

**KÜTAHYA GRABENİ'NİN TEKTONİK
JEOMORFOLOJİSİ (BATI ANADOLU)**

**TECTONIC GEOMORPHOLOGY OF THE
KÜTAHYA GRABEN (WESTERN ANATOLIA)**

ZEYNEP KEZER

DOÇ. DR. ERMAN ÖZSAYIN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ olarak hazırlanmıştır.

ZEYNEP KEZER'in hazırladığı "**Kütahya Grabeni'nin Tektonik Jeomorfolojisi (Batı Anadolu)**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erdin BOZKURT

Başkan



Doç. Dr. Erman ÖZSAYIN

Danışman



Prof. Dr. R. Kadir DİRİK

Üye



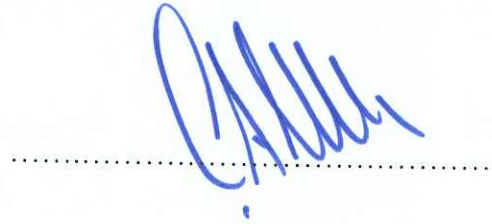
Doç. Dr. Azad Sağlam SELÇUK

Üye



Doç. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak / / tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe 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 değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

30 / 05 / 2019

ZEYNEP KEZER

YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesi'ne verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- ☐ Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- ☐ Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir.
- ☐ Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

30 / 05 / 2019

ZEYNEP KEZER



ÖZET

KÜTAHYA GRABENİ'NİN TEKTONİK JEOMORFOLOJİSİ (BATI ANADOLU)

ZEYNEP KEZER

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Erman ÖZSAYIN

Mayıs 2019, 91 sayfa

Bu çalışmada, Kütahya Grabeni'ni sınırlayan faylar, fayın yaşı, fayın karakteri, fay doğrultusunun değişimi, sıçrama yapması, başka bir fay tarafından kesilmesi ve ötelenmesi kriterlerine göre segmentlere ayrılmıştır. Segmentlere bağlı gelişen havza ve drenaj sistemlerinin ölçülebilir morfolojik unsurları üzerinden jeomorfik indisler kullanılarak analizler gerçekleştirilmiş, fay segmentleri arasındaki göreceli etkinlik analiz sonuçlarının ışığında değerlendirilmiştir. Hesaplanan jeomorfik indisler, dağ önü sinüslüğü (Smf : 1.06-1.92), üçgen yüzey yüzdesi (Lf/Ls : 0.11-0.94), vadi tabanı genişliğinin-vadi tabanı yüksekliğine oranı (Vf : 0.34-2.07) hipsometrik integral (HI : 0.34- 0.48), hipsometrik eğri, drenaj havza asimetrisi, akarsu uzunluk-eğim indeksi ve göreceli tektonik aktivite indeksidir. Analiz sonuçları Kütahya Grabeni'ni denetleyen fayların aktiflik derecesinin doğudan batıya doğru arttığını göstermektedir. Morfometrik analizlerden elde edilen sonuçlara göre Kütahya Fay Zonu'nun yıllık yükselme hızı 0.5 mm'den fazladır ve tektonik olarak aktiftir. Parmakören, Alayunt ve Karaöz fayları ise tektonik olarak orta derecede aktif, yıllık yükselme oranı 0.5 ile 0.05

mm arasındadır. Bu durum grabenin güney kenarını temsil eden Kütahya Fay Zonu'nun kuzey kenarlarındaki faylardan daha aktif olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kütahya Fay Zonu, tektonik jeomorfoloji, jeomorfik indisler, aktif tektonik, Batı Anadolu



ABSTRACT

TECTONIC GEOMORPHOLOGY OF THE KÜTAHYA GRABEN (WESTERN ANATOLIA)

ZEYNEP KEZER

Master of Science, Department of Geological Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Erman Özsayın

May 2019, 91 pages

In this study, faults bounding the Kütahya Graben were divided into segments by criterias, age of fault, characteristics of fault, change of fault's trending, being stepped, being crossed and offset by another fault. The analysis were conducted by using geomorphic indices through measureable morphological elements of basin and drainage systems occured depending on segments, relative activity among fault segments were assessed in consideration of results of analysis. Calculated geomorphic indices were mountain-front sinuosities (Smf: 1.06-1.92), triangular facets (Lf/Ls: 0.11-0.94), Valley floor width-to valley height ratio (Vf: 0.34-2.07), hypsometric integral (HI: 0.34- 0.48), hypsometric curve, asymmetry factor, stream length-gradient index and relative tectonic activity index. Results of analysis indicated that activity ratio of fault controlling the Kütahya

Graben increases east to west. According to the results obtained from morphometric analysis, annual rise velocity of the Kütahya Fault Zone is more than 0.5 mm and tectonically active. As to the Parmakören, the Alayunt and the Karaöz faults, they are tectonically moderately active and annual rise rate are 0.5 mm to 0.05 mm. This shows that the Kütahya Fault Zone, south edge of the graben, is more active than faults on the north edges.

Keywords: Kütahya Fault Zone, tectonic geomorphology, geomorphic indices, active tectonics, Western Anatolia.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarımın her aşamasında beni destekleyen, cesaretlendiren, eleştirileri ile bakış açımı genişletip daha çok gayret etmemi sağlayan ve pozitif yaklaşımları ile bana her zaman güç veren, kendisi ile çalışmaktan onur duyduğum tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Doç. Dr. Erman ÖZSAYIN'a,

Tez çalışmamın morfometrik analiz çalışmaları kısmında bilgileri ile beni aydınlatan, katkıları ile yönlendiren ve gelişmeme olanak sağlayan jüri üyeleri Sayın Doç. Dr. Azad SAĞLAM SELÇUK ve Sayın Doç. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK' a,

Tez savunması sırasında değerli görüşleri ve değerlendirmeleriyle tez çalışmama katkı sağlayan jüri üyeleri Prof. Dr. Kadir DİRİK ve Prof. Dr. Erdin BOZKURT'a,

Çalışmalarımın her aşamasında desteğini esirgemeyen, bilgisinden çokça faydalandığım Araştırma görevlileri Levent BAYRAM, Alaettin TUNCER ve Hulde Tuğba GİZLİ'ye,

Analiz çalışmalarımda yöntemlerin uygulanması konusunda fikir alışverişinde bulunduğum Nisarg Bhatt'a (Institute of Seismological Research Gandhinagar, India)

Eski çalışma arkadaşlarım Fatih SUCU ve Büşra İNAN'a,

Son olarak varlıkları ile bana güç veren kıymetli anneciğim Mahinur KEZER'e, babacığım Mahmut KEZER'e, sevgili kardeşlerime, dostlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİN	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Stratigrafi	14
2.1.1. Temel Kayaçlar	16
2.1.1.1. Mesozoyik Yaşlı Metamorfikler	16
2.1.1.2. Mesozoyik Yaşlı Ofiyolitler	18
2.1.2. Neojen Yaşlı Kayaçlar	18
2.1.2.1. Miyosen Yaşlı Gölsel Çökeller	18
2.1.2.2. Miyosen Yaşlı Volkanik Kayaçlar.....	19
2.1.2.3. Üst Pliyosen Karasal Çökeller.....	20
2.1.3. Modern Havza Dolgusu	21
2.2. Yapısal Jeoloji	22
2.2.1. Bölgedeki Faylar	22
2.2.1.1. Kütahya Fay Zonu.....	22
2.2.1.2. ParmakörenFayı	23
2.2.1.3. Karaöz Fayı.....	24
2.2.1.4. Alayunt Fayı	25
2.3. Bölgenin Depremselliği	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM	33

3.1. Uzaktan Algılama Çalışmaları	33
3.2. Tektonik Jeomorfoloji Çalışmaları	33
3.2.1. Morfometrik İndisler	34
3.2.1.1. Dağ Önü Sinüslüğü (<i>Smf</i>)	34
3.2.1.2. Üçgen Yüzey Yüzdesi (<i>Lmf</i>)	35
3.2.1.3. Üçgen Yüzey Eğiminin- Yüzey Yüksekliğine Oranı	36
3.2.1.4. Vadi Tabanı Genişliğinin-Vadi Tabanı Yüksekliğine Oranı (<i>Vf</i>)	37
3.2.1.5. Drenaj Havza Asimetrisi (<i>AF</i>).....	37
3.2.1.6. Akarsu Uzunluk-Eğim İndeksi (<i>SL</i>).....	38
3.2.1.7. Hipsometrik Eğri (<i>HE</i>)	40
3.2.1.8. Hipsometrik İntegral(<i>HI</i>)	40
3.2.1.9. Göreceli Tektonik Aktivite İndeksi (<i>IAT</i>)	41
4. BULGULAR	43
4.1 Dağ Önü Sinüslüğü (<i>Smf</i>).....	46
4.2 Üçgen Yüzey Yüzdesi (<i>Lf/Ls</i>).....	47
4.3. Üçgen Yüzey Eğiminin – Yüzey Yüksekliğine Oranı	47
4.4. Vadi Tabanı Genişliğinin-Vadi Tabanı Yüksekliğine Oranı (<i>Vf</i>).....	54
4.5. Drenaj Havza Asimetrisi (<i>AF</i>)	54
4.6. Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral (<i>HE, HI</i>).....	60
4.7. Akarsu Uzunluk-Eğim İndeksi (<i>SL</i>)	66
4.8. Göreceli Tektonik Aktivite İndeksi (<i>IAT</i>)	73
5. TARTIŞMA	76
6. SONUÇLAR VE YORUM	81
7. REFERANSLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. a) Türkiye ve yakın çevresinin ana fay kuşaklarını gösterir harita (KDAFZ: Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu, KAFZ:Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu), (Bozkurt, 2001'den sadeleştirilerek alınmıştır). b) Çalışma alanının Diri fay haritasındaki yeri	2
Şekil 2.1. Türkiye 'nin ana tektonik yapıları ve kenet kuşaklarını gösteren harita (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır).	6
Şekil 2.2. Türkiye ve çevresinin ana neotektonik bölgelerini ve aktif fay segmentlerini gösteren harita (gri: Karadeniz-Kafkaslar sıkışmalı neotektonik bölge, mor ve sarı: Kuzeydoğu-Güneydoğu Anadolu doğrultu atımlı neotektonik bölge, turuncu: Orta-Kuzey Ege doğrultu atımlı neotektonik bölge, yeşil: Kıbrıs-Güney Ege aktif dalma batma neotektonik bölge, mavi: Güneybatı Anadolu genişlemeli neotektonik bölge; Özsayın, 2007; Özsayın ve Dirik, 2011; Gürboğa, 2011'den derlenmiştir)	7
Şekil 2.3. Kütahya Grabeni ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018; Koçyiğit ve Bozkurt, 1997'den derlenmiştir).	14
Şekil 2.4. Çalışma alanının 1/100000 ölçekli jeoloji haritası (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018; Sarıfakıoğlu, 2011; 1/250000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları (Emre ve ark., 2011a;2011b) ve Koçyiğit ve Bozkurt (1997)'den derlenmiştir). Haritanın projeksiyon sistemi ED50/UTM Zon 35'dir	15
Şekil 2.5. Çalışma alanında bulunan fayları gösteren harita (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018; Sarıfakıoğlu, 2011; 1/250000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları (Emre ve ark., 2011a;2011b) ve Koçyiğit ve Bozkurt (1997)'den derlenmiştir)	22
Şekil 3.2. Dağ-önü sinüslüğü (Ramirez-Herrera, 1998'den alınmıştır).	35
Şekil 3.2. Üçgen yüzey yüzdesi plan görünümü, (Ramirez-Herrera,1998'den alınmıştır).	36
Şekil 3.3. Üçgen yüzey eğiminin- yüzey yüksekliğine oranını gösteren blok diyagram (Özkaymak, 2014'den alınmıştır).	36
Şekil 3.4. Vadi tabanı genişliğinin-vadi tabanı yüksekliğine oranının kesit görünümü (Ramirez-Herrera, 1998'den alınmıştır).	37

Şekil 3.5. Drenaj havza asimetrisi blok diyagramı (Keller ve Pinter, 2002'den alınmıştır).	38
Şekil 3.6. Akarsu uzunluk eğim indeksi kesit görünümü (Hack, 1973'den alınmıştır). ..	39
Şekil 3.7. Akarsu uzunluk eğim indeksi blok diyagram görünümü (Keller ve Pinter, 2002'den alınmıştır).....	39
Şekil 3.8. Hipsometrik eğri grafik görünümü (Keller ve Pinter 2002'den alınmıştır).	40
Şekil 3.9. Hipsometrik İntegral blok diyagram, (Keller ve Pinter, 2002'dan alınmıştır.)	41
Şekil 4.1. Çalışma alanında morfometrik indislerin hesaplandığı fay segmentlerinin haritası (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018; Emre, 2011a, 2011b; Koçyiğit ve Bozkurt, 1997'den değiştirilerek alınmıştır).	43
Şekil 4.2. S1, S2, S3 ve S4'ün kontrolündeki drenaj havzaları. Havzalar kuzeybatıdan güneydoğuya doğru numaralandırılmıştır.	44
Şekil 4.3. S5 ve S6'nın kontrolündeki drenaj havzaları. Havzalar batıdan doğuya doğru numaralandırılmıştır.	44
Şekil 4.4. S7'nin kontrolündeki drenaj havzaları. Havzalar kuzeybatıdan güneydoğuya doğru numaralandırılmıştır.	45
Şekil 4.5. S8 ve S9'un kontrolündeki drenaj havzaları. Havzalar batıdan doğuya doğru numaralandırılmıştır.	45
Şekil 4.6. Üçgen yüzey eğimi ile üçgen yüzey yükseklikleri arasındaki ilişki grafiği	48
Şekil 4.7. Üçgen yüzeylerin segmentlere göre dağılım haritası.	49
Şekil 4.8. S1 üzerinden hesaplanan üçgen ve trapezoidal yüzeylerin Google Earth'den alınan görüntüsü (mor çizgiler: drenaj alan sınırları, mavi çizgiler: akarsu çizgileri, beyaz çizgiler: üçgen ve trapezoidal yüzeyleri tanımlamaktadır)	50
Şekil 4.9. 2 numaralı üçgen yüzey üzerinden alınan A-A' profil kesitinde KFZ'nun 1 no'lu segmentinin basamaklı fay geometrisi görülebilmektedir.	52
Şekil 4.10. Üçgen yüzeylerinin eğim açılarını gösterir histogram grafiği.	53
Şekil 4.11. Üçgen yüzeylerinin yüzey eğiminin yüksekliğe oranını gösterir histogram grafiği.	53
Şekil 4.12. S1 ve S2 segmentlerin Smf , Af , Vf ölçüm hattı ve Üçgen yüzeyleri gösterir harita.	57
Şekil 4.13. S3 ve S4 segmentlerin Smf , Af , Vf ölçüm hattı ve Üçgen yüzeyleri gösterir harita	57

Şekil 4.14. S5 ve S6 segmentlerin Smf , Af , Vf ölçüm hattı ve Üçgen yüzeyleri gösterir harita	58
Şekil 4.15. S7 segmentlerin Smf , Af , Vf ölçüm hattı ve Üçgen yüzeyleri gösterir harita	58
Şekil 4.17. Segment-1'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.,	61
Şekil 4.18. Segment-2'e bağlı gelişen drenaj havzasının Hipsometrik eğrisi.	61
Şekil 4.19. Segment-3'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.....	62
Şekil 4.20. Segment-4'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.....	62
Segment-5 kontrolünde drenaj havzalarından S5-1, S5-2, S5-3 ve S5-6 havzaları dış bükey şekilli, genç havzaları, S5-4, S5-5, havzaları S-şekli az aşınmış havzaları ve kalan diğer havzalar ise iç bükey çok aşınmış havzaları temsil etmektedir (Şekil 4.21).	62
Şekil 4.21. Segment-5'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.	63
Şekil 4.22. Segment-6'ya bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.	63
Şekil 4.23. Segment-7'ye bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.	64
Şekil 4.24. Segment-8'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.	64
Şekil 4.25. Segment-9'a bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.	65
Şekil 4.26. Çalışma alanına ait kaya birimlerinin direncini gösteren sertlik sınıflaması ve SL indisi değerlerini gösterir harita (Shelby, 1980)..	67
Şekil 4.27. Segment-10'a bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri	69
Şekil 4.28. Segment-11'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri	70
Şekil 4.29. Segment-10'a ait drenaj havzalarının AF değerlerine göre eğimlenme yönlerini ve Vf indisinin hesaplandığı lokasyonları gösteren harita görüntüsü.	70
Şekil 4.30. Segment-11'e ait drenaj havzalarının AF değerlerine göre eğimlenme yönlerini ve Vf indisinin hesaplandığı lokasyonları gösteren harita görüntüsü	71
Şekil 5.1 Ortalama Vf ve Smf değerlerine göre yıllık ortalama yükselme miktarının grafığı (Rockwell, 1984).....	79

ÇİZELGELER DİZİN

Çizelge 4.1. Dağ Önü Sinüslüğü analiz sonuçlarını gösterir çizelge.	46
Çizelge 4.2. Segmentlere göre üçgen yüzey yüzdesi analiz sonuçlarını gösterir çizelge.	47
Çizelge 4.3. Üçgen yüzey analiz sonuçlarını gösterir çizelge (a: üçgen yüzeyin zirve yüksekliği, b: üçgen yüzeyin taban yüksekliği, IabI: a ve b noktaları arasındaki yatay uzaklık, Δh : a ve b arasındaki yükseklik farkı, α : üçgen yüzey eğimi, $\alpha/\Delta h$: üçgen yüzey eğimini yüksekliğine oranı).	51
Çizelge 4.4. Segmentlere göre ortalama üçgen yüzey eğim açıları ve üçgen yüzey eğiminin yüzey yüksekliğine oranı.	52
Çizelge 4.5. Segmentlerin kontrolünde gelişen her bir drenaj havzasının <i>AF</i> , <i>AF-50</i> , <i>Vf</i> , <i>HI</i> ve Ortalama <i>SL</i> analiz sonuçlarını gösterir çizelge.	55
Çizelge 4.6. Segmentlere göre ort. <i>HI</i> değerleri çizelgesi	60
Çizelge 4.7. Segmentlere göre ortalama <i>SL</i> değerleri.....	68
Çizelge 4.8. Segment-10 ve Segment-11' e ait drenaj havzalarının <i>AF</i> , <i>AF-50</i> , <i>VF</i> , <i>HI</i> ve Ort <i>SL</i> analizlerinin sonuçları çizelgesi	72
Çizelge 4.9. Segment-10 ve Segment-11'e ait ortalama <i>HI</i> ve ortalama <i>SL</i> değerleri çizelgesi.	72
Çizelge 4.10. Göreceli tektonik etkinlik değerlendirmesi <i>IAT</i> (El Hamdouni, 2008)	73
Çizelge 4.11. Çalışma alanında bulunan drenaj havzalarının <i>IAT</i> değerleri.	73
Çizelge 4.12. <i>IAT</i> değerine göre tektonik aktivite dercesini gösterir çizelge.	75
Çizelge 5.1. Segmentlere bağlı ortalama <i>Vf-Smf</i> sonuçlarını gösterir çizelge.....	79

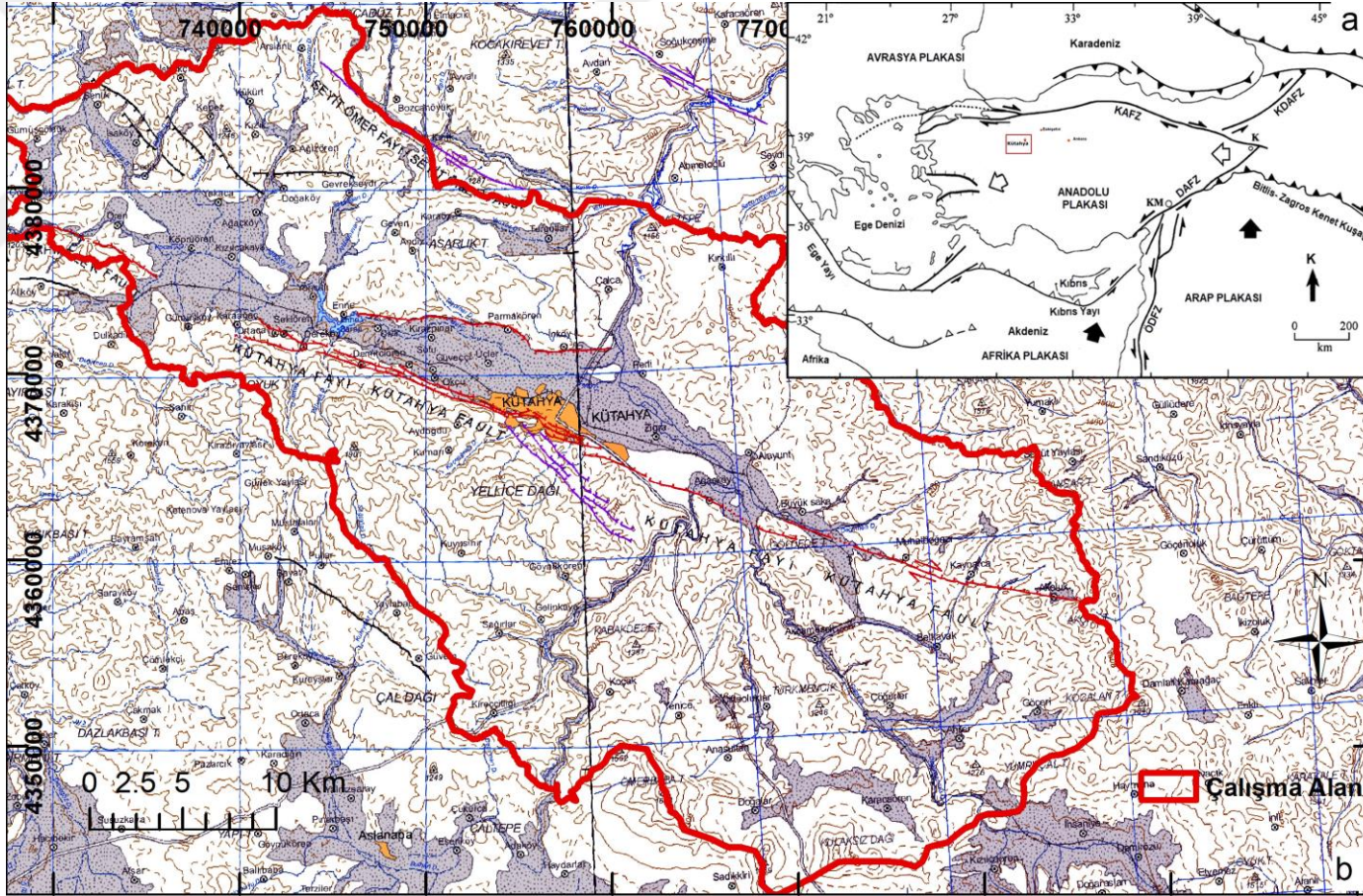
1. GİRİŞ

1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu kesiminde yer alan Kütahya il sınırları içerisinde, 39°12'-39°36' kuzey enlemleri ile 29°48' -30°24' doğu boylamları arasında kalan yaklaşık olarak 1340 km² lik bir alanı kaplamaktadır. 1/25000 ölçekli Kütahya İ23c3, İ23c4, İ23d3, J23a2, J23b1, J23b2, J23b3 ile Eskişehir İ24d4, J24a1, J24a2, J24a3, J24a4, J24b1, J24b4, J24d1, J24d2 paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1)

Çalışma alanı içerisindeki önemli yerleşim yerleri, Kütahya il merkezi, Demirciören, Yoncalı, Güveççi, Parmakören ve Siner beldeleridir. Civarındaki önemli diğer yerleşim yerlerini ise Kütahya iline ait Tavşanlı, Aslanapa, Altıntaş ile Eskişehir iline bağlı İnönü, Odunpazarı ve Seyitgazi ilçeleri ve bunlara bağlı beldeler oluşturmaktadır.

Çalışma alanının deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1200 m dolaylarındadır. Bölgedeki en önemli yükseltileri çalışma alanının güneybatısında bulunan Gümüşdağı (1901 m) ve Yellice Dağı (1764 m) oluşturmaktadır. Kütahya ovasının orta kısımları ise çalışma alanındaki en düşük topografyayı sunmaktadır. En önemli akarsular çalışma alanının dışısında kuzeybatıda Şahmelek yöresinden başlayarak, GD yönünde doğru ilerleyen ve çalışma alanını batıdan doğuya doğru kateden Felent Çayı ile Kütahya'nın kuzeydoğusunda Porsuk Barajı'dan güneye doğru Aslanapa'ya kadar devam eden Porsuk Çayı'dır. Felent Çayı çalışma alanında bulunan Perli mahallesinin kuzey batısında Porsuk Çayı ile birleşmektedir. Bölgeye ulaşım 650-06 numaralı Kütahya-Eskişehir, 650-07 numaralı Kütahya-Afyonkarahisar, 595-05 numaralı Kütahya-Bilecik karayolları üzerinden sağlanmaktadır.



Şekil 1.1. a) Türkiye ve yakın çevresinin ana fay kuşaklarını gösterir harita (KDAFZ: Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu, KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu), (Bozkurt, 2001'den sadeleştirilerek alınmıştır). b) Çalışma alanının Diri fay haritasındaki yeri (Emre ve ark., 2011a;2011b'den alınmıştır).

1.2. Çalışmanın Amacı

Batı Anadolu, deprem etkinliği en yüksek olan bölgelerden birisidir. Bu bölgede aktif fayların kontrolünde gelişen birçok çöküntü alanı yer almaktadır. Bu alanlardan biri de Kütahya Grabeni'dir. Yaklaşık KB-GD gidişli faylara sınırlanan Kütahya Grabeni geçmiş dönemde maden yatakları, jeotermal enerji, tektonik evrim ve kömür ile ilgili birçok araştırmaya konu olmuştur. Ancak bu çalışmaların hiçbiri bölgede yer alan aktif fayların etkinlik derecelerinin tespit edilmesine yönelik olmayıp, sınırlı sayıda çalışma ve harita bölgedeki aktif fayları işaret etmektedir. Bu bağlamda çalışmanın amacı aktif faylarla sınırlanan Kütahya Grabeni'nin kenar faylarının ölçülebilir morfometrik unsurları yardımıyla bilgisayar ortamında ele alınarak morfometrik analizlerin yapılması, elde edilen analiz sonuçları ışığında fay segmentleri arasındaki göreceli etkinliğin değerlendirilerek bulguların bölgenin depremselliği üzerine yorumlanmasıdır. Bu çalışma Kütahya Grabeni'ni denetleyen fayların sayısal olarak değerlendirilmesi ve karşılaştırılması bakımından yapılan ilk çalışma olması sebebiyle önemlidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Anadolu levhası Lavrasya ve Gondwana arasında yer alan iki büyük kıta arasındaki sınırı oluşturmaktadır (Göncüoğlu, Dirik ve Kozlu, 1997). Jeolojik zaman boyunca bu kıtalara ait çeşitli kabuk parçalarının (terrane) açılan okyanuslardan itibaren ayrılması ve bu okyanusların kapanmalarına bağlı olarak tekrar bir araya gelmeleri sonucu ortaya çıkmış bir mozaiktir (Göncüoğlu, Dirik ve Kozlu, 1997). Bu mozaiki oluşturan parçalar ilk kez Ketin, (1966) tarafından en kuzeyde Pontidler güneye doğru, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları olarak isimlendirilmiştir. Daha ayrıntılı çalışmalarda Okay ve Tüysüz, (1999a) tarafından kuzeyde Istranca Masifi, İstanbul Zonu, Sakarya Zonu, Anatolid-Torid bloğu, Kırşehir Masifi, Arap Platformu şeklinde ayrırtlanmıştır.

Kuzeybatı Anadolu'nun en kuzeyinde yer alan İstanbul Zonu hemen güneyindeki Sakarya Zonu'ndan İntrapontid Kenedi ile ayrılmaktadır (Göncüoğlu, 2010; Göncüoğlu ve ark., 2000; Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 2.1). Sakarya Kıtası güneyden Neotetis'in kuzey kolu olan İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı tarafından sınırlanmaktadır. Bu kenet kuşağının güneyinde Antolid-Torid Bloğu yer almaktadır (Okay, 1984a, 1984b).

Anatolid –Torid Bloğu, metamorfik olmayan paket naplardan oluşan Toridler ve platformun metamorfik kuzey kesimini temsil eden Anatolidlerden oluşmaktadır. Anatolidler batıda Menderes Masifi, doğuda Orta Anadolu Kristalin Kompleksi ve Kütahya Bolkardağ Kuşağı olmak üzere üç tip yapısal gruptan oluşmaktadır (Göncüoğlu, 2010, 2011).

Kütahya Bolkardağ Kuşağı birimleri Anatolid-Torid bloğunun kuzey kesimlerinde yoğun metamorfizma geçirmiş kesimini temsil eder (Göncüoğlu, 2011). Kuzeyden güneye doğru Tavşanlı Zonu ve Afyon Zonu olmak üzere iki farklı zona ayrılmıştır. Aynı zamanda çalışma alanının temel kayaçlarını oluşturan bu birimlerden Tavşanlı Zonu Kretase'de yüksek basınç, düşük sıcaklık koşullarında bölgesel metamorfizma geçirmiş kayaçlardan, Afyon Zonu Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı platform tipi

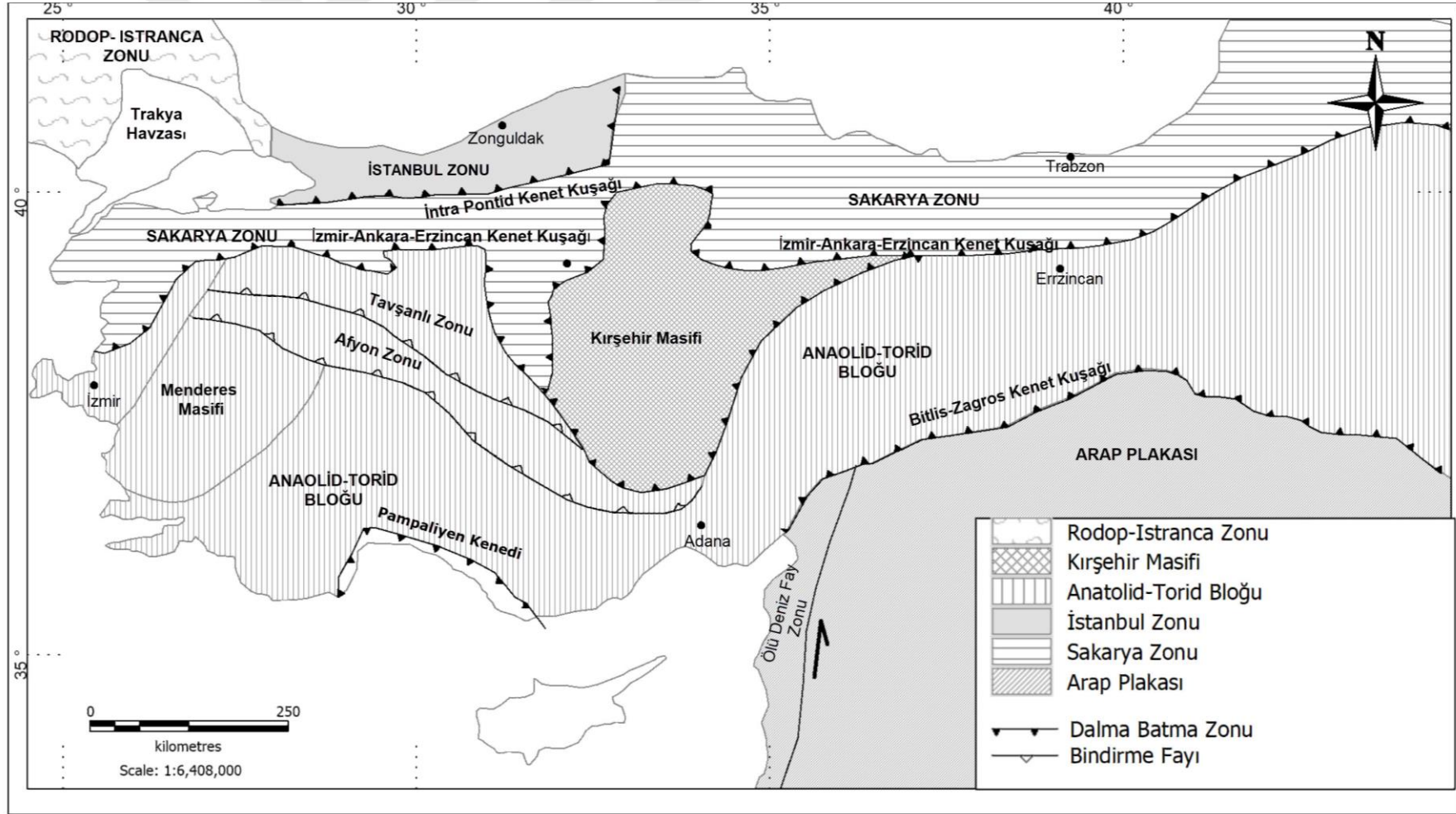
çökellerden oluşmuş ve düşük derecede, yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçiren kayalardan oluşmaktadır. Tavşanlı Zonu kuzeyde İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı, güneyde ise Afyon Zonu ile tektonik dokanak halindedir (Okay, 1984a, 1984b).

Anadolu plakasında bugünde hakim olan son tektonik rejim Avrupa ve Arap Afrika levhalarının Orta- Geç Miyosen'de Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı boyunca çarpışması ve buna bağlı olarak Anadolu Plakası'nın Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu sınırları boyunca batıya doğru kaçışına bağlı olarak oluşmuştur (McKenzie, 1972; Şengör, 1981). Bu olay neticesinde Türkiye'de neotektonik dönem başlamış olup, bu neotektonik rejim, Afrika Plakası'nın Anadolu Plakası altına daldığı Kıbrıs Ege Yayları, sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Sistemi , sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Sistemi ve sol yönlü doğrultu atımlı Ölü Deniz Fay Zonu olmak üzere dört ana tektonik yapı tarafından kontrol edilmektedir (McKenzie, 1976; Şengör, 1979; Şengör, 1981). Anadolu levhası kuzeyinde Kuzey Anadolu Fay Zonu ve güneyinde Doğu Anadolu Fay Zonu sınırlarınca yaklaşık 5 milyon yıldan (Erken Pliosen) bu yana, 20 mm/yıl hız ile batıya doğru hareket etmeye zorlanmaktadır (Şengör, 1979; McClusky ve ark., 2000).

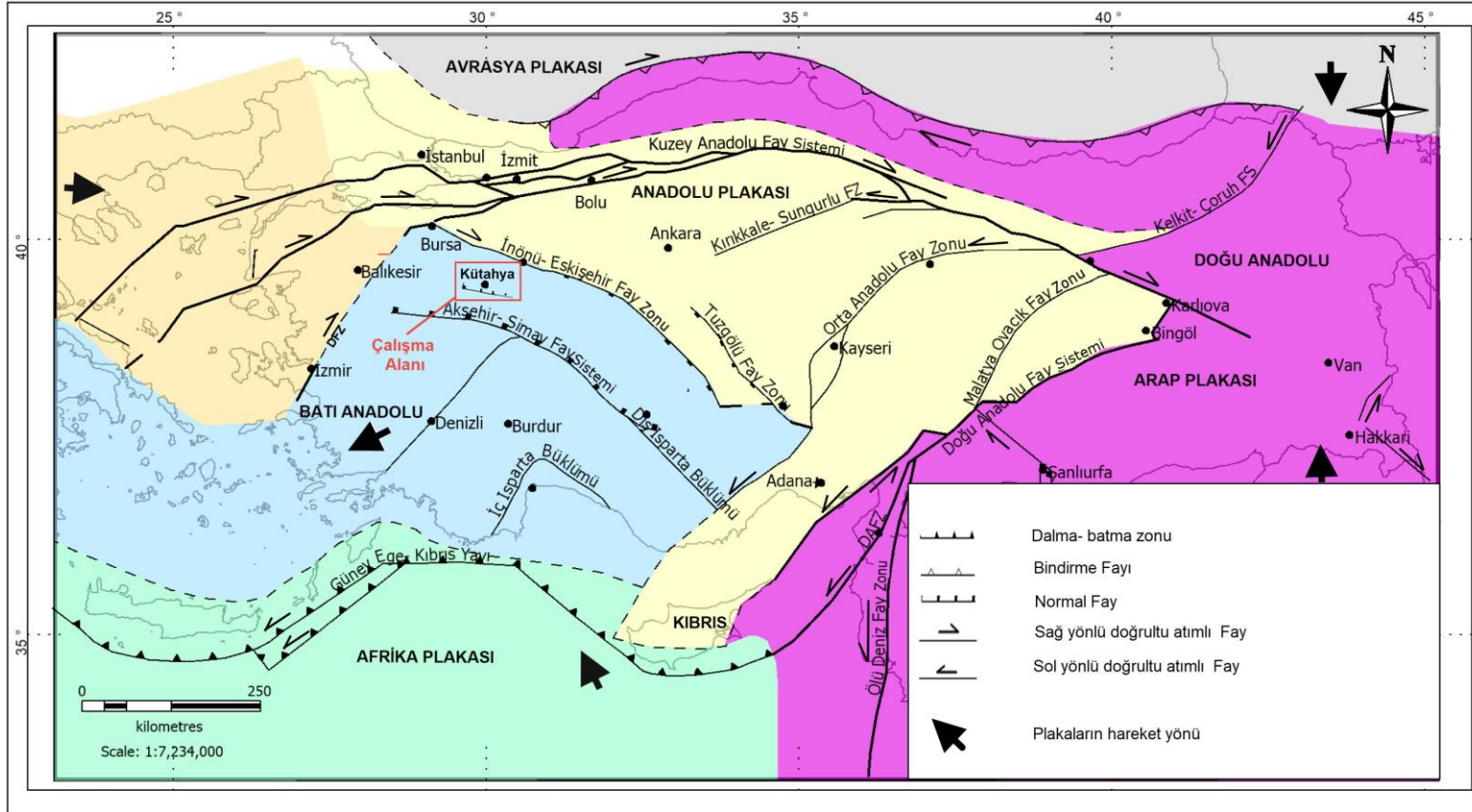
Neotektonik dönemin başlaması ile Orta Anadolu'da gelişen önemli tektonik yapılardan bazıları; normal fay karakterinde Tuzgölü Fay Zonu (Özsayın ve Dirik, 2007; Özsayın ve ark., 2013), sol yönlü doğrultu atımlı Orta Anadolu Fay Zonu (Dirik, 2001; Dirik ve Erol, 2003; Dirik ve Göncüoğlu, 1996; Koçyiğit ve Özacar, 2003), sağ yönlü doğrultu atımlı normal fay karakterli İnönü-Eskişehir Fay Zonu (Dirik, 1996, 2003; Koçyiğit, 2003), Akşehir Fay Zonu'dur (Koçyiğit, 1984; Koçyiğit, 2003).

Batı Anadolu'da yaklaşık olarak D-B uzanımlı Edremit, Bakırçay, Kütahya, Gediz, Simav, Küçük Menderes, Büyük Menderes grabenleri ve KKD uzanımlı Gördes, Demirci, Selendi ve Uşak-Güre havzaları ise genişleme tektonik rejimi etkisi ile gelişen tektonik yapılardır. (Bozkurt, 2001; Şengör, 1987; Yılmaz ve ark., 2008).

Genişlemeli tektonik rejim etkisi ile karakterize olmuş BKB-DGD uzanımlı Kütahya grabeni ve grabeni oluşturan kenar fayları çalışma alanını oluşturmaktadır (Şekil 2.2.)



Şekil 2.1. Türkiye 'nin ana tektonik yapıları ve kenet kuşaklarını gösteren harita (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır).



Şekil 2.2. Türkiye ve çevresinin ana neotektonik bölgelerini ve aktif fay segmentlerini gösteren harita (gri: Karadeniz-Kafkaslar sıkışmalı neotektonik bölge, mor ve sarı: Kuzeydoğu-Güneydoğu Anadolu doğrultu atımlı neotektonik bölge, turuncu: Orta-Kuzey Ege doğrultu atımlı neotektonik bölge, yeşil: Kıbrıs-Güney Ege aktif dalma batma neotektonik bölge, mavi: Güneybatı Anadolu genişlemeli neotektonik bölge) (Özsayın, 2007;Özsayın ve Dirik, 2011; Gürboğa, 2011'den derlenmiştir).

Bölgedeki en eski çalışma Akyol (1954) tarafından Tavşanlı güneyinde gerçekleştirilmiş, barit ve kurşunlu barit yataklarının hidrotermal kökenli stok ve damar tipinde yataklar olduğu belirtilmiştir. Yazar, baritli zonlardan alınan örneklerde galen ve hidrotermal kuvars içeriği bakımından bölgenin ekonomik olmadığını ancak bölgesel bir çalışma ile rezerve bağlı işletmeye açılabileceğini kaydetmiştir. Çalışma bölgesinde gelişen fayların genellikle BKB-DGD doğrultulu olduğunu ortaya koymuştur.

Kalafatçioğlu (1964) Balıkesir-Kütahya arasındaki bölgenin jeolojisini çalışmış ve bölgeyi stratigrafik olarak Paleozoyik, Mesozoyik ve Neojen yaşlı kayalar olarak ayırmıştır. Kütahya-Tavşanlı-Harmancık dolaylarında Neojen'in geniş alanlar kapladığını ve zengin linyit ocaklarına sahip olduğunu belirtmiştir. Kütahya kuzeydoğusunda ve Seyitömer civarında Neojen içinde zengin linyit damarları bulunduğunu ve Neojen'de konglomera, kil ve marn içeriğinden oluşan göl rejiminin hâkim olduğunu vurgulamıştır. Yapısal olarak, KD-GB uzanımlı Başkey-Ovacık Fayının Miyosen öncesinde Üst Kretase yaşlı kalkerleri ile filiş serisi arasında varlığını sürdürdüğü ve Neojen içinde gözlenmediğini kaydetmiştir.

Okay (1981), çalışmasında Tavşanlı kuzeydoğusunda bulunan peridotit, ofiyolitli melanj, mavişistler ve mermerlerden oluşan kaya topluluklarının İzmir-Ankara-Erzincan Zonu'nda yer aldığını belirtmiştir. Yaptığı saha incelemesinde, masif bir peridotit biriminin, tektonik olarak ofiyolitli melanjin üzerinde olduğunu ifade etmiştir. Ofiyolitli melanjların hiçbir metamorfizma geçirmemiş gibi görünmelerine rağmen, petrografik incelemeler sonucunda aslında başlangıç düzeyinde bir yüksek basınç düşük sıcaklık metamorfizması geçirdiklerini ve mavişistlerin oluşumunda ofiyolitik kayaların daha şiddetli yüksek basınç, düşük sıcaklık metamorfizmasına uğradıklarını belirtmiştir.

Koçyiğit, (1984) Akşehir-Simav Fay Zonu'nu (ASFZ) ilk kez tanımlamış ve haritalandırmıştır. Akşehir-Simav Fay Zonu'nun BKB-DGD uzanımlı verev atımlı normal fay karakterinde olduğunu belirtmiş ve bu fay zonunu bölgesel olarak ilk kez haritalandırmıştır.

Yazar bu çalışmasında bölgenin neotektonik evrimini ortaya koymuş ve bölgede neotektonik rejim başlangıcının Geç Miyosen–Erken Pliyosen olduğunu bildirmiştir.

Okay (1984) kuzeybatı Anadolu’da Karakaya Kompleksi, Tavşanlı Zonu ve Afyon Zonu olmak üzere üç ana metamorfik kuşağın varlığından söz etmiştir. Pontidlerde metabazik kayalar, kireçtaşı ve grovaklardan oluşan Karakaya metamorfizmasının Triyas sırasında yüksek basınç yeşilist fasiyesinde bir metamorfizmaya uğradığından söz etmiştir. Pontidleri Toridlerden ayıran kenet kuşağı boyunca var olan Tavşanlı Zonu’nun Kretase’de yüksek basınç düşük sıcaklık metamorfizması geçirdiğini ortaya koymuş ve bu kuşağın güneyinde yer alan platform tipi çökeltilerden oluşan serinin ise Geç Kretase ya da daha sonrasında yeşilist fasiyesinde metamorfizmaya uğrayan Afyon metamorfizmaları olduğunu kaydetmiştir.

Akbulut ve ark., (1985) Emet bölgesi boratlı birimlerin çökeltme ortamlarını araştırmıştır. Boratlı birimlerin mercerler ve yumrular şeklinde volkanik faaliyetlere bağlı olarak kıyı ve derin göl ortamında killi ve marnlı seviyelerde çöktüğünü tespit etmişlerdir. Çalışma alanının temelini oluşturan metamorfik kayalar Neojen çöktelleri tarafından aşılmal uyumsuzlukla örtülmüştür. Bu durum Miyosen öncesi Alpin hareketlerin kanıtı olarak değerlendirilmiştir. Bölgede yapısal olarak, Neojen kayalarında K-G doğrultulu kırılmalar ve doğrultu atımlı fayların varlığından söz etmişlerdir. Genç tektonik hareketlerin Geç Miyosen’den itibaren gerilme ve düşey hareketler ile başlayıp günümüze kadar devam ettiğini vurgulamışlardır.

Baş (1986), çalışmasında Domaniç-Tavşanlı-Kütahya-Gediz yöresinin Tersiyer birimleri detaylı olarak araştırarak stratigrafisini çıkartmıştır. Miyosen ve Pliyosen istifleri arasında aşılmal uyumsuzluk tespit etmiş ve Geç Miyosen’de başlayan asidik volkanizmanın Pliyosen’de bazik-ortaç bileşimli piroklastikler şeklinde devam ettiğini belirtmiştir. Genellikle yatay olan Miyosen çöktellerinin fay zonlarında eğim kazandığını ve Pliyosen birimlerinin bu eğimlenmelerden az miktarda etkilendiğinden bahsetmiştir. Çalışma alanında gözlenen kıvrımların D-B eksenli olduğunu ve bölgedeki tüm fayların KD-GB doğrultulu olduğundan söz etmiştir. Neojen havzalarında temel ile olan dokanakların çoğu yerde faylandığını ve faylanmaların çökeltme ile eş zamanlı geliştiğinden bahsetmiştir.

Helvacı ve ark., (1987), Batı Anadolu'nun Neojen stratigrafisi ve ekonomik potansiyelini araştırmışlardır. Batı Anadolu'da yer alan ekonomik bitümlü şeyl yataklarının çok büyük bir kısmının Orta Miyosen yaşlı gölsel tortullar içerisinde olduğunu ileri sürmüştür.

Koçyiğit ve Bozkurt (1997), yaptıkları çalışmada Batı Anadolu açılması, horst -graben sistemlerinin kökeni ve yaşın belirlenmesi amacıyla Kütahya-Tavşanlı çöküntü havzasında jeolojik çalışmalar yapmışlardır. Yazarlar bölgeyi stratigrafik olarak Paleotektonik ve Neotektonik dönem birimleri olarak ikiye ayırmışlardır. Kütahya-Tavşanlı çöküntüsünün özellikle Kütahya kesimlerinin Pliyo-Kuvaterner yaşlı asimetrik bir graben olduğunu ileri sürmüşlerdir. Pliyosen'de oluşan Kütahya grabenin kuzeyden Karaöz Fayı güneyden Kütahya Fay Zonu (KFZ) ile sınırlandığını, Kütahya Grabeni'nin güney kenarının KFZ'nun yükselen bloğunu oluşturduğunu belirtmişlerdir. KFZ'nu güneyinden kuzey-kuzeydoğuya, graben içine doğru çok sayıda akarsuyun varlığı bu horstun yükselmekte olduğunu ve KFZ aktivitesinin sürdüğüne yönelik kanıt olarak değerlendirmişlerdir. KFZ' nun yaklaşık 5 kilometre genişliğinde ve 30 km uzunluğa sahip, BKB gidişli, KKD'ya eğimli ve 650 metre düşey atıma sahip verrev atımlı normal fay niteliğinde ve önce sağ yanal sonrada sol yanal bileşeni olan iki deformasyon evresi geçirdiğini ileri sürmüşlerdir. Karaöz Fayı'nın ise sağ yanal doğrultu bileşenine sahip verrev atımlı normal fay niteliğinde olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ilk kez bu çalışma ile bölge de D-B gidişli güneye eğimli 13 km uzunluğunda KFZ ve Karaöz Fayı'ndan genç Kütahya grabeninin kuzey kenarını Kuvaterner'de denetleyen bir fay olan Parmakören Fayı'nı (PF) tespit etmişlerdir. Bölgede neotektonik dönemin Erken Pliyosen sonunda başladığını ortaya koymuşlardır.

Özburan (2009) Kütahya ve çevresinin neotektoniği üzerine çalışmıştır. Bölgede kaydettiği tektonik yapıları paleotektonik ve neotektonik yapılar olarak iki kısımda incelemiştir. Paleotektonik dönemde K-G yönlü sıkışmalı rejimin etkisiyle bölgedeki en yaşlı Permien- üst Kretase yaşlı birimler üzerinde, yaklaşık K-G doğrultulu verrev fay kontrolünde gelişen havzaların geliştiğini, bu havzalardan KD-GB doğrultulu Seyitömer ve Sabuncupınar'ın graben dolgusunu Alt Miyosen ve Pliyosen yaşlı göl çökellerinin oluşturduğunu ortaya koymuştur. Yazar, Neojen istiflerinde gözlenen kıvrım, bindirme ve ters fayların ve bölgede var olan temel kayaçların Neojen yaşlı

birimler üzerine bindirmesinin Pliyosen’de gerçekleşmesi ile bölgedeki son sıkışma rejiminin Pliyosen’de etkili olduğunu, sıkışmalı paleotektonik rejimden genişlemeli neotektonik rejime geçişin Geç Pliyosen-Kuvaterner yaşlı olduğunu belirtmiştir. K-G yönlü gerilme rejimi ile yaklaşık olarak D-B uzanımlı Kütahya Grabeni’nin oluştuğunu ve grabenin güney kenarının KFZ tarafından denetlendiğini ortaya koymuştur.

Altınok (2010) yüksek lisans tez çalışmasında KFZ’nun Kuvaterner aktivitesi araştırmıştır. Kütahya’nın yaklaşık olarak 25 kilometre kuzeybatısında yer alan Seyitömer Höyüğü’nde tespit edilen izlerin, tarihsel dönemlerde meydana gelen yıkıcı depremlerin kaynağının KFZ olup olmadığını belirlemeyi amaçlamıştır. Yazar, KFZ’nun yaklaşık olarak 22 kilometre uzunluğunda ve 5 segmentten oluştuğunu belirtmiştir. Aktif olduğunu düşündüğü bu fay segmentlerinden biri üzerinde açılan hendekte güncel tortulları kesen bir fay ve iki deprem tespit etmiştir. Bu depremlerden birinin MÖ 6000 değerinin ise MÖ 5000 yılından sonra meydana geldiğini ileri sürmüştür. Seyitömer Höyüğü bölgesine yerleşimin MÖ 3000’li yıllarda olduğu belirtilerek höyükte hasarların bulunduğu yerlerden alınan seramik örnekleri üzerinde OSL yaşlandırma yöntemi ile depremin oluşum yaşının MÖ 1800 yıllarında meydana geldiğini ortaya koymuştur. Açılan hendekte MÖ 5000 yılından önce olduğu ön görülen kırıkların, MÖ 1800’lü yıllarda oluşan depremin yüzey kırığı olduğu sonucu olarak değerlendirmiş ve KFZ’nun aktif olan kolunun 7 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir.

Yılmaz ve ark., (2010), Kütahya’nın kuzeybatısında bulunan Geven köyünde jeotermal kaynağın varlığını ortaya çıkarmışlardır. 2005 yılında yapılan ilk üretimde 20 l/s debili ve 48 °C sıcaklıkta 2009 yılında 55 l/s debili 55 °C sıcaklıkta jeotermal su tespit etmişlerdir. İnceleme alanın yakınlarında bulunan Yoncalı ve Geven jeotermal alanlarını jeokimyasal olarak karşılaştırılmış, her ikisinin de CaCO_3 bileşimine sahip aynı akiferden geldiğini ortaya koymuşlardır.

Göncüoğlu (2011), çalışmasında Kütahya-Bolkardağ Kuşağı’nın jeolojisini ortaya koymuştur. Torid-Anatolid tektonik birliğinin alt birimlerinden olan Kütahya-Bolkardağ Kuşağı’nın İzmir-Ankara Okyanusu’nun kapanması sonucu meydana gelen tektonik dilimlerden oluştuğunu ortaya koymuştur. Tektonik dilimler temelde;

okyanusal litosferden türeyen ofiyolit, ofiyolitli melanjlara (yığışım prizması), Torid-Anatolide bloğunun kuzey kenarında bulunan yüksek basınç metamorfizması geçiren çökelleri ve flişleri kapsadığını belirtmiştir. Kütahya-Bolkardağı Kuşağı'nın kuzeybatı Anadolu'da Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Bornova Fliş Zonu, Likya Napları, Kiklat Napları şeklinde farklı isimlerle anıldığını belirtmiştir.

Emre ve ark., (2011a, 2011b) hazırlamış oldukları Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi'nde Kütahya Grabeni'ni denetleyen kenar faylarından Kütahya Fay Zonu ve Parmakören Fayı'nı Holosen yaşlı aktif fay olarak belirtmişlerdir.

tipi), Kestelek kolemanit yatağı (Ca-tipi), Emet kolemanit yatağı (Ca-tipi) ve Kırka boraks yatağı (Na-tipi) olmak üzere beş bölgede oluştuğundan bahsetmiştir.

Emre ve ark., (2018) çalışmasında Türkiye'deki diri fayların dağılımını ve bölgesel özelliklerini ortaya koymuştur. Araştırmacılar Batı Anadolu Açılmalı Tektonik Bölgesi'ni kinematik özelliklerine göre Ege Grabenleri, Dış ve İç Isparta dirseği ve Kuzey Batı Anadolu Geçiş Bölgesi olmak üzere dört alt bölgeye ayırmışlardır. Simav Fay Zonu'nun açılmalı tektonik rejim içinde sağ yönlü doğrultu atımlı bir transfer fayını temsil ettiğini, Kütahya Grabeni'ni denetleyen faylarında içerisinde bulunduğu, Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Simav Fay Zonu arasındaki kesimi Kuzeybatı Anadolu Geçiş bölgesi olarak tanımlamışlar ve bu kesimin sağ yönlü doğrultu atımlı fayların oluşturduğu, güneye bakan bölgesel ölçekli fay bükümleri ile karakteristik olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Akgün ve Özden (2019), Batı Anadolu'nun en önemli tektonik yapılarından biri olan Kütahya Fayı ve yakın çevresinin tektonik evrimini araştırmışlardır. Araştırmacılar yapmış oldukları kinematik analizler neticesinde bölgede Miyo-Pliyosen'den Kuvaterner'e kadar üç farklı gerilme rejimi etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. İlk olarak KD-GB yönlü sıkışma ve KB-GD yönlü açılma rejimi ve bu rejim etkisi ile gelişen doğrultu atımlı faylanmalar, daha sonra KB-GD yönlü sıkışma rejimi altında gelişmiş sol yanal doğrultu atımlı faylanmalar ve son olarak günümüze etkili olan KKD-GGB uzanımlı açılma rejimi ile gelişen normal faylanmanın etkisinden söz etmişlerdir.

Ramírez-Herrera ve M. Teresa (1998), çalışmasında Meksika'daki Acambay Grabeni boyunca kenar fayların tektonik aktivitesini ve Kuvaterner deformasyonunu morfometrik analizler yardımıyla değerlendirmiştir. Uyguladığı dağ önü sinüslüğü, üçgen yüzey yüzdesi, vadi tabanı–vadi yüksekliği oranı, havza şekli analiz sonuçlarına göre Venta de Bravo ve Acambay – Tixmadeje faylarındaki tektonik aktivitenin en yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

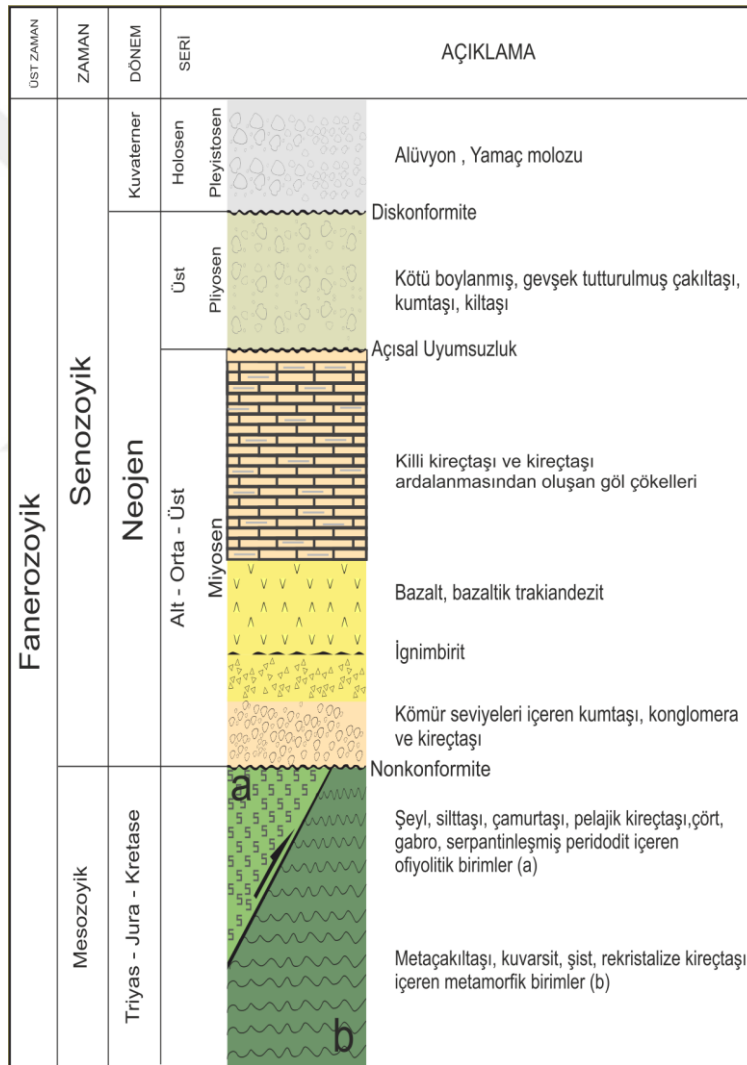
Özkaymak 2012), D-B uzanımlı Manisa Fay Zonu boyunca yaptığı tektonik jeomorfoloji çalışmalarında, asimetri faktörü, dağ önü sinüslüğü, kanal eğimi, vadi tabanı–vadi yüksekliği oranı, hipsometrik eğri ve hipsometrik integral jeomorfolojik indisleri hesaplamıştır. Analiz edilen fay segmentlerinin çizgisel gidişli ve yüksek derecede aktif olduğunu tespit etmiştir.

Özsayın (2016), Çameli Havzası'nı denetleyen faylar boyunca drenaj havzası asimetrisi, vadi tabanı genişliğinin-vadi yüksekliğine oranı, dağ önü sinüslüğü, akarsu uzunluk-eğim indeksi morfometrik analizlerini hesaplamış ve Çameli Hvzası'nın tektonik olarak aktif ve özellikle güney ve güney batı kesimlerinin deprem üretme potansiyelinin yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

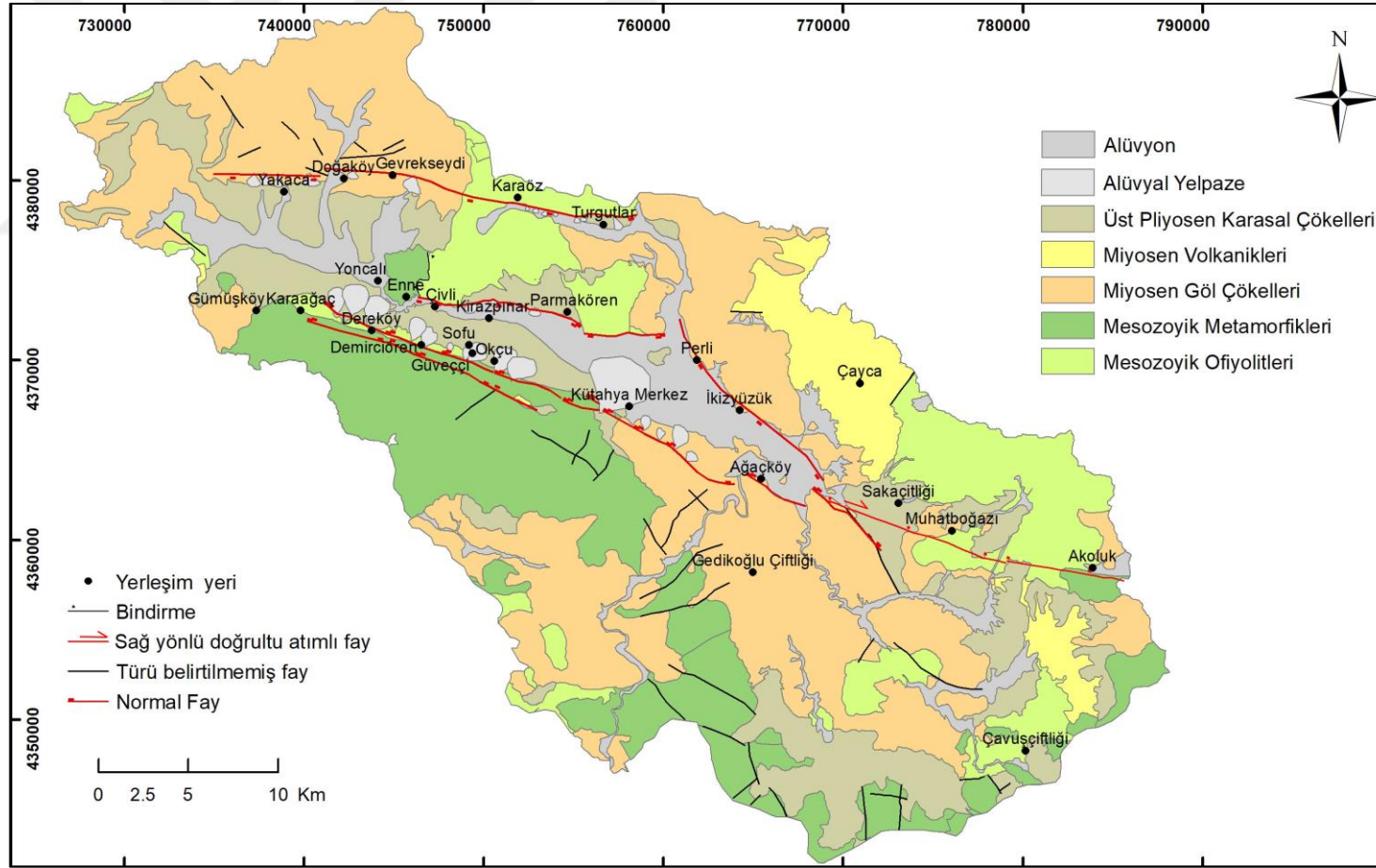
Sağlam Selçuk (2017), Başkale Fay Zonu çalışmasında drenaj havzası asimetrisi, vadi tabanı genişliğinin-vadi yüksekliğine oranı ve dağ önü sinüslüğü gibi morfometrik analizler yapmış ve buz analiz sonuçlarına bağlı olarak, alanın son derece genç bir topoğrafyaya sahip olduğu ve aktif olarak yükseldiğini tespit etmiştir.

2.1. Stratigrafi

Çalışma alanı ve civarında yüzeyleyen kayaçların yaş ve litolojik özelliklerine bağlı olarak temel kayaçlar ve Neojen yaşlı kayaçlar ve modern havza dolgusu olmak üzere üç ana kısımda ele alınmıştır. Çalışma alanının stratigrafik olarak temel kayaçlarını oluşturan birimler, Anatolid-Torid Birliğinin kuzeyini temsil eden Mesozoyik yaşlı İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı, Tavşanlı Zonu ve Afyon Zonu'na ait metamorfik ve ofiyolitik kayaçlar oluşmaktadır. Neojen yaşlı kayaçları oluşturan birimler Miyosen yaşlı göl çökelleri, volkanik kayaçlar ve Üst Pliyosen yaşlı karasal tortullar, modern havza dolgusu ise alüvyal yelpaze ve alüvyondan oluşmaktadır (Şekil 2.3 ve Şekil 2.4).



Şekil 2.3. Kütahya Grabeni ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018; Koçyiğit ve Bozkurt, 1997'den derlenmiştir).



Şekil 2.4. Çalışma alanının 1/100000 ölçekli jeoloji haritası (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018; Sarıfakıoğlu, 2011; 1/250000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları (Emre ve ark., 2011a;2011b) ve Koçyiğit ve Bozkurt (1997)’den derlenmiştir). Haritanın projeksiyon sistemi ED50/UTM Zon 35’dir.

2.1.1. Temel Kayaçlar

2.1.1.1. Mesozoyik Yaşlı Metamorfikler

Çalışma alanında geniş yayılım gösteren metamorfik seriler Kütahya Grabeni'nin güney ve güneybatısında yaygın olarak gözlenmekte olup yüksek basınç düşük sıcaklık koşullarında metamorfizma geçirmiş bir seriyi temsil etmektedir (Koçyiğit, 1997). Mesozoyik yaşlı metamorfik seri en alt seviyelerde mermerler ile başlayıp klorit-muskovit-kuars-kalkşist, klorit-muskovit-albit-kuarsşist, metaçört, pelajik mermer, glokofan-lavsonit-şist aralanması ile devam etmektedir (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997).

Koçyiğit ve Bozkurt (1997), birimi Eskişehir iline bağlı Dodurga Köyü'nde en iyi şekilde gözlenmesi sebebiyle Dodurga Metamorfikleri olarak adlandırmışlardır. Birim Kütahya grabeninin güney kenarında KFZ tarafından kesilerek yaklaşık olarak 300 m kuzey yönde düşey atıma uğramaktadır. Bu birimler, daha çok fay zonunun yükselen güney bloğunda gözlenmektedir (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997).

Bu birim araştırmacılar tarafından ayırtlanıp farklı isimlerle adlandırılmış olup, çalışma alanında gözlenen birimlerin litolojik tanımlamaları ve yer bilgileri Alan ve ark., (2018) ve Elibol ve ark., (2018)'dan derlenerek alınmıştır. Alan ve ark., (2018) ve Elibol ve ark., (2018), çalışma alanında gözlenen Mesozoyik yaşlı metamorfik birimleri yaşlıdan gence doğru Kıyır Formasyonu, Şaphane Dağı Formasyonu, Budağan Formasyonu ve Kayı Formasyonu olarak ayırtlamışlardır.

Kıyır Formasyonu'na ait birimler çalışma alanının güneybatısında Gümüşköy, Karaağaç, Dereköy, Demirciören Güveççi köylerinin güney kesimlerinde geniş alanlar kaplamaktadır. Kuvarsit, şist, rekristalize dolomitik kireçtaşı ve metaçakıllardan oluşan metamorfik bir seridir. İlk olarak Özcan (1989) tarafından Kıyır Formasyonu olarak adlandırılmış ve birimin yaşı Alt–Orta Triyas olarak kabul edilmiştir (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018).

Şaphane Dağı Formasyonu; çalışma alanında Yellicedağı ve kuzey yamaçlarında, Okmeydanı ve Sultandağı dolaylarında görülmektedir. Birim, Orta–Üst Triyas yaşlı dolomit ve rekristalize dolomitik kireçtaşından oluşmakta olup, ilk kez Günay ve ark.,

(1986) tarafından adlandırılmıştır. Birim gelgit etkili sığ denizel ortam koşullarında çökelmiştir (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018).

Budağan Formasyonu; çalışma alanında Çavuş Çiftliği'nin doğusunda, Akçal Tepe, Kocaküney Tepe, Koca Dağı, Kocaçal Tepe dolaylarında görülen metaçakıltası, rekristalize kireçtaşı ve çörtlü rekristalize kireçtaşından oluşmaktadır. Bu birim Akdeniz (1979a) ve Kaya (1972) tarafından Budağan Kireçtaşı olarak tanımlanmıştır (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018). Formasyon, pembemsi renkte, hamur içerisinde kuvars ve mermer parçaları içeren metaçakıltası seviyeleri, yanal yönde gri ve fûme renkte kireçtaşı ve çörtlü rekristalize kireçtaşları ile geçiş halindedir. Çoğunlukla metaçakıltası seviyeleri kaybolarak rekristalize kireçtaşları Orta-Geç Triyas yaşlı rekristalize dolomit ve rekristalize dolomitik kireçtaşından oluşan Şaphane Dağı Formasyonu üzerine çökelmektedir. Birimin üst seviyeleri baskın olarak tabakalı şekilde çörtlü rekristalize kireçtaşları ve üzerine gelen ince tabakalı kırmızı renkte mikritik çörtlü pelajik rekristalize kireçtaşlarından oluşmakta ve birimin görünür kalınlığının yaklaşık olarak 750-800 m civarındadır (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018). Akdeniz ve Konak, (1979) ve Özcan ve ark., (1980) yaptıkları çalışmalarda birim içerisinde Jura-Kretase yaşını veren fosiller tespit etmişlerdir Bu bağlamda, birimin yaşının Jura-Kretase olduğunu ve birimin derinleşen şelf ortamında çökelindiğini belirtmişlerdir (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018).

Kayı Formasyonu; çalışma alanında Güven, Yenice ve Enne köyünün kuzey kesimlerinde yer almaktadır. Birim başlıca, metakumtaşı, kalkışist ve rekristalize kireçtaşı merceklerinden oluşan olistostromal metamorfik kayalarından oluşmaktadır. En alt seviyelerde gri, yeşil renkli ince tabaka şeklinde kalkışistler ile başlar ve üst seviyeler doğru fillit, metakumtaşı, metaçakıltası, metaçamurtaşı ile devam etmektedir (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018). Ara katlar halinde mermerler ve bloklar şeklinde ofiyolit, serpantinit, çörtlü rekristalize kireçtaşı parçaları içeren birimin kalınlığı 200 m civarındadır (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018). Formasyon, Alan (2018) ve Elibol (2018) tarafından Kayı Formasyonu olarak adlandırılmış ve fosil kapsamına göre birime Üst Kretase yaşı verilmiştir (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018).

2.1.1.2. Mesozoyik Yaşlı Ofiyolitler

Çalışma alanının kuzey ve doğu kesimlerinde yayılım gösteren birim, genel olarak yeşil ve sarı renkte başlıca, ultrabazik ve ultramafik kaya parçaları içermektedir (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018). Makaslanmış bir hamur içerisinde şeyl, silttaş, çamurtaş, tuf ve pelajik karbonatlar, çörtler, gabro, kiltaş, kumtaş, çamurtaş, çakiltaş, şelf kökenli kireçtaş blokları ve serpantinleşmiş peridotitlerden oluşan birim ofiyolitik bir karmaşık olarak yer almaktadır (Koçyiğit, 1997).

Ofiyolitler tektonik bir dokanak ile metamorfikleri üzerlemektedir. Bu tektonik ilişkilerin en iyi gözlemlendiği yer Yoncalı ve Enne köyleri ve çevresidir (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997).

Ofiyolitik birimler Çivli Köyü'nün kuzeybatısında İnköy ve kuzeydoğusunda, Karaöz ve Turgutlar köylerinin kuzey kesimlerinde Kütahya Grabeni'nin güney ve güneybatısında, Karaağaç, Dereköy, Demirciören köylerinin kuzey kesimlerinde gözlenmektedir (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997). Ofiyolitik birimler ilk olarak Akdeniz (1979a) tarafından Dağardı Melanjı adlandırılmıştır. Alan ve ark., (2018) ile Elibol ve ark., (2018) çalışma alanında gözlenen Mesozoyik yaşlı ofiyolitleri Dağardı Melanjı olarak adlandırmışlardır. Mesozoyik yaşlı ofiyolit birimleri Mesozoyik yaşlı metamorfikler üzerine Erken Paleosen sonuna doğru tektonik dokanak ile yerleşmiştir (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018).

Ofiyolitli seriler Kaya (1972) tarafından Ovacık Grubu, Okay (1984) tarafından Ovacık Birliği, Koçyiğit (1997) tarafından Ovacık Yapısal Karmaşığı adıyla çalışılmıştır.

2.1.2. Neojen Yaşlı Kayaçlar

Çalışma alanı ve civarında gözlenen Neojen yaşlı birimlerin litolojik özellikleri önceki çalışmalardan derlenerek aşağıda sunulmuştur.

2.1.2.1. Miyosen Yaşlı Gölsel Çökeller

Çalışma alanının çoğunlukla doğu, güneydoğu kesimlerinde gözlenen Miyosen yaşlı gölsel çökeller, en altta ofiyolitik kayaçlardan türeyen çakiltaşları ve kumtaşları ile başlayan bir seriden oluşmaktadır. Üste doğru ince kömürlü seviyeler barındıran

kumtaşı, silt, kireçtaşı, killi kireçtaşı, silttaşı, ve ara katlı tuf seviyeleri ile devam eden seri, en üst seviyelerde kalın katmanlı karbonatlı çökellerden oluşmaktadır (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997). Çalışma alanının Kütahya Grabeni'nin güneydoğu ve doğu kesimlerinde fayların yükselen taban blokları üzerinde geniş yayılım göstermektedir (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997).

Koçyiğit ve Bozkurt (1997) çakıltası, kumtaşı, ve tuf ara katlı killi kireçtaşlarından oluşan alt seviyeleri Çobanköy Formasyonu olarak adlandırmış ve içeriğindeki polen fosillerinden yaptıkları yaş tayini neticesinde birime Orta Miyosen yaşını vermişlerdir. Aratırmacılar, kireçtaşı ve killi kireçtaşından oluşan üst seviyeler ise Şahmelek Formasyonu adıyla çalışılmış ve birimin yaşının Üst Miyosen olduğu belirtilmiştir.

Miyosen yaşlı göl çökelleri farklı seviyelerde, Yalçın (1988) tarafından Sarıkaya Formasyonu, Akdeniz ve Konak, (1979) tarafından Kızılbük Formasyonu, Alan ve ark., (2018) tarafından Hisarcık formasyonu, Alan ve ark., (2018) tarafından Emet Formasyonu olarak çalışılmıştır.

2.1.2.2. Miyosen Yaşlı Volkanik Kayaçlar.

Çalışma alanında çeşitli bölgelerde volkanik kayaçlar görmek mümkündür. Yer yer ignimbirit, bazalt, riolitik andezitik bileşimli volkanik ürünler çalışma alanında yayılım göstermektedir. Genellikle Alt-Orta Miyosen yaşlı volkanik birimler daha önceki yıllarda çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmıştır.

Çalışma alanının doğu ve güneydoğu kesimlerinde Çayca, Kumluyurt ve Göçeri yerleşimleri ve çevresinde geniş alanlar kaplayan ignimbirit seviyesi görülmektedir. Bu seviye Aydar ve ark., (1998) tarafından Seydiler İgnimbiriti adıyla incelenmiştir. Aydar ve ark., (1998)' a göre birim Köroğlu Kalderasına ait, yaklaşık olarak 1100 km² alan alanı kaplayan ve kaynağından yaklaşık 50 km uzağa taşınmış iki evreli patlamanın ürünüdür. Araştırmacılar, Seydiler ignimbiritini, Alt Seydiler ignimbiriti ve Üst Seydiler ignimbiriti olmak üzere iki kısma ayırmışlardır. Her iki ignimbirit seviyesi mineralojik bileşim açısından birbirine benzerlik göstermektedir. Bileşimindeki kuvars, feldispat (sanidin, plajiyoklaz), biyotit ve zirkon taneleri camsı

bir hamur içinde bulunmaktadır. Alttan üste doğru gidildikçe bileşimdeki plajiyoklaz miktarında artış görülürken, biyotit miktarında azalma görülmektedir. Üst Seydiler ignimbiritleri granit ve allanit ksenolitleri içermektedir (Aydar ve ark., 1998). Seydiler ignimbiritlerinin yaşı önceki çalışmalardan alınan radyometrik yaş tayinleri ve stratigrafik konumuna göre Erken Miyosen olarak kabul edilmiştir (Alan ve ark., 2018). Seydiler İgnimbiriti diğer çalışmalardan Civandağ tüfleri Akdeniz (1979a) ile deneştirilebilir.

Çalışma alanında gözlenen diğer volkanik birim alkali, mafik karakterli volkanizmanın ürünü olan bazaltik lavlardır. Bölgedeki son volkanik faaliyete ait ürünleri temsil eden bazaltik lavlar ilk kez Gök ve ark., (1980) tarafından Türkmendağı volkaniti, Yalçın (1988) tarafından da Türkmendağı bazaltı olarak adlandırılmıştır (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018). Çalışma alanında Türkmen Dağı ve çevresinde görülmektedir. Bu birim siyah, koyu gri renkte sert yapılı, gaz boşluklarına sahip bazaltik lavlardan oluşmaktadır. Gaz boşluklarının oluşturduğu gözenekler ikincil silis ve karbonatlar ile doldurulmuştur (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018). Yalçın ve ark., (1988) tarafından bazaltik lavlar üzerinden yapılan K/Ar radyometrik yaş tayini neticesinde 9.3 ± 1.0 my (Geç Miyosen), Helvacı (2015) tarafından yapılan K/Ar radyometrik yaş tayini neticesinde 16.1 ± 0.2 my (yaş verileri elde edilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen yaş verileri ve birimin stratigrafik konumu dikkate alınarak birimin yaşı Orta Miyosen olarak kabul edilmektedir (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018).

2.1.2.3. Üst Pliyosen Karasal Çökeller

Çalışma alanında Kütahya Grabeni içerisinde Yoncalı, Kirazpınar, Dumlupınar, Parmakören, Büyüksaka'nın güney kesimleri, Saka Çiftliği dolaylarında oldukça geniş alanlar kaplayan, baskın olarak çakıllaşlarından oluşan karasal çökeller bulunmaktadır. Kırmızı, turuncu renkli çakıllaşları, civardaki daha yaşlı birimlerin parçalarını barındırmaktadır. Kötü boylanmış parçalar, çakıl boyutundan blok boyutuna kadar değişmektedir (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997). Çakıllar sağlam bir çimento olmaksızın, gevşek kumlu bir matriks içerisinde yer almaktadır (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997)

Birim kendinden daha yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuzluk ile çökelmiştir. Mevcut neotektonik rejimin kontrolü altında gelişmiş ve Kütahya Grabeni'nin graben dolgusunu oluşturmaktadır (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997). Formasyon kalınlığı yaklaşık olarak 30 m'dir. Birimin yaşı Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Kuvaterner olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında bulunan karasal çökeller Baş (1986) tarafından Kocayataktepe formasyonu, Koçyiğit ve Bozkurt (1997) tarafından ise Enne Formasyonu adıyla tanımlanmıştır ve birimin yaşını Üst Pliyosen olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada birimin stratigrafik konumu dikkate alınarak birimin yaşı Koçyiğit ve Bozkurt (1997) tarafından Üst Pliyosen olarak belirlenen yaş kabul edilmiştir.

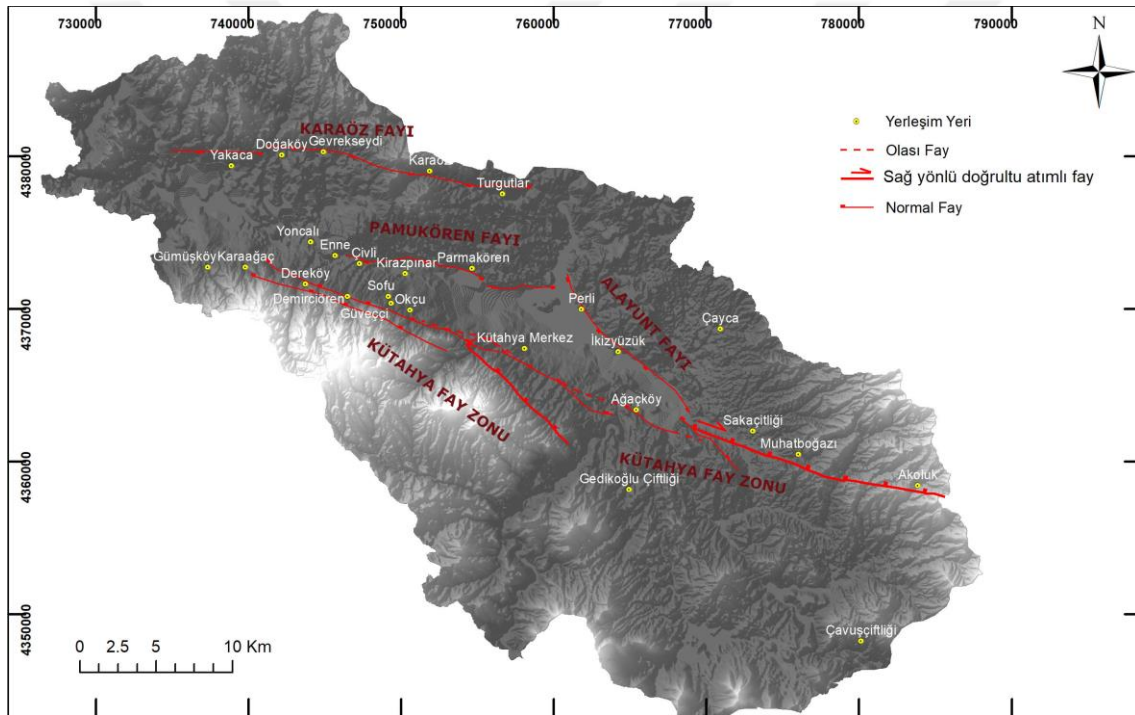
2.1.3. Modern Havza Dolgusu

Kütahya Graben dolgusunun en üst seviyesini oluşturan alüvyal birimler akarsular tarafından taşınan ve depolanan pekişmemiş, çok türde kayaç parçaları içeren ve kum, çakıl, silt, kil gibi tortulları içermektedir. Bölgede Felent ve Porsuk Çayı olmak üzere başlıca iki akarsu bulunmaktadır (Özburan, 2009). Güncel alüvyonların bu iki dere ve yan kollarının taşıyıp depoladığı tortullardır. Alüvyal yelpazeler drenaj havzalarının, düzlükle bulunduğu noktalarda tutturulmamış silt, kil ve kum tortullar olarak gözlenmektedir (Özburan, 2009). Özellikle Kütahya Fay Zonu önünde çok sayıda ve geniş alanlar kaplayan alüvyal yelpazeler bulunmaktadır. Bu alüvyal yelpazeler batıda Karaağaç dolaylarından doğuda Ağaçköy'e kadar çizgisel şekilde uzanmaktadır. Karaöz Fayı önünde ise doğuda Turgutlar Köyü'nden Karaöz Köyü'ne, batıda Gevrekseydi Köyü'nden Yakaca'ya kadar çizgisel gidişli daha küçük ölçeklerde ve daha az alanlar kaplayan alüvyal yelpazeler bulunmaktadır.

2.2. Yapısal Jeoloji

2.2.1. Bölgedeki Faylar

İnceleme alanının konusunu oluşturan Kütahya Grabeni, Batı Anadolu’da gelişen önemli horst-graben sistemlerinden biridir (Bozkurt, 2001, 2003). BKB-DGD gidişli Kütahya Grabeni, güneyde Kütahya Fay Zonu ile kuzeyinde Parmakören Fayı ile sınırlı aktif bir çöküntü alanıdır. Graben, geç Erken Pliyosen’de gelişmeye başlamıştır (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997). Kütahya Grabeni’ni BKB-DGD ve KB-GD uzanımlı faylarla sınırlamaktadır. Grabenin sınırlarını güney ve güneydoğuda Kütahya Fay Zonu, kuzeyde Parmakören Fayı ve Karaöz Fayı, doğuda Alayunt Fayı oluşturmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 2.5. Çalışma alanında bulunan fayları gösteren harita (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018; Sarıfakıoğlu, 2011; 1/250000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları (Emre ve ark., 2011a;2011b) ve Koçyiğit ve Bozkurt (1997)’den derlenmiştir)

2.2.1.1. Kütahya Fay Zonu

Kütahya Fay Zonu, Kütahya Grabeni’nin güney sınırı boyunca gelişen BKB-DGD uzanımlı ve kuzeye eğimli verrev atımlı normal fay niteliğinde bir fay zonudur. Önceki çalışmalarda Kütahya Fayı olarak da bilinen KFZ, Koçyiğit ve Bozkurt (1997)

tarafından Kütahya Fay Zonu adıyla çalışılmıştır. Yaklaşık olarak 45 km uzunluğa ve 5 km genişliğe sahip olup, graben içine doğru basamaklı yapı sunmaktadır (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997) (Şekil 2.5).

KFZ, batıdan doğuya doğru Karaağaç, Dereköy, Güveççi, Okçu köyleri, Kütahya Merkez, Ağaçköy, Çubukiçi, Muhatboğazı, Akoluk'a kadar uzanır. KFZ'nun güneyi ise yükselen taban bloğuna karşılık gelmekte olup, taban bloğu Koçyiğit, (1989) tarafından Yellicedağ Horstu olarak tanımlanmıştır. Güney kenarı boyunca Üst Pliyosen yaşlı birimler KFZ segmentleri tarafından kesilmiştir (A. Koçyiğit, 1997).

KFZ'nun batı kesimlerinde Mesozoyik yaşlı metamorfikler ile Üst Pliyosen yaşlı karasal çökeller tektonik dokanak ile yan yana gelmektedir. Fay zonunun'nun doğu kesimleri ise Mesozoyik yaşlı metamorfikler ile Miyosen yaşlı karbonatlı göl çökellerinin sınırını oluşturmaktadır. KFZ boyunca normal faylanmayla gelişen üçgen yüzeyler bulunmaktadır. Kütahya ili ve yakın çevresinde fay taraçaları, fay sarplığı, fay breşi ve iyi gelişmiş fay düzlemleri ve su kaynaklarına rastlanmaktadır (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997). KFZ belirgin bir çizgisellikte dağ önü sunmaktadır.

Koçyiğit ve Bozkurt (1997), Üst Pliyosen yaşlı karasal çökeller içerisinde çok sayıda büyüme fayların geliştiğini ve genişleme çatlakların bulunduğundan söz etmişlerdir. Ayrıca Yellice Dağı yamaçlarında yaklaşık 1500 m de tanımladığı Üst Pliyosen yaşlı karasal tortulların Kütahya Grabeni (1000 m) içerisinde graben dolgusunun yüzeyinden 150 m derinlerde de yer aldığını ve bu nedenle KFZ'nun yaklaşık olarak 650 m düşey atıma sahip olduğunu belirtmişlerdir.

2.2.1.2. Parmakören Fayı

Emre, (2011b, 2011a) tarafından Parmakören Fayı adıyla kaydedilen bu fay çalışma alanının Enne Köyü'nün kuzey doğusundan doğuya doğru Cıvli, Parmakören ve İnköy'e kadar uzanmaktadır (Şekil 2.5). Yaklaşık olarak 14 km uzunluğa sahip olan Parmakören Fayı, BKB doğrultulu güneye eğimli normal faydır ve 11 m düşey atıma sahiptir (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997). Batı segmenti, Cıvli'nin kuzeyinde Mesozoyik yaşlı ofiyolitler ile Kuvaterner yaşlı alüvyal birimleri arasında, doğuda ise

Parmakören'in kuzeyine kadar Üst Pliyosen yaşlı karasal tortullar ile Kuvaterner yaşlı alüvyal birimler arasına gelişmiştir. Parmakören'in kuzey doğusundan itibaren KKD doğrultulu bir fay tarafından güneye ötelenerek ikinci bölümü oluşturmuştur. Bu bölüm yaklaşık D-B uzanımlı İnköy'ün doğusuna kadar uzanır ve 4.5 km uzunluğundadır. PF'nın doğu segmenti Mesozoyik yaşlı ofiyolitler ile Kuvaterner yaşlı alüvyonları yan yana getirmektedir. PF ile gelişen D-B uzanımlı az sayıda alüvyal yelpaze ve üçgen yüzey bulunmaktadır.

Koçyiğit ve Bozkurt (1997), ParmakörenFayı'nın ve Kütahya Grabeni'nin Kuvaterner'deki kuzey kenarını denetlediğini ancak arazi gözlemlerinde korunmuş bir kayma düzlemine rastlanmadığından fayın türünün tam olarak belirlenmediğini belirtirmişlerdir. Özburan (2009), PF'nın taban bloktaki drenajların vadiyi derin kazdıkları ve tavan bloğu üzerinde gelişen alüvyal yelpazelerin ani eğim değişikliği sebebiyle geliştiğini belirtmiş ve PF'nın güneye eğimli normal fay türünde olduğunu ileri sürmüştür.

2.2.1.3. Karaöz Fayı

İlk olarak Koçyiğit ve Bozkurt (1997) tarafından tanımlanan Karaöz Fayı çalışma alanının en kuzeyinde KFZ ve Kütahya Grabeni'ne paralel gelişmiş ve ortalama 24 km uzunluğunda iki bölümden oluşan sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip verrev atımlı normal faydır. Doğuda Turgutlar Köyü kuzeyinden başlayan KF batıya doğru Karaöz, Gevrekseydi, Doğaköy kuzeyinden geçmekte ve güneye doğru sıçrama yaparak Dedik güneyinde sonlanmaktadır (Şekil 2.5).

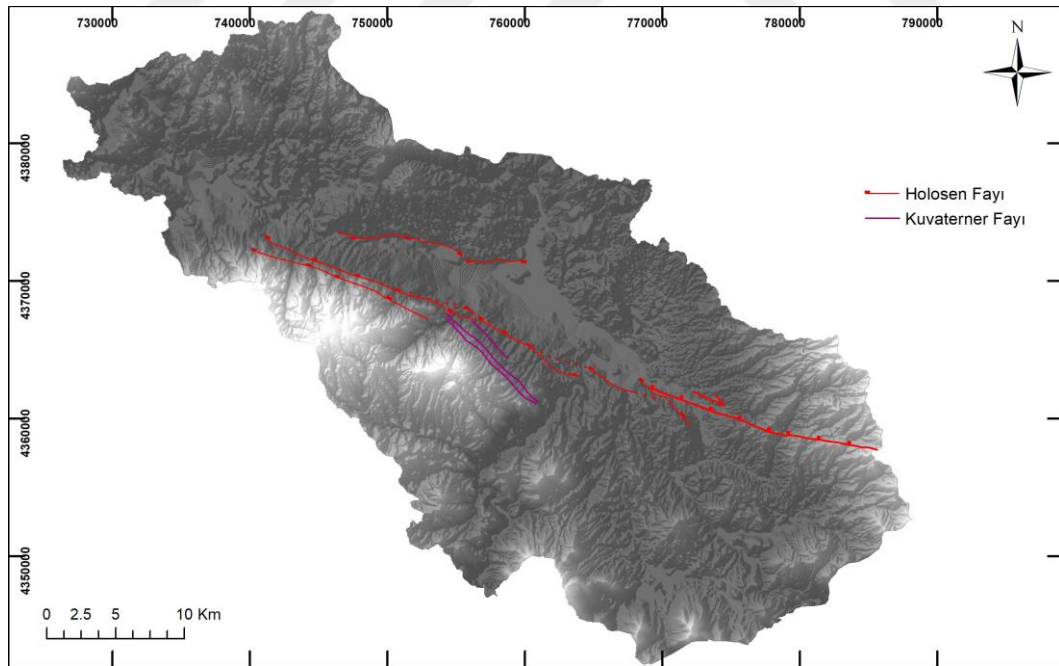
KF'nın doğu kesimlerde Karaöz Köyü güneyi ve Turgutlar Köyü kuzeyinde Üst Pliyosen yaşlı karasal çökeller ile Mesozoyik yaşlı ofiyolitik birimler ile tektonik dokanak halindedir. KF, Koçyiğit ve Bozkurt (1997) tarafından Kütahya Grabeni'nin Geç Pliyosen'de gelişen kuzey sınırı olarak yorumlamış ve Gevrekseydi, Doğaköy, Yakaca köylerinin kuzeyinde Miyosen yaşlı birimlerin sağ yanal yönde büküldüğünü gözlemleyerek fayın türünün sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip verrev atımlı normal fay olabileceğini ancak kinematik analizlerle desteklenmesi gerektiğini kaydetmişlerdir.

2.2.1.4. Alayunt Fayı

Alayunt Fayı (AF) çalışma alanının doğusunda Yenibosna, Perli, İkizyüzük, Alayunt ve Büyüksaka'nın batısına kadar uzanır (Şekil 3.1). Yaklaşık KB-GD doğrultulu olarak gelişen AF boyunca Miyosen yaşlı gölsel çökeller ile Kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller yan yana bulunmaktadır. AF Kütahya Grabeni'ni doğudan sınırlamaktadır. AF'nın batı kesimi düşen tavan bloğu oluşturmaktadır. Graben içerisinde ortalama yükseklik 920 m civarında iken taban bloğun ortalama yüksekliği 1150 m civarındadır. Bloklar arasındaki yükseklik farkı düşüktür. Özburan (2009) tarafından ilk kez Alayunt Fay Zonu olarak adlandırılan AF'nın türü kesin olarak belirtilmemiştir.

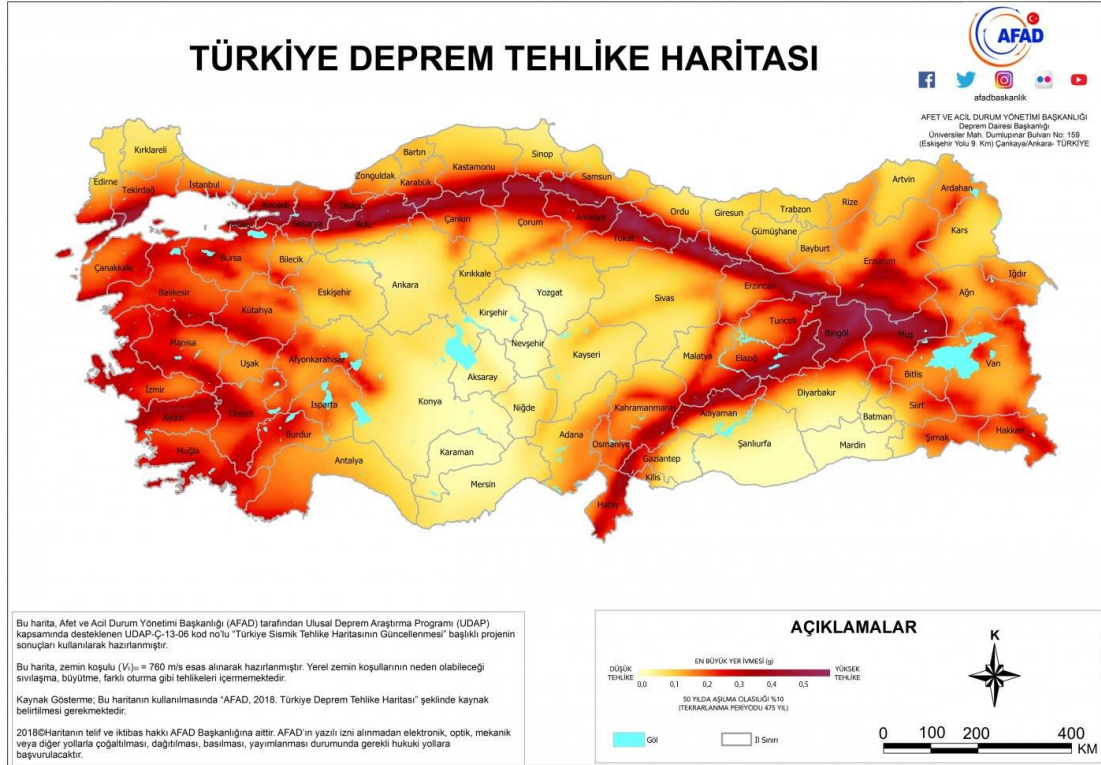
2.3. Bölgenin Depremselliği

Kütahya Grabeni'ni denetleyen kenar fayları Batı Anadolu genişleme rejimi içerisinde yer alan önemli yapısal unsurlardandır. Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi'nde (Emre, 2011a, 2011b) Holosen yaşlı aktif fay olarak belirtilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Çalışma alanındaki fayların Türkiye Diri Fay Haritasındaki aktivite yaşı (Emre, 2011a, 2011b'den alınmıştır).

Çalışma alanı TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1996 Deprem Bölgeleri Haritası'nda 2. dereceden Deprem Bölgesi içerisinde yer almaktadır ve Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) 2018 tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda da yüksek tehlike sınıfı içerisinde yer almaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018).

KFZ, KKD'sunda İnönü Eskişehir Fay Sistemi (Dirik, 1996, 2001, 2003; Koçyiğit, 2003), güneybatısında Akşehir-Simav Fay Zon'unun (Ambraseys ve Tchalenko, 1972; Koçyiğit, 1984) bulunduğu sismik olarak aktif bir bölgede yer almaktadır (Koçyiğit ve Bozkurt, 1997).

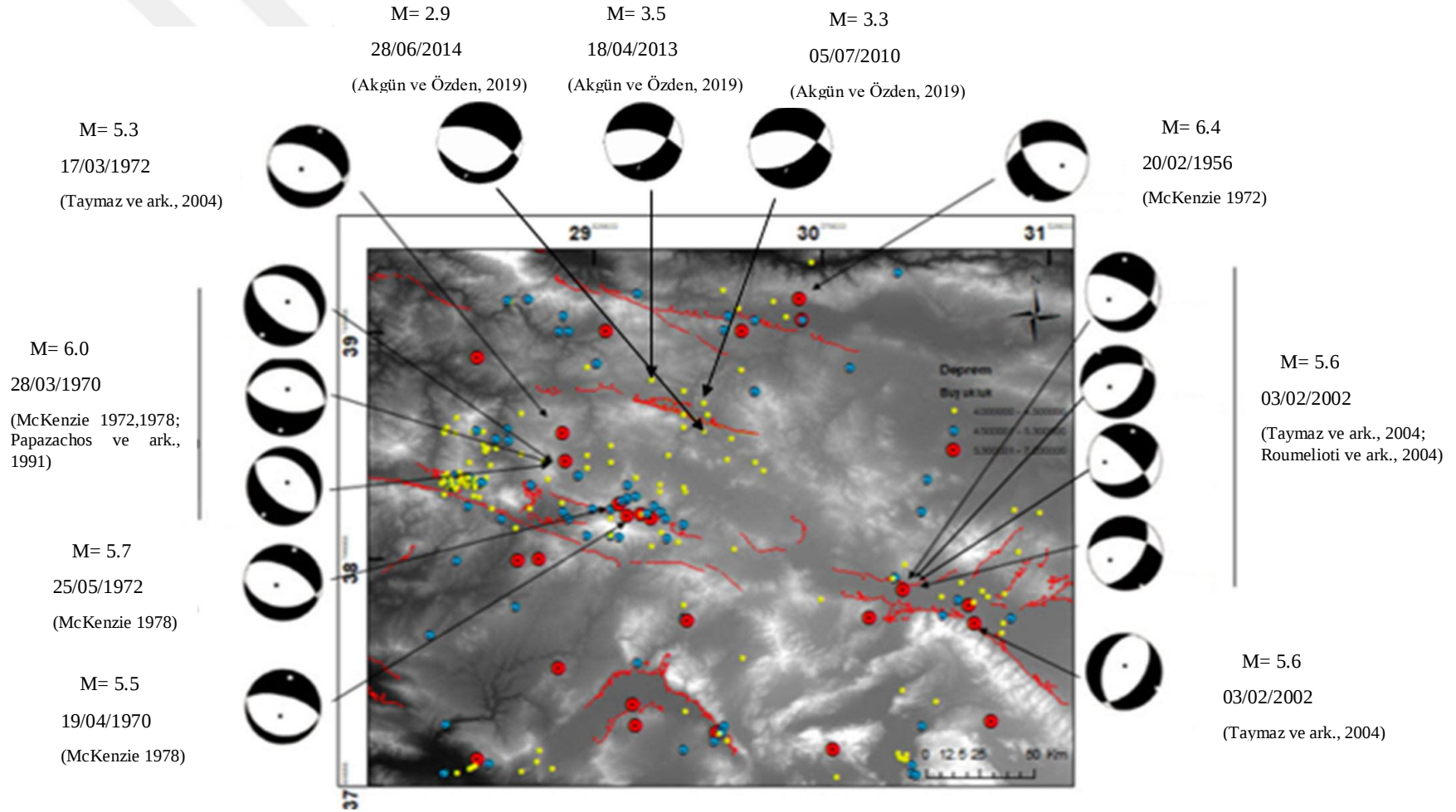
Akşehir-Simav Fay Zonu çoğunlukla BKB-DGD doğrultusuna sahip faylardan ve bunların yanı sıra D-B, KB, KD, K-G doğrultularına sahip fay setlerinden oluşmaktadır. Son yüzyılda bu aktif sismik kuşak içerisinde çok sayıda yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Bunlardan biri, 28 Mart 1970 Kütahya-Gediz depremidir. 7.2 büyüklüğündeki bu deprem, 45 km uzunluğunda yüzey kırığı

oluşturmuş ve toplam düşey atımı 2.2 m olarak kaydedilmiştir. Binden fazla insan öldüğü bu deprem, ağır hasar ve tahribata neden olmuştur (Ambraseys ve Jackson, 1998; Koçyiğit, 1997).

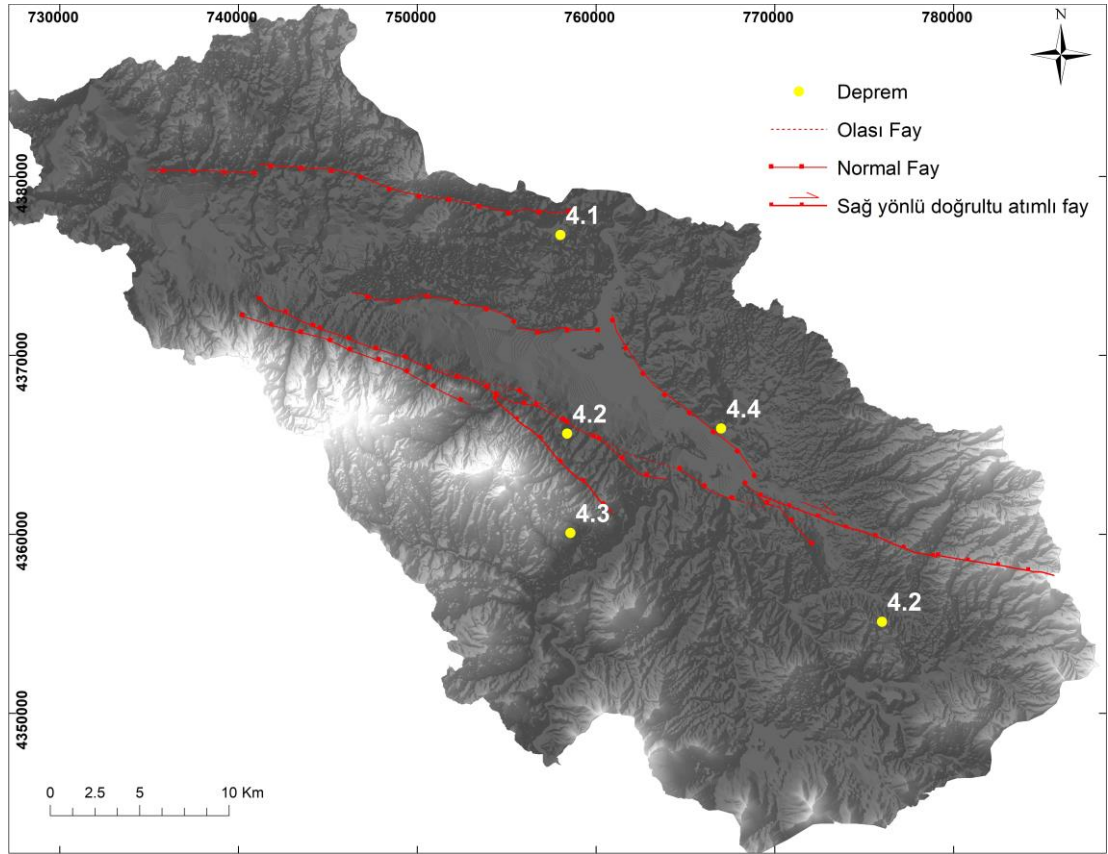
Bir diğer önemli deprem, 19 Mayıs 2011 Simav depremidir. 5.7 büyüklüğünde, yaklaşık olarak 7.5 km derinlikte meydana gelen bu depemde yüzey kırığı oluşmamıştır. 1928 yılında 6.2 büyüklüğündeki Emet depremi ve 1970'deki 5.9 büyüklüğünde Çavdarhisar depremleride bu sismik kuşak arasında meydana gelen diğer sismik olaylardır (Zülfikar ve ark., 2011). Çalışma alanı çevresinde meydana gelen diğer yıkıcı depremler Şekil 2.8'de verilmiştir

Çalışma alanında meydana gelmiş depremler incelendiğinde 14 Ocak 1969'da Alayunt Fayı üzerinde 4.4 büyüklüğünde, 29 Mart 1970'te KFZ'nun güneybatısında 4.3 büyüklüğünde ve 30 Mart 1970'te 4.2 büyüklüğünde depremler meydana gelmiştir (Şekil 2.9). Bu depremler Koçyiğit ve Bozkurt (1997) tarafından 28 Mart 1970 7.2 büyüklüğündeki Gediz Depreminin artçıl şokları olarak yorumlanmıştır.

Koçyiğit ve Bozkurt (1997) çalışmalarında KFZ'nun ilk olarak Erken Pliyosen'de BKB-DGD doğrultusunda sıkışma rejimi, daha sonra Geç Pliyosen'de KKB-GGD doğrultusunda ikinci bir sıkışma rejimi etkisi altında gelişen sağ yanal bileşimine sahip normal fay olduğunu ifade etmişlerdir. Akgün ve Özden (2019) ise KFZ'un Geç Pliyosen öncesinde KD-GB doğrultusunda sıkışmalı ve KB-GD doğrultusunda genişlemeli tektonik rejim, Geç Pliyosen'de KB-GD doğrultusunda sıkışmalı, Kuvaternerde KKD-GGB doğrultusunda genişlemeli tektonik rejim etkisi ile şekillendiğini ortaya koymuşlardır.



Çalışma alanı çevresinde meydana gelen depemlere ilişkin odak çözüm mekanizmaları incelendiğinde, inceleme alanının güneybatısında bulunan BKB-DGD gidişli Simav grabeni dolaylarında gelişen normal faylar, çalışma alanının güney doğusunda bulunan Afyon-Akşehir Grabeni’de gelişen verrev atımlı normal faylar ve çalışma alanının kuzey kesimlerinde İnönü-Eskişehir Fay Sistemi’nde gelişen verrev atımlı normal faylar, çalışma alanı çevresinde genişlemeli tektonik rejimin egemen olduğunu Kütahya grabeni ve grabeni güneyden sınırlayan BKB-DGD doğrultulu KFZ’nun günümüzde KKD-GGB doğrultulu genişlemeli tektonik rejim birlikte şekillendiği ve çevresindeki diğer tektonik unsurlarla uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 2.9. Kütahya havzasında meydana gelmiş büyüklüğü 4’ten büyük depremlerin lokasyon haritası

1900 yılından bu yana çalışma alanında meydana gelmiş büyüklüğü 5’ten büyük olan depremler ve çalışma alanı içerisinde büyüklüğü 4 ve üzerinde olan epremler Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. 1900- 2019 yılları arasında çalışma alanında $M>4$, Kütahya ve çevresinde $M>5$ meydana gelen depremler (Deprem kayıtları T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Kataloğu veri tabanından alınmıştır).

Deprem No	Tarih	Enlem	Boylam	Büyükölük	Derinlik
1	6/12/1993	39.2161	30.1858	4.1	34.6
2	6/12/1993	39.2329	29.938	4.1	10
3	29/03/1970	39.35	30	4.3	40
4	26/04/1970	39.3	30.2	4.2	10
5	30/03/1970	39.4	30	4.2	10
6	14/01/1969	39.4	30.1	4.4	10
7	10/10/1900	38.8	29.4	5.6	10
8	6/11/1901	38.54	30.02	5.4	10
9	18/09/1902	38	30.63	5.5	10
10	30/04/1905	39.8	30.5	5.4	22
11	16/01/1918	38.34	29.48	5.7	10
12	27/05/1919	39.13	31.02	5.3	10
13	20/11/1924	38.55	30.78	5.9	10
14	7/08/1925	38.1	29.8	5.9	20
15	16/08/1925	38	30	5.1	15
16	7/02/1927	39	31	5.2	15
17	2/05/1928	39.64	29.14	6.1	10
18	19/07/1933	38.19	29.79	5.7	40
19	25/07/1939	39.75	29.52	5.2	50
20	2/08/1939	39.75	29.48	5.3	50
21	3/08/1939	39.75	29.68	5.5	50

Çizelge 2.1. 1900- 2019 yılları arasında çalışma alanında $M>4$, Kütahya ve çevresinde $M>5$ meydana gelen depremler (Deprem kayıtları T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Kataloğu veri tabanından alınmıştır).(devam ediyor)

22	9/08/1939	39.91	29.81	5.1	60
23	15/09/1939	39.75	30.25	5.6	35
24	19/10/1939	39.82	29.5	5.3	10
25	25/06/1944	38.79	29.31	6	40
26	25/06/1944	38.97	29.87	5.5	40
27	16/07/1946	38.63	31.15	5.1	40
28	20/02/1956	39.89	30.49	6.4	40
29	23/02/1956	39.76	30.17	5.2	60
30	11/03/1963	37.96	29.14	5.5	40
31	28/03/1970	39.21	29.51	7.2	18
32	28/03/1970	38.9	29.7	5.1	33
33	28/03/1970	39.5	30.3	5.3	33
34	28/03/1970	39.15	29.56	5.2	31
35	28/03/1970	39.047	29.759	5.1	30.7
36	29/03/1970	39.047	29.738	5.1	39.6
37	2/04/1970	38.9	29.6	5.1	41
38	7/04/1970	39.344	29.266	5.1	35.2
39	16/04/1970	38.998	29.911	5.2	36.1
40	19/04/1970	38.982	29.767	5.6	14.8
41	19/04/1970	38.986	29.829	5.5	17.6
42	19/04/1970	39.6	30.7	5.3	33
43	24/04/1970	39.01	29.7	5.3	44

Çizelge 2.1. 1900- 2019 yılları arasında çalışma alanında $M>4$, Kütahya ve çevresinde $M>5$ meydana gelen depremler (Deprem kayıtları T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Kataloğu veri tabanından alınmıştır).(devam ediyor)

44	14/05/1970	39.02	29.1	5.1	38
45	25/05/1971	39.026	29.73	5.7	11.8
46	17/03/1972	39.325	29.497	5.3	41.4
47	21/10/1983	40.108	29.402	5.4	4.7
48	01/10/1995	38.075	30.142	6.4	30.9
49	21/01/1997	38.106	29.008	5.2	17.2
50	04/04/1998	38.101	30.171	5.2	25.3
51	15/12/2000	38.6081	31.1972	6	5
52	03/02/2002	38.527	31.221	6.5	5
53	03/02/2002	38.721	30.886	5.1	35
54	03/02/2002	38.667	30.919	5.6	11
55	03/02/2002	38.562	31.083	5.3	31
56	10/04/2007	37.905	30.955	5.1	27.9
57	17/02/2009	39.1488	29.0448	5.2	7
58	19/05/2011	39.1328	29.082	5.9	24.46
59	28/05/2011	39.1215	29.0408	5.1	23.02
60	03/05/2012	39.1245	29.11	5.2	10.59
61	28/03/1970	39.15	29.56	5.2	31
62	28/03/1970	39.5	30.3	5.3	33

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Uzaktan Algılama Çalışmaları

Bu çalışmada ilk olarak 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılarak çalışma alanının 10 m aralıklı eş yükseklik eğrileri ArcGIS® Desktop Arcmap (v.10.6) programında sayısallaştırılmış ve üzerinden çalışma alanının 10 m çözünürlüğünde sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur. Elde edilen SYM üzerinden bölgenin drenaj havzaları ve akarsu ağı çizilmiştir. Ardından bu ölçülebilir veriler yardımı ile morfometrik analizler hesaplanmıştır. Dağ önü sinüslüğü, drenaj havza asimetrisi, hipsometrik eğri hipsometrik integral analizlerinde, jeoloji haritasının çiziminde ve analiz sonuçlarının haritalandırılmasında ArcGIS® Desktop Arcmap (v.10.6), MapInfo® Pro (v.16.2) ve Datamine Discover ve Discover 3D kullanılmıştır. Vadi tabanı genişliğinin vadi tabanı yüksekliğine oranı analizinin hesaplanmasında Global Mapper (v.17)' dan yararlanılmış ve Google Earth Pro görüntüleri üzerinden vadi tabanları genişlikleri kontrol edilmiştir. Google Earth Pro görüntülerinden faydalanılarak faylar denetlenmiş ve üçgen yüzeylerin konumu kontrol edilmiştir. Akarsu uzunluk eğim indeksi hesaplamalarında MATLAB® R2010a versiyonu ile entegre çalışan TecDEM modülü kullanılmıştır. Bu analiz için TecDEM modülü ile uyumlu Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) verisi kullanılmıştır. Bölgenin stratigrafik dikme kesitinin çiziminde CorelDRAW® X5 kullanılmıştır.

3.2. Tektonik Jeomorfoloji Çalışmaları

Aktif tektonizma bir havzanın drenaj şekli, dokusu ve drenaj yoğunluğu gibi yüzey dinamikleri üzerinde etkilidir. Bu etkileşim, fay segmentlerinin kontrolünde bulunan havzalar üzerinde ölçülebilir morfolojik unsurların oluşmasını sağlar (Strahler, 1964). Tektonizma ve iklimin etkisi ile yeryüzünde çeşitli jeomorfolojik yapılar gelişmektedir. Faylarla birlikte gelişen yüzey şekillerinden bazıları fay sarplığı, üçgen yüzey, dağ önü çizgiselliği, alüvyal yelpaze ve eksenel nehirlerdir. Doğrultu atımlı faylarla birlikte ötelenen dere ve sırtlar, fay zonunun sıçrama yaptığı bölgelerde oluşan çek- ayır havzalar ve basınç sırtları, çizgisel gelişen vadiler ve alüvyal yelpazeler gibi yüzey şekilleri oluşmaktadır (Burbank, 2001; Keller ve Pinter, 2002; Özkaymak, 2012).

3.2.1. Morfometrik İndisler

Basit bir şekilde ifade etmek gerekirse, morfometri yeryüzü şeklinin matematiksel olarak ölçülmesidir (Keller ve Pinter, 2002). Bir yüzeyin morfometrisi o bölgenin yüzey alanının, yüksekliğinin (en yüksek, ortalama ve en düşük), eğimin bilinmesine ve bu bilgiler ışığında civardaki diğer yüzeylerle kıyaslanarak, o bölgeye ilişkin karakteristik özelliklerin ortaya konmasına ve yorumlanmasına olanak sağlar. Morfometrik analizler, yeryüzü şeklinin jeolojik süreçler boyunca meydana gelen morfolojik evriminde tektonik aktivitenin etkili olup olmadığını araştırmaya yönelik kullanılan en önemli yöntemlerden biridir (Keller ve Pinter, 2002). Bu analizler, hava fotoğrafları, topografik harita ve bunlardan üretilen sayısal yükseklik modeli üzerinden kolaylıkla elde edilebilen yükseklik, uzunluk, eğim gibi sayısal verilerin oldukça hızlı bir şekilde değerlendirilerek, bölgenin jeomorfolojik evrimi ve tektonik açıdan aktifliğini yorumlamak için kullanılmaktadır (Keller ve Pinter, 2002).

Son yıllarda, morfometrik indislerden yararlanılarak aktif fayların göreceli etkinliklerini ortaya koymak üzerine yapılan çalışmalar giderek önem kazanmakta ve çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Dünyada; Acambay Grabeni (Ramírez-Herrera ve M. Teresa, 1998), Sierra Nevada (El Hamdouni ve ark., 2008; Pérez-Peña ve ark., 2010), Sierra Cabrera (Giaconia ve ark., 2012), Türkiye’de; Çameli Havzası (Özsayın, 2016), Manisa Havzası (Özkaymak, 2012), Honaz Fayı (Özkaymak, 2014), Tuzgölü Fay Zonu (Yıldırım, 2014), Başkale Fay Zonu (Sağlam Selçuk, 2017) yapılan çalışmalardan bir kaçısıdır.

Morfometrik analizler bir takım jeomorfik indisler kullanılarak yapılmaktadır, Bu indislerden aktif tektonizmanın varlığını belirlemek ve etkinliği devam eden fay segmentlerini birbiriyle karşılaştırmak için kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır;

Dağ-önü kıvrımlılığı (Smf), üçgen yüzey yüzdesi (L_f/L_s), üçgen yüzey eğiminin yüzey yüksekliğine oranı (V_f), vadi tabanı genişliğinin-vadi yüksekliğine oranı, (V_f), drenaj havza asimetrisi (AF), akarsu uzunluk-eğim indeksi (SL), hipsometrik eğri (HE), hipsometrik integral (HI)’dir. Takip eden bölümde bu indislerle ilgili ayrıntılı bilgi yer almaktadır.

3.2.1.1. Dağ Önü Sinüslüğü (Smf)

Dağ Önü Sinüslüğü, tektonik olarak aktif ve aktif olmayan dağ önlerini tespit etmek için kullanılan yöntemlerden biridir (Bull ve McFadden, 1977; Keller ve Pinter, 2002).



Smf = $\frac{Lmf}{Ls}$

Smf: Dağ Önu Sinüslüğü

Lmf: Dağ önünün toplam uzunluğu

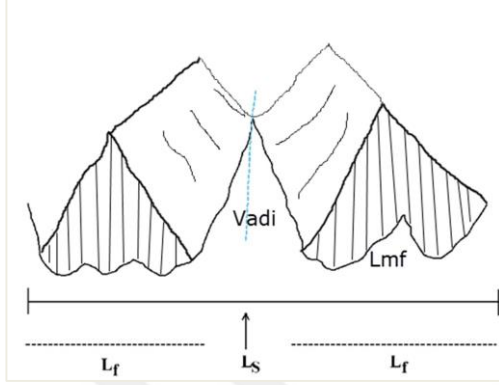
Ls: Dağ önünün çizgisel bir hat boyunca ölçülen uzunluğu

Yukarıda eşitliği verilen Smf değeri minimum 1 değerini alır. Bu durumda dağ önünün toplam uzunluğu ile dağ önünün çizgisel bir hat boyunca olan uzunluğu eşit olmaktadır. Smf değerlerinin 1 ve 1'e yakın olması yükselmeye ilişkin olarak erozyonal süreçlere karşı baskın gelen aktif dağ önlerini, yüksek Smf değerleri ise tektonik aktivitenin düşük olduğu dağ önlerini temsil eder. Smf değeri 1'e yaklaştıkça tektonik aktivite artmaktadır.

3.2.1.2. Üçgen Yüzey Yüzdesi (Lmf)

35

Dağ önleri boyunca gelişen üçgen yüzeyler, fayların morfolojiyi kontrol ederek oluşturduğu yapılardan biridir (Ramírez-Herrera, 1998; Wells ve ark., 1988). (Şekil 3.2).



$$\text{Üçgen yüzey yüzdesi} = \frac{L_f}{L_s}$$

L_f : Üçgen yüzeylerin toplam uzunluğu

L_s : Dağ önünün düz bir hat boyunca olan uzunluğu

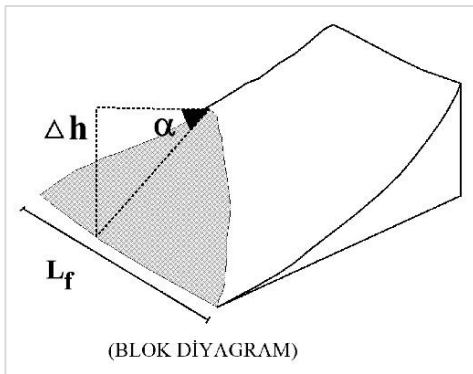
Şekil 3.2. Üçgen yüzey yüzdesi plan görünümü, (Ramirez-Herrera, 1998'den alınmıştır).

Üçgen yüzey yüzdesi, yüzeylerin toplam uzunluğunun (L_f) dağ önünün düz bir hat boyunca olan uzunluğuna (L_s) oranı ile hesaplanır.

Üçgen yüzey yüzdesinin yüksek olması, dağ önünün tektonik olarak aktif olduğuna işaret etmektedir (Ramírez-Herrera, 1998; Wells, 1988).

3.2.1.3. Üçgen Yüzey Eğiminin- Yüzey Yüksekliğine Oranı

Tektonik olarak aktif dağ önlerinde gelişen üçgen yüzeyler yüksek eğim ve yüksek yükseklik değerine sahip olacaktır (Petit ve ark., 2009; Şekil 3.3).



$$\frac{\alpha}{\Delta h}$$

α : Üçgen yüzey eğim açısı

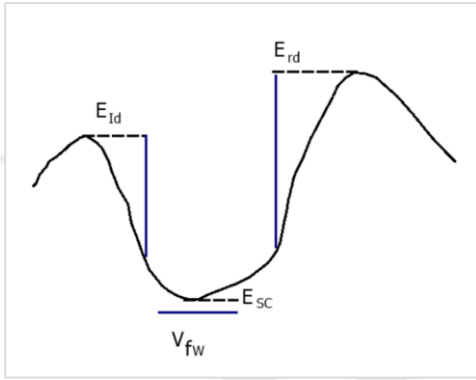
Δh : Yüzey yüksekliği

Şekil 3.3. Üçgen yüzey eğiminin- yüzey yüksekliğine oranını gösteren blok diyagram (Özkaymak, 2014'den alınmıştır).

Üçgen yüzey yüksekliği (Δh), üçgen yüzeyin tepe noktası ve sarplığın tabanı arasındaki yükseklik farkıdır. Üçgen yüzeyin yüksekliği ve eğimi yüzeyin geliştiği litoloji özellikleri ve drenaj şekli ile doğrudan ilişkilidir.

3.2.1.4. Vadi Tabanı Genişliğinin-Vadi Tabanı Yüksekliğine Oranı (Vf)

Bu yöntem Bull ve McFadden (1977) tarafından V şekilli vadiler ile U-şekilli vadiler arasındaki farkları belirlemek için ortaya konmuştur. (Şekil 3.4).



$$Vf = \frac{2Vfw}{(Eld - Esc) + (Erd - Esc)}$$

Vf : Vadi tabanı genişliği

Eld : Sol yamacın yüksekliği

Erd : Sağ yamacın yüksekliği

Esc : Vadi tabanı yüksekliği

Şekil 3.4. Vadi tabanı genişliğinin-vadi tabanı yüksekliğine oranının kesit görünümü (Ramirez-Herrera, 1998'den alınmıştır).

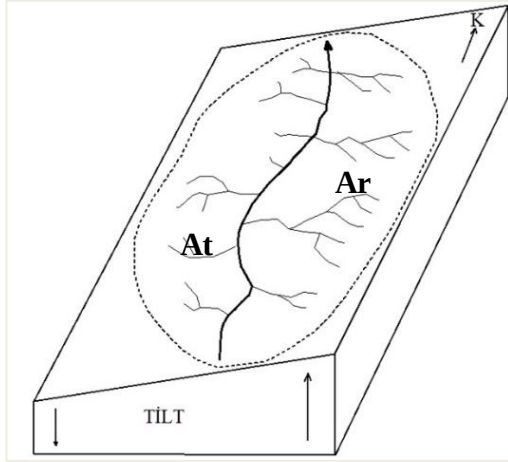
Bu indekse göre; Vf : Vadi tabanı genişliği Eld ve Erd sırasıyla sol ve sağ yamacın yüksekliği, Esc ise vadi tabanı yüksekliğini ifade etmektedir (Bull, 1977; Bull ve McFadden, 1977).

Yukarıdaki formülde yer alan parametreler ile yapılan hesaplamaların sonucu vadinin şekline göre farklılık gösterecektir. Yüksek Vf değerleri, düşük yükselme oranına yani erozyonal süreçlerin baskın olduğu ve nispeten tektonik durgunluğa işaret ederken, düşük Vf değerleri, tektonik yükselme ile derine aşındırmaya işaret etmektedir. Vf değerinin 1'den küçük olması derin V-şekilli vadilere ve aktif tektonik yükselmeyi, Vf değerinin 1'den büyük olması ise U-şekilli düz tabanlı vadilere ve tektonik durgunluğu göstermektedir (Bull, 2009; Keller, 2002).

3.2.1.5. Drenaj Havza Asimetrisi (AF)

Drenaj havzası asimetri indisi, drenaj ağının olası bir tektonizma etkisi ile gelişip gelişmediğini ortaya koymak için kullanılan jeomorfik indislerden biridir (E. A. Keller, 2002). Tektonik kuvvetlerinin etkisi ile drenaj havzasında tiltlenme meydana

gelir. Havzanın ana drenajı meydana gelen bu tiltlenmeden etkilenir ve havza içinde asimetrik olarak konumlanır. (Şekil 3.5).



$$AF = 100 \times \frac{Ar}{At}$$

Ar: Drenaj havzasının akış yönüne doğru sağda kalan alanı

At: Toplam drenaj alanı

Şekil 3.5. Drenaj havza asimetrisi blok diyagramı (Keller ve Pinter, 2002'den alınmıştır).

Litoloji, iklim, bitki örtüsü gibi unsurların sabit olduğu kabul edildiğinde hesaplama sonucu ortaya çıkan AF değerinin yaklaşık olarak 50 olması ($45 \leq AF \leq 55$) bölgede bir eğimlenmenin söz konusu olmadığı ve havzayı etkileyen herhangi bir tektonik etkinin bulunmadığına işaret etmektedir. Bu değer $AF > 50 < AF$ olması halinde havzanın tektonizma etkisi ile eğimlendiğini göstermektedir (Keller ve Pinter, 2002).

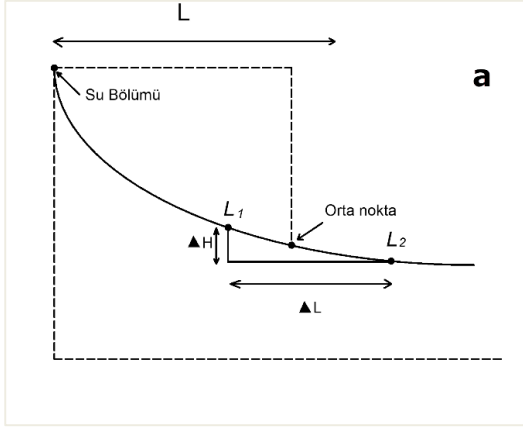
Pérez-Peña, (2010) ' göre; $AF = |50 - 100 \times \frac{Ar}{At}|$

$AF < 5$ Simetrik, $5 < AF < 10$ Az Asimetrik, $10 < AF < 15$ Orta Asimetrik, $AF > 15$ Asimetrik şeklinde sınıflandırılmıştır.

3.2.1.6. Akarsu Uzunluk-Eğim İndeksi (SL)

Akarsu uzunluk eğim indeksi akarsuyun gücü ile ilişkilidir. Akarsuyun gücü zirve noktasından nehrin ulaşabildiği yere kadar önemli bir hidrolik değişkendir. Sediman taşınması ve aşındırma potansiyeli üzerinde etkilidir. Akarsuyun gücü, aktığı yüzeyin eğimine bağlıdır (Keller ve Pinter, 2002). SL indisinde kanal eğimi, olası tektonik etkinlik, topografya, litolojik birimin türü ve kaya direnci ile ilişkilidir. İndeks değeri dayanımlı kayalarda yüksek, şeyl, silttaş, bazı kumtaş ve karbonatlı kayalar gibi az dayanımlı, çabuk aşınan kayalarda düşüktür. Ani litoloji değişikliğinin SL değerini değiştirebildiği gibi aktif faylarda ani kot farkı yaratacağından SL değerini kontrol

edebilir. SL indeksi değerine göre bölgenin tektoniği hakkında yorum yapılabilir (Keller ve Pinter, 2002). (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7)

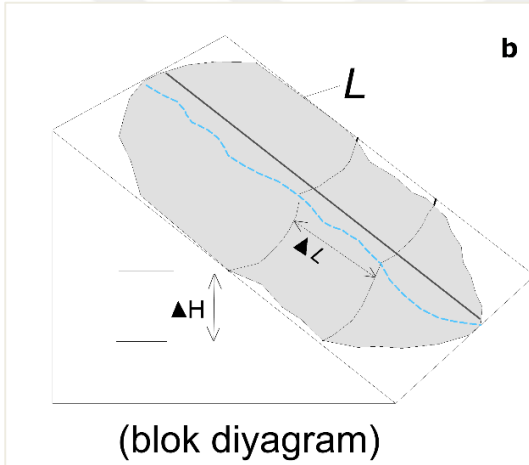


$$SL = L \times \frac{\Delta H}{\Delta L},$$

$$SL = \frac{\Delta H}{\log_e L2 - \log_e L1}$$

formülleri ile hesaplanır

Şekil 3.6. Akarsu uzunluk eğim indeksi kesit görünümü (Hack, 1973'den alınmıştır).



Şekil 3.7. Akarsu uzunluk eğim indeksi blok diyagram görünümü (Keller ve Pinter, 2002'den alınmıştır).

SL: Akarsu uzunluk eğim indeksi

L: hesaplanılan noktadan vadinin yüksek noktasına kadar olan mesafe

ΔH: Kanal yüksekliğindeki değişim

ΔL: Kanal uzunluğundaki değişim

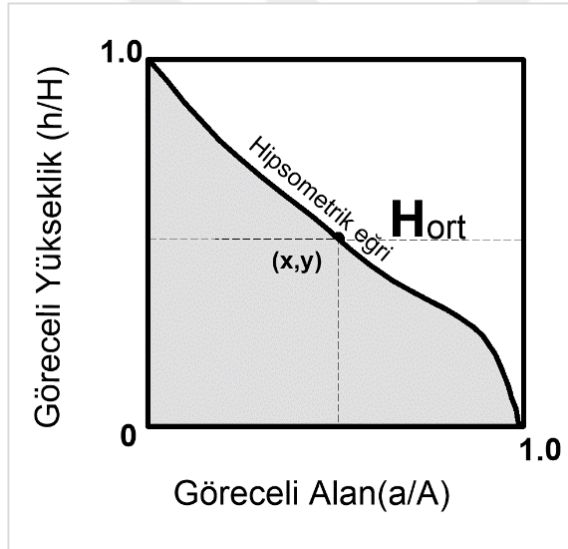
$\frac{\Delta H}{\Delta L}$: Kanal eğimi

Çalışma alanını oluşturan kaya birimleri sertlik açısından çok sert, sert, orta sert, yumuşak ve çok yumuşak olmak üzere 5 sınıfa ayırmıştır. Bu yöntem El Hamdouni, (2008)'dan örnek alınarak hazırlanmıştır. El Hamdouni, (2008)'ye göre çok sert kayalar; mermer gibi düşük derecede metamorfizmaya uğramış kayaları, sert kayalar; kalkerli kumtaşı, traverten ve konglomeraları, orta sertlikte kayalar; fillit ve şisti, yumuşak kayalar; eski alüvyal sedimanları ve tutturulmuş konglomeraları, çok yumuşak kayalar ise silt, kum ve marnlı birimleri kapsamaktadır.

Çalışma alanında bulunan Mesozoyik yaşlı rekristalize kireçtaşı, rekristalize dolomit, kuvarşist ve bazaltik volkanikler çok sert kayaçlar sınıfına; kireçtaşı blokları içeren Mesozoyik yaşlı ofiyolitler sert kayaçlar sınıfına; Alt Miyosenyaşlı ignimbirit, Orta-Üst Miyosen yaşlı çakıltası, Orta-Üst Miyosen yaşlı kumtaşı killi kireçtaşı, kireçtaşı, orta sert kayaçlar sınıfına; Üst Pliyosen yaşlı kumtaşı ve kilaşı yumuşak kayaçlar sınıfına; Kuvaterner yaşlı kötü tutturulmuş çakıl, silt, kil ve kumdan oluşan alüvyal sedimanları çok yumuşak kayaçlar sınıfına dahil edilmiştir.

3.2.1.7. Hipsometrik Eğri (HE)

Hipsometrik Eğri (HE), bir bölgedeki yükseklik dağılımının diğer geri kalan yüzeylere göre kıyaslanıp değerlendirilmesini esas alır. Bu indis, göreceli aktif tektonik alanların ve tektonik olmayan alanların belirlenmesi amacıyla kullanılır (Şekil 3.8).



$$x = \frac{a}{A}$$

$$y = \frac{h}{H}$$

Şekil 3.8. Hipsometrik eğri grafik görünümü (Keller ve Pinter 2002'den alınmıştır).

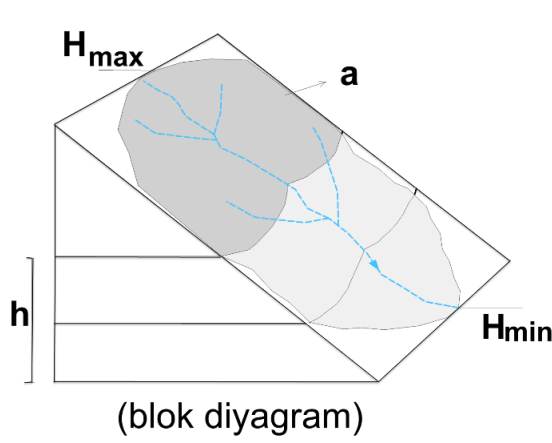
Hipsometrik eğrinin (HE) şekli havzanın kazınma şiddetine bağlıdır.

Dış-bükey şekilli (konkav) HE olgunlaşmamış ve az aşınmış havzalar, S-şekilli HE orta derecede aşınmış havzalar ve iç bükey şekilli (konveks) HE ise çok aşınmış havzaları ifade eder (Keller ve Pinter, 2002)

3.2.1.8. Hipsometrik İntegral(HI)

Hipsometrik integral, hipsometrik eğri altında kalan alanı tanımlar ve havza alanı-havza yüksekliği dağılımı olarak bilinir. Yüksek HI değerlerin topoğrafyanın ortalama değerlere göre yüksekte olduğunu, düşük HI değerleri ise; alçak topoğrafya ve yüksek derecede aşınmış yaşlı havzaların varlığına işaret eder (Keller ve Pinter, 2002) (Şekil

3.9). Hipsometrik eğrinin şekli ya da hipsometrik integral değerleri havzanın şekillenmesini kontrol eden akış üzerinde etkili olan tektonizma, litolojik ve iklimsel faktörlerin etkisini yorumlamada dikkate değer bilgiler vermektedir (Keller ve Pinter, 2002).



$$HI = \frac{H_{ort} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$$

HI: Hipsometrik integral değeri

Hmax: Maksimum yükseklik değeri

Hort: Ortalama yükseklik değeri

Hmin: Minimum yükseklik değeri

Şekil 3.9. Hipsometrik İntegral blok diyagram, (Keller ve Pinter, 2002'dan alınmıştır.)

Hipsometrik integral değerleri Pérez-Peña ve ark., (2009)'a göre;

- a) **HI > 0.5** Genç Havza
- b) **0.3 < HI < 0.5** Oluşumunu Tamamlamış Havza
- c) **HI < 0.3** Yaşlı Havza olarak üç sınıfa ayrılmıştır.

El Hamdouni ve ark., (2008)'e göre ;

- a) **HI < 0.4** Düşük
- b) **0.4 < HI < 0.5** Orta
- c) **HI > 0.5** Yüksek hipsometrik integral değeri olarak sınıflandırılmıştır.

3.2.1.9. Göreceli Tektonik Aktivite İndeksi (IAT)

Göreceli tektonik aktivite (IAT) indeksi El Hamdouni, (2008) tarafından aktif tektoniğin mekânsal dağılışını ortaya koymak amacıyla çeşitli jeomorfik indislerin kombinasyonlarıyla hesaplanan bir yöntemdir. Her bir havzaya ait ortalama Smf , Vf , AF , HI , SL ve Bs (drenaj havzası) değerlerinin puanlandırılması ve buna bağlı tektonizma derecesi sınıflandırılmasına dayalı bir hesaplama yöntemidir.

El Hamdouni, (2008) tarafından kullanılan IAT indeksine göre;

Kullanılan her bir jeomorfik indis değerlerine göre öncelikle sınıflama yapılır ve bu sınıflamaya göre puanlandırılır.

Örneğin; $Smf < 1.1$ havzalar yüksek (Sınıf 1) tektonik aktiviteyi gösterir ve 1 puan olarak puanlandırılır. Smf değeri 1.1 ile 1.5 arasında olan havzalar orta derecede (Sınıf 2) tektonik aktiviteyi gösterir ve 2 puan olarak puanlandırılır. $Smf > 1.5$ havzalar düşük (Sınıf 3) tektonik aktiviteyi gösterir ve 3 puan olarak puanlandırılır.

Puanlandırma işleminden sonra her drenaj havzası için puanlar toplanır ve hesaplanan iniş sayısına bölünür böylelikle IAT değeri elde edilir.

Çizelge 3.2. IAT değerine göre tektonik aktivite derecesini gösterir çizelge.

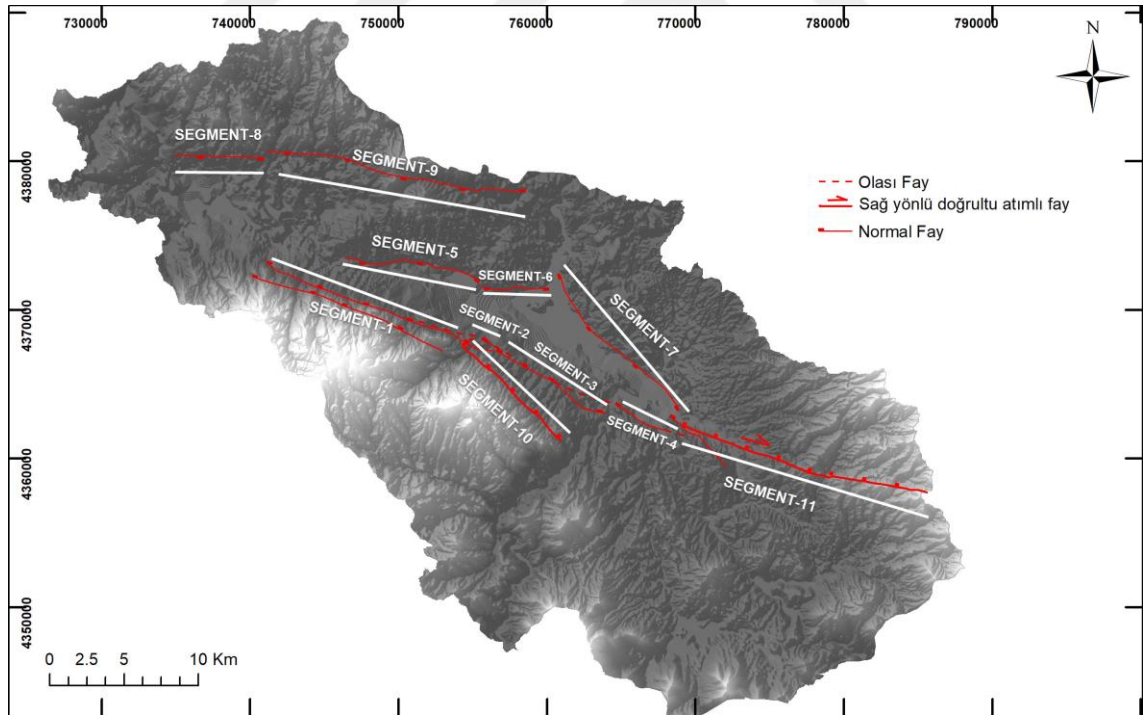
<i>s/n*</i>	<i>Sınıf</i>	Göreceli Tektonik Aktivite Derecesi
1- 1.5	<i>sınıf 1</i>	Çok yüksek tektonik aktivite
1.5-2	<i>sınıf 2</i>	Yüksek tektonik aktivite
2-2.5	<i>sınıf 3</i>	Orta derecede tektonik aktivite
>2.5	<i>sınıf 4</i>	Düşük tektonik aktivite

*: *s/n*: IAT değeri

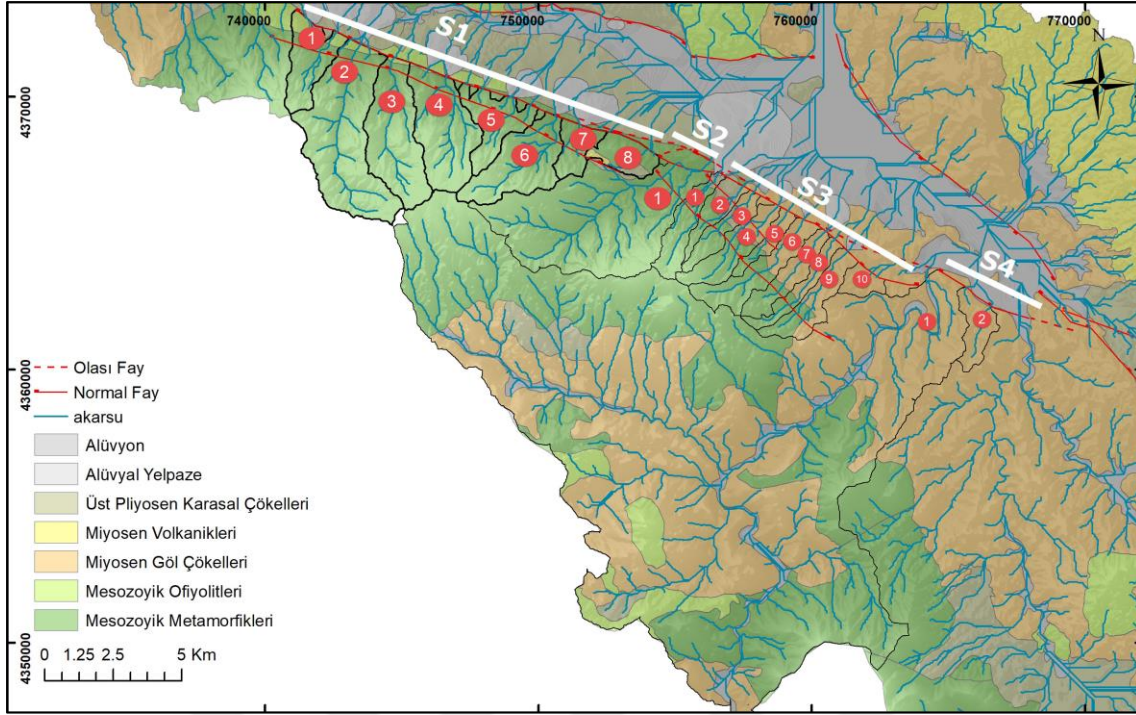
4. BULGULAR

Çalışma alanı içerisinde yer alan fayların doğrultuları, sıçrama, bükülme ya da başka bir fay tarafından kesilip ötelenmeleri dikkate alınarak segmentlere ayrılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanında ana olarak 11 segment ve 80 adet drenaj havzası tanımlanmıştır. Ayrıca tartışma ve yorum kısmında değerlendirilmek üzere 2 segment ve bu segmentlere bağlı 21 adet drenaj havzası bulunmaktadır. Yani toplamda 11 segment ve bu segmentlere bağlı gelişen 80 adet drenaj havzası belirlenmiştir (Şekil 4.1 – Şekil 4.5).

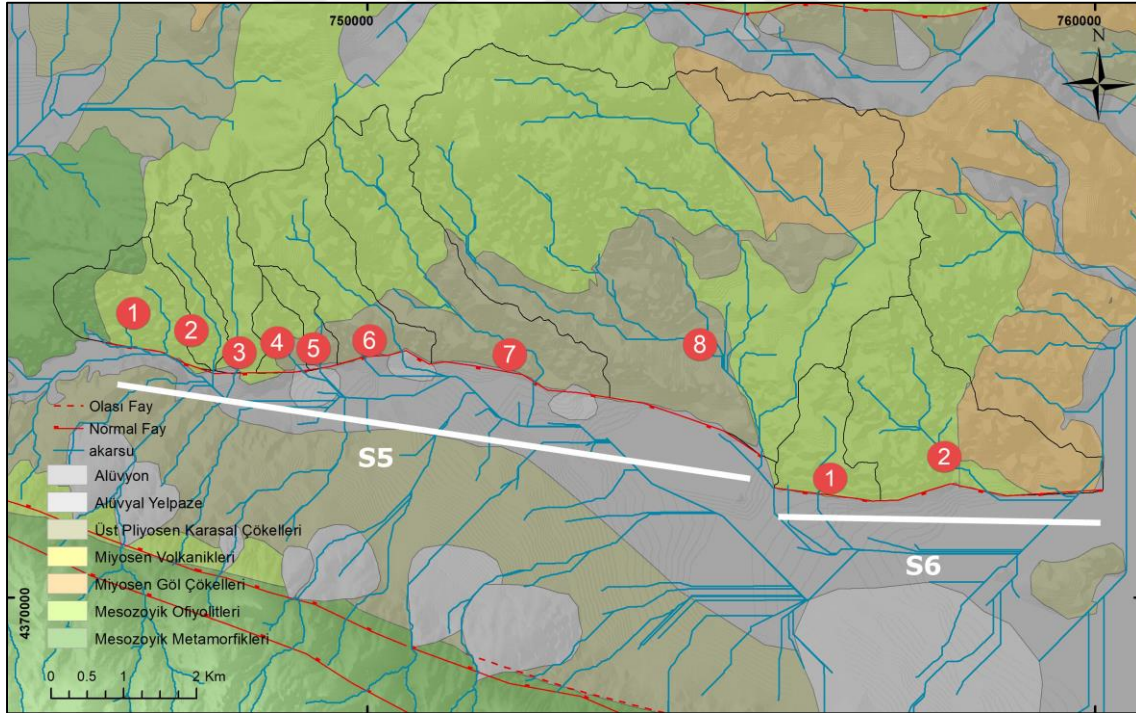
Segment-1 (S1), Segment-2 (S2), Segment-3 (S3), Segment-4 (S4) numaralı segmentler KFZ'ni (Şekil 5.2), Segment-5 (S5), Segment-6 (S6) numaralı segmentler PF'nı (Şekil 5.3), Segment-7 (S7) numaralı segment AF'nı (Şekil 5.4) ve Segment-8 (S8), Segment-9 (S9) numaralı segmentler KF'nı oluşturmaktadır (Şekil 4.1).



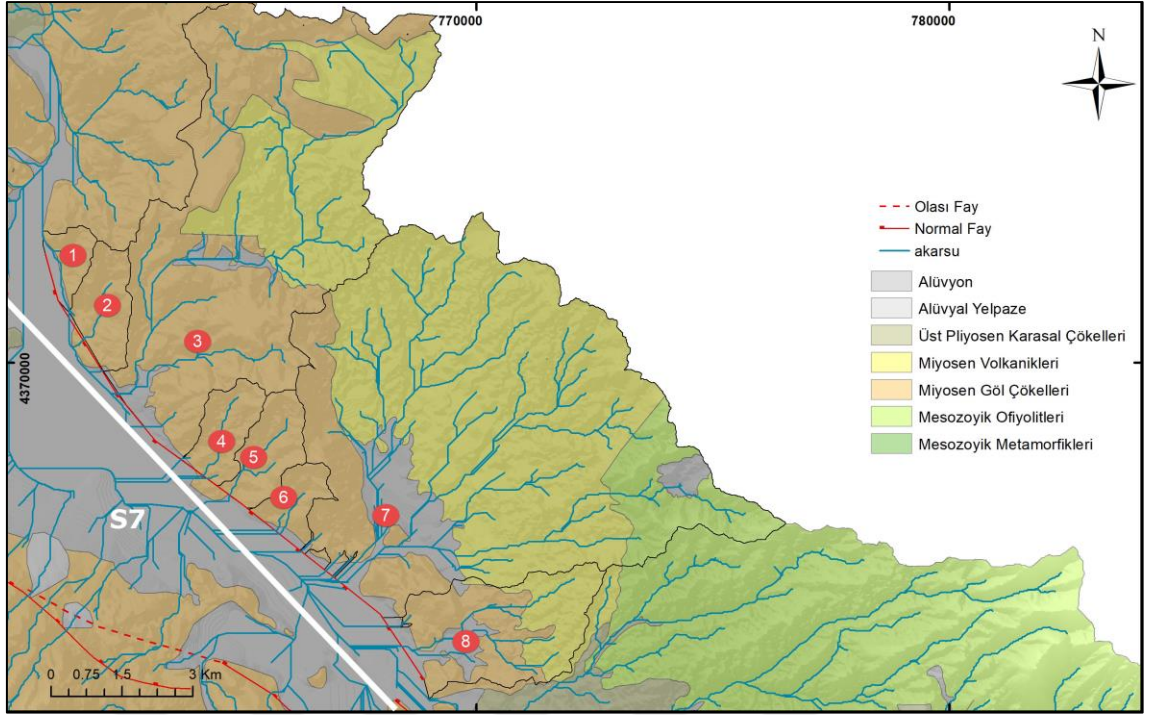
Şekil 4.1. Çalışma alanında morfometrik indislerin hesaplandığı fay segmentlerinin haritası (Alan ve ark., 2018; Elibol ve ark., 2018; Emre, 2011a, 2011b; Koçyiğit ve Bozkurt, 1997'den değiştirilerek alınmıştır).



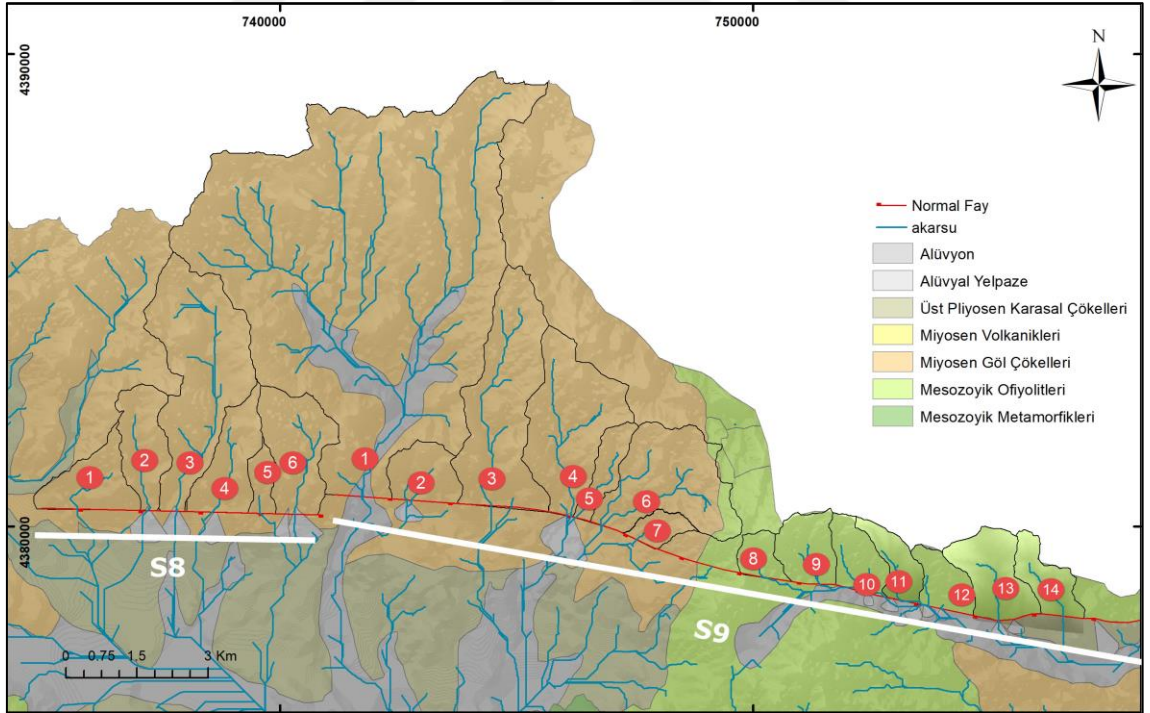
Şekil 4.2. S1, S2, S3 ve S4'ün kontrolündeki drenaj havzaları. Havzalar kuzeybatıdan güneydoğuya doğru numaralandırılmıştır.



Şekil 4.3. S5 ve S6'nın kontrolündeki drenaj havzaları. Havzalar batıdan doğuya doğru numaralandırılmıştır.



Şekil 4.4. S7'nin kontrolündeki drenaj havzaları. Havzalar kuzeybatıdan güneydoğuya doğru numaralandırılmıştır.



Şekil 4.5. S8 ve S9'un kontrolündeki drenaj havzaları. Havzalar batıdan doğuya doğru numaralandırılmıştır.

4.1 Dağ Önü Sinüslüğü (*Smf*)

Aktif tektoniğe işaret eden önemli morfolojik unsurlardan biri de dağ önü sinüslüğüdür. Normal faylar, verrev atımlı normal faylar ile gelişen tavan bloğun ani düşmesi, taban bloğun yükselmesi ile dağ önü boyunca çizgisel bir morfoloji ortaya çıkmaktadır. Aktif tektoniğin belirlenmesi amacıyla çalışma alanında gözlenen faylar boyunca ölçülebilir *Smf* değerleri hesaplanmıştır ve hesaplanan *Smf* analiz sonuçları 1.06- 1.92 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1).

Kütahya Fay Zonu'nu oluşturan S1 (1.06), S2 (1.07) S3 (1.22), S4(1.15) numaralı segmentlerinin *Smf* haritaları Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te, Parmakören Fay'ını oluşturan segmentlerden S5 (1.70) ve S6 (1.34) segmentleri Şekil 4.14 'te, Alayunt Fayı'nı oluşturan S7 (1.55) segmenti Şekil 4.15'te, Karaöz Fayını'nı oluşturan S8 (1.92) ve S9 (1.74) segmentlerinin Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Dağ Önü Sinüslüğü analiz sonuçlarını gösterir çizelge.

Fay	Segment No	<i>Lmf</i> (km)	<i>Ls</i> (km)	<i>Smf</i>
KFZ	S1	15.14	14.28	1.06
	S2	1.54	1.44	1.07
	S3	10.21	8.35	1.22
	S4	3.93	3.42	1.15
PF	S5	15.81	9.25	1.70
	S6	5.88	4.36	1.34
AF	S7	19.22	12.36	1.55
KF	S8	11.45	5.94	1.92
	S9	29.95	17.15	1.74

4.2 Üçgen Yüzey Yüzdesi (L_f/L_s)

KFZ, KF, PF ve AF üzerinde gelişen üçgen yüzeyler tespit edilerek her bir üçgen yüzeyin yüksekliği, uzunluğu ve eğimi hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). Üçgen yüzeylerin yüzdesi her bir segment üzerinde gelişen üçgen yüzeylerin toplam uzunluğunun (L_f), dağ önünün çizgisel bir hat boyunca olan uzunluğuna (L_s) oranı olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan üçgen yüzey yüzdesi (L_f/L_s) değerlerine ait sonuç tablosu Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Segmentlere göre üçgen yüzey yüzdesi analiz sonuçlarını gösterir çizelge.

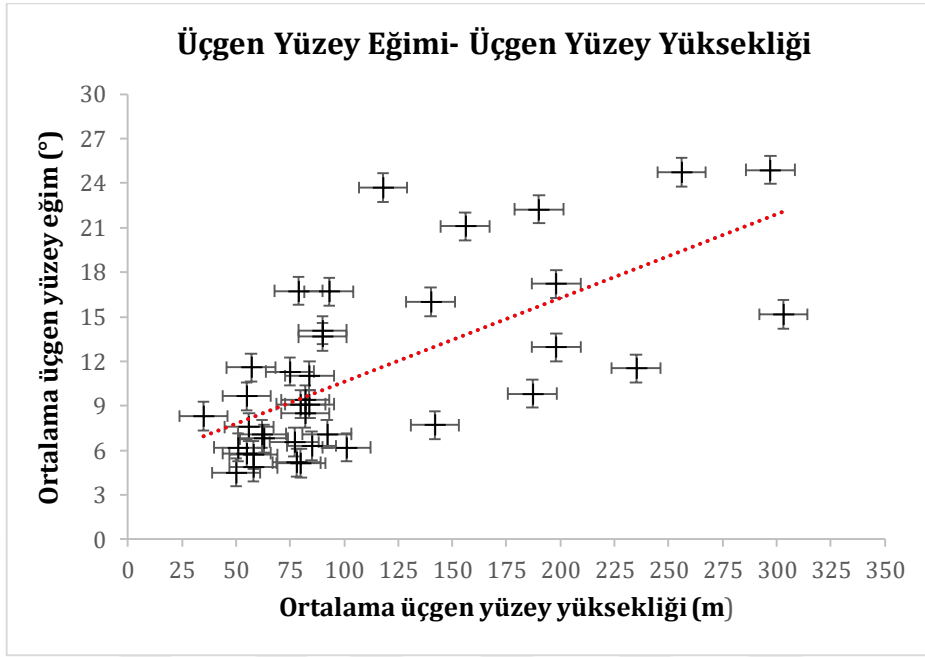
Fay	Segment No	L_f (km)	L_s (km)	L_f/L_s (%)
KFZ	S1	10.03	14.28	70
	S2	1.357	1.44	94
	S3	5.477	8.35	65
PF	S5	1.802	9.25	19
AF	S7	1.308	12.36	11
KF	S8	2.033	5.94	34
	S9	5.779	17.15	34

*: S4 ve S6 segmentleri üzerinde üçgen ve trapezoidal yüzeyler bulunmamaktadır.

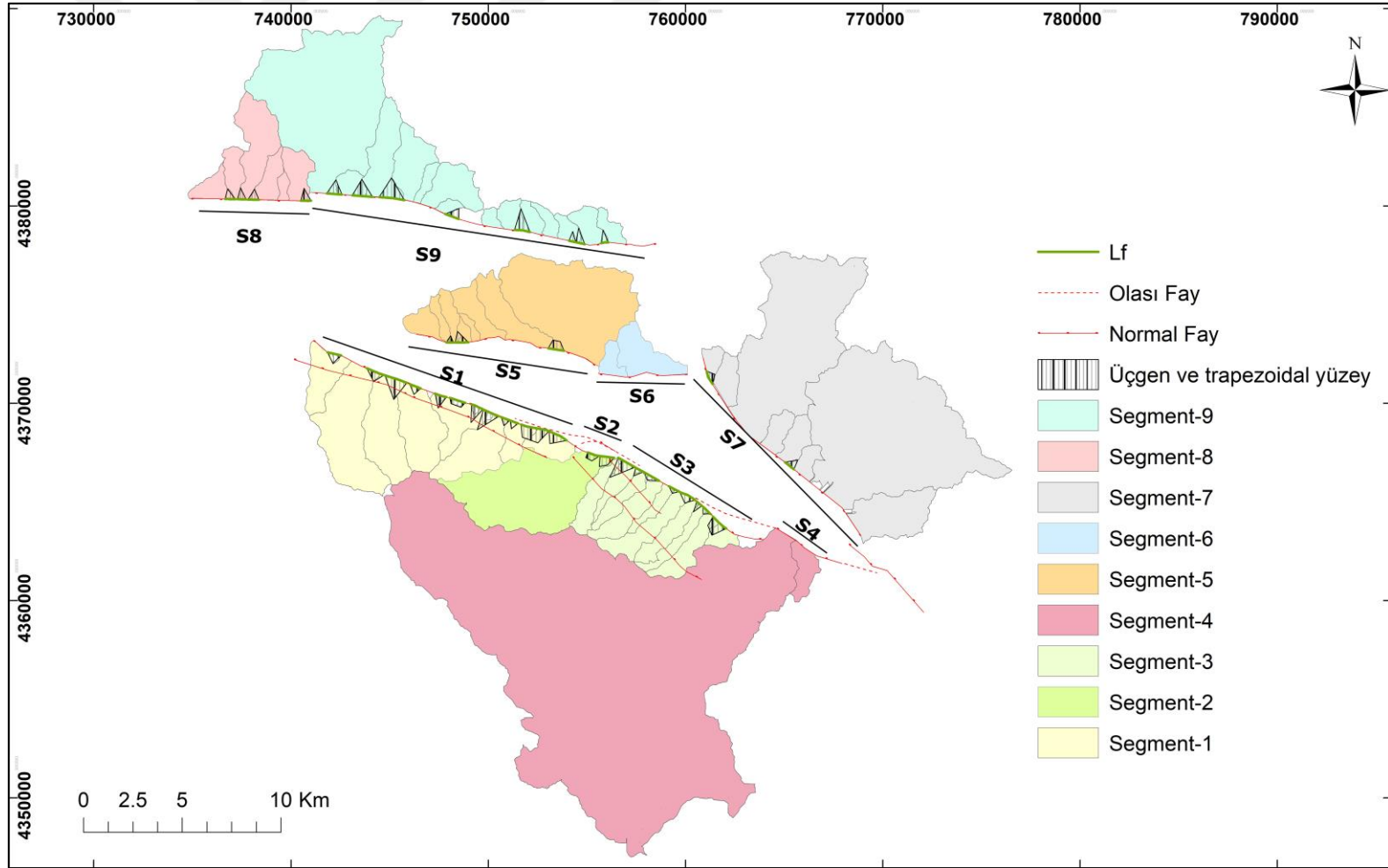
4.3. Üçgen Yüzey Eğiminin – Yüzey Yüksekliğine Oranı

Çalışma alanında S1, S2, S3, S5, S7, S8, S9 numaralı segmentlerin taban blokları üzerinde gelişen toplamda 39 adet üçgen yüzey haritalandırılmıştır (Şekil 4.7). Her bir üçgen yüzeyin yükseklik, uzunluk ve eğimleri hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.3’te verilmiştir. Üçgen yüzey eğimleri ile üçgen yüzey yükseklikleri arasındaki ilişki Şekil 5.14’da sunulmuştur.

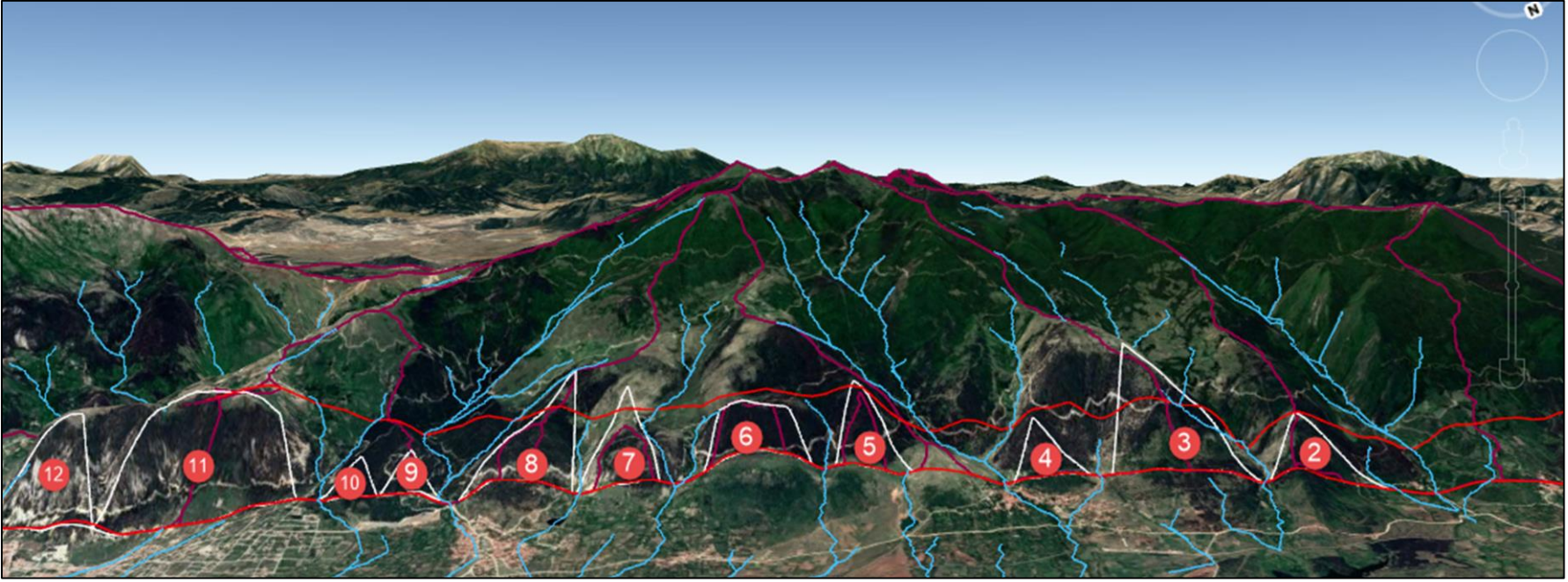
Eğim dereceleri 4.5° ile 24.89° arasında değişmektedir. En yüksek eğim değerine sahip üçgen yüzeyler dayanımı yüksek metamorfik temel birimler üzerinde gelişen 11 ve 12 numaralı üçgen yüzeyleridir (Şekil 4.12). Bu yüzeylerin eğim açıları sırasıyla 24.89° , 24.74° ’dir. 3 numaralı üçgen yüzey 303 m ile yüksekliği en fazla olan üçgen yüzeyidir. Ancak, eğim derecesi 15.16° ’dir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4)



Şekil 4.6. Üçgen yüzey eğimi ile üçgen yüzey yükseklikleri arasındaki ilişki grafik.



Şekil 4.7. Üçgen yüzeylerin segmentlere göre dağılım haritası.



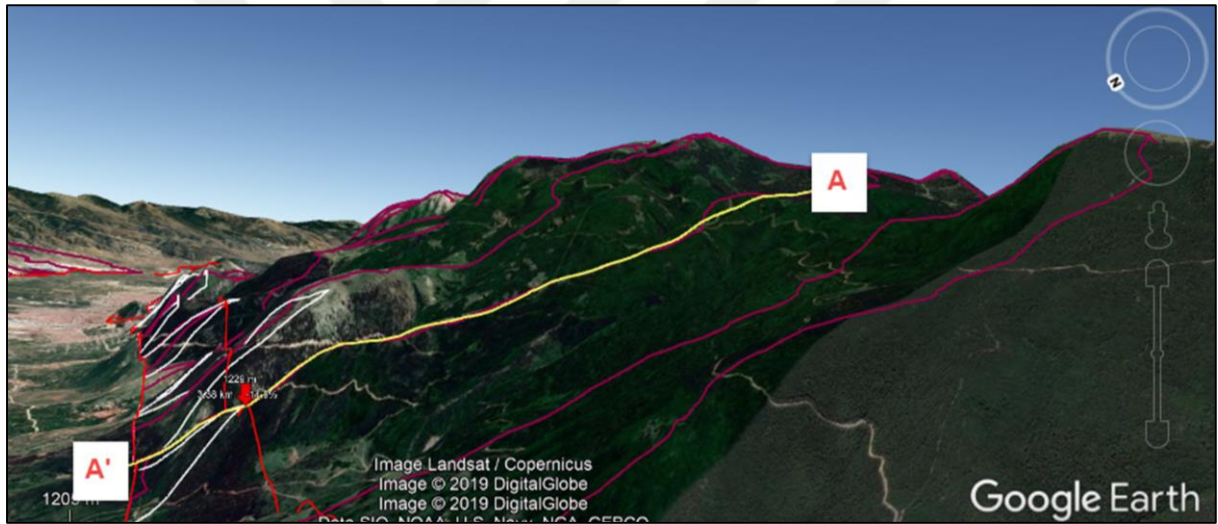
Şekil 4.8. S1 üzerinden hesaplanan üçgen ve trapezoidal yüzeylerin Google Earth'den alınan görüntüsü (mor çizgiler: drenaj alan sınırları, mavi çizgiler: akarsu çizgileri, beyaz çizgiler: üçgen ve trapezoidal yüzeyleri tanımlamaktadır)

Çizelge 4.3. Üçgen yüzey analiz sonuçlarını gösterir tablo (a: üçgen yüzeyin zirve yüksekliği, b: üçgen yüzeyin taban yüksekliği, |ab|: a ve b noktaları arasındaki yatay uzaklık, Δh : a ve b arasındaki yükseklik farkı, α : üçgen yüzey eğimi, $\alpha/\Delta h$: üçgen yüzey eğimini yüksekliğine oranı).

Segment No	Üçgen Yüzey No	a	b	ab	Δh	α	$\alpha/\Delta h$
S-1	1	1160	1078	492	82	9.42	0.11
S-1	2	1240	1100	487	140	16.01	0.11
S-1	3	1418	1115	1118	303	15.16	0.05
S-1	4	1260	1104	404	156	21.1	0.13
S-1	5	1334	1136	637	198	17.22	0.09
S-1	6	1297	1179	267	118	23.7	0.20
S-1	7	1308	1110	860	198	12.95	0.06
S-1	8	1340	1105	1150	235	11.53	0.05
S-1	9	1170	1080	358	90	14.09	0.15
S-1	10	1170	1080	370	90	13.65	0.15
S-1	11	1326	1029	640	297	24.89	0.08
S-1	12	1285	1029	555	256	24.74	0.09
S-2	13	1100	1007	310	93	16.69	0.18
S-2	14	1170	980	464	190	22.24	0.12
S-3	15	1197	1010	1075	187	9.815	0.05
S-3	16	1104	1020	429	84	11.03	0.13
S-3	17	1110	1031	262	79	16.75	0.21
S-3	18	1060	1025	239	35	8.31	0.24
S-3	19	1100	1044	420	56	7.57	0.13
S-3	20	1090	1006	508	84	9.1	0.11
S-3	21	1085	1028	278	57	11.58	0.20
S-3	22	1107	1030	666	77	6.56	0.08
S-5	23	1020	965	323	55	9.65	0.17
S-5	24	1030	972	580	58	5.7	0.10
S-5	25	990	939	470	51	6.2	0.12
S7	26	995	920	365	75	11.3	0.15
S7	27	1010	930	495	80	9.1	0.11
S-8	28	1115	1060	530	55	5.8	0.11
S-8	29	1125	1067	680	58	4.85	0.08
S-8	30	1125	1062	520	63	6.8	0.11
S-8	31	1125	1075	635	50	4.5	0.09
S-9	32	1155	1070	729	85	6.3	0.07
S-9	33	1150	1070	854	80	5.14	0.06
S-9	34	1170	1069	1000	101	6.2	0.06
S-9	35	1186	1104	515	82	8.5	0.10
S-9	36	1233	1091	1048	142	7.7	0.05
S-9	37	1110	1048	499	62	7.1	0.11
S-9	38	1135	1043	738	92	7.1	0.08
S-9	39	1115	1037	860	78	5.17	0.07

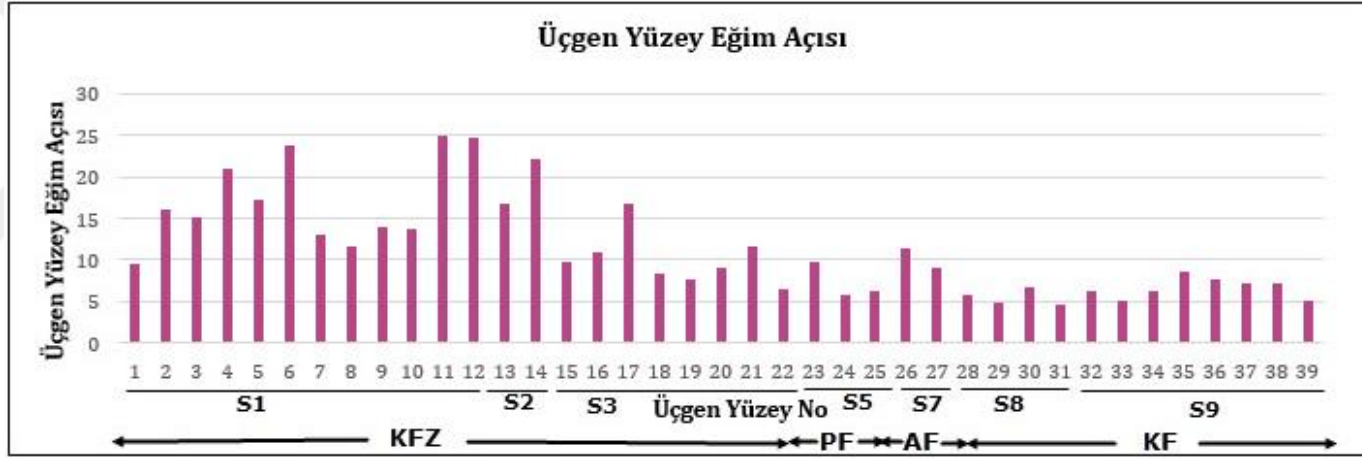
Çizelge 4.4. Segmentlere göre ortalama üçgen yüzey eğim açıları ve üçgen yüzey eğiminin yüzey yüksekliğine oranı.

Segment No	Minimum Üçgen Yüzey Eğim Açısı	Maksimum Üçgen Yüzey Eğim Açısı	Ort Üçgen Yüzey Eğim Açısı	Ort Üçgen Yüzey Eğim / Yükseklik
S-1	9.42	24.89	17.03	0.11
S-2	16.69	22.24	19.46	0.14
S-3	6.56	16.75	10.08	0.14
S-5	5.7	9.65	7.18	0.13
S-7	9.1	11.3	10.2	0.13
S-8	4.5	6.8	5.48	0.09
S-9	6.2	8.5	6.65	0.07

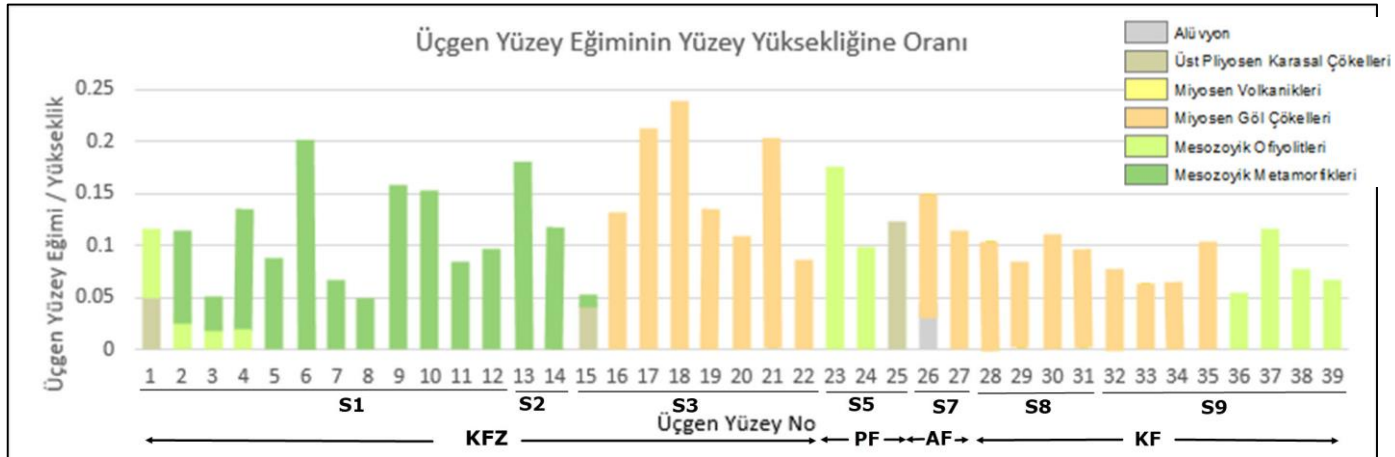


Şekil 4.9. 2 numaralı üçgen yüzey üzerinden alınan A-A' profil kesitinde KFZ'nun 1 no'lu segmentinin basamaklı fay geometrisi görülebilmektedir.

Üçgen yüzey eğiminin yüzey yüksekliğine oranının en yüksek olduğu üçgen yüzeyleri 6, 17, 18, 21 numaralı üçgen yüzeyleridir (Şekil 4.11).



Şekil 4.10. Üçgen yüzeylerinin eğim açılarını gösterir histogram grafiği.



Şekil 4.11. Üçgen yüzeylerinin yüzey eğiminin yüksekliğe oranını gösterir histogram grafiği.

4.4. Vadi Tabanı Genişliğinin-Vadi Tabanı Yüksekliğine Oranı (V_f)

Vadi tabanı genişliğinin vadi tabanı yüksekliğine oranı hesaplamalarında lokasyonlar dağ önünden itibaren drenajların kesitin alındığı kısma doğru ~250 ve ~500 m'deki bölümden alınmış ve V_f indisi hesaplanmıştır. Bu hesaplama tekniği Özkaymak, (2012, 20114) ve Ramírez-Herrera, (1998) tarafından daha önceki çalışmalarda kullanılmıştır. Hesaplanan V_f sonuçlarına göre, segmentlere bağlı ortalama V_f değeri 0.34 ile 2.07 arasında değişmektedir. V_f indisinin hesaplandığı lokasyonların haritası Şekil 4.12- Şekil 4.16'da, V_f analiz sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir.

En düşük V_f değerleri S1 ve S3'e bağlı gelişen drenaj havzalarında görülmektedir. Bu segmentler üzerindeki drenaj havzalarından elde edilen ortalama V_f değerleri sırasıyla 0.34, 0.57'dir. En yüksek V_f değerleri ise S7, S8, S9'a bağlı gelişen drenaj havzaları üzerinden elde edilmiştir ve bu değerler sırasıyla 2.07, 1.85, 1.3'dür (Çizelge 4.5).

4.5. Drenaj Havza Asimetrisi (AF)

Çalışma alanında bulunan tüm havzalar için drenaj havza asimetri indisi hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar üç kategoriye ayrılmıştır.

- $45 \leq AF \leq 55$ Simetrik havza (bordo renkli iki yönlü ok ile gösterilmiştir).
- $AF < 45$ Asimetrik havza (yeşil renkli ok ile gösterilmiştir. Drenajın akış yönüne doğru bakıldığında sağa doğru eğimlenmeyi gösterir).
- $AF > 55$ Asimetrik havza (sarı renkli ok ile gösterilmiştir. Drenajın akış yönüne doğru bakıldığında sola doğru eğimlenmeyi gösterir).

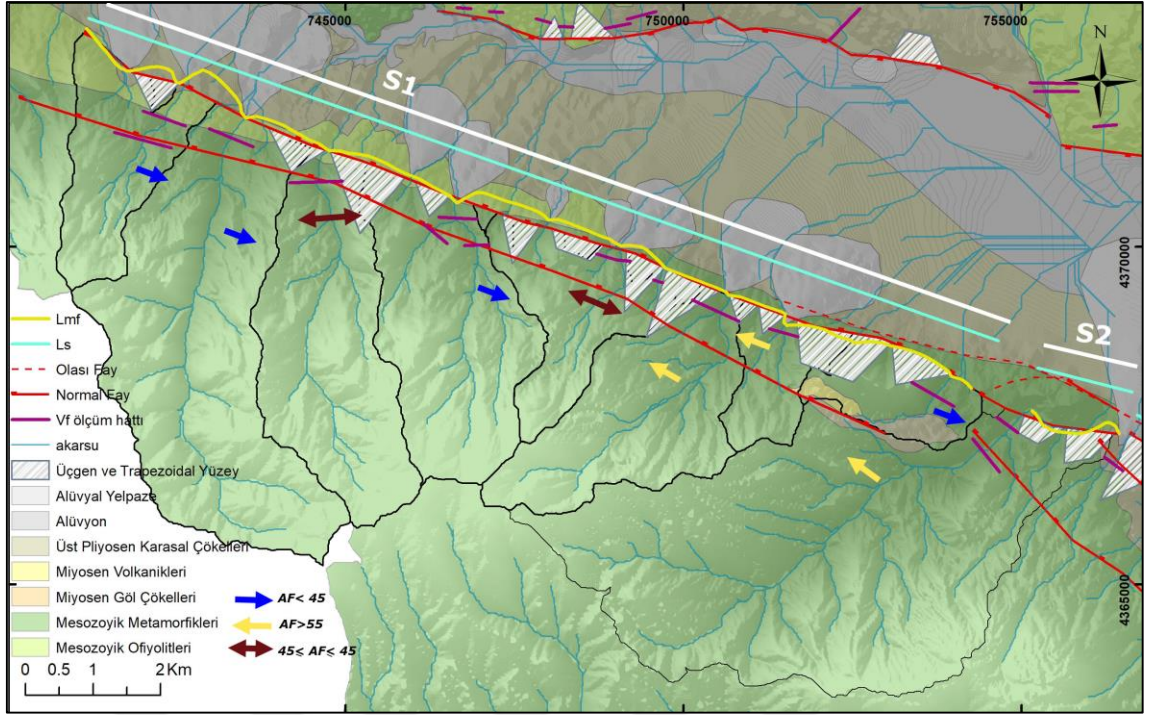
Hesaplanan AF değerlerine göre havzalar baskın olarak asimetrik morfoloji sunmaktadır. S1, S5, S8, kontrolünde gelişen havzalar çoğunlukla doğu- güneydoğuya doğru eğimlenme gösterirken, S2, S3, S6, S9'a bağlı gelişen havzalar ağırlıklı olarak batı-kuzeybatıya doğru eğimlenme göstermektedir. Havzaların AF değerlerine göre eğimlenme yönleri Şekil 4.12- Şekil 4.16'da, AF analiz sonuç değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir

Çizelge 4.5. Segmentlerin kontrolünde gelişen her bir drenaj havzasının *AF*, *AF-50*, *Vf*, *HI* ve Ortalama *SL* analiz sonuçlarını gösterir çizelge.

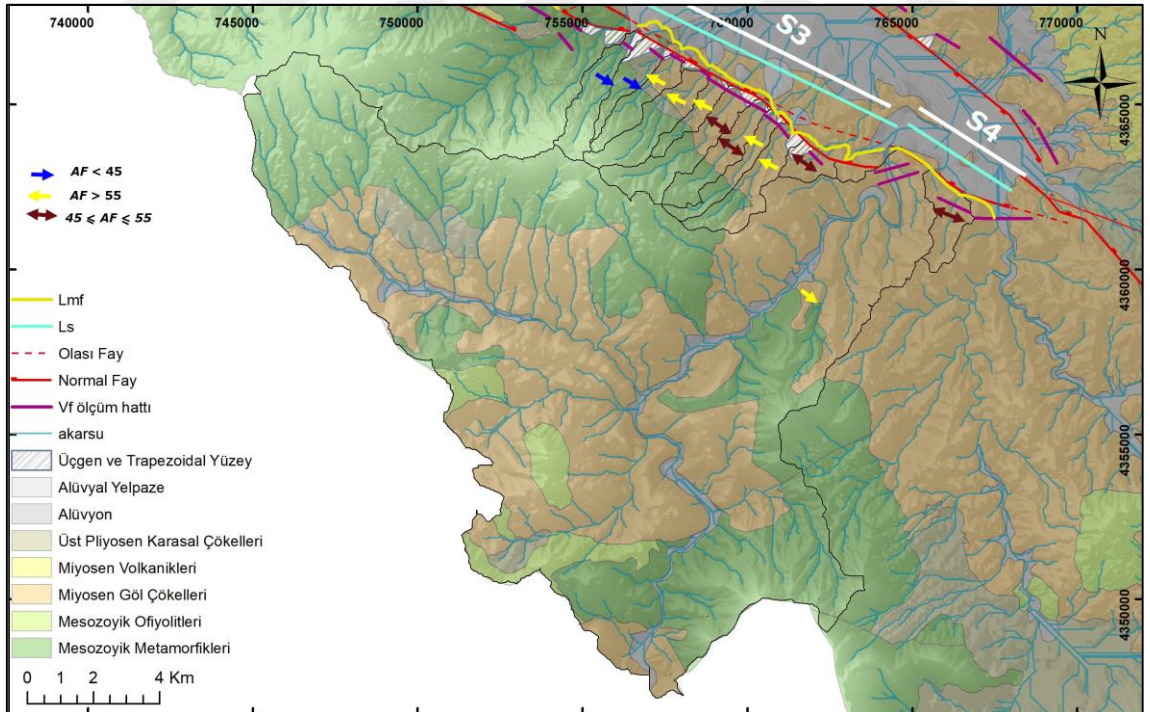
Havza No	Havza Alanı (km ²)	<i>AF</i>	<i>AF-50</i>	<i>Vf</i>	<i>HI</i>	Ort. <i>SL</i>
S1-1	4,40	37.63	12.37	0.21	0.39	147.22
S1-2	14,03	41.39	8.61	0.27	0.58	155.35
S1-3	8,59	51.83	1.83	0.24	0.57	163.87
S1-4	8,11	34.85	15.15	0.36	0.5	169.87
S1-5	4,21	45.77	4.23	0.14	0.38	174.04
S1-6	6,90	46.59	3.41	0.28	0.48	260.172
S1-7	2,31	33.87	16.13	0.27	0.47	190.62
S1-8	2,66	34.81	15.19	0.18	0.48	
S2-1	22,50	55.46	5.46	0.57	0.46	189.59
S3-1	3,25	37.48	12.52	0.38	0.52	183.24
S3-2	2,12	18.78	31.22	0.11	0.28	39.91
S3-3	2,39	72.7	22.7	0.35	0.38	109.2
S3-4	3,85	66.95	16.95	1.5	0.4	86.33
S3-5	1,49	66.61	16.61	0.21	0.37	67.04
S3-6	4,61	62.9	12.9	0.24	0.36	119.89
S3-7	3,09	50.67	0.67	0.38	0.47	116.49
S3-8	2,25	46.82	3.18	0.57	0.44	114.55
S3-9	3,68	76.03	26.03	0.22	0.49	88.42
S3-10	1,38	58.23	8.23	0.32	0.43	
S4-1	193,69	38.41	11.59	0.82	0.31	86.33
S4-2	2,61	54.88	4.88	0.51	0.48	78.12
S5-1	2,29	72.25	22.25	0.33	0.51	110.3
S5-2	1,06	47.57	2.43	0.32	0.58	71.38
S5-3	1,66	55.57	5.57	0.15	0.55	131.44
S5-4	0,48	54.55	4.55	1.71	0.46	21.36
S5-5	0,62	69.67	19.67	0.19	0.45	33.24
S5-6	3,48	67.93	17.93	0.55	0.52	18.96
S5-7	5,75	47.78	2.22	1.25	0.37	49.42
S5-8	25,21	14.39	35.61	3.24	0.33	27.26
S6-1	1,72	44.67	5.33	1.25	0.39	74.66
S6-2	5,42	33.04	16.96	2.80	0.34	74.66
S7-1	1,24	29.06	20.94	0.04	0.48	25.96
S7-2	2,46	57.62	7.62	2.54	0.35	15.42
S7-3	36,34	64.51	14.51	1.28	0.54	31.54
S7-4	2,16	59.49	9.49	4.32	0.39	23
S7-5	2,53	46.78	3.22	0.45	0.42	28.31
S7-6	1,61	66.74	16.74	1.5	0.38	33.24
S7-7	51,25	54.04	4.04	6.08	0.28	32.04
S7-8	8,14	35.04	14.96	1.83	0.28	16.89

Çizelge 4.5. Segmentlerin kontrolünde gelişen her bir drenaj havzasının *AF*, *AF-50*, *V_f*, *HI* ve *Ortalama SL* analiz sonuçlarını gösterir çizelge (devam ediyor)

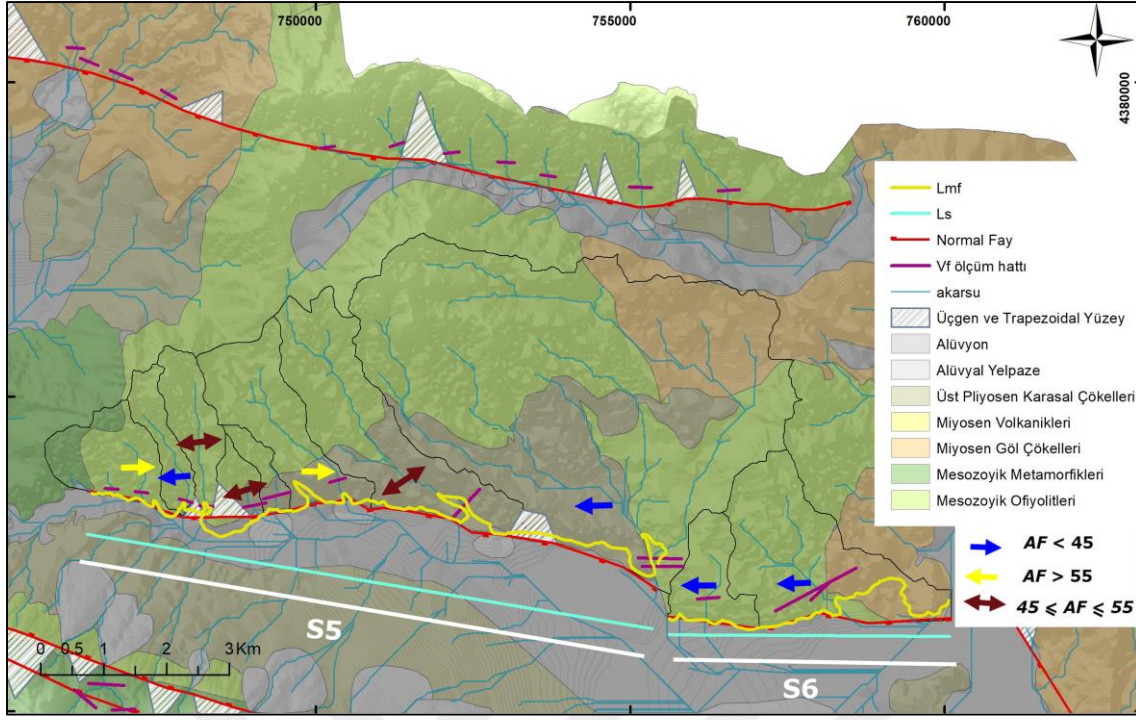
S8-1	2,06	45.44	4.56	3.08	0.34	24.04
S8-2	2,19	62.33	12.33	1.02	0.41	19.56
S8-3	7,16	62.33	12.33	0.5	0.49	67.58
S8-4	2,32	40.63	9.37	0.4	0.37	24.8
S8-5	0,68	58.9	8.9	2	0.37	20.04
S8-6	3,10	56.8	6.8	4.08	0.46	47.65
S9-1	39,47	80.22	30.22	2.01	0.42	34.28
S9-2	1,64	54.78	4.78	0.82	0.49	20.47
S9-3	6,48	38.92	11.08	3.48	0.44	13.06
S9-4	5,15	36.92	13.08	1.17	0.55	41.74
S9-5	1,1	57.53	7.53	0.68	0.48	44.24
S9-6	4,78	54.59	4.59	1.11	0.43	32.11
S9-7	0,69	48.48	1.52	1.95	0.37	8.43
S9-8	0,77	40.45	9.55	1.22	0.41	13.29
S9-9	1,65	58.65	8.65	2.44	0.44	50.1
S9-10	1,43	27.06	22.94	0.9	0.37	62.42
S9-11	1,16	26.97	23.03	0.76	0.38	36.06
S9-12	1,21	13.03	36.97	0.5	0.41	57.56
S9-13	2,34	26.97	23.03	0.67	0.47	25.69
S9-14	1,38	41.64	8.36	0.52	0.38	31.51



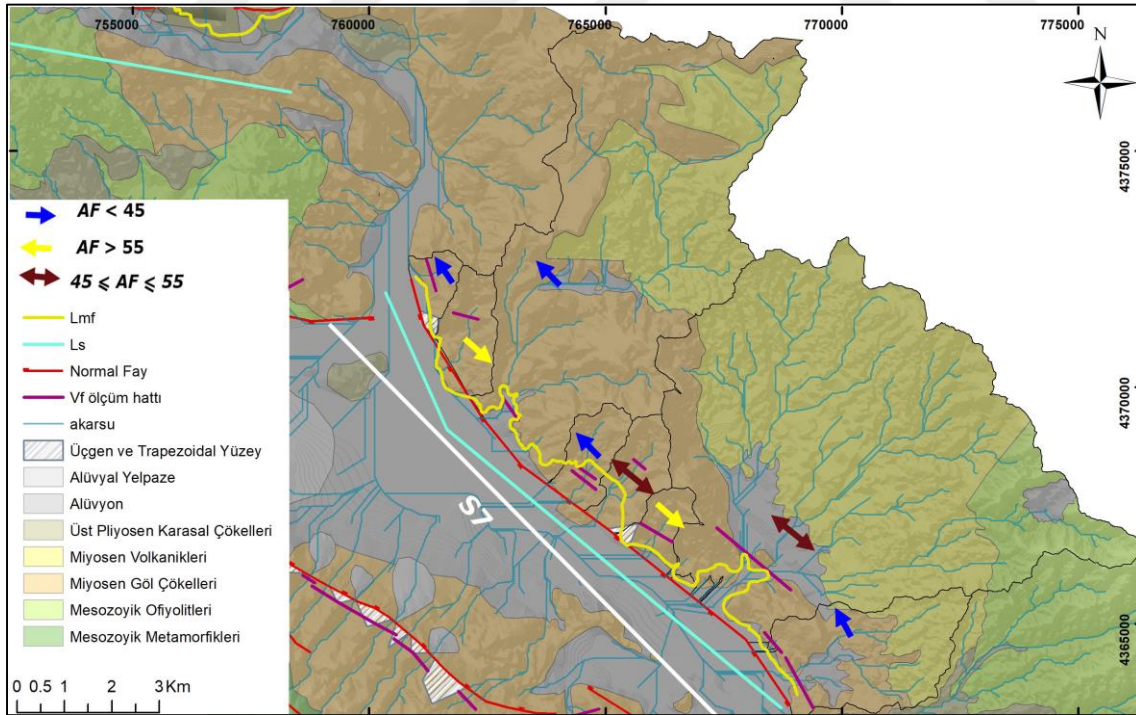
Şekil 4.12. S1 ve S2 segmentlerin Smf , Af , Vf ölçüm hattı ve üçgen yüzeyleri gösterir harita.



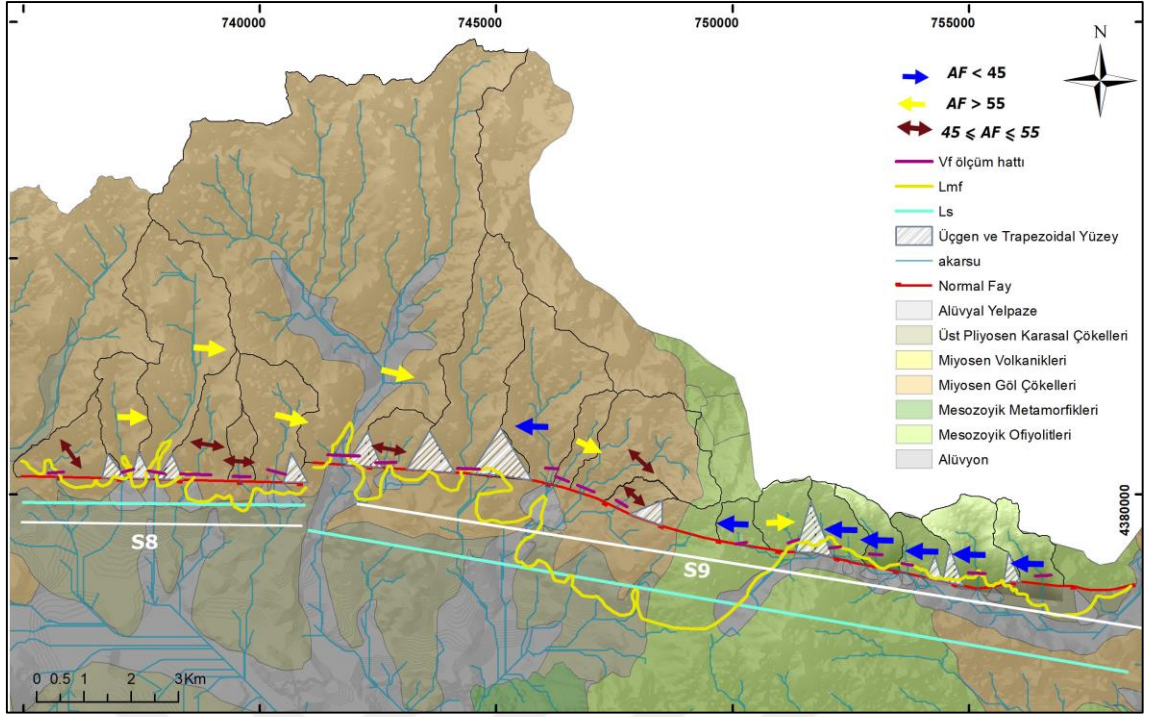
Şekil 4.13. S3 ve S4 segmentlerin Smf , Af , Vf ölçüm hattı ve üçgen yüzeyleri gösterir harita.



Şekil 4.14. S5 ve S6 segmentlerin Smf, Af, Vf ölçüm hattı ve üçgen yüzeyleri gösterir harita.



Şekil 4.15. S7 segmentinin Smf, Af, Vf ölçüm hattı ve üçgen yüzeyleri gösterir harita.



Şekil 4.16. S8 ve S9 segmentlerin S_{mf} , A_f , V_f ölçüm hattı ve üçgen yüzeyleri gösterir harita

4.6. Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral (*HE, HI*)

Çalışma alanında bulunan fay segmentleri kontrolünde gelişen tüm drenaj havzaları için hipsometrik integral değeri hesaplanmış ve hipsometrik eğrileri oluşturulmuş ve sonuçlar Çizelge 4.5.'te verilmiştir.

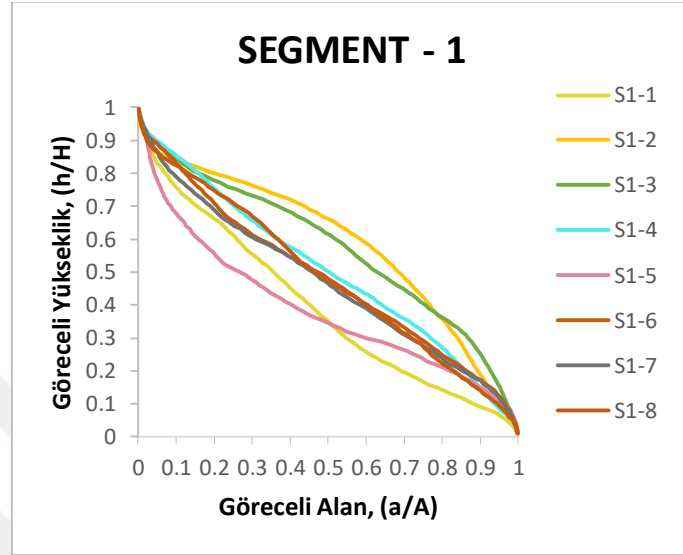
Segmentlere göre ortalama *HI* değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.6). Buna göre S1, S2 ve S5 diğer segmentlere nazaran daha yüksek ortalama *HI* değerine sahiptir.

Çizelge 4.6. Segmentlere göre ort. *HI* değerleri tablosu

Fay	Segment No	Ort. <i>HI</i>
KFZ	S1	0.48
	S2	0.46
	S3	0.41
	S4	0.39
PF	S5	0.47
	S6	0.36
AF	S7	0.39
KF	S8	0.41
	S9	0.43

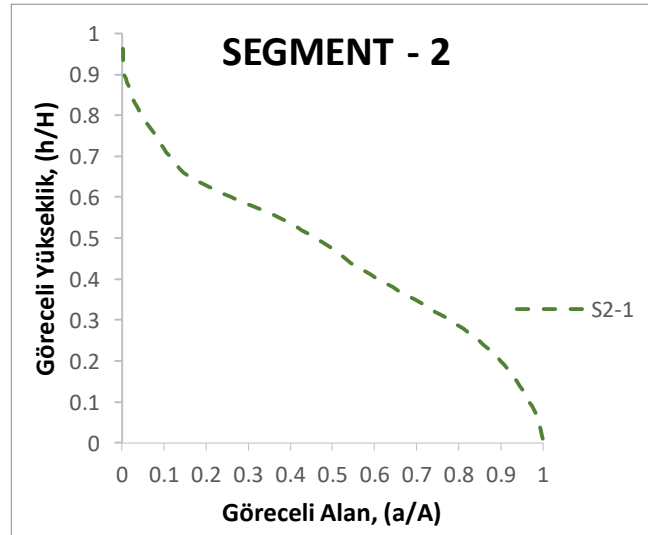
Buna göre, en yüksek *HI* değerine sahip havzalar S1-2, S1-3, S3-1, S5-1, S5-2, S5-3, S5-6, S7-3, S9-4 drenaj havzalarıdır. Dış bükey hipsometrik eğrilere sahip bu havzaların *HI* değerleri 0.5 ile 0.58 arasında değişmektedir. En düşük *HI* değerine sahip havzalar S7-7, S7-8, S3-2, S4-1, S5-8, S6-2, S7-2, S8-4, S8-5, S9-7, S9-10, S7-4 drenaj havzalarıdır. İç bükey hipsometrik eğrilere sahip bu havzaların değerleri 0.27 ile 0.39 arasında değişmektedir. Diğer drenaj ise havzaları 0.4 ile 0.5 *HI* değerleri arasında düz-S şekilli hipsometrik eğrilere sahip havzalardır.

Segment-1 kontrolünde gelişen drenaj havzalardan S1-2, S1-3 havzaları dış bükey şekilli, genç havzaları göstermektedir, S1-4, S1-6, S1-7 ve S1-8 havzalar ise düz, S-şekli orta derecede aşınmış havzalara işaret etmektedir. Diğer havzalar iç bükey şekilli ve çok aşınmış havzaları karakterize etmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Segment-1'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.,

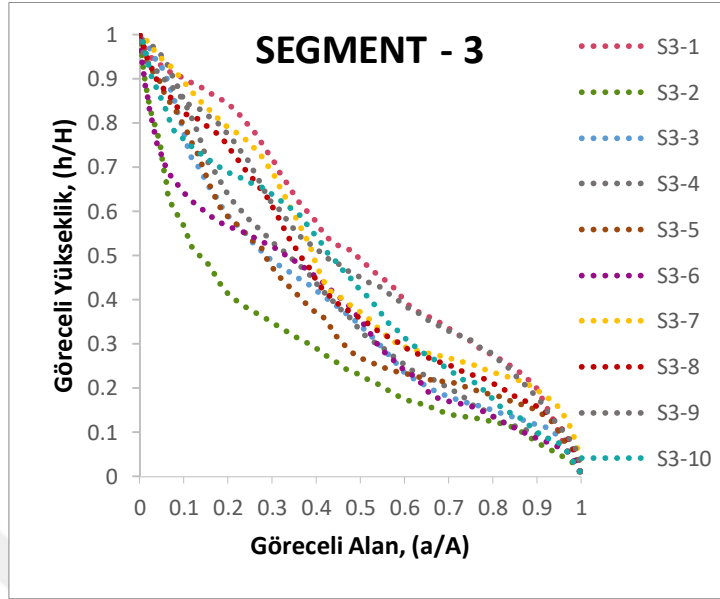
Segment-2 kontrolünde gelişen S2-1 drenaj havzası S-şekli orta derecede aşınmış havzayı karakterize etmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Segment-2'e bağlı gelişen drenaj havzasının Hipsometrik eğrisi.

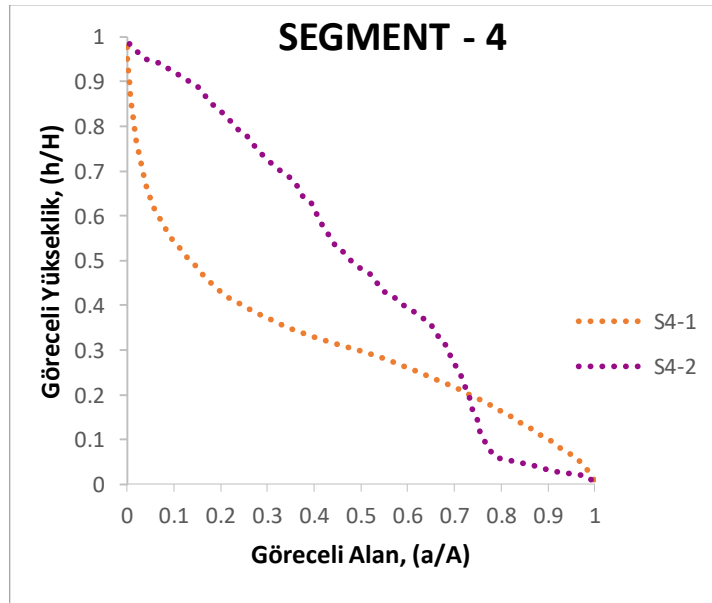
Segment-3 kontrolünde gelişen drenaj havzalarından S3-1, S3-4, S3-7, S3-9 ve S3-10 havzaları S-şekli orta derecede aşınmış havzalara işaret ederken geriye kalan diğer

diğer havzalar iç bükey şekilli ve çok aşınmış havzaları karakterize etmektedir (Şekil 4.19).



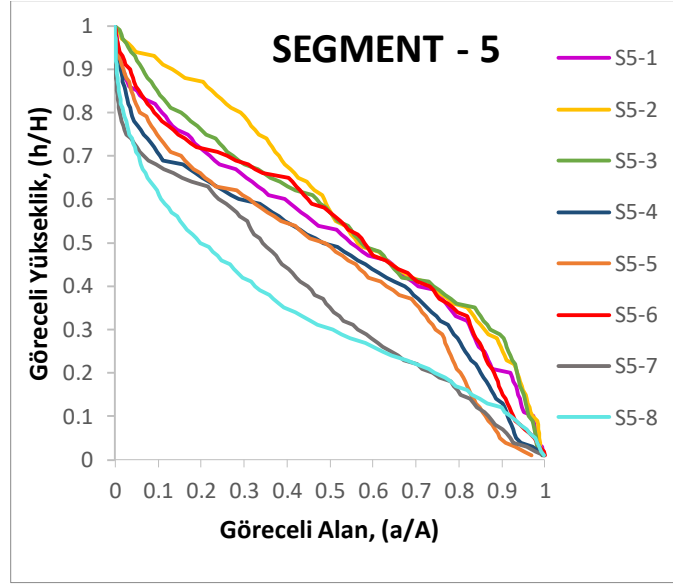
Şekil 4.19. Segment-3'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri

Segment-4 kontrolünde gelişen drenaj havzalarından S4-2 havzası S-şekilli orta derecede aşınmış havzayı, S4-1 ise iç bükey ve çok aşınmış havzayı temsil eder (Şekil 4.20).



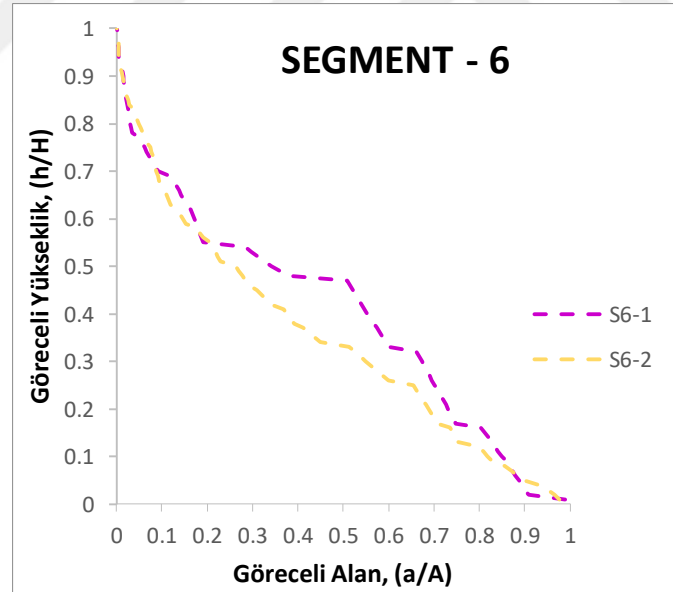
Şekil 4.20. Segment-4'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri

Segment-5 kontrolünde drenaj havzalarından S5-1, S5-2, S5-3 ve S5-6 havzaları dış bükey şekilli, genç havzaları, S5-4, S5-5, havzaları S-şekli az aşınmış havzaları ve kalan diğer havzalar ise iç bükey çok aşınmış havzaları temsil etmektedir (Şekil 4.21).



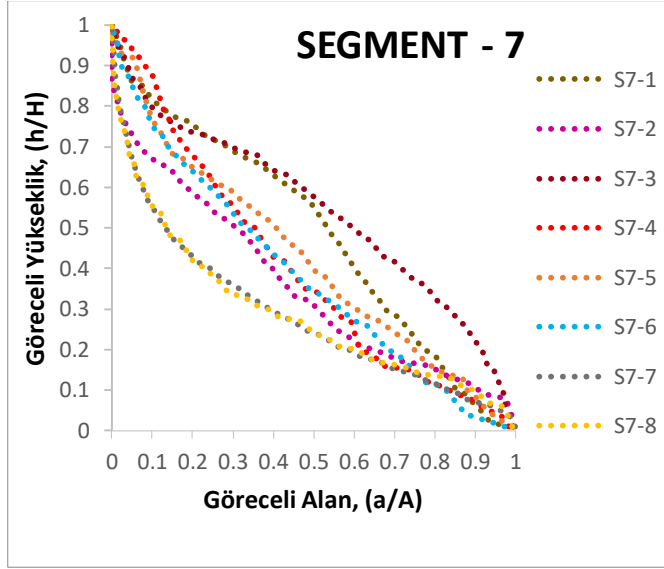
Şekil 4.21. Segment-5'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.

Segment-6 kontrolünde gelişen drenaj havzalarından S6-1 havzası S-şekilli orta derecede aşınmış havzayı, S6-2 ise iç bükey ve çok aşınmış havzayı temsil eder (Şekil 4.22).



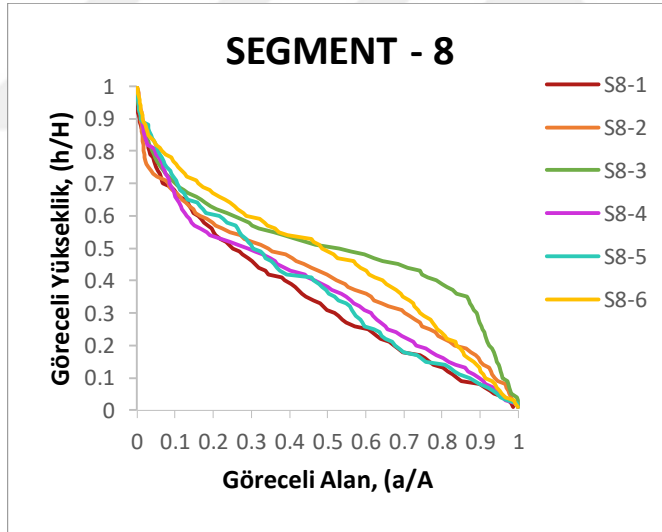
Şekil 4.22. Segment-6'ya bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.

Segment-7 kontrolünde drenaj havzalarından S7-1, S7-3, havzaları dış bükey şekilli, genç havzaları, S7-2, S7-4, S7-5, S7-6, havzaları S-şekilli az aşınmış havzaları ve kalan diğer havzalar ise iç bükey çok aşınmış havzaları temsil etmektedir (Şekil 4.23).



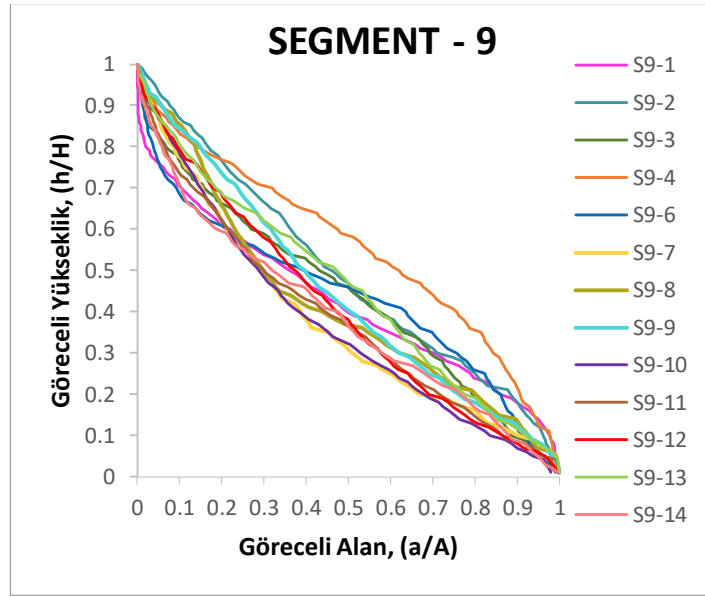
Şekil 4.23. Segment-7'ye bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.

Segment-8 kontrolünde drenaj havzalarından S8-1, S8-4, S8-5 havzaları iç bükey çok aşınmış havzaları kalan diğer havzalar ise S-şekilli az aşınmış havzaları temsil etmektedir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Segment-8'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.

Segment-9 kontrolünde drenaj havzalarından S9-4, havzası dış bükey şekilli, genç havzayı, S9-7, S9-10, S9-11, S9-14 havzaları iç bükey şekilli çok aşınmış havzaları, kalan diğer havzalar ise S-şekilli az aşınmış havzaları göstermektedir (Şekil 4.25).



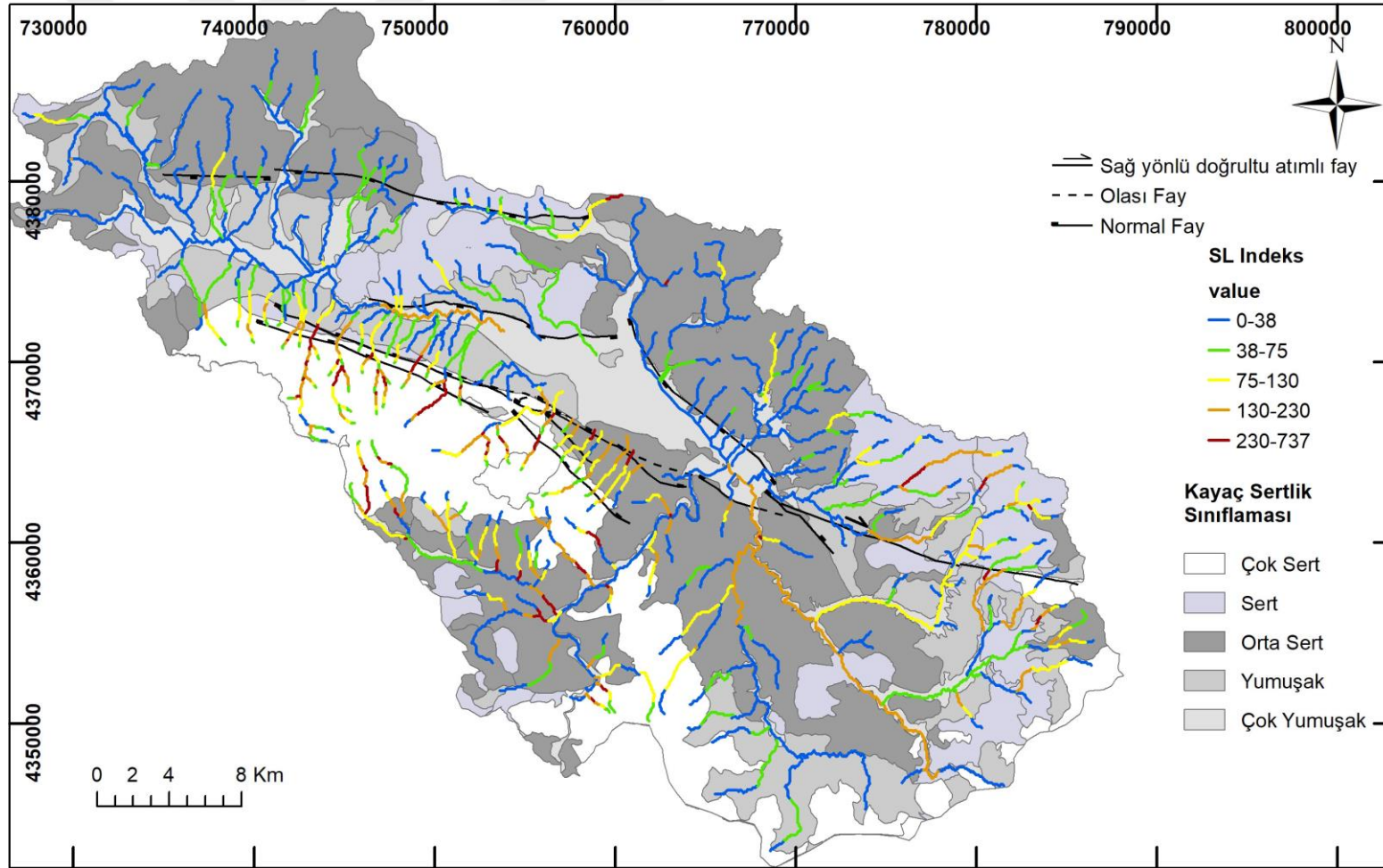
Şekil 4.25. Segment-9'a bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri.

4.7. Akarsu Uzunluk-Eğim İndeksi

SL indeksi hesaplamaları için çalışma alanındaki drenaj havzalarını içine alacak şekilde toplamda 848 noktadan hesaplama yapılmıştır. *SL* indeksi ölçüm noktaları arasındaki uzunluk (ΔL) 50 m olacak şekilde hesaplanmıştır.

Her bir drenaj havzası üzerinden hesaplanan ortalama *SL* değerleri Çizelge 4.5'te, *SL* analizi sonuçlarının segmentlere göre ortalama değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Elde edilen bulgura göre *SL* değerleri 0 ile 737.85 arasında değişmektedir. *SL* değerlerindeki ani değişimlerin daha iyi bir şekilde ortaya konulması için *SL* değerleri beş sınıfa ayrılmıştır. En düşükten yükseğe doğru *SL* değerleri; 0-38.0 arası mavi, 38.0- 75.0 arası yeşil, 75.0- 130.0 arası sarı, 130.0- 230.0 arası turuncu ve son olarak 230.0'dan büyük en yüksek *SL* değerleri kırmızı renkte gösterilmiştir. Çalışma alanındaki kayaç birimlerinin sertliği ve *SL* değerleri ile ilişkisi Şekil 4.26'da sunulmuştur..



Şekil 4.26. Çalışma alanına ait kaya birimlerinin direncini gösteren sertlik sınıflaması ve SL indisi değerlerini gösterir harita (Shelby, 1980)..

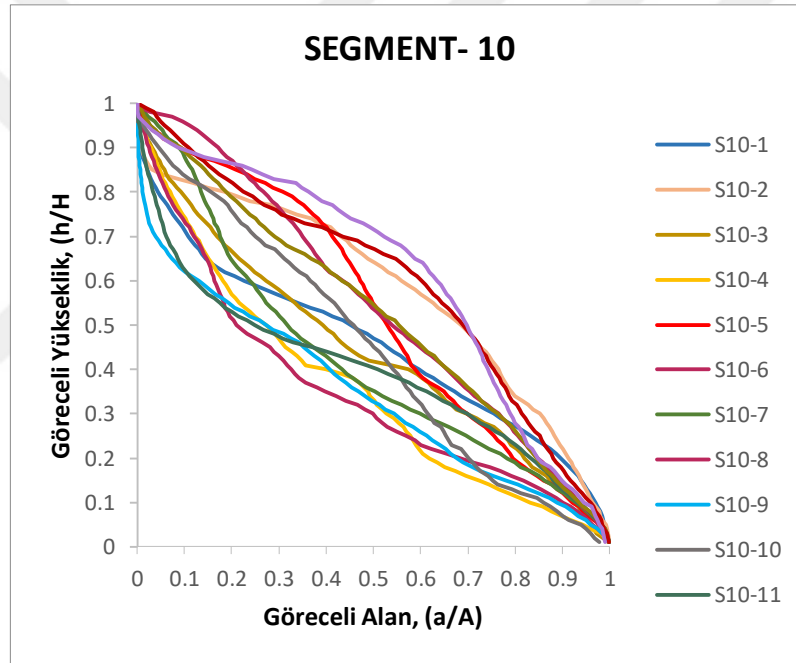
SL değerleri dayanımı yüksek kaya birimleri üzerinden geçerken yüksek ortalama *SL* değerleri vermektedir. Çalışma alanında kuvarsit ve rekrystalize kireçtaşı gibi dayanımı yüksek kaya birimlerinden oluşan S1 ve S2’e ait drenaj havzalarının ortalama *SL* değeri en yüksektir. En düşük *SL* değerleri ise güncel alüvyal alanlar, alüvyal yelpazeler ve kötü tutturulmuş karasal kırıntılardan oluşan alanlarda gözlenmektedir(şekil 5.15).

Çizelge 4.7. Segmentere göre ortalama *SL* deęreleri

Segment No	Ort. SL
S1	180.16
S2	189.59
S3	11.46
S4	82.22
S5	64.44
S6	74.66
S7	25.8
S8	33.94
S9	33.64

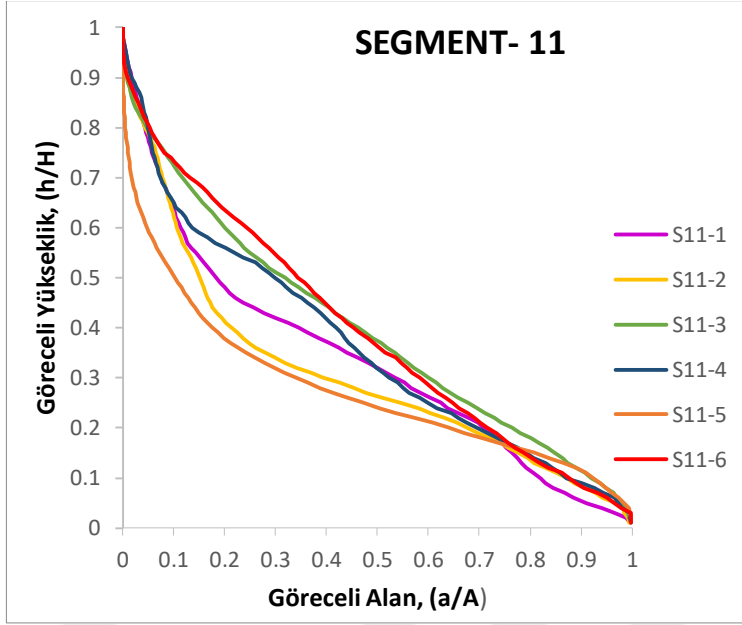
Çalışma alanında KFZ'na ait segment-10'nun Türkiye Diri Fay Haritası'nda Holosen'de aktifliği kuşkulu Kuvaterner fayı, segment-11'inde sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal fay olduğu belirtilmektedir. Bu segmentler belirgin dağ önü sunmadıkları için Dağ Önü Sinüslüğü, üçgen yüzey eğiminin yüksekliğe oranı ve üçgen yüzey eğimi analizleri hesaplanmamıştır. Bu sebeple bu segmentlere ait bulgular ayrıca değerlendirilmiştir.

Segment-10'da en yüksek *HI* değerleri S10-2, S10-13, S10-14, S10-15 havzalarında sırasıyla 0.58, 0.59, 0.61, 0.56 elde edilmiştir ve bu havzalar belirgin olarak dış bükey hipsometrik eğriye sahiptirler (Şekil 4.27). Segmentin ortalama *HI* değeri 0.48 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).



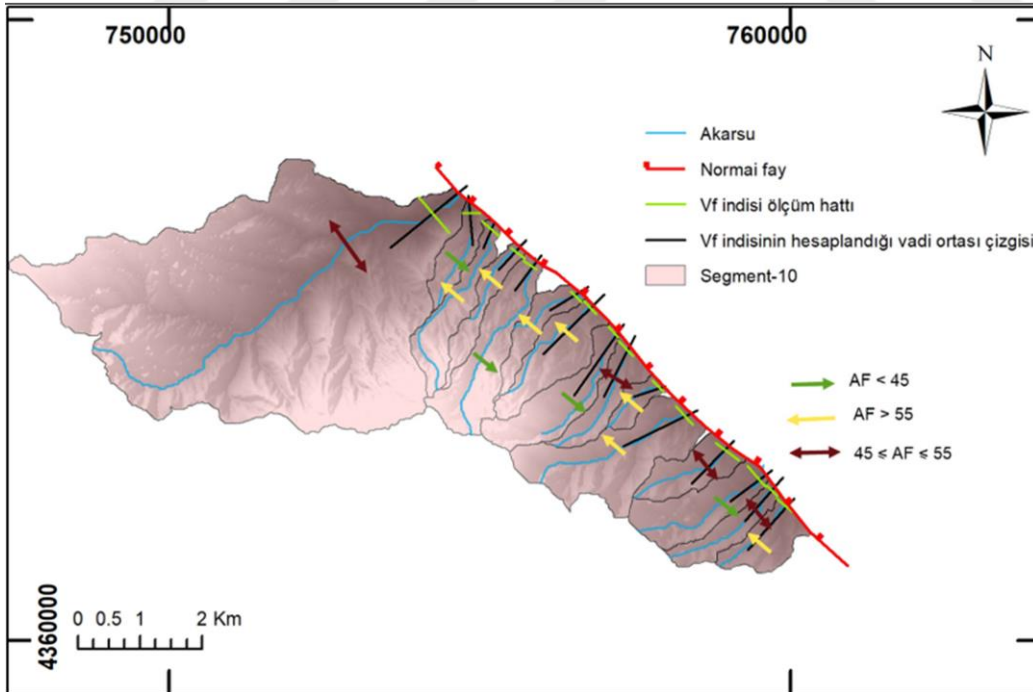
Şekil 4.27. Segment-10'a bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri

Segment 11'de en yüksek *HI* değeri S11-3 havzasında ve 0.39 değerindedir (Çizelge 4.8). Genel olarak Segment-11'e ait *HI* değerleri düşük ve hipsometrik eğriler iç bükey şekillidir (Şekil 4.28).



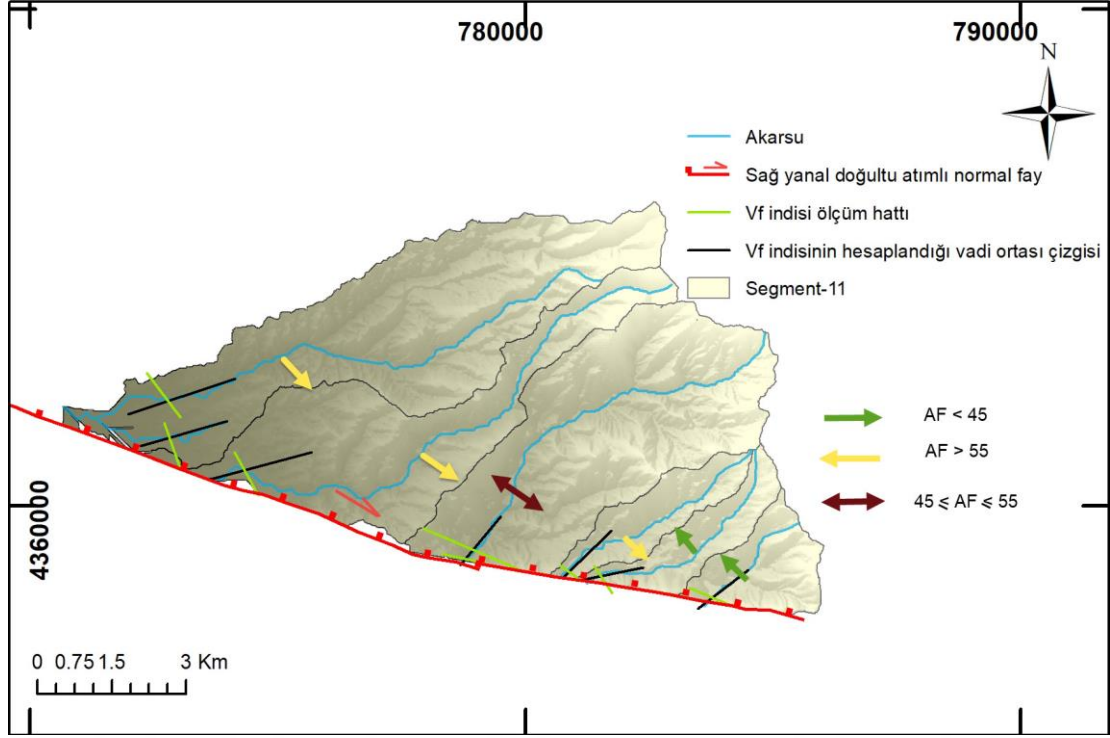
Şekil 4.28. Segment-11'e bağlı gelişen drenaj havzalarının hipsometrik eğrileri

Segment-10'a ait drenaj havzaları çoğunlukla kuzey batıya doğru eğimlidir (Şekil 4.29). S-10 kontrolünde gelişen drenaj havzalarının ortalama V_f değeri 0.9 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.9). Çoğunluğu havzayı derinlemesine aşındıran, genç ve V-şekilli havzalardır.



Şekil 4.29. Segment-10'a ait drenaj havzalarının AF değerlerine göre eğimlenme yönlerini ve V_f indisinin hesaplandığı lokasyonları gösteren harita.

Segment-11'e ait drenaj havzaları çoğunlukla güneydoğuya doğru eğimlenme göstermektedir (Şekil 4.30). Segment-11 kontrolünde gelişen drenaj havzalarının ortalama V_f değeri ise 2.82 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.8).



Şekil 4.30. Segment-11'e ait drenaj havzalarının AF değerlerine göre eğimlenme yönlerini ve V_f indisinin hesaplandığı lokasyonları gösteren harita.

Çizelge 4.8. Segment-10 ve Segment-11' e ait drenaj havzalarının *AF*, *AF-50*, *VF*, *HI* ve *Ort SL* analizlerinin sonuçları çizelgesi

Havza No	Havza Alanı (km ²)	<i>AF</i>	<i>AF-50</i>	<i>VF</i>	<i>HI</i>	<i>Ort. SL</i>
S10-1	19,46	47.92	2.08	0.2	0.45	189.59
S10-2	0,67	36.33	13.67	0.1	0.58	-
S10-3	1,21	61.85	11.85	4.08	0.44	-
S10-4	0,68	74.28	24.28	0.6	0.56	-
S10-5	1,94	43.13	6.87	0.47	0.53	205.62
S10-6	0,70	67.92	17.92	0.72	0.35	-
S10-7	1,39	78.66	28.66	0.54	0.42	45.51
S10-8	1,48	22.38	27.62	0.48	0.54	45.51
S10-9	0,88	51.99	1.99	1	0.34	-
S10-10	0,37	56.77	6.77	3.8	0.44	45.51
S10-11	2,75	60.51	10.51	0.42	0.39	113.7
S10-12	0,95	50.75	0.75	0.27	0.52	90.04
S10-13	1,5	35.31	14.69	0.44	0.59	111
S10-14	0,75	51.36	1.36	0.28	0.61	-
S10-15	0,89	68.28	18.28	0.89	0.56	-
S11-1	23,62	61.18	11.18	5.41	0.33	126.29
S11-2	15,60	62.69	12.69	8.78	0.3	140.47
S11-3	20,94	54.97	4.97	1.66	0.39	87.04
S11-4	3,75	57.83	7.83	0.31	0.36	59.39
S11-5	3,62	44.8	5.2	0.43	0.27	37.25
S11-6	3,90	36.01	13.99	0.36	0.39	21.26

Çizelge 4.9. Segment-10 ve Segment-11'e ait ortalama *HI* ve ortalama *SL* değerleri çizelgesi.

Segment No	<i>Ort HI</i>	<i>Ort Vf</i>	<i>Ort SL</i>
S-10	0.48	0.9	105.8
S-11	0.34	2.82	78.61

4.8. Göreceli Tektonik Aktivite İndeksi (IAT)

IAT indeksinde kullanılan jeomorfik indislerin IAT sınıfları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çalışma alanında bulunan drenaj havzaları, her bir jeomorfik indis için puanlandırılmıştır. Ardından IAT puanlarının ortalaması alınarak IAT değeri (*s/n*) belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.10. Göreceli tektonik etkinlik değerlendirmesi IAT (El Hamdouni, 2008)

<i>İndisler</i>	<i>Sınıf 1 (1)</i>	<i>Sınıf 2 (2)</i>	<i>Sınıf 3 (3)</i>
<i>Smf</i>	$Smf < 1.1$	$1.1 \leq Smf \leq 1.5$	$Smf > 1.5$
<i>Vf</i>	$Vf < 0.3$	$0.3 < Vf < 1$	$Vf > 1$
<i>AF</i>	$AF < 35,$ $AF > 65$	$57 \leq AF \leq 65,$ $35 \leq AF \leq 43$	$43 < AF < 57$
<i>HI</i>	$HI > 0.5$	$0.4 < HI < 0.5$	$HI < 0.4$
<i>SL</i>	$SL \geq 230$	$230 > SL > 75$	$SL \leq 75$

Çizelge 4.11. Çalışma alanında bulunan drenaj havzalarının IAT değerleri.

Havza No	<i>Smf</i>	<i>AF</i>	<i>VF</i>	<i>HI</i>	<i>Ort. SL</i>	<i>s/n</i>
S1-1	1	2	1	3	2	1.8
S1-2	1	2	1	1	2	1.4
S1-3	1	3	1	1	2	1.6
S1-4	1	1	2	1	2	1.4
S1-5	1	3	2	3	2	2.2
S1-6	1	3	1	2	1	1.6
S1-7	1	1	1	2	2	1.4
S1-8	1	1	1	2	-	1.25
S2-1	1	1	2	2	2	1.6
S3-1	1	3	2	1	2	1.8
S3-2	1	2	1	3	3	2
S3-3	1	1	2	3	2	1.8
S3-4	1	1	3	2	3	2
S3-5	1	1	1	3	3	1.8
S3-6	1	2	1	3	2	1.8

S3-7	1	3	2	2	2	2
S3-8	1	3	2	2	2	2
S3-9	1	1	1	2	3	1.6
S3-10	1	3	2	2	-	2
S4-1	2	2	2	3	3	2.4
S4-2	2	3	2	2	3	2.4
S5-1	3	1	2	1	3	2
S5-2	3	3	2	1	3	2.4
S5-3	3	3	3	1	2	2.4
S5-4	3	3	1	2	3	2.4
S5-5	3	1	2	2	3	2.2
S5-6	3	1	3	1	3	2.2
S5-7	3	3	3	3	3	3
S5-8	3	2	1	3	3	2.4
S6-1	2	1	3	3	3	2.4
S6-2	2	1	3	3	3	2.4
S7-1	3	1	3	2	3	2.4
S7-2	3	1	3	3	3	2.6
S7-3	3	1	3	1	3	2.2
S7-4	3	1	2	3	3	2.4
S7-5	3	3	3	2	3	2.8
S7-6	3	1	3	3	3	2.6
S7-7	3	3	3	3	3	3
S7-8	3	2	3	3	3	2.8
S8-1	3	2	3	3	3	2.8
S8-2	3	1	3	2	3	2.4
S8-3	3	1	2	2	3	2.2
S8-4	3	2	2	3	3	2.6
S8-5	3	1	3	3	3	2.6
S8-6	3	1	3	2	3	2.4
S9-1	3	1	3	2	3	2.4
S9-2	3	3	2	2	3	2.6
S9-3	3	2	3	1	3	2.4
S9-4	3	2	3	2	3	2.6
S9-5	3	1	2	2	3	2.2
S9-6	3	3	3	2	3	2.8
S9-7	3	3	3	3	3	3
S9-8	3	2	3	2	3	2.6
S9-9	3	1	3	2	3	2.4
S9-10	3	1	2	3	3	2.4
S9-11	3	1	2	3	3	2.4
S9-12	3	1	2	2	3	2.2
S9-13	3	1	2	2	3	2.2
S9-14	3	2	2	3	3	2.6

Çizelge 4.12. IAT değerine göre tektonik aktivite derecesini gösterir çizelge.

<i>s/n</i>	<i>sınıf</i>	Göreceli Tektonik Aktivite Derecesi
1-1.5	1	Çok yüksek tektonik aktivite
1.5-2	2	Yüksek tektonik aktivite
2-2.5	3	Orta derecede tektonik aktivite
>2.5	4	Düşük tektonik aktivite

Elde edilen IAT değeri sonuçları El Hamdouni, (2008) Göreceli tektonik aktivite indeksi sonuçlarına göre S1'in kontrolünde bulunan S1-2, S1-4, S1-7 ve S1-8 sırasıyla 1.4, 1.4, 1.4, 1.25 değerlerine sahiptir ve bu havzalar çok yüksek tektonik aktivite sınıfında yer almaktadırlar. S1-1 (1.8), S1-3 (1.6), S2-1 (1.8), S3-1 (1.8), S3-2 (2), S3-4 (1.8), S3-4 (2), S3-5 (1.8), S3-6 (1.8), S3-7 (2), S3-8 (2), S3-9 (1.6), S3-10 (2), S5-1 (2), havzaları, yüksek tektonik aktivite sınıfı içerisinde yer almaktadır Çizelge (4.12).

5. TARTIŞMA

Fay segmentlerine bağlı gelişen havzalarda hesaplanan dağ önü sinüslüğü analizi sonuçlarına göre S1 (1.06), S2 (1.07), S3 (1.22), S4 (1.15) S6 (1.07) segmentleri 1.4'ten küçük *Smf* değerlerine sahip olmaları sebebiyle çizgisel gidişli aktif dağ önünü karakterize ederken, S5 (1.70), S7 (1.55), S8 (1.92), S9 (1.74) segmentleri ise tektonik olarak aktif olmayan dağ önünü göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Batı Anadolu'da Spildağı (*Smf*: 1.11-1.14) (Özkaymak ve Sözbilir, 2012), Honaz Fayı (*Smf*: 1.14) (Ç. Özkaymak, 2014), Çameli Havzası (*Smf*: 1.35-2.39) (Özsayın, 2016), ve Orta Anadolu'da Tuz Gölü Fayı (*Smf*: 1.5-2.3) (Yıldırım, 2014) diğer çalışmalar ile karşılaştırılmış ve sonuçların daha düşük *Smf* değerlerinin elde edildiği Batı Anadolu'da yapılan benzer çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Fay segmentleri üzerinde gelişen üçgen yüzey yüzdesi (*Lf/Ls*) ve üçgen yüzey eğiminin yüzey yüksekliğine oranı dikkate alındığında, çalışma alanında toplam 39 üçgen yüzey tespit edilmiştir. Bunlardan 22 tanesi KFZ üzerinde, 12 tanesi KF üzerinde, 3 adet PF ve 2 adette AF üzerinde yer almaktadır. KFZ üzerinde çok sayıda üçgen yüzeylerin geliştiği ancak diğer fay segmentlerinde gelişemediği görülmektedir. Bunun sebeplerinden birinin KFZ'na ait fay segmentlerinin düşey atımının diğer fay segmentlerinden daha yüksek olması ve KFZ'na ait S1, S2, S3 segmentlerin kontrolündeki havzaların, dayanımı yüksek metamorfik kayalardan meydana gelmesi olmalıdır. KFZ üzerinde bulunan üçgen yüzeyler daha belirgindir ve yüzeylerin eğim açıları daha fazladır. KF, PF, AF segmentleri üzerinde tavan ve taban blok arasında rölyefin düşüktür. Ayrıca bu segmentlerde yer alan havzaların aşınmaya karşı dayanımı daha düşük olan Miyosen gölsel çökellerinden oluşmaktadır. Bu nedenlerle ilgili dağ önlerinde üçgen yüzeyler iyi gelişmemiş ya da korunamamıştır. Buna bağlı olarak bazı segmentler üzerinde üçgen yüzey tespit edilememiş ya da tespit edilen üçgen yüzeylerin eğim açıları çok düşük bulunmuştur. *Lf/Ls* değerlerinin 100 e yakın olması dağ önü boyunca gelişen üçgen yüzey sayısının fazla olduğunu gösterir. Çok sayıda ve iyi gelişen üçgen yüzeyleri de bölgenin tektonik aktifliğine işaret eden unsurlardan biridir. Dağ önleri boyunca gelişen üçgen yüzeylerin genişliği drenaj havzalarının şekli ile ilişkilidir (Burbank ve Anderson, 2001). Örneğin S3 kontrolünde gelişen drenaj havzaları dar ve uzun-ince bir morfolofiyeye sahiptir, S1'e bağlı gelişen

drenaj havzaları ise S3'e göre nistpeden daha geniştir. Drenaj morfolojisi ve üçgen yüzeyin üzerinde geliştiği kaya birimi ile ilişkili olarak geniş havzaların yayıldığı yerlerde enine daha geniş üçgen ya da trapezoidal yüzeyler oluşmuştur. KFZ üzerinde gelişen üçgen yüzeyler incelendiğinde Lf/Ls değeri % 0-% 94 arasında değişmektedir.

Üçgen yüzey yüzdelerinin segmentlere göre dağılımı % 19- %94 arasında değişmektedir. Çoğunluğunun, KFZ üzerinde geliştiği üçgen yüzeylerin yüzdeleri S1 (% 70), S2 (% 94), S3 (% 65) elde edilmiştir. Bu değerler yapılan benzer çalışmalardan Manisa Havzası'nda (Özkaymak, 2012) % 85-% 96 arasındadır.

Hesaplanan HI değerlerine göre S1 (0.48), S2 (0.46), S3 (0.41), S5 (0.47), S8 (0.41), S10 (0.48) segmentlerine bağlı gelişen havzaların HI değerleri 0.4'ten büyüktür. Çoğunlukla S- şekilli ve az sayıda dış bükey havzalardan oluşmaktadır. Bu segmentler arasında maksimum HI değeri S1-2 ve S1-3 havzalarında sırasıyla 0.58, 0.57 olarak tespit edilmiştir. Kütahya Grabeni'ni sınırlandıran faylara bağlı gelişen havzalarda GB ve KB' daki havzaların daha genç ve az aşınmış olduğu, havzanın doğusundan batısına doğru ortalama yüksekliğin arttığı söylenebilir. Elde edilen HI değerleri Honaz Fayı (HI: 0.61-0.73) (Özkaymak, 2014), Spildağı (HI>0.61) (Özkaymak ve Sözbilir, 2012) çalışmalarındaki en yüksek dış bükey havzalara nazaran daha düşük değerler elde edilmiştir.

Hesaplanan vadi tabanı genişliğinin-vadi tabanı yüksekliğine oranı (V_f) sonuçlarına göre, segmentlere bağlı ortalama V_f değeri 0.34 ile 2.07 arasında değişmektedir. Batı Anadolu'da yapılan benzer çalışmalardan Çameli Havzası (V_f : 0.13-0.37) (Özsayın, 2016), Honaz Fayı (V_f : 0.024-0.169) (Özkaymak, 2014), Orta Anadolu'da Tuz Gölü Fayı (V_f : 0.4-1.9) (Yıldırım, 2014) değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Çameli Havzası'nda ve Honaz Fayı'na bağlı gelişen fayların kontrolünde bulunan drenajların V-şekilli vadiler oluşturduğu, Orta Anadolu'da Tuz Gölü Fayı'na bağlı gelişen drenajların ise Batı Anadolu'dakilere kıyasla daha geniş ve drenaj havzaları üzerinde erozyona bağlı aşındırmanın tektonik yükselmeye göre daha baskın olduğu U-şekilli vadilerden meydana geldiği anlaşılmaktadır.

Çalışma alanında bulunan drenaj havza asimetrisi sonuçlara göre havzalar çoğunlukla asimetriktir. Eğimlenme yönleri S1(GD), S2 (KB), S3 (KB), S4 (simetrik), S5 (D), S6 (B), S7 (KB), S8 (D), S9 (KB), S10 (KB), S11 (GD)'dur. Bu sonuçlara göre KFZ, PF,

AFve KF'nın orta bölümünün düşey atımının kenar kesimlere göre atımının daha yüksek olduğu ve bu nedenle havzaların orta bölüme doğru tiltlendiği anlaşılmaktadır.

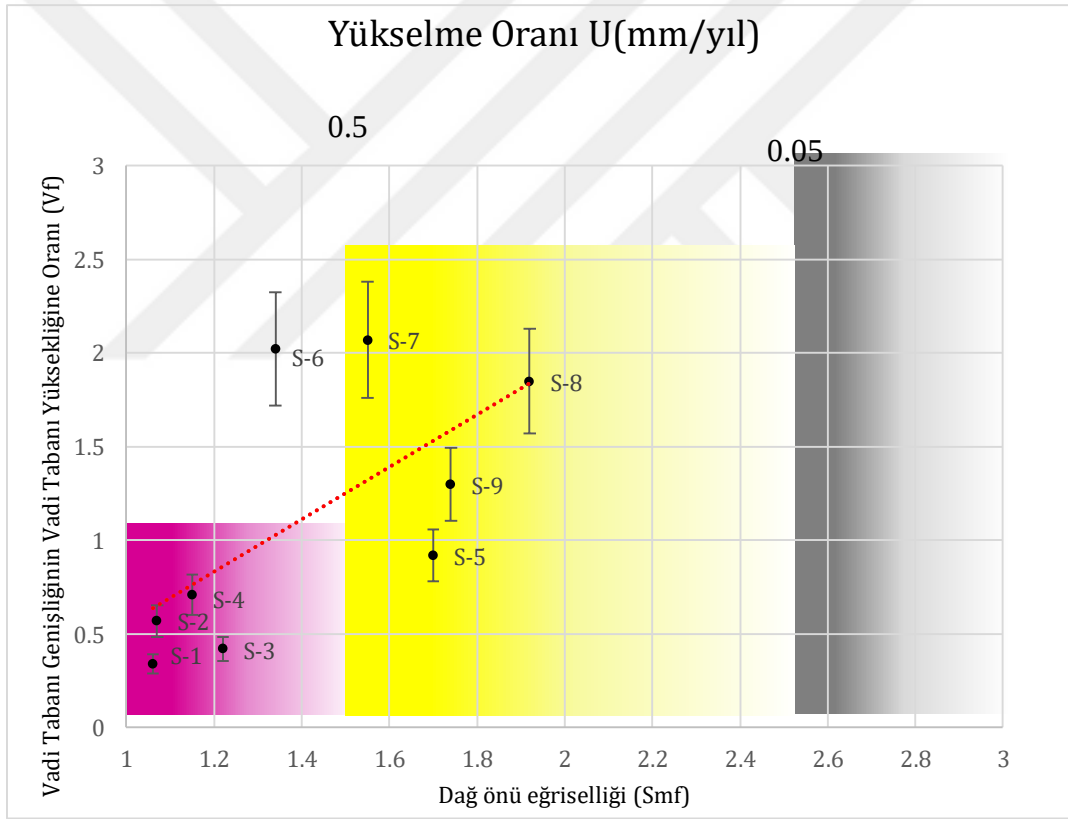
SL ve kaya birimlerinin sertlik haritası incelendiğinde SL değerlerinin KFZ'nu oluşturan S1 üzerinde fayların olduğu yerlerde yükseldiği ve fayın basamaklı geometrisini ortaya koyduğu görülmektedir. Bununla birlikte özellikle KFZ'nun düşen bloğunu oluşturan dayanımı düşük kayalardan, yükselen bloğunu oluşturan sert-çok sert kayalara geçiş sınırlarında SL değerlerindeki yükselme göze çarpmaktadır. Segment -10 üzerinde gelişen SL değerlerinin aniden yükselmesi Segment-10'u kontrol eden fayın varlığını ortaya koymaktadır.

Rockwell, (1984)' a göre morfometrik analizler bölgenin yükselme hızına dair bilgiler vermektedir. Yükselme hızını belirlemek amacıyla Vf değeri ile Smf değerlerinin birlikte korele edilir ve elde edilen değerler üç sınıfa ayrılmaktadır. Sınıf 1 tektonik olarak aktif ve yükselme hızı yıllık 0.5 mm'den büyük, Sınıf 2 orta derecede aktif ve yıllık yükselme hızı 0.5 ile 0.05 mm arasında, Sınıf 3 tektonik olarak aktif olmayan ve yükselme hızı yıllık 0.005 mm'den dağ önlerini ifade etmektedir.

Bu doğrultuda yapılan değerlendirme sonucunda segmentlerin yıllık ortalama yükselme miktarı (U) tespit edilmiş ve Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Buna göre grabenin batı kesimini oluşturan fayların, doğu kesimine oranla daha aktif olduğu ve S1, S2, S3, S4 segmentlerinin yıllık yükselme miktarının 0.5 mm/yıl 'dan daha fazla olduğu izlenmektedir. Bununla beraber S5, S7, S8, S9 segmentlerinde ise bu oran 0.05-0.5 mm/yıl arasındadır.

Çizelge 5.1. Segmentlere bağlı ortalama V_f – Smf sonuçlarını gösterir tablo

Fay	Segment No	Ort. V_f	Smf
KFZ	S1	0.34	1.06
	S2	0.57	1.07
	S3	0.42	1.22
	S4	0.71	1.15
PF	S5	0.92	1.7
	S6	2.02	1.34
AF	S7	2.07	1.55
KF	S8	1.85	1.92
	S9	1.3	1.74



Şekil 5.1. Ortalama V_f ve Smf değerlerine göre yıllık ortalama yükselme miktarının grafiği (Rockwell, 1984)

Hesaplanan IAT indeks sonuçlarına göre KFZ üzerinde bulunan S1' e bağlı S1-2, S1-4, S1-7, S1-8 numaralı havzalar çok yüksek tektonik aktiviteye, S1, S2, S3 segmentlerinin kontrolünde gelişen havzalar yüksek tektonik aktiviteye sahiptir .

Kütahya Grabeni'ni sınırlayan faylar arasında en yüksek tektonik etkinliğin S1, S2 ve S3 segmentlerinde olduğu anlaşılmaktadır. *IAT* indeksi sonucunda çok yüksek tektonik aktivite sınıfında yer alan S1 ve yüksek tektonik aktivite sınıfında yer alan S2, ve S3'ün deprem üretme potansiyeli yüksek olan segmentler olduğu düşünülmektedir.



6. SONUÇLAR VE YORUM

KFZ, KF, PF, AF fayları boyunca Dağ Önü Sinüslüğü, üçgen yüzey yüzdesi, üçgen yüzey eğiminin yüzey-yüksekliğine oranı, drenaj havza asimetrisi, vadi tabanı genişliğinin -vadi tabanı yüksekliğine oranı, hipsometrik integral, hipsometrik eğri ve akarsu uzunluk eğim indisi gibi jeomorfik indisler kullanılarak morfometrik hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar segmentler arasında korele edilerek segmentlerin Kuvaterner'deki etkinlikleri değerlendirilmiştir.

Dağ Önü Sinüslüğü analizi sonuçlarına göre KFZ'nun tüm segmentlerinden elde edilen Smf değerlerinin 1.4'ten düşük olması KFZ'nun tektonik olarak aktif olduğunu göstermektedir. Özellikle batıdaki S1 (1.06) ve S2 (1.07) segmentlerinin diğer segmentlere göre daha düşük değerlere sahip olması bu segmentlerin diğer segmentlere nazaran daha aktif olduğunu göstermektedir.

KF'nı kesen dereler fayın kuzeyinden güneye doğru akmaktadır. KF oluşturduğu atımın olasılıkla düşük olması sebebiyle vadiler derin değildir ve alüvyal yelpazeler görece olarak daha küçüktür.

Fay segmentleri üzerinde gelişen üçgen yüzey yüzdesi (L_f/L_s) ve üçgen yüzey eğiminin yüzey yüksekliğine oranı analiz sonuçlarına göre, KFZ dağ önü boyunca ölçülen L_f/L_s S1 (% 70), S2 (% 94) ve S3 (% 65) segmentlerinin tektonik olarak aktif dağ önlerine sahip olduklarını göstermektedir. S4 ve S6 üzerinde üçgen yüzeylere rastlanmamış ve diğer segmentlere bağlı gelişen üçgen yüzeyler üzerinden düşük L_f/L_s değerleri elde edilmiştir. Çalışma alanındaki tüm fay segmentleri üzerinde ölçülen üçgen yüzeylerin eğimi 4.5° ile 24.89° arasında değişmektedir. En yüksek eğim değerine sahip üçgen yüzeyler S1 üzerinde gelişen 11 ve 12 numaralı üçgen yüzeyleridir. Bu yüzeylerin eğim açıları sırasıyla 24.89° , 24.74° 'dir. Kütahya Grabeni'ndeki tüm fay segmentlerine bağlı gelişen 80 alt havza için drenaj havza asimetrisi, hipsometrik integral ve hipsometrik eğri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Graben'in batı segmentleri genel olarak doğu ve güneydoğuya doğru eğimlenirken, doğu kesimleri ise batı ve kuzeybatıya doğru eğimlenmektedir.

Kütahya havzasında 80 alt havzanın HI ve HE sonuçlarına göre Kütahya Grabeni'nin batı kenarındaki fay segmentlerine bağlı gelişen havzalar, doğu kenarında gelişen havzalara göre daha genç ve az aşınmıştır. VF analizleri sonucunda özellikle S1, S2,

S3, segmentlerinin 0'a yakın olması yükselen bloktan su akış yönüne doğru akan derelerin vadi boyuca derine kazıyarak V-şekilli vadiler oluşturduğunu ve yükselimin hızlı olduğunu göstermektedir.

Elde edilen *SL* değerlerine göre KFZ üzerinde *SL* değerlerinin değişmesi fay zonunun basamaklı yapısını doğrulamaktadır. Ayrıca S10 fay segmenti üzerinde *SL* değerlerindeki ani yükselmesi ve düşmesi fay varlığını ortaya koymaktadır.

Elde edilen *IAT* sonuçlarına göre S1'in kontrolünde gelişen havzalar çok yüksek tektonik aktiviteye, S2, S3 ve segmentleri kontrolünde gelişen havzalar yüksek tektonik aktiviteye sahip havzalardan oluşmaktadır.

Segmentlerden elde edilen *Smf* ve *Vf* değerlerine göre segmentlerin aktifliği ve yıllık ortalama yükselme miktarı tespit edilmiştir. Sonuçlara göre S1, S2, S3, S4 ve segmentleri Sınıf 1 içerisinde yer almaktadırlar. Yani tektonik olarak aktif ve yıllık yükselme miktarı 0.5mm'den fazladır. S5, S7, S8, S9 segmentleri Sınıf 2 içerisinde yer alır tektonik olarak orta derecede aktif ve yıllık yükselme miktarı 0.5 -0.05mm arasındadır. Kütahya Grabeni genelinde yükselme miktarının doğudan batıya doğru gidildikçe arttığı tespit edilmiştir. S-10'un kontrolünde bulunan havzaların nispeten yüksek *HI* değerlerine sahip olması, belirgin dış bükey (5 tane) ve S-şekilli havzalardan oluşması, çoğunlukla KB yönüne eğimlenen asimetric havzalardan oluşması ve ortalama *Vf* değerinin 1'den küçük olması sebebiyle. Türkiye Diri fay haritasında Kuvaterner fayı olarak belirtilen S10'un aktif bir fay olduğu düşünülmektedir.

KFZ üzerinde meydana gelen en son depremler 1969 yılında 4.4, 1970 yılında 4.2 ve 4.3 büyüklüğünde olmuş ve bu tarihten günümüze kadar başka bir deprem kaydı bulunmamaktadır. Genel bir değerlendirme ile Kütahya bölgesi sismik aktif ve deprem üretme potansiyeli yüksek olan bir kuşak içerisinde yer almaktadır. KFZ tektonik olarak aktif bir fay zonudur ve bu fay zonu üzerinde yaklaşık 50 yıldır bir sismik aktivite gözlenmemiştir. KFZ, biriken sismik enerjisinin ilerleyen tarihlerde deprem tekrarlanma periyotları içerisinde yeniden aktifleşebilir ya da içerisinde bulunduğu aktif sismik kuşağın etkisi ile çevresinde gerçekleşebilecek bir depremle etkilenerek

deprem üretebilir. Şehirleşmenin giderek hızla arttığı Kütahya ilinde, KFZ'nun S1, S2, S3 ve S10, segmentleri üzerinden deprem üretme potansiyeli yüksektir

.



7. REFERANSLAR

- Akbulut, A., Aygün, A., DüNDAR, A., Emet Yöresi Bor Tuzu Sahalarının Jeolojisi ve Çökel Ortamları. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, (1985)
- Akdeniz, N., Konak, N., Simav- Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:6547 (yayınlanmamış)., (1979)
- Akgün, E., Özden, S., Plio-Quaternary stress states along the Kütahya Fault and surroundings, NW Turkey. Turkish Journal of Earth Science, (2019) DOI: 10.3906/yer
- Akyol, Z., Tavşanlı- Dudaş Civarının Barit Zuhurları Hakkında Düşünceler. Maden Teknik Arama Enstitüsü, Ankara, (1954)
- Alan, İ., Elibol, H., Balcı, V., Böke, N., Arman, S., Soyakıl, M., Demirbağ, H., 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Eskişehir J-24 Paftası No:251, Jeoloji Etütleri Dairesi MTA (2018)
- Altınok, S., Kütahya Fay Zonu ' nun Kuvaterner Aktivitesi (2010)
- Ambraseys, N.N., Jackson, J.A., Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. Geophysical Journal International, 133 (1998) 390
- Ambraseys, N.N., Tchalenko, J.S., Seismotectonic Aspects of the Gediz, Turkey, Earthquake of March 1970. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 30 (1972) 229
- Aydar, E., Bayhan, H., Gourgaud, A., Koroglu caldera, mid-west Anatolia, Turkey: Volcanological and magmatological evolution. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85 (1998) 83
- Baş, H., Domaniç-Tavşanlı-Kütahya- Gediz Yöresinin Tersiyer Jeolojisi. Geological Engineering, 17 (1986)

- Bozkurt, E., Origin of NE-trending basins in western Turkey. *Geodinamica Acta*, 16 (2003) 61
- Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey – a synthesis Neotectonics of Turkey- a synthesis. *Geodinamica Acta*, 3111 (2001) 3
- Bull, W.B., Tectonically Active Landscapes, içinde: Tectonically Active Landscapes (2009)
- Bull, W.B., Tectonic Geomorphology of Mountains: A New Approach to Paleoseismology (2007)
- Bull, W.B., Tectonic geomorphology of the Mojave Desert, California. U.S. Geological Survey Contract Report 14-0-001-G-394. Office of Earthquakes, Volcanoes, ve Engineering, Menlo Park, California, (1977) 188
- Bull, W.B., L.D., M., Tectonic geomorphology north ve south of the Garlock fault, California. In Doehering, D.O. (Ed.), *Geomorphology in Arid Regions.*, Proceedings at the Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, NY (1977)
- Burbank, D.W., Anderson, R.S., Burbank, D.W., Anderson, R.S., Tectonic Geomorphology (2001)
- Çimen, O., Göncüoğlu, M.C., Sayit, K., Geochemistry of the metavolcanic rocks from the Çangaldağ complex in the central pontides: Implications for the middle jurassic arc-back-arc system in the neotethyan intra-pontide ocean. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 25 (2016) 491
- Dirik, K., Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the central anatolian fault zone, central anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, 14 (2001) 147
- Dirik, K., Erol, O., Tuzgölü ve Civarının Tektonomorfolojik Evrimi Orta Anadolu - Türkiye. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma(WORKSHOP) (9-11 Ekim 2000), (2003) 27
- Dirik, K., Göncüoğlu, M.C., Neotectonic characteristics of central anatolia. *International Geology Review*, 38 (1996) 807
- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J., Keller, E.A., Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain).

Geomorphology, 96 (2008) 150

Elibol, H., Balcı, V., Alan, İ., Demirbağ, H., Arman, S., 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Kütahya J-23 Paftası No:250, Jeoloji Etütleri Dairesi MTA (2018)

Emre, Ö., Duman, T., Özalp, S., 1/250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi Kütahya (NJ 35-4) Paftası, Seri No:15. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, (2011a) 250

Emre, Ö., Duman, T., Özalp, S., 1/250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi Eskişehir(NJ 36-1) Paftası, Seri No:15. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, (2011b) 250

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T., Active fault database of Turkey. Bulletin of Earthquake Engineering, 16 (2018) 3229

Giaconia, F., Booth-Rea, G., Martínez-Martínez, J.M., Azañón, J.M., Pérez-Peña, J. V., Geomorphic analysis of the Sierra Cabrera, an active pop-up in the constrictional domain of conjugate strike-slip faults: The Palomares and Polopos fault zones (eastern Betics, SE Spain). Tectonophysics, 580 (2012) 27

Gök, S., Çakır, A., Dündar, A., Kırka civarında boratlı Neojen'in stratigrafisi petrografisi ve tektoniği: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 2, 53-62., (1980)

Göncüoğlu, M.C., Kütahya Bolkardağ Kuşağının Jeolojisi (2011) 227

Göncüoğlu, M.C., Introduction to the geology of Turkey: Geodynamic evolution of the Pre-Alpine and Alpine terranes. MTA Monography Series, 5 (2010) 1

Göncüoğlu, M.C., Dirik, K., Kozlu, H., Pre-Alpine and Alpine Terranes in Turkey: explanatory notes to the terrane map of Turkey (1997) 515

Göncüoğlu, M.C., Yaliniz, M.K., Turhan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K., Özcan, A., A Geotraverse Across Northwestern Turkey: Tectonic Units of the Central Sakarya Region and their Tectonic Evolution. Geological Society, London, Special Publications, 173 (2000) 139

Günay, E., Şaroğlu, F., Çağlayan, A., Murat Dağı-Gediz Dolaylarının Jeolojisi. MTA dergisi Rapor No:8046 (yayımlanmamış), (1986)

Gürboğa, Ş., Neo- and Seismo-Tectonic Characteristics of the Yenigediz (Kütahya) Area (2011)

- Hack, J.T., Stream-profile analysis and stream-gradient index. Journal of Research of the US Geological Survey, (1973) 421
- Helvacı, C., Bor Yataklarını İçeren Neojen Havzalarının Jeolojik Özellikleri: Yatakların Genel Değerlendirmesi Ve Gelecek Öngörüsü. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 0 (2015) 173
- Helvacı, C., Yagmurlu, F., İnci, U., Yılmaz, H., Bati anadolu ' nun neojen stratigrafisi ve ekonomik potansiyeli (1987)
- Kalafatçıoğlu, A., Balıkesir Kütahya Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. Maden Teknik Arama Enstitüsü, Ankara, (1964)
- Kaya, O., Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri. Türkiye Jeoloji Bülteni c.15, (1972)
- Keller, E.A., Pinter, N., Active Tectonics Earthquake, Uplift and Landscaape (2002)
- Ketin, İ., Anadolu'nun tektonik birlikleri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 66 (1966)
- Kocyiğit, A., Suşehri basin: an active fault-wedge basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 167 (1989) 13
- Koçyiğit, A., Güneybatı Türkiye ve Yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. Türkiye Jeoloji Bülteni, 27, (1984) 1
- Koçyiğit, A., Bozkurt, E., Kütahya- Tavşanlı Çöküntü Alanının Neotektonik Özellikleri (1997)
- Koçyiğit, A., Özacar, A.A., 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 (2003) 67
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Prilepin, M., Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern (2000)
- McKenzie, D., Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding region. Leonardo Journal, 22 (1976) 289

- McKenzie, D., Active Tectonics of the Mediterranean Region. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 30 (1972) 109
- Okay, A.I., Tavşanlı Zonu: Anatolid- Torid Bloku'nun Dalma-Batmaya Uğramış Kuzey Ucu. *MTA Dergisi*, (2011) 195
- Okay, A.I., Distribution and characteristics of the north-west Turkish blueschists (1984a) 455
- Okay, A.I., Kuzeybatı Anadolu'da Yer Alan Metamorfik Kuşaklar (1984b)
- Okay, A.I., Kuzeybatı Anadolu 'daki Ofiyolitlerin Jeolojisi ve Mavişist Metamorfizması (Tavşanlı - Kütahya). *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24 (1981) 85
- Okay, A.I., Tüysüz, O., Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 156 (1999a) 475
- Okay, A.I., Tüysüz, O., Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 156 (1999b) 475
- Özburan, M., Kütahya Çevresinin Neotektonik İncelenmesi. *Kocaeli üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2009)
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Özer, S., Sümengen, M., Tekeli, O., Kuzey Anadolu Fayı- Kırşehir Masifi arasının temel jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:6722, Ankara(yayınlanmamış)*, (1980)
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Kütahya-Çifteler-Bayat-İhsaniye yöresinin temel jeolojisi (1989)
- Özkaymak, Ç., Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) using geomorphic indices and the regional implications. *Geodinamica Acta*, 27 (2014) 109
- Özkaymak, Ç., Manisa havzası'nın aktif tektoniği ve depremselliği , Batı Anadolu, *Türkiye* (2012)
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Tectonic geomorphology of the Spildaği High Ranges, Western Anatolia. *Geomorphology*, 173–174 (2012) 128
- Özsayın, E., ÇİNER, T.A., Rojay, F.B., Dirik, R.K., Melnick, D., Fernández-Blanco, D., Bertotti, G., Schildgen, T.F., Garcin, Y., Strecker, M.R., Sudo, M., Plio-Quaternary extensional tectonics of the Central Anatolian Plateau: A case study from the Tuz Gölü Basin, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22 (2013) 691

- Özsayın, E., Dirik, K., Quaternary activity of the Cihanbeyli and Yeniceoba fault zones: İnönü-Eskişehir fault system, Central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16 (2007) 471
- Özsayın, E., Relative tectonic activity assessment of the Çameli Basin, Western Anatolia, using geomorphic indices. *Geodinamica Acta*, 28 (2016) 241
- Özsayın, E., Dirik, K., The role of oroclinal bending in the structural evolution of the Central Anatolian Plateau: Evidence of a regional changeover from shortening to extension. *Geologica Carpathica*, 62 (2011) 345
- Pérez-Peña, J.V., Azor, A., Azañón, J.M., Keller, E.A., Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis. *Geomorphology*, 119 (2010) 74
- Pérez-Peña, J. V., Azañón, J.M., Booth-Rea, G., Azor, A., Delgado, J., Differentiating geology and tectonics using a spatial autocorrelation technique for the hypsometric integral. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 114 (2009) 1
- Petit, C., Meyer, B., Gunnell, Y., Jolivet, M., San’Kov, V., Strak, V., Gonga-Saholiariliva, N., Height of faceted spurs, a proxy for determining long-term throw rates on normal faults: Evidence from the North Baikal Rift System, Siberia. *Tectonics*, 28 (2009) 1
- Ramírez-Herrera, M.T., Geomorphic assessment of active tectonics in the acambay graben, Mexican volcanic belt. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23 (1998) 317
- Ramírez-Herrera, Teresa, M., Geomorphic assessment of active tectonics in the acambay graben, Mexican volcanic belt. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23 (1998) 317
- Rockwell, T.K., Keller, E.A., Johnson, D.L., Tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts near Ventura, California. In: Morisawa, M. (Ed.), içinde: *Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Geomorphology Symposium*. Allen and Unwin Publishers, Boston, MA,. s. 183–207. (1984) 183
- Sağlam Selçuk, A., Düzgün, M., Başkale Fay Zonu’nun Tektonik Jeomorfolojisi. *MTA Dergisi*, (2017) 1
- Sarıfakıoğlu, E., 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Eskişehir İ-23 Paftası

No:157, Jeoloji Etütleri Dairesi MTA (2011)

Şengör, A.M.C., Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey. Geological Society, London, Special Publications, 28 (1987) 575

Şengör, A.M.C., Mid-Mesozoic-closure Permo-Triassic Tethys and its implications. Macmillan Journals, (1979)

Şengör, Yılmaz,. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tectonophysics, 75 (1981)

Shelby, M., A rock strength classification for geomorphic purposes: with tests from Antarctica and New Zealand. Z. Geomorphol. 24, (1980) 31

Strahler A.N., Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Ven Te Chow (Ed.),. International Association of Scientific Hydrology.Bulletin, 10:1, 82–83, DOI: 10.1080/02626666509493376., (1964)

Tan, O., Tapirdamaz, M.C., Yörük, A., The earthquake catalogues for Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 17 (2008) 405

Wells, S.G., Bullard, T.F., Menges, C.M., Drake, P.G., Karas, P.A., Kelson, K.I., Ritter, J.B., Wesling, J.R., Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary pacific coast of Costa Rica. Geomorphology, 1 (1988) 239

Yalçın, H., Kırka (Eskişehir) Yöresi Volkanosedimanter Oluşumlarının Mineralojik - Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi. HÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü (1988)

Yılmaz, Y., Altunkaynak, Ş., Bozcu, M., Elmas, A., Gürer, F., Yılmaz, K., Genç, Ş.C., Karacık, Z., When Did the Western Anatolian Grabens Begin to Develop?, Geological Society, London, Special Publications (2008)

Yıldırım, C., Relative tectonic activity assessment of the Tuz Gölü Fault Zone Central Anatolia, Turkey. Tectonophysics, 630 (2014) 183

Yılmaz, S., Pasvanoğlu, S., Vural, S., GEVEN (KÜTAHYA) ALANININ JEOLJİSİ VE JEOTERMAL OLANAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ. İstanbul Yerbilimleri Dergisi, C. 23, S. 2, SS. 73-85, 1 (2010)

Zülfikar, C., Kamer, Y., Vuran, E., 19 Mayıs Kütahya Simav Depremi. Kandilli



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 27/06/2019

Tez Başlığı / Konusu: Kütahya Grabeni'nin Tektonik Jeomorfolojisi

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 99 sayfalık kısmına ilişkin, 27/06/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6 'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza
27.06.2019

Adı Soyadı: Zeynep Kezer
Öğrenci No: N14320473
Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Programı:
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Doç. Dr. Erman Özsayın

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Zeynep KEZER
Doğum yeri : Siirt /Kurtalan
Doğum tarihi : 20.08.1991
Medeni hali : Bekar
Yazışma adresi : Hacettepe Üniversitesi Öğrenci evleri J blok/ Ankara
Telefon : +905458545372
Elektronik posta adresi : zilankezer@gmail.com
Yabancı dili : İngilizce-İyi
:İspanyolca-başlangıç

EĞİTİM DURUMU

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği

İş Tecrübesi

2015-2018 : Başarsoft Bilgi Teknolojileri