

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENTİTÜSÜ
ACİL DURUM VE AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

YEŞİLYURT FAYI'NIN GÖRECELİ TEKTONİK
EVRİMİNİN MORFOMETRİK İNDİSLERLE
BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SELİN SALMAN

1. DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ FİKRİ AĞGÜN

2. DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET KÖKÜM

EYLÜL 2024
BİTLİS

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENTİTÜSÜ
ACİL DURUM VE AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

YEŞİLYURT FAYI'NIN GÖRECELİ TEKTONİK
EVİRİMİNİN MORFOMETRİK İNDİSLERLE
BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SELİN SALMAN
ORCID: 0009-0009-4465-5491

1. DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ FİKRİ AĞGÜN

2. DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET KÖKÜM

EYLÜL 2024
BİTLİS

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Acil Durum ve Afet Yönetimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisiyim. Hazırlamış olduğum “Yeşilyurt Fayı’nın Göreceli Tektonik Evriminin Morfometrik İndislerle Belirlenmesi” başlıklı tezde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi; kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı; bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 15/08/2024

İmza

Selin SALMAN

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ YAZIM KILAVUZU UYGUNLUK BEYANI

“Yeşilyurt Fayı’nın Göreceli Tektonik Evriminin Morfometrik İndislerle Belirlenmesi” başlıklı yüksek lisans tezi Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır. 15/08/2024

Tezi Hazırlayan

İmza

Selin SALMAN

Danışmanlar

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Fikri AĞGÜN

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KÖKÜM

Acil Durum ve Afet Yönetimi Anabilim Dalı Başkanı

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Sebahattin KOÇ

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAY SAYFASI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Acil Durum ve Afet Yönetimi Anabilim Dalı öğrencisi Selin SALMAN tarafından hazırlanan “Yeşilyurt Fayı’nın Göreceli Tektonik Evriminin Morfometrik İndislerle Belirlenmesi” Adlı Yüksek Lisans Tezi ile ilgili tez savunma sınavı,/...../2024 tarihinde yapılmış ve tezin oy birliği/ oy çokluğu ile kabul/ red edilmesine karar verilmiştir.

JÜRİ:

İMZA

1.Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fikri AĞGÜN
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

2.Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KÖKÜM
(Fırat Üniversitesi)

.....

Üye: Doç. Dr. Fatih ADIGÜZEL
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Aşır Yüksel KAYA
(Fırat Üniversitesi)

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İrfan ÖKTEN
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararıyla jüri tarafından kabul edilmiş bu çalışmanın yüksek lisans olarak kabulü onaylanmıştır.

.../.../2024

Doç. Dr. Mehmet Bakır ŞENGÜL
Enstitü Müdürü

T.C.

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Acil Durum ve Afet Yönetimi Anabilim Dalı

**YEŞİLYURT FAYI'NIN GÖRECELİ TEKTONİK EVRİMİNİN
MORFOMETRİK İNDİSLERLE BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Selin SALMAN

1. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fikri AĞGÜN

2. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KÖKÜM

Eylül 2024

ÖZET

Bu tez çalışması kapsamında Malatya iline bağlı Kale ilçesi doğusundan başlayıp Yeşilyurt yerleşim alanına kadar ~DKD doğrultusunda ~70 km boyunca uzanan potansiyel aktif sol yönlü Yeşilyurt Fayı'nın (YF) tektonik jeomorfolojisi ve deformasyon özelliklerini belirlemek amacıyla Dağ Önü Eğriselliği (Smf), Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometrik İntegral (HI), Vadi Tabanı Genişliğinin-Vadi Yüksekliğine Oranı (Vf) ve Asimetri Faktörü (AF) morfometrik indisleri kullanılmıştır. YF üzerinde 4 adet segment tanımlanarak bu segmentler doğudan batıya doğru sırasıyla S1, S2, S3 ve S4 olarak adlandırılmıştır. Hesaplanan Smf değerleri S1, S2 ve S3 segmentleri açısından orta derecede tektonizmaya, S4 segmenti açısından ise düşük derecede tektonizmaya işaret etmektedir. YF üzerinde 17 alt havzada Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometrik İntegral (HI) indisleri hesaplanmıştır. Tektonik etkinin erozyona baskın olduğu havzalar S1, S2 ve S4 segmentleri üzerinde birer adet ile sınırlı kalırken, erozyonun tektonik kuvvetlere göre daha baskın olduğu havzalar ise tüm segmentler üzerinde görülmektedir. Çalışma alanında S1, S2, S3, S4 segmentleri boyunca 19 adet Vf değeri hesaplanmıştır. Genel olarak bakıldığında en düşük Vf değerlerinin S2 segmenti üzerinde görüldüğü belirlenmiştir. YF üzerinde yer alan S1, S2 ve S3 segmentleri için elde edilen göreceli yükselme hızının 0.5 ila 0,05 mm/yıl, S4 segmenti için ise 0,005 mm/yıl'dan daha düşük olduğu hesaplanmıştır. Çalışma alanında yer alan havzaların AF değerleri yüksek asimetri sınıfına sahip havzaların oranı 64.71% olup güçlü tektonik etkilerin mevcut olduğunu

gösterir. Bu sonuçlar, incelenen drenaj havzasının çoğunlukla asimetric olduğunu ve muhtemelen belirgin tektonik aktivitelerden etkilendiğini göstermektedir. Yeşilyurt Fayı üzerinde yer alan S1, S2, S3 ve S4 segmentlerinin Mw6,3 ila 7,2 büyüklüğünde deprem üretebilecek uzunluklara sahip olduğu hesaplanmıştır. Olası bir depremde Malatya il merkezini ve yakın çevresini doğrudan etkileyebilecek potansiyele sahip olan YF'nin deprem tehlikesinin belirlenebilmesi, afetler yaşanmadan önlenmesi veya zararlarının azaltılması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sonuçlar, YF'nin bölgenin deformasyon evriminde aktif rol aldığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Afet, Deprem, Fay, Jeomorfoloji, Malatya



Republic of Türkiye
Bitlis Eren University Graduate School
Department of Emergency and Disaster Management
DETERMINATION OF THE RELATIVE TECTONIC EVOLUTION OF
YEŞİLYURT FAULT BY MORPHOMETRIC INDICES

Master's Thesis

Selin SALMAN

Supervisor: Assistant Professor Fikri AĞGÜN

Assistant Professor Mehmet KÖKÜM

September 2024

ABSTRACT

In this thesis, various morphometric indices such as Mountain-Front Sinuosity (Smf), Hypsometric Curve (HC) and Integral (HI), the Ratio of Valley Floor Width-to-Height (Vf), and Asymmetry Factor (AF) were utilized to assess the tectonic geomorphology and deformation characteristics of the potentially active, left-lateral Yeşilyurt Fault (YF). This fault extends approximately 70 km in a ENE direction from the eastern Kale district of Malatya province to the Yeşilyurt settlement. The fault was divided into four segments (S1, S2, S3, and S4) from east to west. The calculated Smf values indicate moderate tectonic activity for the S1, S2, and S3 segments, while S4 exhibits low tectonic activity. HC and HI values were determined for 17 sub-basins along the YF. The sub-basins with dominant tectonic activity over erosion were limited to one per segment on S1, S2, and S4, while erosion generally prevailed in all other segments. Nineteen Vf values were measured along the four segments, with the lowest Vf values occurring on the S2 segment. The relative uplift rates for the S1, S2, and S3 segments range between 0.05 and 0.5 mm/year, whereas for the S4 segment, the rate is below 0.005 mm/year. Additionally, 64.71% of the catchments in the study area exhibited AF values indicating high asymmetry, which suggests strong tectonic influence. These findings imply that the drainage basin is largely asymmetric, likely due to significant tectonic activity. Furthermore, the length of the S1, S2, S3, and S4 segments suggests that the YF is capable of generating earthquakes with magnitudes ranging from Mw 6.3 to 7.2. Further studies are necessary to assess the earthquake hazard posed by the YF, which has the potential to impact the Malatya city center and surrounding areas. These results highlight the active role of the YF in the region's tectonic deformation.

Keywords: Disaster, Earthquake, Fault, Geomorphology, Malatya



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında, farklı bilimsel bakış açısı edinmeme yardımcı olan ve her konuda desteğini ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Fikri AĞGÜN ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KÖKÜM'e teşekkürlerimi bir borç biliyorum. Ayrıca bu çalışmamı gerçekleştirmemde pay sahibi olan, eğitim süreci boyunca desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Aziz AKSOY'a ve her zaman desteğiyle yanımda olan Dr. Halime SELEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez kapsamında gerçekleştirdiğimiz analizlerin yapılması sırasında bana destek olan Fırat Üniversitesi Coğrafya Bölümü Yüksek Lisans öğrencileri Yusuf BULUCU ve İlknur FIRAT AYDIN ile Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans öğrencisi Abdulrahman ELHİSSO'ya teşekkür ederim.

Bu uzun ve yorucu süreçte her zaman yanımda olan ve desteklerini daima arkamda hissettiğim biricik ailem; annem Remziye İLBAK, babam Servet İLBAK'a ve yüksek lisans eğitimi esnasında yaşadığım güçlükler karşısında, bana güç ve destek veren daima yanımda olan sevgili eşim Süleyman SALMAN'a ve oğlum Muhammed Kerem SALMAN'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT	III
ÖNSÖZ.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
KISALTMALAR	X
SİMGELER	XI
1.GİRİŞ	1
1.1.Çalışma Alanı.....	3
1.2.Amaç	3
2.MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
2.1.Çalışma Alanı İle İlgili Öncel Çalışmalar	5
2.2. Morfometri İle İlgili Öncel Çalışmalar	10
2.3. Aktif Tektonik Çalışmalarda Sıklıkla Kullanılan Morfometrik İndisler	14
2.3.1. Dağ Önü Eğriselliği (Smf).....	15
2.3.2. Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometrik İntegral (HI).....	17
2.3.3. Vadi Tabanı Genişliğinin- Vadi Yüksekliğine Oranı (Vf).....	19
2.3.4. Asimetri Faktörü (AF).....	21
2.4. Deprem Büyüklük Hesaplamaları	23
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	24
3.1. Dağ Önü Eğriselliği (Smf).....	24
3.2. Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral (HI)	25
3.3. Vadi Tabanı Genişliğinin- Vadi Yüksekliğine Oranı (Vf)	30
3.4. Asimetri Faktörü (AF)	36
3.5. Yeşilyurt Fayı Deprem Büyüklük Hesaplamaları.....	38
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	AF indisi sınıflandırması	22
Çizelge 2.2.	Fay segmenti yaklaşımı ile senaryo deprem büyüklüğünü veren eşitlikteki a ve b katsayıları	25
Çizelge 3.1.	Yeşilyurt Fayı üzerinde yer alan segmentlere ait Smf değerleri.....	25
Çizelge 3.2.	Çalışma alanına ait alt havzalarının V_f değerleri	31
Çizelge 3.3.	Çalışma alanındaki Af değerleri	37



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanı konumu gösteren lokasyon haritası.....	3
Şekil 2.1. a) Türkiye'nin basitleştirilmiş ana tektonik unsurları ve Anadolu levhasının batıya doğru hareketi ile Türkiye ve Türkiye'nin yakınında bulunan faylar. Büyük siyah ok; Avrasya levhasına göre göreceli hareketini gösterir b) Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki diri fay haritası, tarihsel ve aletsel depremler	6
Şekil 2.2. Dağ önü eğriselliği	16
Şekil 2.3. Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometik İntegral (HI) hesaplamasını gösteren şematik havza modeli.....	17
Şekil 2.4. HE'nin temsil ettiği morfolojinin erozyon döngüsündeki konumu.....	18
Şekil 2.5. Vadi tabanının genişliğin – vadi yüksekliğine oranına ait kesit görünümü (Vf)	
20	
Şekil 2.6. Segmentler için Smf ve Vf değerlerinin temsilcisi oldukları tektonik sınıf ve grafiksel görünümleri tablosu	21
Şekil 2.7. Asimetri faktörünün tektonik blok üzerinde ana akım yönünün sağ ve solundaki alanda gözlenen değişimin şematik gösterimi	22
Şekil 3.1. Çalışma alanında bulunan Smf ölçüm alanları.....	24
Şekil 3.2. Yeşilyurt Fayı'nın yer aldığı ana akaçlama havzasının alt havzaları.	26
Şekil 3.3. S1 Segmeti üzerindeki havzalara ait hipsometrik eğrilerin bir arada gösterimi	27
Şekil 3.4. S2 Segmeti üzerindeki havzalara ait hipsometrik eğrilerin bir arada gösterimi	28
Şekil 3.5. S3 Segmeti üzerindeki havzalara ait hipsometrik eğrilerin bir arada gösterimi	29
Şekil 3.6. S4 Segmeti üzerindeki havzalara ait hipsometrik eğrilerin bir arada gösterimi	30
Şekil 3.7. Yeşilyurt Fayı S1 segmenti üzerinde yer alan S1-1 ila-S1-3 numaralı vadilere ait Vf değerlerinin hesaplanmasını gösteren grafikler.	32
Şekil 3.8. Yeşilyurt Fayı S2 segmenti üzerinde yer alan S2-1 ila S2-10 numaralı vadilere ait Vf değerlerinin hesaplanmasını gösteren grafikler	33
Şekil 3.9. Yeşilyurt Fayı S3 segmenti üzerinde yer alan S3-1 ila S3-3 numaralı vadilere ait Vf değerlerinin hesaplanmasını gösteren grafikler.	34
Şekil 3.10. Yeşilyurt Fayı S4 segmenti üzerinde yer alan S4-1 ila S4-3 numaralı vadilere ait Vf değerlerinin hesaplanmasını gösteren grafikler.	35

Şekil 3.11. Her bir segment için hesaplanan S_{mf} ve V_f değerlerinin grafiksel görünümü
ve temsilcisi oldukları tektonik sınıflar 36



KISALTMALAR

AF	: Aydınlar Bindirme Fayı
BSZS	: Bitlis Zagros Kenet Zonu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇF	: Çaybağı Bindirme Fayı
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
GB	: Güney-Batı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KD	: Kuzey-Doğu
PTF	: Pertek Bindirme Fayı
YEFZ	: Yeşilyurt-Elazığ Fay Zonu
YF	: Yeşilyurt Fayı
DKD	: Doğu Kuzeydoğu

SİMGELER

AF	: Asimetri Faktörü
E_{ld}	: Vadinin sol tarafında yer alan su bölümünün akış yönüne göre topoğrafik yüksekliği
E_{rd}	: Vadinin sağ tarafında yer alan su bölümünün akış yönüne göre topoğrafik yüksekliği
E_{sc}	: Vadi tabanının topoğrafik yüksekliği
HE	: Hipsometrik eğri
HI	: Hipsometrik integral
Lmf	: Dağ önünde belirgin eğim kırıklığı boyunca uzanan dağ cephesini
Ls	: Ölçüm yapılan yerin düz bir hat boyunca olan uzunluğu
SL	: Akarsu uzunluk gradyan indisi
Smf	: Dağ önü eğriselliği
Vf	: Vadi tabanı genişliğinin-vadi yüksekliğine oranı
V_{fw}	: Vadi tabanı genişliği

1.GİRİŞ

Bu çalışma, Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Disiplinlerarası Afet Yönetimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı kapsamında “Yeşilyurt Fayı’nın Göreceli Tektonik Evriminin Morfometrik İndislerle Belirlenmesi” başlığı ile yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmada aktif tektonik çalışmalarda sıklıkla kullanılan morfometrik analizler yardımıyla Yeşilyurt Fayı’nın tektonik jeomorfolojisi ve deformasyon özellikleri araştırılmıştır.

Çalışma alanları için yapılan morfometrik analizlerde, Dağ Önü Eğriselliği (Smf), Vadi Tabanı Genişliğinin-Vadi Yüksekliğine Oranı (Vf), Asimetri Faktörü (AF), Hipsometrik Eğri ve İntegral (HE ve HI) hesaplamaları kullanılmıştır. Bu indislerin hesaplanmaları sonucunda bölgenin tektonik yükselmelerle, erozyon süreçlerinin etkisiyle vadi morfolojisini aktif bir şekilde gösterilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, uygulanan indisler hesaplanarak bir alanın olgunluk, aşınma süreçlerinden ne derecede etkilendiği, karşılaştığı tektonizmanın oluşumuyla havzalarda meydana gelen morfolojik değişimleri ve eğimlenmeye bağlı olarak drenaj ağlarında da gerçekleşen yer değiştirmelerin zamana bağlı oluşum ve değişimi tespit edilmektedir. Yine bir havzada bu indisler kullanılarak eğim ve alan ilişkisi içinde yükselim hızı hakkında göreceli bir değerlendirme imkânı sağlamaktadır.

İnsanlık tarihi boyunca çok büyük can ve mal kayıplarına yol açan doğal felaketlerle karşı karşıya kalındığı göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Bu doğal felaketlerin başında, ekonomik ve sosyal açıdan çok büyük kayıplara yol açan depremlerin oluşturduğu felaketler yer almaktadır. Türkiye ve yakın çevresi aktif tektoniği ile önemli deprem felaketlerinin yaşandığı bir bölgedir. Bu açıdan, bölgede depremselliğin izlenmesi, kayıt altına alınması ve bilimsel olarak irdelenmesi büyük önem arz etmektedir. Son onbeş yılda istatistiklere göre dünyada yarım milyon insan depremler ve oluşturdukları tsunamiler sonucu hayatını kaybetmiştir [1-3]

Kontrolsüzce artan nüfus ve hızlı kentleşme gelecekte bu kayıpları arttırma riski taşımaktadır. Türkiye ve yakın çevresi, geçmişte yaşanmış deprem kayıpları ve gelecekte depremlerin oluşturması beklenen risk açısından çarpıcı bir örnek oluşturmaktadır. Deprem tehlikesi, hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde

belirlenmesi olarak tanımlanmakta ve deprem riski kavramının önemli bir ögesini; deprem nedeni ile hasar, mal ve can kaybı ihtimali oluşturmaktadır [4].

Gelecekte meydana gelebilecek depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri belirsizlik arzettiği için deprem tehlikesi analizlerinde olasılık hesaplarına dayalı tahminler önemli parametrelerdir. Ülkemiz ve yakın çevresi için Türkiye’ de deprem tehlikesi ve riskinin belirlenmesi ve deprem zararlarının azaltılması konusunda ileri gelen deprem tehlikesi çalışmaları gerçekleştirilmiş ve bu çalışmalar günümüzde de devam etmektedir [4-6].

Deprem tehlike haritalarının hazırlanmasında diri fay haritaları ve bu haritalarda yansıtılan diri fayların deprem etkinlik düzeylerinin belirlenmesi bu haritaların temel veri tabanını oluştururken deprem kaynak bölgelendirmesi de en önemli unsurlarından biridir. Diri fayların segmentasyon modellerinin, kayma hızlarının, karakteristik deprem tarihçelerinin ve en büyük deprem potansiyellerinin belirlenmesi gerekmektedir [7].

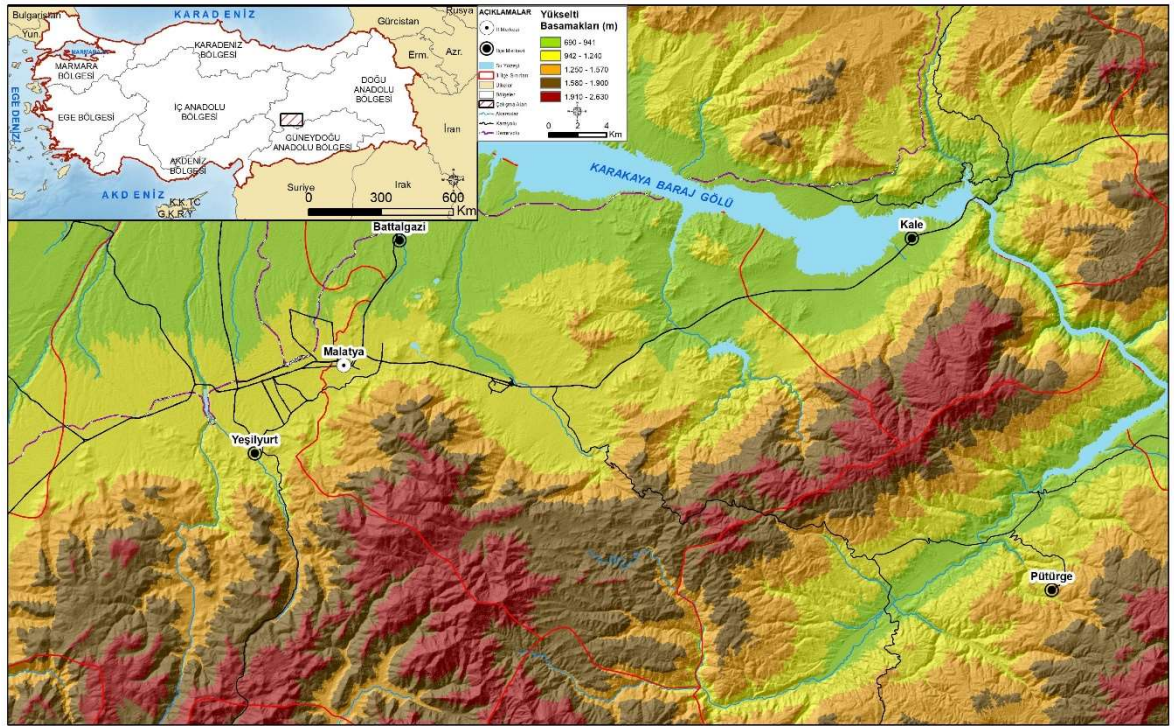
Deprem kaynak bölgeleri, deprem oluşumları ve kaynak mekanizmalarının homojenliklerine göre ayrılır. Genel kabuk ve tektonik yapı; tarihi ve aletsel dönem depremselliği, makrosismik gözlemler, bölgesel deformasyon model ve hızları, GPS ve diğer jeodezik veriler; bölgesel deformasyonu kontrol eden ana fayların özellikleri; bu faylardaki büyük depremlerle ilgili paleosismik veriler ve yinelenme periyodları deprem kaynak bölgelemesi için kullanılan veriler olarak sıralanabilir [4].

Fay segmentleri, uzun bir fayda tek bir deprem sırasında defalarca kırılmış bir deprem kırığını temsil edebilir ve onlarca veya yüzlerce kilometre uzunluklarda olabilirler. Tek bir faylanma olayı ile ilgili deprem kırığının bir kısmını da teşkil edebilirler ve yalnızca birkaç km uzunlukta olabilirler. Ancak, fay segmentlerinin belirlenmesi çok disiplinli çalışmalarla elde edilmiş verilerin modellenmesini ve yorumlanmasını gerektirmektedir [8].

Bir fay boyunca orta ve büyük magnitüdlü depremlerin tekrarlı oluşumları, bireysel segmentlerin uzunlukları hakkında ipuçları vermektedir. Birbirini izleyen depremlerde fayın aynı yerlerindeki kayma miktarlarının dağılımları, benzer veya farklı şekilde gelişebilmektedir. Komşu segmentler, aynı zamanda birlikte kırılabilirler. Yüzeyde görünen geometrik ya da yapısal bariyerlerde deprem kırılmaları durdurulmakta veya engellenmektedir. Ya da alt segmentler, beklenen maksimum veya karakteristik depremden daha küçük depremler üreterek kırılmaktadırlar [7,9-10].

1.1.Çalışma Alanı

Bu tez çalışması ile Yeşilyurt Fayı'nın morfotektonik özelliklerinin çeşitli morfometrik indisler yardımıyla ortaya konmasını amaçlamıştır. Çalışmanın coğrafi kapsamını, Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan sol yanal doğrultu atımlı Yeşilyurt-Elazığ Fay Zonu'nun (YEFZ), batı kesimini oluşturan Yeşilyurt Fayı (YF) oluşturmaktadır. YF Malatya havzası kuzeyini sınırlayarak Yeşilyurt yerleşim alanına kadar ~DKD doğrultusunda ~70 km boyunca devam eden potansiyel aktif bir fay zonudur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanı konumu gösteren lokasyon haritası.

1.2.Amaç

Son zamanlarda aktif tektonik çalışmalarda sıklıkla kullanılan morfometrik analiz hesaplamalarıyla Yeşilyurt Fayı'nın (YF) tektonik jeomorfolojisi ve deformasyon özellikleri araştırılmıştır. İlgili çalışmada kullanılan morfometrik indisler: dağ önü eğriliği (Smf), vadi tabanı genişliğinin-vadi yüksekliğine oranı (Vf), hipsometrik eğri ve integral (HE ve HI)'dir. Analiz sonuçlarına göre Yeşilyurt Fayının bölgenin deformasyon evriminde aktif rol alıp almadığı bu tez çalışması kapsamında tartışılmıştır.

Bu tez çalışması, var olan verilerin derlenmesi ve morfometrik analizlerin değerlendirilmesi şeklinde yürütülmüştür. İlgili tez çalışması kapsamında veriler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı programlar kullanılarak morfometrik analizler gerçekleştirilmiştir.

Bu tez kapsamında:

I. Yeşilyurt Fayı'nın segmentlerinin belirlenmesi.

II. Segmentlerin morfotektonik indisler yardımıyla göreceli tektonik aktivitesinin ortaya konulması.

III. Segmentlerin üretebileceği maksimum deprem büyüklüklerinin hesaplanması amaçlanmıştır.

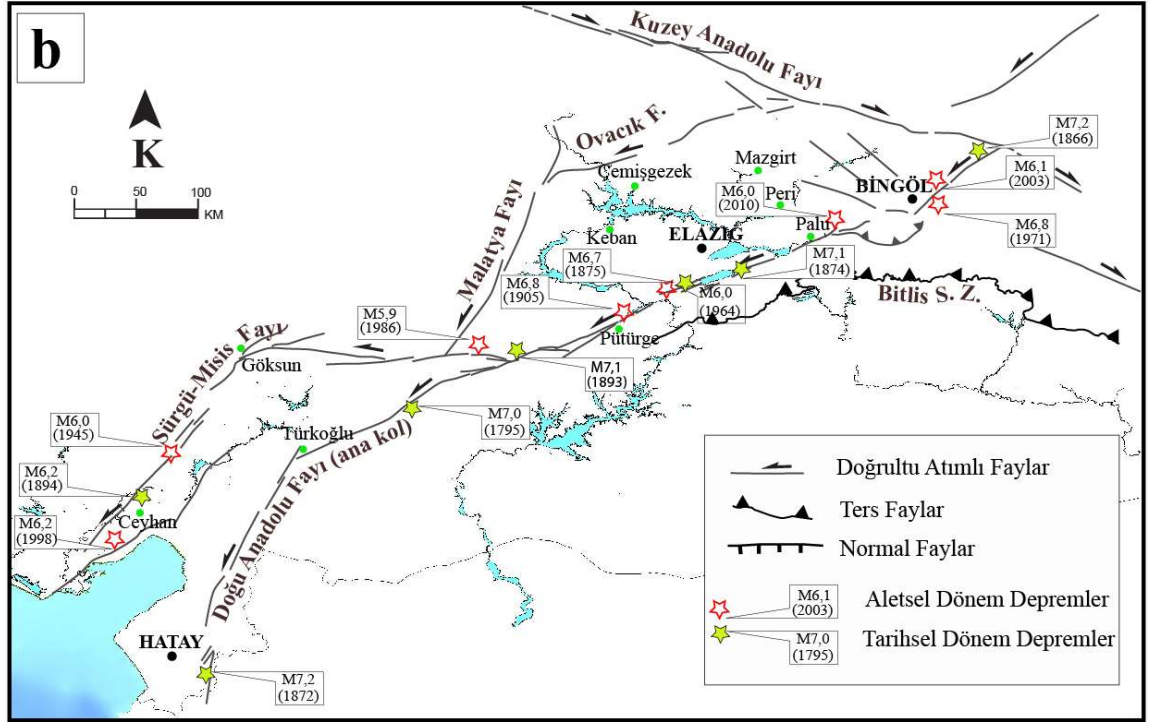
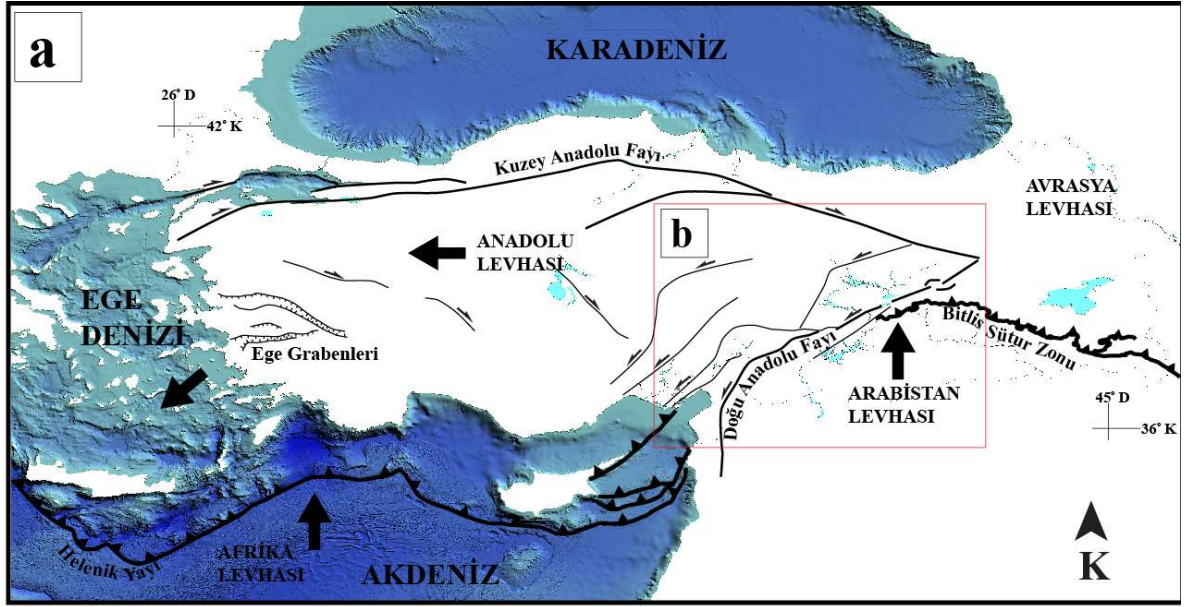


2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Çalışma Alanı İle İlgili Öncel Çalışmalar

Türkiye, Afrika, Avrasya ve Arabistan levhalarının etkileşimlerinden dolayı, sismik açıdan oldukça aktif bir bölgede yer almaktadır [11]. Afrika ve Arabistan levhalarının Avrasya levhasına göre kuzeye doğru göreceli hareketleri ile Türkiye ve çevresinin sismotektoniği şekillenmiştir. Anadolu levhasının sağ ve sol yönlü hareketi sonucu; doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca batı yönünde bir hareketle saat yönünün tersinde bir rotasyonel harekete neden olur. Afrika ve Arabistan levhaları arasındaki göreceli hareket farkını, sol yanal hareketli Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) dengeleyerek bu hareketin pekişmesine katkı sağlar [11-12].

Bu çarpışmalar sonucunda; KAFZ, DAFZ, Ege Grabenleri (EG), Bitlis Zagros Sütur Zonu (BSZS) gibi Türkiye'deki aktif birincil deformasyon yapıları oluşmuştur (Şekil 2.1a). Türkiye'nin önemli faylarından olan DAFZ, Anadolu Levhası ile Afrika Levhası arasındaki tektonik sınırın bir kısmını oluşturmaktadır. Fay esas olarak sol yönlü yanal hareket gerçekleştirir; doğudaki Afrika Levhası kuzeye doğru hareket ederken batıda ise Anadolu Levhası güneye doğru yer değiştirmektedir. Uzunluğu yaklaşık 580 km olarak bilinen DAFZ, kuzeydoğuda Karlıova (Bingöl) arasından uzanarak, güneybatıda İskenderun Körfezi'ne kadar devam eder ve yapılan çalışmalarda, DAFZ üç ana bölüme ayrılmaktadır. Bunlar: güney (ana) kol (Şekil 2.1b), kuzey kolu (Sürgü-Misis fayı) ve Karasu çukurudur [13].



Şekil 2.1. a) Türkiye'nin basitleştirilmiş ana tektonik unsurları ve Anadolu levhasının batıya doğru hareketi ile Türkiye ve Türkiye'nin yakınında bulunan faylar [13,15]. Büyük siyah ok; Avrasya levhasına göre göreceli hareketini gösterir [16] **b)** Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki diri fay haritası, tarihsel ve aletsel depremler [18-23].

Yapılan araştırmalara göre yaklaşık 12 milyon yıl önce Serravaliyen döneminin (Miyosen) son evresinde başladığı bilinen Doğu Anadolu'nun oluşum evresi, öncelikle Neotetis Okyanusu tabanının yitim süreciyle başlayıp tamamen yok olması ve ardından Avrasya ile Arabistan levhalarının çarpışması neticesinde devam etmiştir [24].

Çarpışmanın sonrasında gelişen tektonik hareketlilik, magmatik aktivitenin de başlamasına neden olmuştur. Doğu Anadolu’da neotektonik dönem boyunca, D-B uzanımlı kıvrımlar ve bindirmeler etkisiyle oluşan doğrultu atımlı faylar meydana gelmiştir; ayrıca volkanik aktivitelerin çıkışlarını denetleyen K-G yönlü açılma çatlakları da bölgenin tektonik hareketliliğinin bir sonucudur. Çarpışmadan sonra ise kıtasal yaklaşma başlayarak, kıta-kıta birleşmesini takip eden süreçte, kabuk kısılması ve kalınlaşması olarak ilerleyerek bölgenin yükselmesi gerçekleşmiştir [24]. Bölgede kıtasal çarpışmadan sonra kalınlaşan kabuk, KAFZ ve DAFZ transform faylarına oluşum sağlamış, daha sonrasında ise K-G sıkışma etkisiyle oluşumunu devam ettirmiştir. Doğuda İran sınırına kadar uzanan BZSZ boyunca Arap levhası ile Anadolu levhası çarpışmakta ve kıta-kıta çarpışmasının meydana geldiği bu bölge (Şekil 2.1b), yapılan incelemeler sonucunda, Geç Miyosen sonu ile Erken Pliyosen sonu arasında gerçekleşen dönemde, sıkışma ve kısılma ile oluşumunu devam ettirdiği araştırmalarla ortaya konulmuştur. Erken Pliyosen’de, sağ yönlü KAFZ, sol yönlü DAFZ ve bu iki fay zonu arasında kalan; Anadolu Plakası ile üç ana yapı meydana gelmiştir. Oluşan Anadolu Plakası, Afrika okyanusal litosferine sıkışmalı-daralmalı tektonik bir hareket gerçekleştirmektedir. Daha sonra Geç Pliyosen dönemde ise, doğrultu atımın yoğun olduğu neotektonik dönem başlamıştır [25].

Erken Mesozoyik döneminden itibaren bölgenin tektonik açıdan süreklilik gösterdiği, bu aktivitenin temelini ise Geç Triyas döneminde Arabistan Levhası ile Anadolu Levhası arasındaki riftleşmenin etkili olduğu ve Tetis Okyanusu’nun oluşumunun başlamış olmasıdır. Geç Triyas’tan itibaren Tetis Okyanusu’nun gelişimi devam etmiş ve Geç Kretase döneminin başlarında maksimum açılım gerçekleşmiştir. Okyanusun kuzeye doğru hareketi devam ettikçe, Avrasya Levhası’nın altına doğru yitim gerçekleşmiş ve bunun sonucu olarak kapanma başlamıştır. [17,26].

Bitlis-Pütürge Masifi ile Arabistan Levhası arasındaki okyanus kolu haricinde, Keban-Malatya Metamorfikleri arasında da bir başka okyanus kolu bulunmaktadır. Her iki kol da Geç Kretase başlarında kapanmaya başlamış ancak kuzeydeki kol Geç Kretase’nin sonunda tamamen kapanırken, güneydeki ana kol varlığını Orta Miyosen’e kadar sürdürmeye devam etmiş ve Paleotektonik dönemde kıta-kıta çarpışması sonrasında tamamen kapanmıştır [28].

Bölgede kıta-kıta çarpışmasının etkisiyle K–G doğrultulu sıkışma hareketleri başlamış, kıvrımlı deformasyon yapıları ve manto kaynaklı kıta kabuğu kalınlaşmaları

gerçekleşmiş ve sonrasında kırıklı deformasyon yapıları oluşmuştur. KAFZ ve DAFZ bu şekilde oluşmuştur. Gerçekleşen deformasyon süreçleri sonucunda; kuzey ve güneydeki kıtalar yaklaşırken, doğu ve batıdaki kıtalar da her yıl ortalama 0,5–2 cm kadar uzaklaşmaya devam etmektedir [28].

Orta Miyosenden itibaren Arap ve Avrasya levhalarının BZSZ boyunca çarpışması ve kıtasal kabuğun kalınlaşmasıyla oluşan sıkışma Türkiye'nin doğusunu etkilemektedir. Eğimli tortul kayaçlar, doğu-batı yönlü kıvrımlar, kuzeybatı yönlü sağ ve kuzeydoğu yönlü sol hareketli doğrultu atımlı faylar ve bindirme fayları bölgede bulunan en karakteristik tektonik yapılarıdır. Ayrıca Çarpışma sonrası doğu-batı uzanımlı ve batıda Marmara Denizi'ne ve doğuda Karlıova'ya (Bingöl) ulaşan KAFZ' nin oluşması da bir diğer tektonik etkidir. Sağ taraftaki KAFZ ve doğudaki sol taraftaki DAFZ, Anadolu levhasının Avrasya plakasına göre göreceli batı yönelimli hareketini karşılamaktadır [14].

Helenik-Kıbrıs Çukuru boyunca Afrika levhasının Ege Denizi levhasının altına dalmasıyla ilişkilendirilen, doğu-batı doğrultulu normal faylar etkisiyle Batı Türkiye (Ege) bölgesi, kuzey-güney uzantılı harekete maruz kalmaktadır [29].

Yapılan jeodezik çalışmalar Anadolu levhasının batıya doğru hareketini sınırlandırmaya çalışmış; ancak, Anadolu levhasının batıya doğru hareketini neyin tetiklediğini anlamakta zorlanmıştır ve bazı çeşitli görüş önerilmiştir. İlk görüş olarak Anadolu'nun Arap levhası tarafından itildiğini veya yüksek topoğrafyanın yer çekimsel etkisinin Anadolu'nun batıya doğru kaymasına yol açtığını öne sürerken [11], daha yeni çalışmalar, esas olarak temel itici gücün Helenik dalma zonunun hendek çekmesi olduğu ileri sürmüştür [12], geri çekilen Helenik yayı levha çekme ve geri dönüş hareketinin etkisiyle üst levhayı hendeğe doğru sürüklediği ileri sürülmüştür [30].

Türkiye'deki başlıca neo-tektonik bölgelerin ortaya çıkmasına bu mekanizmalardan biri veya birkaçının neden olduğu düşünülmektedir: Doğu Anadolu'nun sıkışması, Kuzey Anadolu Fay'ının oluşumu, Batı Anadolu'nun genişleme ve Orta Anadolu "ovası" bölgelerinin oluşumudur [31].

Çalışma alanında Paleozoik'ten Kuvaterner'e kadar farklı yaşta farklı türlerde kaya birimleri yüzeylemektedir. Alandaki en eski jeolojik birim, Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfitleridir, bu birimler Paleozoik, Mesozoik ve Senozoik yaşlı kaya ve çökellerin altında temel oluşturmaktadır. Bölgesel olarak metamorfizma geçirmiş platform tipi karbonat ve kırıntılı kayaçlar Yeşilışist Fasiyesini oluşturmaktadır [32]. Geç Kretase yaşlı

Guleman ofiyoliti ve Elazığ Mag. çoğunlukla harzburgit ve dünit mercekleri ile volkanik ve plütonik kayalardan meydana gelmektedir [33,34]. Bölgede Permo-Triyas yaşlı Keban Met., Pertek Bindirme Fayı (PTF) boyunca görülen Geç Kretase Elazığ Mag.'u üzerinde tektonik dokanak şeklinde bulunur [35]. Kuşçular Formasyonu ise Paleosen yaşlı olup, alüvyon yelpazesi çökelleri, Keban Met'ten gelen konglomeralar ile, düzensiz tabakalanmış kötü boylanmalı ve düşük dereceli çakıllardan meydana gelmiştir [36]. Kuşçular Formasyonu'nda, yumuşak çökellerin deformasyon yapılarının bulunması, bölgede Erken Paleosen döneminin evrelerinde PTF'nin aktif olduğu fikrini desteklemektedir [37]. Çoğunluk olarak bulunan bazalt ve andezit oluşumları Orta Eosen yaşlı Maden kompleksi oluşumlarını simgelemektedir [38]. Kırk-Geçit Formasyonu başlıca konglomera, karbonat kayaları ve flişlerden oluşan Orta Eosen - Geç Oligosen yaşlı birimlerdir. Arap ve Anadolu levhalarının çarpışması sonrasında tektonik bir bindirme ile Kırkgeçit Fm., uyumsuzlukla örttüğü Keban Metamorfikleri ve Elazığ Mag.'ları olan daha genç birimlerin üzerine yerleşmiştir. Alibonca Fm., Erken Miyosen yaşlı dar yüzeylemeler halinde bulunan, konglomeratik bir birim olarak yer almıştır [33]. Çaybağı Fm.'si ise Geç Miyosen-erken Pliyosen yaşlı ve bölgede çoğunlukla volkanik ve sedimanter kayalarla temsil edilen formasyondur [39].

Bu bölgenin deformasyon evrimini konu alan çalışmada, erken Paleosen'den günümüze dört deformasyon evresi tanımlanmıştır. İlk deformasyon evresi, erken Paleosen'de K-G sıkıştırımlı tektonik evre ile karakterize edilir. Güney Neotetis'in kapanmaya başlamasıyla birlikte, Permo-Triyas metamorfik kayaları PBF boyunca geç Kretase kayaları üzerine tektonik olarak itilmiştir. İkinci deformasyon evresi, geç Paleosen-erken Miyosen'de levha dikleşmesi ve kopması ile ilgili KB-GD genişleme ile karakterize edilir. Üçüncü deformasyon evresi, Bitlis-Zagros Sütür Zonu (BZSZ) boyunca Arap ve Avrasya plakalarının çarpışma yaşı olan orta Miyosen-erken Pliyosen'deki KD-GB sıkıştırma evresidir. Çalışma alanındaki dördüncü ve en genç deformasyon evresi KD-GB sıkışmalı bir doğrultu atımlı fayların etkin olduğu evredir [40-43]

Yeşilyurt-Elazığ Fay Zonu ile alakalı literatürde pek az çalışma bulunmaktadır ve çeşitli adlandırmalar yer alır. Akpazar-Elazığ-Yeşilyurt Fay Zonu, Darıkent Beldesi (Mazgirt) güneybatı bölgesinden başlayarak, Akpazar Beldesi (Mazgirt), Keban Baraj Gölü, Elazığ İl Merkezi, Baskil İlçesi, Karakaya Baraj Gölü, Kale İlçesi, Malatya Kent Merkezi ve Yeşilyurt İlçesi'ni takiben Sultansuyu Baraj Gölü'nün doğu bölümü boyunca

uzanmaktadır. Araştırmacı, Akpazar-Elazığ-Yeşilyurt Fay Zonu, tarihsel dönemde ve aleysel dönemde büyük depremler meydana getirdiğini iddia etmektedir. Araştırmacı fayı, kuzeydoğu ve güneybatı olarak iki ana bölüme ayırmıştır. KD bölümü Elazığ Fayı olarak adlandırılırken, GB bölümü ise Kale veya Çöşnük Fayı olarak adlandırılmıştır [33]. Akpazar-Elazığ-Yeşilyurt Fay Zonu, birbirini belli açılarla kesişen ve paralel olan, farklı uzunlukta birçok alt fay zonunun, fay setinin ve tekil fayın meydana getirdiği bir fay topluluğudur. Yaklaşık 160 km uzunluğundaki ve oldukça fazla düşey bileşene sahip fay zonu atımının, yaklaşık 1,5 km olduğu tespit edilmiştir [44].

Akpazar-Elazığ-Yeşilyurt Fay Zonu'nun alt fay zonu on adettir ve fay zonlarını oluşturan alt fay zonu ve bunları oluşturan fay setleri ve tekil fayları vardır. Bunlardan biri de Yeşilyurt fayıdır [44].

Malatya ili Yeşilyurt İlçesi doğusunda bulunan Yeşilyurt Fayı, Kilis Dere'yle Kızıılmağara Mahallesinin arasında bir noktadan başlayıp sıralı şekilde; Dikmen Mahallesi, Yukarıkaragöz Mahallesi, Karagöz Köyü, Gündüzbey Köyü, Asmalı Dere, İkizce Köyü, Kurşunlu Dere, Sağırbaş Dere'nin bitiminde sona ermektedir. YF, KD-GB doğrultulu, sol yönlü ve ortalama 30 km uzunluğundadır. Tarihsel dönem içinde 1893'de Malatya İli'nde Konak Köyü'ndeki (M=6,7) deprem Yeşilyurt Fayında meydana gelmiştir [44].

Bir başka çalışmada, Yeşilyurt-Elazığ Fay Zonu (YEFZ), Tunceli ilinin Mazgirt ilçesi sınırları içerisinde başlayıp, Elazığ ve Malatya il merkezlerini geçerek, Malatya ilinin Yeşilyurt ilçesinde sona erdiği belirtilir. YEFZ, yaklaşık 150 km uzunluğunda, KD-GB doğrultulu, sol yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur. Bu fay zonu içinde yer alan derelerde görülen en büyük yatay ötelenme 4 km olarak saptanmış ve böylelikle YEFZ'nin morfolojik verilerle desteklenen önemli bir düşey bileşene sahip olduğu gösterilmektedir [45].

2.2. Morfometri İle İlgili Öncel Çalışmalar

Morfometri, yeryüzeyinin sayısal olarak ifade edilmesidir. Yüzey şekillerinin büyüklük, yükselti ve eğim gibi özelliklerinin ölçülebilen değerler ile belirlenmesidir. Sayısal ölçümler, çeşitli arazi şekillerinin kıyaslanmasını ve parametrelerin hesaplanmasını sağlar, daha gerçekçi bir sonuç elde edilmesini kolaylaştırır [27].

Yeryüzündeki morfolojik şekillerin oluşumları ve gelişimleri, litolojik birimlerin oluşum ve gelişim dönemlerinde, farklı dış kuvvetlerin farklı aşındırma şekillerinin

etkisinde kalmasından kaynaklanır. Bu nedenle, farklı jeolojik yapılar ve litolojik birimler, çeşitli aşındırma süreçlerine farklı tepkiler gösterir ve sonuç olarak farklı morfolojik şekillerin oluşumuna yol açar. Bu durum, coğrafi olarak çeşitli topoğrafyanın oluşmasına katkıda bulunur [46-49]. Örneğin Drenaj sistemlerinin ve havzaların etkili olduğu bölgelerde geliştirilen ve özellikle düşey değişimlere duyarlı morfometrik göstergeler, tektonik etkinliğin bulunduğu bölgelerde yüzey şekillerindeki değişikliklerin nicel ve nitel olarak değerlendirilmesini sağlar [50-52]. Bu araçlar, farklı tektonik bölgelerin yatay veya düşey deformasyon yapılarının belirlenmesinin [53] yanı sıra, dış süreçlerin yüzey yapılarına etki edip şekillendirmesi konusunda da [54,55] var olan yapıları yorumlama açısından önemli bilgiler verir. Morfometrik analizler, yeryüzü şekillerinin evrimini incelemede, tektonik aktivitenin jeomorfik oluşumlara etkilerini araştırmak için önemli bir araç olarak kullanılır [27]. Morfometrik indisler aracılığıyla yapılan bu analizler, bölgenin etkisinde olduğu baskın tektonik hareketin de tanımlanmasında kullanılır. Geniş bölgelerin jeomorfolojik evriminin ortaya çıkarılmasında veya hangi aktif fay segmentinin daha baskın olduğunu belirlemek için sayısal veriler kullanılır [27,56-57]. Faylar tarafından sınırlanan dağ önleri, jeomorfolojik süreçlerin anlaşılmasında belirleyici bir rol oynar. Ayrıca litolojik birimlerdeki olası dayanım gücü, sürecin tektonik ya da iklimsel olarak morfolojik yapının gelişiminde daha etkili olduğunu belirleyerek, gelişiminde hangi etkinin daha baskın olduğu ortaya çıkartılabilir [27,58].

Yer yüzeyindeki iklimsel ve tektonik süreçlerin etkilerine dair kayıtların tutulduğu bir diğer morfolojik yapı ise, alüvyon olmayan yataklara sahip flüvyal sistemlerin ana bileşenleri olan drenaj alanları ve dere kollarıdır. Bu yapılar, yeryüzü şekillerindeki yükselme ve aşınma etkilerinin uyumunu net şekilde ortaya koyduğu için [59,60], yükselme tarihçesini daha hassas bir şekilde belirlemede önemli birer göstergedir [60]. Bu göstergelere bağlı topoğrafik verilerden yararlanarak, tektonik yükselme ile aşınma oranındaki bağlantıyı açıklayan morfometrik sayısallaştırılmış veriler, bir bölgenin tektonik aktivitesini belirlemede kullanılırken [61] aynı zamanda baskın aktif fayların tanımlanması ve nispi tektonik etkilerin tespit edilmesinde çoğunlukla kullanılan yöntemlerdir [62-64].

Topografik ve morfometrik özellikleri açısından Türkiye'yi ele alırsak;

Orta/Üst Miyosen dönemi, Kretase döneminden itibaren başlayarak en yoğun dönemini yaşamış, günümüzdeki genel topografik özelliklerin belirlenmesinde önemli bir

etkendir. Neotektonik dönemin başlangıcından itibaren, kabuk deformasyonları, tektonik havzaların oluşum, kırılma, kubbeleşme ve vadilerin şekillenmesi gibi süreçlerin beraberinde; buzulların etkileri, akarsuların aşındırma ve biriktirme faaliyetleri gibi dış etkenler de belirleyici olmuştur [65,66].

Türkiye Morfometrisi ile ilgili ilk önemli çalışma, Türkiye'nin yükselti basamakları, ortalama yüksekliği ve yüzölçümü, hipsografik eğri özellikleri gibi verilerin hesaplanmasıyla gerçekleştirilmiş ve 1/800.000 ölçekli haritalar kullanılarak sonuçları grafik ve diyagramlarla ortaya konulmuştur [67].

Soldere Havzası'ndaki yapısal aktivitelerin drenaj sistemindeki izlerini açıklamak için, morfometrik indisler kullanılarak "hipsometrik eğri ve integral", "drenaj havzası asimetrisi", "akarsu uzunluk-gradyan (SL) indisi" ve "vadi tabanı genişliği-vadi yüksekliği oranı" indisler hesaplanmıştır [48].

Biga Yarımadası kuzeyinde bulunan Bayramdere'nin havza oluşum ve gelişimini etkileyen tektonik aktiviteleri morfometrik analiz ile irdelenerek hesaplanıp incelenmiştir [68].

Gönen Havzası'nda bulunan Sarıköy ve Kocakıran derelerinin havza jeomorfolojisi, morfometrik indisler kullanılarak mukayese edilerek incelenmiştir [69].

Beykoz ve Tavukçudere havzaları ile kolları birlikte değerlendirilerek, bu havzaların alan, çizgisel ve relief morfometrik özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları, taşkınlarla bağlantılı olarak incelenmiş ve taşkınların olası sebeplerinin tespit ve tedbiri için morfometrik analizlerin önemi vurgulanmıştır [70].

Kuzey Anadolu Fayı (KAF) üstünde bulunan İzmit Körfezi havzasının, morfometrik metodlar kullanılarak hesaplanması ve bölgenin tektonik gelişimindeki etkisi üzerine incelemelerde bulunulmuştur [71].

Akdağ Kütlesi'nin karışık jeomorfolojik gelişimini morfometrik yaklaşımlarla ortaya koymaya çalışılmıştır bunun için uygulanan indisler; hipsometrik eğri ve integrali, profil serileri, dağ cephesi eğrilik indisi, würm daimi kar sınırı tespiti ve buzul rekonstrüksiyonudur. Ayrıca CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi)'nden yararlanılmış ve saha çalışmasına ait morfometrik analizler uygulanmıştır [72].

Türkiye'de coğrafi ortamın oluşumunun şekillenmesinde en önemli etkenin topografik özellikler olduğu yönünde bir çalışma yaparak, bu yönde sayısal bir

değerlendirme yapılmadığına dikkat çekmiştir. Bu doğrultuda, sayısal bir yükseklik modeli üretmiştir. Araştırma, Anadolu ve Trakya yarımadalarının farklı özellikler gösterebileceği gibi, coğrafi bölgelere göre ve tektonik birlikler açısından değişimi olabileceğini vurgulamıştır [73].

Türkiye'de var olan akaçlama havzaları için sınır belirlemeleri ve morfometrik indislerle hesaplamalarının ortaya konulması üzerine yapılan araştırma, ülke genelinde gerçekleştirilen morfometrik özellikleri konu alan tüm çalışmalar için tamamlayıcı bir nitelik taşımaktadır. Genellikle, havza sınırlarındaki farklılıkların akarsu drenaj özellikleri açısından yenilenerek belirlenmesi, sınırlardaki uyumsuzluk etkilerini gidermeye yönelik çalışmalara katkı sağlamıştır [74].

Uludere Havzası'nın morfometrik indisler kullanılarak; havza profiline etki eden eğim, bakı gibi özellikleri belirlenip, hipsografik analiz, nisbi rölyef ve yükselti frekansı gibi analizler uygulanarak jeomorfolojik özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır [75].

Yapılan bir diğer çalışma ise; Hoşköy Deresi Havzası için Ganos Fayının tektonik evrimi ve etkisi araştırılıp, bölgenin morfometrik özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır [76].

Büyük Menderes Havzası'nda; Morfometrik hesaplamalar için havza alan, çevre, uzunluk, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, havza şekli, dairesellik, uzama ve tekstür oranları gibi hesaplamalarla morfometrik özellikleri incelenerek, akarsu ağı dağılımı, yüzeysel akış boyu, çatallanma derecesi ve kıvrımlılık ilişkisi ArcGIS Pro (FÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü envanteri) 9.3 yazılımı ile Lineer Morfometrik parametreler için hesaplanmıştır [77].

Köprü Çayı Havzası'nın jeomorfolojisinin araştırılması için Morfometrik yöntemlerle analizi gerçekleştirmiş, yükselti, eğim, bakı ve havza profil analizi ve drenaj analizleri için hesaplamalar yapılmıştır [78].

Beyazçay Havzası morfometrik analizler kullanarak jeomorfolojik açıdan değerlendirilmiştir. Akarsu Uzunluk Oranı (Rl), Drenaj Yoğunluğu (Dd), Akarsu Sıklığı (Fs), Havza Rölyefi (Bh), Engebelilik Değeri (Rn), Tekstür Oranı (Rt), Vadi Genişlik-Yükseklik Oranı (V), Hipsometrik Eğri ve İntegral (Hi) analizleri kullanılmıştır [79].

Biga Çayı havzasında; havza ve alt havzalarını ayırarak morfometrisi bakımından inceleyip gerçekleşen taşkın olaylarının nedenlerini araştırmışlardır. Tespit edilen taşkın

retme potansiyel özellikleri değerlendirilerek, alansal, relief ve çizgisel parametrelerle morfometrik analiz sonuçları değerlendirilmiştir [80].

Akarsu morfometrik araştırmalardan yola çıkarak, Marmara Denizi'ndeki akarsu havzaları üzerinde bölgesel morfometri çalışmalarına bir başlangıç yapılmıştır. Öncelikle akarsu havzalarına ait alansal, çizgisel ve relief özellikler morfometri açısından değerlendirilerek, Marmara Denizi'nin kuzeyindeki havzaların güneyindeki havzalara nispeten daha kısa boylu, drenaj yoğunluğu daha düşük ve hipsometrik değeri yüksek, tektonik oluşumu açısından genç oldukları belirtilmiştir [81].

alıdere Havzası'nın jeomorfolojisini etkileyen yapısal ve tektonik unsurlar, morfometrik indislerle araştırılmıştır. Bunun için Marmara'nın Armutlu Yarımadası'nın kuzeyinde yer alan alıdere Havzası'na, jeolojik yapının ve tektoniğin topografyadaki izlerini tanımlama amacıyla havza morfometrik indisleri uygulanmıştır [82].

Havzalarda yapılan çalışmalarda, jeomorfolojik ve hidrolojik geleişim ve özelliklerinin saptanması için ilk olarak arazi çalışmaları yapılmalı ve ardından oluşturulan haritalandırmalar değerlendirilerek, sayısal anlamda da tanımlanması gerekliliği önem kazanmıştır. Bu şekilde oluşturulan analiz sıralamasıyla çalışma; sayısal, sözel ve görsel bilgilerle pekiştirilerek tespit edilen sonuçların ise daha güvenilir olması kaçınılmazdır [83].

2.3. Aktif Tektonik alışmalarda Sıklıkla Kullanılan Morfometrik İndisler

Jeomorfik indis uygulamalarında, incelenen bölgenin morfolojik yapısına göre bazı basit matematiksel hesaplamalara dayalı indisler kullanılmaktadır. Bir alanın olgunluk ve aşınma süreçlerinden ne derece etkilendiği, tektonik etkiler nedeniyle havzalarda oluşan morfolojik değişimler ve eğime bağlı olarak drenaj ağlarındaki yer değişimlerinin zaman içindeki farkı bu indislerin uygulanmasıyla, belirlenmeye çalışılmaktadır [84].

Yeşilyurt Fayı'nın morfolojik özelliklerinin belirlenmesi ve morfometrik analizlerin yapılması için çalışma alanının yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün envanterinde bulunan 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan yararlanılmıştır. Bu haritalar ArcGIS Pro programı aracılığıyla sayısallaştırılarak, topo to raster aracı kullanılarak raster görünütüsü elde edilmiştir. Ayrıca, erişime açık USGS görüntülerinden, ArcGIS Pro yazılımı

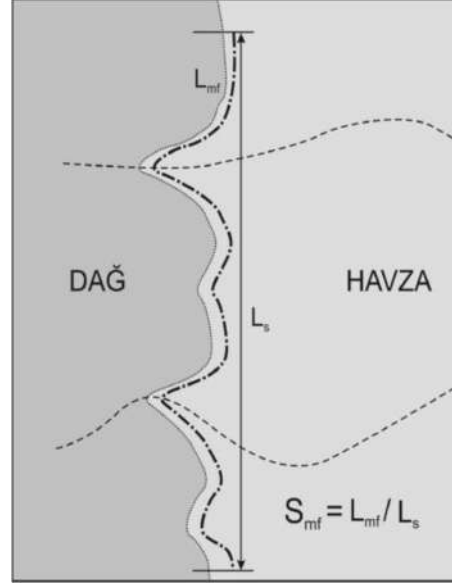
kullanılarak çalışma alanı ve çevresini kapsayan 12,5m çözünürlükteki sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, çalışma alanın 1/25000'lik topoğrafik haritalarından elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı programlar kullanılarak morfometrik analizler gerçekleştirilmiştir. SYM'de oluşan boşluklar enterpolasyon yoluyla (Tool-Fillsinks vb.) doldurularak homojen bir veri elde edilmiştir. Çalışma sırasında bölgenin drenaj havzaları ve akarsu ağı hem SYM üzerinden hem de topoğrafik haritalarda yer alan drenaj ağları üzerinden oluşturulmuştur. Bu şekilde bölgenin drenaj ağı ve havzaları en iyi şekilde oluşturulmaya çalışılmıştır. Drenaj havzaları ve akarsu ağı için ArcGIS Pro (FÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü envanteri) altında çalışan Archydro uzantısı kullanılmıştır.

Fayların etkisinde olan bir dağ cephesinin aktif tektoniği ve morfolojik gelişimi araştırılırken "Dağ Cephesi Eğriselliği (Smf)" indis formülü kullanılırken, drenaj havzalarındaki morfometrik indislerde "Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral (HE)", "Vadi Tabanı Genişliği-Vadi Yüksekliği Oranı (VF)" ve "Asimetri Faktörü (AF)" gibi morfometrik indislerden yararlanılmıştır.

2.3.1. Dağ Önü Eğriselliği (Smf)

Dağ önü sinüslüğü (Smf), dağ cephesini aşındırmaya etki eden erozyonal süreçler ile tektonik kuvvetler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkaran bir indistir. $Smf = Lmf / Ls$ formülünde; Lmf , dağ dibinde belirgin eğim kırığı boyunca uzanan dağ cephesi boyunu ifade ederken, Ls ise dağ önü düz çizgi uzunluğunu temsil eder [85] (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Dağ önü eğriselliği [86].

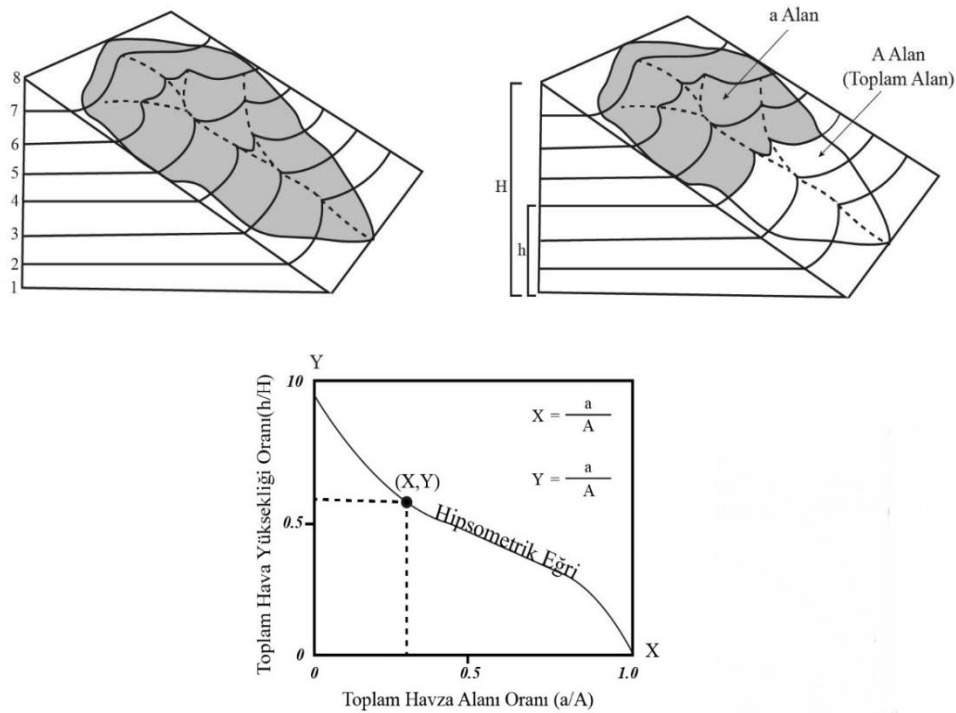
Erozyon ile tektonik aktivitenin bir fonksiyonu olan Smf indisi, bölgedeki yükselme hızına bağlı olarak çizgiselliğin farklı doğrultulara olan değişimini ifade etmektedir [87]. Bu değişimi etkileyen erozyonal süreçler ve tektonik aktivitenin denge durumu söz konusu olduğunda, dağ cephesi boyu daha sinüzoidal ve geniş bir çizgisellik oluşturur. Bu çizgisellik, dereler arasındaki mesafelerle de ilişkilendirilir; mesafe daha kısa olduğunda çizgisellik daha belirgin hale gelir [88]. Smf genellikle 3'ten küçük olur ve 1'e yakın değerler fay aktivitesiyle oluşmuş bir çizgiselliği temsil eden genç bir morfolojik oluşumu işaret eder. Smf morfometrik indis için belirlenmiş sınır değer (1,40) vardır. Yani, Smf değerleri $<1,4$ ise düşük, 1,4 ile 3 arasında ise orta derecede olduğu kabul edilir. Düşük ve orta dereceli Smf değerleri, yüksek tektonik etki altındaki dağ cephesinin bir göstergesidir, bölgenin yüksek tektonik aktivitenin etkisi altında olduğunun işaretidir [53,89].

Bölgedeki yükselme hızına bağlı olarak da Dağ önü sinüslüğü (Smf) değeri değişir. Eğer dağ önleri aktif fay etkisindeyse, düşük Smf değeri ortaya çıkarken, yükselme hızının ve tektonik etkinin azalmasıyla birlikte erozyonal etkinin baskın hale geçtiği Smf değeri ise yükselir [53,89]. Aktif dağ önlerindeki yükselmeler erozyon aktivitesine karşı baskındır. Bu nedenle, daha düşük Smf değerleri daha düz dağ önü cephesini temsil eder. Yükselme hızı çok düşük ve/veya etkisini kaybetmiş kalıtsal fay çizgiselliğine sahip dağ önleri ise, erozyon süreçlerinin baskınlığı sebebiyle daha yüksek Smf değerlerine sahiptir [90].

2.3.2. Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometrik İntegral (HI)

Günümüz morfometrik çalışmalarında sıklıkla kullanılan hipsometrik indisler, araştırılan bölgedeki akarsu drenaj evriminin günümüz tektonizmasına karşı duyarlılığını göstermektedir [91-93]

Drenaj havzalarına ait alan ve yükseklik değerlerinin oranı hipsometrik eğriyi ifade ederken, yükseklik/alan denklemi ile ifade edilmektedir. Eğri, herhangi bir noktadaki alan (a), toplam alan (A) ve o bölgenin yüksekliği (h), havzadaki en yüksek nokta (H) arasındaki oran değerleri hesaplanarak çizilir. HE'nin alt kısmındaki alan, hipsometrik integral (HI) değerini vermektedir (Şekil 2.3) [94].

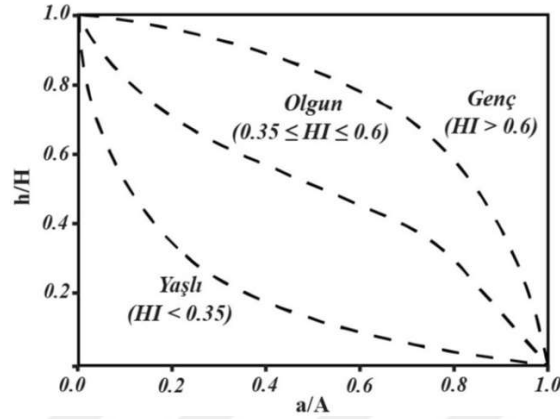


Şekil 2.3. Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometrik İntegral (HI) hesaplamasını gösteren şematik havza modeli [50,94].

$$HI = \frac{\text{Ortalama Yükseklik} - \text{Minimum Yükseklik}}{\text{Maksimum Yükseklik} - \text{Minimum Yükseklik}}$$

Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometrik İntegral (HI); bu analizin ortaya koyduğu iki farklı değeridir. Hipsometrik eğri (HE), bir bölgedeki drenaj alanında kot farklılıkları olan havzalarda, evrim sürecine ve arazi aşınım şiddetine dair bilgi verir [94]. Dış bükey

(konveks) bir eğri oluşumlu havzalar, daha genç, olgunlaşmamış ve aşınma süreci az olan havzaları karakterize ederken, S-şekilli hipsometrik eğriye sahip havzalar ise olgunlaşma evresinde ve aşınma süreci orta şiddetteki havzaların varlığına işaret etmektedir. İç bükey şekilli eğriler ise olgunlaşma evresini tamamlayan, yaşlı ve erozyon faaliyetleri yüksek olan havzaları ifade eder [89,95] (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. HE'nin temsil ettiği morfolojinin erozyon döngüsündeki konumu [96].

HE ve HI morfolojinin evrim sürecine göre üç farklı sınıf ifade eder: (a) Dışbükey şekilli eğriye sahip havzanın ve HI'nın 0.5'ten büyük olduğu durumlar, tektonik etkinin aşınmadan baskın olduğunu gösterir. (b) S-şekilli eğriye sahip havzalar HI'nın 0.3 ila 0.5 arasında değer aldığı durumlar, tektonik ve aşınma etkilerinin dengede olduğunu ifade eder. (c) İç bükey şekilli eğriye ait havzalar ise HI'nın 0.3'ten az hesaplandığı durumlar ise aşınmanın tektonik kuvvetlere göre daha baskın olduğunu gösterir [89,94]. Yani Yüksek hipsometrik integral değerleri, genellikle düz alanlara sahip derin vadileri belirtirken, orta ve düşük hipsometrik integral değerler daha eşit oranlı bir şekilde aşınmış drenaj havzalarını belirtir. HE'nin altında kalan alan, hipsometrik integral (HI) olarak adlandırılır ve bu değer genellikle 0 ila 1 arasında değişmektedir. 0'a yakın bir HI değeri yüksek derecede erozyonu, 1'e yakın bir değer ise düşük derecede erozyonu ifade eder (Şekil 2.4). HI, havzanın yükseklik değişimlerinin ortalama değere göre konumunu belirten bir gösterge olarak kabul edilir. Örneğin, HI>0.5 genç drenaj havzalarını, HI<0.3 yaşlı drenaj havzaları, 0.3<HI<0.5 ise oluşumunu tamamlamış, denge halindeki drenaj havzalarını göstermektedir [94].

Hipsometrik integral değeri yüksek havzalar, genel topografyanın yüksek ve dik olduğuna işaret eder. Bu, havzanın gençlik aşamasında olduğunu işaret eder. Orta ve düşük hipsometrik integral değerleri ise, havzanın topografisinin aşınmış olduğunu ve

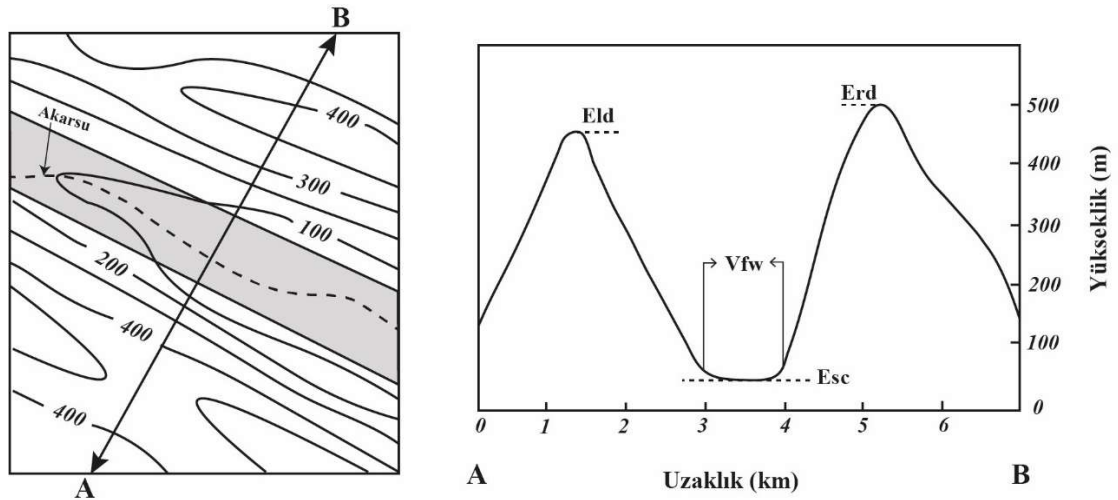
daha düzeldiğini işaret eder. Bu durum, havzanın olgunlaşma veya yaşlılık kademesinde olduğunu gösterir. Gençlik kademesinde olan bir havzada, yüksek yatak eğimleri ve yüksek derinliklere sahip akarsular genellikle kanyon veya "V" şeklinde vadiler içinden akarlar. Bu tür vadilerin içinde akarsular henüz yeterince aşınmadığından ötürü genellikle taşkın ovaları bulunmaz. Olgunlaşma aşamasında olan bir havzada, akarsular genellikle menderes şekilli meandırlar oluşturur ve vadiler genişlemeye başlar. Akarsuların deniz seviyesine kadar aşındırarak meandırların olduğu bu aşamada, taşkın ovaları oluşmaya başlar. Yaşlılık aşamasında olan bir havzada ise, eğimlilik ortadan kalkıp, akarsular geniş vadi tabanlarında akar. Bu aşamada akım hızı oldukça düşüktür ve akarsuların yatakları oldukça düzdür. Hipsometrik integral değerinin sınır değerleri şu şekildedir: 0-0.40 arasındaki değere sahip olanlar yaşlılık, 0.40-0.60 arasındaki değere sahip olanlar olgunlaşma aşamasını, 0.60 ve üzeri değerler ise gençlik aşamasını gösterir [97].

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

Vf Değeri, tektonik etkilerin görüldüğü alanlarda buzullaşmanın etkisi ile derinlemesine oyulmuş "V" şekilli vadilerle, pasif olarak oluşan "U" şekilli vadilerin arasında olan farkı gösterir. Vf İndisini doğru bir şekilde hesaplamak için akarsu vadilerinin dağ önlerine yakın bölgelerinde ölçümler yapılması gerekmektedir. Vadi yapısına göre Vf değerleri değişiklik gösterebilir. Bölgedeki tektonik yükselmeye bağlı olarak, "V" şeklindeki vadilerde düşük Vf değerleri gözlenirken, yükselme hızı arttıkça bu değerler de artar ve derinlemesine aşınmanın da bir göstergesidir [50].

Bir bölgedeki tektonik etkileri ve yükselme hızını değerlendirmek için çoğunlukla kullanılan indislerden biri, Vadi Tabanı Genişliği ile Vadi Yüksekliği arasındaki orandır. Vf morfometrik indis değeri için genellikle aşağıdaki denklem kullanılır [88] :

$$Vf = \frac{2V_{fw}}{(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})}$$

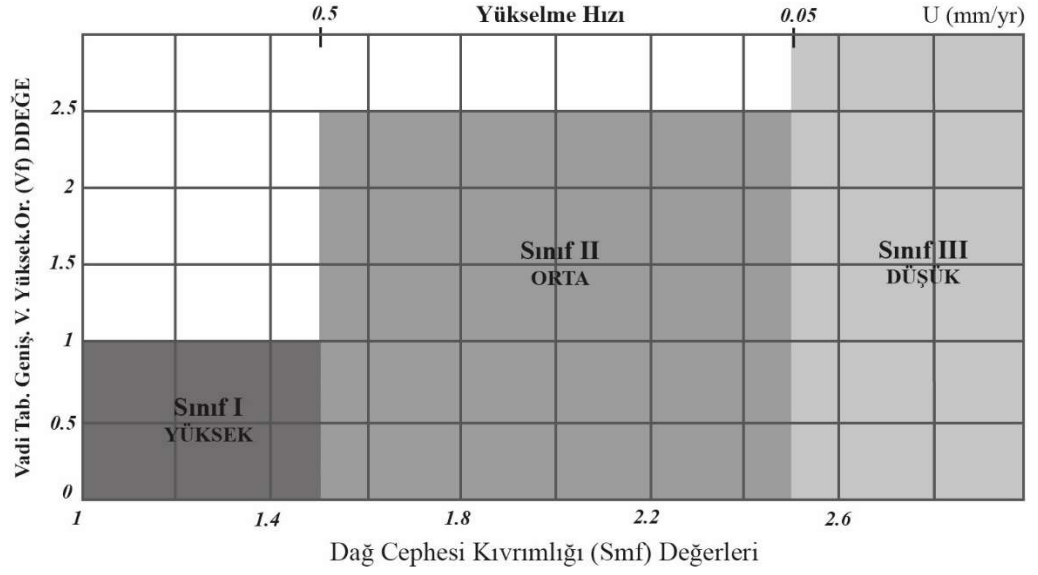


Şekil 2.5. Vadi tabanının genişliğinin – vadi yüksekliğine oranına ait kesit görünümü (Vf) [86,89].

Bu durumda, Vf , vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranını ifade ederken; v_{fw} , vadi tabanı genişliğini temsil eder; E_{ld} , vadinin sol tarafında yer alan su bölümünün akış yönüne göre topoğrafik yüksekliğini belirtir; E_{rd} , vadinin sağ tarafında yer alan su bölümünün akış yönüne göre topoğrafik yüksekliğini gösterir; E_{sc} ise vadi tabanının topoğrafik yüksekliğini ifade eder (Şekil 2.5) [58,88].

Vf Değeri, tektonik etkilenmiş alanlarda oluşan derin "V" şeklindeki vadiler ile buzullaşmanın etkisiyle veya pasif olarak meydana gelen "U" şekilli vadiler arasındaki ayrımı gösterir. En uygun Vf değerini hesaplamak için akarsu vadilerinin dağ önlerine yakın bölgelerinde ölçümler yapılmalıdır. Vf Değerleri, vadi yapısına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bölgedeki tektonik yükselme, "V" şeklindeki vadilerde düşük Vf değerleri ile ilişkilendirilirken, yükselme hızı arttıkça bu değerler de artar ve derin aşınmayı işaret eder. [58,87,98]; aksi şartlarda yüksek Vf değerine sahip vadilerin aşınım süreçleri, tektonik yükselmeye kıyasla etkin olduğu ve yükselme etkisinin çok düşük olduğu belirtmektedir.

Morfometrik analizlerde, vadi önü genişliğiyle, vadi uzunluğu (Vf) ve dağ önü eğriliği (Smf) arasında bir ilişki olduğu bilinmektedir [87,98]. Fay segmentlerinin birbirleriyle göreceli aktiflik derecesi ve bölgedeki yükselme hızı hesaplanmaktadır (Şekil 2.6).



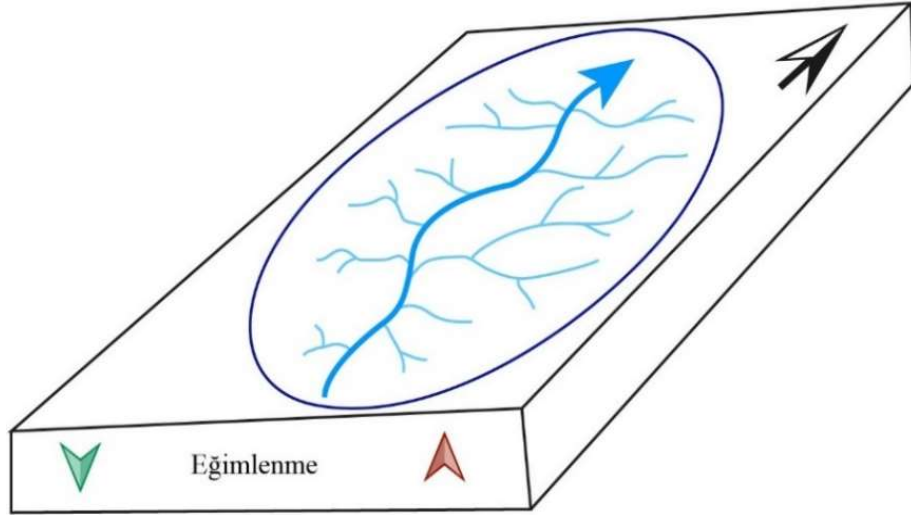
Şekil 2.6. Segmentler için Smf ve Vf değerlerinin temsilcisi oldukları tektonik sınıf ve grafiksel görünüşleri tablosu [87].

2.3.4. Asimetri Faktörü (AF)

Drenajların oluşturduğu havzanın tektonik aktiviteden etkilenip etkilenmediğini gösteren bir indistir. AF indisi, havzanın simetrisini değerlendirerek tektonik hareketlerin havza morfolojisini nasıl etkilediğini gösterir. Drenaj havzası asimetri indisinin formülü aşağıdaki şekildedir:

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

Ar sembolü drenaj havzasının sadece bir bölümünü yani sağ tarafta bulunan alanı belirtirken, At simgesi ise toplam drenaj alanını göstermektedir (Şekil 2.7). Tektonizma etkisiyle drenaj alanında meydana gelen eğimlenmenin nicel olarak ifade edilebilmesi için bu indis kullanılmaktadır [89].



Şekil 2.7. Asimetri faktörünün tektonik blok üzerinde ana akım yönünün sağ ve solundaki alanda gözlenen değişimin şematik gösterimi [99].

Analiz sonucunda bulunan AF değerleri 50 civarında ise drenaj alanında bir eğimlenme olduğundan söz edilememektedir. Dolayısıyla havzayı etkileyen tektonik unsurların olmadığı belirtmektedir (Şekil 2.7). Fakat drenaj asimetri indisi “ $AF < 45 - 55 < AF$ ” ise tektonizmadan etkilendiğini ve eğimlenmenin olduğunu göstermektedir.

AF değerinin 50’den uzaklaşması, drenaj alanındaki çarpıklık etkisi ve yönüne ilişkin bilgi vermektedir. Havzanın simetri eksenindeki sapmanın sınıflandırılması üç şekilde sınıflandırılmıştır (Çizelge 2.1) [53,95].

Çizelge 2.1. AF indisi sınıflandırması.

Sınıf	Değer aralığı	AÇIKLAMA
Düşük Asimetri	$AF \approx 50$	Yüksek seviyede tektonik aktiviteye bağlı simetri bozukluğu
Orta Asimetri	$AF = 45-55$	Havzanın hafifçe asimetrik olduğunu ve muhtemel tektonik etkilerin olduğunu gösterir.
Yüksek Asimetri	$AF < 45$ veya $AF > 55$	Havzanın belirgin şekilde asimetrik olduğunu ve güçlü tektonik etkilerin mevcut olduğunu gösterir.

AF indisi, Özellikle, nehir havzalarının morfolojik analizlerinde, fay hatlarının incelenmesinde ve bölgesel tektonik aktivitelerin belirlenmesinde önemli bir göstergedir. AF indisinin analizi, arazi deformasyonlarının, yükselme ve çökelme alanlarının belirlenmesinde, jeomorfoloji ve tektonik jeoloji çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır.

2.4. Deprem Büyüklük Hesaplamaları

Fayların üretebileceği olası depremlerin Moment büyüklüğü (M_w) değerleri hesaplanabilir. $M_w = a + b \log (SRL)$

Yukarıdaki eşitlikte,

SRL: Beklenen yüzey kırığının (ya da tasarım depremini üretmesi beklenen fay segmentinin) uzunluğu (km) olup, a ve b katsayıları: Fayın türüne bağlıdır (Çizelge 2.2.) [95].

Çizelge 2.2. Fay segmenti yaklaşımı ile senaryo deprem büyüklüğünü veren eşitlikteki a ve b katsayıları [96].

<u>Fay Türü</u>	<u>a katsayısı</u>	<u>b katsayısı</u>
Doğrultu atımlı fay	5.16	1.12
Normal fay	4.86	1.32
Ters fay	5.00	1.22
Tüm fay türleri	5.08	1.16

Aktif doğrultu atımlı fayın uzunluğuna bağlı olarak üretebileceği depremin büyüklüğü aşağıdaki formül ile ifade edilmiştir [96];

$M = a + b \cdot \log (SRL)$ formülünde a ve b katsayıları yerleştirildiğinde;

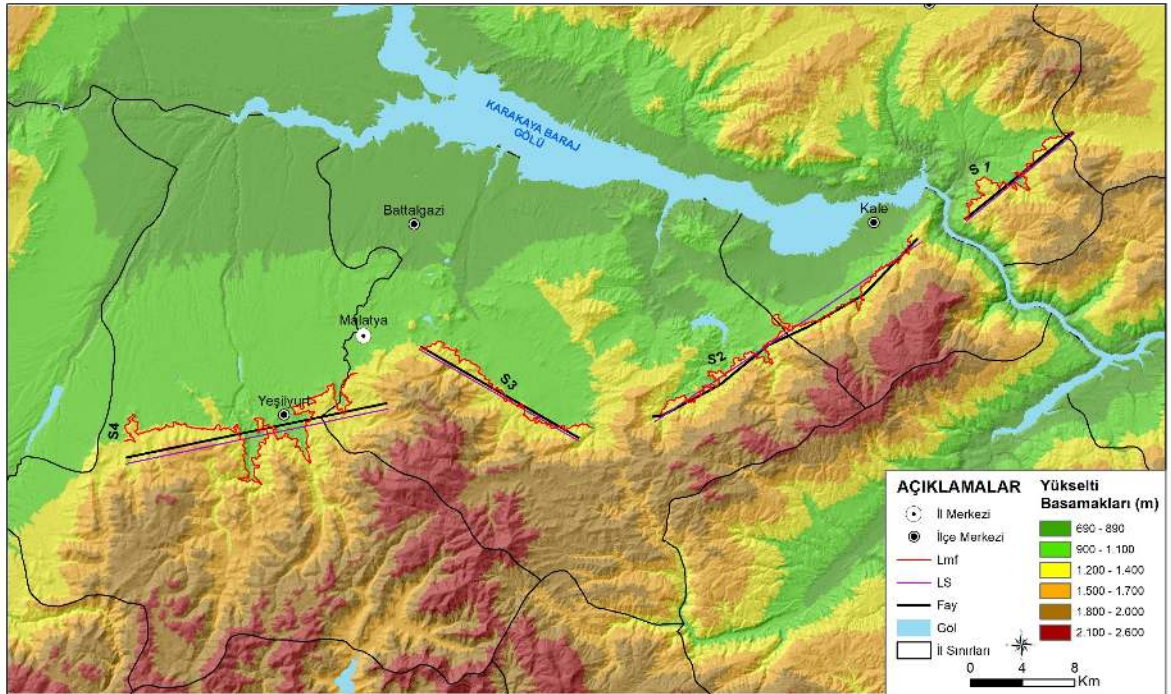
$MW = 5,16 + (1,12 \times \log(L))$ (Doğrultu atımlı faylar için)

Burada; MW Moment magnitüdü, L; fayın uzunluğu (km) ifade edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Dağ Önü Eğriselliği (Smf)

Yeşilyurt Fayı'nın, dağ önlerinden geçen kesimlerinden bu dağların yamaçlarını tektonik olarak ne ölçüde kontrol ettiğini belirleyebilmek amacıyla bu indis kullanıldı. YF için hesaplanan Smf değerleri Çizelge 3.1' de sunulmuştur. Hesaplanan Smf değerleri Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere oldukça büyük değerler olup, $1.70 < Smf < 3.50$ arasında değişmektedir. Çalışma alanı içerisinde en düşük Smf değeri S3 segmenti, en yüksek Smf değeri ise fayın en batı kesiminde yer alan S4 segmenti üzerinde hesaplanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanında bulunan Smf ölçüm alanları.

Yeşilyurt Fayı üzerinde hesaplanan Smf değerleri S1, S2 ve S3 için 3'ten küçük olmakla birlikte, S4 değeri 3'ün üzerindedir. Belirtildiği üzere Smf değerleri 1'e yaklaştıkça tektonizmanın baskın olduğu genç bir morfolojiyi işaret ederken, 3'e tektonizmanın etkisinin azaldığı anlamına gelmektedir. Pek çok çalışmada Smf değerinin 1,40'dan küçük olduğu değerler tektonizmaya işaret eder. Şayet Smf değerleri, 1,4 ile 3 arasında ise orta derecede tektonizmanın etkisinden söz edilir. YF üzerinde 1,40'dan daha küçük bir Smf değeri elde edilememiştir. S1, S2 ve S3 segmentleri Smf değeri açısından orta derecede tektonizmaya, S4 ise düşük derecede tektonizmaya işaret eder.

Çizelge 3.1. Yeşilyurt Fayı üzerinde yer alan segmentlere ait Smf değerleri

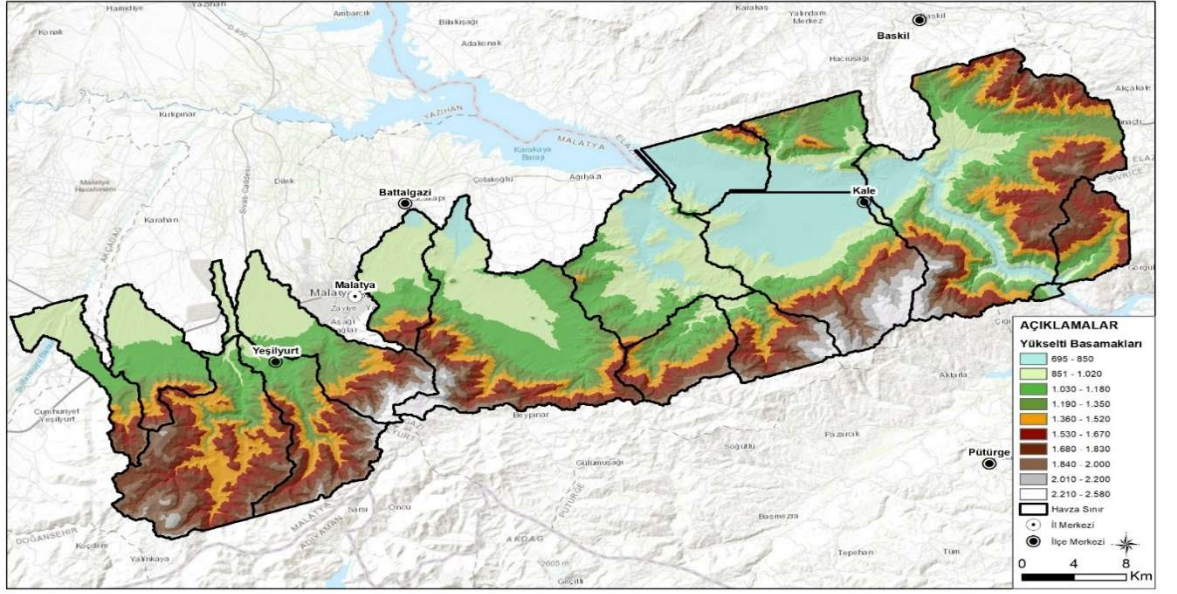
Segment numarası	Lmf	Ls	Smf
S1	22512	10657	2,11
S2	48054	24642	1,95
S3	24463	14079	1,73
S4	70014	20518	3,41

3.2. Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral (HI)

Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometrik İntegral (HI), bir vadide yer alan akarsuyun güncel tektonizmaya karşı erozyonal faaliyetler ve kazılma şiddeti ile arasındaki bağlantının kurulması için sıklıkla kullanılan indislerden biridir. Drenaj havzasının kazınma derecesi ve olgunluğu hakkında bilgi sahibi olmak üzere Yeşilyurt Fayı boyunca 17 alt havzada Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometrik İntegral (HI) indisleri kullanılmıştır (Şekil 3.2).

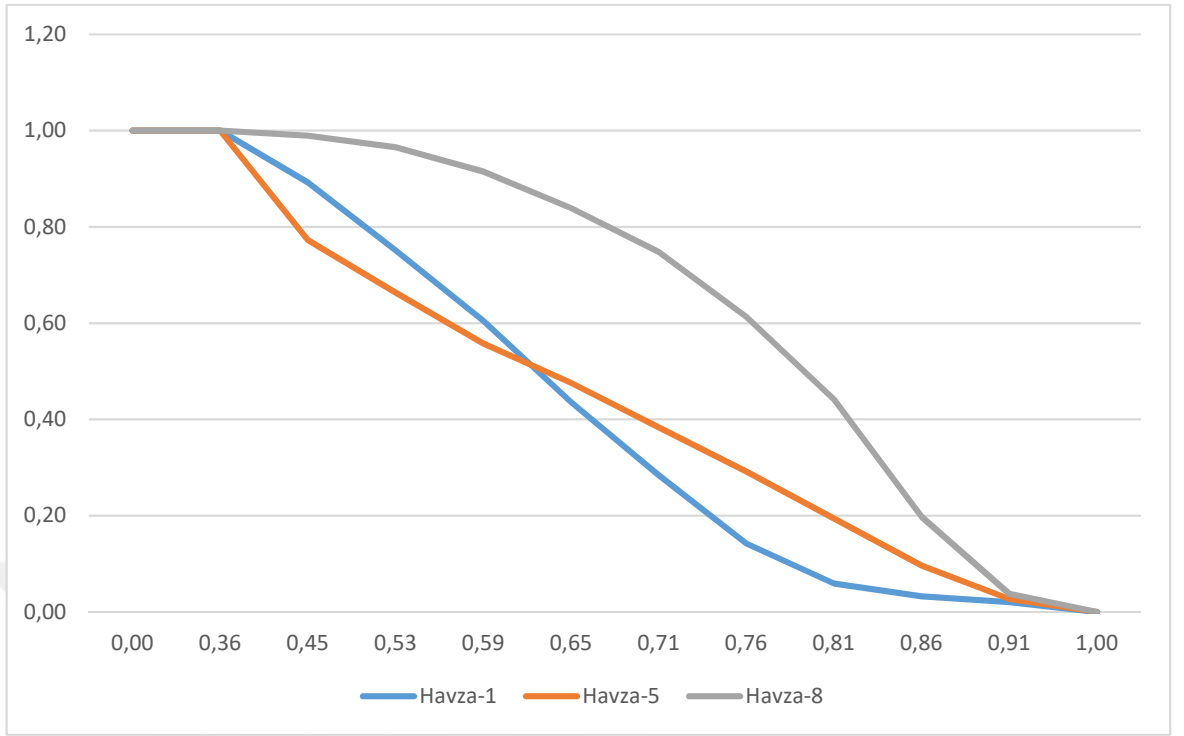
Bir havzanın yüksekliğinin, havzanın alanına oranı olarak hesaplanan hipsometrik eğriler ve bu eğriler altında kalan hipsometrik integral değerleri bize havzanın hangi aşım evresinde olduğu, tektonik ve erozyonel süreçlerinden hangisinin egemen olduğu hakkında bilgi verir.

Hipsometrik integral (HI) değerleri, her bir segmentteki havzaların jeomorfolojik gelişim süreçlerini ve erozyon derecelerini değerlendirmek için önemli bilgiler sunmaktadır. HI değerleri, havzaların genç, olgun veya yaşlı jeomorfolojik evrelerde olup olmadıklarını eğrinin şekline göre dış bükey (konveks) veya iç bükey (konkav) olma durumuna göre belirler. Dış bükey eğrilere sahip havzalar, genellikle genç ve aktif morfolojik süreçlere sahipken, iç bükey eğrilere sahip havzalar daha olgun veya yaşlı aşamalarda, yoğun erozyonun etkili olduğu bölgeleri temsil eder.



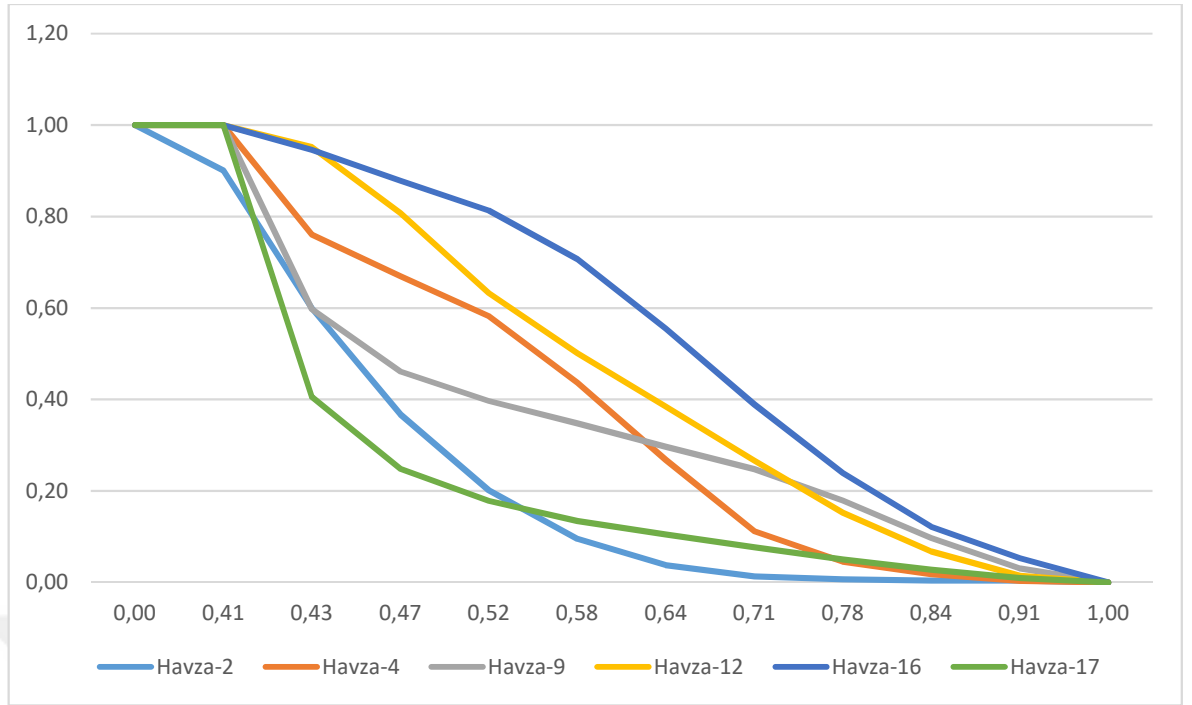
Şekil 3.2. Yeşilyurt Fayı'nın yer aldığı ana akaçlama havzasının alt havzaları.

S1 segmentinde bulunan havzaların hipsometrik integral (HI) değerleri, bu segmentte farklı jeomorfolojik evrelerin ve eğri şekillerinin olduğunu göstermektedir. Havza-1 ($HI = 0.3565$) ve Havza-5 ($HI = 0.3885$) olgunluk aşamasında olup, HI değerleri bu havzaların eğrilerinin genellikle iç bükey (konkav) bir şekil aldığını ve bu da erozyon ile yükselme süreçlerinin dengelendiğini gösterir. Havza-8'in HI değeri ise 0.6249 olup, bu değer havzanın dış bükey (konveks) bir eğriye sahip genç bir havza olduğunu ve aktif yükselme süreçlerinin veya düşük erozyonun etkili olduğunu belirtir. Bu durum, S1 segmentinde jeomorfolojik çeşitliliğin bulunduğunu ve farklı gelişim aşamalarındaki havzaların yer aldığını göstermektedir (Şekil 3.3).



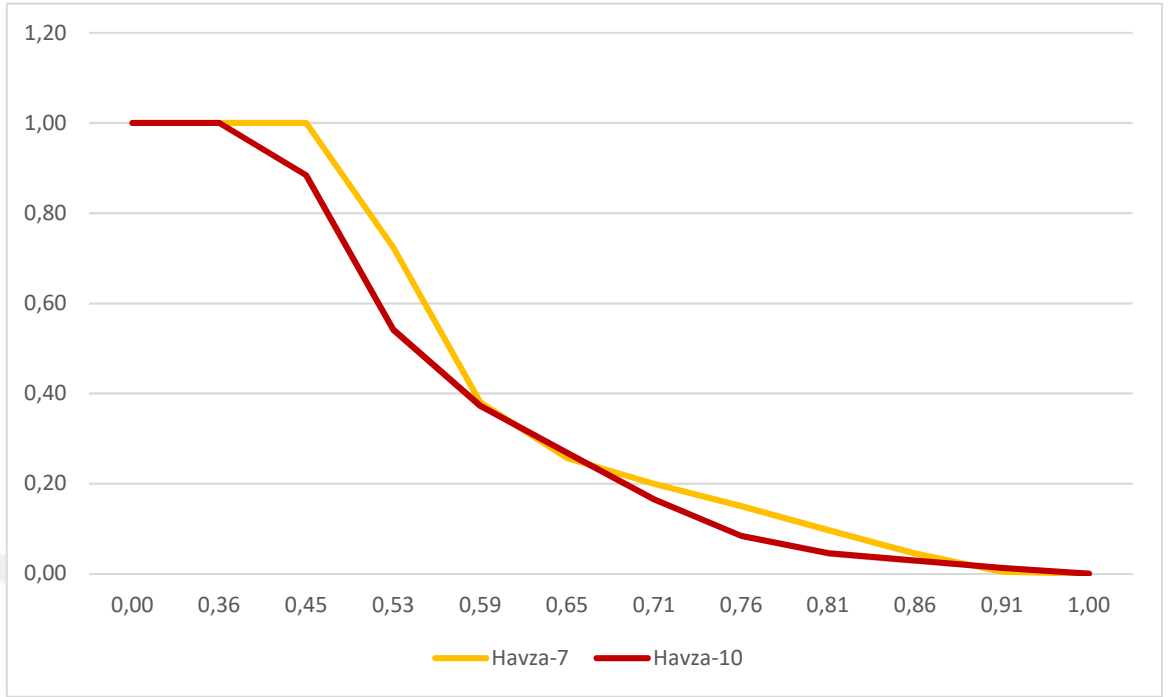
Şekil 3.3. S1 segmenti üzerindeki havzalara ait hipsometrik eğrilerin bir arada gösterimi.

S2 segmentindeki havzaların HI değerleri, büyük ölçüde olgun ve yaşlı aşamadaki havzaları işaret etmektedir. Havza-2 (HI = 0.2678) ve Havza-17 (HI = 0.1585), iç bükey (konkav) eğriler sergileyen yaşlı havzalardır; bu da bu alanların yoğun erozyonla şekillenmiş ve stabil olduğunu gösterir. Havza-4 (HI = 0.3387), Havza-9 (HI = 0.3055), ve Havza-12 (HI = 0.4264) HI değerleri ile hafif iç bükey eğriler sergileyen olgun havzalardır ve erozyon ile yükselme süreçlerinin nispeten dengede olduğu alanları temsil eder. Havza-16'nın HI değeri 0.5176 olup, bu değer havzanın hafif dış bükey (konveks) eğrili genç bir morfolojik gelişim sürecinde olduğunu gösterir; bu da erozyonun nispeten düşük olduğu veya aktif tektonik süreçlerin etkili olduğu bir bölgeyi yansıtır. Bu durum, S2 segmentinde de çeşitli jeomorfolojik evrelerin ve eğri şekillerinin varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 3.4).



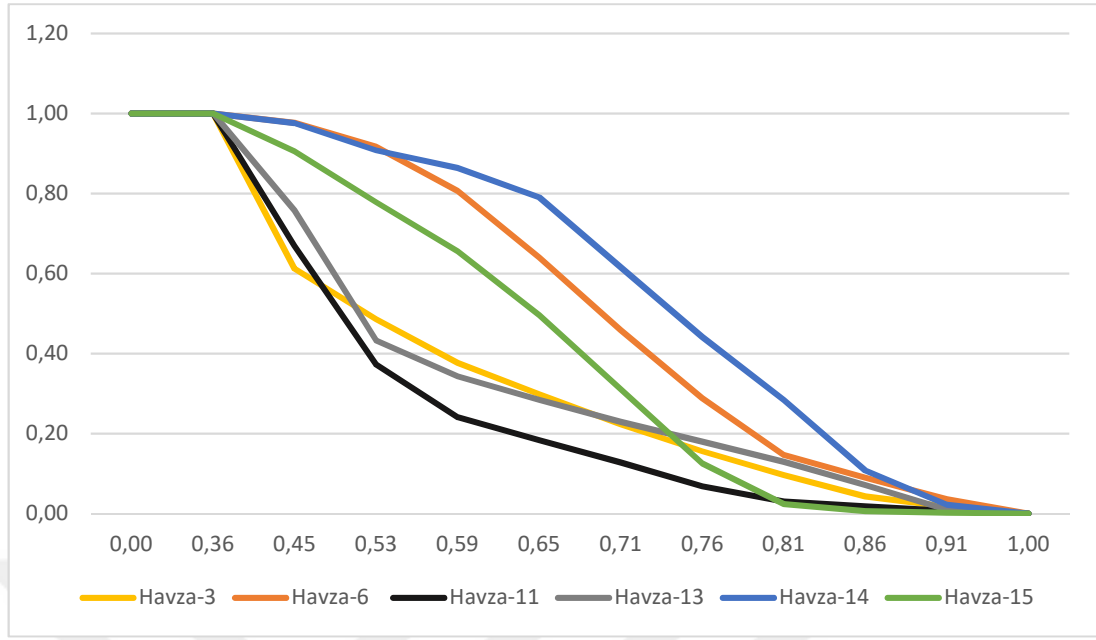
Şekil 3.4. S2 segmenti üzerindeki havzalara ait hipsometrik eğrilerin bir arada gösterimi.

S3 segmentinde bulunan havzaların HI değerleri, her iki havzanın da yaşlı havzalar kategorisinde olduğunu ve bu havzaların iç bükey (konkav) eğrilere sahip olduğunu gösterir. Havza-7 (HI = 0.2334) ve Havza-10 (HI = 0.2908) düşük HI değerleriyle büyük ölçüde erozyona uğramış ve stabil topoğrafyayı temsil eder. Bu, S3 segmentinde daha yaşlı ve aşınmış havzaların hâkim olduğunu ve erozyon süreçlerinin uzun süre boyunca etkili olduğunu gösterir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. S3 segmenti üzerindeki havzalara ait hipsometrik eğrilerin bir arada gösterimi.

S4 segmentinde yer alan havzaların HI değerleri ve eğri şekilleri, bu segmentteki havzaların farklı jeomorfolojik evrelerde olduğunu ve çeşitli eğri formları sergilediğini ortaya koymaktadır. Havza-3 (HI = 0.2751), Havza-11 (HI = 0.2237) ve Havza-13 (HI = 0.2913) iç bükey (konkav) eğrili yaşlı havzalardır; bu da bu havzaların büyük ölçüde aşınmış ve stabilize alanlar olduğunu gösterir. Havza-6 (HI = 0.4737) ve Havza-15 (HI = 0.3777) ise olgun havzalar olarak değerlendirilebilir ve bu havzalar hafif iç bükey eğrilerle karakterize olup, erozyon ve yükselme süreçlerinin dengelendiği anlamına gelir. Havza-14'ün HI değeri 0.6026 olup, bu havza dış bükey (konveks) eğrili genç bir havza olarak sınıflandırılabilir; bu durum, aktif bir morfolojik gelişim sürecinde olduğunu veya erozyon oranlarının nispeten düşük olduğunu gösterir. S4 segmentinde hem genç, hem olgun, hem de yaşlı havzaların bulunması, segmentin jeomorfolojik olarak çeşitliliğe sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 3.6).



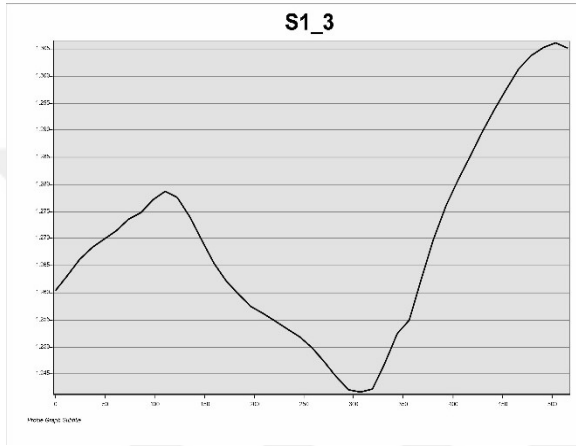
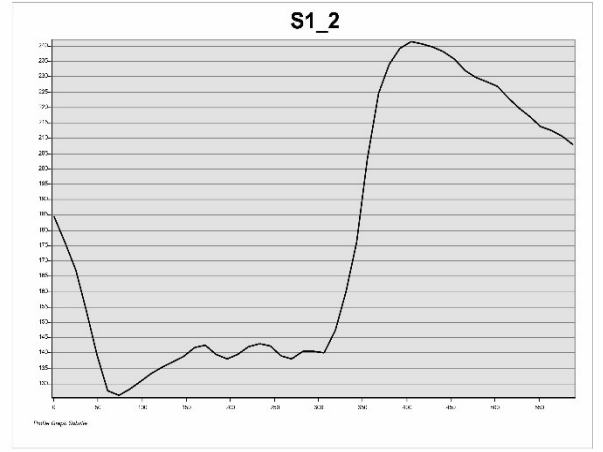
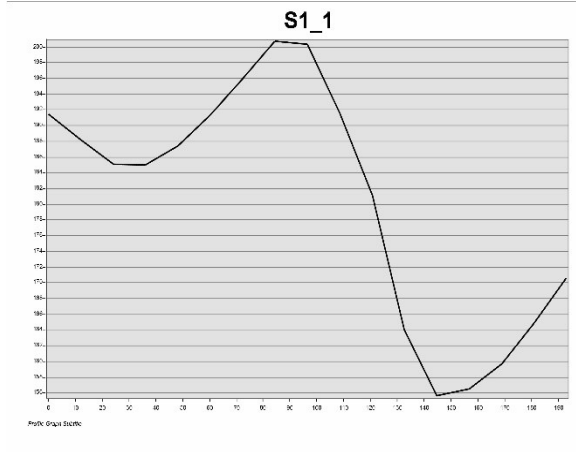
Şekil 3.6. S4 segmenti üzerindeki havzalara ait hipsometrik eğrilerin bir arada gösterimi.

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

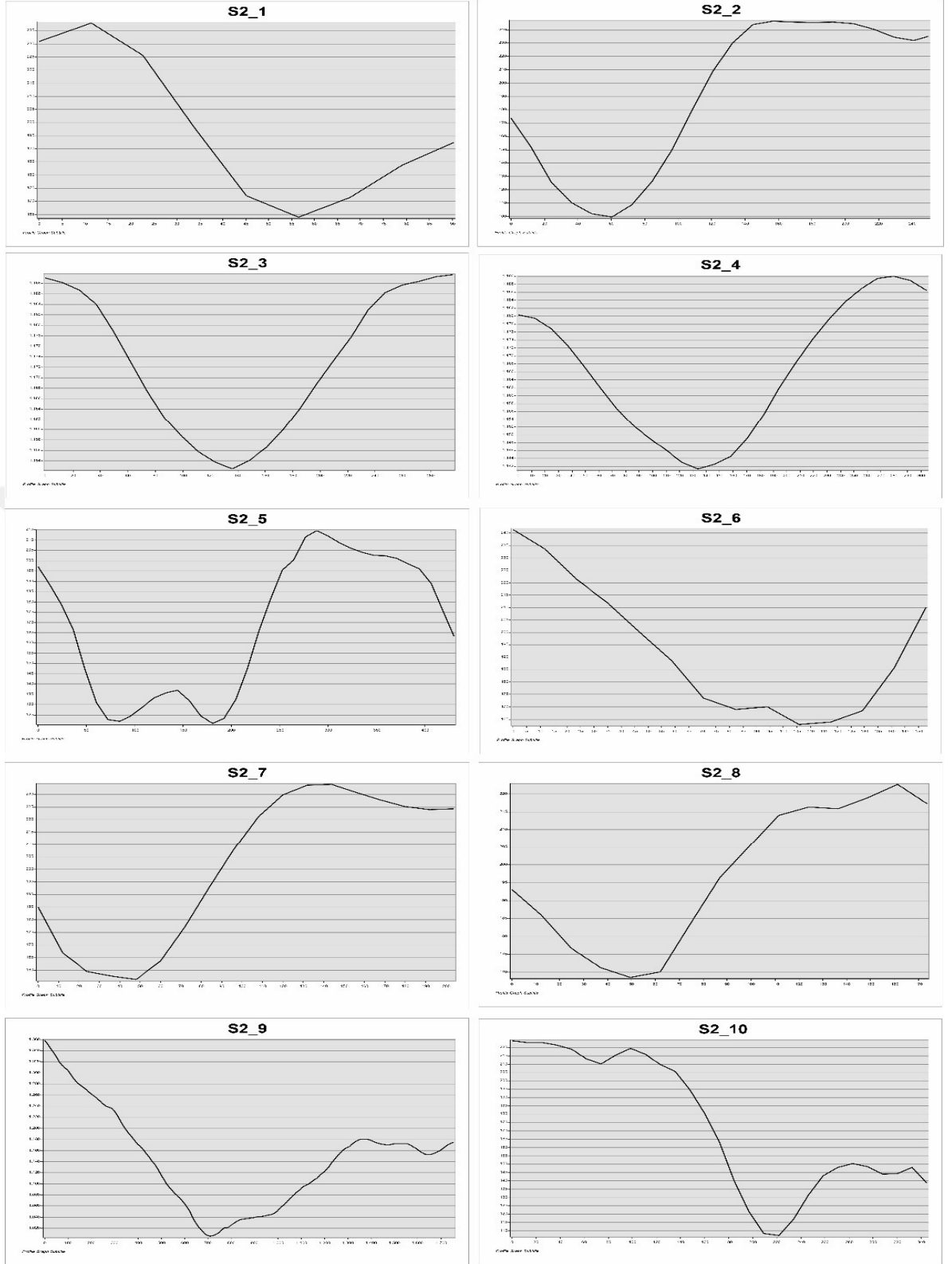
Çalışma alanında S1, S2, S3, S4 segmentleri boyunca 19 adet V_f değeri hesaplanmıştır (çizelge 3.2). Hesaplanan V_f değerlerine ait S1 segmenti (Şekil 3.7), S2 segmenti (Şekil 3.8), S3 segmenti (Şekil 3.9) ve S4 segmenti (Şekil 3.10) eğri grafikleri gösterilmiştir. Değerler 0,2 ile 1,8 arasında değişmektedir. Genel olarak bakıldığında S2 segmenti üzerindeki vadilere ait V_f değerlerinin diğer segmentlerdeki vadilere oranla nisbeten daha düşük olduğu görülmektedir. Bu düşük değerler S2 segmentine dik uzanan vadilerin derine doğru kazıldığını ‘V’ şekilli vadiler oluşturduğunu ve vadilerin yükselim hızlarının yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.8). S4 segmenti üzerinde ki vadilere ait V_f değerleri ise yüksek değerler olup çoğunlukla U şekilli vadiler oluşturduğunu ve vadilerin yükselim hızlarının düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.10).

Çizelge 3.2. Çalışma alanına ait alt havzalarının V_f değerleri.

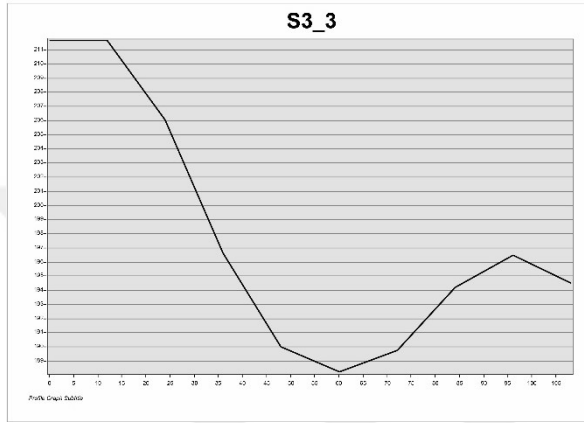
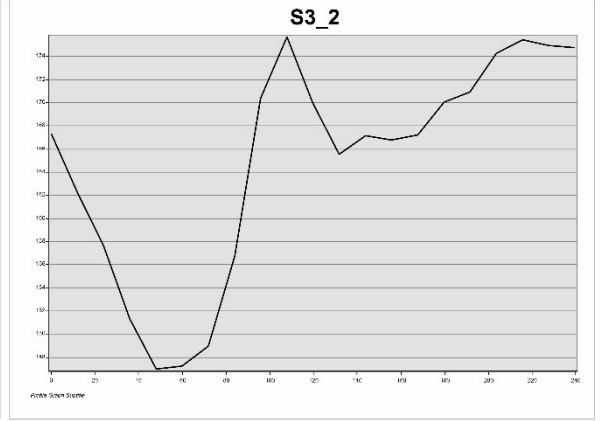
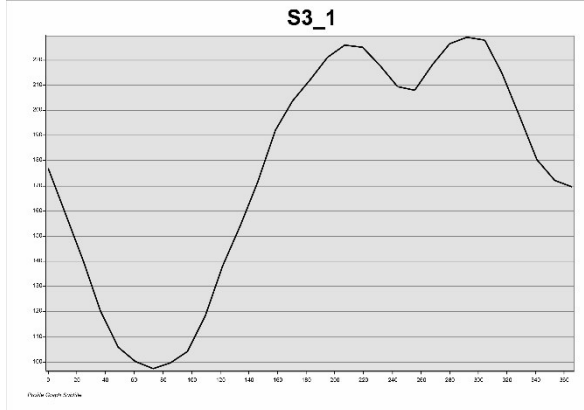
	Alt segment numarası	Hesaplana V_f değeri	Ortalama V_{fort} değeri
S1	S1-1	0,68	0,7
	S1-2	0,4	
	S1-3	1,05	
S2	S2-1	0,31	0,5
	S2-2	0,28	
	S2-3	0,85	
	S2-4	0,69	
	S2-5	0,4	
	S2-6	0,2	
	S2-7	0,5	
	S2-8	0,61	
	S2-9	0,38	
	S2-10	0,53	
S3	S3-1	0,4	1,0
	S3-2	1,3	
	S3-3	1,33	
S4	S4-1	1,81	1,2
	S4-2	1,11	
	S4-3	0,62	



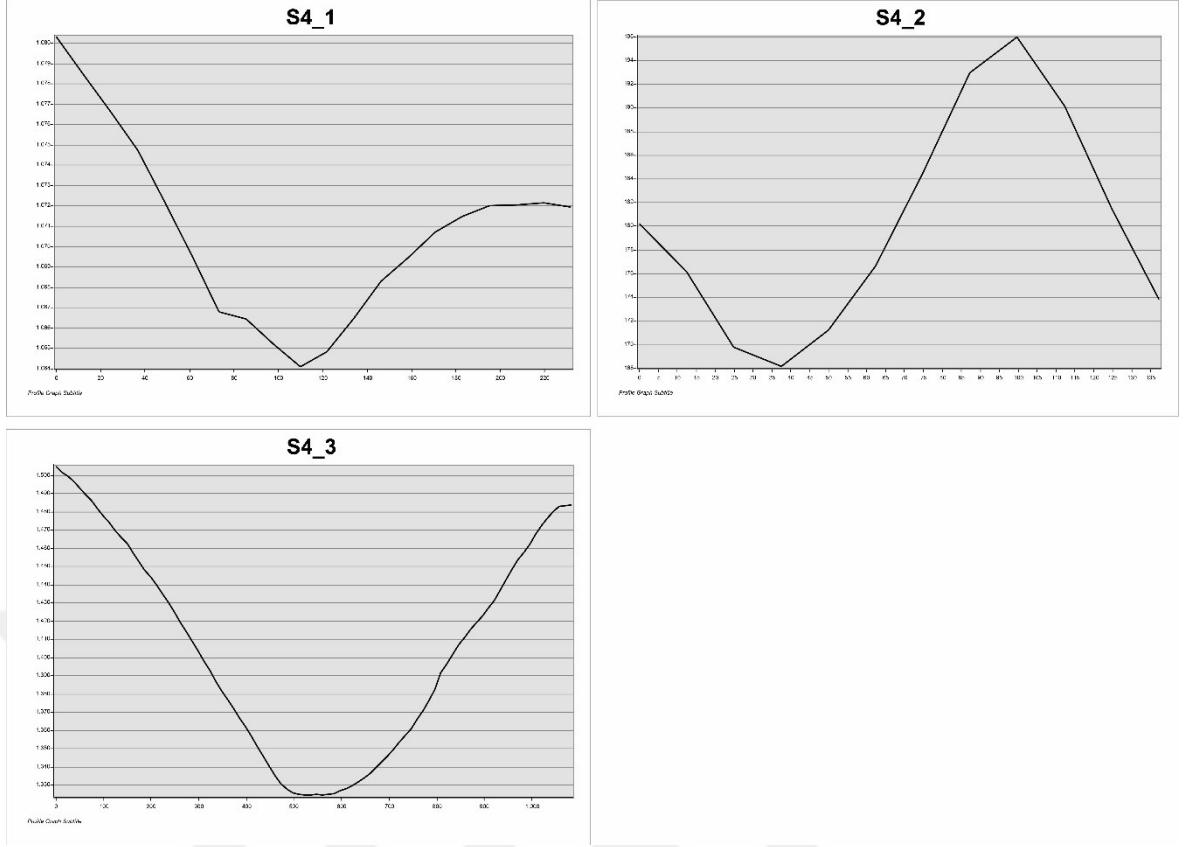
Şekil 3.7. Yeşilyurt Fayı S1 segmenti üzerinde yer alan S1-1 ila-S1-3 numaralı vadilere ait V_f değerlerinin hesaplanmasını gösteren grafikler.



Şekil 3.8. Yeşilyurt Fayı S2 segmenti üzerinde yer alan S2-1 ila S2-10 numaralı vadilere ait Vf değerlerinin hesaplanmasını gösteren grafikler.

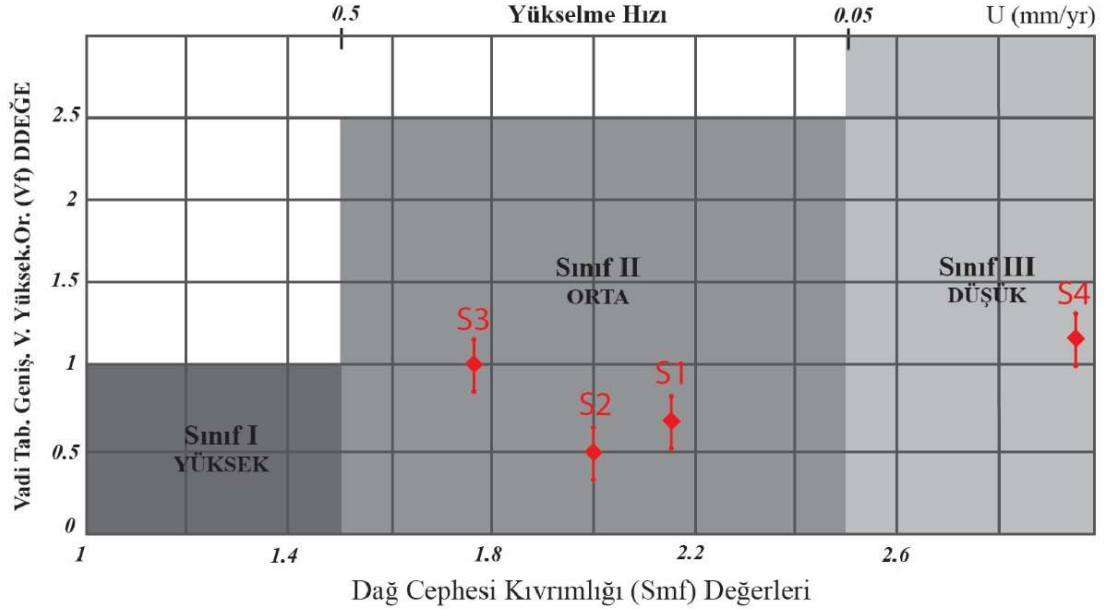


Şekil 3.9. Yeşilyurt Fayı S3 segmenti üzerinde yer alan S3-1 ila S3-3 numaralı vadilere ait Vf değerlerinin hesaplanmasını gösteren grafikler.



Şekil 3.10. Yeşilyurt Fayı S4 segmenti üzerinde yer alan S4-1 ile S4-3 numaralı vadilere ait Vf değerlerinin hesaplanmasını gösteren grafikler.

Smf ile Vf oranları bölgesel yükselme hızını üç sınıfa ayırmaktadır. Bu sınıflama: aktif tektonik dağ cepheleri için $>0.5 \text{ mm/yıl}$ 'dır. Sınıf 2, orta hızdaki dağ cepheleri için $0.005-0.5 \text{ mm/yıl}$, sınıf 3 ise dağ cepheleri aktif olmayan bölgeler $<0.005 \text{ mm/yıl}$ şeklindedir. YF üzerinde yer alan 4 adet segment için Vf ve Smf değerleri hesaplanmıştır. Grafikselsel olarak Vf ve Smf değerlerildiğinde S1, S2 ve S3 segmentleri için elde edilen göreceli yükselme hızının 0.5 ile $0,05 \text{ mm/yıl}$, S4 segmenti için ise $0,005 \text{ mm/yıl}$ 'dan daha düşük olduğu görülmektedir. Segmentler kendi aralarında değerlendirildiğinde yükselme hızlarının çoktan aza doğru S3, S2, S1 ve S4 olarak sıralandığı görülür (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Her bir segment için hesaplanan Smf ve Vf değerlerinin grafiksel görünümü ve temsilcisi oldukları tektonik sınıflar [87].

3.4. Asimetri Faktörü (AF)

Drenaj havzasını ortasından geçen ve havzayı iki eş alana ayıran ana yatağın sağında ve solunda kalan alan aynı litoloji içerisinde yer alması ve tektonik tiltlenme olmaması durumunda birbirine eşittir. Bu alanların birbirine eşit olduğu durumlarda asimetri faktörü 1'dir ve havza denge durumundadır. Asimetri faktörünün 1'den sapması durumu bize havzada bir tiltlenme meydana geldiğini göstermektedir. Yeşilyurt Fayı boyunca tanımlanan 17 alt havzanın asimetri faktörleri hesaplanarak havzaların asimetrisi araştırılmıştır (Çizelge 3.3)

Asimetri Faktörü değeri ölçümleri eğer;

AF = 50: Havza simetriktir ve önemli bir tektonik aktivite yoktur.

AF ≠ 50: Havza asimetriktir ve bu durum tektonik hareketlerin bir göstergesi olabilir.

AF değerinin 50'den uzaklaşması, havzanın çarpıklık etkisine ve yönüne ilişkin bilgi verir. Örneğin, AF değerinin 50'den büyük olması, havzanın sağ tarafında daha fazla birikim olduğunu ve bu bölgenin yükseldiğini gösterebilir. Tam tersi durumda, AF değerinin 50'den küçük olması, sol tarafta daha fazla birikim olduğunu ve bu bölgenin yükseldiğini gösterebilir.

Çizelge 3.3. Çalışma Alanındaki AF Değerleri.

Toplam Havza Alanı	Eğim yönüne Sağ Havza Alanı	AF
50,924006	10,226027	20,07
302,995435	178,523925	58,91
117,411706	38,981796	33,19
88,982834	25,917234	29,11
67,382708	21,751799	32,27
2,827446	0,211468	7,44
6,576135	3,022028	45,96
51,291304	14,325435	27,91
41,318786	12,323524	29,82
167,749534	66,071097	39,38
197,592878	69,292775	35,06
57,598337	31,858292	55,3
53,934351	33,142247	61,45
44,877829	12,217998	27,21
146,071451	60,497481	41,41
82,654812	41,396121	50,07
47,191058	29,74768	63,02

Çalışma alanında yer alan havzaların AF değerlerine bakacak olursak;

Yüksek Asimetri ($AF < 45$ veya $AF > 55$) değerine sahip havzaların toplam havzalara oranı 64.71% olup sarı renk ile vurgulanmıştır. Bu sonuçlar, havzanın belirgin şekilde asimetric olduğunu ve güçlü tektonik etkilerin mevcut olduğunu gösterir. Bu kategoriye düşen değerler şunlardır: 20.07, 33.19, 29.11, 32.27, 7.44, 27.91, 29.82, 39.38, 35.06, 27.21, 41.41.

Orta Asimetri ($AF = 45-55$) değerine sahip havzaların toplam havzalara oranı 11.76% olup mavi renk ile vurgulanmıştır. Bu sonuçlar, havzanın hafifçe asimetric olduğunu ve muhtemel tektonik etkilerin olduğunu gösterir. Bu kategoriye düşen değerler şunlardır: 45.96, 50.07.

Simetrik ($AF = 50$) değerine sahip havzaların toplam havzalara oranı 23.53% olup turuncu renk ile vurgulanmıştır. Bu sonuçlar, havzanın simetrik olduğunu ve önemli bir

tektonik etki olmadığını gösterir. Bu kategoriye düşen değerler şunlardır: 58.91, 55.30, 61.45, 63.02.

Verilerin büyük bir kısmı yüksek asimetri kategorisine düşmekte, bu da havzanın güçlü tektonik etkiler altında olduğunu düşündürmektedir. Daha az sayıda veri ise simetrik ve orta asimetri kategorilerinde yer almaktadır. Bu sonuçlar, incelenen drenaj havzasının çoğunlukla asimetrik olduğunu ve muhtemelen belirgin tektonik aktivitelerden etkilendiğini göstermektedir.

3.5. Yeşilyurt Fayı Deprem Büyüklük Hesaplamaları

Yeşilyurt Fayı, toplam uzunluğu 70 km yi bulan, DKD gidişli sol yanal doğrultu atımlı potansiyel aktif bir yapıdır. Malatya ilini etkilemesi muhtemel faylardan biridir [45].

Önerilen bağıntıda [100] aktif doğrultu atımlı fayın uzunluğuna bağlı olarak üretebileceği depremin büyüklüğü hesaplamasında YF nin toplam uzunluğu ve her bir segmentin ayrı ayrı uzunluk km değerleri kullanılacaktır.

Aktif doğrultu atımlı fayın uzunluğuna bağlı olarak üretebileceği depremin büyüklüğü aşağıdaki formül ile ifade edilmiştir [100];

$$M=a+b*\log (SRL)$$

$$MW=5,16+(1,12 \times \log(L)) \text{ (Doğrultu atımlı faylar için)}$$

Burada; MW Moment magnitudü, L; fayınuzunluğu (km)

$$Mw=5,16+(1,12 \times \log(10)) \text{ (S1 segmenti)}$$

$$Mw=6,3$$

$$Mw=5,16+(1,12 \times \log(24)) \text{ (S2 segmenti)}$$

$$Mw=6,7$$

$$Mw=5,16+(1,12 \times \log(14)) \text{ (S3 segmenti)}$$

$$Mw=6,4$$

$$Mw=5,16+(1,12 \times \log(20)) \text{ (S4 segmenti)}$$

$$Mw=6,6$$

$$Mw=5,16+(1,12 \times \log(70)) \text{ (Tüm segmentler)}$$

Mw=7,2 olarak hesaplanmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında aktif tektonik çalışmalarda çokça tercih edilen morfometrik analizler yardımıyla Yeşilyurt Fayı'nın tektonik jeomorfolojisi ve deformasyon özellikleri araştırılmıştır. Kullanılan morfometrik indisler: Dağ Önü Eğriselliği (Smf), Vadi Tabanı Genişliğinin-Vadi Yüksekliğine Oranı (Vf), Hipsometrik Eğri ve İntegral (HE ve HI)'dir.

Çalışmanın coğrafi kapsamını, Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan sol yanal doğrultu atımlı Yeşilyurt-Elazığ Fay Zonu'nun (YEFZ), batı kesimini oluşturan Yeşilyurt Fayı (YF) oluşturmaktadır. YF Malatya havzası kuzeyini sınırlayarak Yeşilyurt yerleşim alanına kadar ~DKD doğrultusunda ~70 km boyunca devam eden potansiyel aktif bir fay zonudur. YF, MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) tarafından hazırlanan haritada olası Kuvaterner Fayı olarak kısmen tanımlanmıştır. YF üzerinde ki çalışmalar fay kinematiki ve fayın geometrisi ile sınırlı olup, morfometri temelli bir çalışma daha önce gerçekleştirilmemiştir.

Bu çalışmada, çalışma alanın 1/25000'lik topoğrafik haritalarından elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı programlar kullanılarak morfometrik analizler gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında YF üzerinde 4 adet segment tanımlanarak bu segmentler doğudan batıya doğru sırasıyla S1, S2, S3 ve S4 olarak adlandırılmıştır. Her bir segment üzerinde morfometrik analizler uygulanarak göreceli tektonik aktivitesi değerlendirilmiştir.

Smf değerleri göz önünde bulundurulduğunda S1, S2 ve S3 segmentlerinin orta derecede tektonizmaya, S4 ise düşük derecede tektonizmaya işaret ettiği bulgusu elde edilmiştir.

YF boyunca 17 alt havzada Hipsometrik Eğri (HE) ve Hipsometrik İntegral (HI) indisleri hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre tektonik etkinin erozyona baskın olduğu 3 adet havza, tektonik ve erozyon etkilerinin dengede olduğunu ifade eden 7 adet havza, erozyonun tektonik kuvvetlere göre daha baskın olduğunu gösteren 7 adet havza tanımlanmıştır. Tektonik etkinin erozyona baskın olduğu havzalar S1, S2 ve S4 segmentleri üzerinde birer adet ile sınırlı kalırken, erozyonun tektonik kuvvetlere göre daha baskın olduğu havzalar ise tüm segmentler üzerinde görülmektedir.

Çalışma alanında S1, S2, S3, S4 segmentleri boyunca 19 adet V_f değeri hesaplanmıştır. Genel olarak bakıldığında en düşük V_f değerlerinin S2 segmenti üzerinde görüldüğü belirlenmiştir. V_f Değerinin düşük olması vadilerin derine doğru kazıldığını ‘V’ şekilli vadiler oluşturduğunu ve vadilerin yükselim hızlarının yüksek olduğunu gösterir. En yüksek V_f değeri ise S4 segmenti üzerinde hesaplanırken, bize S4 üzerinde ki vadilerin çoğunlukla U şekilli vadiler oluşturduğunu ve vadilerin yükselim hızlarının düşük olduğu gösterir.

YF üzerinde yer alan 4 adet segment için V_f ve S_{mf} değerleri birlikte değerlendirildiğinde S1, S2 ve S3 segmentleri için elde edilen göreceli yükselme hızının 0.5 ila 0,05 mm/yıl, S4 segmenti için ise 0,005 mm/yıl’dan daha düşük olduğu görülmektedir. Segmentler kendi aralarında değerlendirildiğinde yükselim hızlarının çoktan aza doğru S3, S2, S1 ve S4 olarak sıralandığı görülür.

Çalışma alanında yer alan havzaların AF değerleri yüksek asimetri sınıfına sahip havzaların oranı 64.71% olup güçlü tektonik etkilerin mevcut olduğunu gösterir. Orta asimetri değerine sahip havzalar 11.76%, simetrik havzaların oranının ise oranı 23.53% olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, incelenen drenaj havzasının çoğunlukla asimetrik olduğunu ve muhtemelen belirgin tektonik aktivitelerden etkilendiğini göstermektedir.

Yeşilyurt Fayı üzerinde yer alan S1, S2, S3 ve S4 segmentlerinin M_w 6,3 ila 7,2 büyüklüğünde deprem üretebilecek uzunluklara sahip olduğu hesaplanmıştır. Olası bir depremde Malatya il merkezini ve yakın çevresini doğrudan etkileyebilecek potansiyele sahip olan YF’nin deprem tehlikesinin belirlenebilmesi olası afet risklerinin önlenmesi veya en aza indirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1]. N.N. Ambraseys, J.A. Jackson, Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, Vol. 133, pp. 390–406, 1998, doi: 10.1046/j.1365-246X.1998.00508.x.
- [2]. A. Nur and E. H Cline, Poseidon's Horses: Plate tectonics and earthquake storms in the Late Bronze Age Aegean and Eastern Mediterranean. *Journal of Archaeological Science*, Vol. 27, pp. 43–63, 2000, doi: 10.1006/jasc.1999.0431
- [3]. N.N. Ambraseys, Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900, 2009, doi: 10.1017/CBO9781139195430
- [4]. M. Erdik, M. Demircioğlu, K. Şeşetyan, E. Durukal, "Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar Ve Hava meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Kıyı Yapıları, Demiryolları ve Hava meydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği İçin Deprem Tehlikesi Belirlemesi ", Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul, ss. 45, 2006.
- [5]. N. Egeran ve E. Lahn, 1/2.400.000 Mikyaslı Türkiye Yer Depremleri Haritası Hakkında Muhtıra, M.T.A. Mec., Sayı 9, ss. 270-289, 1944.
- [6]. Y. Bayrak, S. Ozturk, H. Cınar, D. Kalafat, T. Tsaponos, G. C. Koravas, G. A. Leventakis, Estimating earthquake hazard parameters from instrumental data for different regions in and around Turkey. *Engineering Geology*, Vol. 105, pp. 200–210, 2009, doi: 10.1016/j.enggeo.2009.02.004
- [7]. H. Yalçın, L. Gülen, M. Utkucu, Türkiye ve Yakın Çevresinin Aktif Fayları Veri Bankası ve Deprem Tehlikesinin Araştırılması. *Yerbilimleri*, Cilt 34, Sayı 3, ss. 141–168, 2013.
- [8]. A. Barka ve Kadinsky-cade, Strike-slip Fault Geometry in Turkey and its influence on Earthquake Activity. *Tectonics*, Vol. 7, pp. 663-684, 1988, doi: 10.1029/TC007i003p00663
- [9]. D. P. Schwartz and K. J. Coppersmith, "Fault segmentation and controls of rupture initiation and termination, Proceedings of conference XLV ", Department of the Interior U.S. Geological Survey, Palm Springs, California, Open-File Report, pp. 89-315, 1989.

- [10]. D. P. Schwartz, Geologic characterization of seismic sources: Moving into the 1990s. *Earthquake Engineering*, pp. 1-40, 1990.
- [11]. D. McKenzie, "Active tectonics of the Mediterranean region." *Geophysical Journal International*, Vol. 30, No. 2, pp. 109-185, 1972.
- [12]. S. McClusky Balassanian, A. Barka, C. Demir, S. Ergintav, İ. Georgiev, O. Gürkan, et all., Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *J. Geophys. Res.* Vol. 105, No.B3, pp. 5695-5719, 2000, doi: 10.1029/1996JB900351
- [13]. Ö. Alptekin, Focal Mechanisms of Earthquakes in Western Turkey and Their Tectonic Implications, Ph. D. thesis, Tech, Socorro, New Mexico, 1973.
- [14]. A.M.C. Şengör, N. Görür, F. Şaroğlu, Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, Vol. 37, pp. 227-264, 1985, doi: 10.2110/pec.85.37.0211
- [15]. T.Y. Duman, T. Çan, Ö. Emre, F.T. Kadıroğlu, N.B. Baştürk, T. Kılıç, et all., Seismotectonics database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, Vol. 16, No. 8, pp. 3277-3316, 2016, doi: 10.1007/s10518-016-9965-9
- [16]. R. Reilinger, S. McClusky, P. Vernant, S. Lawrence, S. Ergintav, R. Çakmak, et all. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *J. Geophys. Res.*, Vol. 111, No. B05411, 2006, doi: 10.1029/2005JB004051
- [17]. M. Turan, A.F. Bingöl ve E. Aksoy, Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri, *H.Ü. Yerbilimlerinin 25. yılı sempozyumu*, 1993.
- [18]. N.N. Ambraseys, Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophysical Journal*, Vol. 96, pp. 311–331, 1989, doi: 10.1111/j.1365-246X.1989.tb04453.x
- [19]. N.N. Ambraseys, C. Finkel, *The Seismicity of Turkey earthquake of 19 December 1977 and the seismicity of the Adjacent Areas 1500–1800*. Eren Yayıncılık ve Kitapçılık, İstanbul 1995.
- [20]. O. Tan, M.C. Tapırdamaz, A. Yörük, The earthquake catalogues for Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol. 17, pp. 405–418, 2008.
- [21]. M. Palutoğlu, A. Şaşmaz, 29 November 1795 Kahramanmaraş Earthquake, Southern Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, Vol. 155, pp. 1-10, 2017, doi: 10.19111/bulletinofmre.314211

- [22]. M. Köküm, F. Özçelik, An example study on re-evaluation of historical earthquakes: 1789 Palu (Elazığ) earthquake, Eastern Anatolia, Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, Vol. 161, No. 161, pp. 157-170, 2020, doi: 10.19111/bulletinofmre.603929
- [23]. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb>
- [24]. Y. Yilmaz, F. Saroglu, Y. Guner, Initiation of neomagmatism in East Anatolia, *Tectonophysics*, Vol. 134, pp. 177-199, 1987, doi: 10.1016/0040-1951(87)90256-3
- [25]. A. Kocyigit, A., Yilmaz, S. Adamia, S. Kuloshvili, Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting, *Geodinamica Acta*, Vol. 14, pp. 177-195, 2001, doi: 10.1016/S0985-3111(00)01064-0
- [26]. E. Aksoy, Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri. *Doğa Türk Yerbilimleri Dergisi*, Cilt. 2, ss. 113–123, 1993.
- [27]. E. Keller, P. Nicolas, *Active Tectonics Earthquakes, Uplift and Landscape*. Second Edition, Prentice Hall, Newjersey. 2002.
- [28]. M. Palutoğlu, E. Tanyolu, Elazığ İl Merkezi Yerleşim Alanının Depremselliği, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, Cilt.18, No.4, ss. 535–546, 2006.
- [29]. J.A. Jackson, D. McKenzie, Active tectonics of the Alpine—Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Jeofiz. J.Roy. Astron. Sos.*, Vol. 77, pp. 185–264, 1984, doi: 10.1111/J.1365-246X.1984.TB01931.X
- [30]. C. Faccenna, T.W. Becker, L. Jolivet, M. Keskin, Mantle convection in the Middle East: Reconciling Afar upwelling, Arabia indentation and Aegean trench rollback. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 375, pp. 254-269, 2013, doi: 10.1016/j.epsl.2013.05.043
- [31]. E. Bozkurt, S.K. Mittweide, Introduction to the Geology of Turkey—A Synthesis. *International Geology Review*, Vol. 43, No. 7, ss. 578-594, 2001, doi: 10.1080/00206810109465034
- [32]. N. Özgül, Torosların bazı temel jeoloji özellikleri, *Türk. Jeol. Kurumu Bul.*, Cilt. 19, No. 1, ss. 65-78, 1976.
- [33]. D. Perinçek, *The Geology of Hazro–Korudağ–Çüngüş–Maden–Ergani–Hazar–Elazığ–Malatya Area: Guide Book*, TJK. Yayımları, İstanbul 1979.
- [34]. M. Beyarslan, A.F. Bingöl, Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the origin and tectonic implications of late Cretaceous intraoceanic arc magmatism

- in the Southeast Anatolian Orogenic Belt (SEeTurkey), *J. Afr. Earth Sci.*, Vol. 147, pp. 477-497 2018, doi: 10.1016/j.jafrearsci.2018.07.001
- [35]. E. Aksoy, Pertek (Tunceli) çevresinin jeolojik özellikleri ve Pertek bindirme fayı. *Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt. 6, Sayı. 2, ss. 1-18, 1994, doi: 10.29132/ijpas.546499
- [36]. H.J. Asutay, Geology of the baskil (Elazığ) area and the petrology of baskil magmatics, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, Vol. 107, pp. 51-69, 1986.
- [37]. C. Koç-Taşgın, Soft-sediment deformation related to syntectonic intraformational unconformity in the early Palaeocene alluvial-fan deposits of Kuşcular Formation in the Elazığ sector of Tauride foreland, eastern Turkey, *J. Afr. Earth Sci.*, 134, pp. 665-677, 2017, doi: 10.1016/j.jafrearsci.2017.07.030
- [38]. M.A. Ertürk, M. Beyarslan, S.L. Chung, T.H. Lin, Eocene magmatism (maden complex) in the Southeast anatolian orogenic belt: magma genesis and tectonic implications, *Geosci. Front.*, Vol. 9, pp. 1829-1847, 2018, doi: 10.1016/j.gsf.2017.09.008
- [39]. C. Koç-Taşgın, İ. Türkmen, Analysis of soft-sediment deformation structures in Neogene fluvio-lacustrine deposits of Çaybağı Fm. eastern Turkey, *Sediment. Geol.*, Vol. 218, pp. 16-30, 2009, doi: 10.1016/j.sedgeo.2009.04.009
- [40]. M. Köküm, “Doğu Anadolu Fay Sistemi’nin Palu-Uslu (Elazığ) Arasındaki Kesiminin Kinematik Analizi”. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, 2017.
- [41]. M. Köküm, M. İnceöz, Structural analysis of the northern part of the East Anatolian Fault System. *Journal of Structural Geology*, Vol. 114, pp. 55-63, 2018, doi: 10.1016/j.jsg.2018.06.016
- [42]. M. Köküm, M. İnceöz, Paleostress analysis of the Yeşilyurt-Elazığ Fault Zone and its importance for the tectonic evolution, East Turkey. *Journal of Structural Geology*, 138, 104093, 2020, doi: 10.1016/j.jsg.2020.104093
- [43]. M. Köküm, Landsat TM görüntüleri üzerinden doğu anadolu fay sistemi’nin Palu (Elazığ)-Pütürge (Malatya) arasındaki bölümünün çizgisellik analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt 9, Sayı 1, ss. 119-127, 2019, doi: 10.17714/gumusfenbil.419865

- [44]. M. Palutoğlu, “Elazığ Kent Merkezinin Tektoniği Depremselliği ve Mikrobölgeleme”. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, 2014.
- [45]. M. Köküm, M. İnceöz, Yeşilyurt-Elazığ fay zonunun yapısal özellikleri, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 22. Çalıştayı (ATAG-22)*. 01-03 Kasım 2018, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye 2018.
- [46]. M. Hoşgören, *İnegöl Havzasının Jeomorfolojisi*. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul 1975.
- [47]. İ. Atalay, *Türkiye Jeomorfolojisine Giriş*. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, İzmir 1987.
- [48]. A. Erginal, İ. Cürebal, Soldere havzasının jeomorfolojik özelliklerine morfometrik yaklaşım: jeomorfik indisler ile bir uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı 17, ss. 203-210, 2007.
- [49]. M. Topuz, “Silifke-Erdemli Arasındaki Derelerin Jeomorfometrik Analizi”. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye, 2014.
- [50]. E.A. Keller, N. Pinter, *Active Tectonics*. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- [51]. S.R. Miller, S.L. Baldwin, P.G. Fitzgerald, Transient fluvial incision and active surface uplift in the Woodlark Rift of eastern Papua New Guinea. *Lithosphere*, Vol. 4, pp. 131–149, 2012, doi: 10.1130/1135.1
- [52]. E. Kirby, C. Johnson, K. Furlong, A. Heimsath, Transient channel incision along Bolinas Ridge, California: evidence for differential rock uplift adjacent to the San Andreas fault. *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, Vol. 112, F03S07, 2007, doi: 10.1029/2006JF000559
- [53]. J.V. Pérez-Peña, A. Azor, J.M. Azañón, E.A. Keller, Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis. *Geomorphology*, Vol. 119, pp. 74–87, 2010, doi: 10.1016/j.geomorph.2010.02.020
- [54]. P.W. Williams, Morphometric analysis of polygonal karst in New Guinea. *GSA Bulletin*, Vol. 83, No. 3, pp. 761-796, 1972, doi: 10.1130/0016-7606(1972)83[761:MAOPKI]2.0.CO;2
- [55]. J.M. García-Ruiz, A. Gómez-Villar, L. Ortigosa, C. Martí-Bono, Morphometry of glacial cirques in the central Spanish Pyrenees. *Geografiska Annaler: Series*

- A. *Physical Geography*. Vol. 82, No. 4, pp. 433-442, 2000, doi: 10.1111/j.0435-3676.2000.00132.x
- [56]. Ç. Özkaymak, H. Sözbilir, Tectonic geomorphology of the Spildağı high ranges, western Anatolia. *Geomorphology*, 173, pp. 128-140, 2012, doi: 10.1016/j.geomorph.2012.06.003
- [57]. A.S. Selçuk, M. Düzgün, Başkale Fay Zonu'nun Tektonik Jeomorfolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 155, ss. 33-47, 2017, doi: 10.19076/mta.53825
- [58]. W.B. Bull, L.D. McFadden, Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, in: Doehring, D.O. (Ed.), *Geomorphology in Arid Regions, Proceeding 8th Annual Geomorphology Symposium*, State University New York at Binghamton, 23-24 September, pp. 115-137, 1977, doi: 10.4324/9780429299230-5
- [59]. K.X. Whipple, Bedrock rivers and the geomorphology of active orogens. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 32, pp. 151- 185, 2004, doi: 10.1146/annurev.earth.32.101802.120356
- [60]. K.X. Whipple, G.E. Tucker, Dynamics of the stream-power river incision model: Implications for height limits of mountain ranges, landscape response timescales, and research needs. *J. Geophys. Res.* 104, pp. 17661-17674, 1999, doi: 10.1029/1999JB900120
- [61]. A. Anoop, S. Prasad, N. Basavaiah, A. Brauer, F. Shahzad, K. Deenadayalan, Tectonic versus climate influence on landscape evolution: A case study from the upper Spiti valley, NW Himalaya. *Geomorphology*, pp. 145–146, 2012, doi: 10.1016/j.geomorph.2011.10.028
- [62]. E. Kirby, K.X. Whipple, Expression of active tectonics in erosional landscapes. *Journal of Structural Geology*, 44, pp. 54-75, 2012, doi: 10.1016/j.jsg.2012.07.009
- [63]. A. Sağlam Selçuk, Evaluation of the relative tectonic activity in the eastern Lake Van basin, East Turkey. *Geomorphology* 270, pp. 9-21, 2016, doi: 10.1016/j.geomorph.2016.07.009
- [64]. S. Topal, E. Keller, A. Bufer, A. Koçyiğit, Tectonic geomorphology of a large normal fault: Akşehir fault, SW Turkey. *Geomorphology*, 259, pp. 55-69, 2016, doi: 10.1016/j.geomorph.2016.01.014
- [65]. S. Erinc, Türkiye Fiziki Coğrafyasının Ana Çizgileri, *Bülten*, Cilt. 10, ss. 1-10, 1993.

- [66]. G.Y. Mavinil, “Yanarsu (garzen) Çayı Havzası Morfometrisi”, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye, 2019.
- [67]. A. Tanoğlu, S. Erinç, E. Tümertekin, Akarsu Havzaları ve Göller, Türkiye Atlası, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları*, No:903, İstanbul, 1961.
- [68]. B. Öztürk, E.A. Erginal, Bayramdere Havzası’nda (Biga Yarımadası, Çanakkale) havza gelişiminin morfometrik analizler ve jeomorfik indislerle incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, Cilt. 50, ss. 61-68, 2008.
- [69]. E. Özşahin, Komşu akarsu havzalarının morfometrik analizi: Sarıköy ve Kocaköy dereleri üzerine temel bir çalışma (Gönen Havzası, Güney Marmara), *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt. 20, Sayı.1, ss. 139-154, 2010.
- [70]. H. Özdemir, *Havza Morfometrisi ve Taşkınlar*, Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, İstanbul 2011.
- [71]. U. Tarı, O. Tüysüz, İzmit Körfezi ve Çevresinin Morfotektoniği, *İTÜ Mühendislik Dergisi*, Sayı. 7, ss. 17-28, 2008.
- [72]. C. Bayrakdar, Akdağ Kütlesi’nin (Batı Toroslar) Jeomorfik Evrimine Morfometrik Yaklaşım. Erişim Adresi: http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/semp7_6.pdf, Erişim Tarihi: 10.08.2024, 2012.
- [73]. T. Koç, Türkiye’nin Morfometrik Özellikleri, Prof. Dr. İlhan Kayan’a Armağan, Ege Üniversitesi Yayınları Edebiyat Fakültesi Yayın No: 181, İzmir, ss. 435-468, 2013.
- [74]. E. Kesmen, “Türkiye Akaçlama Havzalarının Sınır ve Morfometrik Özellikleri”, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye, 2013.
- [75]. V. Avcı, H. Günek, Uludere Havzası’nın (Bingöl) Jeomorfolojik Özelliklerinin Belirlenmesinde Morfometrik Analizlerin Kullanımı, *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* ISSN:1308-9196, Sayı:21, ss. 745-770, 2015.
- [76]. E. Özşahin, Hoşköy Deresi Havzası’nın (Tekirdağ) Jeomorfometrik Özellikleri, *International Journal Of Social Science Number:33*, ss. 99-120, 2015.
- [77]. A. Kütükçü, S. Kaya vd., Nehir Havzalarının Morfolojik Karakterlerinin CBS Destekli Nümerik Modeller Kullanılarak Analizi. TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, Konya, ss. 177-182, 2015.

- [78]. Ş. Fural, “Köprü Çayı Havzası’nın (Antalya-Isparta) Jeomorfolojik Özelliklerinin Morfometrik Yöntemler ile Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye, 2016
- [79]. R. Geçen, İ. Ölmez, Beyazçay Havzası’nın(Hatay) Jeomorfometrik Analizler ile Değerlendirilmesi, *Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu*, Elazığ, ss. 212-221, 2017.
- [80]. M. Utlu, H. Özdemir, Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği, *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, İstanbul, ss. 3-14, 2018.
- [81]. E. Elbaşı, H. Özdemir, Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi, *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi Sayı:36*, İstanbul, ss. 63-84, 2018.
- [82]. G. Yıldız, Çalidere Havzası’nın (Armutlu Yarımadası, Yalova) Morfotektoniğinin Jeomorfometrik Analizlerle Değerlendirilmesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, Cilt. 16, Sayı. 2, ss. 259-271, 2018, doi: 10.1501/Cogbil_0000000201
- [83]. İ. Cürebal, E.A. Erginal, Mıhlı Çayı Havzası’nın Jeomorfik Özelliklerinin Jeomorfik İndislerle Analizi, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı. 19, ss. 126-135, 2007.
- [84]. R.A. Dar, S.A. Romshoo, R. Chandra, I. Ahmad, Tectono-geomorphic study of the Karewa Basin of Kashmir Valley. *Journal of Asian Earth Sciences*, Cilt. 92, pp. 143-156, 2014, doi: 10.1016/j.jseaes.2014.06.018
- [85]. E.A. Keller, Investigation of active tectonics: use of surficial earth processes (Active Tectonics, Ed.: Wallace, R.E.). *Studies in Geophysics. Nat. Acad. Press*, Washington DC, pp. 136–147, 1986.
- [86]. M.T. Ramírez-Herrera, Geomorphic assessment of active tectonics in the acambay graben, Mexican volcanic belt. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 23, pp. 317, 1998, doi: 10.1002/(SICI)1096-9837(199804)23:4<317::AID-ESP845>3.3.CO;2-M
- [87]. T. K. Rockwell, E. A. Keller, M. N. Clark, & D. L. Johnson, Chronology and rates of faulting of Ventura River terraces, California. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 95, No. 12, pp. 1466-1474, 1984.
- [88]. W.B. Bull, Tectonic geomorphology of the Mojaand Desert, *U.S. Geological Surandy Contract Report*, California, 14-0-001-G-394, 1977.

- [89]. E.A. Keller, N. Pinter, Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape. *Upper Saddle River*, New Jersey, Prentice-Hall Inc, 2002.
- [90]. W.B. Bull, Tectonic geomorphology of mountains: a new approach to paleoseismology. *John Wiley and Sons*, Oxford, pp. 315, 2008, doi: 10.1111/j.1475-4959.2008.292_8.x
- [91]. S. Ciccacci, L. D'Alessandro, P. Fredi, E.L. Palmieri, Relations between morphometric characteristics and denudational processes in some drainage basins of Italy. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 36: pp. 53-67, 1992, doi: 10.1127/zfg/36/1992/53
- [92]. Ç. Özkaymak, Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) using geomorphic indices and the regional implications. *Geodinamica Acta*, 27: 2-3, pp. 110-129, 2015, doi: 10.1080/09853111.2014.957504
- [93]. A. Sağlam-Selçuk, M.K. Erturaç, S. Nomade, Geology of the Caldiran Fault, Eastern Turkey: Age, slip rate and implications on the characteristic slip behavior, *Tectonophysics*, 680: pp. 155-173, 2016, doi: 10.1016/j.tecto.2016.05.019
- [94]. A.N. Strahler, Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, Vol. 63, pp. 1117-1142, 1952, doi: 10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2
- [95]. F. Giaconia, G. Booth-Rea, J.M. Martínez-Martínez, J.M. Azañón, J.V. Pérez-Peña, J. Pérez-Romero, I. Villegas, Geomorphic evidence of active tectonics in the Sierra Alhamilla (eastern Betics, SE Spain), *Geomorphology*, Vol. 145-146, pp. 90-106, 2012, doi: 10.1016/j.geomorph.2011.12.043
- [96]. H. Ohmori, Changes in the hypsometric curand through mountain building resulting from concurrent tectonics and denudation, *Geomorphology*, 8, pp. 263-277, 1993, doi: 10.1016/0169-555X(93)90023-U
- [97]. M. Uzun, Laledere (Yalova) Havzası'nın Jeomoroflojik Özelliklerinin Jeomorfometrik Analizlerle İncelenmesi, *Route Educational and Social Science Journal*, Vol. 1, pp. 72-88, 2014.
- [98]. P.G. Silva, J.L. Goy, C. Zazo, T. Bardají, Fault-generated mountain fronts in southeast Spain: Geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity, *Geomorphology*, Vol. 50, pp. 203-225, 2003, doi: 10.1016/S0169-555X(02)00215-5

- [99]. J.S. Rawat, M. Kumar, V. Biswas, Land use/cover dynamics using multi-temporal satellite imagery-A case study of Haldwani town area, district Nainital, Uttarakhand, India. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, Vol. 4, pp. 536-543, 2014, doi: 10.1016/j.ejrs.2013.04.002
- [100]. D.L. Wells, K.J. Coppersmith, New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture width, Rupture Area and Surface Displacement. *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol. 84, No. 4, pp. 974-1002, 1994, doi: 10.1785/BSSA0840040974

