olduğu bilindiği için yüzeydeki kayma hızının 4,04 mm/yıl değerinden daha az olduğu yorumu yapılabilmektedir. Çardak Fayı'nın Barış civarında alüvyon yelpazelerinden elde edilen bu kayma hızı değerinin Duman ve Emre (2013) tarafından önerilen 2,5 mm/yıl ve Westaway (2003) tarafından önerilen 2 mm/yıl'dan daha fazla olabileceğini göstermektedir.
- Çardak Fayı'nın tarihsel dönem kayıtlarına göre 1544 yılında 6.8 büyüklüğünde deprem ürettiği aletsel dönemde ise çok ciddi büyüklüklerde depremler üretmediği ve Türkiye'deki yerbilimciler tarafından da bu fay ile ilgili çok sınırlı sayıda çalışmanın yapıldığı bilinmekteydi. Tez çalışması sırasında 6 Şubat'ta meydana gelen depremler bu fay için bir dönüm noktası niteliğinde olacaktır. Çünkü meydana gelen ikinci büyük deprem olarak adlandırılan Elbistan Depremi'nin kaynağı Çardak Fayı'dır. Bu deprem 7.6 Mw büyüklüğünde olup odak derinliği 7 km olan sığ bir depremdir ve neredeyse fayın 85 km'lik uzunluğunun tamamında yüzey kırığı geliştirmiş. Ne yazık ki deprem sonucunda çevresindeki illerde, ilçelerde mahallelerde ve daha küçük yerleşim yerlerinde can ve mal kayıplarına neden olmuştur.
- Doğu Anadolu Fayı'nın yan kolu olmasına rağmen bu denli büyük bir deprem üretmesi Çardak Fayı'nın önemini ortaya çıkarmaktadır. Eldeki sınırlı veriye göre bu fayın yaklaşık 500 yıllık bir sismik boşluktan sonra kırıldığı görülmektedir. Fayın mekanizmasının, geometrisinin ve deprem tekrarlanma sıklığının daha iyi anlaşılması ve sismik boşluklar ile ilgili elle tutulur veri topluluğu oluşturması adına yerbilimciler tarafından paleosismolojik hendek çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- AFAD. 2023. "06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Depremleri Saha Çalışmaları Ön Değerlendirme Raporu Deprem Dairesi Başkanlığı, 24 Şubat 2023".
- Aitken, M. J. 1985. "Thermoluminescence dating. Academic press, Orlando, Florida".
- Aksu, A. E., Calon, T. J., Hall, J., Mansfield, S., Doğan, Y. 2005a. "The Cilicia–Adana basin complex, Eastern Mediterranean: Neogene evolution of an active fore-arc basin in an obliquely convergent margin". *Marine Geology*, 221(1–4), 121–159.
- Aksu, A. E., Calon, T. J., Hall, J., Yaşar, D. 2005b. "Origin and evolution of the neogene iskenderun basin, Northeastern Mediterranean Sea". *Marine Geology*, 221(1–4), 161–187.
- Aktuğ, B., Özener, H., Doğru, A., Sabuncu, A., Turgut, B., Halıcıoğlu, K., ... Havazlı, E. 2016. "Slip rates and seismic potential on the East Anatolian Fault System using an improved GPS velocity field". *Journal of Geodynamics*, 94–95, 1–12.
- Allen, C. R. 1969. "Active Faulting in Northern Turkey. Contribution No: 1577, Division of Geological Sciences, California. Institute". *Technology*, 32.
- Ambraseys, N. N. 1988. "Engineering seismology: part II". *Earthquake engineering & structural dynamics*, 17(1), 51–105.
- Ambraseys, N. N. 1989. "Temporary seismic quiescence: SE Turkey". *Geophysical Journal International*, 96(2), 311–331.
- Ambraseys, N. N. 2010. "Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900. Cambridge University Press". *Geological Magazine*, 147(6), 987–988.
- Ambraseys, N. N., Finkel, C. F. 1987. "Seismicity of Turkey and neighbouring regions, 1899-1915". *Annales Geophysicae*, 5(6), 701–726.
- Ambraseys, N. N., Finkel, C. F. 1995. "The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas: A Historical Review, 1500–1800". Eren Yayıncılık ve Kitapçılık Ltd.

- Ambraseys, N. N., Jackson, J. A. 1998. "Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region". *Geophysical Journal International*, 133(2), 390–406.
- Arger, J., Milcheli, J., Westaway, R. 1996. "Neogene and Quaternary volcanism of eastern Turkey: Potassium-Argon dating and its tectonic implications". *Open-file Science Reports*, 1.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert, A., Barka, A. 1999. "Westward propagation of the North Anatolian fault into the northern Aegean: Timing and kinematics". *Geology*, 27(3), 267–270.
- Arpat, E. 1971. "22 Mayıs, 1971 Bingöl Depremi - Ön Rapor. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No: 4697, Ankara".
- Arpat, E., Şaroğlu, F. 1972. "Doğu Anadolu Fayı İle İlgili Bazı Gözlemler ve Düşünceler". *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 78, 44–50.
- Arpat, E., Şaroğlu, F. 1975. "Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar". *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18(1–2), 91–101.
- Ayhan, E., Alsan, E., Sancaklı, N., Üçer, S. B. 1981. "Turkey and surrounding earthquake catalogue 1881–1980". Istanbul: Bogaziçi University Publications.
- Aziz, A., Erekmann, B., Meşhur, M., Kurt, G. 1981. "Pınarbaşı (Kayseri), Sarız (Kayseri), Gürün (Sivas) ve Darende (Malatya) ilçeleri arasında kalan alanın jeolojisi Raporu: TPAO Arama Grubu Başkanlığı, Rapor No: 1601 (yayımlanmamış)".
- Aziz, A., Meşhur, M., Serdar, H. S. 1979. "Sarız-Pınarbaşı-Kaynar dolayının jeolojisi ve hidrokarbon olanakları: TPAO Rapor No:1257, Ankara (yayımlanmamış)".
- Balkaya, M., Akyüz, H. S., Özden, S. 2021. "Sürgü ve Çardak Faylarının (Doğu Anadolu Fay Zonu) Paleosismolojisi. ATAG-24. Çalıştay, 16-18 Kasım 2021".
- Barka, A., Kadinsky-Cade, K. 1988. "Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity". *Tectonics*, 7(3), 663–684.

- Barka, A., Reilinger, R. 1997. "Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data". *Annals of Geophysics*, 3(40).
Tarihinde adresinden erişildi <https://www.earth-prints.org/handle/2122/1520>
- Başarır Baştürk, N., Özel, N. M., Altınok, Y., Duman, T. Y. 2017. "Türkiye ve yakın çevresi için geliştirilmiş tarihsel dönem (MÖ 2000-MS 1900-) deprem katalogu. Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı (Ed. T.Y. Duman)". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın, 87–92.
- Baydar, O. 1989. "Berit-Kandil dağları (Kahramanmaraş) ve civarının Jeolojisi, İnst. Üniv. Bilimleri Enst., Doktora Tezi, İstanbul, 248 s."
- Bedi, Y., Şenel, M., Usta, D., Özkan, M. K., Beyazpirinç, M. 2004. "Binboğa Dağları'nın Jeolojik Özellikleri ve Batı-Orta Toroslar'daki Benzer Birimler ile Deneştirilmesi, 57.Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 271-272".
- Bedi, Y., Usta, D., Özkan, M. K., Beyazpirinç, M., Yıldız, H., Yusufoglu, H. 2005. "Doğu Toroslar'da (Göksun-Sarız-Elbistan) Allohton İstiflerin Tektono-Stratigrafik Özellikleri: 58.Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 262-263".
- Bedi, Y., Yusufoglu, H., Beyazpirinç, M., Özkan, M. K., Usta, D., Yıldız, H. 2009. "Doğu Toroslar'ın Jeodinamik Evrimi (Afşin-Elbistan-Göksun-Sarız Dolayı)". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Bertrand, S., Meghraoui, M., McClusky, S., Altunel, E., Ergintav, S., Reilinger, R. 2006. "Present-day crustal motions at the triple junction between the Dead Sea Fault, the East Anatolian Fault and the Cyprus Arc (SE Turkey)". *Eur. Geosci. Union Geophys. Res. Abstr*, 8.
- Beyarslan, M., Bingöl, A. F., Erdem, E. 2005. "Adıyaman-Kahramanmaraş-Malatya üçgenindeki ofiyolitik melanjlara için tektono-magmatik model: 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu, 58-59."
- Bozkurt, E. 2001. "Neotectonics of Turkey-a synthesis". *Geodinamica Acta*, 14(1–3), 3–30.

- Çetin, H., Güneyli, H., Mayer, L. 2003. "Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey". *Tectonophysics*, 374(3–4), 163–197.
- Chorowicz, J., Luxey, P., Lyberis, N., Carvalho, J., Parrot, F., Yürür, M. T., Gündoğdu, N. 1994. "The Maraş Triple Junction (southern Turkey) based on digital elevation model and satellite imagery interpretation". *Journal of Geophysical Research*, 99(10), 20225–20242.
- Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Petit, C., Levi, K., Miroshnichenko, A., Ruzhich, V., San'kov, V. 1997. "Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia, Part 2. Cenozoic rifting". *Tectonophysics*, 282(1–4), 1–38.
- Delvaux, D., Sperner, B. 2003. "New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program". *Geological Society Special Publication*, 212, 75–100.
- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Şaroglu, F., Şengör, A. M. C. 1986. "Shortening of continental lithosphere: The neotectonics of Eastern Anatolia - A young collision zone". *Geological Society Special Publication*, 19, 1–36.
- Duman, T. Y., Çan, T., Emre, Ö., Kadirioğlu, F. T., Başarır Baştürk, N., Kılıç, T., Arslan, S., Özalp, S., Kartal, R. F., Kalafat, D. 2017. "Türkiye Sismotektonik Haritası". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Özel Yayın Serisi-34, Ankara-Türkiye.
- 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., Özal, N. M., Ergintav, S., Akkar, S., Altıntok, Y., Tekin, S., Cingöz, A., Kurt, A. İ. 2018. "Seismotectonic database of Turkey". *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(8), 3277–3316.
- Duman, T. Y., Emre, Ö. 2013. "The East Anatolian Fault: Geometry, segmentation and jog characteristics". *Geological Society Special Publication*, 372(1), 495–529.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H. 2010. "8 Mart 2010 Başyurt-Karakoçan (Elazığ) Depremi Değerlendirme Raporu. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Rapor No: 11298, 28s., Ankara".

- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. 2011a. "1:250,000 Scale Active Fault Map Series of Turkey, Adana (NJ 36–12) Quadrangle. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publications, Ankara, Serial Number: 33".
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. 2011b. "1:250,000 Scale Active Fault Map Series of Turkey, Aksaray (NJ 36–7) Quadrangle. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Serial Number: 26".
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. 2011c. "1:250,000 Scale Active Fault Map Series of Turkey, Kayseri (NJ 36–8) Quadrangle. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publications Ankara, Serial Number: 32".
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F. 2013. "Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, (Özel Yayın Serisi: 30).
- 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.
- Erdoğan, B. 1975. "IV. Bölge Gölbaşı civarının jeolojisi: TPAO Rapor No: 917 (yayımlanmamış)".
- Ergin, K., Güçlü, U., Aksay, G. 1971. "A catalog of earthquakes of Turkey and surrounding area (1965–1970)". Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Institute of Physics of the Earth, 28(184).
- Ergin, M., Aktar, M., Eyidoğan, H. 2004. "Present-day seismicity and seismotectonics of the Cilician basin: Eastern Mediterranean region of Turkey". Bulletin of the Seismological Society of America, 94(3), 930–939.
- Eyidoğan, H. 1983. "Bitlis-Zagros bindirme ve kıvrımlı kuşağının sismotektonik özellikleri. Doktora Tezi, İTÜ Maden Fakültesi, 111 s."

- Eyidoğan, H., Gl, U., Utku, Z., Değirmenci, E. 1991. "Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900- 1988). İT Maden Fakültesi, Jeofizik Mhendisliği Bölümü, İstanbl."
- Güçlü, U., Altınbaş, G., Eyidoğan, H. 1986. "A Catalog of Earthquakes of Turkey and Surrounding Area (1971–1975). Technical Report, İstanbl Technical University, Faculty of Mines, no. 30."
- Guidoboni, E. 1994. "Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century". Istituto Nazionale di Geofisica, Rome (C. 55).
- Guidoboni, E., Comastri, A. 2005. "Emanuela Guidoboni/AlbertO Comastri, Catalogue of earthquakes and tsunamis in the Mediterranean area from the 11th to the 15th century". Istituto Nazionale di Geofisica, Rome, 100(2), 854–856.
- Glen, L., Barka, A., Toksz, M. N. 1987. "Continental collision and related complex deformation: Maras triple junction and surrounding structures, SE Turkey". Hacettepe University Earth Science Journal, 14, 319–336.
- Hall, J., Aksu, A. E., Calon, T. J., Yaşar, D. 2005. "Varying tectonic control on basin development at an active microplate margin: Latakia Basin, Eastern Mediterranean". Marine Geology, 221(1–4), 15–60.
- Hall, J. K., Udintsev, G. B., Odnikov, Y. Y., Krasheninnikov, V. A. 1994. "The bottom relief of the Levantine Sea". Geologic Structure of the Northeastern Mediterranean: Jerusalem (Historical Productions-Hall Ltd.), 5–32.
- Hancılar, U., şeşetyan, K., aktı, E., şafak, E., Yenihayat, N., Malcıoğlu, F., ... Sleyman, H. 2023. "Kahramanmaraş-Gaziantep Türkiye M 7.7 Earthquake, 6 February 2023 (04:17 GMT+03:00) Strong Ground Motion and Building Damage Estimations Preliminary Report (v6)".
- Hempton, M. R. 1985. "Structure and deformation history of the Bitlis suture near Lake Hazar, southeastern Turkey". GSA Bulletin, 96(2), 233–243.
- Hempton, M. R. 1987. "Constraints on Arabian Plate motion and extensional history of

- the Red Sea". *Tectonics*, 6(6), 687–705.
- Hempton, M. R., Dewey, J. F. 1983. "Earthquake-induced deformational structures in young lacustrine sediments, East Anatolian Fault, southeast Turkey". *Tectonophysics*, 98(3–4), 7–14.
- Hempton, M. R., Dewey, J. F., Şaroglu, F. 1981. "The East Anatolian transform fault: along strike variations in geometry and behavior". *Transactions, American Geophysical Union*, 62, 393.
- Herece, E. 2008. "Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası". Meden Tetlik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Özel Yayın Serisi No:13.
- Herece, E., Akay, E., Küçümen, Ö., Sarıaslan, M. 1992. "Elazığ-Sivrice Palu dolaylarının Jeolojisi". MTA Raporu, (9634).
- İTÜ. 2023. "6 Şubat 2023, 04:17 Mw 7.8 Kahramanmaraş (Pazarcık, Türkoğlu), Hatay (Kırıkhan), 13:24 Mw 7.7 Kahramanmaraş (Elbistan/Nurhak-Çardak) Depremleri Ön İnceleme Raporu". İstanbul.
- Jackson, J., McKenzie, D. 1984. "Active tectonics of the Alpine–Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan". *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 77(1), 185–264.
- Kadirioğlu, F. T., Kartal, R. F., Kılıç, T., Kalafat, D., Duman, T. Y., Eroğlu Azak, T., Özalp, S., Emre, Ö. 2018. "An improved earthquake catalogue ($M \geq 4.0$) for Turkey and its near vicinity (1900–2012)". *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(8), 3317–3338.
- Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., Kara, M., Deniz, P., Yilmazer, M. 2011. "A revised and extended earthquake catalogue for Turkey since 1900 ($M \geq 4.0$)". Boğazici University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Istanbul.
- Karabacak, V., Altunel, E., Meghraoui, M., Akyüz, H. S. 2010. "Field evidences from northern Dead Sea Fault Zone (South Turkey): new findings for the initiation age and slip rate". *Tectonophysics*, 480(1–4), 172–182.

- Kaymakcı, N., İnceöz, M., Ertepinar, P., Koç, A. 2010. "Late Cretaceous to Recent kinematics of SE Anatolia (Turkey)". Geological Society Special Publication, 340, 409–435.
- Kelling, G., Gökçen, S. L., Floyd, P. A., Gökçen, N. 1987. "Neogene tectonics and plate convergence in the eastern Mediterranean: New data from southern Turkey". *Geology*, 15(5), 425–429.
- Kiratzı, A. A. 1993. "A study on the active crustal deformation of the north and east anatolian fault zones". *Tectonophysics*, 225(3), 191–203.
- Koç, A., Kaymakcı, N. 2013. "Kinematics of Sürgü Fault Zone (Malatya, Turkey): A remote sensing study". *Journal of Geodynamics*, 65, 292–307.
- Kondorskaya, N. V., Ulomov, V. I. 1999. "Special catalogue of earthquakes of the Northern Eurasia (SECNE)". Joint Institute of Physics of the Earth (JIPE), Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.
- KRDAE. 2023. "B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) 06 Şubat 2023 Sofalaca-Şehitkamil- Gaziantep; Ekinözü- Kahramanmaraş ve 20 Şubat 2023 Hatay Depremleri Ön Değerlendirme Raporu".
- Kürçer, A., Elmacı, H., Özdemir, E., Güven, C., Özdemir, E., Güler, T., Avcu, İ., Özalp, S. 2023. "06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7,7) Saha Gözlem Raporları Serisi 1- Amanos Segmenti Rapor No: 14121 Jeoloji Etütleri Dairesi 14 Şubat 2023 / Ankara".
- Kürçer, A., Elmacı, H., Yıldırım, N., Özalp, S. 2020. "24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi (Mw=6,8) Saha Gözlemleri ve Değerlendirme Raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 7 Şubat 2020". Ankara.
- Lovelock, P. E. R. 1984. "A review of the tectonics of the northern Middle East region". *Geological Magazine*, 121(6), 577–587.
- Lyberis, N., Yürür, M. T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E., Gündoğdu, N. 1992. "The East

- Anatolian Fault: an oblique collisional belt". *Tectonophysics*, 204(1–2), 1–15.
- Mahmoud, Y., Masson, F., Meghraoui, M., Çakır, Z., Alchalbi, A., Yavaşoglu, H., Yönlü, Ö., Daoud, M., Ergintav, S., İnan, S. 2013. "Kinematic study at the junction of the East Anatolian fault and the Dead Sea fault from GPS measurements". *Journal of Geodynamics*, 67, 30–39.
- Mann, P., Hempton, M. R., Bradley, D. C., Burke, K. 1983. "Development of pull-apart basins.". *Journal of Geology*, 91(5), 529–554.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Şanlı, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M. N., Veis, G. 2000. "Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B3), 5695–5719.
- McKenzie, D. 1972. "Active Tectonics of the Mediterranean Region". *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30(2), 109–185.
- McKenzie, D. 1976. "The East Anatolian Fault: A major structure in Eastern Turkey". *Earth and Planetary Science Letters*, 29(1), 189–193.
- McKenzie, D. 1978. "Active tectonics of the Alpine—Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions". *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 55(1), 217–254.
- Meghraoui, M., Bertrand, S., Karabacak, V., Ferry, M., Çakır, Z., Altunel, E. 2006. "Surface ruptures along the Maras segment of the East Anatolian Fault (SE Turkey) and kinematic modelling from Tectonic and GPS data". *İçinde Geophysical Research Abstracts* (C. 8, s. 10006).
- Muehlberger, W. R., Gordon, M. B. 1987. "Observations on the complexity of the East Anatolian Fault, Turkey". *Journal of Structural Geology*, 9(7), 899–903.

- Nalbant, S. S., McCloskey, J., Steacy, S., Barka, A. A. 2002. "Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey". *Earth and Planetary Science Letters*, 195(3–4), 291–298.
- Önal, M. 1986. "Kahramanmaraş Tersiyer istifinin sedimanter özellikleri ve çökme ortamları". *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 5(1–2), 39–78.
- Özalp, S., Duman, T. Y., Elmacı, H., Kürçer, A., Yavuzoğlu, A., Özdemir, E., Kara, M. U., Gündoğan, Ç. 2019. "Doğu Anadolu Fay Zonu Kuzey Kolu Üzerinde Yeralan Karataş, Yumurtalık, Toprakkale ve Düziçi-İskenderun Faylarının Paleosismolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 13784". Ankara.
- Özgül, N. 1981. "Munzur Dağlarının Jeolojisi, MTA Rap. No: 6995 (yayımlanmamış)". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi. Ankara.
- Özgül, N., Metin, S., Erdoğan, B., Göger, E., Bingöl, İ., Baydar, O. 1973. "Tufanbeyli Dolayının (Doğu Toroslar-Adana) Kambriyen-Tersiyer Kayaları". *TJK Bülteni*, 16(2), 39–52.
- Parlak, O., Höck, V., Kozlu, H., Delaloye, M. 2004. "Oceanic crust generation in an island arc tectonic setting, SE Anatolian orogenic belt (Turkey)". *Geological Magazine*, 141(5), 583–603.
- Perinçek, D., Çemen, İ. 1990. "The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey". *Tectonophysics*, 172(3–4), 331–340.
- Perinçek, D., Günay, Y., Kozlu, H. 1987. "New observations on strike-slip faults in east and southeast Anatolia". *İçinde 7th Biannual Petroleum Congress of Turkey* (ss. 89–103). UCTEA Chamber of Petroleum Engineers-Turkish Association of Petroleum Geologist.
- Perinçek, D., Kozlu, H. 1984. "Stratigraphy and structural relations on the units in the Afşin- Elbistan-Doganşehir region (eastern Taurus)". *Geology of the Taurus Belt International symposium*, 181–198.

- Pınar, N., Lahn, E. 1952. "Türkiye depremleri izahlı kataloğu". Bayındırlık Bakanlığı, Yapı ve İmar İşleri Reisliği 6, b.
- Ponikarov, V. P., Galaktionov, A. B. 1966. "The Geological Map of Syria Scale 1: 1.000.000 Explanatory Notes". Ministry of Industry.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G., Karam, G. 2006. "GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111(5), 5411.
- Robertson, A., Unlüğenç, Ü. C., Inan, N., Tasli, K. 2004. "The Misis-Andırın Complex: A Mid-Tertiary melange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey". *Journal of Asian Earth Sciences*, 22(5), 413–453.
- Rojay, B., Heimann, A., Toprak, V. 2001. "Neotectonic and volcanic characteristics of the Karasu fault zone (Anatolia, Turkey): The transition zone between the Dead Sea transform and the East Anatolian fault zone". *Geodinamica Acta*, 14(1–3), 197–212.
- Rotstein, Y. 1984. "Counterclockwise rotation of the Anatolian block". *Tectonophysics*, 108(1–2), 71–91.
- Seymen, İ., Aydın, A. 1972. "Bingöl deprem fayı ve bunun Kuzey Anadolu Fay Zonu ile ilişkisi". *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 79 (79), 1–12.
- Seyrek, A., Demir, T., Pringle, M. S., Yurtmen, S., Westaway, R. W. C., Beck, A., Rowbotham, G. 2007. "Kinematics of the Amanos Fault, southern Turkey, from Ar/Ar dating of offset Pleistocene basalt flows: transpression between the African and Arabian plates". *Geological Society, London, Special Publications*, 290(1), 255–284.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y. 1981. "Historical earthquake catalogue of Turkey and surrounding area (2100 BC–1900 AD)". *The Scientific and*

Technological Research Council of Turkey Technical Report, TBAG-341.

- Stiros, S. C. 2001. "The AD 365 Crete earthquake and possible seismic clustering during the fourth to sixth centuries AD in the Eastern Mediterranean: a review of historical and archaeological data". *Journal of Structural Geology*, 23(2–3), 545–562.
- Şahiner, E., Erturaç, M. K., Meriç, N. 2017. "Termal-Asistan Optik Uyarmalı Lüminesans (TA-OSL) Tekniğiyle Milyon Yıl Mertebesindeki Jeolojik Örneklerin Tarihlendirilmesi: Gediz Taraçaları, Kula/Manisa". *Türkiye Jeoloji Bülteni / Geological Bulletin of Turkey*, 60, 489–506.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A. 1987. "Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri. MTA Raporu, Rapor no: 8174, Ankara".
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ. 1992a. "The East Anatolian Fault Zone of Turkey". *Annales Tectonicae*, 6(Special Issue), 99–125.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ. 1992b. "Türkiye Diri Fay Haritası". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Şengör, A. M. C. 1978. "The North Anatolian Transform Fault: Its age, offset and tectonic significance". *Journal of the Geological Society*, 136(3), 269–282.
- Şengör, A. M. C. 1980. "Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları". İçinde TJK Konferans Serisi: 2.
- Şengör, A. M. C., Görür, N., Şaroğlu, F. 1985. "Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. in: Biddle K.T., ChristieBlick N. (Eds.), Strike-slip Faulting and Basin Formation, Soc. Econ.". *Paleontol. Mineral. Sp. Pub.*, 37, 227–264.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. 1981. "Tethyan evolution of Turkey A plate tectonic approach". *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Tan, O., Tapırdamaz, M. C., Yörük, A. 2008. "The earthquake catalogues for Turkey". *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(2), 405–418.

- Tarhan, N. 1982. "Göksun-Afşin-Elbistan dolayının jeolojisi: MTA Derleme Rapor No: 7296, 63 s (yayımlanmamış).".
- Tatar, O., Sözbilir, H., Bozkurt, E., Aksoy, E., Koçbulut, F., Özmen, B., Alan, H., Metin, Y. 2020. "24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) Depremi: Arazi Gözlemleri ve Değerlendirilmesi, Ankara: Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 2020". Ankara.
- Taymaz, T., Eyidoğan, H., Jackson, J. 1991. "Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian fault zone (Turkey)". *Geophysical Journal International*, 106(3), 537–550.
- Westaway, R. 1994. "Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 99(B6), 12071–12090.
- Westaway, R. 2003. "Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean updated". *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12(1), 5–46.
- Westaway, R., Arger, J. 1996. "The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: A complex discontinuity in a major strike-slip fault zone". *Journal of the Geological Society*, 153(5), 729–744.
- Westaway, R., Arger, J. 2001. "Kinematics of the Malatya–Ovacik Fault Zone". *Geodinamica Acta*, 14(1–3), 103–131.
- Yiğitbaş, E. 1989. "Engizek Dağı (K.Maraş) dolayındaki tektonik birliklerin petrolojik incelenmesi". İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. İstanbul.
- Yıldırım, M. 1989. "Kahramanmaraş kuzeyindeki (Engizek-Nurhak dağları) tektonik birliklerin jeolojik petrolojik incelemesi". İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. İstanbul.
- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş., Aydın, N. 1997. "1:100.000 Ölçekli Açınısama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Elbistan L-37 Paftası". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş., Yusufoglu, H., Atabey, E., Aydın, N. 1992. "Doğu Toroslar'da Uzunyayla ile Beritdağı Arasının jeolojisi". TPJD Bülteni, 5(1), 69–87.
- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş., Yusufoglu, H., Atabey, E., Aydın, N. 1993. "Doğu Toroslar'da Uzunyayla ile Beritdağı Arasının jeolojik yapısı". Hacetepe Üniv. Yerbilimlerinin 25. Yılı Sempozyumu, Bildiriler, 3, Ankara.
- Yılmaz, Y. 1993. "New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen". Geological Society of America Bulletin, 105(2), 251–271.
- Yılmaz, Y., Gürer, Ö. F. 1996. "The geology and Evaluation of Misis-Andırın Belt, Around Andırın (Kahramanmaraş)". Turkish Journal of Earth Sciences, 5(3), 39–55.
- Yönlü, Ö. 2012. "Doğu Anadolu Fay zone'nun Gölbaşı (Adıyaman) ile Karataş (Adana) arasındaki kesiminin Geç Kuvaterner aktivitesi, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi". Eskişehir.
- Yürür, M. T., Chorowicz, J. 1998. "Recent volcanism, tectonics and plate kinematics near the junction of the African, Arabian and Anatolian plates in the eastern Mediterranean". Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85(1–4), 1–15.
- Yusufoglu, H., Bedi, Y., Usta, D., Özkan, M. K., Beyazpirinç, M., Yıldız, H. 2005. "Afşin-Elbistan Neojen havzasının tektonik evrimi, Doğu Toroslar, Türkiye, 58". Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 264, 265.

