



**BANAZ FAYI'NIN (UŞAK) AKTİF TEKTONİĞİ VE
KİNEMATİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muammer Can ÜNSAL

Danışman

Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

İkinci Danışman

Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2023

Bu tez çalışması 21.TEMATİK.20 numaralı proje ile AKU-BAP tarafından desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BANAZ FAYI'NIN (UŞAK) AKTİF TEKTONİĞİ VE
KİNEMATİK ANALİZİ**

Muammer Can ÜNSAL

Danışman

Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

İkinci Danışman

Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2023

TEZ ONAY SAYFASI

Muammer Can ÜNSAL tarafından hazırlanan “Banaz Fayı’nın (Uşak) Aktif Tektoniği ve Kinematik Analizi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 23 / 02 / 2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

İkinci Danışman : Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR

İmza

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

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

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

Üye : Doç. Dr. Mehmet UTKU
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim SOLAK
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim MYO

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

Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

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

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

23 / 02 / 2023

Muammer Can ÜNSAL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BANAZ FAYI'NIN (UŞAK) KİNEMATİK ANALİZİ VE AKTİF TEKTONİĞİ

Muammer Can ÜNSAL

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

İkinci Danışman: Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR

Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonları boyunca Anadolu Bloğunun batıya olan kaçışı, Batı Anadolu'daki birçok neotektonik yapının oluşmasında ana etken oluşturmaktadır. Akşehir Simav Fay Sistemi KB-GD uzanımlı birçok fayın oluşturduğu Batı Anadolu'nun neotektonik yapılarından ve en önemli sismojenik zonlarından birisidir. Banaz Fayı yaklaşık 32 kilometre uzunluğu ile Akşehir – Simav Fay Sistemi içinde yer alan diri bir segmenttir ve Banaz Fayı'nın üretebileceği maksimum deprem büyüklüğünü 6.82 olarak hesaplanmıştır. Banaz Fayı, özellikle Baltalı ile Yeşilyurt arasında doğrusal bir geometriye sahipken ve kuzeydoğuya eğimli iken, Yeşilyurt ile Kızılhisar arasında doğuya kavis yapan bir yay geometrisi sunar. Tez çalışmalarında toplanan saha verilerine göre ise, Banaz Fayı'nın Baltalı ile Yeşilyurt arasında, özellikle Comburt vadisi boyunca $K60^{\circ}$ - 70° B doğrultusunda devam ettiği yaklaşık 15 km'lik kuzey bölümü boyunca fay düzlemlerinden toplanan kinematik ölçümlerin paleostress analizleri, fayın bu bölümünün yaklaşık KB-GD yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü genişleme kuvvetleri etkisi altında sağ yönlü doğrultu atımlı çalıştığına işaret etmektedir. Bununla beraber, tez çalışmaları, Banaz Fayı'nın Yeşilyurt – Kızılhisar mevki arasında kalan 17 km uzunluğundaki doğuya eğimli bölümünün ve doğrultuları K-G ile $K60^{\circ}$ D arasında değişen doğrultulara sahip kolları üzerinde KD-GB, D-B ve KB-GD çok yönlü (multidirectional extension) genişlemeli tektonizmanın varlığına ve fay kollarının eğim/oblik atımlı normal hareketine işaret etmektedir.

2023, x + 46 sayfa

Anahtar Kelimeler: Banaz Fayı, Aktif Tektonik, Akşehir Simav Fay Sistemi, Kinematik analiz.



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

ACTIVE TECTONICS AND KINEMATIC ANALYSIS OF BANAZ FAULT (USAĞ)

Muammer Can ÜNSAL

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Çağlar ÖZKAYMAK

Co-Supervisor: Prof. Hasan SÖZBİLİR

The westward escape of the Anatolian Plate along the North Anatolian and East Anatolian Fault Zones is the main factor for the formation of many neotectonic structures in Western Anatolia. Akşehir Simav Fault System is one of the neotectonic structures and the most prominent seismogenic zones in Western Anatolia formed by many NW-SE-trending fault segments. The Banaz Fault is an active fault segment within the Akşehir – Simav Fault System with a length of approximately 32 kilometers. The maximum earthquake magnitude that the Banaz Fault can produce is calculated as 6.82. While the Banaz Fault has a linear geometry and dipping to the northeast between Baltalı and Yeşilyurt, it presents an arc geometry that curves to the east between Yeşilyurt and Kızılhisar.

According to the field data collected in the study area, paleostress analyses of the kinematic measurements collected from the fault planes along the northern section, which is about 15 km between Baltalı and Yeşilyurt (along the Comburt valley), show that general strike of the fault is in between N60°-70°W and the fault underwent approximately NW-SE directed compression and NE-SW extension as a right lateral strike-slip fault. However, thesis studies indicate the existence of NE-SW, E-W and NW-SE trending multidirectional extensional stress regime on the 17 km long eastward section of the Banaz Fault between Yeşilyurt and Kızılhisar villages where the fault strike is between N-S and N60°E. The results also suggest that the fault splays in this part worked as an oblique/dip slip normal faults during Quaternary period.

2023, x + 46 pages

Keywords: Banaz Fault, Active Tectonics, Akşehir Simav Fault System, Kinematic Analysis.



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Yüksek lisans çalışmalarımın her aşamasında beni yönlendiren, destekleyen ve pozitif düşünceleri ile motivasyonumu yüksek tutmaya çalışan, bana bilgilerinden yararlanabilme şansını veren saygı değer danışman hocalarım Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK'a ve Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR'e sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tez çalışmalarına sağladığı destek için Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na (Proje No: 21.TEMATİK.02) teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımı değerlendirerek değerli yorumları ile beni doğru yola sevk eden tez jüri üyeleri Prof. Dr. İbrahim TIRYAKIOĞLU'na, Doç. Dr. Mehmet UTKU'ya ve Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim SOLAK'a çok teşekkür ederim.

Jeolojik haritalama ve yapısal jeoloji çalışmalarını içeren arazi çalışmalarında tanıdığım, yardımıyla tezin olgunlaşmasına katkı sağlayan sevgili arkadaşım Doğukan Mert ÖZCAN'a teşekkür ederim.

Tez sürem boyunca bir ağabey samimiyetiyle gerek mesleki gerek sosyal hayat hakkındaki deneyimleriyle ufkumu açan ve desteğini her zaman hissettiren Doç.Dr. Ökmen SÜMER'e teşekkür ederim.

Son olarak tüm hayatım boyunca maddi ve manevi tüm yardımlarını sunan, deneyimlerini her fırsatta paylaşan, varlıkları ile gurur duyduğum ÜNSAL ve ARSLAN ailelerine ve sevgili eşim Elçin TANIK ÜNSAL'a teşekkür ederim.

Muammer Can ÜNSAL
Afyonkarahisar 2023

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
3. MATERYAL ve METOT	7
3.1 Uzaktan Algılama Çalışmaları ve Uydu Görüntüleri	7
3.2 Sayısal Yükseklik Modeli	8
3.3 Jeolojik Haritalama Çalışmaları.....	9
3.4 Yapısal Jeoloji Çalışmaları	10
4. SİSMOTEKTONİK.....	12
5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİK YAPISI.....	19
5.1 Stratigrafi	23
5.1.1 Arıkaya Formasyonu	23
5.1.2 Murat Dağı Melanjı.....	24
5.1.3 Yeniköy Formasyonu	26
5.1.4 Kuvaterner Birimler	27
6. BANAZ FAYI.....	29
6.1 Kinematik Analizler	35
7. TARTIŞMA ve SONUÇ	40
8. KAYNAKLAR.....	42
ÖZGEÇMİŞ.....	46

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

ASFS	Akşehir Simav Fay Sistemi
CV	Comburt Vadisi
ED50	Europen Datum 1950
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
Km	Kilometre
MS	Milattan Sonra
Ms	Yüzey Dalgası Büyüklüğü
Mw	Moment Büyüklüğü
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
UTM	Urchin Tracking Model

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Banaz Fayı sayısal verisinin, Google Earth görüntüsü ile karşılaştırılması sonucu topoğrafyadaki konumunu gösterir şekil (Bakış yönü Kuzeybatı, düşey abartı katsayısı: 3).....	8
Şekil 3.2 SRTM verileri ile Banaz Fayı ve yakın çevresi için oluşturulmuş sayısal yükseklik modeli.	9
Şekil 3.3 Banaz Fayı'nın 1/25000 ölçekli harita paftalarındaki konumunu gösterir şekil (Kırmızı ile gösterilen faylar Emre vd. 2011'den alınmıştır).....	10
Şekil 4.1 Akşehir – Simav Fay Sistemi ve yakın çevresinde meydana gelen, aletsel ve tarihsel depremleri gösterir harita (Özkaymak vd. 2019'dan düzenlenmiştir). 12	
Şekil 4.2 Banaz ilçesi ve yakın çevresinin sismotektonik haritası (Faylar Emre vd. 2011'den, Banaz ve yakın çevresinde 1970 yılı ve sonrası depremler KANDİLLİ 2023'den alınmıştır).	13
Şekil 5.1 Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Bingöl 1977, Ercan vd. 1978, Akdeniz ve Konak 1979'dan düzenlenmiştir).	20
Şekil 5.2 Banaz Fayı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (CV: Comburt Vadisi, saha çalışmaları ile ulaşılamayan, özellikle faydan uzaktaki alanlar Leflef 1976, Bingöl 1974, Bingöl 1977, Ercan vd. 1978, Akdeniz ve Konak 1979 çalışmalarından düzenlenmiştir).....	21
Şekil 5.3 E – F kesit hattı boyunca birimlerin ilişkisini gösterir jeolojik enine kesit. ...	22
Şekil 5.4 A-B ve C-D kesit hatları boyunca birimlerin ilişkisini gösterir jeolojik enine kesitler.	23
Şekil 5.5 a) İleri derecede alterasyona uğramış Paleozoyik yaşlı Arıkaya Formasyonu b) Arıkaya formasyonunda gözlenen fay düzlemi.	24
Şekil 5.6 Açık ocak içinde gözlenen Murat Dağı Ofiyolitli Melanjına ait dunit ve harzburgitler.	25
Şekil 5.7 Yeniköy Formasyonu ile Muratdağı Ofiyolitli Melanjı dokanağı. Yeniköy Formasyonu'nun Muratdağı Ofiyolitli Melanjını örttüğü net bir şekilde görülmektedir.	25
Şekil 5.8 Yeniköy Formasyonuna ait konglomera katmanları (K40B/25KD) (Bakış GD).	26
Şekil 5.9 Yeniköy Formasyonu kumtaşı seviyelerinin tavan sınırında gözlenen dalga kırışıkları.....	27
Şekil 5.10 Comburt Vadisinde gözlenen alüvyal yelpaze istifi.....	28
Şekil 5.11 K40D doğrultulu (sol) ve K50B doğrultulu (sağ) sırt tipi traverten oluşumları.	28
Şekil 6.1 Banaz Fayı'nın, Uşak (NJ 35-8) diri fay haritasındaki konumu (Emre vd. 2011).....	30
Şekil 6.2 Banaz Fayı'nın geçmiş dönemlerde oluşturduğu fay sarplıkları.....	32

Şekil 6.3 Comburt Vadisinden bakıldığında, Banaz Fayı'nın geçmiş dönemlerde oluşturduğu fay sarplıkları.....	32
Şekil 6.4 Banaz Fayı'nın Evrendede Mevkiinde gözlenen fay düzleminin genel görünümü.....	33
Şekil 6.5 Evrendede mevkiinde gözlenen Banaz Fayı'na ait kayma düzlemleri. a ve b) Eğim ve oblik atımlı faya ait kinematik göstergeler, sırasıyla: KG/64D R:88K, K88B/73KD R:67G c) Reaktiviteyi gösteren kinematik göstergeler: K10B/77KD R:60-87, K7B/81KD R:88-58.	33
Şekil 6.6 Banaz Fayı'nın Comburt Vadisi'nin Güney ucunda yön değiştirdiği bölgede gözlenen fay düzlemi.....	34
Şekil 6.7 a) Comburt Vadisi'nde miyosen Yeniköy Formasyonunu kesen fay düzlemi b) Fay düzlemine ait rake açısı (K65B/86KD R:26D).	34
Şekil 6.8 Yeniköy Formasyonunu kesen fay düzlemi. Fay etkisi ile birimin alterasyona uğradığı görülmektedir.	35
Şekil 6.9 Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonunu kesen sağ yanal fay düzlemi, K64B/76KD R:25K, K62B/75KD R:26K, K62B/81KD R:27K.....	35
Şekil 6.10 Çalışma alanında kinematik göstergelerin toplandığı lokasyonlar (CV: Comburt Vadisi).	36
Şekil 6.11 Banaz Fayı'nda ölçülen fay düzlemleri üzerinde yapılan paleo-gerilme analizleri. Eşit alan alt yarımküre stereoplotları kayma düzlemini, kayma doğrultusu ve asal gerilim eksenleri doğrultuları ve asal gerilim eksenlerinin konumlarını göstermektedir. Büyük daireler fay düzlemleri, oklar fay çiziklerini göstermektedir (Çizelge 6.1'e bakınız).	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Banaz ve yakın çevresinde 1900 yılından günümüze kadar meydana gelmiş aletsel dönem depremler (Kandilli 2023).	14
Çizelge 4.2 1887 Depremi nedeni ile Banaz, Uşak ve Gediz bölgelerinde meydana gelen yıkım (Satılmış 2016).	18
Çizelge 6.1 Banaz Fayı’ndaki lokasyonlardan toplanan fay verilerine göre hesaplanan paleostres analiz sonuçları (σ_1 , σ_2 ve σ_3 değerlerinde pay yönlemi, payda dalımı göstermektedir).	39



1. GİRİŞ

Depremler çeşitli jeolojik olayların bir sonucu olarak, Dünya'nın ilk zamanından beri meydana gelen doğa olaylarıdır. Ülkemizde 500'e yakın Diri Fay ve Olası Diri Fay bulunmaktadır. Her an deprem üretme potansiyeline sahip bu faylar, geçmişten günümüze değin depremler üreterek ülkemizde can ve mal kayıplarına yol açmakta, deprem zararlarının en aza indirilebilmesi için araştırılması gereken konuların başında gelmektedir.

Türkiye bulunduğu jeolojik konum olarak Asya, Afrika ve Avrasya kıtalarının kesişim bölgesindedir. Bu üç kıtanın hareketleri, ülkemizde çeşitli yapısal öğelerin gelişmesine neden olmuştur. Arap plakasının kuzeye hareketi nedeni ile Doğu Anadolu'da meydana gelen sıkışmalı tektonik rejim ve buna bağlı olarak yükselme, Pliyosen döneminde Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonlarının oluşmasına olanak sağlamıştır. Bu zonlar boyunca Batıya doğru hareket etmeye başlayan Anadolu Bloğu daha da batıda saatin tersi yönünde rotasyonel bir hareket ile güneybatıya dönerek Helenik yayı kuzeyindeki yay gerisi genişlemenin etkili olduğu alana doğru ilerlemektedir.

Banaz Fayı, Batı Anadolu'da, genel olarak K-G yönlü genişlemeli tektoniğin hakim olduğu bölgede bulunmaktadır. Akşehir – Simav Fay Sistemi (ASFS) içerisindeki Simav Fayı'na ait bir segment olan Banaz Fayı; yaklaşık 25 km uzunluğundadır ve kuzeybatıda KB-GD uzanımlı olarak Comburt vadisini geçer, güneydoğu kısmında ise K-G doğrultusuna dönerek KD-GB uzanımına dönüş yapar. Tarihsel ve aletsel dönem deprem katalogları incelendiğinde Banaz Fayı'nın da içerisinde olduğu Akşehir Simav Fay Sistemi'nin tektonik olarak çok hareketli olduğu anlaşılmaktadır. 30 Eylül 1887 Banaz depremi, 1944 Demircili (Ms:6.0), 1969 Sındırgı (Ms:6.0), 1970 Gediz (Ms:7.2) 2000 Sultandağı depremi (Mw: 6.0), 2002 Çay depremleri (Mw:6.0 ve 6.3) ve 2011 Simav depremi (Mw: 6.0) bölgenin tektonik olarak hareketliliğinin gösteren başlıca depremlerdir. Banaz Fayı'nın bulunduğu bölgede çeşitli jeolojik çalışmalar yapılsa da fayın aktif tektonik, jeomorfolojik, geometrik ve kinematik özellikleri üzerine mevcut veriler kısıtlıdır. Bu tez çalışması ile Banaz Fayının bulunduğu bölgede saha çalışmaları yürütülerek; aktif tektonik ve kinematik özellikleri, fay geometrisi ve depremselliği

hakkında veriler elde edilmeye çalışılmıştır.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı; Banaz Fayı'nın kuşak jeoloji haritasının oluşturulması, 1/25.000 ölçeğinde haritalanması, fay geometrisinin belirlenmesi, saha çalışmaları ile fay düzlemlerinden kinematik veriler toplanması, toplanan kinematik veriler ile Banaz Fayı'nın kinematik evrimini ortaya çıkarılmasıdır. Bu amaca ulaşmak için kullanılan materyal ve metot ilerleyen başlıklarda açıklanmıştır.



2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Banaz Fayı batı Anadolu'nun en önemli neotektonik yapılarından birisi olan ve sismik olarak ülkemizin en aktif yapılarından birisi olan Akşehir Simav Fay Sistemi içerisinde yer almaktadır. Bu alanda çalışma yapan araştırmacılar ve mevcut literatür aşağıda özetlenmiştir;

Şengör (1981), Türkiye'nin neotektonik özellikleri üzerine görüşlerini sunmuştur. Türkiye'nin neotektoniği için Toros kuşağının neotektonik dönem başındaki genel uzanımı ve geometrisi ile Isparta bükümünü gibi bükülmelerin önemli olduğunu belirtmiştir.

Koçyiğit (1984) yaptığı çalışmada batı Anadolu tektonik yapı gelişiminin üç döneme ayrıldığını söylemektedir; Eski tektonik dönem, geçiş dönemi ve yeni tektonik dönem. Geçiş döneminin Torosların birçok kesiminde gözlenen kalın bir molas istifiyle karakterize olduğunu belirtmektedir. Koçyiğit, lokal olarak Orta Oligosen, genel olarak Geç Miyosen – Erken Pliyosen ile yeni tektonik dönemin başladığına değinmiştir. Yeni tektonik süreçte genişlemeli tektonizma etkisinde karasal sedimantasyon, eş yaşlı kıta içi volkanizma ve blok faylanmadan bahsetmektedir. Yeni tektonik dönemdeki yapıların, Kuzey Anadolu Fayı'ndan kaynaklanan hareketten çok, güneyde bulunan Ege Hendeği'nden kaynaklanan çekme tektoniği etkisi altında geliştiğini vurgulamaktadır. Bu çekme kuvveti sonucunda, verrev atımlı normal faylarla sınırlı çok sayıda bloğun geliştiğini ve bu fayların birçoğunun deprenselliğinin yüksek olduğunu söylemektedir. Koçyiğit'e göre Akşehir – Simav çöküntüsü genişleme rejiminin yapılarından biridir.

Şengör (1985), Anadolu Levhası'nın Batı'ya tektonik olarak kaçtığını ve bu kaçışın sebep – sonuç ilişkisi içinde olduğunu belirtmiştir. Kaçışı tetikleyen sebebinin Erken – Geç Miyosen'de Avrasya levhası ile Arap levhasının çarpışması olduğunu ve bu olayın Anadolu'da neotektonik dönemin başlangıcı olduğunu vurgulamıştır. Bu süreci takiben Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonlarının oluşumu ile Anadolu Levhasının Batı'ya doğru kaçtığını ve Batı Anadolu bölgesinde K-G yönlü genişlemeli tektoniğin geliştiğini belirtmiştir.

Bu modele göre Türkiye’de neotektonik bölgeleri üç grupta değerlendirmiştir; Doğu Anadolu sıkışma bölgesi, Orta Anadolu plato bölgesi ve Batı Anadolu genişleme bölgesidir.

Ambraseys ve Jackson (1998); Doğu Akdeniz bölgesindeki tarihsel depremleri incelemiştir. Çalışmada 30 Eylül 1887 tarihinde meydana gelen Banaz depreminden de bahsedilmektedir. Araştırmacılar çalışmada Banaz depremine neden olan fayın; episantr aralığını Kuzey: 38.7° Doğu: 29.8°, büyüklüğünü 6.3, azimutunu 290°, odak derinliğini 10 kilometre olarak söylemişlerdir.

Koçyiğit vd. (2001) yaptıkları çalışmada Afyonkarahisar Çay - Bolvadin’in doğusunda kalan alanın diri fay haritasını ayrıntılı bir şekilde yaparak bölgenin deprem tehlikesini ortaya çıkarmışlardır. BKB – DGD ana fay zonu ve bu zonu kesen K – G, KD – GB ve KB – GD gidişli daha kısa uzanımlı çok sayıda faydan bahsetmektedirler. Fay haritalama çalışmaları ile birlikte havza içi stratigrafiye de bakarak grabenin evrimini anlamaya çalışmışlardır. Bölgenin evriminin geç Pliyosen’den itibaren çalışan verev atımlı normal faylar ile denetlendiğini ve genişlemeli rejimde olduğunu söylemişlerdir.

Koçyiğit vd. (2003), Afyonkarahisar – Çay 2002 depremi için yaptıkları çalışmada depremin 48 km uzunluğundaki Çay segmentinin kırılması sonucu olduğunu söylemiştir. Bu görüşünü artçı deprem episantr dağılımları ile fay üzerinde harekete bağlı gelişen çatlaklarla desteklemiştir. Afyon çevresinde gerçekleşmiş olan güncel ve tarihsel depremler de düşünüldüğünde sismik olarak çok aktif olduğunu, büyüklüğü 7’ye varan depremlerin gerçekleşebileceğini belirtmektedir.

Ambraseys (2009), multidisipliner çalışmasında Akdeniz bölgesinin tarihsel dönemdeki sismikliğini incelemiştir. İncelemede Banaz depremi ilgili olarak; Oturak, Paşacık, Çorum, Düzlice, Kaplangi, Hasanköy, Hatipler, İslamköy, Banaz, Samra, Oturakköy, Foloz ve Comburt köylerinin tamamen tahrip olduğu, depremin meydana getirdiği hasarın yaklaşık doğu – batı doğrultusunda 30 kilometrelik bir alanı kapsadığını söylemektedir. Belirtilen bu alan içerisinde Banaz, Uşak ve Gediz’de binalarda tamamen yıkılma veya ağır hasar meydana geldiği ve 32 can kaybının yaşandığı belirtilmektedir.

Emre vd. (2012), çalışmada Batı Anadolu’da açılmalı rejim içinde yer alan Simav Fay Zonun çok segmentli yapıda, KB – GD doğrultusunda, Sındırgı (Balıkesir) – Afyonkarahisar arasında yer aldığını söylemektedir. Çalışmacılar 205 km. uzunluğunda olan fay zonunu batıdan doğuya doğru sırasıyla; Sındırgı, Simav, Şaphane, Banaz, Sincanlı olarak 5 alt segmente ayırmıştır. Bu segmentlerin genişlemeli ve sıkışmalı sıçrama veya bükümlerle birbirinden ayrıldığını söylemektedirler.

Emre vd. (2013) yaptıkları çalışma sonucu Türkiye Açıklamalı Diri Fay Haritasını yayınlamışlardır. Bu yayına göre Banaz Fayını sağ yanal doğrultu atımlı çalışan Simav Fay Zonu’nun segmenti olarak çizmişlerdir. Segment uzunluğunu 24 km. veren çalışmacılar genel doğrultunun K65B yönünde olduğunu söylemektedirler. Emre vd. 2012 yılında yaptığı çalışmada Simav Fay Zonunu 5 alt segmentte göstermesine karşın bu yayında 7 alt segmentte incelemiştir. Bunlar; Sındırgı, Çaysimav, Şaphane, Abide, Banaz, Elvanpaşa ve Sinanpaşa segmentleridir.

Satılmış (2016), yaptığı çalışmada tarihsel dönemde gerçekleşmiş 30 Eylül 1887 Banaz depreminin bölgede yarattığı yıkımı çeşitli kaynaklardan topladığı verileri derleyerek anlatmıştır. Tarihsel dönemde Uşak civarında büyüklüğü 5.5’den fazla 16 depremin olduğunu belirtmektedir. 1887 depreminde oluşan yüzey kırığının Banaz’dan başladığını ve Comburt vadisinin Sonuna kadar devam ettiğini söylemektedir. Satılmış, deprem sırasında Banaz Ovasında sıcak su çıkışlarının olduğunu ve 85 hane bulunan köyde 84’ünün yıkıldığını ve 15 can kaybının olduğunu söyleyerek depremin şiddetine dikkat çekmiştir.

Öztürk (2019), Banaz Fayı üzerinde 22 noktada GNSS noktası belirleyerek ölçümler yapmıştır. Avrasya referans sistemine göre bölgedeki kaymanın Batı’ya doğru 20 – 29 mm/yıl olduğunu hesaplamıştır. Bölgenin Kuzey kesiminde KD – GB, Güney kesiminde ise K – G sıkışma ve D – B açılma olduğunu tespit etmiştir. Güney kesiminde tespit ettiği sıkışma kuvvetleri ile Banaz Fayının GD’sinde yer alan Elvanpaşa Fayı’nın sol yanal atımlı olabileceğine dikkat çekmiştir.

Özkaymak vd. (2019) Akşehir Simav fay Sistemi’nin batıda Sındırgı ile Doğuda Ilgın

arasında uzanan KB-GD uzanımlı çok sayıda fay segmentinden oluşan yaklaşık 400 km uzunluğunda aktif bir sistem olduğunu ifade etmiştir. Sistemin doğusunda yer alan fay parçalarının her birinin ortalama 30 km uzunluğunda olduğunu, sistemin doğu kısmının ise yaklaşık 130 km uzunluğundaki Afyon-Akşehir Grabeni ile temsil edildiğini ifade etmektedir. Graben içerisinde aletsel dönem boyunca büyüklükleri 5.7 ile 6.3 arasında değişen büyüklüklerde deprem üreten çok sayıda normal fay segmentinin yer aldığını açıklamışlardır. ASFS içerisinde gerçekleştirilen yayınlanmış paleosismolojik verilere göre, Duman vd. (2013), Şaphane ve Çaysimav segmentleri üzerinde gerçekleştirdikleri hendek tabanlı çalışmalarda sağ yanal doğrultu atımlı faylanmaya ait en az beş olay tespit etmişlerdir, ancak tarihlendirme verileri sunmamışlardır. Gürboğa (2013) ise 1970 Gediz depremi (Ms:7.2) yüzey kırığı üzerinde gerçekleştirdikleri paleosismolojik çalışmalarda MS 990 ve 1020 yıllarına ait iki olay tespit etmişler, Erdoğan fayı için deprem tekrarlanma periyodunu 910 yıl olarak hesaplamışlardır. Özkaymak vd. (2019) ise ASFS'nin doğu bölümünde yer alan Bolvadin Fayı üzerinde gerçekleştirdikleri paleosismolojik çalışmalarda MS 530 ve 1525 olaylarını tarihlendirmişler, deprem tekrarlanma periyodunu 995 yıl, Bolvadin Fayı'nın Holosen dönemi kayma hızını ise 0,64 mm/yıl olarak hesaplamışlardır.

3. MATERYAL ve METOT

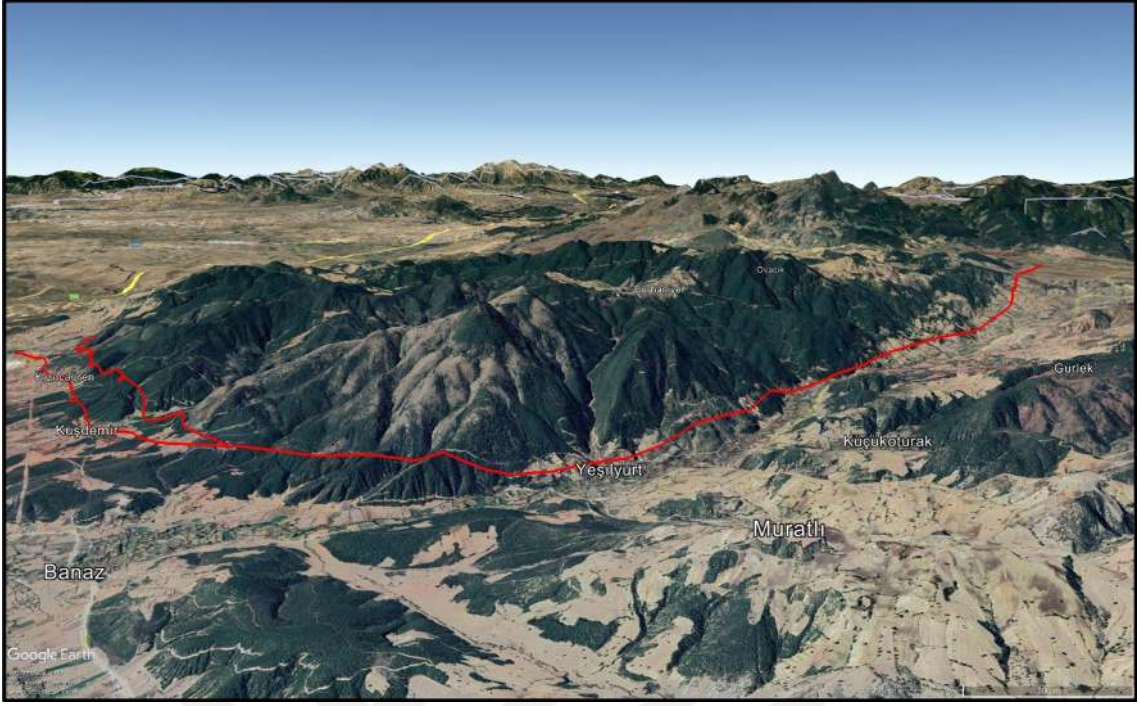
Çalışmanın amacında bahsedilen hedeflere ulaşmak için kullanılan terminoloji, materyal ve yöntemler bu başlık altında anlatılacaktır. Tezin konusu olan Banaz Fayı çalışmaları uzaktan algılama, jeolojik haritalama ve yapısal jeoloji ana başlıkları altında yürütülmüştür.

Tez çalışması kapsamında Banaz Fayı ve civarında yapılmış önceki çalışmaların derlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için bölgede yapılan aktif tektonizma ve jeoloji konulu çalışmalar değerlendirilerek bölgedeki tartışmalı noktalar belirlenmiştir. Bunun sonucunda kullanılacak materyal ve yöntemlere karar verilmiştir.

3.1 Uzaktan Algılama Çalışmaları ve Uydu Görüntüleri

Bu tez çalışması kapsamında Google Earth veri tabanında bulunan, (Quickbird, Ikonos..) uydu görüntüleri incelenmiştir. Uydu görüntüleri üzerinde fayın oluşturduğu morfolojik göstergeler günümüzde yüksek çözünürlüklü olarak tespit edilebildiğinden dolayı jeologlar için arazi öncesi çalışmalarda büyük kolaylık sağlamaktadır.

Google Earth veri tabanında WGS84 datumundaki coğrafi koordinatlar (enlem/boylam) kullanılmaktadır. Bu koordinat sistemi çeşitli programlar ve dönüşüm parametreleri aracılığı ile kolayca ED50 datumuna ve UTM projeksiyonuna dönüştürülebilmektedir. Google Earth programının sunduğu bu avantaj sayesinde görüntülerde dikkat çeken noktalara arazide kolayca ulaşım sağlanabilmektedir ve hedefe ulaşmak için taranacak alanı daraltmaktadır.



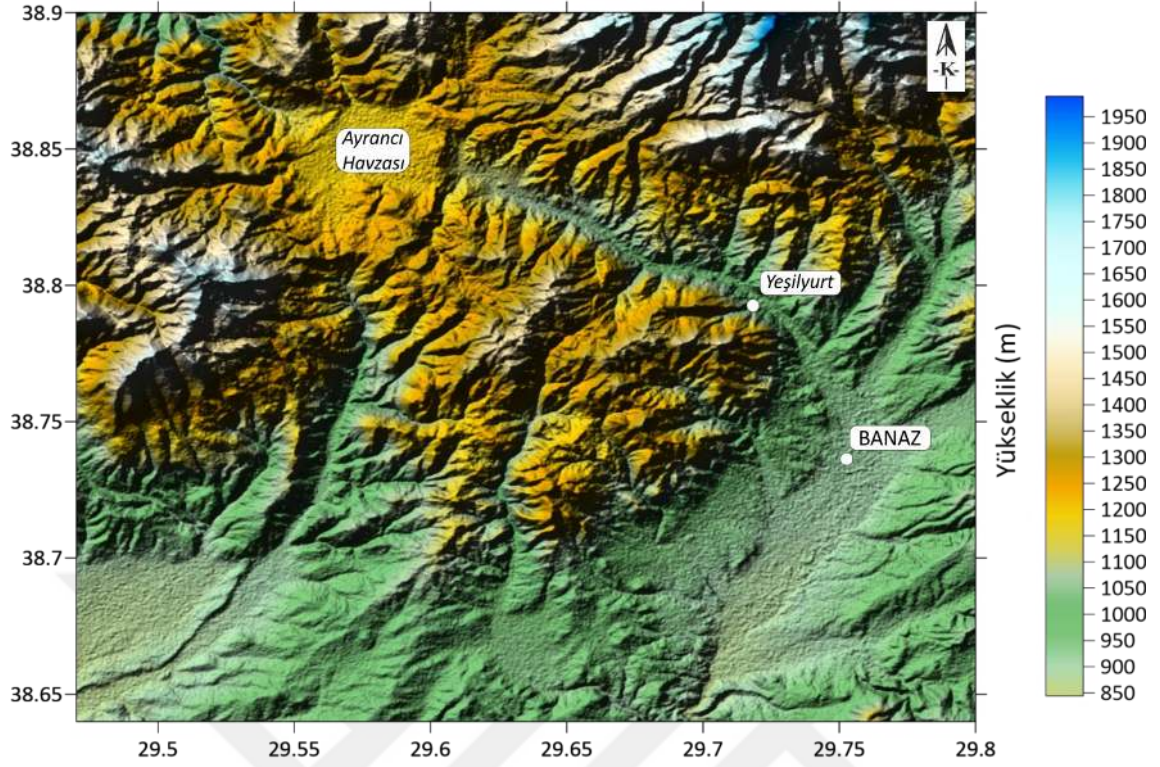
Şekil 3.1 Banaz Fayı sayısal verisinin, Google Earth görüntüsü ile çakıştırılması sonucu topoğrafyadaki konumunu gösterir şekil (Bakış yönü Kuzeybatı, düşey abartı katsayısı: 3).

3.2 Sayısal Yükseklik Modeli

Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) yerbilimleri çalışmalarında sıkça tercih edilen bir araçtır. Bu modeller, inceleme yapılan alanın güncel morfolojisi üzerinde üç boyutlu olarak çalışılmasına olanak sağlar.

Uydu görüntülerinin yorumlanması ve SYM kullanımı ile çalışma alanında şu konularda çalışmalar yapılmıştır:

- (1) Yüzey faylanması ve deformasyon ilişkili yeryüzü şekilleri,
- (2) Erozyon alanları, çökme yüzeyleri (alüvyal, kolüvyal ve flüvyal sekiler),
- (3) Fay sınıflaması çalışmalarında kullanılan çizgisel (segmentasyon) ve düzlemsel (üçgen yüzeyler) göstergeler,
- (4) Jeomorfik göstergelerin belirlenmesi.



Şekil 3.2 SRTM verileri ile Banaz Fayı ve yakın çevresi için oluşturulmuş sayısal yükseklik modeli.

3.3 Jeolojik Haritalama Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında, Banaz Fayı ve civarında yüzlek veren birimlerin ve yapısal elemanların 1/25.000 ölçeğinde haritalanması amaçlanmıştır. Afyon Kocatepe Üniversitesi'nden temin edilen 1/25.000 ölçeğindeki topografik haritalar üzerine jeolojik veriler gözlemler de işlenmiştir. Banaz Fayı geometrisi ve uzunluğuna bağlı olarak 1/25.000 ölçeğinde üç adet topografik harita paftası üzerinde saha çalışmaları yapılmıştır. Bunlar; Uşak K23a3, K23a4 ve K23d2 paftalarıdır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Banaz Fayı'nın 1/25000 ölçekli harita paftalarındaki konumunu gösterir şekil (Kırmızı ile gösterilen faylar Emre vd. (2011)'den alınmıştır).

Jeolojik haritalama çalışmaları; (1) bölgede yüzeyleyen birimlerin litolojik özelliklerinin belirlenmesi, (2) temel kaya ve diğer birimlerin stratigrafik ilişkilerinin anlaşılması, (3) Banaz Fayı'nın konumunun ve kinematik özelliklerinin belirlenmesi, (4) Banaz Fayı ve ilişkili yapıların belirlenmesi, (5) bölgedeki birimlerin stratigrafik ve jeolojik ilişkilerinin anlaşılmasına yardımcı olacak jeolojik enine kesitlerin alınması çalışmalarını kapsamaktadır.

3.4 Yapısal Jeoloji Çalışmaları

Bu çalışmalar, saha araştırmaları sırasında haritalanan fayların kayma yüzeyleri üzerinde gözlenen kinematik göstergelerin belirlenmesi, ölçülmesi ve elde edilen sayısal verilerin değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Arazi çalışmaları sırasında, çalışılan alanın kinematik geçmişini ve gerilme rejimi belirlemek amacı ile aktif Banaz Fayı ve yakın çevresinde haritalanan faylar boyunca kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır. Kayma yüzeyi üzerindeki saptanan hareketin yönü; fay olukları, kayma çizikleri ve kertikleri gibi fay yüzeylerindeki kinematik

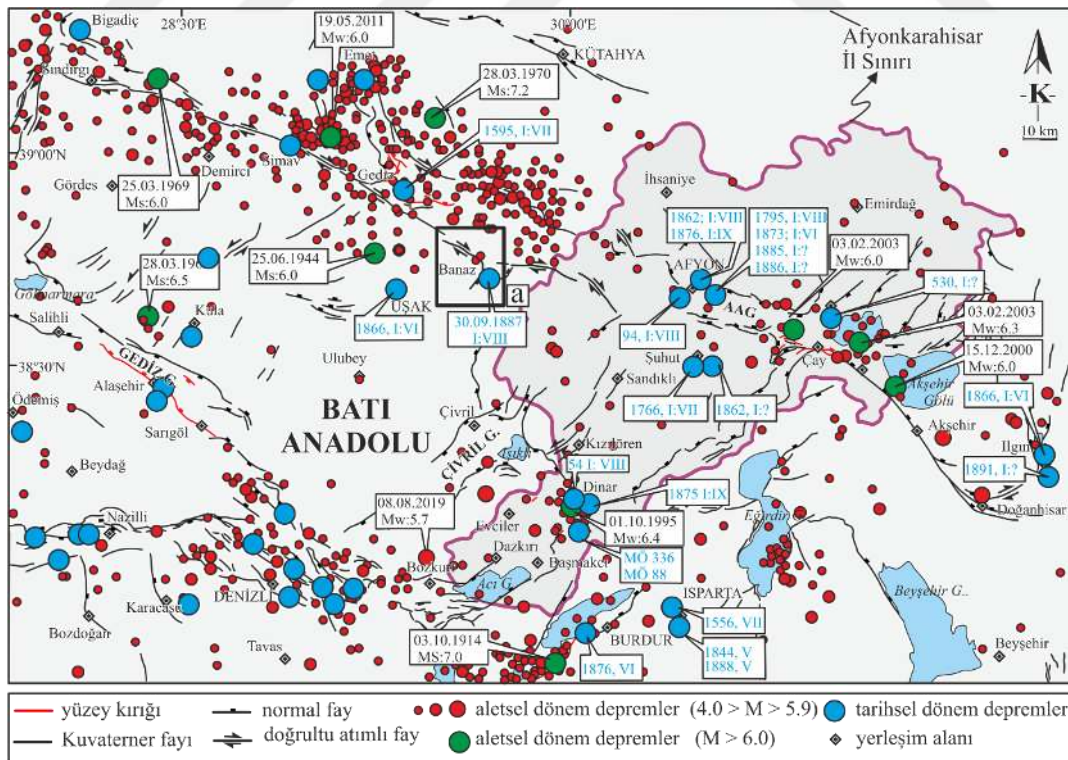
göstergelerin analizi ile gerçekleştirilmiştir. Farklı kinematik hareketlerin bağlı yaşları, kesen-kesilen yapı ilişkisine göre yapılmıştır. Kayma yüzeyi ölçümlerine göre dört bileşenli gerilim tensörü hesaplanmıştır. Hesaplamalar; Angelier'in gerilme terslenme yöntemini (Angelier 1984, 1991, 1994) kullanan ve Hardcastle ve Hills (1991) tarafından geliştirilen analiz programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan dört bileşenli gerilim tensörleri; üç asal gerilim ekseninin doğrultuları ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$) ve asal gerilme eksenleri için eksenel oran (ϕ) ile tanımlanan göreceli büyüklüklerdir; $\phi = (\sigma_2 - \sigma_1) / (\sigma_3 - \sigma_1)$ ve $0 < \phi < 1$ 'dir (Angelier 1994). Gerilme rejimi, bu eksenlerin konumuna göre yapılmaktadır. En büyük asal gerilme eksen (σ_1) düşey düzlemde iken genişlemeli, orta asal gerilme eksen (σ_2) düşey düzlemde iken doğrultu atımlı ve en küçük asal gerilme eksen (σ_3) düşey düzlemde iken sıkışmalı tektonik rejim söz konusudur (Özkaymak 2013). Delvaux vd. (1997) gerilme rejiminin 0 ile 1 değerleri arasında değişen gerilim oranının fonksiyonuna bağlı olarak değiştiğini önermektedir: dairesel genişleme (σ_1 düşeyde, $0 < \phi < 0,25$), saf genişleme (σ_1 düşeyde, $0,25 < \phi < 0,75$), transtansiyon (σ_1 düşeyde, $0,75 < \phi < 1$ ya da σ_2 düşeyde, $1 > \phi > 0,75$), saf doğrultu atımlı (σ_2 düşeyde, $0,75 > \phi > 0,25$), transpresyonel (σ_2 düşeyde, $0,25 > \phi > 0$ ya da σ_3 düşeyde, $0 < \phi < 0,25$), saf sıkışma (σ_3 düşeyde, $0,25 < \phi < 0,75$) ve dairesel sıkışma (σ_3 düşeyde, $0,75 < \phi < 1$).

Tez çalışmaları kapsamında, (1) fay yüzeylerinin doğrultu – eğim ve fay yüzeyindeki rake açılarının ölçümü, (2) fay yüzeylerindeki deformasyon ilişkili yapıların ayrıntılı incelenmesi, (3) fay yüzeyinde re-aktivasyona işaret eden verilerin tanımlanması çalışmaları eşzamanlı olarak yürütülmüştür.

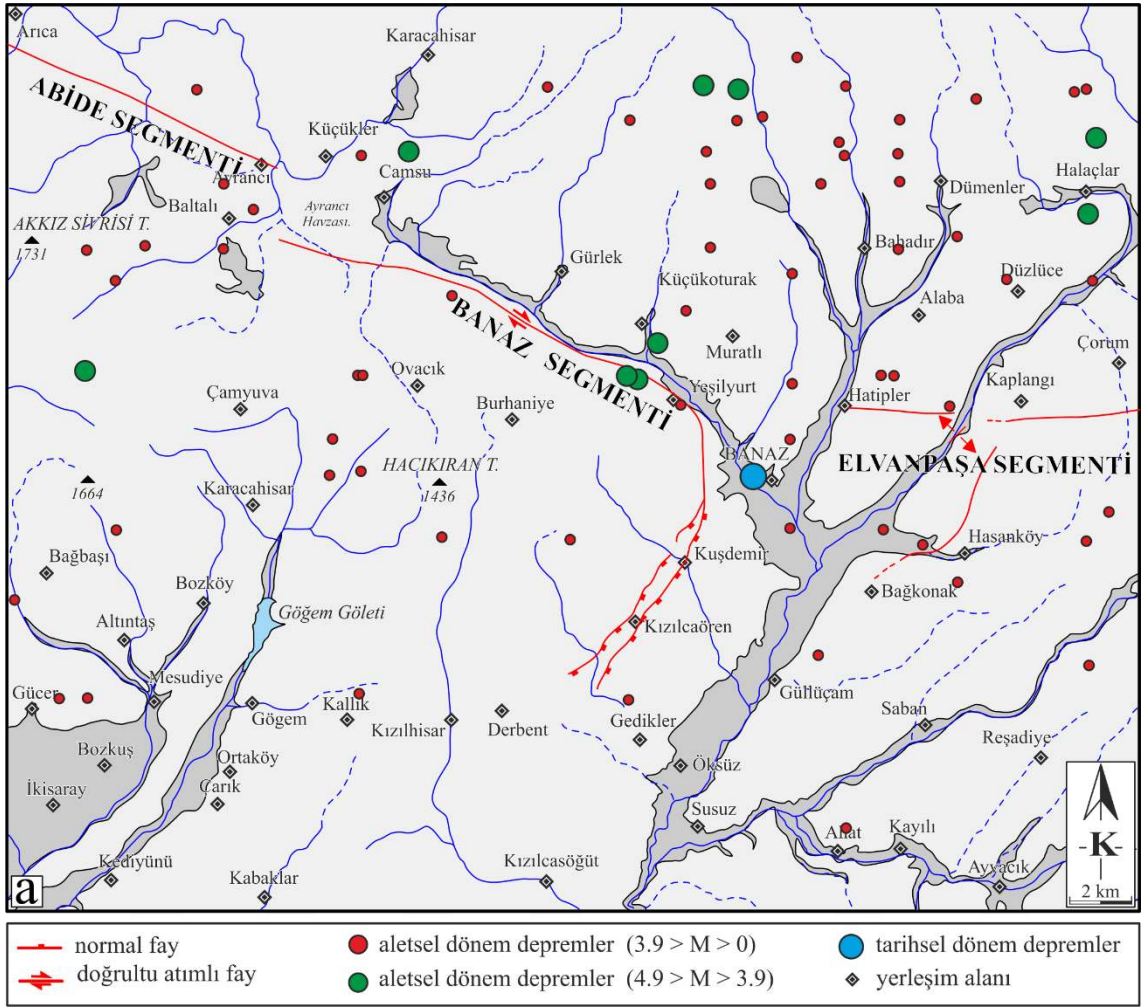
4. SİSMOTEKTONİK

Çalışma alanının da içinde bulunduğu Akşehir – Simav Fay Sistemi (ASFS) (Koçyiğit 1984) doğuda Ilgın (Konya) ve batıda Sındırgı (Balıkesir) arasında uzanan, KB-GD doğrultulu, yaklaşık 500 kilometre uzunluğunda sismojenik bir yapıdır. Sistem içerisinde birçok farklı fay ve bu faylara ait farklı segmentler bulunmaktadır. Sistem içerisindeki faylar doğu kısımda oblik/verev ve normal baskın karakterli, batı kısmında ise doğrultu atımlı baskın karakter şeklindedir (Emre vd. 2011).

Akşehir – Simav Fay Sistemi sismik açıdan aktif bir yapıdır. Sistem içerisinde, tarihsel dönemde şiddeti VIII’e varan birçok deprem meydana gelmiştir. Ayrıca; 25 Haziran 1944 Abide depremi (Ms: 6.0), 28 Mart 1970 Gediz depremi (Ms: 7.2), 25 Mart 1969 Demirci depremi (Ms: 6.0), 15 Aralık 2000 yılında meydana gelen Sultandağı depremi (Mw: 6.0), 03 Şubat 2002 tarihli Çay depremleri (Mw: 6.3 ve 6.0) ve 19 Mayıs 2011 Simav depremi (Mw: 6.0) (Özkaymak vd. 2019) (Şekil 4.1) göstermektedir ki ASFS’de sismik hareketlilik günümüzde de kuvvetli bir şekilde devam etmektedir.



Şekil 4.1 Akşehir – Simav Fay Sistemi ve yakın çevresinde meydana gelen, aletsel ve tarihsel depremleri gösterir harita (Özkaymak vd. 2019’dan düzenlenmiştir).



Şekil 4.2 Banaz ilçesi ve yakın çevresinin sismotektonik haritası (Faylar Emre vd. (2011)’den, Banaz ve yakın çevresinde 1970 yılı ve sonrası depremler KANDİLLİ (2023)’den alınmıştır).

ASFS, geçmişten günümüze değin sismik açıdan hareketli olmasına karşın, Banaz ilçesi ve yakın çevresinde meydana gelen aletsel ve tarihsel dönem depremlerin büyüklüklerine bakıldığında, nispeten düşük deprem etkinliği sunmaktadır. 1970 yılından günümüze kadar olan dönemde büyüklükleri 1.2 ve 4.8 arasında olan toplam 71 adet deprem kayda geçmiştir (Kandilli 2023). Bu depremlerden sadece 9 tanesinin büyüklüğü 4 üzerindedir ve büyüklüğü 4 üzerinde olan depremlerin tümü 1970 – 1973 yılları arasında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1). Banaz segmenti üzerinde ve yakın çevresindeki bu depremlerden üçünün dış merkezleri Muratlı ve Yeşilyurt civarında biri ise Camsu kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 4.2).

Çizelge 4.1 Banaz ve yakın çevresinde 1900 yılından günümüze kadar meydana gelmiş aletsel dönem depremler (Kandilli 2023).

No	Olus tarihi	Enlem	Boylam	Derinlik(km)	Ms
1	4.11.2021	38.8998	29.7623	13.7	1.2
2	21.03.2020	38.757	29.8773	5.3	1.7
3	10.06.2019	38.8423	29.8215	4.8	1.6
4	10.10.2016	38.7902	29.8182	8.4	2.9
5	7.07.2016	38.8243	29.6347	6.1	2
6	30.12.2014	38.795	29.7603	5.4	1.9
7	28.02.2014	38.8857	29.828	25.3	2.4
8	19.02.2013	38.889	29.8648	8.1	1.9
9	9.11.2012	38.7143	29.7708	5	3.2
10	8.11.2012	38.7508	29.793	5	2.8
11	30.10.2012	38.8002	29.7945	22.3	2
12	12.04.2012	38.8732	29.7788	7	2.4
13	27.05.2011	38.86	29.7298	26.7	2.2
14	7.12.2010	38.7358	29.821	5.4	2.4
15	28.04.2010	38.746	29.8043	5.2	2.9
16	28.01.2010	38.8513	29.5608	5.4	2.4
17	30.09.2008	38.874	29.874	19	2.3
18	30.09.2008	38.8297	29.8393	19.5	2.4
19	9.04.2008	38.7518	29.5102	5.6	2.6
20	27.01.2001	38.83	29.51	7	2.6
21	12.12.2000	38.71	29.87	8	2.9
22	4.06.2000	38.89	29.54	29	3.3
23	20.03.1997	38.88	29.75	10	2.8
24	5.02.1996	38.86	29.55	17	2.8
25	1.02.1993	38.75	29.87	9	2.7
26	12.11.1992	38.87	29.78	10	2.8
27	6.10.1991	38.87	29.73	10	2.8
28	6.09.1991	38.88	29.74	10	2.8
29	15.07.1991	38.87	29.8	10	2.9

Çizelge 4.1 (Devamı) Banaz ve yakın çevresinde 1900 yılından günümüze kadar meydana gelmiş aletsel dönem depremler (Kandilli 2023).

No	Oluşum Tarihi	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Ms
3	19.04.1991	38.84	29.73	10	2.9
31	25.10.1990	38.88	29.8	10	3.1
32	17.05.1988	38.84	29.8	0	2.7
33	30.07.1987	38.78	29.76	0	3.2
34	21.03.1986	38.75	29.68	0	2.6
35	8.07.1985	38.87	29.6	10	2.8
36	14.05.1985	38.75	29.76	0	2.5
37	4.05.1984	38.84	29.52	0	3.3
38	24.06.1983	38.77	29.59	0	2.4
39	28.04.1982	38.7	29.49	0	2.3
40	28.04.1982	38.84	29.5	0	2.1
41	31.01.1982	38.86	29.77	0	2.1
42	10.04.1981	38.7	29.5	0	3.3
43	17.01.1981	38.66	29.78	0	2.6
44	28.11.1980	38.8	29.6	0	3
45	7.05.1979	38.89	29.67	10	2.3
46	15.03.1979	38.84	29.55	0	2
47	3.11.1978	38.78	29.59	0	2.3
48	31.07.1978	38.73	29.47	0	3
49	25.07.1978	38.89	29.78	0	2.3
50	16.07.1978	38.7	29.7	0	3.2
51	23.09.1977	38.89	29.87	0	2.5
52	17.06.1977	38.83	29.76	0	2.3
53	2.01.1977	38.7	29.6	0	2.8
54	3.10.1976	38.82	29.72	0	2.7
55	10.04.1976	38.75	29.63	0	2.8
56	21.01.1976	38.79	29.72	0	2.8
57	7.01.1976	38.8	29.8	0	3.3
58	29.09.1974	38.7	29.5	5	3.6

Çizelge 4.1 (Devamı) Banaz ve yakın çevresinde 1900 yılından günümüze kadar meydana gelmiş aletsel dönem depremler (Kandilli 2023).

No	Oluşum Tarihi	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Ms
59	25.08.1974	38.88	29.7	5	3.1
61	27.02.1973	38.83	29.87	30	4.6
62	25.05.1971	38.89	29.74	33	4.7
63	10.05.1971	38.87	29.62	10	4.2
64	20.06.1970	38.85	29.87	47	4.8
65	15.05.1970	38.86	29.8	5	3.9
66	25.04.1970	38.8	29.6	5	3.9
67	18.04.1970	38.8	29.7	45	4.7
68	18.04.1970	38.8	29.7	73	4.3
69	31.03.1970	38.89	29.73	41	4.8
70	29.03.1970	38.8	29.5	55	4.2
71	28.03.1970	38.81	29.71	7	4.5

Tarihsel dönem deprem katalogları incelendiğinde bölgede 1 adet depremin kayda alındığı görülmektedir (Ambraseys 2009, Ambraseys ve Jackson 1998, Duman vd. 2018, Satılmış 2016). Bu deprem Satılmış (2016)'ın yayınında detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Satılmış çalışmasında, depremin 30 Eylül 1887 tarihinde (Cuma günü) öğlen 11.56'da meydana geldiğini bildirmektedir. Ambraseys ve Jackson (1998) depremin 10 km uzunluğunda yüzey kırığı oluşturduğunu, oluşan yüzey kırığı uzunluğuna bağlı olarak büyüklüğünü (Ms) 6.3, deprem dışmerkezini ise 38.7-29.8 (enlem-boylam) şeklinde vermektedir. Depremin neden olduğu sarsıntı kimi yerlerde 3-4 saniye kimi yerlerde ise 10 saniye kadar hissedilmiştir. Satılmış (2016)'a göre, deprem kaynaklı yıkım ve can kayıplarına bakıldığında deprem merkezi Banaz nahiyesidir. Ambraseys (2009)'e göre, bu deprem ile Oturak, Paşacık, Çorum, Düzlice, Kaplangi, Hasanköy, Hatipler, İslamköy, Banaz, Samra, Oturakköy, Foloz ve Comburt köylerinin tamamen tahrip olduğu, depremin meydana getirdiği hasarın yaklaşık doğu – batı doğrultusunda 30 kilometrelik bir alanı kapsadığı bilinmektedir. Belirtilen bu alan içerisinde Banaz, Uşak ve Gediz'de binalarda tamamen yıkılma veya ağır hasar meydana gelmiştir ve 32 can kaybı yaşanmıştır. Satılmış (2016)'ın çalışmasında hasar gören binalar detaylı olarak belirtilmiştir (Çizelge 4.2).

Depremin, Afyon, Alaşehir, Bursa, Demirci, Buldan, Eşme, Kula, Kütahya, Sürmeli, Aydın, Nazilli, Sarayköy, Burdur, Isparta, Marmaris ve Bodrum'da oldukça şiddetli; Sandıklı, Denizli, Manisa, Konya, Akşehir, Fethiye, Muğla, İzmir, Akhisar, Saruhanlı ile Samos Adası'nda şiddetli ve yer yer hafif şiddetli derecelerde hissedildiğini belirtmektedir. Ayrıca ismi geçen bu yerlerin birçoğunda birden fazla artçı şokun meydana geldiğini ve bu artçı şokların 4 aydan uzun bir süre devam ettiğine dikkat çekmiştir.

Satılmış (2016), yaşanan deprem sonrasında bölgedeki morfolojik ve jeolojik değişimleri şu şekilde aktarmaktadır; *'Banaz nahiyesinin pek çok mahalinde zeminde yarıklar oluşmuştur. Bunlardan en uzununu, Banaz'ın kuzeybatısında bulunan dağın eteklerinden Gediz kazasının güneyinde bulunan Comburt Vadisi'nin sonuna kadar uzanan yarıklardı... İslamköy (Susuz) civarında zeminde iki metre kadar çöküntüler oluşmuştur... deprem öncesinde Banaz ovasında akan bir soğuk suyun bir süreliğine kesintiye uğraması ve deprem sırasında oluşan yarıklardan bulanık ve sıcak suların fışkırmasıdır...'*. Bu açıklamalar, 1887 Banaz Depreminin kuzeybatıda Camsu ile güneydoğuda Banaz köyleri arasında uzanan ve Banaz Fayı ile kontrol edilen Comburt Vadisi boyunca yüzey kırıkları ve deformasyonları oluşturduğuna işaret etmektedir.

Banaz bölgesinde yaşanan bu deprem bölgenin tektonik olarak aktif olduğuna işaret etmektedir. Bölgede çalışan araştırmacılar Uşak – Afyonkarahisar arasında bir sismik boşluğun olduğunu ileri sürmektedirler (Koçyiğit vd. 2002, Tiryakioğlu 2015). Tiryakioğlu, yayınında Akşehir – Simav Fay Sistemi üzerinde kuzeybatıya doğru ilerleyen deprem göçü olasılığının olduğunu, Banaz ilçesi ve çevresinde haritalanan faylar ve yine bu alandaki olası sismik boşluk göz önüne alındığında, gelecekte Afyonkarahisar – Uşak ve yakın çevresinde meydana gelebilecek şiddetli bir deprem olma olasılığına dikkat çekmektedir. Bu görüşler, bu tez çalışmasının da amacı olan Banaz Fayı'nın aktif tektonik ve kinematik özelliklerinin, fay geometrisinin belirlenmesi ve depremselliğinin çalışılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.2 1887 Depremi nedeni ile Banaz, Uşak ve Gediz bölgelerinde meydana gelen yıkım (Satılmış 2016).

Bina cinsi	Banaz Nahiyesi		Uşak Kazası		Gediz Kazası		Toplam
	Tamamen yıkılan	Kısmen yıkılan	Tamamen yıkılan	Kısmen yıkılan	Tamamen yıkılan	Kısmen yıkılan	
Ev	1246	435	106	139	101		2027
Cami	10	5			4		19
Tekke	2				1		3
Çeşme	4						4
Değirmen	4						4
Köprü	1						1
Derbent	1						
Toplam	1268	440	106	139	106	0	2059

5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİK YAPISI

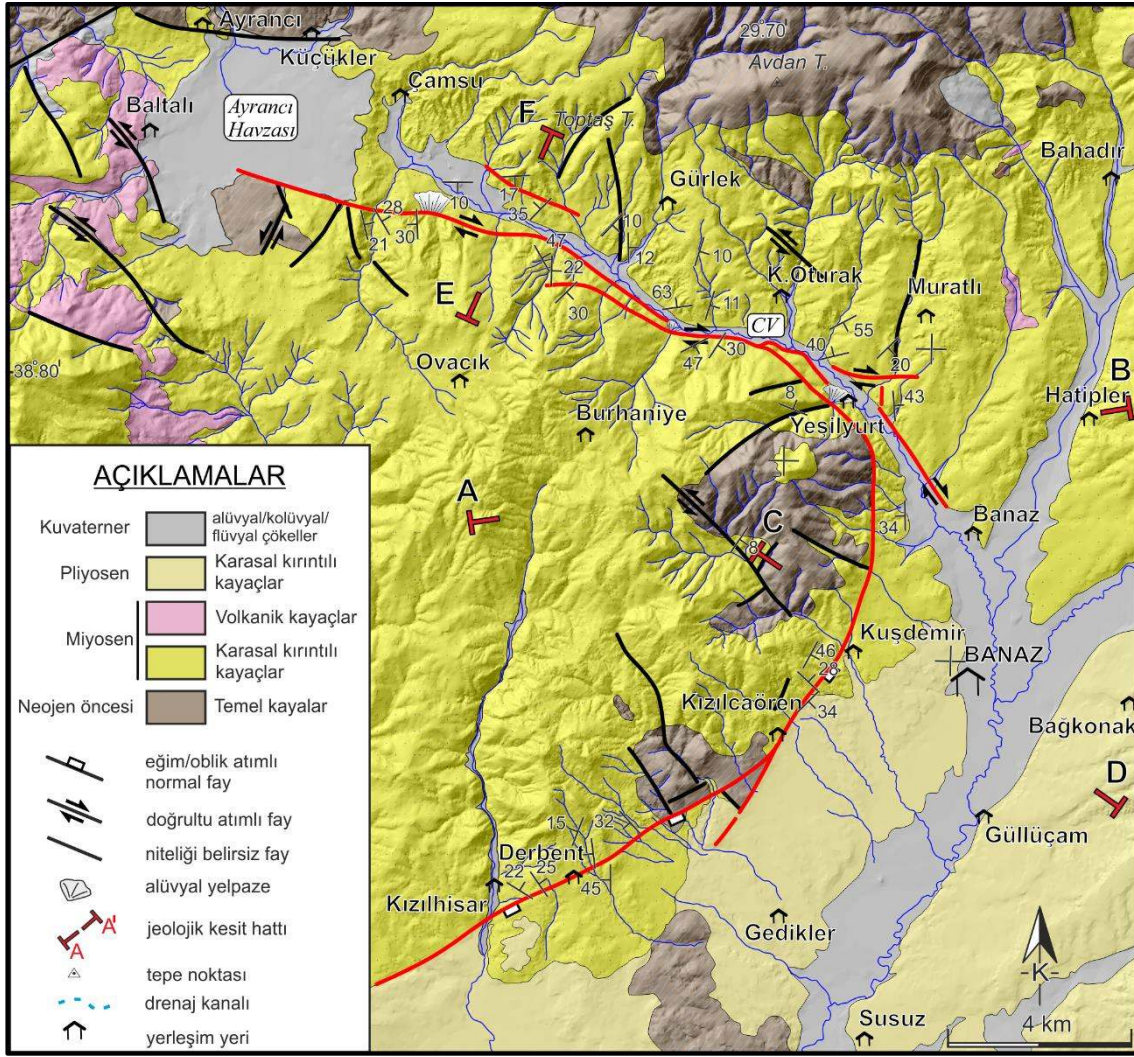
Yüksek lisans tez çalışma alanı; Uşak ilinin, Afyonkarahisar ili ile sınırı olan Banaz ilçe merkezinin batısında yer alır. Banaz Fayı Akşehir-Simav Fay Sistemi (ASFS)'nin bir segmentidir (Emre vd. 2012, Tiryakioğlu 2015, Öztürk 2019). Kuzeybatısında Simav Graben'i, Simav Fayı ve güneybatısında Afyon Akşehir Grabeni ve Isparta Büklümü gibi önemli tektonik yapılar bulunmaktadır. İnceleme alanı, Menderes Masifi'yle Afyon Zonu'nun sınırında yer almakta ve alanda baskın olarak Menderes Masifi ile Afyon Zonu'na ait temel kayalar yer almaktadır.

Çalışma alanındaki birimler oluşum dönemlerine göre üç ana başlık altında toplanmıştır. Bu birimler; (1) Neojen öncesi Temel kayalar, (2) erken Miyosen – Pliyosen yaşlı Karasal kırıntılılar ile volkanik kayalar ve (3) Kuvaterner yaşlı alüvyal, kolüvyal ve flüvyal çökellerden oluşmaktadır (Şekil 5.1, Şekil 5.2).

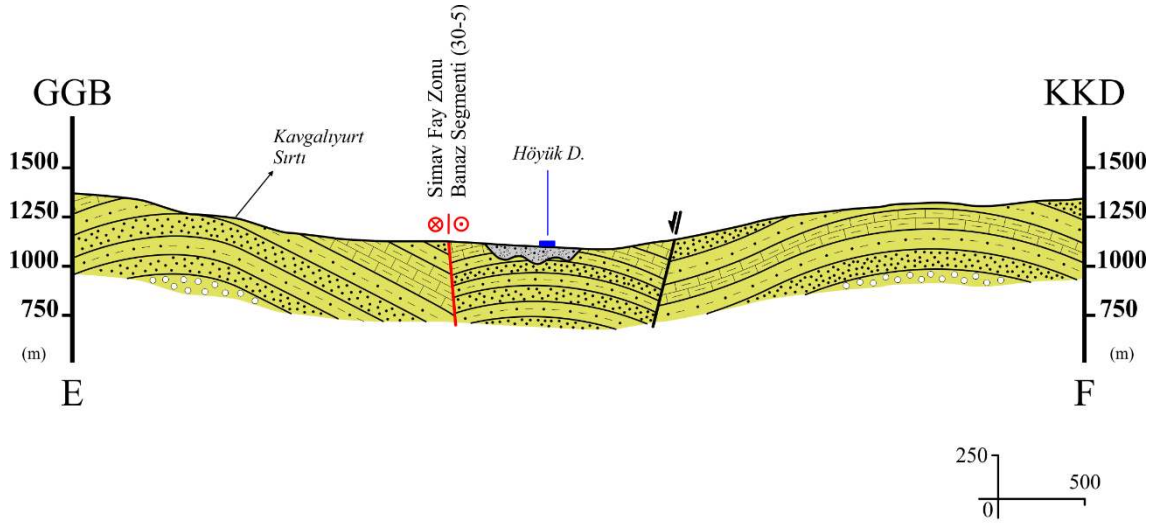
Neojen öncesi temel kayaları, Paleozoyik yaşlı karbonatlı kayalardan yapıları Arıkaya Formasyonu oluşturmaktadır. Arıkaya Formasyonu, tabanda konglomera, üst kısımlara doğru kumtaşı, marn, kireçtaşı ardalanması ile devam eden Yeniköy Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Andezit ve trakiandezit bileşimli lav kayaları ve aglomeralardan yapıları Karaboldere volkanitleri Miyosen yaşlı olup, Yeniköy Formasyonu ile yanall geçişli olarak gözlenmektedir. Koyu yeşilimsi ve siyahımsı renkli Murat Dağı Melanjına ait serpantinli kayaları ile bu birimlerin ilişkisi tektoniktir. Kuvaterner yaşlı alüvyon çökeller tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Akdeniz ve Konak 1979) (Şekil 5.1).

ZAMAN				SİSTEM		SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK				KUVATERNER	Holosen	Alüvyon		Alüvyon - kolüvyal ve flüvyal çökeller, sırt tipi traverten.	
					Traverten			uyumsuzluk	
				PLİYÖSEN	Pliyosen			Çamurtaşı - Kumtaşı - Silttaşı; sarımsı gri - sütülahve renginde. Zayıf dayanımlı olmasına karşın tabaka yönleri iyi gözlenmektedir.	
								uyumsuzluk	
				NEOJEN	MİYOSEN	Karaboldere Volk.		Aglomera; yeşilimsi beyaz renkli, yer yer alterasyon mevcut. Trakiandezit, Gri, koyu gri renkli, kimi yerlerde silisleşme yoğun.	
Yeniköy Formasyonu		Kireçtaşı; sarımsı gri renkli, gölsel özellikli. Marn - Kumtaşı - Silttaşı; sarımsı gri - sütülahve renginde. Kumtaşları orta - iyi yuvarlık derecelidir. Kumtaşlarının üst dokanaklarında yer yer dalga kırışığı yapısı gözlenmektedir. Konglomera; metamorfik ve ultramafik bileşenli taneler.							
MESOZOYİK				KRETASE	Murat Dağı Melanjı		Ofiyolitli Melanj; yeşil, kahverengi renkli, manyezit damarları içeren dunit, harzburgit, serpantin, çört.		
							bindirme		
PALEOZOYİK					Arıkaya Form.		Kristalize kireçtaşı; grimsi renkli, ince - orta yer yer iri kristalli.		

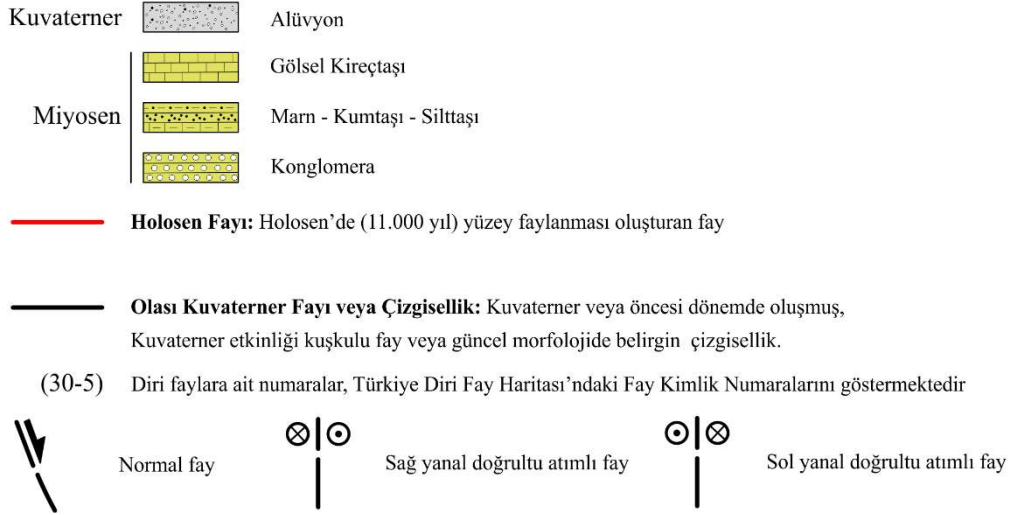
Şekil 5.1 Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Bingöl 1977, Ercan vd. 1978, Akdeniz ve Konak 1979'dan düzenlenmiştir).



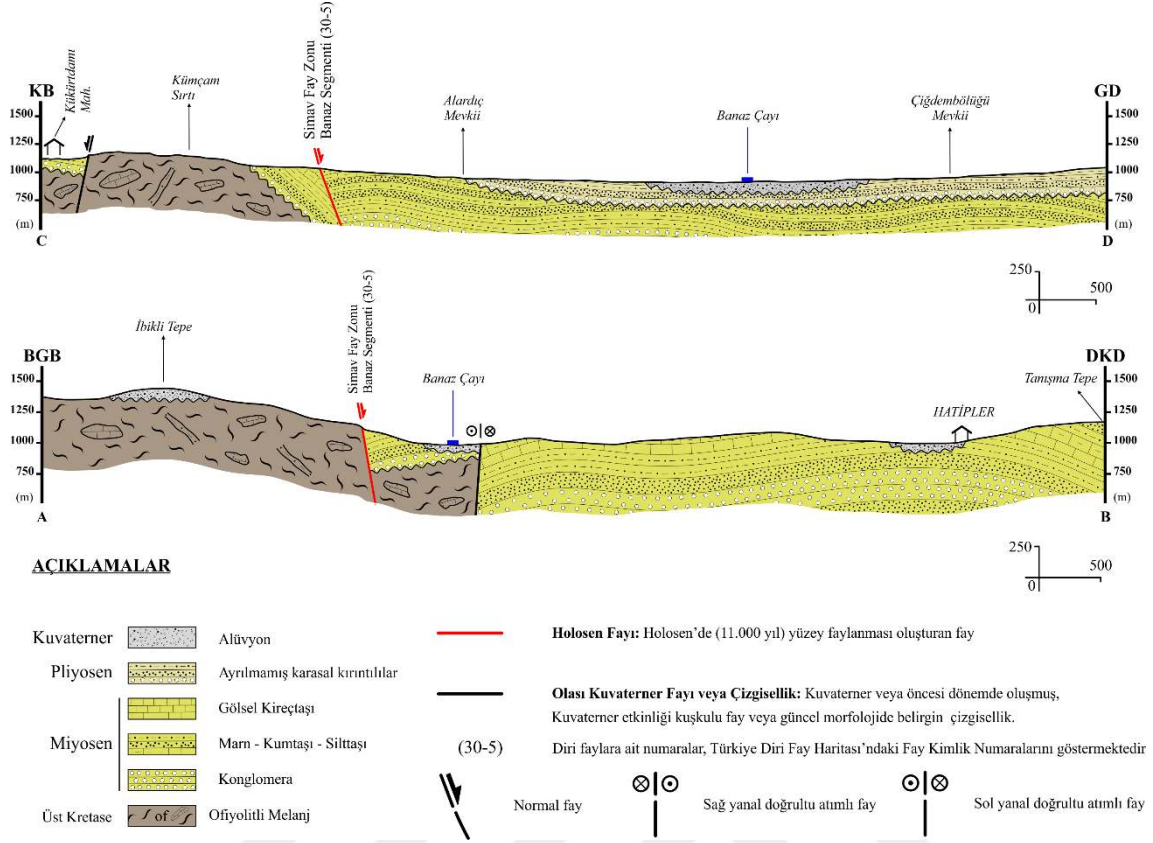
Şekil 5.2 Banaz Fayı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (CV: Comburt Vadisi, saha çalışmaları ile ulaşılamayan, özellikle faydan uzaktaki alanlar Leflef 1976, Bingöl 1974, Bingöl 1977, Ercan vd. 1978, Akdeniz ve Konak 1979 çalışmalarından düzenlenmiştir).



AÇIKLAMALAR



Şekil 5.3 E – F kesit hattı boyunca birimlerin ilişkisini gösterir jeolojik enine kesit.



Şekil 5.4 A-B ve C-D kesit hatları boyunca birimlerin ilişkisini gösterir jeolojik enine kesitler.

5.1 Stratigrafi

5.1.1 Arıkaya Formasyonu

Paleozoyik yaşlı temel kayalar arasında stratigrafik olarak üst seviyeleri temsil eden ve kristalize kireçtaşı olarak tanımlanan Arıkaya Formasyonu, ilk kez Akdeniz ve Konak (1979) tarafından tanımlanmıştır. Birim, sahada kısıtlı bir alanda yüzlek vermektedir. Grimsi renkte tanımlanan kayalar genellikle ince-orta, iri kristalli doku sunmaktadır. Tektonizmaya işaret eden breşik yapının yaygın ve belirgin olduğu birimin taban seviyeleri inceleme alanında gözlenememektedir. Ayrıca, Yeniköy formasyonuna ait sedimanter birimler uyumsuzlukla Arıkaya formasyonunu üzerlemektedir.



Şekil 5.5 a) İleri derecede alterasyona uğramış Paleozoyik yaşlı Arıkaya Formasyonu b) Arıkaya formasyonunda gözlenen fay düzlemi.

5.1.2 Murat Dağı Melanjı

Birim ilk defa Bingöl (1977) tarafından adlanmış ve tanımlanmıştır. Çalışma alanında geniş yayılım sunmaktadır. Ayrancı, Küçükler Köylerinin kuzeyinde, Avdan Tepe, Yeşilyurt Köy'ünün güneyinde Evrendede Mevkiinde ve Kızılcaören – Derbent köyleri arasında kalan açık ocaklarda birim net bir şekilde gözlenebilmektedir. Birimin gözlendiği yerlerde harzburjit, serpantinit, dunit, radyolarit ve çört gibi kayalar ayıklanabilmiştir. Koyu yeşilimsi ve siyahımsı renklerde olan kayalarda makaslama çatlaklarının gözlendiği alanlarda serpantinleşme çok daha yoğundur.



Şekil 5.6 Açık ocak içinde gözlenen Murat Dağı Ofiyolitli Melanjına ait dunit ve harzburgitler.



Şekil 5.7 Yeniköy Formasyonu ile Muratdağı Ofiyolitli Melanjı dokanağı. Yeniköy Formasyonu'nun Muratdağı Ofiyolitli Melanjını örttüğü net bir şekilde görülmektedir.

5.1.3 Yeniköy Formasyonu

Formasyonu ilk defa Ercan vd. (1978) tarafından tanımlanmış ve isimlendirilmiştir. Ercan (1978)' a göre birim tabanda konglomera ile başlar kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanması olarak devam eder ve killi kireçtaşı ile sonlanır. Formasyon sahada kesiksiz bir şekilde gözlenmektedir ve tüm çalışma alanında yayılım sunar.

Konglomeralar; boyutu maksimum 4-5 cm. olan yuvarlaklığı iyi, boylanması iyi çakıllardan oluşur. Litik materyali metamorfik ve ofiyolitik malzemeler içerir (Şekil 5.8). Kumtaşı – Silttaşı – Marn ardalanması; sahada sarımsı – sütü kahve renklerinde gözlenir. Kumtaşları ve silttaşları arasında keskin bir geçiş vardır. Kumtaşlarının farklı seviyelerindeki tabakaların üst dokanaklarında dalga kırışıklıkları gözlenmektedir (Şekil 5.9).



Şekil 5.8 Yeniköy Formasyonuna ait konglomera katmanları (K40B/25KD) (Bakış GD).



Şekil 5.9 Yeniköy Formasyonu kumtaşı seviyelerinin tavan sınırında gözlenen dalga kırışıkları.

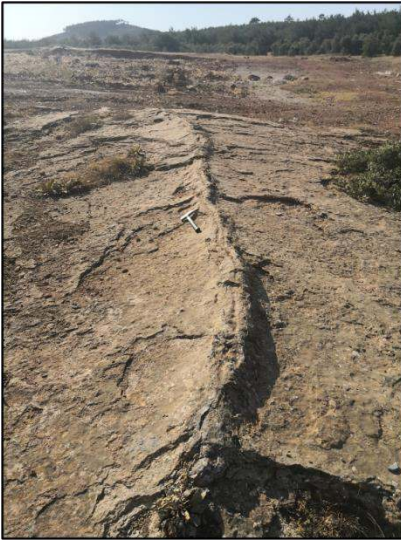
5.1.4 Kuvaterner Birimler

Çalışma alanında kuvaterner birimleri travertenler ve havza içi alüvyon çökelleri oluşturmaktadır. Alüvyon çökeller özellikler alüvyal yelpazelerin bulunduğu bölgelerde kalın istifler sunmaktadır (Şekil 5.10).

Travertenler haritalanmayacak kadar lokal bir alanda sırt tipi biçiminde oluşmuşlardır. Bulundukları bölgeye göre doğrultuları Banaz Fayı ile yaklaşık paralellik sunar. Comburt Vadisi'nde gözlemlendiği doğrultu K50°B istikametindedir ve burada Banaz Fayı'nın genel doğrultusu K60-70°B'dir. Sırt tip travertenlere ait ikinci ölçüm Kızılcaören – Derbent mevkiinde yapılmıştır. Burada da genel doğrultusu K40°D istikametindedir, fayın genel doğrultusu ise K30-60°D doğrultusundadır (Şekil 5.11).



Şekil 5.10 Comburt Vadisinde gözlenen alüvyal yelpaze istifi.



Şekil 5.11 K40°D doğrultulu (sol) ve K50°B doğrultulu (sağ) sırt tipi traverten oluşumları.

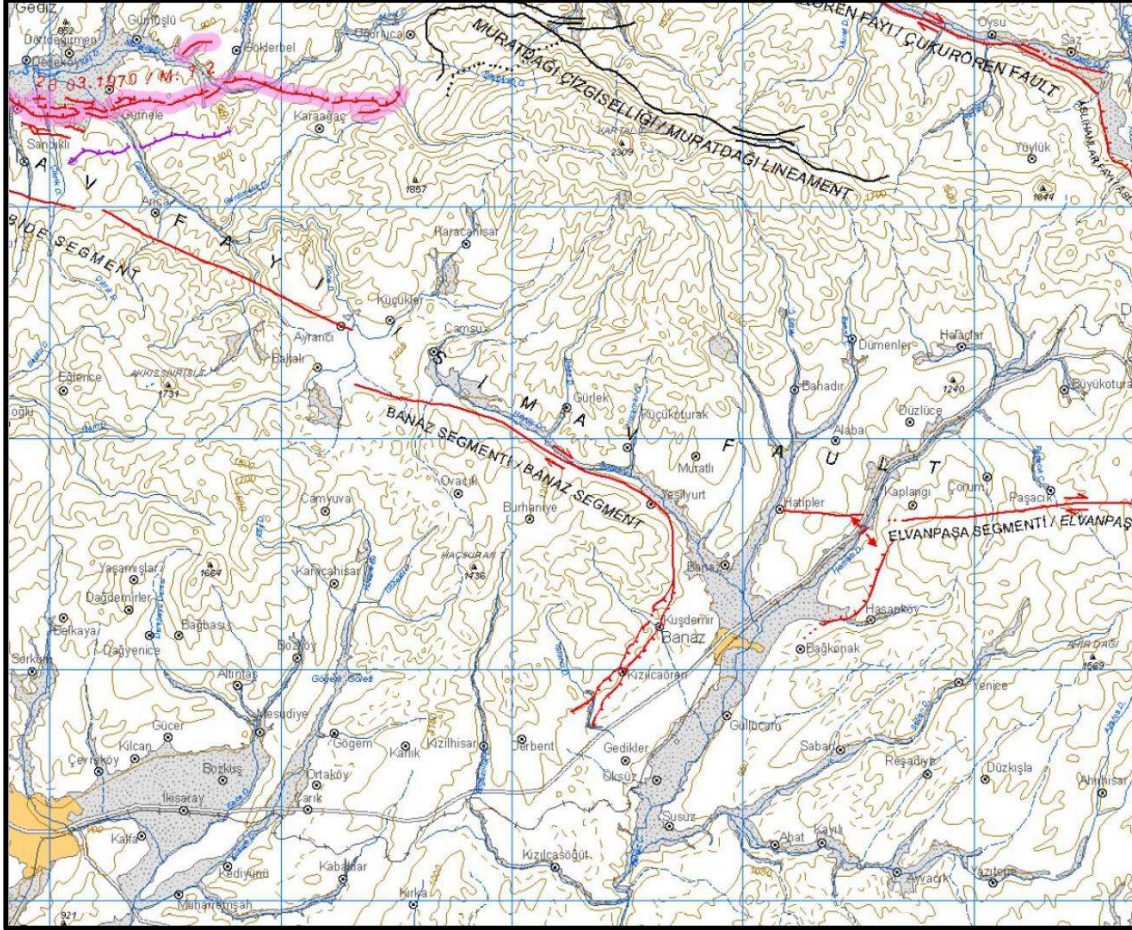
6. BANAZ FAYI

Banaz Fayı, ilk defa Gürlek Fayı ve Kızılcaören Fayı adı altında Koçyiğit vd. (2007) tarafından haritalanmış ve tanımlanmıştır. Araştırmacılar, oblik atımlı normal fay olarak tanımladıkları Gürlek Fayı'nın batıda Baltalı ve doğuda Yeşilyurt yerleşim alanlarından geçtiğini, D-B uzanımlı ve 22 km uzunluğuna sahip olduğunu, doğuda K-G uzanımlı Kızılcaören fayı ile kesişerek sonlandığını belirtirler. Fay boyunca var olan morfolotektonik yapılaraya göre Gürlek fayını diri bir fay olarak tanımlayan araştırmacılar, Wells ve Coppersmit (1994)'in fay uzunluğuy ile üretebileceğiy maksimum deprem büyüklüğüy arasındaki ilişkiyi kuran kuramsal formülüne göre Gürlek Fayı'nın üretebileceğiy maksimum deprem büyüklüğüyü 6.63 olarak hesaplamışlardır. Koçyiğit vd. (2007)'ne göre Kızılcaören Fayı ise Kuşdemir ve eski Banaz yerleşim alanları boyunca yüzeyleyen, 16 km uzunluğunda, ortalama K30°D uzanımlı eğim atımlı normal faydır. Araştırmacılaraya göre bu fay, Miyosen - orta Pliyosen yaşlı akarsu-göl ortamında çökelmiş olan karasal bir istifiy keserek düşey yönde 100 metre kadar ötelemiştir. Jeolojik olarak diri bir fay olarak tanımladıkları Kızılcaören Fayı'nın üretebileceğiy maksimum deprem büyüklüğüyü Wells ve Coppersmit (1994)'e göre 6.47 olarak hesaplamışlardır.

Şaroğluy vd. (1992) tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritası'nda yer almayan bu fay, Emre vd. (2011) tarafından yayınlanan Türkiye Diri Fay Haritası'nda UŞAK (NJ 35-8) pafta numaralı ve 1/250.000 ölçekli diri fay haritasında Banaz Fayı adı ile yer almaktadır. Emre vd. (2011)'ne göre Banaz Fayı; Murat dağının kuzeyinde bulunan Baltalı köyü doğusundan başlar, Comburt vadisi boyunca havzanın Batı kenarından Yeşilyurt köyüne kadar KB – GD doğrultusu ile devam eder. Yeşilyurt köyünden itibaren dönüş yapmaya başlar ve Kuşdemir, Kızılcaören, Derbent köyleri istikametinde KD – GB doğrultusuna geçerek birbirine yaklaşık paralel iki fay kolu şeklinde ilerleyerek yaklaşık olarak Kızılcaören – Derbent köyleri arasında sonlanır. Bu haritada fayın, yaklaşık 24 km uzunluğunda olduğı, Baltalı – Evrendede Mevkii arasında sağ yanal, Evrendede–Derbent istikametinde ise eğim atımlı normal fay karakterinde çalıştığı belirtilmiştir (Şekil 6.1). Banaz Fayı'nın üretebileceğiy maksimum deprem tekrarlanma periyodu 6.71 olarak verilmiştir (Duman vd. 2018, Emre vd. 2018).

Banaz Fayının niteliğiy literatürde tartışmalara sebep olmuştur. Emre vd. (2011)'ne göre

kuzeyinde (Comburt vadisi boyunca) sağ yanal nitelik sunduğu, güneydoğu kesiminde (Kuşdemir-Kızılcaören bölgesi) eğim atım nitelikli olduğu söylenmektedir. Koçyiğit vd. (2007) ise fayın kinematikini Comburt vadisi boyunca oblik atımlı normal, Kızılcaören bölgesinde ise eğim atımlı normal fay karakterinde olduğunu ileri sürmüşlerdir.



Şekil 6.1 Banaz Fayı'nın, Uşak (NJ 35-8) diri fay haritasındaki konumu (Emre vd. 2011).

Bu tez çalışması kapsamında, 1/25.000 ölçeğinde fay haritalaması yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre Banaz Fayı, batıda Baltalı Köyü doğusunda Ayrancı havzasını güneyden sınırlar. Bu bölümde fayın izi çizgisel gidişli ve yaklaşık K70°B uzanımlıdır. Fay Ayrancı Havzası güneyinde Neojen öncesi temel kayalar ve Neojen yaşlı karasal kırıntılar ile Kuvaterner yaşlı modern havza dolgusunu yan yana getirir. Daha doğuya doğru Miyosen sedimanlar içerisinde takip edilen fay önünde genç alüvyal yelpaze çöelleri gözlenmiştir. Banaz Fayı, Comburt Vadisi içerisine girdikten sonra ortalama K60°B uzanımına dönerek ilerler ve K. Oturak güneybatısında D-B doğrultusuna döner. Banaz

Fayı, Baltalı ile Yeşilyurt arasında uzanan KB-GD uzanımlı Comburt vadisi yönünde, farklı fay sarplıkları sunmaktadır (Şekil 6.2, Şekil 6.3). Bu durum Banaz Fayı'nın zonu boyunca vadi tabanına doğru basamaklı bir geometri sunduğuna ve birbirine paralel fay kolları ile temsil edildiğine işaret etmektedir.

Benzer durum, fayın tekrar K60°B uzanımına geçiş yaptığı K. Oturak güneyinde de gözlenmektedir. Fayın Yeşilyurt yerleşim alanını kestiği bölgede yaklaşık faya dik ve kuzeydoğuya doğru akan derelerin taşıdıkları alüvyonlar fay önünde yelpaze oluşumuna neden olurlar. Bu bölgede alüvyal yelpaze çökelleri ile Comburt vadisinin flüvyal çökelleri birbirine girik olarak gözlenir. Yeşilyurt doğusunda, Evrendede mevkiinde Banaz Fayı önce K20°B daha sonra da K-G doğrultusuna dönerek Kuşdemir yerleşim alanına doğru ilerler. Bu bölgede fayın oluşturduğu fay sarplıkları ve iyi korunmuş fay düzlemleri tipiktir. Banaz Fayı, Kuşdemir yerleşim alanında yaklaşık K30°D doğrultusuna dönerek aynı doğrultuda Kızılcaören yerleşim alanının altından geçer. Kızılcaören güneybatısında çatallanan fay kollarından kuzeyde olan yaklaşık K60°D doğrultusunda Derbent ve Kızılhisar yerleşim alanlarından geçerek güneybatıya doğru ilerler. Güneydeki kol, Neojen öncesi temel kayalar güneydoğudan sınırlayarak Pliyosen yaşlı birimler içerisine girer ve daha güneyde Pliyosen birimler içerisinde daha fazla takip edilemez. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen saha çalışmaları Banaz Fayı'nın yaklaşık olarak 32 kilometre uzunluğa sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle Baltalı ile Yeşilyurt arasında doğrusal bir geometriye sahipken ve kuzeydoğuya eğimli iken, Yeşilyurt ile Kızılhisar arasında doğruya kavis yapan bir yay geometrisi sunar.

Haritalama aşamasında fay düzlemlerinden doğrultu – eğim değerleri, fay çizdiği, fay oluşu gibi kinematik veriler de ölçülmüştür. Alınan kinematik veriler Angelier programında işlenerek stres analizi yapılmıştır. Veriler kinematik analiz bölümünde detaylı olarak anlatılacaktır.

Bu tez çalışmaları kapsamında, fay düzleminin en iyi şekilde gözleendiği yerlerden bir tanesi Evrendede mevkiinde bulunan mesire alanıdır (Şekil 6.4). Haritalama çalışmalarında Evrendede mevkiinde incelenen fay düzlemlerinde fayın reaktivasyonuna ait verilere rastlanmıştır (Şekil 6.5). Fay çiziklerinin birbirini üzerleme şekli

incelendiğinde eğim atımlı normal fay çizikleri, oblik atımlı normal fay çizikleri tarafından örtülmektedir.



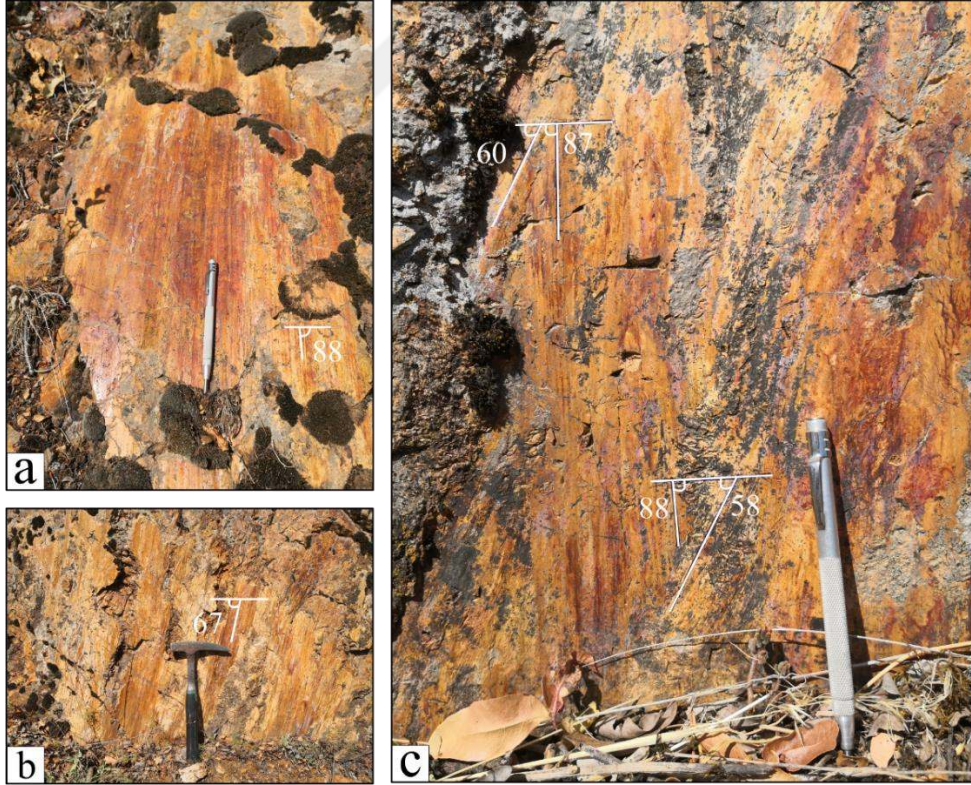
Şekil 6.2 Banaz Fayı'nın geçmiş dönemlerde oluşturduğu fay sarplıkları.



Şekil 6.3 Comburt Vadisinden bakıldığında, Banaz Fayı'nın geçmiş dönemlerde oluşturduğu fay sarplıkları.



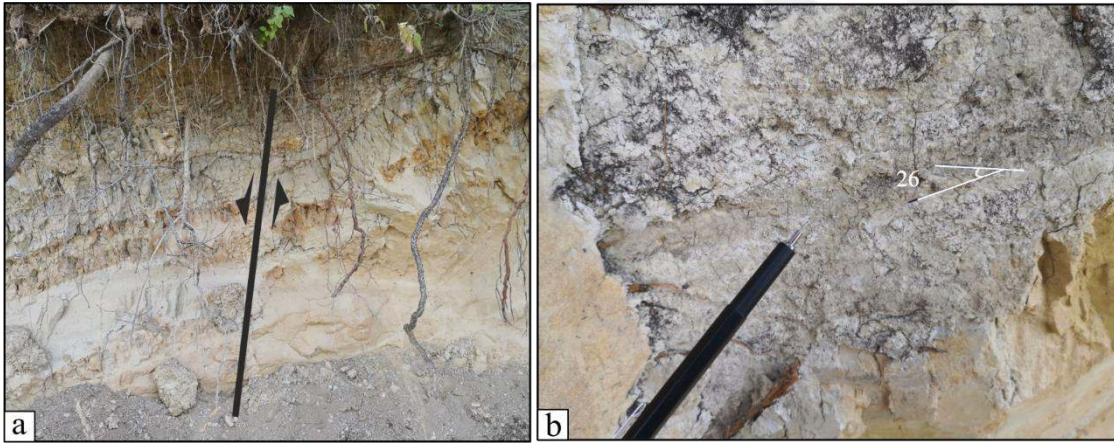
Şekil 6.4 Banaz Fayı'nın Evrendede Mevkiinde gözlenen fay düzleminin genel görünümü.



Şekil 6.5 Evrendede mevkiinde gözlenen Banaz Fayı'na ait kayma düzlemleri. a ve b) Eğim ve oblik atımlı faya ait kinematik göstergeler, sırasıyla: KG/64D R:88K, K88B/73KD R:67G c) Reaktiviteyi gösteren kinematik göstergeler: K10B/77KD R:60-87, K7B/81KD R:88-58.



Şekil 6.6 Banaz Fayı'nın Comburt Vadisi'nin Güney ucunda yön değiştirdiği bölgede gözlenen fay düzlemi.



Şekil 6.7 a) Comburt Vadisi'nde miyosen Yeniköy Formasyonunu kesen fay düzlemi b) Fay düzlemine ait rake açısı (K65B/86KD R:26D).



Şekil 6.8 Yeniköy Formasyonunu kesen fay düzlemi. Fay etkisi ile birimin alterasyona uğradığı görülmektedir.

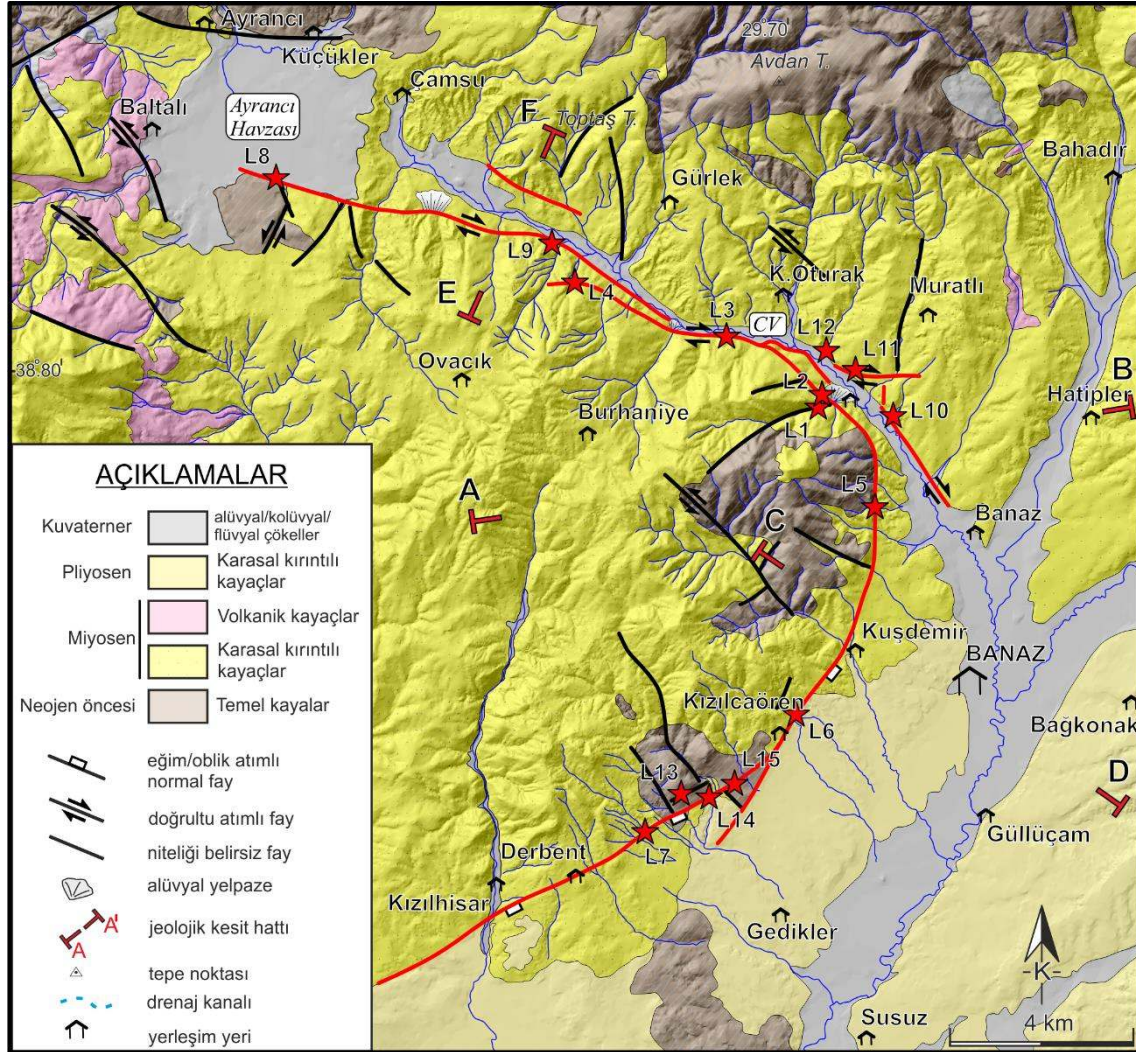


Şekil 6.9 Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonunu kesen sağ yanal fay düzlemi, K64B/76KD R:25K, K62B/75KD R:26K, K62B/81KD R:27K.

6.1 Kinematik Analizler

Banaz Fayı'nın paleostres analizinin yapılabilmesi ve gerilim yönlerinin hesaplanabilmesi amacıyla, çalışma alanında 15 farklı lokasyondan (Şekil 6.10) birçok kinematik veri toplanılarak kinematik analiz çalışması yapılmıştır. Angelier programında incelenen bu veriler ve Delvaux vd. (1997) ϕ değerini bağlı gerilme rejimi önerileri ile

gerilim yönleri hakkında bir görüş ortaya koyulmaya çalışılmıştır.



Şekil 6.10 Çalışma alanında kinematik göstergelerin toplandığı lokasyonlar (CV: Comburt Vadisi).

Fayın Baltalı ile Yeşilyurt arasında, özellikle Comburt vadisi boyunca K60°-70°B doğrultusunda devam ettiği yaklaşık 15 km'lik kuzey bölümü boyunca fay düzlemlerinden toplanan kinematik ölçümlerin (Lokasyonlar: 1, 3, 4, 8 ve 10) paleostress analizleri, fayın bu bölümünün yaklaşık KB-GD yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü genişleme kuvvetleri etkisi altında sağ yönlü doğrultu atımlı çalıştığına işaret etmektedir. İlgili lokasyonlardan toplanan kayma verilerinin Paleostres analizlerine göre, en büyük asal gerilme eksenini olan σ_1 yataya yakın konumdadır. 1B lokasyonunda σ_1 'in dalımı 04° iken 3 numaralı lokasyonda 13°, 4 numaralı lokasyonda 08°, 8 numaralı lokasyonda 21 ve 10 numaralı lokasyonda 24° hesaplanmıştır (Çizelge 6.1). Bu lokasyonlardaki σ_2

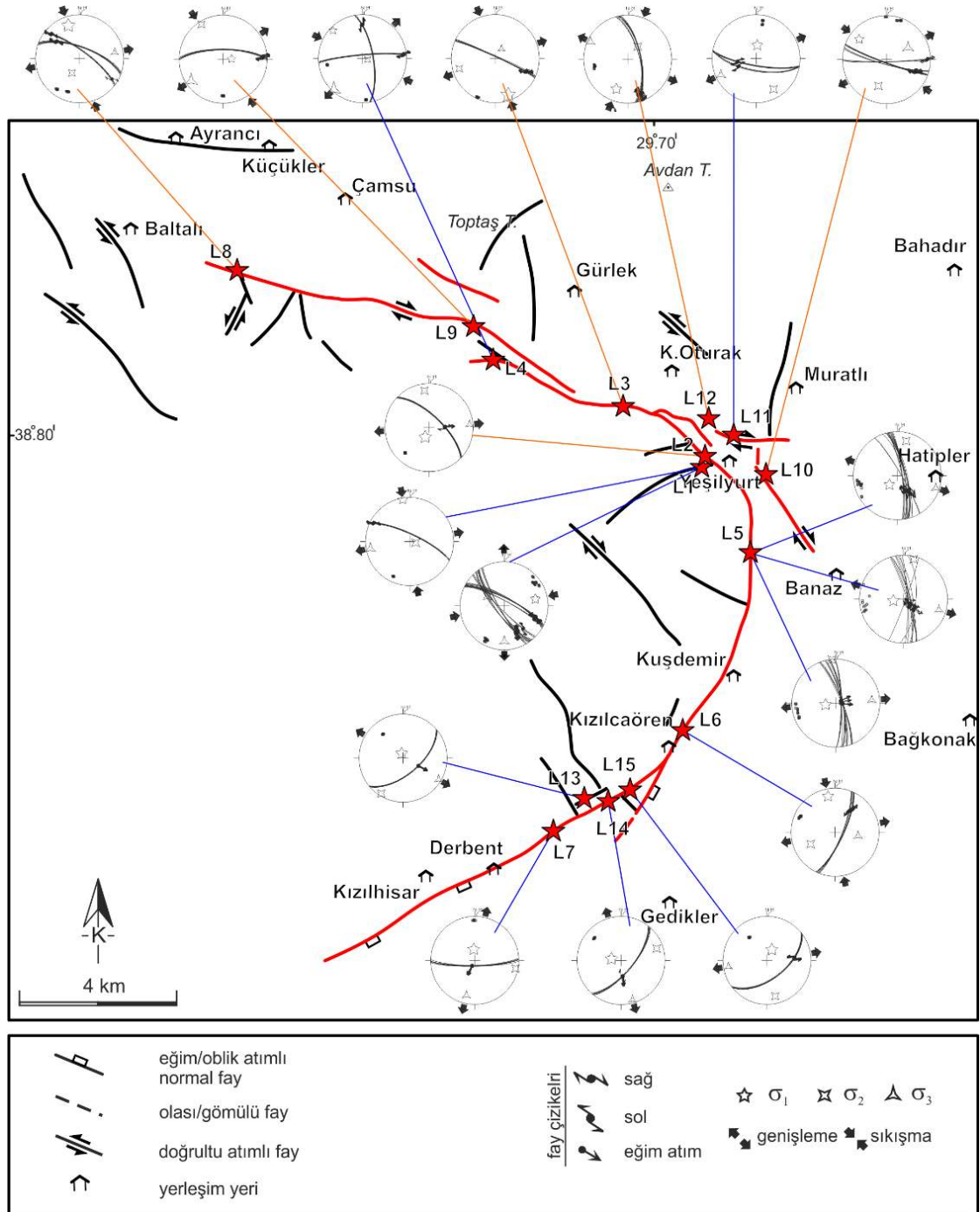
dalımı ise yaklaşık düşey konumda yer almaktadır (sırasıyla, 79°, 16°, 80°, 60° ve 38°). Bu lokasyonlardan elde edilen ϕ değerleri ise sırası ile 0,259; 0,651; 0,707; 0,236 ve 0,576 olarak hesaplanmıştır. Bu lokasyonlardan elde edilen kinematik verilerin paleostres analizleri (Delvaux vd. (1997)'nin önerdiği sınıflamaya göre) bu lokasyonlarda ölçülen fayların saf doğrultu atımlı (σ_2 düşeyde, $0,75 > \phi > 0,25$) özellikte olduğuna işaret etmektedir.

Bununla beraber, 1A ve 12 numaralı lokasyonlarda Miyosen yaşlı birimleri deforme eden fay düzlemlerinden toplanan verilerin paleostress analizleri bu bölgelerde ölçülen fayların sırasıyla yaklaşık D-B ve KD-GB yönlü sıkışma ve yaklaşık K-G ve KB-GD yönlü açılma kuvvetleri etkisi altında oluştuğuna işaret etmektedir (Şekil 6.11). Bu ölçümler olasılıkla neotektonik dönem öncesi, olasılıkla Miyosen dönemi içerisinde daha eski bir fazın varlığına işaret etmektedir.

Banaz Fayı'nın Yeşilyurt – Kızılhisar arasında kalan, fayın doğuya kavisli yay geometrisi sunduğu doğuya eğimli yaklaşık 17 km²'lik bölümünde ölçülen 2, 5, 7, 11, 13, 14 ve 15 lokasyonların paleostres analizi sonuçları fayın normal karakterine işaret etmektedir. İlgili lokasyonlardan toplanan kayma verilerinin paleostres analizlerine göre, en büyük asal gerilme eksenini olan σ_1 yaklaşık düşey konumdadır (σ_1 değerleri 65° ile 81° arasında değişmektedir) (Çizelge 6.1). Bu lokasyonlardan elde edilen ϕ değerlerinin 0,308 ile 0,508 arasında değiştiği 5A, 5B2, 11, 13 ve 15 numaralı lokasyonlarda (σ_1 düşeyde, $0,25 < \phi < 0,75$) saf genişleme; ϕ değerlerinin 0,132 ile 0,240 arasında değiştiği 2, 5B1, 7 ve 14 numaralı lokasyonlarda (σ_1 düşeyde, $0 < \phi < 0,25$) dairesel genişleme söz konusudur. Bu çalışmalar, Banaz Fayı'nın Yeşilyurt – Kızılhisar mevki arasında kalan bölümünün doğuya eğimli ve doğrultuları K-G ile K60°D arasında değişen doğrultulara sahip kolları üzerinde KD-GB, D-B ve KB-GD genişlemeli tektonizmanın varlığına işaret etmektedir.

Banaz Fayı'nın dönüş yaptığı Evrendede mesire alanı mevkiinde 5 numaralı lokasyon bulunmaktadır. Bu lokasyondan ölçülen kinematik verilerde reaktivite verileri gözlenmiştir. Düzlem üzerindeki ilk hareket eğim atım normal fay hareketidir, üzerleyen hareket ise sağ yanal bileşene sahip eğim atım normal fay niteliği sunmaktadır. Evrendede lokasyonunda 5B1 ve 5B2 lokasyonlarında ölçülen kinematik verilerin paleostress

analizlerine göre, σ_1 'in dalımı 71° 'den 68° 'ye düşmüştür, yönlemi saatin tersi yönünde yer değiştirmiştir.



Şekil 6.11 Banaz Fayı'nda ölçülen fay düzlemleri üzerinde yapılan paleo-gerilme analizleri. Eşit alan alt yarımküre stereoplotları kayma düzlemini, kayma doğrultusu ve asal gerilim eksenleri doğrultuları ve asal gerilim eksenlerinin konumlarını göstermektedir. Büyük daireler fay düzlemleri, oklar fay çiziklerini göstermektedir (Çizelge 6.1'e bakınız).

Çizelge 6.1 Banaz Fayı'ndaki lokasyonlardan toplanan fay verilerine göre hesaplanan paleostres analiz sonuçları (σ_1 , σ_2 ve σ_3 değerlerinde pay yönlemi, payda dalımı göstermektedir).

Lokasyon	Fay Türü	Ölçü Sayısı	σ_1	σ_2	σ_3	ϕ	Max ANG
1A	oblik atımlı	27	78/28	301/54	179/21	0.62	6
1B	normal doğrultu atımlı	7	351/04	102/79	260/11	0.651	3
2	eğim atımlı	9	202/71	353/17	086/09	0.240	2
3	normal doğrultu atımlı	9	160/13	254/16	033/69	0.259	7
4	doğrultu atımlı	14	314/08	101/80	223/05	0.707	10
5A	eğim atımlı	11	261/71	014/08	107/17	0.308	11
5B1	normal eğim atımlı	14	262/71	355/01	085/19	0.175	9
5B2	eğim atımlı	16	221/68	014/20	108/09	0.407	6
6	oblik atımlı	12	349/18	244/38	099/46	0.467	4
7	normal eğim atımlı	8	355/70	101/06	193/19	0.132	6
8	doğrultu atımlı	16	341/21	206/60	079/20	0.236	35
9	doğrultu atımlı	9	088/74	328/08	236/13	0.669	10
10	doğrultu atımlı	13	307/24	197/38	061/43	0.576	10
11	eğim atımlı	11	005/65	150/21	245/13	0.508	4
12	normal doğrultu atımlı	11	201/29	295/08	039/60	0.132	3
13	eğim atımlı	9	343/81	212/06	121/07	0.296	2
14	normal eğim atımlı	9	280/72	071/16	164/08	0.221	3
15	eğim atımlı	9	024/68	167/18	261/12	0.316	2

7. TARTIŞMA ve SONUÇ

Banaz Fayı, 2011 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda (Emre vd. 2011) diri bir fay olarak gösterilmiştir ve tarihsel dönem kayıtları fay üzerinde 30.09.1887 (I:VIII) depreminin yüzey kırıkları oluşturarak meydana geldiğine işaret etmektedir. Bununla beraber önceki çalışmalar, Banaz Fayı'nın geometrisi, kinematik analizi ve aktif tektonik özelliklerine yönelik yeterli bilgi içermemektedir. Bu tez çalışmaları kapsamında yürütülen saha ağırlıklı çalışmalar, Banaz Fayı'nın aktif tektonik, kinematik özellikleri ve fay geometrisi hakkında yeni saha verileri içermektedir. Tez kapsamında gerçekleştirilen, 1/25.000 ölçekli jeolojik haritalama, tektonik jeomorfolojik çalışmaları, enine jeolojik kesitler ve kinematik ölçümler ile bölgede yüzeyleyen birimlerin analizi, birbirleri ile olan ilişkileri ile faya bağlı gelişen yapılar, fayın geometrisi ve kinematik özellikleri yorumlanmaya çalışılmıştır.

Çalışma alanındaki birimler oluşum dönemlerine göre üç ana başlık altında toplanmıştır. Bu birimler; (1) Neojen öncesi Temel kayalar, (2) erken Miyosen – Pliyosen yaşlı Karasal kırıntılılar ile volkanik kayalar ve (3) Kuvaterner yaşlı alüvyal, kolüvyal ve flüvyal çökellerden oluşmaktadır. Banaz Fayı boyunca, kuzeyde K. Oturak güneydoğusunda fayın D-B doğrultusuna döndüğü alanda ve güneyde ise Derbent köyü civarında gözlenen sırt tipi travertenler genel doğrultusu, Banaz Fayı'nın genel doğrultusu ile paralellik sunmaktadır.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen saha çalışmaları Banaz Fayı'nın yaklaşık olarak 32 kilometre uzunluğa sahip olduğunu göstermektedir. Wells ve Coppersmit (1994)'in fay uzunluğu ile üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü arasındaki ilişkiyi kuran kuramsal formülüne göre Banaz Fayı'nın üretebileceği maksimum deprem büyüklüğünü 6.82 olarak hesaplanmıştır. Emre vd., (2018) ve Duman vd. (2018) tarafından yapılan çalışmalarda Banaz Fayı'nın üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü 6.71 olarak verilmiştir.

Özellikle Baltalı ile Yeşilyurt arasında doğrusal bir geometriye sahipken ve kuzeydoğuya eğimli iken, Yeşilyurt ile Kızılhisar arasında doğuya kavis yapan bir yay geometrisi sunar.

Banaz Fayının niteliği literatürde tartışmalara sebep olmuştur. Emre vd. (2011)'ne göre kuzeyinde (Comburt vadisi boyunca) sağ yanal nitelik sunduğu, güneydoğu kesiminde (Kuşdemir – Kızılcaören bölgesi) eğim atım nitelikli olduğu söylenmektedir.

Koçyiğit vd. (2007) ise fayın kinematığını Comburt vadisi boyunca oblik atımlı normal, Kızılcaören bölgesinde ise eğim atımlı normal fay karakterinde olduğunu ileri sürmüşlerdir. Tez çalışmalarında toplanan saha verilerine göre ise, Banaz Fayı'nın Baltalı ile Yeşilyurt arasında, özellikle Comburt vadisi boyunca $K60^{\circ}$ - 70° B doğrultusunda devam ettiği yaklaşık 15 km'lik kuzey bölümü boyunca fay düzlemlerinden toplanan kinematik ölçümlerin paleostress analizleri, fayın bu bölümünün yaklaşık KB-GD yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü genişleme kuvvetleri etkisi altında sağ yönlü doğrultu atımlı çalıştığına işaret etmektedir. Bununla beraber, tez çalışmaları, Banaz Fayı'nın Yeşilyurt – Kızılhisar mevki arasında kalan 17 km uzunluğundaki doğuya eğimli bölümünün ve doğrultuları K-G ile $K60^{\circ}$ D arasında değişen doğrultulara sahip kolları üzerinde KD-GB, D-B ve KB-GD çok yönlü (multidirectional extension) genişlemeli tektonizmanın varlığına ve fay kollarının eğim/oblik atımlı normal hareketine işaret etmektedir.

Kinematik göstergelerin toplandığı lokasyonlardan biri olan lokasyon 5'te reaktivite verisi tespit edilmiştir. Düzlem üzerindeki ilk hareket eğim atım normal fay hareketidir, üzerleyen hareket ise sağ yanal bileşene sahip eğim atım normal fay niteliği sunmaktadır. Elde edilen veriler, bölgede σ_1 'in saatin tersi yönünde yer değiştirdiğine işaret etmektedir.

Banaz Fayı ve yakın çevresinde çalışma yapan birçok çalışmacı bölgede sismik boşluğun olabileceğinden bahsetmektedir. Bu görüşler göz önüne alındığında Banaz Fayı'nda yapılacak deprensellik çalışmaları daha da önem kazanmaktadır. Fay doğrultusunda gözlenen kuvaterner yaşlı traverten verileri fayın aktifliği hakkında önemli bir veridir. Ancak, Banaz Fayı'nda yapılacak olan bir paleosismoloji çalışması, fay aktivitesi hakkında daha doğru sonuçlar verecektir.

8. KAYNAKLAR

- Akdeniz N ve Konak P N, 1979, Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yöresinin jeolojisi, MTA Rapor No: 6547, Ankara.
- Ambraseys N N ve Jackson J A, 1998, Faulting associated with historical verecent earthquakes in the Eastern mediterranean region, *Geophysical Journal International*, 133, 390–406.
- Ambraseys N N, 2009, *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900*, Cambridge University Press.
- Angelier J, 1984, Tectonic analysis of fault slip data sets, *Journal of Geophysical Research*, 80, 5835–48.
- Angelier J, 1991, Inversion of field data in fault tectonics to obtain regional stress, III: A new rapid direct inversion method by analytical means, *Geophysical Journal International*, 103, 363–76.
- Angelier J, 1994, Fault slip analysis and paleostress reconstruction, In P.L. Hancock, *Continental Deformation* (53–100), Pergamon Press, Oxford.
- Bingöl E, 1977, Murat Dağı jeolojisi ve ana kayaç birimlerinin petrolojisi, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 20, 13-66.
- Bozkurt E, 2001, Neotectonics of Turkey – a synthesis, *Geodinamica Acta*, 14, 3–30.
- Delvaux D, Moeys R, Stapel G, Petit C, Levi K, Miroshnichenko A, Ruzhich V et al., 1997, Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia, Part II: Cenozoic rifting In: Cloetingh S, Fernandez M, Munoz J A, Sassi W and Horvath F, *Structural controls on sedimentary basin formation. Tectonophysics*, 282, 1-38.
- Dewey J F, ve Şengör A M C, 1979, Aegean And Surrounding Regions Complex Multiplate and continuum Tectonics in a Convergent Zone, *Geological Society Of America Bulletin*, 90, 84-92.
- Duman T Y et all, 2016, Seismotectonic database of Turkey, *Bulletin of Earthquake Engineering* 16, 3277-3316.

- Duman T Y (Ed.), Emre Ö, Özalp S, Çan T, Olgun Ş, Elmacı H, Şaroğlu F, 2017, Türkiye ve Yakın Çevresindeki Diri Faylar ve Özellikleri, Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi 34, 12 s, Ankara.
- Duman T Y, Çan T, Emre Ö, Kadıroğlu F T, Başarır Baştürk N et al., 2018, Seismotectonic database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering 16, 8, 3277-3316
- 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.
- Emre Ö, Duman T Y, Olgun Ş, Elmacı H, Özalp S, 2012, 1: 250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Uşak NJ 35-8.
- Ercan T, Dinçel A, Metin S, Türkecan A ve Günay E, 1978, Uşak yöresindeki neojen havzaların jeolojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 21, 97-106.
- England P, 2003, The alignment of Earthquake T-axes with the principal axes of geodetic strain in the Aegean region, Turkish Journal of Earth Sciences, 12, 47-54.
- Gürboğa Ş, Koçyiğit A, Ruffet G, 2014, Episodic two-stage extensional evolutionary model for southwestern Anatolian graben–horst system: New field data from the Erdoğmuş -Yenigediz graben (Kütahya), Journal of Geodynamics, 65, 176 – 198.
- Hardcastle K C ve Hills L S, 1991, BRUTE and SELECT: Quick Basic 4 programmes for determination of stress tensor configurations and separation of heterogeneous populations of fault slip data, Computer Geoscience, 17, 23–43.
- Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2023, Son depremler, 10 Ocak 2023.
- Koçyiğit A, 1984, Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27, 1-16.
- Koçyiğit A, Bozkurt E, Kaymakci N, Saroglu F, 2002, Subat 2002 Cay (Afyon) Depreminin kaynağı ve ağır hasarın nedenleri: Akşehir Fay Zonu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Tektonik Araştırma Birimi Jeolojik Ön Raporu.

- Koçyiğit A and Özacar A A, 2003, Extensional neotectonic regime through the NE edge of the outer Isparta Angle, SW Turkey: New field and seismic data, Turkish Journal of Earth Sciences, 12, 67-90.
- Koçyiğit A, 2007, Çukurören – Çobanlar (AFYON) Arasındaki Deprem Kaynaklarının (Aktif Fayların) Belirlenmesi, TÜBİTAK Final Raporu (ÇAYDAĞ-106 Y 209), 77.
- Leflef D, 1976, Bingöl E, 1974, 1/25.000 Ölçekli Sayısal Jeoloji Haritaları, Uşak K23-a3 Paftası, Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Satılmış S, 2016, 30 Eylül 1887 Banaz Depremi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 38, 79-96.
- Şaroğlu F, Emre Ö, Kuşçu İ, 1992, Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Şengör A M C, Yılmaz Y, 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181–241.
- Şengör A M C, Görür N ve Şaroğlu F, 1985, Strike-slip faulting ve related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, In: K. Biddle, N. Christie-Blick (eds), Strike-slip Deformation, Basin Formation ve Sedimentation. Society of Economic Paleontologists ve Mineralogists, Special Publications 37, 227–264.
- Tiryakioğlu İ, 2015, Geodetic aspects of the 19 May 2011 Simav earthquake in Turkey, Geomatics, Natural Hazards and Risk 6, 76-89.
- Özkaymak Ç, 2013, Manisa Havzası'nın Aktif Tektoniği ve Depremselliği, Batı Anadolu, Türkiye, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 251.
- Özkaymak Ç, Sözbilir H, Gecievi O M & Tiryakioğlu İ, 2019, Late Holocene coseismic rupture and aseismic creep on the Bolvadin Fault, Afyon Akşehir Graben, western Anatolia, Turkish Journal of Earth Sciences, 28, 787-804.

Öztürk M, 2019, Banaz Fayının Tektonik Hareketlerinin GNSS Yöntemiyle Belirlenmesi, Afyonkocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 71.

Wells D L & Coppersmith S R, 1994, New Empirical Relationships among magnitude Rupture length, Rupture width, Rupture Area and surface Displacement, Bulletin of Seismological Society of America 84, 974 – 1002.

