T.C

HARRAN ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSÜTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

COĞRAFYA BİLİM DALI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ÇİFTHİSAR HAVZASI VE YAKIN ÇEVRESİNİN (ADIYAMAN) KÜTLE HAREKETLERİ AÇISINDAN CBS TABANLI DUYARLILIK ANALİZİ

Faruk BİNGÖL

ŞANLIURFA-2023



T.C

HARRAN ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSÜTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

COĞRAFYA BİLM DALI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ÇİFTHİSAR HAVZASI VE YAKIN ÇEVRESİNİN (ADIYAMAN) KÜTLE HAREKETLERİ AÇISINDAN CBS TABANLI DUYARLILIK ANALİZİ

Faruk BİNGÖL

Danışman

Doç. Dr. Ahmet Serdar AYTAÇ

ŞANLIURFA-2023

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Ahmet Serdar AYTAÇ danışmanlığında, Faruk Bingöl'ün hazırladığı **"Çifthisar Havzası ve Yakın Çevresinin (Adıyaman) Kütle Hareketleri Açısından CBS Tabanlı Duyarlılık Analizi "** konulu bu çalışma 09 / 01 /2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Harran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

☐ Oybirliğiyle / ☐ Oy çokluğu ile **İmza**

Danışman	Doç. Dr. Ahmet Serdar AYTAÇ	……..
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer SİLER	……..
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÖZCANLI	……..

Bu tezin Coğrafya Ana Bilim Dalında yapıldığını ve enstitümüz kurallarına göre düzenlendiğini onaylarım.

(Ünvanı, Adı, Soyadı)
Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Şevket ÖKTEN

Bu çalışma: BAP Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 22103

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖĞRENCİNİN	
Öğrenci No	195225019
Adı / Soyadı	Faruk BİNGÖL
Anabilim Dalı/Programı	Coğrafya Anabilim Dalı / Tezli Yüksek Lisans
Tez Konusu	Çifthisar Havzası ve Yakın Çevresinin (Adıyaman) Kütle Hareketleri Açısından CBS Tabanlı Duyarlılık Analizi

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Yukarıda başlığı belirtilen Çifthisar Havzası ve Yakın Çevresinin (Adıyaman) Kütle Hareketleri Açısından CBS Tabanlı Duyarlılık Analizi çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 165 sayfalık kısmına ilişkin, 9/ 01/2023 tarihinde şahsım/ danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, benzerlik oranı % 26'dır. Ayrıca Çifthisar Havzası ve Yakın Çevresinin (Adıyaman) Kütle Hareketleri Açısından CBS Tabanlı Duyarlılık Analizi çalışması hiçbir blok kopyalama içermemektedir.

Uygulanan filtrelemeler:

1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
2- Kaynakça hariç
3- Alıntılar hariç/dâhil
4- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini ve Harran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çifthisar Havzası ve Yakın Çevresinin (Adıyaman) Kütle Hareketleri Açısından CBS Tabanlı Duyarlılık Analizi çalışması Orijinallik Raporu alınması ve kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Etik ihlal tespiti halinde, Enstitü yönetim kurulunca, diplomamın iptal edilmesini kabul ediyorum.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

09/ 01 /2023
Hazırlayan:
Faruk Bingöl
İmzası

Yukarıda yer alan raporun ve beyanın doğruluğunu onaylarım. 09/ 01 /2023

Doç. Dr. Ahmet Serdar AYTAÇ
(İmzası)

ÖZET

ÇİFTHİSAR HAVZASI VE YAKIN ÇEVRESİNİN (ADIYAMAN) KÜTLE HAREKETLERİ AÇISINDAN CBS TABANLI DUYARLILIK ANALİZİ

BİNGÖL, Faruk

Yüksek Lisans Tezi

Coğrafya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet Serdar AYTAÇ

Ocak, 2023, 146 Sayfa

Yeryüzünün değişmesinde ve şekillenmesinde etkili olan doğal olaylardan bir tanesi kütle hareketleridir. Kütle hareketlerine duyarlık, günümüzde "kütle hareketine maruz kalan alanlar gelecekte de kütle hareketlerine maruz kalabilir" savından yola çıkarak kütle hareketlerinin gerçekleşme potansiyelinin belirlenmesidir. Duyarlılık haritaları, kütle hareketlerinin oluşumları üzerinde etkili olan günümüzdeki hazırlayıcı ve tetikleyici faktörlerin, gelecekte de etkili olabileceği düşünülerek hazırlanır. Duyarlılık analizi, alansal bazda yapılan kütle hareketleri çalışmalarında ilk adımı oluşturup, kütle hareketi oluşumuna ilişkin risk ve tehlikenin belirlenmesine yönelik çalışmaların yürütülmesinde etkin rol oynar.

Araştırma sahası olarak seçilen Çifthisar Havzası ve çevresi Doğu Anadolu Bölgesinin, Yukarı Fırat Bölümünde yer almaktadır. İdari olarak Adıyaman ili Gerger ilçesi sınırları içerisinde kalan Çifthisar Havzası, Nemrut Dağı Milli Parkı'nın doğusunda yer alır. Gerger ilçe merkezi havzanın kuzeydoğusunda konumlanmıştır.

Çifthisar Havzası ve yakın çevresinde kütle hareketleri belirlenmesi ve sahanın kütle hareketleri açısından duyarlılığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için parametre haritalarının ağırlıklı çakıştırtılması yöntemi kullanılmıştır. Araştırma kapsamında litoloji, eğim, bakı, paleo kütle hareketleri, baraj gölüne yakınlık bitki örtüsü, yükselti, hazırlayıcı parametreler olarak; fay hatlarına yakınlık, yağış tetikleyici parametreler olarak belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda sahanın kütle hareketleri duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Bu haritaya göre sahada duyarsız alanlar 1,95 km^2, çok az duyarlı alanlar 173,93 km^2, duyarlı alanlar 249,54 km^2, olarak hesaplanmıştır. Duyarsız alanda kütle hareketlerinin gerçekleşmediği, gerçekleşmiş hareketlerinin %17sinin çok az duyarlı alanlarda, %83'nün duyarlı alanlarda olduğu saptanmıştır.

Sahada kütle hareketlerinin, stratigrafik olarak geçirimliliğin düşük olduğu formasyonların üzerine gelen jeolojik birimlerde, Adıyaman fayı tarafından yoğun bir şekilde parçalanmış dik yamaçlarda, yüksek eğimli çevresine göre yüksek yamaçlarda, geçmiş dönemlerde Fırat nehrinin alttan oyduğu yamaçlarda, günümüzde Atatürk baraj gölü kenarında nispi dalga aşındırmasının görüldüğü alanlar ile bitki örtüsünün olmadığı veya cılız olduğu alanlarda gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda üretilen duyarlılık haritası, alanda yürütülecek risk ve tehlike çalışmalarına öncülük edecek, özellikle de "Risk ve tehlike çalışmaları nerede yapılmalıdır?" sorusuna cevap olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Adıyaman, Gerger, Kütle Hareketleri Duyarlılık Analizi, Parametre Haritalarının Ağırlıklı Çakıştırılması Yöntemi, Heyelan

ABSTRACT

GIS BASED SENSITIVITY ANALYSIS OF THE CIFTHISAR BASIN AND ITS VICINITY (ADIYAMAN) IN TERMS OF MASS MOVEMENTS

BİNGÖL, Faruk

Master's Thesis

Department of Geography

Advisor: Assoc. Prof. Ahmet Serdar AYTAÇ

January, 2023, 146 Pages

Mass movements are one of the natural phenomena that are effective in the change and shaping of the earth. Sensitivity to mass movements is the determination of the potential of mass movements based on the assertion that "areas exposed to mass movements today may also be exposed to mass movements in the future". Sensitivity maps are prepared by considering that the current preparatory and triggering factors that are effective on the occurrence of mass movements may also be effective in the future. Sensitivity analyses constitute the first step in areal-based mass movement studies and play an active role in carrying out studies to determine the risk and hazard of mass movement occurrence.

Cifthisar Basin and its surroundings, selected as the research area, are located in the Upper Euphrates Section of the Eastern Anatolia Region. Cifthisar Basin, which is administratively within the borders of Gerger district of Adıyaman province, is located to the east of Nemrut Mountain National Park. Gerger district centre is located in the northeast of the basin.

It is aimed to determine the mass movements in and around the Cifthisar Basin and to determine the sensitivity of the area in terms of mass movements. In order to realise this aim, the method of weighted overlapping of parameter maps was used. Within the scope of the research, lithology, slope, aspect, palaeo-mass movements, proximity to the dam lake, vegetation cover, elevation were determined as preparatory parameters; proximity to fault lines and precipitation were determined as triggering parameters.

As a result of the research, a mass movement sensitivity map of the site was created. According to this map, insensitive areas are calculated as 1.95 km^2, very little sensitive areas as 173.93 km^2, and sensitive areas as 249.54 km^2. It was determined that mass movements did not occur in the insensitive area, 17% of the movements occurred in very little sensitive areas and 83% in sensitive areas.

It has been concluded that mass movements in the area occur in geological units overlying stratigraphically low permeability formations, on steep slopes intensely fragmented by the Adiyaman fault, on high slopes with high slopes compared to their surroundings, on the slopes undercut by the Euphrates River in the past, in areas where relative wave erosion is seen today on the edge of Atatürk Dam Lake and in areas where vegetation cover is absent or sparse. The susceptibility map produced in line with this study will lead the risk and hazard studies to be carried out in the area, especially the question "Where should risk and hazard studies be carried out?" will be answered.

Keywords: Adıyaman, Gerger, Mass Movement Sensitivity Analysis, Weighted Overlay Method of Parameter Maps, Landslide

ÇİFTHİSAR HAVZASI VE YAKIN ÇEVRESİNİN (ADIYAMAN) KÜTLE HAREKETLERİ AÇISINDAN CBS TABANLI DUYARLILIK ANALİZİ

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI II
ORİJİNALLİK RAPORU VE BEYAN FORMU III
ÖZET IV
İÇİNDEKİLER VIII
KISALTMALAR XII
TABLOLAR LİSTESİ XIII
ŞEKİLLER LİSTESİ XIV
HARİTALAR LİSTESİ XVI
FOTOĞRAF LİSTESİ XVIII
GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE KÜTLE HAREKETLERİ ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

1.1. KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI 10
1.1.1. Düşme 13
1.1.2. Devrilme 14
1.1.3. Kayma 15
1.1.4. Yanal Yayılma 16
1.1.5. Akma 17
1.1.6. Karmaşık 18
1.2. KÜTLE HAREKETLERİ DUYARLILIK ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN YÖNTEMLER 19
1.2.1. Niteliksel (Kalitatif) Yöntemler 20
1.2.1.1. Arazi Tabanlı Jeomorfolojik Analizler 21
1.2.1.2. İndex Parametre Haritalarının Kullanılması 21
1.2.2. Kantitatif (Niceliksel) Yöntemler 21
1.2.2.1. İstatistiksel Analizler 22
1.2.2.1.1. İki Değişkenli Analiz 22
1.2.2.1.1.1. Frekans oranı 22

1.2.2.1.1.2. Analitik Hiyerarşi Yöntemi 23
1.2.2.1.1.3. Bulanık Uyarlanabilir Rezonans Teorisi 25
1.2.2.2.2. Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler 26
1.2.2.2.2.1. Mantıksal Regresyon Yöntemi 27
1.2.2.3. Jeoteknik Yaklaşımlar 28
1.2.2.3.1. Deterministik Analizler 29
1.2.2.3.2. Olasılık Yaklaşımı 30
1.2.2.4. Yapay Sinir Ağları 30
1.2.2.5. Bulanık Yöntem 32
1.3. KÜTLE HAREKETLERİ ENVANTERİNİN OLUŞTURULMASI 36

İKİNCİ BÖLÜM

ARAŞTIRMA SAHASI'NIN FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

2.1. JEOLOJİ 38
2.1.1.Kretase 38
2.1.1.1.Karadut Karmaşığı 38
2.1.1.2. Koçali Karmaşığı 39
2.1.1.3. Kastel Formasyonu 41
2.1.1.4. Terbüzek Formasyonu 42
2.1.1.5. Metagabro, Diyorit 43
2.1.2. Paleosen 43
2.1.2.1. Besni Formasyonu 43
2.1.2.2. Germav Formasyonu 44
2.1.3.Eosen-Oligosen 45
2.1.3.1.Hoya Formasyonu 45
2.1.3.2.Gaziantep Formasyonu 46
2.1.3.3 Midyat Grubu 46
2.1.4. Miyosen 47
2.1.4.1. Fırat Formasyonu 47
2.1.4.2. Lice Formasyonu 48
2.1.4.3. Şelmo Formasyonu 48
2.1.4.4. Kördis Bazaltı 49
2.1.5. Kuvaterner 50

2.1.5.1. Alüvyon 50
2.2. TEKTONİK 52
2.3. JEOMORFOLOJİ 56
2.3.1. Yükselti 56
2.3.2. Eğim 61
2.3.3. Bakı 63
2.3.4. Jeomorfolojik Birimler 65
2.3.4.1. Dağlık Alan 65
2.3.4.2. Yüksek Platolar 65
2.3.4.3. Alçak Platolar 66
2.4. İKLİM 68
2.5. HİDROGRAFİK ÖZELLİKLER 74
2.6. VEJETASYON ÖZELİKLERİ 77
2.7. TOPRAK ÖZELLİKLERİ 79

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA SAHASININ KÜTLE HAREKETLERİ ENVANTERİ VE ARAŞTIRMA SAHASINDA KÜTLE HAREKETLERİ ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

3.1. ARAŞTIRMA SAHASININ KÜTLE HAREKETLERİ ENVANTERİ 81
3.2. ARAŞTIRMA SAHASINDA KÜTLE HAREKETLERİNİN MEYDANA GELMESİNDE ETKİLİ OLAN HAZIRLAYICI FAKTÖRLER 84
3.2.1. Litoloji 84
3.2.2. Eğim 99
3.2.3. Bakı 102
3.2.4. Yükseklik 105
3.2.5. Bitki Örtüsü 109
3.2.6. Paleo Kütle Hareketleri 113
3.2.7. Baraj Gölüne Yakınlık 115
3.3. TETİKLEYİCİ FAKTÖRLER 116
3.3.1. Faya Yakınlık 116
3.3.2.Yağış 119

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA SAHASININ KÜTLE HAREKETLERİ DUYARLILIK ANALİZİ

4.1. PARAMETRE HARİTALARININ AĞIRLIKLI ÇAKIŞTIRILMASI 124

SONUÇ VE ÖNERİLER 137

KAYNAKÇA 139

KISALTMALAR

AFZ: Adıyaman Fay Zonu

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

DAF: Doğu Anadolu Fayı

DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu

KM: Kilometre

KM²: Kilometre Kare

M: Metre

MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MTA: Maden Tetkik Arama

TPAO: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

AFAD: İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Hareketin Tipi ve Malzemenin Cinsine Göre Kütle Hareketlerinin Sınıflandırılması 11
Tablo 2: İkili Karşılaştırma Yönteminde Kullanılan 1-9 Skalası 24
Tablo 3. Eğim Gruplarının Dağılışı (Km², %) 61
Tablo 4. Bakı Gruplarının Dağılışı (Km², %) 63
Tablo 5: Araştırma Sahasındaki Büyük Toprak Gruplarının Alansal Dağılımı 79
Tablo 6: Jeolojik Birimlerin Kapladıkları Alan (Km², %) Ve Formasyonlara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı 96
Tablo 7: Eğim sınıflarının kapladıkları alan (Km², %) ve sınıflara göre kütle hareketlerinin dağılımı (%) 100
Tablo 8: Bakı Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Sınıflara Göre Kütle Hareketleri Dağılımı 103
Tablo 9: Yükselti Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Bu Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı. 106
Tablo 10: Bitki Örtüsü Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı. 111
Tablo 11: Fay Hatlarına Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı. 117
Tablo 12: Yağış Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı 122
Tablo 13: Parametrelerin Ağırlık Değerleri 128
Tablo 14: Duyarlılık Sınıflarının Kapladığı Alan (Km² ve %) 133
Tablo 15: Duyarlılık Analizi Tutarlılık Oranı (%) 133

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Araştırmada belirlenen amaçlara ulaşmak için aşağıdaki akış şemasında yer alan yol izlenmiştir. 7
Şekil 2: Hareketin Tipi ve Malzemenin Cinsine Göre Kütle Hareketlerinin Türlerinin Sınıflaması. 12
Şekil 3: Kaya düşmesinin Blok Diyagramda Gösterimi 14
Şekil 4: Devrilme Tipindeki Kütle Hareketleri. 15
Şekil 5: (a - b) Dönel Kayma. (C) Düzlemsel Kayma. 16
Şekil 6: Yanal Yayılma Blok Diyagramda Gösterimi. 17
Şekil 7: Akma Tipi Kütle Hareketinin Blok Diyagramda Gösterimi 18
Şekil 8: Kütle Hareketleri Duyarlılık Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler 20
Şekil 9: Heyelan Duyarlılık Modellemesinde Kullanılan BURT Yaklaşımına Ait Mimari 25
Şekil 10: Bulanık Ayarlanabilir Rezonans Teorisi Akış Şeması 26
Şekil 11: Mantıksal Regresyon Akış Şeması 28
Şekil 12: Araklı-Yiğitözü Heyelan alanında bir profilden alınan sismik kırılma verilerinden elde edilen yeraltı hız dağılımı. 30
Şekil 13: İki Nöron İçeren Bir Biyolojik Sinir Ağı 31
Şekil 14: Biyolojik Sinir Ağının Matematiksel Modele Uygulanması 31
Şekil 15: Bulanık Mantık Akış Şeması 33
Şekil 16: Araştırma Sahasının Enine Profilleri 59
Şekil 17. Eğim Gruplarının Dağılışı (%) 61
Tablo 4. Bakı Gruplarının Dağılışı (Km², %) **Şekil 18.** Bakı Gruplarının Dağılışı (%) 63
Şekil 19: Gerger İstasyonunda Ortalama Sıcaklığın Aylara Göre Değişimi. 69
Şekil 20. Gerger İstasyonunda Ortalama Yağışın Aylara Göre Değişimi. 71
Şekil 21. Gerger İstasyonunda Ortalama Yağışın Mevsimlere Göre Değişimi (%) 72
Şekil 22: Araştırma Sahasındaki Kütle Hareketleri Envanterinin Oluşturulmasının Akış Şeması 82
Şekil 23: Karadut Karmaşığının Stratigrafik Kesiti 87

Şekil 24.Güneydoğu Anadolu Otoktonuna Ait Birimlerin Genelleştirilmiş Stratigrafik Dikme Kesiti (Ölçeksiz) 98
Şekil 25: Eğim sınıflarının kapladıkları alan ve eğim sınıflara göre kütle hareketlerinin dağılımı (%) 100
Şekil 26: Bakı Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Sınıflara Göre Kütle Hareketleri Dağılımı 103
Şekil 27: Yükselti Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Yükselti Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı (%). 107
Şekil 28: Kütle Hareketlerinin Yükselti Basamaklarına Göre Yoğunlukları. 107
Şekil 29: Bitki Örtüsü Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Sınıflara Göre Kütle Hareketleri Dağılımı (%). 111
Şekil 30: Fay Hatlarına Yakınlık Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Yönelimleri (%) 117
Şekil 31: Yağış Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı (%). 122
Şekil 32: Duyarlılık Analizi Akış Şeması 126
Şekil 33: Duyarlılık Sınıflarının Kapladığı Alan (%) 133
Şekil 34: Duyarlılık Analizi Tutarlılık Oranı (%) 134

HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1: Küresel Heyelan Duyarlılık Haritası 3
Harita 2: Türkiye Heyelan Duyarlılık Haritası 3
Harita 3: Araştırma Sahasının Lokasyon Haritası 5
Harita 4: Araştırma Sahasının Jeoloji Haritası 51
Harita 5: Araştırma Sahasının Tektonik Haritası 55
Harita 6: Araştırma Sahasının Fiziki Haritası 58
Harita 7: Araştırma sahasının eğim haritası 62
Harita 8: Araştırma Sahasının Bakı Haritası 64
Harita 9: Araştırma Sahasının Morfometri Haritası 67
Harita 10: Araştırma Sahasının Sıcaklık Haritası 70
Harita 11: Araştırma Sahasının Yağış Haritası 73
Harita 12: Araştırma Sahasının Hidrografya Haritası 76
Harita 13: Araştırma Sahasının Toprak Haritası 80
Harita 14: Araştırma Sahasının Aktiflik ve Pasiflik Durumuna Göre Gerçekleşmiş Olan Kütle Hareketleri Haritası 83
Harita 15: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Jeoloji Haritası 97
Harita 16: Araştırma Sahasının Eğim Haritası, Kütle Hareketlerinin Yüksek Eğimli Alanlarda Gerçekleştiği Görülmektedir 101
Harita 17: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Bakı Haritası 104
Harita 18. Araştırma sahasının kütle hareketleri eklenmiş yükselti haritası 108
Harita 19: Araştırma Sahasının Bitki Yoğunluk Haritası ve Kütle Hareketlerinin Dağılışı 112
Harita 20: Araştırma Sahasının Paleo Kütle Harekeleri İçerisinde Gerçekleşmiş İkincil Kütle Hareketleri 114
Harita 21: Araştırma Sahasının Paleo Kütle Hareketleri Yoğunluk Haritası 114
Harita 22: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Baraj Gölüne Yakınlık Haritası 115
Harita 23: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Fay Hatlarına Yakınlık Haritası 118
Harita 24: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Yağış Haritası 123

Harita 25: Her bir parametrenin duyarlılık haritası (a) Litoloji, (b) Eğim (c) Baraj gölüne yakınlık, (d) Paleo kütle hareketleri (e) Fay hatlarına yakınlık, (f) Yükselti, (g) Bitki örtüsü, (h) Bakı, (ı) Yağış 127
Harita 26: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Duyarlılık Haritası 132

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Foto 1*:* Yanal Yayılma 17
Foto 2: Karadut Karmaşığından Bir Görünüm (Açma Köyü'nün Güneyi) 39
Foto 3: Koçali Karmaşığını Tarafından Uyumsuz Bir Şekilde Örten Midyat Grubu Kireçtaşları (Yeşilyurt Köyü'nün Kuzeyi) 41
Foto 4: Kastel Formasyonundan Bir Görünüm (Açma Köyü'nün Güneydoğusundan) 42
Foto 5: Terbüzek Formasyonundan Bir Görünüm (Seyitmahmut Köyü' Nün Yaklaşık Olarak 3 Km Batı) 43
Foto 6: Germav Formasyonun Hoya ve Terbüzek Formasyonlarıyla Kontak İlişkisinden Bir Görünüm. (Seyitmahmut Köyü' Nün Yaklaşık Olarak 3 Km Batısı) 44
Foto 7: Hoya Formasyonundan Bir Görünüm 45
Foto 8: Midyat Grubundan Genel Bir Görünüm (Yeşilyurt Köyü'nün Kuzeyi) 47
Foto 9: Çifthisar Çayı Vadisindeki Alüvyonlardan Bir Görünüm 50
Foto 10: Araştırma Sahasında Geniş Bir Yayılım Gösteren Meşe Topluluklarından Bir Görünüm. 77
Foto 11*:* Öbekler Halinde Ve Şerit Şeklinde Yayılış Gösteren Meşe Toplulukları. 78
Foto 12: Karadut Karmaşığında Gerçekleşmiş Karmaşık Tipteki Sığ Kütle Hareketi 88
Foto 13*:* Koçali Karmaşığı ve Onun Üzerinde Yer Alan Midyat Grubundan Bir Görünüm 90
Foto 14: Midyat Grubu ve Koçali Karmaşığının Sınırında Gerçekleşmiş Olan Karmaşık Tipteki Bir Kütle Hareketi 90
Foto 15: Üst Kesim Geçirimli Olan Hoya ve Alt Kesim Geçirimsiz Olan Germav Formasyonlarının Kontağında Meydana Gelen Kütle Hareketlerinden Bir Görünüm. 92
Foto 16: Hoya Formasyonuna Ait Olan Karbonatlı Litolojiler ve Terbüzek Formasyonuna Ait Olan Litolojiler Geçirimsiz Olan Kastel Formasyonu Üzerinde Kayması Sonucunda Meydana Gelen Kütle Hareketinden Bir Görünüm 92
Foto 18: Kütüklü Köyü İçin Risk Teşkil Eden Kaya Düşmesi 134

Foto 19: Ağaçlı Köyü İçin Risk Teşkil Eden Kaya Düşmesi 135
Foto 20: Saraycık Köyü İçin Risk Teşkil Eden Kaya Düşmesi 135
Foto 21: Kütüklü – Eskikent Yol Güzergâhında Da Kaya Düşmeleri, Bu Güzergâhta Bu Gibi Kaya Düşmeleri Meydana Gelme Potansiyeli Vardır. Yol İçin Risk Teşkil Etmektedir 136
Foto 22: Yeşilyurt Köyü'nün Kuzeyinde Birikmiş Moloz, Yeşilyurt Köyü İçin Risk Oluşturmaktadır 136

GİRİŞ

Kütle hareketleri; yamaçlar üzerindeki şevin açısının değişmesi, güdülenme sonucunda malzemenin zayıflaması, su miktarındaki artış, bitki örtüsün değişmesi insanlar tarafından yapılan müdahaleler gibi etkilerin sonucunda denge açısı bozulan yamacın eğim doğrultusunda hareket etmesidir (Monroe ve Wicander, 2005).

Varnes (1978) yaptığı sınıflamada kütle hareketleri tipine göre; düşme, devrilme, kayma (dönel, yanal), yayılma, akma ve karışık hareket tipi olarak sınıflandırmıştır. Malzemenin türene kaya (kaya düşmesi, kaya devrilmesi, kaya kayması, kaya akması, kaya yayılması). Zemin olarak iri taneli (moloz düşmesi, moloz devrilmesi, moloz kayması, moloz yayılması, moloz akması). İnce taneli (zemim düşmesi, zemin devrilmesi, zemin kayması, zemin yayılması, zemin akması) olarak sınıflandırmıştır.

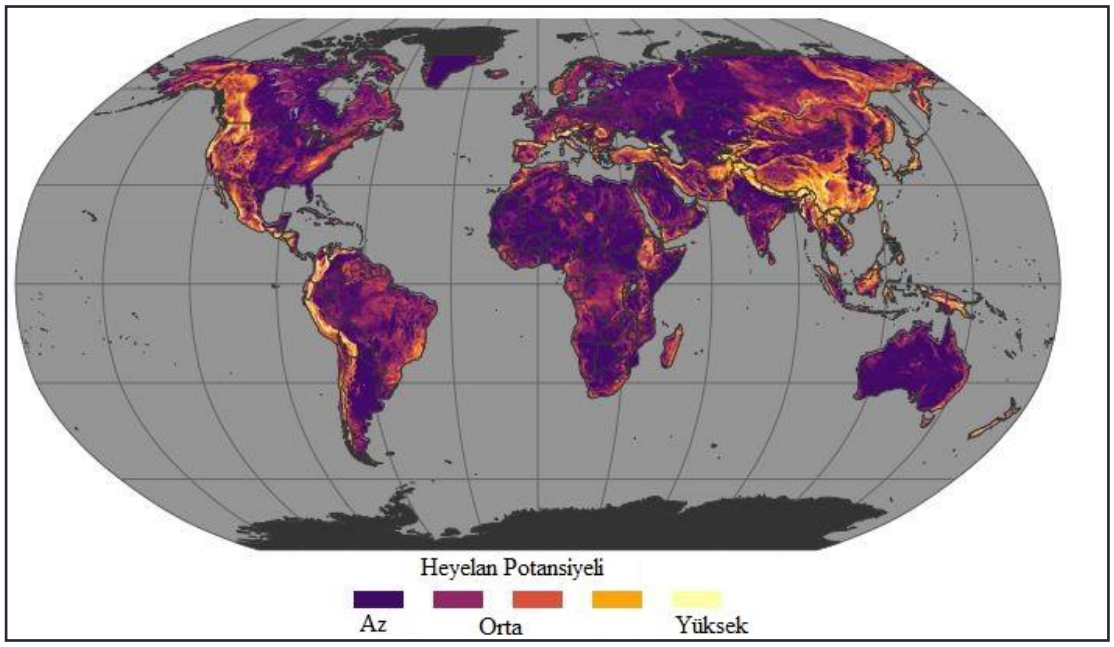
Kütle hareketleri dünyada ve ülkemizde doğal sürecin bir parçası olarak meydana gelmektedirler. Dünya üzerinde kütle hareketlerinin dağılışına bakıldığında yağış değerlerinin yüksek olduğu, tektonik faaliyetlerin aktif olduğu alanlarda yoğunlaştıkları görülmektedir (Harita 1). Ülkemizde yağış değerlerinin yüksek olduğu Karadeniz bölgesinde, KAF ve DAF fay zonlarında yoğunlaştıkları görülmektedir (Harita 2). Hızlı nüfus artışı, küresel iklim değişikliği ve doğal yeryüzü dinamiklerindeki değişikler bu alanlarda kütle hareketlerinin meydana gelme sürecini hızlandırmıştır. Meydana gelen bu kütle hareketleri bir kısmı doğada insan ve insan tarafından oluşturulan unsurlara zarar vermeden doğal bir olay olarak gerçekleşmektedirler. Diğer taraftan kütle hareketlerinin bir kısmı insan ve insan tarafından oluşturulmuş unsurlara zarar vererek afete dönüşmektedirler. Ciddi anlamda can ve mal kayıplarına sebebiyet vermektedirler. Kütle hareketleri Türkiye'de can ve mal kayıplarına sebebiyet veren afetler listesinde depremlerden hemen sonra ikinci sırada yer alırlar. Bu nedenden ötürü çeşitli kurum ve kuruluşlara mensup araştırmacılar kütle hareketleri; duyarlılık, riski ve tehlike çalışmaları yürütmüşlerdir. Bütün bu çalışmalar sonucunda meydana gelebilecek afetten en az etkilenme amaçlanmıştır.

Bu çalışmada duyarlılık analizi üzerinde durulmuştur. Duyarlılık gelecekte olabilecek kütle hareketlerine karşı hassas alanların ortaya konulması, bir alanın kütle

hareketleri oluşumuna karşı olan eğilimini ifade eder (Guzzetti ve diğ. 2006, Görüm, 2006). Geçmiş dönemde meydana kütle hareketleri kontrol eden faktörler, gelecekte meydana gelebilecek kütle hareketlerinin mekânsal konumları hakkında bilgi sunarak duyarlı alanların tahmin edilmesine yardımcı olurlar. Bu anlamda kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarında kullanılan birçok niteliksel (kalitatif) yöntemler ve kantitatif (niceliksel) yöntemler mevcuttur. Her birine metin içerisinde detaylıca yer verilmiştir. Bu çalışmada kantitatif (niceliksel) yöntemler içerisinde yer alan parametre haritalarının ağırlıklı çakıştırılması yöntemi kullanılması uygun bulundu.

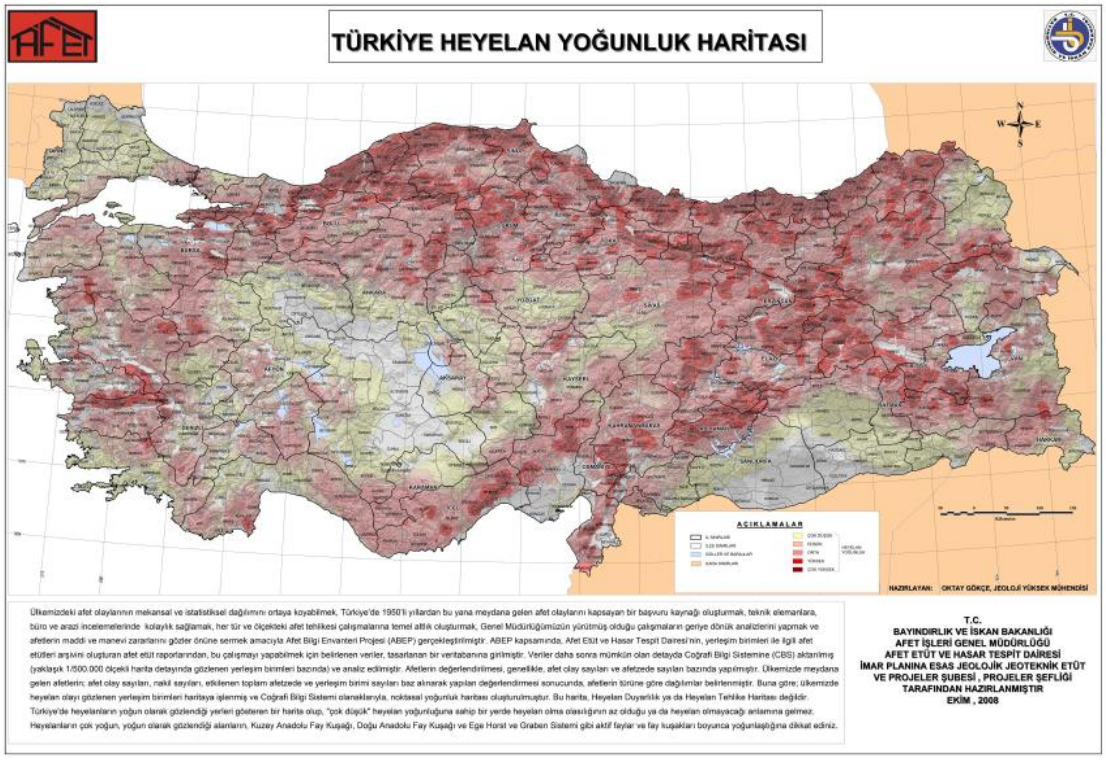
Yöntem doğrultusunda öncellikli olarak araştırma sahasının kütle hareketleri envanteri oluşturulması amaçlandı. Uzaktan algılama yöntemleri ve saha çalışmalarıyla kütle hareketlerinin mekânsal dağılımları üzerinde etkili olabileceği düşünülen hazırlayıcı ve tetikleyici parametreler belirlendi. Yöntemin matematiksel formülüne uyularak alt parametreler kendi arasında önem derecesine göre puanlandırılması hedeflendi. Puanlandırma yapılırken arazi gözlemlerinden ve her bir kütle hareketinin parametrelerin alt sınıflardaki dağılımlarından yararlanılması uygun bulundu. Puanlandırılan parametreler ağırlıklı çakıştırılıp, araştırma sahasının duyarlılık haritasının elde edilmesi hedeflendi. Böylece gelecekte kütle hareketlerin gerçekleşebileceği alanlar tespit edilebilecek. Bu alanların tespiti, gelecekte kütle hareketleri sonucunda meydana gelebilecek afetlerin önlenmesi veya daha az can ve mal kaybıyla atılması açısından önemli olacaktır.

Harita 1: Küresel Heyelan Duyarlılık Haritası



Kaynak: (NASA)

Harita 2: Türkiye Heyelan Duyarlılık Haritası



Kaynak: (AFAD, 2006)

1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Büyük bir kısmı Adıyaman ilinin Gerger ilçe sınırları içerisinde kalan Çifthisar Havzası ve yakın çevresinin kütle hareketlerinin aktif bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Gerçekleşen kütle hareketlerinin bir kısmı MTA tarafından haritalanmıştır. Sahada MTA heyelan envanteri dışında da farklı kütle hareketlerinin gerçekleştiği tespit edilmiştir.

1. Çifthisar Havzası ve yakın çevresinde gerçekleşen kütle hareketlerini tespit edip, sınıflandırılmak amaçlar arasındadır. Kütle hareketlerinin sınıflanması, geçmişin yorumlanıp, mevcut trenlerinin tahmin edilmesi açısından önemlidir (Varnes, 1978). Ayrıca kütle hareketlerinin sınıflanıp haritalanması bölgede uygun önlemlerin alınması açısından da önemlidir.

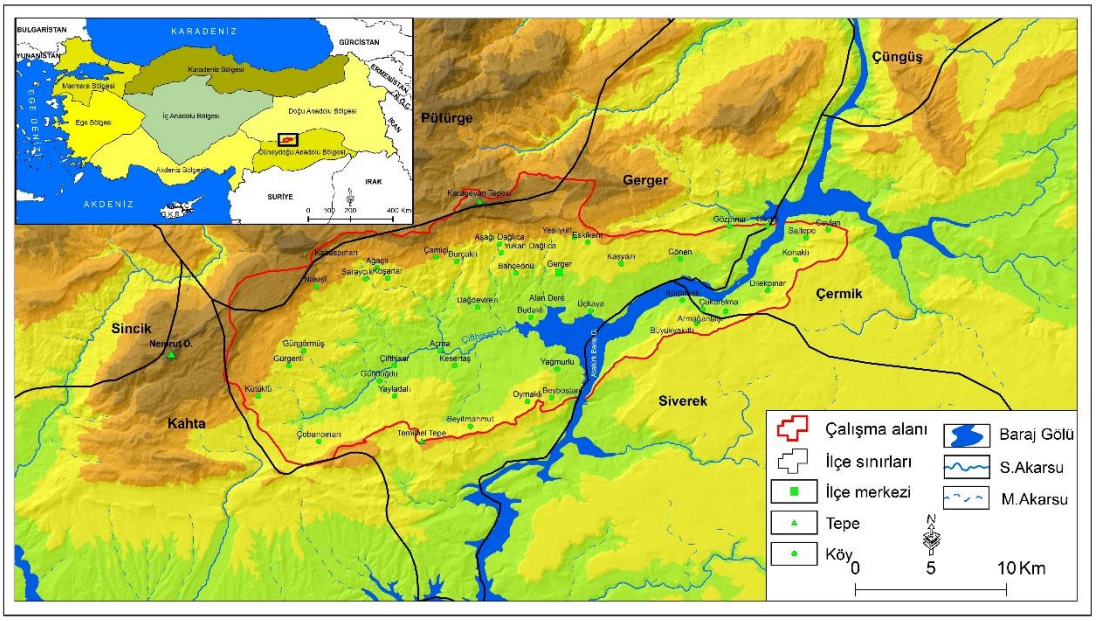
2. Çifthisar Havzası'nın ve yakın çevresi kütle hareketleri meydana gelmesinde etkili olan hazırlayıcı ve tetikleyici parametreleri tespit etmektir. Tespit edilen bu parametreleri ağırlıklı çakıştırıp kütle hareketleri duyarlılık haritası elde etmektir.

3. Duyarlılık haritasında yüksek duyarlı alanlar olarak tespit edilen alanlarla ilgili uygun çözüm önerilerinin sunulması da amaçlanmıştır. Sunulan bu çözüm önerileri doğrultunda kütle hareketlerinin afete dönüşmesinin önlenmesi veya daha az etkilenmeyle atlatılması hedeflenmektedir.

2. ÇALIŞMA SAHASININ YERİ VE SINIRLARI

Araştırma sahası olarak seçilen Çifthisar Havzası ve yakın çevresi Güneydoğu Anadolu Bölgesinin, Yukarı Fırat Bölümü'nde yer almaktadır. İdari olarak Adıyaman iline bağlı Gerger ilçe sınırları içerisinde kalan Çifthisar Havzası Nemrut Dağı Milli Parkı'nın doğusunda yer alır. Gerger ilçe merkezi havzanın kuzeydoğusunda konumlanmıştır. Araştırma sahasının sınırları belirlenirken Çifthisar Havzası'nın su bölümü çizgisinden yararlanılmış, kütle hareketlerinin yoğun görüldüğü yakın çevre de araştırma alanına dahil edilmiştir. Buralar havzanın yakın çevresinde özelikle Fırat Nehrinin alttan oyduğu yamaçlar ile; günümüzde Atatürk baraj gölü kenarında nispi dalga aşındırmasının görüldüğü alanları birçok kütle hareketlerinin görüldüğü alanı kapsamaktadır.

Harita 3: Araştırma Sahasının Lokasyon Haritası



3. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada 1/100.000 ve 1/25000 ölçekli topoğrafya haritalarının L41, L42, M41, M42 ve L41c3, L41c4, L42d3, L42d4, M41b1, M41b2, M42a1, paftaları, Harita Genel Müdürlüğü'nün 5m hassasiyetli dem verileri, MTA Gn. Müdürlüğü'nün ve Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'nın sahayı ilgilendiren harita ve raporları, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Gerger ve Kahta Meteoroloji İstasyonlarına ait verileri ile saha ve yakın çevresini kapsayan literatürden yararlanılmıştır.

Araştırma kapsamında muhtelif zamanlarda gerçekleştirilen arazi çalışmalarında Havza ve çevresini kapsayan alanın jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri, havzada gerçekleşen kütle hareketlerinin durum konumları ile oluşum mekanizmaları belirlenmeye çalışılmıştır. Arazi çalışmaları esnasında, Brunton jeolog pusulası, Silva marka klinometre ile Garmin Monterra el tipi GPS, Dji Phantom 3 Advanced tipi insansız hava aracından yararlanılmış, alana ilişkin haritaların yapılmasında ArcGIS 10.8 kullanmıştır.

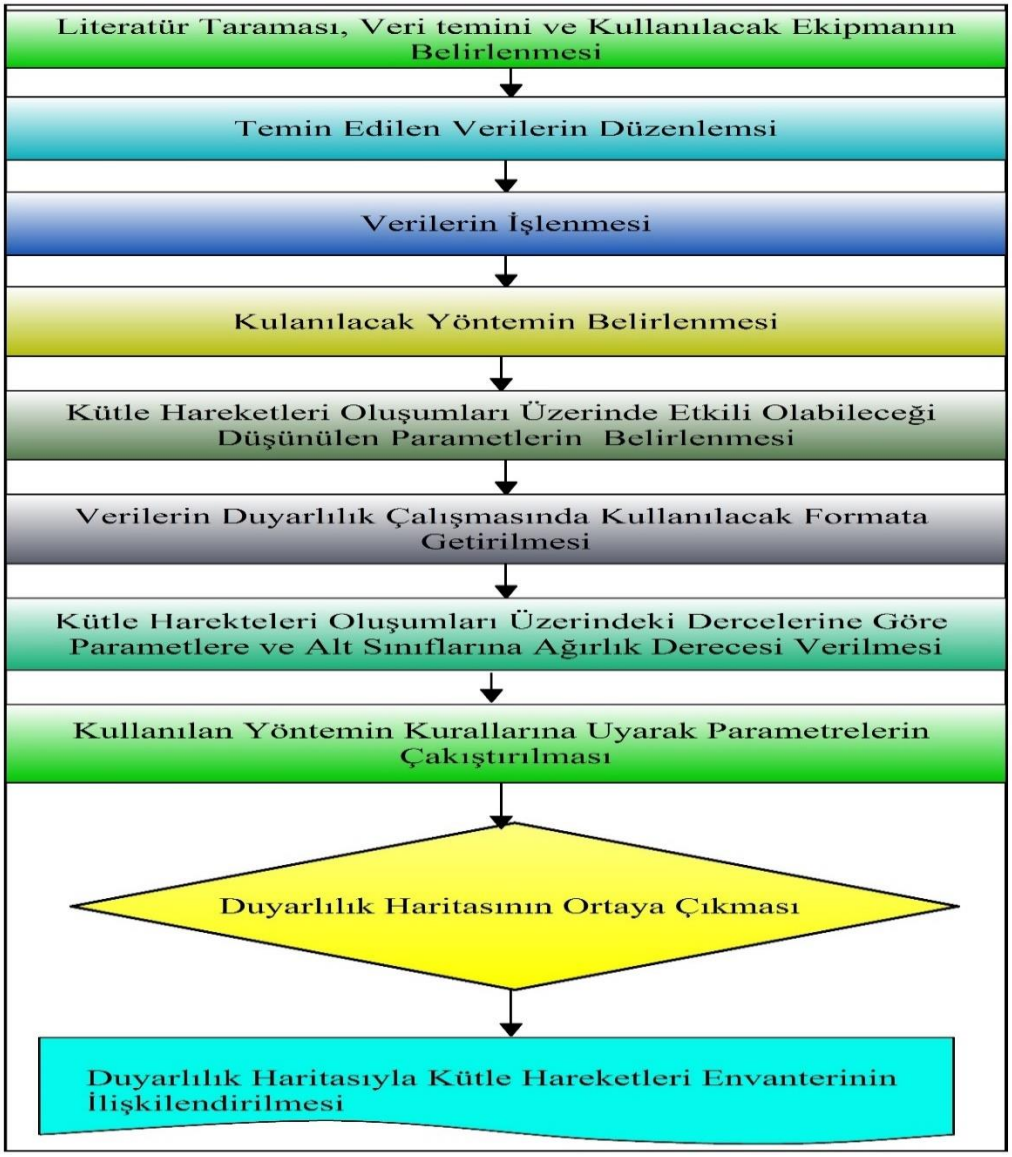
Araştırma kapsamında öncelikli olarak literatür taraması yapılmış, akabinde ilgili literatür ve arazi gözlemleri ışığında kütle hareketlerinin oluşmasında etkin olan hazırlayıcı ve tetikleyici parametreler belirlenmiştir. İlgili literatür, MTA heyelan envanterinden yararlanarak, basın yayım kuruluşlarından taranan haberler

taranarak ve uzaktan algılama yöntemleri ve arazi gözlemleriyle havzanın ve yakın çevresinin kütle hareketleri envanteri oluşturulmuştur.

Araştırma sahasında kütle hareketlerinin meydana gelmesinde etkili olan hazırlayıcı faktörler litoloji, eğim, paleo kütle hareketleri, baraj gölüne yakınlık, bitki örtüsü, bakı, yükselti; tetikleyici faktörler ise fay hatlarına yakınlık ve yağış olarak belirlenmiştir. Değerlendirme yapılırken arazi gözlemlerinden ve her bir kütle hareketinin parametrelerin alt sınıflardaki dağılımlarından yararlanıldı.

Bu çalışmada kütle hareketleri duyarlılık analizi yapılırken parametre haritalarının ağırlıklı çakıştırılması yöntemi kullanıldı. Yöntem kapsamında parametrelerin alt sınıflarına ağırlık değeri verilmesi açısından bir ölçek tasarlandı. Bu ölçeğe göre kütle hareketleri oluşumları üzerindeki etkisi açısından 1 rakamından 5 rakamına doğru önem derecesi artan değerler verildi. Yapılan değerlendirmeler ışığında ana parametrelerin alt sınıfları belirlenen ölçek doğrultusunda puanlandırıldı. Yapılan puanlamaya göre her bir parametre ArcGIS 10.8 yazılımının ArcMap arayüzünde yeniden sınıflandırıldı. Böylece her bir parametrenin duyarlılık haritası oluşturulmuş oldu. Her bir duyarlılık haritası önem derecelerine göre 100 (yüz) üzerin ’den puanlandırıldı. Ağırlık dereceleri belirlenen parametreler bahsi geçen yöntemin formülleri kapsamında çakıştırıldı. Bu işlemler sonucunda Çifthisar havzası için duyarlılık haritaları oluşturuldu. Üretilen bu duyarlılık haritası kütle hareketleri envanter haritasıyla çakıştırıp tutarlılığı test edildi.

Şekil 1: Araştırmada belirlenen amaçlara ulaşmak için aşağıdaki akış şemasında yer alan yol izlenmiştir.



4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Varnes, D. J. (1978). "Slope movement types and processes*"* *Adlı* çalışmasında; kütle hareketlerini malzemenin türüne göre, hareketin türüne göre, hareketin şekline göre sınıflamaya tabi tutmuştur.

Magliulo, P., Lisio, A, & Diğerleri. (2008). "Geomorphology and landslide susceptibility assessment using GIS and bivariate statistics: a case study in southern Italy". Adlı çalışmalarında kütle hareketlerinini tetikleyici ve hazırlayıcı parametreleri belirlenmişlerdir. Parametre haritalarının çakıştırılması, LDZ, yöntemelerini uygulayarak, parametrelerin önem derecelerini belirlenmişlerdir. CBS yazımlarında çakıştırıp duyarlılık haritası üretmişlerdir.

Aytaç, A.S.ve Bozdağ E. (2017) "Nemrut Dağı ve Çevresinin Potansiyel Jeomiras Alanları'' Adlı çalışmalarında araştırma sahasının kuzeybatı kısmının genel fiziki coğrafya özeliklerine değinmiş olup, bu alanın jeomiras potansiyelini araştırmışlardır.

Bakırcı, M. (2017). "Gerger Yöresi Beşeri Coğrafyası*"* Adlı kitabında Gerger yöresinin genel fiziki coğrafya özelliklerine değinip, beşerî coğrafya özelliklerine detaylı yer vermiştir.

Bozdağ, E. (2015) "Nemrut Dağı (Adıyaman) ve Çevresinin Jeopark Olma Potansiyelin Araştırılması" adlı yüksek lisans tez çalışmasında Nemrut Dağı çevresinde yer alan jeolojik miras ve jeoturizm öğelerinin belirlenmesini amaçlamıştır.

Demir, T. ve diğ. (2007) "Terrece staircases of the River Euprates in Southeast Turkey, northern Syria and western Iraq: Evidence for reginal suface uplift*"* adlı çalışmalarında Demir ve arkadaşları Arap Levhasının kuzeyinde gerçekleşen bölgesel yükselmenin delilleri ve bunların Fırat taraçaları üzerine etkilerini araştırmışlardır.

Günay (1998)" Güneydoğu Anadolu'nun Jeolojisi ve Stratigrafisi"konulu çalışmasında araştırma sahasının yakın çevresinde yüzeylenen otokton ve allokton

birimleri ayrı ayrı incelemiştir. Bu birimleri ayrıca ana tektonik etkinlik dönemlerine göre gruplandırarak açıklamaya çalışmıştır.

İncegöz, M. ve Zengin E. (2014) ‘‘Adıyaman Fay Zonunun Morfotektonik ve Yapısal Özellikleri’’ adlı çalışmalarında Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) içerisinde gelişen ve bu sistemin alt zonlarından biri olan Adıyaman Fay Zonu'nun (AFZ), yapısal ve morfotektonik özeliklerini incelemişlerdir.

Karadoğan, S. (2005) **“**Adıyaman Havzasının Genel ve Uygulamalı Jeomorfolojisi. Adlı doktora çalışmasında Adıyaman il merkezi ve yakın çevresinin jeomorfolojik evrimine değinip, jeomorfolojik şekiller üzerinde durmuştur.

Keskin, İ. (2014). **“**1/ 100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Elazığ-L42 Paftası, M4**”**. MTA. Adlı raporlarda bölgenin jeolojik özelikleri incelenmiş ve haritalama çalışması yapılmıştır.

Siler, M. ve Şengün M.T. (2016) ‘‘Kaman Deresi Havzasında (Pütürge-Malatya) Kütle Hareketleri’’ Adlı çalışmalarında bir takım tetikleyici ve hazırlayıcı faktörlerin havzada kütle hareketlerine sebebiyet verdiklerini dile getirmişlerdir. Meydana gelen kütle hareketlerini tespit edip, riskli alanları belirlemişlerdir.

Sütçü, Y. (2009). **“**1/ 100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları- *M42 Paftası.* MTA. Adlı raporlarda bölgenin jeolojik özelikleri incelenmiş ve haritalama çalışması yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE KÜTLE HAREKETLERİ ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

1.1. KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Kütle hareketleri; yerkabuğu üzerinde meydana gelen bir takım olay içerisinde yer alan fiziksel ve kimyasal ayrışma ile parçalanan malzemenin donma, çözülme, akıma geçen su ve yerçekimi gibi faktörlerin etkisiyle bulunduğu yerden başka bir yere aktarılmasıdır (Atalay, 2016). Yamaçlar üzerindeki malzemenin yamaç aşağı hareketi uygulanan gerilme maksimum sürtünme direncinin üstesinden gelmeye yetecek ölçüde büyük olduğunda kütle hareketleri meydana gelir (Görüm, 2015). Kütle hareketleri; jeomorfolojik bir birim olan yamaçlar üzerinde uygun litolojik birimlerde, uygun eğim koşullarında, yağış, akarsu aşındırması, tektonik faaliyetler, insan etkileri gibi tetikleyiciler ve hazırlayıcılar tarafından denge açısı bozulan yamacın yer çekimi etkisiyle eğim doğrultusunda hareket etmesi olayı olarak tanımlanabilir (Lutgens, Tarbuck ve Tasa, 2013, Kavoğlu, Çölkesen ve Şahin, 2016, vd.).

Araştırma kapsamında yapılan literatür incelemelerinde, kütle hareketlerinin tarihsel süreç boyunca farklı araştırmacılar tarafından farklı sınıflandırıldığı görülmüştür.

(Dana, 1864) Kütle hareketlerini; moloz akışı, toprak yayılması, kaya kayması diye üç sınıfa ayırmıştır (Cruden, 2003). Kütle hareketleri sınıflanmasıyla ilgili yapılan ilk çalışmadır.

Avrupa Alplerinde kütle hareketlerin yoğun bir şekilde meydana gelmesi Baltzer'i yeni bir sınıflama oluşturmaya yönlendirmiştir (Baltzer 1975). Bu çalışmasında Baltzer kütle hareketlerini düşme, kayma, akma olarak sınıflamıştır.

Heim (1882) Kütle hareketlerini, toprak kayması, toprak akması, toprak düşmesi, kaya kayması, kaya düşmesi, karışık tip, sınıflanamayan ve özel durumlar şeklinde sınıflamıştır (Li ve Mo 2019).

Sharpe (1937) yaptığı detaylı literatür çalışmasıyla ve gözlemlerinin sonucunda kapsamlı bir kütle hareketleri sınıflaması geliştirmiştir. Yaptığı sınıflamada

kriter olarak hareketin tipi, malzemenin türü, hızı ve su içeriğini esas almıştır. Hareketin tipine göre; kayma, akma ve çökme olarak sınıflamıştır. Malzeme tipine göre; topak, zemin, moloz ve kaya olarak sınıflamıştır.

Varnes (1958) kütle hareketlerini malzemenin türüne göre; akma, kayma, düşme olarak sınıflamıştır.

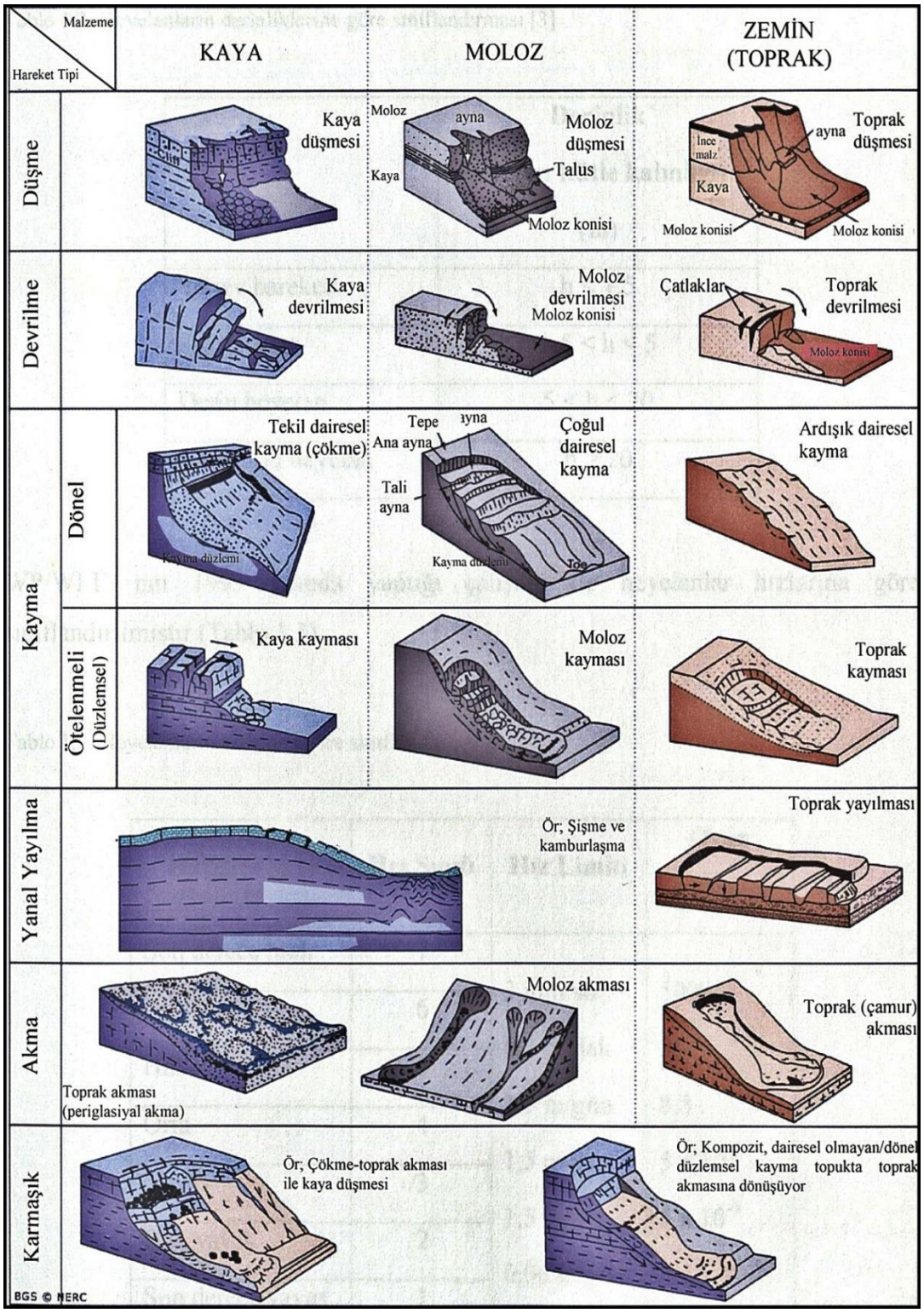
Varnes (1978) yapılan sınıflamada kütle hareketleri tipine göre; düşme, devrilme, kayma (dönel, yanal), yayılma, akma ve karışık hareket tipi olarak sınıflandırmıştır. Malzemenin türene kaya (kaya düşmesi, kaya devrilmesi, kaya kayması, kaya akması, kaya yayılması). Zemin olarak iri taneli (moloz düşmesi, moloz devrilmesi, moloz kayması, moloz yayılması, moloz akması). İnce taneli (zemim düşmesi, zemin devrilmesi, zemin kayması, zemin yayılması, zemin akması) olarak sınıflandırmıştır (Şekil 2 ve Tablo 1).

Tablo 1: Hareketin Tipi ve Malzemenin Cinsine Göre Kütle Hareketlerinin Sınıflandırılması

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">HAREKETİN
TİPİ</td><td colspan="3">MALZEMENİN TÜRÜ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">KAYAÇLAR</td><td colspan="2">ZEMİNLER</td></tr>
<tr><td>İRİ TANELİ</td><td>İNCE TANELİ</td></tr>
<tr><td colspan="2">DÜŞME</td><td>KAYA DÜŞMESİ</td><td>MOLOZ
DÜŞMESİ</td><td>ZEMİN DÜŞMESİ</td></tr>
<tr><td colspan="2">DEVRİLME</td><td>KAYA
DEVRİLMESİ</td><td>MOLOZ
DEVRİLMESİ</td><td>ZEMİN
DEVRİLMESİ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">KAYMA</td><td>DÖNEL</td><td rowspan="2">KAYA KAYMASI</td><td rowspan="2">MOLOZ
KAYMASI</td><td rowspan="2">ZEMİN
KAYMASI</td></tr>
<tr><td>YANAL</td></tr>
<tr><td colspan="2">YAYILMA</td><td>KAYA YAYILMASI</td><td>MOLOZ
YAYILMASI</td><td>ZEMİN
YAYILMASI</td></tr>
<tr><td colspan="2">AKMA</td><td>KAYA AKMASI
(DERİN KRİP)</td><td>MOLOZ
AKMASI</td><td>ZEMİNAKMASI
(TOPRAK KRİBİ)</td></tr>
<tr><td>KARIŞIK</td><td colspan="4">İKİ VEYA DAHA FAZLA HAREKET TÜRÜ</td></tr>
</table>

Kaynak: (Varnes, 1978).

Şekil 2: Hareketin Tipi ve Malzemenin Cinsine Göre Kütle Hareketlerinin Türlerinin Sınıflaması.



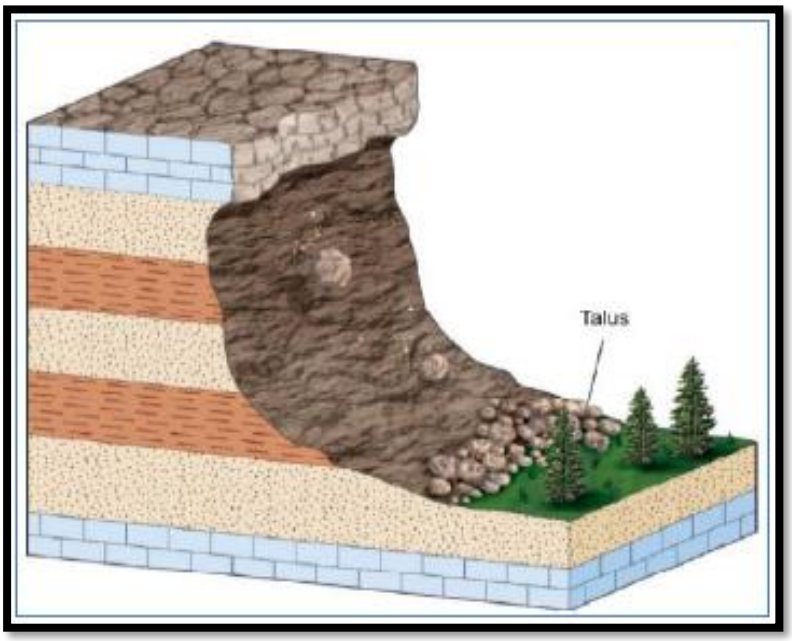
Kaynak: (Varnes, 1978)

Kütle hareketleri sınıflandırılmasına yönelik birtakım kurumlar kurum ve kuruluşlar tarafından belli başlı çalışmalar yürütülmüştür. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI), Avrupa Birliği EuroCode, Infrastucture for Spatial Information in the European Community (INSPIRE), United State of GeologicalSurvey (USGS), Australian Geomechanics Society (AGS), International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, the Commission on Landslides of the International Association of Engineering Geology and the Environment (IAEG) gibi kurumlar tarafından yapılan çalışmalar sonucunda Varnes'in (1978) yaptığı sınıflama kabul görmüş olup dünya çapında kullanılmaya başlanmıştır.

1.1.1. Düşme

Yamaçlar üzerinde yer alan ayrışmış malzemenin serbest düşüşü ile oluşan hareket tipi düşme olarak tanımlanır (Şekil 3). Deniz, göl kenarlarından ve dik kazı şevlerinden, dik yamaçlardan, mağara tavanlarından, Sivri dağ doruklarından özellikle deniz kenarındaki dik falezlerden değişik boy ve çeşitteki kaya veya zemin parçalarının yerçekimi etkisiyle aşağıya hareket ederek düşmesidir (Avcı, 2006). Eğim derecesinin yüksek olduğu yamaçlarda donma, çözülme, faylanma, akarsuyun yamaç topuğunu oyması, insan faktörleri (yol yapımı, dolgu, inşat yapımı) vb. faktörlerin etkisi sonucunda; kaya, zemin, toprak gibi malzemenin yer çekimi eksiyle eğim doğrultusu boyunca düşmesi olarak tanımlanabilir. Düşme; eğim derecesi yüksek yamaçlar üzerinde gevşek malzemenin bulunduğu alanlarda yaygın bir şekilde gözlemlenmektedir. Düşme; malzemenin tipine göre kaya düşmesi, moloz düşmesi, toprak düşmesi olarak alt sınıflara ayrılır. Bu tip hareketler önceden kestirimi oldukça sınırlı olup, hızlı bir şekilde gerçekleşip ciddi mal ve can kayıplarına sebebiyet vermektedirler.

Şekil 3: Kaya düşmesinin Blok Diyagramda Gösterimi

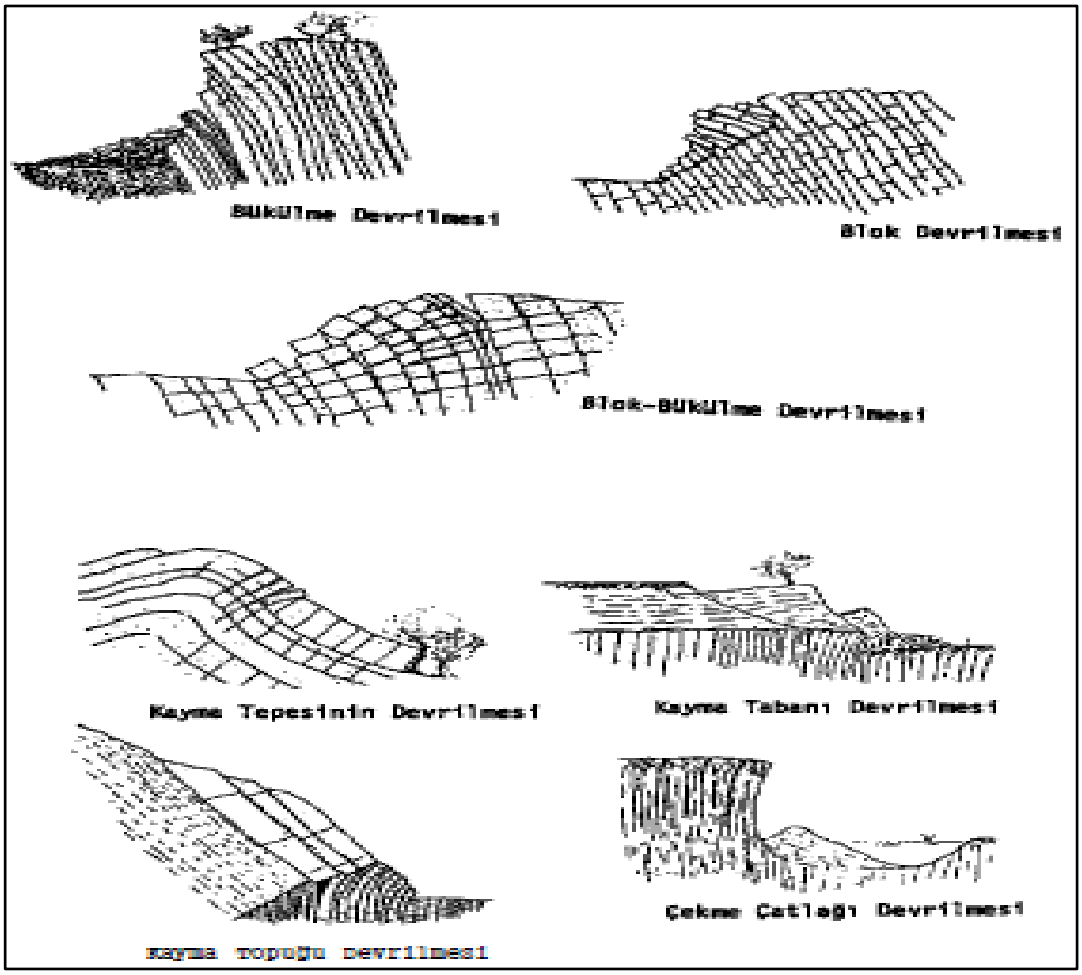


Kaynak: (KGM)

1.1.2. Devrilme

Devrilme, bir cismin bir nokta etrafında dışa doğru veya ekseni tabanında dönmesi olarak tanımlanır. Devrilme tipindeki kütle hareketleri; eğim derecesi yüksek yamaçlarda donma çözülme, kırıklı ve çatlaklı yapı, yer altı suyu, insan faaliyetlerine bağlı olarak yamacın üzerindeki malzemenin dayanma direncinin zayıflaması sonucunda belli açıya yönelip devrilmesiyle oluşan hareket tipidir. Bu tür hareket değişik formlarda ortaya çıkar. Yamaçların üzerindeki malzemeye göre; toprak, kaya ve moloz devrilmeleri olarak altsınıflara ayrılır (Goodman ve Bray, 1976). Devrilmeleri oluşum mekanizmalarına göre; bükülme devrilmesi, blok devrilmesi, blok bükülme devrilmesi ve ikincil devrilmeler olarak dört sınıfa ayırmıştır (Zambak, 1979) (Şekil 4).

Şekil 4: Devrilme Tipindeki Kütle Hareketleri.



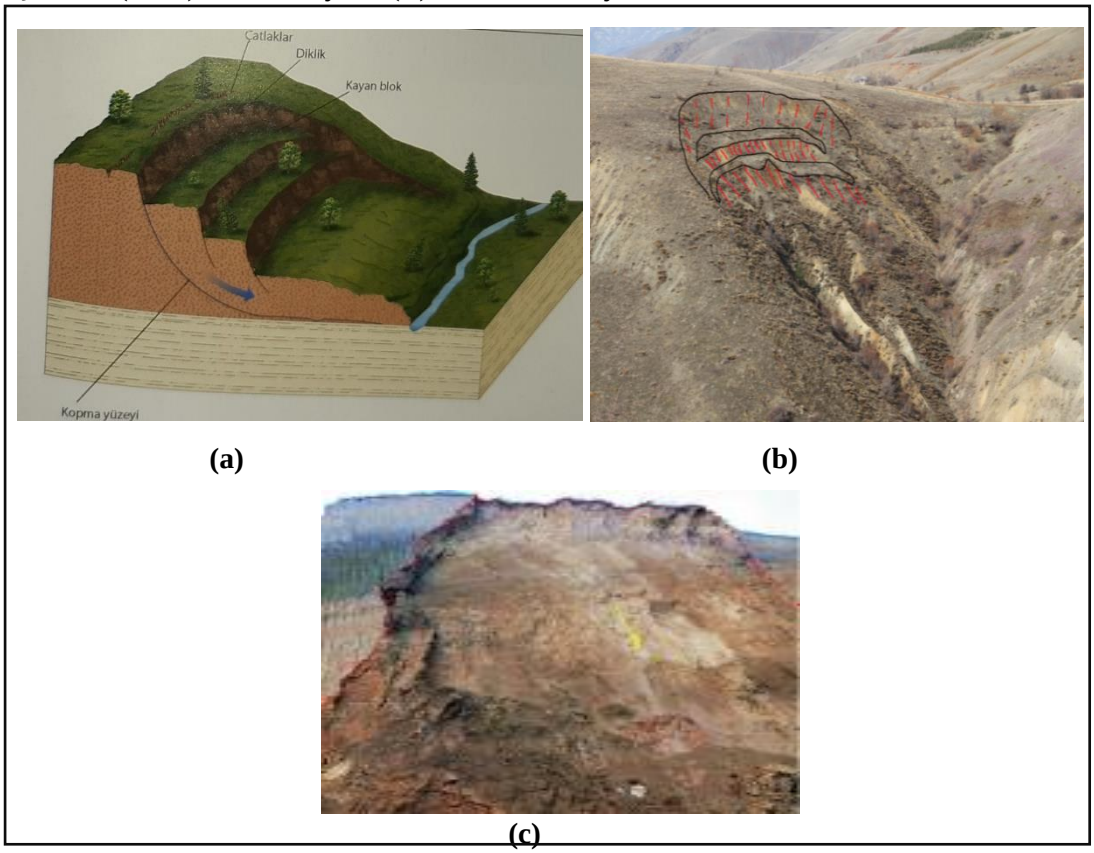
Kaynak: (Zambak, 1979).

1.1.3. Kayma

Bu tip kütle hareketleri tabakaların yatay bir konumda olduğu arazilerde vadi yatağı boyunca yamacın alttan oyulması veya derin ayrışmış bir kütlenin bünyesine aşırı derecede su alması sonucunda bulunduğu alandan koparak kayma yüzeyi boyunca kütle şeklinde kaymaya uğramasıyla oluşur (Atalay, 2016). Kayma tipindeki kütle hareketleri hareketin tipine göre dönel ve ötelenmeli (düzlemsel) olarak altsınıflara ayrılır. Dönel kayma; yamaçlar üzerindeki (kaya, toprak, moloz) gibi pekişmemiş malzemenin eğim doğrultusu boyunca kayarken büklümlü şekiller oluşturarak kaymasıdır (Şekil 5.(a), (b)). Akarsu yamacın topuğunu oyması, insan faaliyetleri özelikle yol yarma çalışmaları, dalga aşındırması gibi faktörlerin etkisiyle yamacın alt kısımlarının boşatılmasıyla üst kısımdaki malzeme yer çekimin etkisine karşı koyamayıp kademeli bir şekilde kaymasıdır. Düzlemsel kayma; özellikle eğim

derecesi yüksek yamaçlarda kopan malzemenin eğim doğrultusu boyunca tek aşamada kaymasıyla oluşan hareket tipidir (Şekil 5. (c)).

Şekil 5: (a - b) Dönel Kayma. (C) Düzlemsel Kayma.

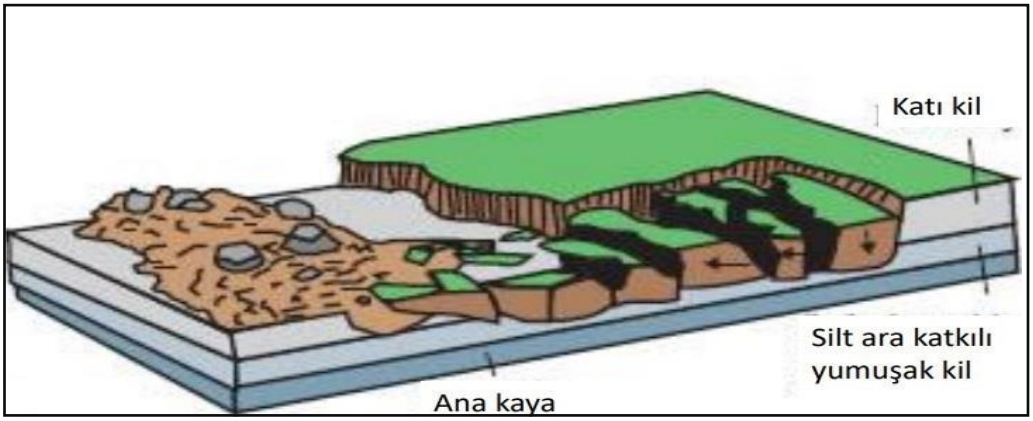


Kaynak: (a) (Monroe ve Wicander, 2005). **(c)** (Li ve Mo, 2019).

1.1.4. Yanal Yayılma

Eğim kırıklıklarını bulunduğu ince ve düzensiz tabakalarda yaygın olarak meydana gelen kütle hareketi tipidir. Yanal yayılma zayıf ve istikrarsız bir zon boyunca birbirine paralel uzanan kırıkların meydana geldiği ve bu kırıkların yatay yönde gelişimiyle oluşur (Şekil 6). Bir dizi istikrarsızlığın tek bir zayıflığı aştığı yerde birden fazla geriye dönük kayma başarısızlığın meydana geldiği bir hareket tipidir (Hungr, Leroueli ve Picarelli, 2014). Yanal yayılma; donma ve çözüme, bitki örtüsünün yoksun olduğu, akarsu aşındırması, dalga aşındırmasının ve depremlerin etkin olduğu alanlarda yaygın olarak gözlemlenen kütle hareketidir (Foto 1). Yanal yayılma malzemenin tipine göre; kaya yayılması, moloz yayılması ve toprak yayılması olarak alt sınıflara ayrılır.

Şekil 6: Yanal Yayılma Blok Diyagramda Gösterimi.



Kaynak: (Ulamış, 2019).

Foto 1*:* Yanal Yayılma



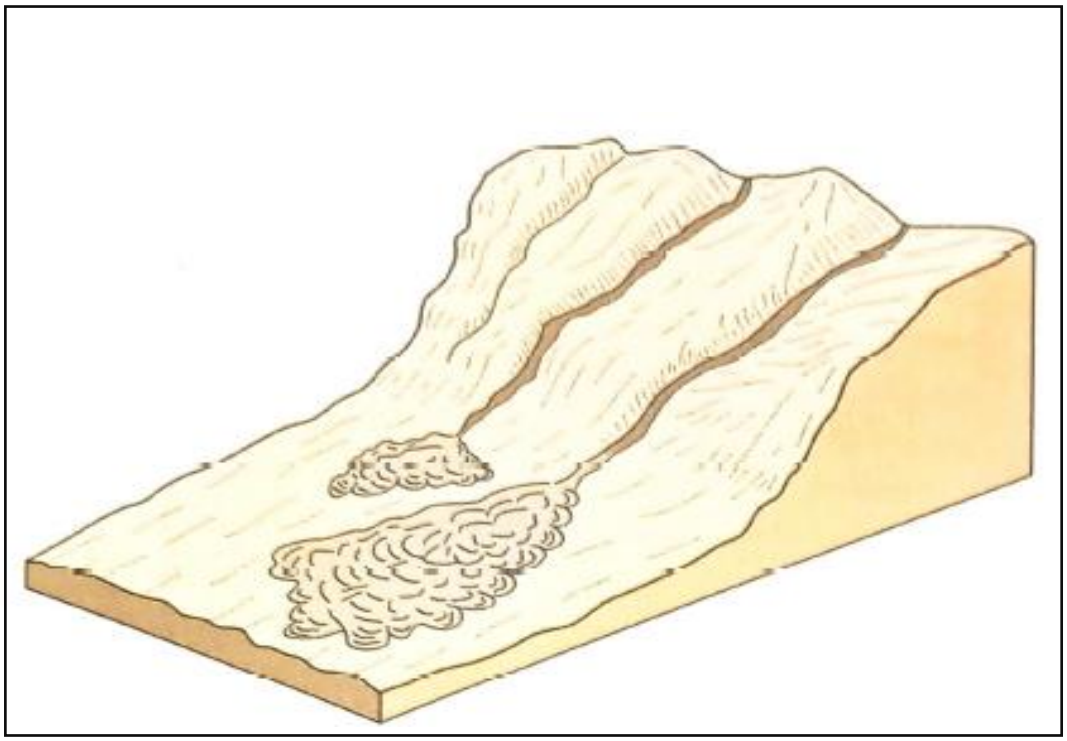
Kaynak: (Hungr, Leroueli ve Picarelli, 2014)

1.1.5. Akma

Yamaçlar üzerindeki pekişmemiş malzemenin suya doygun hale gelmesi sonucunda ağırlaşıp dayanma direncini kaybedip eğim doğrultusu boyunca malzemenin akmasıyla oluşan hareket tipidir. Akma tipi kütle hareketin gelişimi, yamaçlar üzerindeki kaya parçaları, parçalanmış materyal, moloz ve kil gibi malzemenin suya doygun hale gelmesine bağlıdır (Varnes, 1978). Yamaçlar üzerinde meydana gelen akmalar malzemenin türüne, boyutuna, içerdiği su miktarına bağlı olarak yavaş veya hızlı gelişebilirler. Akmalar malzemenin tipine göre; toprak akması, moloz akması ve çamur akması olarak alt sınıflara ayrılır. Toprak akmaları nemli iklimlerin hüküm sürdüğü bölgelerdeki yamaçlar üzerindeki toprağın yoğun yağışlar ve kar erimeleri sonucunda suya doygun duruma gelmesiyle yamaç eğimi boyunca

harekete geçmesiyle oluşurlar (Lutgens, Tarbuck ve Tasa, 2013). Moloz akması ‘‘ıslak çimento kıvamında olan su ve havayla bir araya gelen sediman parçalarından oluşan ve hızlı hareket eden kütle hareketidir” (Görüm, 2015) (Şekil 7). Çamur akması moloz akmasıyla benzer özellikte gelişir aralarındaki fark toprak akmasının daha ince taneli malzemeden oluşmasıdır.

Şekil 7: Akma Tipi Kütle Hareketinin Blok Diyagramda Gösterimi



Kaynak: (Görüm, 2015).

1.1.6. Karmaşık

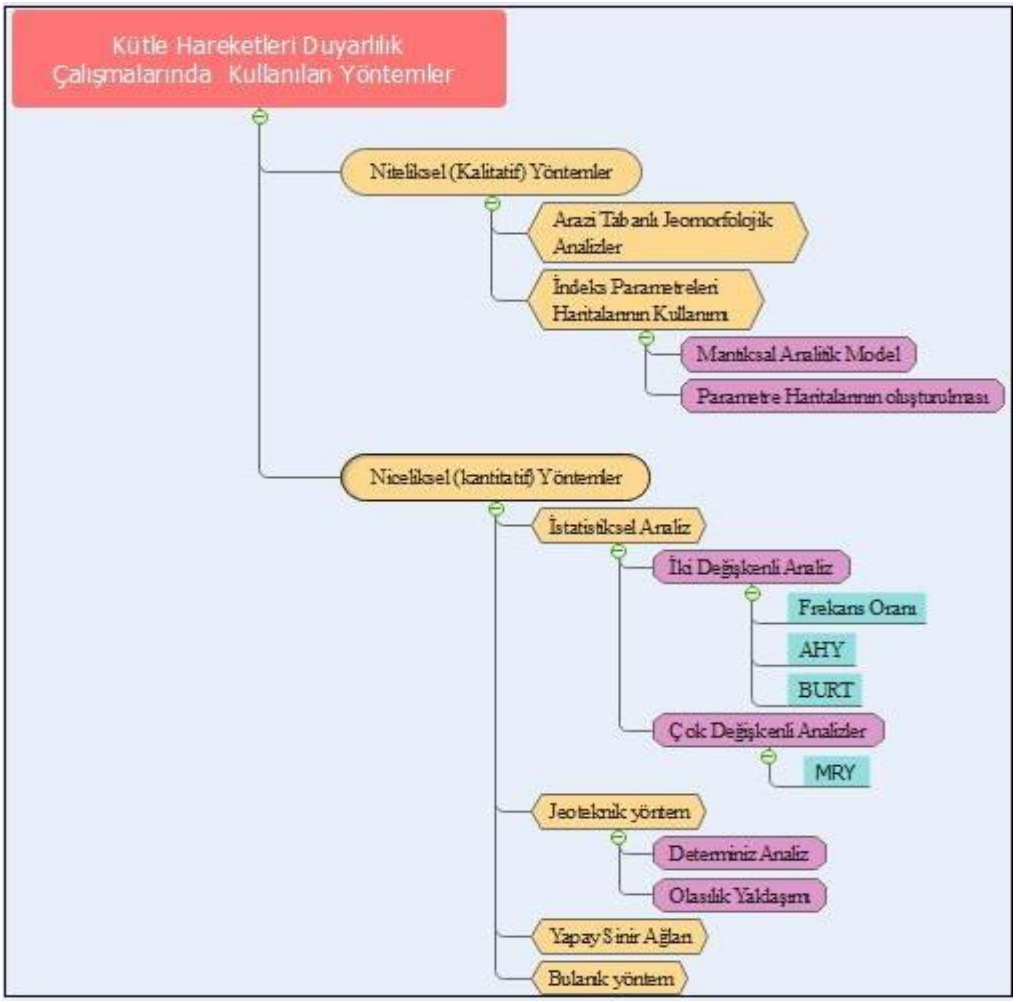
Meydana gelen hareketin içerisinde düşme, akma, kayma, yanal yayılma gibi birçok türün bir arada gözlemlendiği hareket tipidir. Karmaşık tipteki kütle hareketleri tek bir tip olarak meydana gelmeyip, farklı kütle hareketlerini barındıran ya da bir kütle içerisinde farklı zamlarda gelişmiş kütlelerden oluşan harekettir (Varnes, 1978). Karmaşık türde gelişen kütle hareketlerin en yaygını kayma-akma türünde olanlarıdır. Kayma-akma tipindeki karışık kütle hareketleri oluş mekanizması, yamaçlar üzerinde zayıf zondan kopan kütlenin belir bir alan boyunca kayma şeklinde hareket edip, daha sonraki hareketi boyunca akmaya dönüşmesidir (Monroe ve Wicander, 2005).

Sonuç olarak Varnes (1978) yaptığı sınıflamada kütle hareketleri hareketin tipine göre; düşme, devrilme, kayma, yanal yayılma, akma ve karışık olarak sınıflamıştır. Malzeme cinsine göre kaya, moloz ve toprak olarak sınıflamıştır. Bu sınıflamadan farklı sınıflamalar da yapılmış fakat Varnes (1978) tarafından yapılan sınıflama kabul görmüş olup sonraki süreçlerde araştırmacılar tarafından kullanılmıştır.

1.2. KÜTLE HAREKETLERİ DUYARLILIK ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarında birçok yöntem kullanılmıştır. Araştırmacılar yöntem seçimini; bilgi, deneyimine, teknolojik imkânlara, kütle hareketleri çalışmalarında etkili olan parametre ağırlıklarına, çalışmanın ölçeğine, veriye ulaşabilme olanağına, çalışmanın maddi boyutuna, zamansal dağılımı gibi unsurları dikkatte alarak belirlemişlerdir. Kütle hareketleri duyarlılık haritalarının oluşturulması için temelde iki yaklaşım ve alt sınıfları vardır. Bu yaklaşımlar; niteliksel ve niceliksel yöntemlerdir (Şekil 8). Niteliksel yöntemler, araştırmacının daha çok bilgi ve deneyiminin kullanılması ile saha gözlemlerinden ulaştığı bilgiye bağlı olarak kullanılan yöntemdir. Niceliksel yöntemler ise genel olarak, istatistiksel veya matematiksel modelleme tekniklerinin uygulanarak gerçekleştirildiği yöntemleri içermektedir (Tetik Biçer ve Ercanoğlu, 2017).

Şekil 8: Kütle Hareketleri Duyarlılık Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler



Kaynak: (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001) Değiştirilerek

1.2.1. Niteliksel (Kalitatif) Yöntemler

Kalitatif yöntemler genel olarak kütle hareketleri çalışmalarında tehlike ve duyarlılık boyutunu seçen araştırmacılar tarafından tercih edilmişlerdir. Bu yöntemi kullanan araştırmacılar verileri arazi çalışmaları sırasında yaptığı gözlemlerle ve ölçümlerle elde etmişlerdir. Güncel ve geçmiş tarihlere ait hava fotoğraflarının, uydu görüntülerinin yorumları yapılarak elde edilen sonuçlar arazi çalışmaları ile entegrasyonu yapılarak sonuca ulaşılmıştır. Bu yöntemler deneyime ve tecrübeye bağlı olduklarından dolayı aynı zamanda uzman değerlendirme yaklaşmaları olarak da değerlendirilmektedir. Kalitatif yöntemler iki gruba ayrılır (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001)

1.2.1.1. Arazi Tabanlı Jeomorfolojik Analizler

Arazi tabanlı jeomorfolojik analiz yöntemi geçmişte meydana gelen kütle hareketlerinin arazi çalışmalarıyla, insansız hava araçları ve uydulardan elden edilen hava fotoğraflarının aracılığıyla kütle hareketlerinin jeomorfolojik yapısının tespit edilip, geleceğe yönelik kestirimlerde bulunulmasıdır. Bu yöntem, ağırlıklı olarak hava fotoğrafı yorumlanması ile arazi çalışmalarından ulaşılan bilgiler ışığında yapılan çalışmaları içermektedir (Dağ ve Bulut, 2007).

1.2.1.2. İndex Parametre Haritalarının Kullanılması

İndeks parametre haritalarının kullanılması yöntemi kütle hareketleri oluşumunda etkili olan parametre haritalarının (litoloji, eğim, bakı, fay hatlarına yakınlık, akarsu aşındırması, topografik nemlilik, kara yoluna yakınlık, bitki örtüsü vb.) üst üste çakıştırılmasından meydana gelmektedir. Bu yöntemde araştırmacı, yamaç duyarlılığında etkili olan etmelerin tespit etmekte ve haritalamaktadır. Parametrelerin ağırlık değerlerinin seçilmesi; araştırmacının deneyimi, tecrübesine veya verilerin mantıksal regresyona tabi tutulmasıyla yapılır (Dağ, 2017). Bu yöntemin uygulama aşamaları şu şekilde sıralana bilir.

1. Her bir parametre haritasının alt sınıflara ayrılması ve bu sınıflara duyarlılık üzerindeki etki derecelerine göre ağırlık atanması ile her bir parametrenin duyarlılık haritası elde edilir.

2. Her bir parametre için elde edilen duyarlılık haritaları birbirleriyle kıyaslanarak ağırlık değerleri verilip üst üste çakıştırılır.

3. Çakıştırılan bu duyarlılık haritalarından kütle hareketleri açısından tek bir duyarlılık haritası elde edilir (Dağ, 2017).

1.2.2. Kantitatif (Niceliksel) Yöntemler

Kantitatif yöntemlerde kütle hareketleri oluşumunda etkili olan parametre haritaları bilgisayar destekli yazılımlarla oluşturulmaktadır. Oluşturulan parametre haritaları yazılım destekli programlarla kütle hareketleri duyarlılık açısından her bir sınıfa önem derecesi tanımlanır. Her bir parametrenin için duyarlılık haritası oluşturulur. Oluşturulan bu duyarlılık haritaları çeşitli istatistiksel yöntemlerle ve matematiksel modellerle birbirleriyle kıyaslanarak kütle hareketleri duyarlılık haritası elde edilir. Kantitatif yöntemleri kullanan araştırmacılar yaptığı duyarlılık

çalışmalarında kişinin deneyim, tecrübesinden ziyade daha çok matematiksel ve istatiksel yöntemlerin kullanılmasından dolayı kalitatif yöntemlerinden ayrılırlar.

1.2.2.1. İstatistiksel Analizler

İstatistiğin temel yapısına bakıldığında; bir konunun veya sorunun tanımlaması bunlara dair verilerin toplanıp araştırılması, verileri kaydedip sınıflamaya tabi tutulup işlenmesi, işlenen bu verilerin matematiksel modellemelerle analiz edilip sonuca varma işlemidir. Bu yöntem mekânsal verinin olasılıkları kullanılarak kütle hareketleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi, çalışma alanındaki faktörlerin kütle hareketleri arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması ve olasılıkların eşitli istatistiksel yöntemlerle hesaplanması olarak tanımlana bilir.

1.2.2.1.1. İki Değişkenli Analiz

İki değişkenli analizlerin özünü; meydana gelmiş kütle hareketlerinin tanımlanması, tanımlanan bu kütle hareketlerinin, her bir parametre haritasıyla ve bu parametre haritalarının alt sınıflarıyla ilişkilendirilip, ağırlıklarının tanımlanıp duyarlılık haritası elde edilmesi oluşturur. İki değişkenli analizlerde işlem basamakları şu şekilde sıralanabilir; kütle hareketlerinin oluşumunda etkili olan parametrelerin belirlenmesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarıyla alt sınıflara ayrılması, alt sınıflara ağırlık değerlerini atanması, vektör veri formatlarının raster veri formatına dönüştürülmesi, dönüştürülen piksel tabanlı her bir parametreye ağırlık derecesi atanıp duyarlılık haritasının elde edilmesidir. Parametre haritalarına ve alt sınıflarına sabit bir ağırlık değeri verilmemektedir. Verilen ağırlık değerleri araştırmacının uzmanlığına göre değişebilmektedir.

1.2.2.1.1.1. Frekans oranı

Kütle hareketleri duyarlık çalışmalarında kullanılan frekans oranı yöntemi iki değişkenli analizler içerisinde yer alır. Geçmişte gerçekleşen kütle hareketleriyle ile bunların oluşumunda etkili olabileceği düşünülen parametreler karşılaştırılır. Kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarında, gelecekteki kütle hareketleri, geçmişte meydana gelen kütle hareketleri ile ilişkili aynı parametrelerin nedenine bağlı olarak oluşacaktır, varsayımı araştırmacılar tarafından yaygın kabul görmektedir. Frekans oranı hesaplama yöntemi için şu formül geliştirilmiştir:

$$FR = \frac{PLO}{PIF}$$

PLO, kütle hareketinin oluşumunu her bir parametrenin alt sınıflar içerisindeki yüzdesidir, PIF kütle hareketlerinin oluşumunu etkileyen bir parametrenin her bir alt sınıfının yüzdesidir.

Yöntemin uygulama aşaması; araştırmacılar arazi çalışmalarıyla ve kurumlardan elde ettikleri kütle hareketleri envanterinin bilgisayar ortamına aktarılır. CBS programları (ArcGIS, MapINFO, QGIS vb.) aracığıyla elde edilen kütle hareketleri sayısallaştırılır. Koordinatlı vektör veriler elde edilir. Elde edilen vektör veriler piksel tabanlı raster veriye dönüştürülür. Kütle hareketleri oluşumunda etkili olabileceği düşünülen parametreler belirlenir. Her parametre CBS programları aracığıyla alt sınıflara ayrılırlar ve vektör olan parametreler piksel tabanlı raster veriye dönüştürülür. Her bir parametrenin alt sınıflarının çalışma alanı içerisindeki piksel sayısı ve bu piksellerin çalışma alanı içerisindeki oranları yüzdelik dilimden hesaplanır. Sonuç olarak her bir parametrenin alt sınıfında yer alan kütle hareketleri piksel sayısının yüzdelik olarak hesaplanmış oranı, her bir parametrenin alt sınıfının da yer alan piksellerin yüzdelik olarak hesaplanmış oranına bölünmesiyle her bir alt sınıfın frekans oranı elde edilir. Hesaplamalar sonucunda ulaşılan frekans oranı değerleri 1'den büyük olması durumunda, kütle hareketleri ve kütle hareketlerine neden olan parametre arasındaki ilişki o kadar yüksek olacaktır. Tersine, 1'den ne kadar küçük olursa aralarındaki ilişki o kadar düşük olacaktır (Arca ve Kutoğlu, 2017).

1.2.2.1.1.2. Analitik Hiyerarşi Yöntemi

AHP farklı disiplinlerde birçok konuda karmaşık yapıdaki problemlerin çözümünde (uygun yer seçimi, arazi kullanım potansiyelinin belirlenmesi, uygun çöp döküm alanlarının belirlenmesi, sel taşkın duyarlılık analizlerinde, erozyon duyarlılık analizlerinde, kütle hareketleri duyarlılık analizlerinde, vb.) kullanılmıştır. AHY geliştirilirken her bir parametrenin ve alt grupların önemi açısından kıyaslama yapabilmek için matematiksel bir ölçek geliştirilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: İkili Karşılaştırma Yönteminde Kullanılan 1-9 Skalası

DERECELER		TANIM
1		Eşit Önemli
3		Biraz Daha Fazla Önemli
5		Kuvvetli Derece Önemli
7		Çok Kuvvetli Derece Önemli
9		Aşırı Derece Önemli
2-4-6-8		Ara (Ortalama) Değerler

Kaynak: (Ömürbek ve Şimşek, 2014)

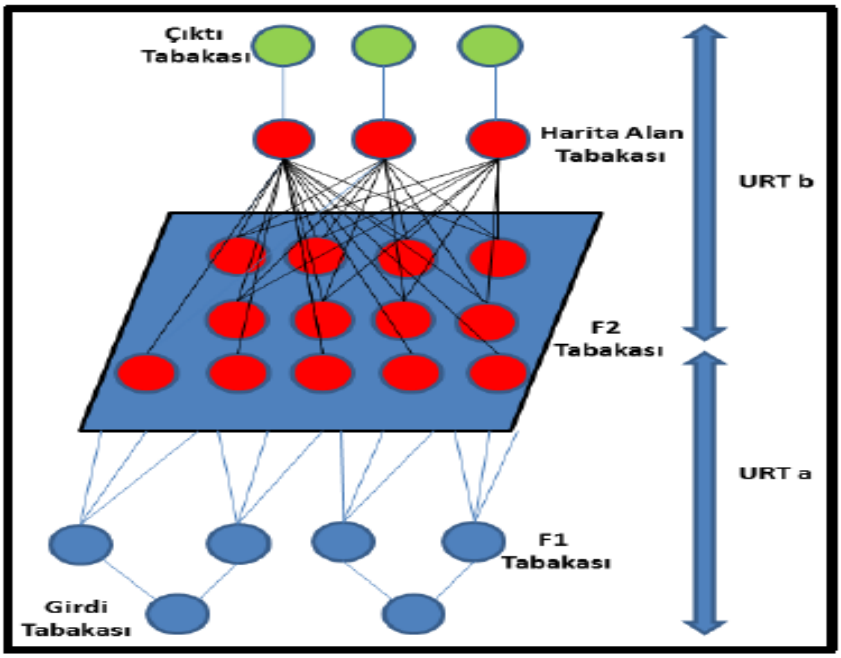
Yöntemin uygulama aşamasına bakıldığında, öncellikli olarak bir problem belirlenir. Örneğin sınırlandırılmış bir alanının kütle hareketleri açısından duyarlılık potansiyelinin belirlenmesi. Bu problemin çözümünde kullanılacak parametrelerin (litoloji, eğim, bakı, fay hatlarına yakınlık, akarsu ağlarına yakınlık, yola yakınlık, arazi örtüsü, drenaj yoğunluğu, yağış, vb.) belirlenir. Parametrelerin kütle hareketleri duyarlılık haritasına etkisinin belirlenmesinde, ilk olarak parametrelerin ikişerli değerlendirilip bu iki parametrenin birbirine göre kütle hareketleri duyarlılığına etkisi saptanır. Bu iki parametrenin birbirine göre alacağı önem derecesinin belirlenmesi araştırmacıya bağlıdır. Her parametrenin alt sınıfları birbirlerine göre önem dereceleri belirlenir. Daha sonra ana parametreler önem derecesine göre kıyaslanır. "İkili karşılaştırmalar yapılırken, kullanılan matris formuna ikili karşılaştırma matrisi adı verilir ve bu matrisle yapılan değerlendirmede bir üst seviyedeki parametreye bağlı olarak iki kriter arasında önem derecesini belirleme amaçlanır" (Ömürbek ve Şimşek, 2014). İkili karşılaştırma matris tablosunda satırdaki kriterler sütundaki kriterlere oranla ne kadar önemli olduğu saptanır. Birbirlerine göre önem derecesi belirlenen alt sınıflarının ağırlığı hesaplanır. "Bu işlem AHY'nde sentezleme olarak adlandırılır ve matematiksel olarak özdeğer ve özvektör hesaplamalarını içerir" (Yalçın, 2007). Bu işlemler sonucunda AHY oranı, CR (tutarlılık oranı), CI (tutarlılık indeksi), RI (Rasgele indeks) oranları elde edilir. Elde edilen tutarlılık oranı %10 küçükse tasarlanan matrisin tutarlı olduğunu göstermektedir. Bu oran %10 büyükse parametreler arasındaki ilişki kontrol edilip, hatalar varsa tekrar tasarlanmalı ve oran %10 altına düşürülmelidir. Ağırlık değerleri hesaplanan parametrelerin ve bunların alt sınıfları CBS programları aracığıyla (ArcGIS, MapINFO, QGIS, vb.) vektör olan

veriler piksel tabanlı raster veriye dönüştürülür. Dönüştürülen veriler yeniden sınıflandırılarak her bir parametre için bir duyarlılık haritası oluşturulur. Oluşturulan bu duyarlılık haritaları AHY yöntemiyle elde edilen ağırlıklar baz alınarak üst üste çakıştırılarak tek bir duyarlılık haritası elde edilir.

1.2.2.1.1.3. Bulanık Uyarlanabilir Rezonans Teorisi

Bulanık Uyarlanabilir Rezonans Teorisi (BURT)yaklaşımı denetimsiz ve denetimli veri sınıflandırma özelliği olan bir tasarıma sahiptir (Akgün, 2018). "BURT yaklaşımına ait mimari Şekil 9'da sunulmuştur. Denetimsiz sınıflandırmada, F1 (girdi) ve F2 (kategori) olmak üzere iki tabaka yer almaktadır. Bu iki tabaka BURT modelini oluşturur. F1 tabakası girdi nitelik vektörlerini temsil etmekte ve dolayısıyla her ölçüm boyutunda nöronlara sahip olmaktadır". (Akgün, 2018).

Şekil 9: Heyelan Duyarlılık Modellemesinde Kullanılan BURT Yaklaşımına Ait Mimari

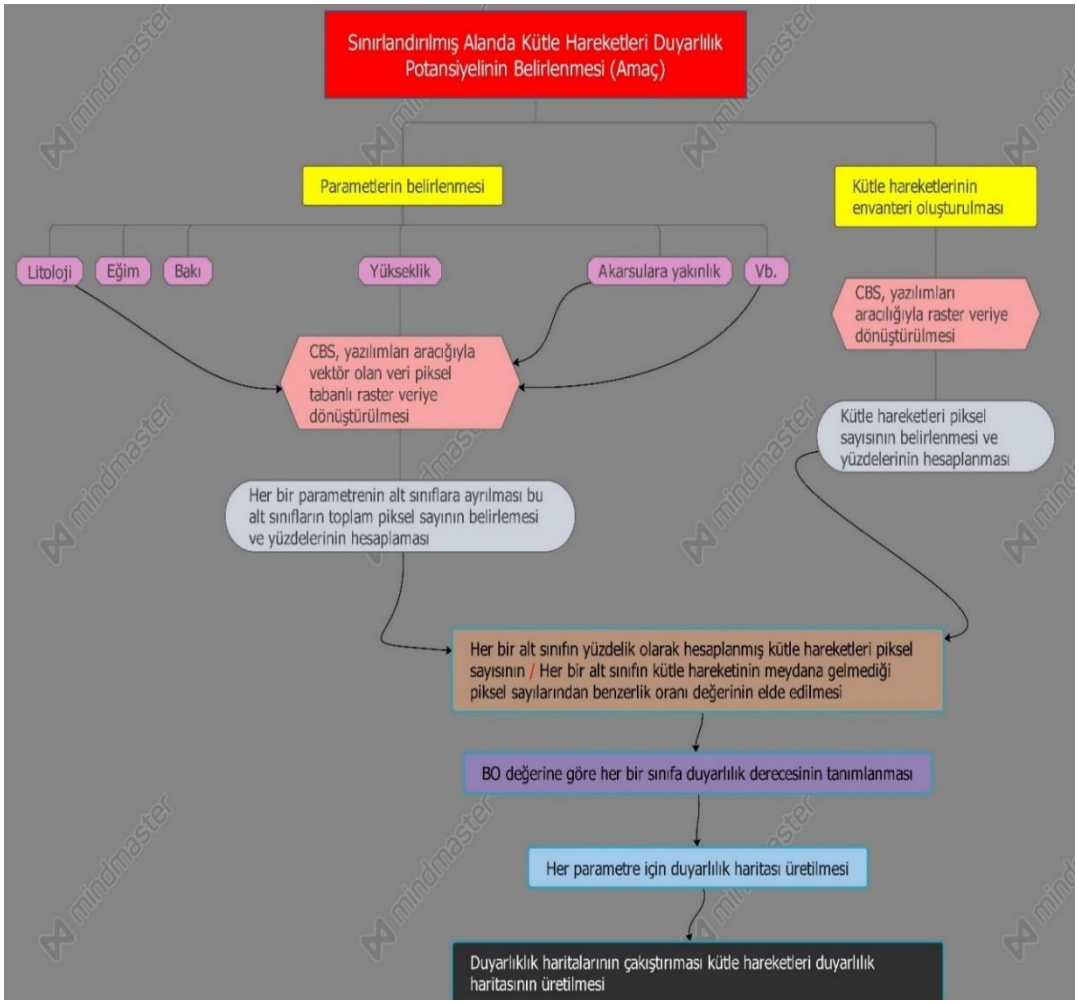


Kaynak: (Akgün, 2018)

Bu yöntemin uygulama aşamasına bakıldığında öncelikli olarak bir amaç belirlenir. Bu amaç doğrultusunda parametreler belirlenir. Belirlenen bu parametreler CBS programları aracılığıyla alt sınıflara ayrılıp, vektör formatta olan parametreler piksel tabanlı raster veriye dönüştürülür. Dönüştürülen bu parametrelerin her bir alt sınıfının toplam piksel hesaplanır ve yüzdelik değerleri elde edilir (Şekil 10). Kütle hareketleri envanteri elde edilir. Elde edilen bu envanter piksel tabanlı raster veri

formatına dönüştürülür. Dönüştürülen bu verinin piksel sayısı hesaplanır ve yüzdelik değerleri elde edilir. Külte hareketinin meydana geldiği pikselin ÷ kütle hareketlerinin meydana gelmediği piksel sayının yüzdelik değerinden benzerlik oranı elde edilir. Elde dilen benzerlik oranı değerine göre 1 (en az öneme sahip) ile 5 (en yüksek öneme sahip) arasındaki ölçek baz alınmıştır. Belirsizlik oranı değerine göre her bir altsınıfa önem derecesi verilir. Alt sınıflarının önem dereceleri belirlenen her bir parametre için bir duyarlılık haritası elde edilir. Elde edilen duyarlılık haritaları üst üste çakıştırılıp kütle hareketleri açısından tek bir duyarlılık haritası elde edilir.

Şekil 10: Bulanık Ayarlanabilir Rezonans Teorisi Akış Şeması



1.2.2.2.2. Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler

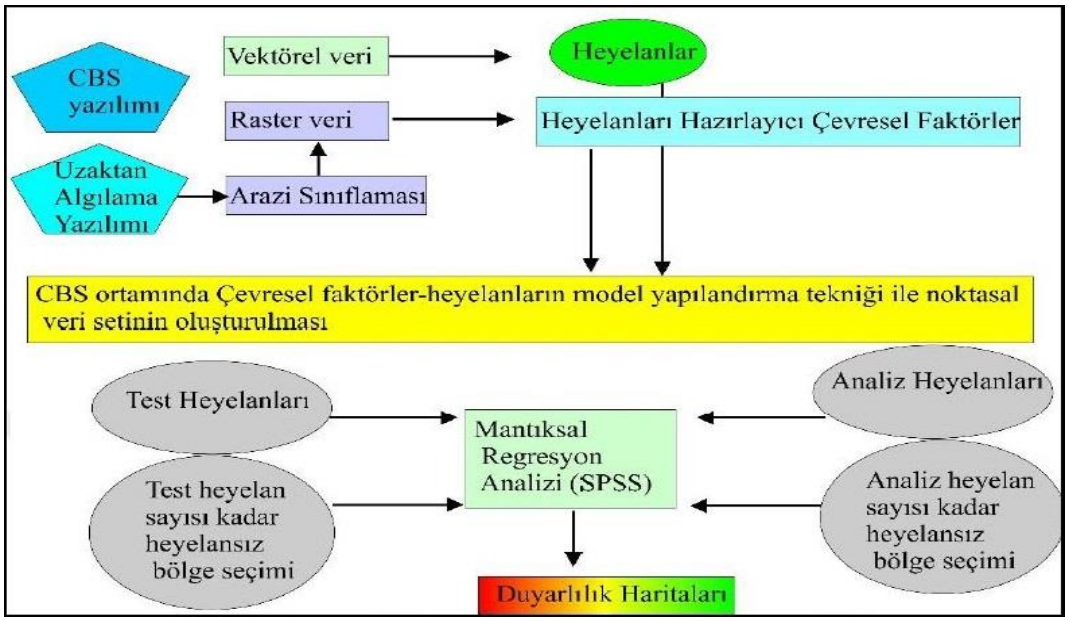
Çok değişkenli analizler belirli bir hedef doğrultusunda çok sayıdaki parametrenin dikkate alınarak, bir problemin yapısına ilişkin bilgiye göre araştırmak ve çözümlemek için geliştirilen yöntemler bütünüdür (Özdamar, 2002). Çok

değişkenli analizlerde öncelikli olarak bir problem belirlenir. Bu problem doğrultusunda parametre seçiminde bulunması, bağımlı ve bağımsız değişkenler hesaplanıp, her bir değişkeninin birbirleriyle ilişkisi istatistik değerlerle ortaya konulur.

1.2.2.2.2.1. Mantıksal Regresyon Yöntemi

Bağımlı değişkenin ikili gözlendiği durumlarda, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin neden sonuç ilişkilerini ortaya çıkarmada kullanılan, bağımsız değişkenlere göre bağımlı değişkeninin beklenen değerlerinin olasılık olarak elde edildiği çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biridir (Tekin ve Çan, 2013). Mantıksal regresyon birkaç bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi sağlayan, çok değişkenli bir yapıyı içeren bir yöntemdir (Lee, 2001). Mantıksal regresyon yöntemi basit bir yöntem olup, uygun bağlantı fonksiyonlarıyla ile değişkenler sürekli olabilir veya her iki tipin kombinasyonu olabilir. Mantıksal regresyon yönteminin uygulama aşamasına bakıldığında, kütle hareketlerinin meydana geldiği konumlardaki mekânsal ilişkiye ve kütle hareketleri oluşumu üzerinde ektili parametreler belirlenir. Belirlenen her bir parametre istatistik programlarında mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak aralarındaki korelasyon hesaplanır. İlk olarak veri tabanı oluşturulmuş tüm parametreler dikkate alınıp, daha sonra kütle hareketleri açısından düşük korelasyon değerine sahip parametreler hariç tutulur ve korelasyon yeniden hesaplanıp, sonuç olarak kütle hareketlerinin meydana gelme olasılığını öngören faktörlerin mantıksal regresyon değerleri hesaplanır (Lee, 2001) (Şekil 11). Hesaplanan bu değerler baz alınarak kütle hareketleri duyarlılık haritası üretilir.

Şekil 11: Mantıksal Regresyon Akış Şeması



Kaynak: (Tekin ve Çan, 2018)

1.2.2.3. Jeoteknik Yaklaşımlar

Kütle hareketleri çalışmaları genel olarak iki kategoride toplanabilir. İlki özellikle son zamanlarda bilgisayar teknolojinin gelişmesi, buna paralel olarak yazılımların gelişmesi, bu gelişmelerden yararlanılarak, üretilen ve kütle hareketlerinin mekânsal dağılımını belirlemeye yarayan, kütle hareketleri duyarlılık haritalarının oluşturulmasını konu alan çalışmalardır (Kaya, Demirbaş ve Dağ, 2018).

İkinci kategori ise yerel duyarsızlık sorununun araştırılması, incelenmesi ve bu soruna çözüme kavuşturmak için uygulanan jeoteknik çalışmaları içermekte, bu tipteki çalışmalar limit denge analizleri ve sayısal analiz yöntemleri aracığıyla şevlerin dengede olup olmadıkları araştırılmaktadır (Kaya, Demirbaş ve Dağ, 2018).

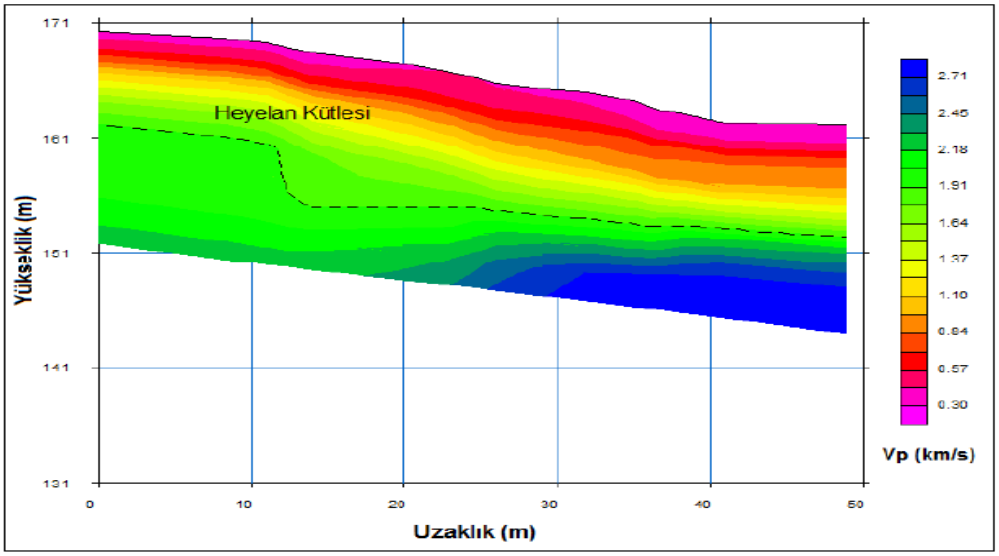
Bu yöntemler bölgesel ölçekte hazırlanan kütle hareketleri duyarlılık haritasının üretilmesinde kullanılan yöntemlere kıyasla dar alanlara uygulanırlar. Bu yöntemler kütle hareketlerinin gerçekleşme olasılığı olan yerleşim alanlarında ve yapıların bulunduğu alanlara (yol, köprü, tünel, maden ocakları vb.) uygulanır. Kütle hareketlerinin gerçekleşip, gerçekleşmeme olasılığı hesaplanır.

1.2.2.3.1. Deterministik Analizler

Küçük ölçekteki alanlara uygulanan jeolojik özelliklerin sadelik gösterdiği ve kütle hareketi türünün değişiklik göstermediği durumlarda, kullanılan başarılı bir modeldir. Bu yöntemin uygulama aşamasına bakıldığında, Öncelikli olarak çalışma yapılacak alan sınırlandırılır. Bu alan içeresinde sondaj uygulanacak noktalar belirlenir. Belirlenen bu noktalara sondaj uygulanır. Sondajlardan toplanan veriler örselenmiş yada örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde tane boyutu dağılımı, su muhtevası, birim hacim ağırlığı, özeliklerini ortaya çıkarmaya yönelik deneyler yapılır (Kaya, Demirbaş ve Dağ, 2018). Deney sonuçları baz alınarak limit analizi ve güvenlik kat sayısı hesaplanır.

Sondajdan farklı olarak bu başlık altında yer alan diğer bir yöntem jeofiziktir. Jeofizik uygulamalarının üç ama amacı olup; kütle hareketinin kayma yüzeyinin belirlenmesi, düşey ve yanal sınırlarının belirlenmesi, kütle hareketinin içyapısının haritalanması ve kayan kütlenin içerisindeki suyun miktarının hesaplanmasıdır (Gelişli, 2018). Son zamanlarda teknolojinin gelişmesine bağlı olarak aletlerin ve yazılımların gelişmiştir. Gelişen bu aletler aracığıyla zemine sinyaller gönderilir. Gönderilen bu sinyallerin yansıma değerleri yazımlar aracığıyla tespit edilir. Tespit edilen bu veriler 1 boyutlu, 2 boyutlu, 3 boyutlu olarak işlenir. İşlenen bu verilerden kütlenin hareketleri ile ilgili kestirimlerde öngörülerde bulunulur (Şekil 12).

Şekil 12: Araklı-Yiğitözü Heyelan alanında bir profilden alınan sismik kırılma verilerinden elde edilen yeraltı hız dağılımı.



Kaynak: (Gelişli, 2018)

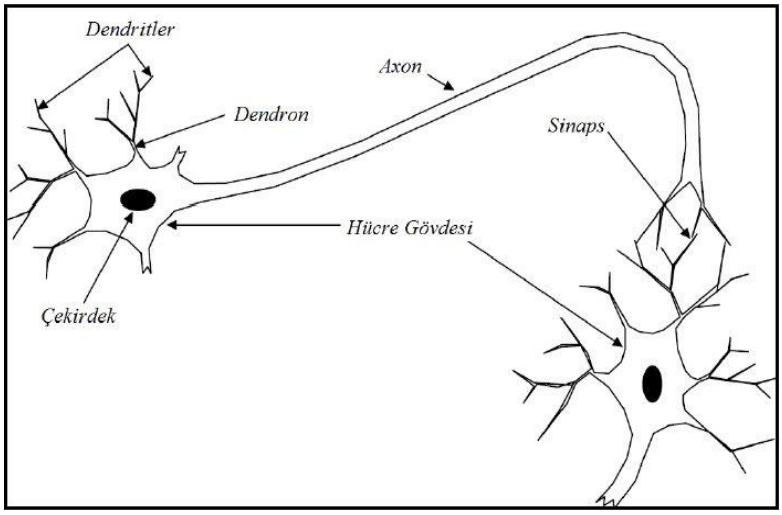
1.2.2.3.2. Olasılık Yaklaşımı

Bu yöntem deney metotlarından kaynaklanan hatalı ölçümlerde, kullanılan aletlerden elde edilen verilerin hatalarından dolayı, dar alanda zeminin homojen dağılım göstermediği durumlarda olasılık yaklaşımı kullanılarak kesin olmayan veriler hakkında kestirimde bulunma yöntemidir. "Olasılık yaklaşımı ile doğrusal davranış gösteren malzemelerdeki sistematik belirsizliklerin değerlendirilmesi sağlıklı bir şekilde yapılabilmekle birlikte, doğrusal olmayan davranış gösteren doğal malzemelerdeki belirsizliklerin tanımlanması, hatalı sonuçlara yol açabilmektedir" (Dağ, 2017).

1.2.2.4. Yapay Sinir Ağları

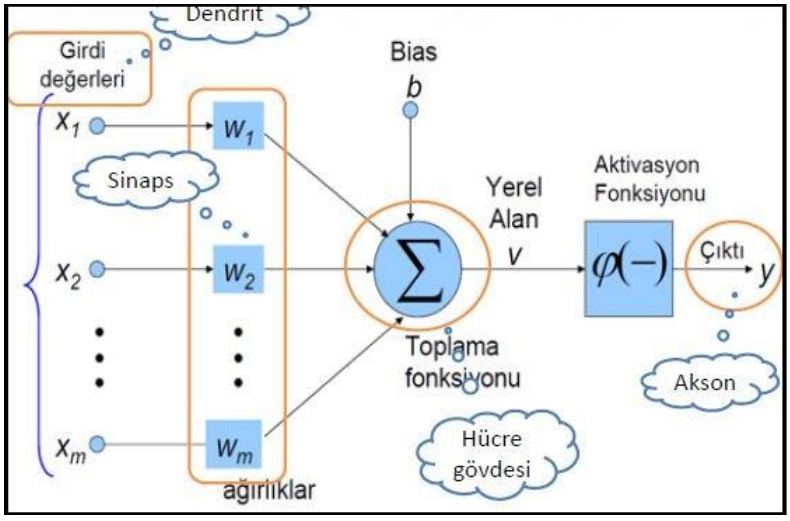
Yapay sinir sistemleri, nöron adı verilen küçük tek hücreli yapılardan oluşan, nöron adı verilen bu hücre dendrit, dendronitler, hücre gövdesi, sinaps ve akson gibi yapı taşlarından meydana gelmektedir (Şekil 13). Dendritler, diğer nöronlardan gelen sinyalleri bünyesine alır, alınan bu sinyal dendronlar tarafından hücre gövdesine taşınır, taşınan bu sinyaller burada gelen sinyalin gücüne göre kompozit sinyaller üretilir ve akson boyunca sinapslara ulaştırılır (Can ve Ercanoğlu, 2014). Yapay sinir ağları bu sistemden yararlanılarak matematiksel bir model oluşturulmuş, oluşturulan bu model bilgisayar ortamına taşınmıştır (Şekil 14). Araştırmacılar tarafından karmaşık yapıdaki sorunların çözümünde kullanılmıştır.

Şekil 13: İki Nöron İçeren Bir Biyolojik Sinir Ağı



Kaynak: (Can, Ercanoğlu, 2014**)**

Şekil 14: Biyolojik Sinir Ağının Matematiksel Modele Uygulanması



Kaynak: (Alatürk, 2018).

Yapay sinir ağının temel amacı bir model oluşturup ağ tasarlamaktır. Kütle hareketleri duyarlılık çalımlarında kullanılan bu yöntemin uygulama aşamasına bakıldığında bir ağ tasarlama sürecine süreci başlatılır. Bu ağın birinci adımı olarak araştırmacılar tarafından girdi parametreleri belirlenirler. Bu parametreler kütle hareketini hazırlayıcı (litoloji, yapısal unsurlar, eğim, bakı, bitki örtüsü vb.) ve tetikleyici (deprem, yağış insan) unsurlardır. İkinci adım olarak sınırlandırılmış alan

içerisindeki kütle hareketleri sayısallaştırılır. Sayısallaştırılan kütle hareketleri taç kısmı noktasal veriye dönüştürülüp, gerçekleşen kütle hareketleriyle sayısı kadar kütle hareketlerinin gerçekleşmediği noktalar alınır. Literatür deki yaygın kullanımı kütle hareketlerinin meydana geldiği ve kütle hareketlerinin meydana gelmediği alanlardan alınan noktaların %70 eğitim test için, %30 ise doğrulama için kullanılır. Üçüncü olarak gizli katmadaki nöron sayısı belirlenir. Yapay sinir ağları birden fazla gizli tabaka sayısı ve nöron sayınını belirleme şansı sunmaktadır. Bu sayıları belirleme araştırmacıya bağlıdır. Yapılan literatür taraması baz alınarak genellikle bir veya iki gizli tabaka kullanılarak oluşturulan ağların iyi performans gösterdiği, birden daha fazla gizli tabaka içeren ağların herhangi bir avantaj göstermediği kanaatine varılmıştır (Can ve Ercanoğlu, 2014). Dördüncü adım olarak aktivasyon fonksiyonu belirlenir. Beşinci olarak momentum ve öğrenme katsayısı belirlenir. Altıncı adım olarak iterasyon sayısı belirlenir. Yedinci ve son adım olarak ortalama karesel hata belirlenir. Sonuç olarak her bir parametre ve bunların alt gruplarının ağırlık derecesi belirlenir. Belirlenene bu ağırlık derecesi referans alınarak CBS programları aracığıyla parametrelerin çakıştırılmasıyla kütle hareketleri duyarlılık haritası üretilir.

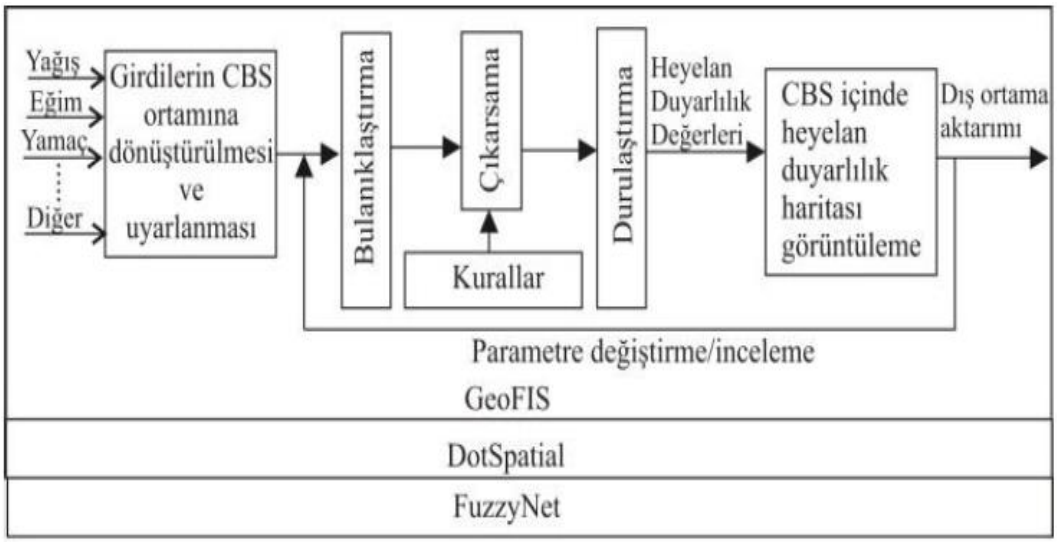
1.2.2.5. Bulanık Yöntem

1961 yılında Lütfi Askerzade tarafından ortaya atılan bir yöntemdir. Karmaşık yapıdaki problemleri çözüme kavuşturmada dikkate alınması gereken ve problemin doğasında var olan bir kavram yapısıdır (Ösna ve Sezer, 2013). Klasik mantığın temel yapısında bir eleman herhangi bir küme aittir veya değildir. Yani matematiksel olarak ifadesi 0 veya 1'dir. Ara değer yoktur. Bu nedenden dolayı klasik mantık birçok problemin çözümünde yetersiz kalmıştır. Bulanık yöntem de üyelik derecesinin 0 ile 1 arasındaki değerler alması, problemlerin çözümünde sözel bilgilerle sayısal bilgilerin birlikte kullanılması gibi avantajlar sayesinde klasik mantığın çözemediği karmaşık yapıdaki problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Bulanık yöntem yapısına bakıldığında sırasıyla bulanıklaştırma, çıkarsama, birleştirme, durulaştırma aşamalarından oluşmaktadır (Ösna ve Sezer, 2013).

Yöntemin kütle hareketleri çalışmalarındaki kullanımına bakıldığın sırasıyla parametrelerin (litoloji, eğim, fay hatlarına yakınlık, bakı, bitki örtüsü akarsu

aşındırması, vb.) belirlenir. Belirlenen bu parametreler CBS yazımları aracığıyla dönüştürülür ve uyarlanır. Dönüştürülen ve uyarlanan veriler GeoFIS gibi yazımlar aracığıyla bulanık yöntem uygulanıp kütle hareketleri duyarlılık değerleri elde edilir. Elde edilen değerler CBS yazılımlarına aktarılıp kütle hareketleri duyarlılık haritası üretilir. Paragrafta anlatılanlar Şekil 15'te özetlemektedir.

Şekil 15: Bulanık Mantık Akış Şeması



Kaynak: *(*Ösna ve Sezer, 2013)

Kütle hareketleri duyarlılık çalışmasında kullanılan yöntemler, Gökçeoğlu ve Ercanoğlu (2001) tarafından güncellenen, Aleotti ve Chowdhur'un 1999 yılında yaptığı sınıflandırmaya dayanır. Kullanılan bu yöntemler niteliksel olarak; arazide yapılan jeomorfojik gözlemler ve değerlendirmeler, indeks ve parametre haritalarının kullanımı (indeks parametre haritalarının çakıştırılması veya birleştirilmesi, mantıksal analiz yönetmeleri) şeklinde sınıflandırılmıştır. Niceliksel olarak ise; istatiksel analizler (iki değişkenli analizler, çoklu değişkenli analizi, matris analizi), jeoteknik yaklaşım (deterministik analiz, Olasılık yaklaşımı), yapay sinir ağları, bulanık yaklaşımı, olarak sınıflandırılmıştır. Jeomorfolojik gözlemler ve değerlendirmeler; bu alanda uzmanlaşmış araştırmacılar tarafından arazide yapılan gözlemler ve bir nevi ölçümler yapılarak elde edilen verilerden alanın duyarlılık haritası elde edilir. Bu yöntem alanında uzmanlaşmamış kişiler tarafından uygulanmamalıdır. Aksi takdirde oluşturulan duyarlılık haritaları gerçeği yansıtmaz. Parametre haritalarının çakıştırılması ve birleştirilmesi yöntemi alanında uzman araştırmacılar tarafında birtakım parametreler belirlenerek (litoloji, eğim, yamacın şekli, akarsu aşındırması,

fay hatlarına yakınlık vb.) belirlenir. Bu parametrelere kütle hareketleri oluşumları üzerindeki önem dereceleri göre ağırlıklar değerleri verilip duyarlılık haritasının elde edildiği yöntemdir. Bu yöntem alanında uzman araştırmacılar tarafından kullanılmaz ise parametre haritalarının ve alt sınıflarının hatalı puanlandırılmasına sebebiyet verecektir. Oluşturulana duyarlılık haritası gerçeği yansıtmayacaktır.

İstatiksel yöntemlerin alt sınıfında yer alan iki değişkenli istatiksel yöntemlerin temel yapısı iki kriterin birbiriyle karşılaştırılmasıdır. İki değişkenli yöntemler kategorisinde yer alan frekans ve analitik hiyerarşi yöntemi yapılan literatür taraması baz alınarak yaygın olarak kullanıldıkları saptanmıştır. Frekans yöntemi "geçmiş geleceğin anahtarıdır" olgusundan yola çıkarak kütle hareketlerinin gerçekleştiği alanların yüzdelik olarak hesaplanmış piksel oranının ÷ kütle hareketleri gerçekleşmemiş alanların yüzdelik olarak hesaplanmış piksel oranından her bir parametrenin alt sınıflarının frekans oranı elde edilir. Elde edilen bu değerler baz alınarak kütle hareketleri duyarlılık haritası elde edilir. Bu yöntemde parametrelere ağırlık değerleri verilirken kütle hareketleri envanteri referans alındığından dolayı oluşturulan duyarlılık haritasında minimum hatalar yaşanmaktadır. Bu yöntemin kullanımı, arazide yapılan jeomorfolojik gözlemler ve değerlendirmeler, parametre haritalarının çakıştırılması ve birleştirilmesi yöntemlerine kıyasla araştırmacılardan üst düzey bilgi sahibi olmalarını istemez. Bu nedenden dolayı yöntemin kullanımı basit olduğu için birçok araştırması tarafından tercih edilmiştir. Analitik hiyerarşi yöntemi kütle hareketleri oluşumunda etkili olabileceği düşünülen parametrelere ağırlık değeri verilirken matematiksel bir ölçek tasarlamıştır. Tasarlanan bu ölçek doğrultusunda araştırmacılar tarafından iki parametre birbiriyle kıyaslanır. Bu işlem ilk olarak parametrelerin alt sınıflarına uygulanır alt parametrelerin ağırlık oranları belirlenir. İkincil olarak ana iki parametre birbiriyle kıyaslanıp ağırlık oranlamaları belirlenir. Belirlenen bu ağırlık oranları baz alınarak parametre haritaları çakıştırıp duyarlılık haritası elde edilir. Bu yöntem alanında uzman araştırmacılar tarafından kullanılmalıdır. Alanında uzman olmayan araştırmacılar iki parametrenin önem derecesi kıyaslandığında hatalı ağırlık oranlarının verilmesi ile üretilen duyarlılık haritasında hatalara yol açacaktır. Çok değişkenli istatistiksel analizlerin, iki değişkenli istatiksel analizlerle kıyaslandığında fark olarak analizde birçok parametre birbiriyle kıyaslanarak ağırlık dereceleri verilmesidir. Çok değişken istatiksel analizler

içerisinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olan mantıksal regresyon yöntemi kütle hareketleri oluşumunda etkili olabilecek parametreler seçilir. Seçilen bu parametreleri birbirleriyle ve kütle hareketleri envanteriyle ilişkilendirilip duyarlılık haritası üzerindeki ağırlık oranlarının belirlendiği yöntemdir. Araştırmacı tarafından doğru parametre seçimde bulunduğu taktirde hata payları minimum olacaktır. Ağırlık değerleri araştırmacı tarafından atanmaz. Yapılan analizler sonucunda ağırlık değerleri atanır. Araştırmacının kütle hareketleri konusunda üst düzeyde bilgi sahibi olmasını istemez fakat yöntemini doğru uygulaması gerekmektedir.

Jeoteknik yöntemde diğer bütün yöntemlerden farklı bir yaklaşım uygulanmaktadır. Diğer bütün yöntemlerde, kütle hareketlerinin oluşumunda üzerinde ekli olabileceği düşünülen birtakım parametreler belirlenir. Belirlenen bu parametreler araştırmacılar tarafından doğrudan veya bilgisayar tabanlı yazımlar aracılığıyla ağırlık değerleri atanır. Atanan bu değerler baz alınarak duyarlılık haritası oluşturulur. Bu yöntemler daha çok geniş alanlara uygulanır. Jeoteknik yöntemler de ise, yerleşim alanlarının bulunduğu veya yol, köprü, tünel, maden ocakları vb. gibi unsurların yer aldığı kütle hareketleri gerçekleşme potansiyeli olabileceği düşünülen

alanlara dar ölçekte sondaj yöntemiyle veya jeofizik yöntemler uygulanarak kütlenin gerçekleşip, gerçekleşmeme olasılığının derecelendirildiği yöntemdir. Bu yöntem zemin özelliklerinin homojen yapıda olduğu alanlara uygulanması kolay ve hata payları oldukça düşük veriler elde edilir. Bu yöntemin uygulanması maliyetli, zaman alıcı olması, bütün zeminlerin homojen özellik göstermemesi gibi dezavantajlara sahiptir.

Yapay sinir ağları ve bulanık yöntem jeoteknik yöntemler hariç diğer bütün yöntemlerde olduğu gibi kütle hareketleri oluşumu üzerinde etkili olabileceği düşünülen birtakım parametreler seçilir. Bu yöntemleri birbirinden ayıran özellik parametrelere ve parametrelerin alt sınıflarına ağırlık oranı atanarak farklı matematiksel ve istatiksel formüllerin kullanılmasıdır.

1.3. KÜTLE HAREKETLERİ ENVANTERİNİN OLUŞTURULMASI

Herhangi bir alanda kütle hareketlerinin bütüncül bir bakış açısı ile çalışılması, o sahada kütle hareketleri envanterinin oluşturulması ile başlar. Kütle hareketleri envanteri, kütle hareketleri açısından bir veri tabanı olup; geçmişte meydana gelen kütle hareketlerinin sistematik olarak derlendiği ve toplandığı bir katalogdur (Fidan ve Görüm, 2020). Kütle hareketleri envanterinin oluşturulmasına yönelik yerel ve yapancı literatürde kabul görmüş birçok yöntem bulunmaktadır. Aşağıda bu yöntemlerden kısaca söz edilecektir.

Uzaktan algılama yöntemleri; Google Earht, Landsat, Spot view, vb. uydulardan görüntüler elde edilir. Diğer taraftan IHA, drone gibi araçlar kullanılarak yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilir. Elde edilen bu görüntüler üzerinden CBS yazılımları kullanılarak kütle hareketlerinin meydana geldiği alanlar tespit edilir. Tespit edilen bu kütle hareketleri haritalandırılıp, alanlarının hesaplaması, meydana gelen hareketin türü, malzeme cinsine göre sınıfı tespit edilerek kütle hareketleri envanteri oluşturulur. CBS yazılımlarında meydana gelen gelişmelere bağlı olarak oluşturulan envanterin depolanması, güncellemeler yapılması ve sorgulama gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi daha kolay hale gelmiştir.

Sayısal yükselti modellerinin (SYM) yorumlaması, kütle hareketleri envanterinin oluşturulmasında bir başka metottur. Genelde araştırmacılar tarafından CBS yazılımlarındaki kabartı oluşturma aracını kullanarak bölgenin kabartı haritası oluşturulur. Oluşturulan bu haritada meydana gelmiş kütle hareketleri, topoğrafyada deformasyonlar oluşturarak yansımaktadır. Araştırmacılar tarafından bu alanlar çizilip haritalanır. Oluşturulan çizimler saha çalışmalarıyla doğrulanarak kütle hareketleri envanterine dönüştürülür. Diğer bir taraftan SYM'den eş yükselti eğrileri elde edilir. Eş yükselti eğrileri normal bir şekilde uzanırken, aniden uzanımlarında meydana gelen değişmeler ve dış tarafa doğru bükülüp (göbek yaptığı) alanlar araştırmacılar tarafından kütle hareketlerinin gerçekleştiği alanlar olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu alanlar saha çalışmalarıyla doğrulanarak, kütle hareketleri envanteri oluşturulur.

Lidar kullanarak kütle hareketleri envanterinin oluşturulması; Bu yöntem aslında LİDAR kullanılarak sayısal yükselti modeli oluşturulması esasına dayanır. Ticari olarak LİDAR sistemleri kullanarak topoğrafik harita yapımı 1990 başında

başlanmıştır. Kullanılan LİDAR sistemlerinin her biri hava araçları veya uydu temellidirler (Razak, Straatsma, Westen, Malat, 2012). LIDAR, esas olarak, raster gridler veya üçgen şeklinde düzensiz ağlar ve yüksek çözünürlüklü dijital yükseklik modelleri (HRDEM) oluşturularak kütle hareketleri haritalanmasında kullanılır (Jaboyedoff, Oppikofer ve diğerleri, 2010). Bu teknolojilerin gelişmesiyle yeryüzünde büyük ölçekli araştırmaların yürütülmesi, karmaşık ve düzensiz alanlarda, sabit veya sabit olmayan nesnelerin üç boyutlu konumsal verileri toplanabilmektedir (Zeybak ve Şanlıoğlu, 2013). Kütle hareketlerinin karmaşık olduğu veya arazi şartlarının zor olduğu alanlarda bu teknolojilerin kullanılması araştırmacıya yürüttüğü çalışmasında muazzam kolaylıklar sağlamamaktadır (Zeybak ve Şanlıoğlu, 2013). Özellikle ormanlık alanlarda kütle hareketlerinin tespit edilip haritalanması oldukça zordur. LİDAR teknolojisi kullanılarak elde edilen görüntülere hiyarşik baskın filtreleme yapılarak vejetasyon ortadan kaldırılır. Yapılan bu işlem sonucunda ormanlık alanlarda kütle hareketlerinin tespit edilip haritalanması, izlenmeleri daha kolay hale gelir. Sonuç olarak LİDAR teknolojisinde meydana gelen gelişmeler arazinin üç boyutlu bilgilerini yüksek doğrulukta elde etme imkânı ve yüksek uzamsal çözünürlük, sağlayarak kütle hareketleri araştırmak için yeni yollar açıyor (Jaboyedoff, Oppikofer ve diğ. 2010).

Ulusal veya bölgesel gazetelerde meydana gelen kütle hareketleri insan ve insan tarafından oluşturulan yapılara zarar vermiş ise ulusal ve bölgesel gazetelere yansır. Araştırmacılar yerel ve bölgesel gazeteleri tarayarak meydana gelen kütle hareketleri ile ilgili haberlere ulaşır. Haberin kaynağında kütle hareketinin meydana geldiği alanın konum bilgisi yer alır. Araştırmasılar yer alan bu konum bilgisini kullanarak uydu görüntüleri, saha çalışmalarıyla kütle hareketlerini tespit ederek haritalandırır. Haritalandırılan bu kütle hareketlerinin öznitelik bilgileri (hareket türü, malzeme türü, aktiflik pasiflik durumu, vb.) işlenerek kütle hareketleri envanteri oluşturulmuş olur. Fidan ve Görüm (2020) ‘‘Türkiye’deki ölüme sebep olan heyelanların CBS ile değerlendirilmes*i’’* adlı çalışmalarında bu yöntemi kullanarak Türkiye’de meydana gelen ölümcül kütle hareketlerini yerel ve bölgesel gazetelerden tespit etmişlerdir. Tespit edilen bu kütle hareketleri ve CBS yazılımlarından yararlanılarak Türkiye için ölümcül kütle hareketleri envanteri oluşturmuşlardır.

İKİNCİ BÖLÜM

ARAŞTIRMA SAHASININ FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde araştırma sahasının jeoloji–litoloji, jeomorfoloji (eğim, bakı, jeomorfolojik birimler), tektonik, iklim, toprak, vejetasyon hidrografya Özelliklerine değinilecektir.

2.1. JEOLOJİ

Arap Levhası ile Anadolu Levhalarının çarpışma kuşağının hemen güneyinde yer alan araştırma sahası, tektonik açıdan Kenar Kıvrımları Kuşağı içerisinde yer alır. Sahada en yaşlı birimleri Kretase yaşlı formasyonlar, en genç birimleri ise Kuaterner yaşlı kırıntılılar oluşturur.

Aşağıda sahada yer alan jeolojik formasyonların genel özelliklerine ve sahada kapladıkları alan ve bunun oranına yer verilecektir.

2.1.1.Kretase

2.1.1.1.Karadut Karmaşığı

Birimin en iyi gözlemlendiği konum Adıyaman ilinin kuzeydoğusunda Narince kasabasının 4,5 km kuzeyindeki Karadut Köyü'nün kuzey yamaçlarıdır (Keskin, 2014). Karadut Karmaşığı çört, radyolit, şely, killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı oluşturur (Foto 2). Kireçtaşı; kahve renkli, açık koyu gri, bazı alanlarda bej renkli sıkı, sert, kalkarenitik ve çörtlü yapıdadır (Keskin, 2014). Çörtler; kahve, bej, bazı alanlarda açık gri, renktedir. Birimin içerisindeki bazı alanlarda silisfiye kireçtaşları, karmaşık seviyeli silisli şeyller ve konglomeratik kireçtaşları düzeyleri gözlemlenir (Keskin, 2014). Çört, mitritik kireçtaşı, konglomeritik kireçtaşı, kavkı parçacıkları ve ultrabazik kaya çakıllarının mitritik hamur ile tutturulmasıyla meydana gelir (Keskin, 2014).

Karadut Karmaşığı genelde Midyat Grubu, Gercüş Formasyonları tarafından açısal uyumsuzluk örtülüp, Koçali Karmaşığıyla karmaşığı üzerinde tektonik donakla yer almaktadır (Yoldemir, 1987). Araştırma sahasının kuzeyinde Koçali Karmaşığı üzerinde tektonik donakla yer alır. Bu birimin mostra verdiği alanlar Kastel Formasyonu üzerinde sürüklenimlidir (Günay,1984). Terbüzek, Hoya, Fırat Formasyonları tarafından uyumsuz bir şekilde örtülmektedir (Açıkbaş ve Baştuğ, 1975).

Karadut Karmaşığının oluşum ortamı yamaç-derin denizdir (Perinçek, 1978). Karmaşığının kalınlığı Çermik İlçesinin kuzey doğusunda Kevan köyünde açılan kuyuda 802 m olarak ölçülmüştür (Keskin, 2014). Maden ilçesinin Guleman köyü civarında Koçali Karmaşığıyla birlikte 750 metre olarak ölçülmüştür (Perinçek, 1981). Gerger ilçesinin Narince köyü civarında 468 metre olarak ölçülmüştür (Yalçın,1976).

Araştırma sahasında en geniş alanı kaplayan formasyon, Stratigrafik olarak farklı dayanım ve geçirimlilikteki kayaçları bünyesinde barındırdığından kütle hareketleri açısından farklı kesimleri farklı özellikler göstermektedir.

Foto 2: Karadut Karmaşığından Bir Görünüm (Açma Köyü'nün Güneyi)



2.1.1.2. Koçali Karmaşığı

Birimin en iyi gözlemlendiği konum Adıyaman ilinin kuzeyinde Koçali Köyü'nün güneybatısındaki Pamukdere civarıdır (Keskin, 2014). Araştırma sahasında birimin litolojisini; ofyolitli melanj, radyolit, çört, şeyl, killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, bazalt, kumtaşı, konglomera, yer yer serpantin oluşturur (Harita 4)

Koçali Karmaşığındaki litolojinin renk ve yapısal özeliklerine bakıldığında; serpantinleşmiş ultrabazik, serpantinit, şely, silişleşmiş kireçtaşı, radyolitlaritler ile pelajik kireç taşlarından meydana gelir (Keskin, 2014) (Foto 3). Bahsi geçen bu litolojiler düzenli bir istiflenme oluşturmayıp karmaşık bir yapı arz ederler.

Serpantinlerin hâkim olduğu alanlar genelde yeşil-gri, pelajik kireçtaşlarının ve piroksenitlerin yoğunlukta olduğu alanlar kırmızı, gabroların hakim olduğu alanlardaysa koyu gri-siyah renkler baskındır (Keskin, 2014). Serpantinik dilimleri ve bunların yakın çevresi tektonik melanj özelliğinde, bu alanlarda yer alan serpantinit volkanik ve pelajenik kireç taşlarından meydana gelen litojiler makaslama sonucunda birbirleriyle karışmaktadır (Keskin, 2014). Koçali Karmaşığındaki ofiyolitikleri ise; ‘‘ince bir metamorfik dilim ile temsil edilen ofiyolit tabanı metamorfik kayaçları (amfibolit), tektonitler (serpantinit-serpantinize harzburjit-dünit-piroksenit-kromit), ultramafik-mafik kümülatlar (verlit-olivinli gabro), izotrop gabrolar, tekil diyabaz daykları (gabro-rodenjit), plajiyogranitler, levha dayk kompleksi (diyabaz-mikrodiyorit-kuvars mikrodiyorit) ve talus breşinden’’ meydana gelmektedirler (Yıldırım ve Parlak, 2020).

Koçali Karmaşığı stratigrafik olarak incelendiğinde; Triyas–Geç Triyas yaşlı olan volkanikler, zenginleşmiş olan okyanus ortası sırtı bazaltlarından meydana gelirken, üst kesimlerde ise geç Triyas–orta Jura yaşlı volkanik kayaçlar yer alıp, iki farklı magma kaynağının etkileşimini göstermesi sonucunda hem okyanus adası bazaltları hem de zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltlarından meydana gelmiştir (Yıldırım ve Parlak, 2020).

Koçali Karmaşığının oluşum ortamına bakıldığında Trias döneminde Arap platformuyla ile Toros platformu arasında yer alan bölgede meydana gelmeye başlayan Neotetis okyanus havzasının okyanus ortası sırttında meydana gelmeye başlayan ofyolit kaya grubu ile okyanusal basende bu ofyolit grubu karmaşıklıkları üzerlerine çökelen derin deniz sedimanları karmaşık oluşturmuştur (Günay, 1998).

Koçali Karmaşığı; Çüngüş, Çermik, Korudağ civarlarında alt kısımda yer alan Karadut Karmaşığıyla tektonik olarak dokunaklıdır (Yalçın 1978). Çermik İlçesi, Hoya köyü civarında Karadut Karmaşığı üzerine tektonik donak ile gelip, Midyat ve Gerçüş Formasyonları ile uyumsuz bir şekilde örtülür (Keskin, 2014). Araştırma sahasının güneyinde Koçali Karmaşığı alt kısımda yer alan Karadut Karmaşığıyla tektonik olarak donaklıdır. Araştırma sahasının kuzeyinde Midyat Grubu tarafından uyumsuz bir şekilde örtülür (Harita 4 ve Foto 3).

Litolojik özelikleri nedeniyle geçirimliliği düşük olan formasyon, stratigrafik olarak üzerine gelen diğer formasyonlarda kütle hareketlerinin gelişimde etkilidir. Bu durum üçüncü bölümde detaylı olarak değinilecektir.

Foto 3: Koçali Karmaşığını Tarafından Uyumsuz Bir Şekilde Örten Midyat Grubu Kireçtaşları (Yeşilyurt Köyü'nün Kuzeyi)



2.1.1.3. Kastel Formasyonu

Kastel Formasyonu gri yeşilimsi gri renkte ince-orta- kalın tabakalı olan şely, kumtaşı ve marn ardalanmasından oluşur. (Keskin, 2014). Bazı alanlarda kum taşı ara düzey şeklinde olup, bazı kısımlarda türbidik karakterde çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, şely ve marn ardalanması şeklindedir (Keskin, 2014).

Kastel Formasyonu en iyi gözlemlendiği konum Diyarbakır ilinin kuzeydoğusunda yer kastel petrol sahasında yer alan kuyu bölgesidir. Kastel Formasyonunun araştırma sahasındaki litolojisini; marn, şeyl, kum taşı oluşturur (Resim 4). Kastel Formasyonu Terbüzek Formasyonu tarafından uyumsuz bir şekilde örtülür. Terbüzek Formasyonu, Midyat grubunu Gercüş Formasyonu tarafından uyumsuz örtülüp, Karadut Karmaşığı tarafından ise tektonik bir şekilde örtülür. (Yalçın, 1978) (Harita 4).

Litolojik özelikleri nedeniyle geçirimliliği düşük olan formasyon, stratigrafik olarak üzerlerine gelen diğer formasyonlarda kütle hareketlerinin gelişimine neden olur. Bu ilişkiye üçüncü bölümde detaylı olarak değinilecektir.

Foto 4: Kastel Formasyonundan Bir Görünüm (Açma Köyü'nün Güneydoğusundan)



2.1.1.4. Terbüzek Formasyonu

Terbüzek Formasyonunun araştırma sahasındaki litolojisini; konglomera, kumtaşı, sillttaşı oluşturur. Terbüzek Formasyonundaki litolojinin renk ve yapısal özeliklerine bakıldığında; plojenik elamanlı çakıllar, marn ve kumtaşı ara düzey şeklinde, pembe ve kırmızı çakıllar arasında bej, sarımsı renkli planktik foraminiferli silttaşı marn seviyeleri yer almaktadır (Keskin, 2014) (Resim 5). Birimin üst kesimlerinde açık yeşilimsi gri renkli çok kaba belirsiz olarak çakıllı kumtaşı -silttaşı yer almaktadır (Keskin, 2014). Terbüzek Formasyonu genelde Kastel formasyonu üzerinde uyumsuz bir şekilde yer almaktadır (Perinçek, 1979).

Formasyonun en iyi gözlemlendiği yer, Gölbaşı- Adıyaman karayolunun güneyinde yer alan Terbüzek köyü civarıdır (Keskin, 2014). Araştırma sahasında Terbüzek Formasyonu Sehitmahmut Köyü'nün içerisine alacak şekilde doğu-batı yönünde şerit şeklinde uzanıp, Kastel Formasyonu üzerinde uyumsuz bir şekilde yer alır (Harita 4).

Foto 5: Terbüzek Formasyonundan Bir Görünüm (Seyitmahmut Köyü' Nün Yaklaşık Olarak 3 Km Batı)



2.1.1.5. Metagabro, Diyorit

Bu birim araştırma sahasında Nakışlı Köyü'nün güneyinde Koçali Karmaşığı üzerinde ve Dağdeviren Köyü'nün batısında Koçali Karmaşığı, Karadut Karmaşığı üzerinde iki farklı alanda mostra verir. Araştırma alanında oldukça küçük alanda görülen birim üzerinde kütle hareketleri görülmemektedir.

2.1.2. Paleosen

2.1.2.1. Besni Formasyonu

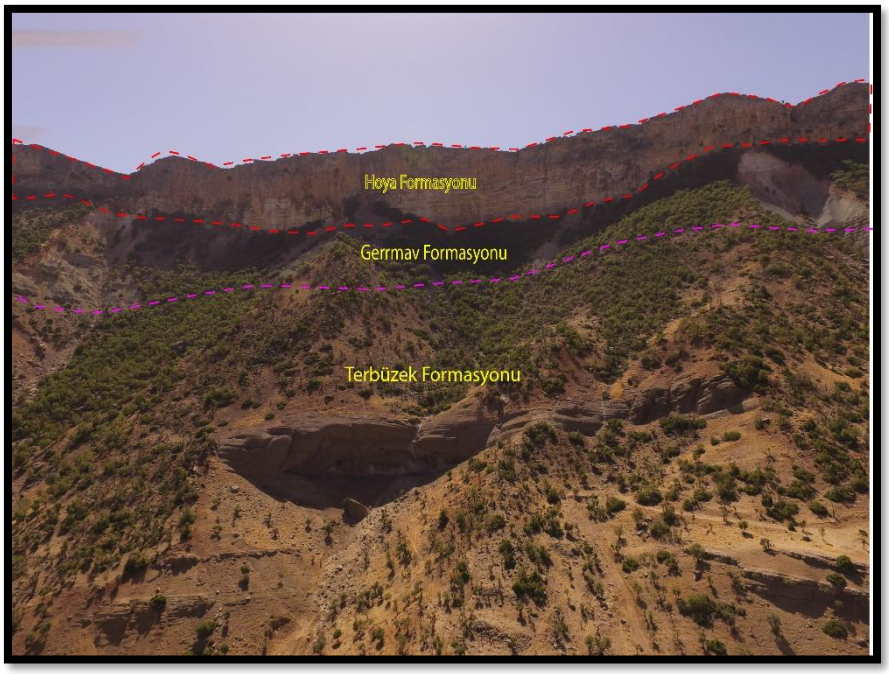
Birimin en iyi gözlemlendiği konum Adıyaman ilinin Besni ilçesinin çevresi Terbüzek Köyü'nün kuzeyidir (Keskin, 2014). Besni Formasyonu litolojik olarak; kireçtaşı, killi kumlu kireçtaşından meydana gelir (Harita 4). Besni Formasyonu içerisinde yer alan kireçtaşı bej, gri, kirli beyaz, sarı renkte, orta-kalın tabakalı yer erime boşluklu bol miktarda makro ve mikro fosiller içeren, kırılgan yapıdadır (Keskin, 2014). Besni formasyonunun sınırlı alanda mostra vermesi kütle hareketleri üzerindeki etkisini sınırlandırmıştır.

2.1.2.2. Germav Formasyonu

Birimin en iyi gözlemlendiği konum Batman ilinin Gercüş ilçesinin 40 km doğusunda Germav köyü dolaylarıdır (Keskin, 2014). Araştırma sahasında Germav Formasyonunun litolojisini; şely, kumtaşı, marn oluşturur. Germav Formasyonu mavimsi gri, yeşilimsi gri, gri renkli, bazı alanlarda yumuşak, sık dokuda, kireçli, üst kısımları açık gri renkte, ince kumlu marn ara seviyeli şeylerden meydana gelir (Keskin, 2014) (Foto 6).

Araştırma sahasında Germav Formasyonu Seyitmahmut Köyü'nün güneyinde ince bir şerit şeklide doğu- batı yönlü uzanır. Bu alanda kuzeyde Terbüzek, güneyde Hoya Formasyonuyla kontak ilişkisi vardır (Foto 6). Araştırma sahasında Germav Formasyonunun diğer bir yayılış alanı Çobanpınarı Köyü'nün güneybatısından başlayarak, kuzeydoğuya doğru şerit şeklinde uzandığı alanlardır. Bu alanda kuzeyde Terbüzek, Hoya Formasyonlarıyla, güneyde Hoya Formasyonu ve Karadut Karmaşığı ile temas halindedir (Harita 4). Litolojik özellikleri nedeniyle geçirimliliği düşük olan formasyon stratigrafik olarak üzerlerine gelen diğer formasyonlarda kütle hareketlerinin gelişimde etkilidir. Formasyon araştırma alanında çok sınırlı alanda mostra vermektedir.

Foto 6: Germav Formasyonun Hoya ve Terbüzek Formasyonlarıyla Kontak İlişkisinden Bir Görünüm. (Seyitmahmut Köyü' Nün Yaklaşık Olarak 3 Km Batısı)



2.1.3.Eosen-Oligosen

2.1.3.1.Hoya Formasyonu

Birimin en iyi gözlemlendiği konum Diyarbakır ilinin Çüngüş ilçesinin 2 km güneybatısındaki Hoya köyü dolaylarıdır (Keskin, 2014). Hoya Formasyonunun litolojisini neritik kireçtaşı ve dolomit oluşturur (Foto 7). Hoya Formasyonunu oluşturan litoloji renk olarak bej, krem, beyaz, siyah, gri, açık gri, koyu gridir. Yapı olarak orta-kalın tabakalı, bazen ince-orta tabakalı ve masiftir (Keskin, 2014).

Hoya Formasyonu, Gercüş Formasyonu üzerinde uyumlu bir şekilde yer alıp, Şelmo ve Kördis bazaltları tarafından uyumsuz bir şekilde örtülür (Keskin, 2014). Araştırma sahasında Hoya Formasyonu Çobanpınarı, Sehitmahmut, Yağmurlu, Büründek köyleri çevresinde görülür (Harita 4).

Hoya Formasyonu sığ denizel ortamda şelf kenarı ve önündeki kısımlarda çökelmiştir. Gel-git düzlüğü gibi bazı kesimlerde evaporitik koşullar etkinken, bölgenin bazı alanlarındaysa sığ, normal açık denizel ortam koşulları egemen olmuştur (Günay, 1998).

Foto 7: Hoya Formasyonundan Bir Görünüm



2.1.3.2.Gaziantep Formasyonu

Araştırma sahasında Gaziantep formasyonunun litolojik özeliklerine bakıldığında; kireçtaşı, killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşından oluşmaktadır. Gaziantep Formasyonundaki kireçtaşı renk olarak; beyaz, açık kahve renkli, açık gri, bej yapı olarak; orta tabakalı, yer yer kalın tabakalı ve kırılgandır (Keskin, 2014). Formasyonun en iyi gözlemlendiği konum Kilis ili çevresidir (Keskin, 2014).

Gaziantep Formasyonu içerisindeki kireçtaşları Hoya Formasyonu, Gaziantep Formasyonunun transgresif çökeliminden hemen sonra regresif dönemin başlayıp ve sonuçlandığı Geç Eosen-Erken Oligosen zamanında, kuzeyden- güneye progresif bir şekilde gelişmiştir (Duran ve Diğerleri, 1989).

2.1.3.3 Midyat Grubu

Araştırma sahasında Midyat Grubunun litolojisini kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, killi kireçtaşı dolomit, yer yer kırıntılar oluşturmaktadır (Foto 8) (Keskin, 2014). Formasyonun en iyi gözlemlendiği konum Mardin ilinin Midyat İlçesi civarıdır (Keskin, 2014). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde araştırmacılar tarafından incelenen Midyat Grubu; Hoya formasyonu, Gaziantep Formasyonu olarak iki farklı formasyona ayrılmıştır (Yılmaz ve Duran, 1997). Araştırma sahasının bazı kesimlerinde ise Midyat Grubu alt formasyonlarına ayrılmadan haritalanmıştır.

Midyat Grubu alt kısımda Koçali Karmaşığı, Karadut Karmaşığı, Terbüzek ve Formasyonları üzerinde uyumsuz şekilde yer alıp, Lice ve Fırat Formasyonları tarafından uyumsuz şekilde örtülür (Keskin, 2014) (Harita 4).

Foto 8: Midyat Grubundan Genel Bir Görünüm (Yeşilyurt Köyü'nün Kuzeyi)



2.1.4. Miyosen

2.1.4.1. Fırat Formasyonu

Formasyonun en iyi gözlemlendiği konum Diyarbakır İlinin Hazro İlçesi civarıdır (Sütçü, 2009). Fırat Formasyonu litolojik olarak; bej renkli, krem, bryozoa ve mercanlı, bol orta-çok kaba kırmızı alg, bentik foramlı, ekinid ve mollusk kavkılı, yer yer dolomit kristalli, kötü poroziteli, neomorfik, taban seviyelerinde karbonat çakıllı istiftaşı/bağlamtaşı, yer yer vaketası karakterindeki sığ denizel/resifal bank şekli yığınak kireçtaşlarından meydana gelmektedir (Yılmaz ve Duran, 1997).

Fırat Formasyonu Hoya ve Midyat Formasyonlarını üzerinde uyumsuz olarak yer alıp, Şelmo Formasyonu ve Kördis bazaltı tarafından uyumsuzlukla örtülür (Sütçü, 2009). Fırat Formasyonu araştırma sahasında Börüncek Köyü'nün güney batısında, Hoya ve Şelmo Formasyonlarının arasında doğu- batı yönünde uzanmaktadır (Harita 4)

2.1.4.2. Lice Formasyonu

Lice Formasyonu litolojik olarak kumtaşı, silttaşı, kireçteşı, marn ve şely'den oluşmaktadır (Keskin, 2014). Lice Formasyonunun renk ve yapısal dokusuna bakıldığında; sarımsı-gri, koyu gri, sarı, bej, krem renklerde kumtaşı, şeyl, marn kireçtaşı ardalanmaları, formasyon içerisinde kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı ve çakıl taşlarının düzeyleri de gözlemlenir (Keskin, 2014). Kumtaşı; gri, yeşil, sarımsı boz renkli, ince-orta taneli plojenik elemanlı, ince-orta tabakalı, paralel laminalı orta- kötü boylanmalı, çapraz tabakalamalı, sert kırılgan derecelenmeli ve karbonat çimentoludur (Keskin, 2014).

Birimin en iyi gözlemlendiği konum Diyarbakır İlinin Lice İlçesi'nin yakın çevresidir (Keskin, 2014). Birimin yüzeylenme şekline bakıldığında Güney Anadolu'nun kuzey kesimlerinde Miyosen sürüklenim den dolayı ön cephesi şerit şeklindedir (Keskin; 2014) (Harita 4). Batıda Adıyaman ilinin Çelikhan İlçesi'nin doğusundan başlayarak Batman İlinin Sason İlçesine kadar uzanan alanlarda mostralar verdiği gözlemlenir (Kavak, 2013). Bölgede yapılan araştırmalar sonucunda doğu-batı yönünde seyreden Lice Formasyonu, diğer bölgelerde Baykan napı birimin altından her iki yönde devam ettiği sonucuna varılmıştır. (Yılmaz ve Duran, 1997). Lice Formasyonu araştırma alanı içerinde Nakışlı Köyü'nün kuzey batısından başlayıp Çamiçi Köyü'nün kuzeyinden şerit şeklinde devam edip, Yeşilyurt Köyü' nün kuzeybatısında son bulmaktadır (Harita 4).

Lice formasyonunu stratigrafik özelliklerine bakıldığında; alt kısımdan itibaren kumlu kireçtaşı ile başlar. İnce tabakalı bu kısım kademeli olarak killi -kumtaşı ardalanmasına geçer. Bu ardalanmayı da çakıllı- kumlu kireçtaşı takip eder (Perinçek, 1979).

2.1.4.3. Şelmo Formasyonu

Şelmo Formasyonunu oluşturan litojilerin renk ve yapısal özeliklerine bakıldığında; ince-orta-kalın yer yer çaprak tabakalı gri, yeşil, yeşilimsi, kızıl kahve, kırmızı ve alaca renkli konglomera kumtaşı, miltaşı, çamurtaşı ardalanmaları şeklindedir. Formasyon içerisinde bazı alanlarda kumtaşı- şely hâkim iken bazı alanlarda Konglomera egemendir (Sütçü, 2009).

Birimin tipik olarak gözlemlendiği alan Batman İlinin Sason İlçesi'nin güneybatısındaki Şelmo köyü dolayıdır (Sütçü, 2009). Şelmo Formasyonun litolojisi kumtaşı, konglomera, kiltaşı, silttaşı, jips oluşturmaktadır (Keskin, 2014) (Harita 4).

Şelmo Formasyonu Diyarbakır-M42 paftasının kuzeybatısında mostra verir. Fırat ve Hoya Formasyonları üzerinde uyumsuz şekilde yer alıp, Kördis bazaltları tarafından uyumsuzlukla örtülür (Sütçü, 2009). Şelmo Formasyonu araştırma alanı içerisinde Ceylan Köyü'nün güney batısından başlayıp batıya doğru Dilekpınar Köyü'nü içine alacak şekilde Börüncek Köyü'nün güneybatısında son bulmaktadır. Araştırma sahasında Şelmo Formasyonu Fırat ve Hoya Formasyonları üzerinde uyumsuz şekilde yer alıp, Kördis bazaltları tarafından uyumsuzlukla örtülür.

Şelmo Formasyonunun kalınlığı Sungurlu (1974) Adıyaman yöresinde 900 m'yi bulan kalınlık verir. Karakuş alanında 500' m ye varan kalınlık verir. Çermik, Çüngüş ve Korudağ çivarında 500 m'yi bulur (Perinçek, 1979).

Şelmo Formasyonunda kütle hareketlerinin meydana gelmesinde; pekişmemiş litolojilerin varlığı ektili olmuştur. Üçüncü bölümde bu nedenler üzerinde detaylı olarak durulmuştur.

2.1.4.4. Kördis Bazaltı

Siverek Grubu'nun en yaşlı lavları birinci fazın bazaltları Kördis bazaltı diye isimlendirilmiştir. Birimin en iyi gözlemlendiği konum Diyarbakır ili batısı, Karadağ İlçesi'nin Kördis Mahallesi'nin çevresidir (Sütçü, 2009).

Yapısal özellikleri incelendiğinde; porfirik dokulu yer yer gaz boşluklu, boşluklar kalsit dokulu, plajiyoklaj fenokristalleri, olivin ve olivin-ojit içerirler (Keskin, 2014). Kördis bazaltları renk olarak koyu gri ve siyah renkli olivin bazaltlardan ve olivin-ojit bazaltlardan oluşurlar. Bu bazaltlar şekilsel olarak bol eklemli yuvarlağımsı, bloksal ayrışmalıdırlar (Sütçü, 2009).

Bu bazaltlar Güney Doğu Anadolu'nun birçok kısmında Midyat Grubu, Adıyaman Grubunu Hoya Formasyonu, Fırat ve Şelmo Formasyonu üzerinde uyumsuzluklarla yer alırlar (Sütçü, 2009). Araştırma alanı içerisinde Kördis bazaltları Şelmo Formasyonunun güneyinde doğu - batı yönde uzanıp, güneye doğru sokulum yayıp Hoya Formasyonu üzerinde uyumsuzlukla yer almaktadırlar (Harita 4).

2.1.5. Kuvaterner

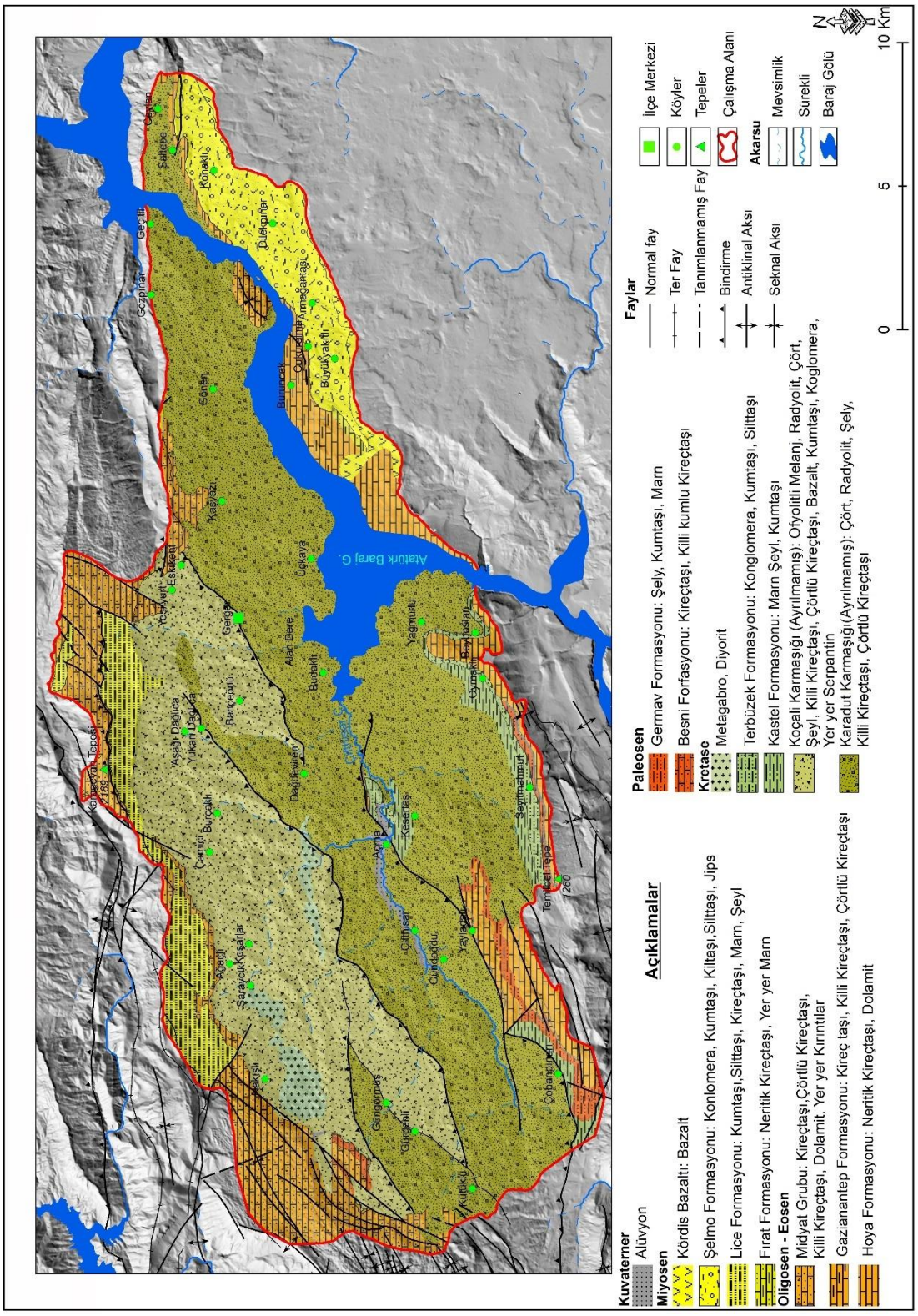
2.1.5.1. Alüvyon

İnceleme alanında vadi tabanlarında birikmiş, pekişmemiş veya çok az pekişmiş çakıl, kum, kil ve mil gibi malzemeden meydana gelmiş akarsu çökelleridir (Keskin, 2014) (Foto 9). Kuvaterner yaşlı olan bu birimler genelde çakıl depolanması şeklinde gözlemlenmektedir. Araştırma alanında bu birim Çifthisar Çayı'nın aşağı çığırlarında görülür (Harita 4).

Foto 9: Çifthisar Çayı Vadisindeki Alüvyonlardan Bir Görünüm



Harita 4: Araştırma Sahasının Jeoloji Haritası



Kaynak: (MTA, TPAO)

2.2. TEKTONİK

Araştırma sahasının tektonik özeliklerinin yorumlanabilmesi için bölgenin tektonik evriminin bilinmesi gerekir. Anadolu'nun günümüz jeomorfolojik görünümü Neotektonik dönem yer hareketlerinin eseridir. Anadolu'da neotektonik süreç; Miyosen'de Bitlis kenet kuşağı boyunca Anadolu levhasıyla ile Arap levhasının çarpışmaya başlamasıyla başlar (Şengör, 1980). Gerek Anadolu levhası gerekse Arap levhası kıtasal levha niteliğinde olduklarından çarpışma esnasında bir dalma batma olayı meydana gelmemiştir. Bu çarpışma esnasında kıvrım ve bindirme tektoniği meydana gelmiştir. Kabuk kalınlığının sürekli artması ve bu duruma paralel olarak litolojik basıncın artması kıvrımlanmayı giderek zorlaştırmış, Anadolu levhasın'nda Kuzey ve Doğu Anadolu transform fayları boyunca batıya doğru kayma hareketi başlamıştır (Şengör, 1980).

Araştırma sahası Arap-Anadolu Levhalarının çarpışma kuşağının hemen güneyinde kenar kıvrımları kuşağında yer alır. Tektonik açıdan oldukça aktif bir zonda yer alan sahanın tektonik özelliklerini çarpışma kuşağı ve yakın çevresinin tektonik özellikleri belirler (Aytaç ve Bozdağ 2018).

Sıkışma rejimine bağlı olarak araştırma sahası ve yakın çevresinde kıvrım ve bindirme yapıları meydana gelmiştir. Sıkışma ayrıca doğrultu ve yanal atımlı faylar, ile ters faylar, oluşturmuştur. Bindirme yapıları Arabistan levhasının kuzeye doğru hareketi neticesinde Avrasya ve Arabistan levhaları arasında yer alan okyanus tamamen yitilmiş ve iki levhanın Bitlis Kenet Kuşağı boyunca çarpışması ile meydana gelen sıkışma rejimine bağlı olarak oluşmuştur (Erkmen, Yaman, Albayrak ve Diğerleri, 2009) GD'da Hakkari'den başlayarak GB'ya doğru iç bükey bir yay şeklini alan Kahramanmaraş batısına kadar uzananım gösteren büyük bindirme zonu, Güneydoğu Anadolu Bindirmesi olarak tanımlanmıştır (Demirtaş, 2019). Bahsi geçen bu kuşak boyunca değişik zaman periyotlarında gelişmiş birçok bindirme mevcuttur. (Demirtaş, 2019). Bu bindirmelerden biri olan Kretase yaşlı bindirme zonu Güney Doğu Torosların güney eteklerini takip etmekte ve doğu – batı yönünde uzanım göstermektedir (Karadoğan, 2005). Bahsi geçen bindirme kuşağı araştırma sahasında Koçali bindirmesi olarak tanımlanır. Koçali bindirmesinin araştırma sahasında uzanımı; Kütüklü Köyü'nün doğusundan başlayarak kuzeydoğuya doğru devam eder,

Çifthisar ve Dağdeviren köylerinin kuzeyinden geçerek Aşağı Dağlıca Köyü'nün güneyinde son bulur (Harita 5) Diğer bir kolu ise Dağdeviren Köyü'nün doğusundan başlayıp, Gerger ilçe merkezinin kuzeyinden geçerek araştırma sahasındaki uzanımı son bulur (Harita 5). Araştırma sahasında diğer bir bindirme zonu Çifthisar Köyü'nün güneyinden başlayıp, Kesertaş Köyü'nün kuzeyinden devam eden, yaklaşık olarak Çifthisar deresinin Atatürk baraj gölüne döküldüğü alana kadar uzanan Berdeso bindirmesidir.

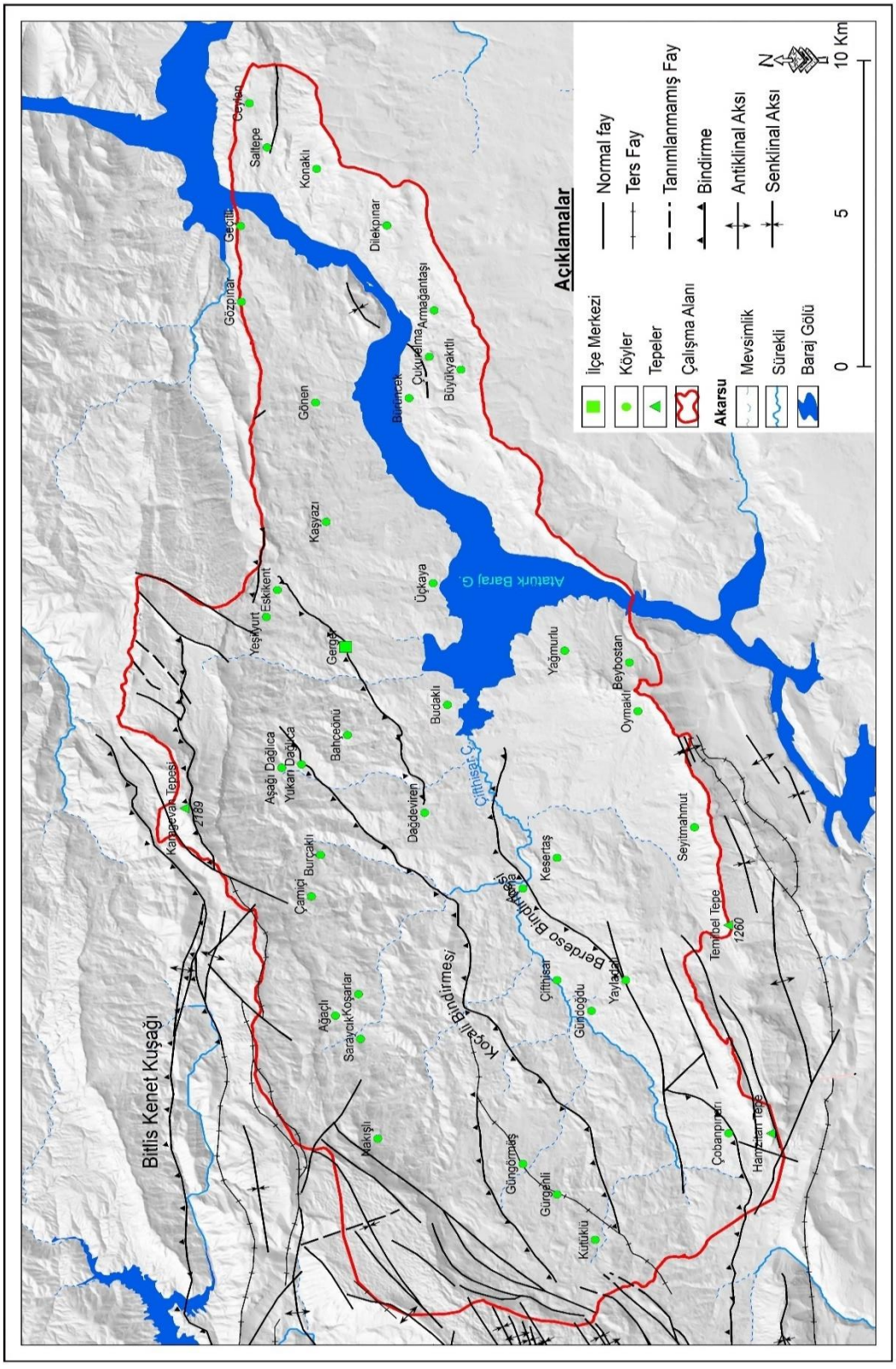
Kıvrımlı yapılar güneyde Arabistan levhası kuzeyde ise Anadolu levhası arasında kalan bölgede sıkışma rejimine bağlı olarak jeosenklinal alanında biriken yaşlı birimler kıvrılmaya maruz kalmışlardır (Karadoğan, 2005). Buna bağlı olarak bindirme yapılarının güneyinde güneybatı – kuzeydoğu uzanımlı, batı kesimlerinde çok az miktarda birbirlerine paralel, doğuya doğru ise birbirlerine birleşen ve sıkışık demetler oluşturan dalgalı kıvrımlı bir yapı oluşmuştur (Karadoğan, 2005). Araştırma sahasında yukarıdaki görüşü destekler nitelikte kıvrımlı yapılar bindirme yapılarının güneyinde yer alıp, güneybatı – kuzeydoğu istikametinde uzanım gösterirler (Harita 5)

Kırıklı yapılar; araştırma sahasındaki kırıklı yapılar DAFZ'nın tali kırığı şeklinde görülen Adıyaman fay zonu (AFZ) ve ona bağlı oluşan tali faylardır. AFZ 210 km uzunlukta, sol yanal atımlı bir fay zonudur (Perincek ve Kozlu, 1987). Adıyaman fay zonu (AFZ) Palu ilçesinin güney batısında DAFZ ayrılarak, Hazar gölüne kadar arazide çizgiselliği gözlemlenecek şekilde devam eder (Perincek ve Kozlu, 1987). AFZ daha sonra Pütürge metamorfiklerin içine girer ve bu alanda izlemesi zor bir durum alır. (Perincek ve Kozlu, 1987). Çüngüş ilçesi yakınlarında Miyosen süreklenim cephesini keserek, Fırat nehrini öteleyip, Gerger ve Kahta ilçelerinin kuzeyinden devam eder. Fay, Besni ilçesinin güneyine kadar uzanan ve burada kollara ayrılarak kayıp olur (Perincek ve Kozlu, 1987). Diğer bir taraftan Adıyaman fay zonunun uzanımı Türkiye'nin iki önemli orojenik kuşağını kat etmekte olup, kuzeydoğu kısmında Doğu Toros Orojenik Kuşağı içerisinde yer almakta, güneybatı kısmında ise Kenar Kıvrımları Kuşağının kapsamında kalmaktadır (İncegöz ve Zengin, 2014). İncegöz ve Zengin (2014) ''Adıyaman Fay Zonunun Morfotektonik ve Yapısal Özellikleri'' adlı çalışmalarında yaptıkları kinematik analizler sonucunda bölgede beş ayrı tektonik fazın var olduğunu, bunların sırasıyla; Eosen başındaki genişleme rejimi, Oligosen sonlarında görülen sıkışma rejimi, Miyosen başındaki

genişleme rejimi, Orta-Üst Miyosende etkili olan sıkışma rejimi ve Pliyo-Kuvaternerde etkili olan doğrultu atımlı rejimler olduğu sonucuna varmışlardır. İncegöz ve Zengin (2014) AFZ'nun yaş ve atımı ile ilgili yaptıkları çalışmalarda amprik bağıntılar kullanılarak AFZ'nun yaşının 1,5 milyon yıl olduğu belirlemişlerdir.

Adıyaman fay zonu araştırma sahasının kuzeyinde, KD- GB yönünde parçalı bir yapı şeklinde uzanım gösterir (Harita 5). AFZ'na bağlı olarak araştırma sahasında birçok tali fay ve çatlak sistemleri oluşmuştur. Araştırma sahasında kırıklı yapılar içerisinde yer alan bir diğer yapı ters faylardır. Ters fayların varlığı araştırma sahasının sıkışma ve kıvrılmasının etkisi altında kaldığının göstergesidir. Bahsi geçen ters fayların arazide detaylı olarak incelenmesi sonucunda birçok olay aydınlatılabilir (Kahraman ve Kibici, 2008) Ters faylar diğer yapısal deformasyonlarla belirli bir sistematik ilişki içerisindedirler. Ters faylar kıvrım eksenine paraleldir ve verev şeklinde doğrultu atımlı faylar tarafından kesilirler (Kahraman ve Kibici, 2008) Bahsi geçen bu durum araştırma sahasında Nakışlı Köyü'nün kuzey doğusunda ve Çamiçi Köyü'nün kuzey batısında gözlemlenmektedir (Harita 5). Bu alanlarda ters faylar KD-GB yönünde uzanım gösterip doğrultu atımlı faylar tarafından kesilirler. Ters fayların bu yönde uzanım göstermeleri, doğrultu atımlı faylarda KD – GB yönünde bir hareketin olduğunun göstergesidir (Kahraman ve Kibici, 2008)

Harita 5: Araştırma Sahasının Tektonik Haritası



Kaynak: (MTA, TPAO)

2.3. JEOMORFOLOJİ

Bu bölümde araştırma sahasının genel jeomorfolojik özeliklerine değinilecektir. Jeomorfolojik özelliklerin kütle hareketlerinin oluşumları üzerindeki etkilerine 3. bölümde detaylı olarak değinilecektir.

Araştırma sahasının tektonik konumu jeomorfolojik özelliklerinin belirlenmesinde oldukça etkili olmuştur. Sahada mevcut bulunan kıvrım yapıları faylar ve bindirmeler ile özellikle neotektonik dönem yer hareketlerinin etkisinde sahaya yerleşen drenaj şebekesi, arazinin sarp ve engebeli bir görünüme kavuşmasına neden olmuştur. Sahanın günümüz jeomorfolojik görünümünün oluşmasında Arap levhasının kuzey kenarını etkileyen tektonik hareketler ile Kuaterner'deki iklim salınımlarına bağlı gerçekleşen taban seviyesi değişimlerinin denetiminde gerçekleşen flüvyal süreçler etkili olmuştur (Demir ve diğ. 2007 ve 2012). Neotektonik dönem yer hareketleri ile Arap Levhası kuzey kenarında çarpışma sonrası başlayan genel yükselme Fırat nehri ve kollarının yataklarını derince yarmasına, bu da sahanın oldukça sarp bir görünüme kavuşmasına neden olmuştur. Sahanın sarp ve engebeli bir görünüme sahip olmasında fay hatlarına bağlı oluşan diklikler ve kıvrımlı yapının (özellikle antklinaller ve bindirmeler) da rolü büyüktür. Nitekim havzanın tabanı ile çevredeki plato yüzeyleri arasındaki yükselti farkının havzanın kuzey tarafında 1500 metrenin üzerinde olması sahadaki engebeli ve sarp jeomorfolojik görünümün en açık göstergesidir. Bu durum sahanın farklı kesimlerinden alınan profil hatlarında oldukça net görülmektedir (Şekil 16).

Çifthisar Havzası'nın parçalanmış bir topoğrafyaya sahip olması alanın yükselti, eğim, bakı, özeliklerini kontrol etmekte ve bu parametrelerin çok kısa mesafelerde hızla ve aniden değişmesine neden olmaktadır.

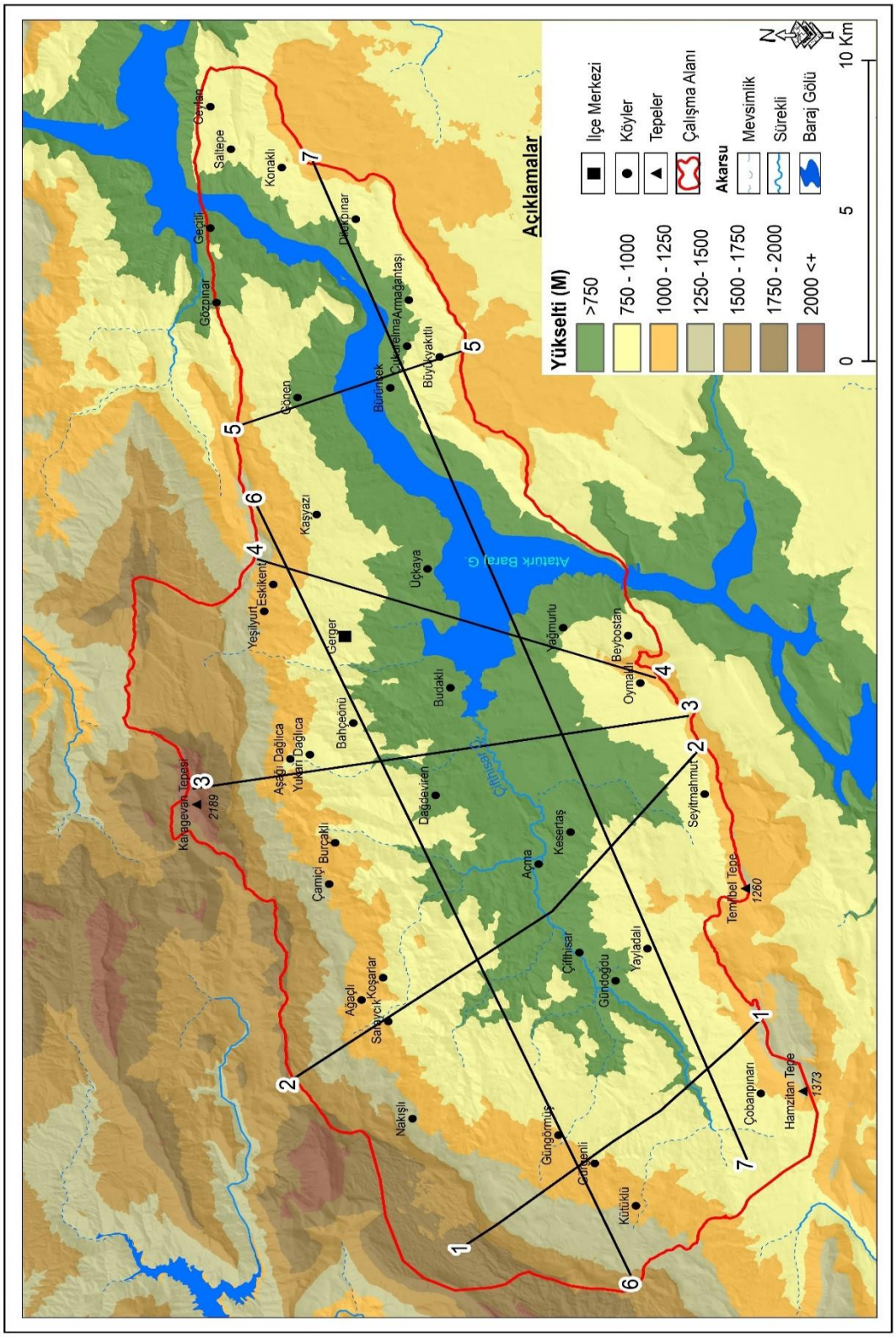
2.3.1. Yükselti

Araştırma sahasının yükselti özelikleri incelendiğinde sahada yükseltinin 533 m, ile 2236 m, arasında değiştiği; havzanın ortalama yükseltisinin 1324 m' olduğu görülür. Havzanın gerek kuzey yamacında gerek güney yamacında yükselti kademeli olarak artmaktadır. Güney yamaçlarda yükselti 1300 metrelere kadar ulaşırken, kuzey yamaçlarda yükselti 2000 m'nin üzerine çıkmaktadır (Harita 6). Bu şekli ile disimetrik

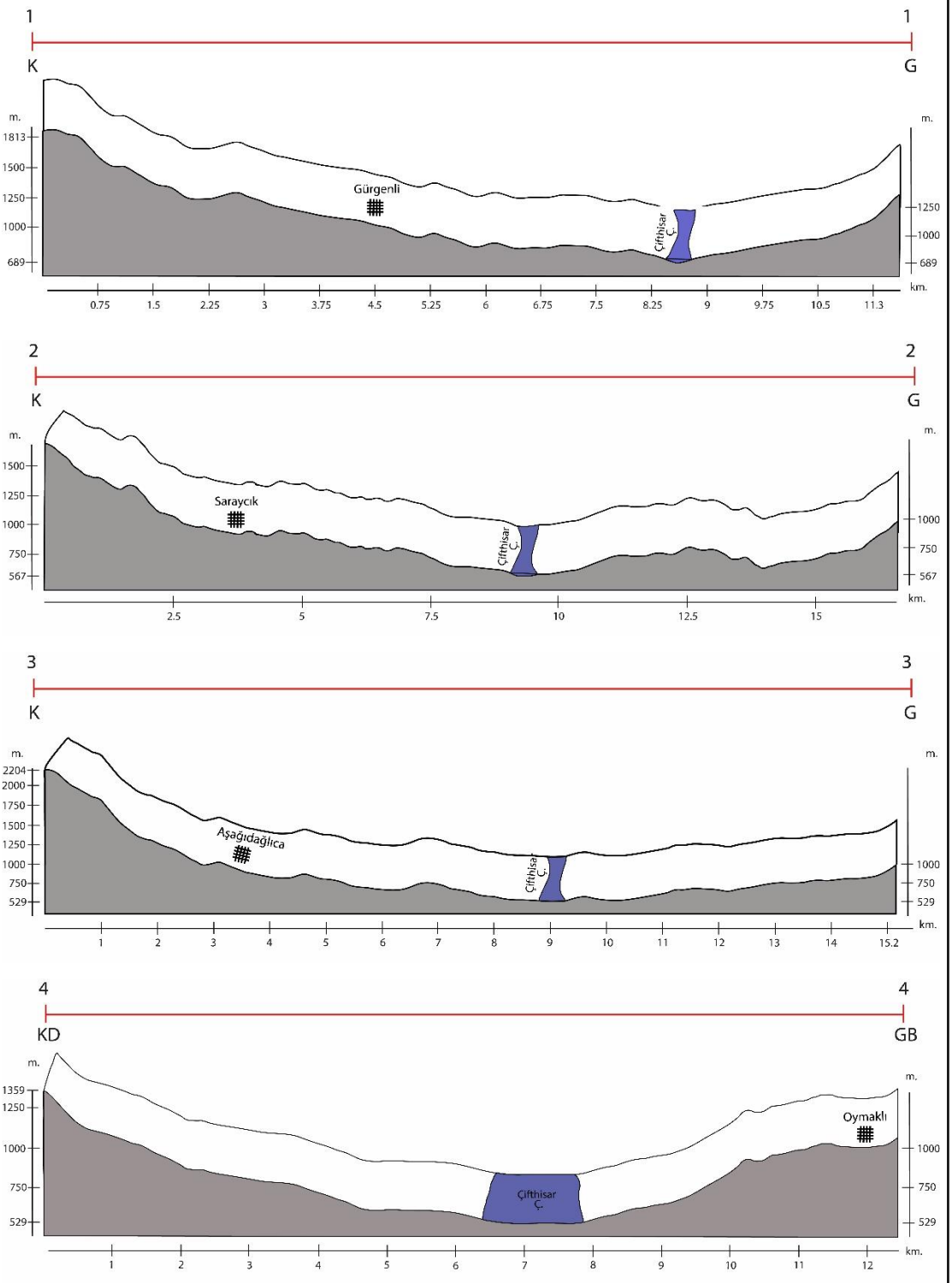
bir görünüm arzeden havzanın kuzey tarafı Bitlis Kenet Kuşağının Pütürge bölümünün güneyini kapsamaktadır. Başka bir ifade ile havzanın kuzey kenarı Arap-Avrasya Levhalarının çarpışma (kenet) kuşağı boyunca oluşmuş dağ silsilesine tekabül etmektedir. Malatya Dağları'nın doğu kısmına tekabül eden bu kesimde en yüksek noktayı 2189m yüksekliği ile Karageven Tepe oluşturur.

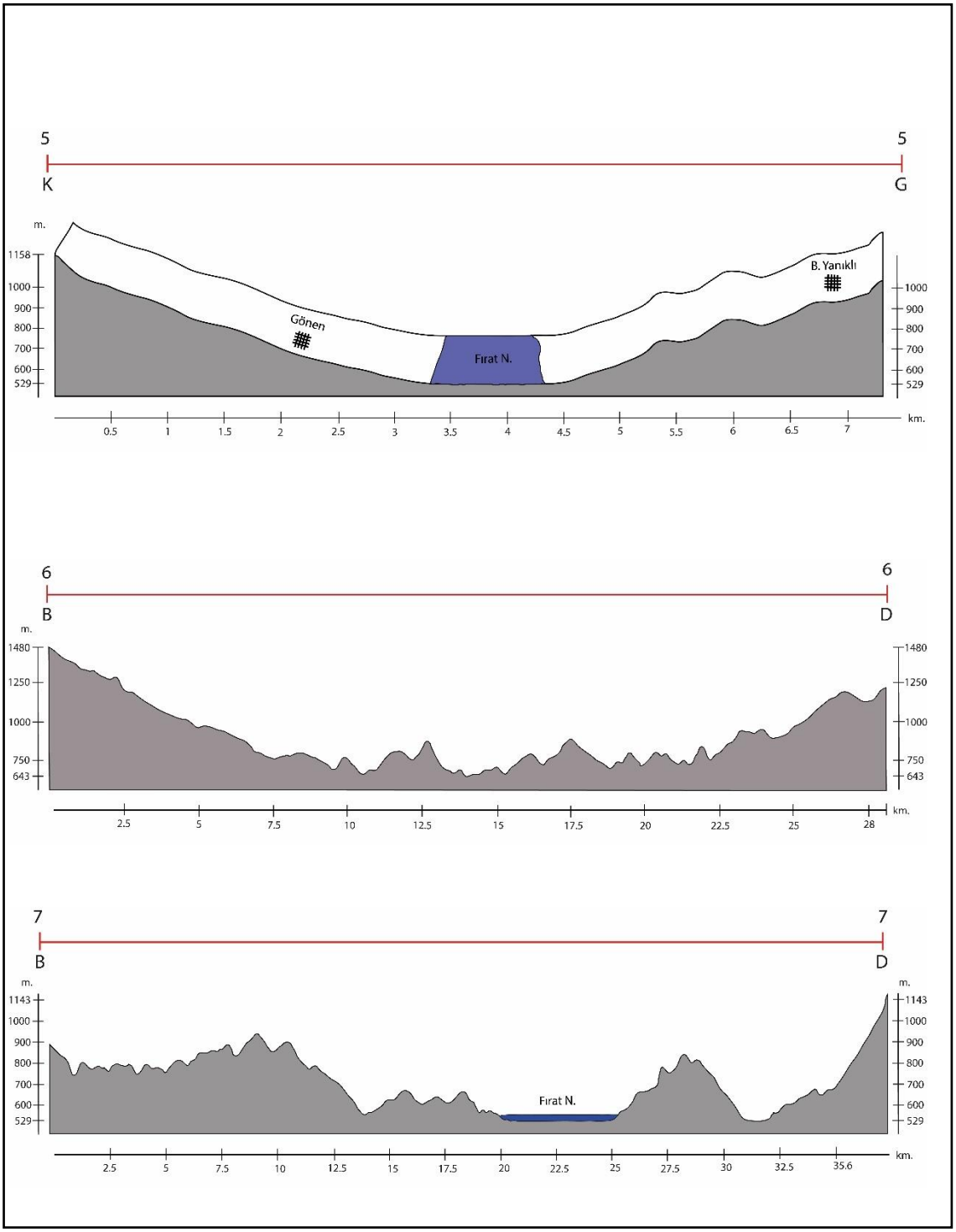
Kenet kuşağından uzaklaştıkça kıvrımlanmanın miktarı azalmakta buna bağlı olarak gerek tabaka eğimlerinin miktarında gerekse antiklinallerin yüksekliğinde azalma meydana gelmektedir. Havzanın güney kenarında yükseltinin azalması kenet kuşağından uzaklaşma ile açıklanabilir. Nitekim havzanın güneyinde genel olarak 1000 metrenin altındadır. Burada en yüksek noktayı Çobanpınarı köyü güneyinde Hamzitan Tepe (1373m) oluşturur (Harita 6).

Harita 6: Araştırma Sahasının Fiziki Haritası



Şekil 16: Araştırma Sahasının Enine Profilleri




5
K
5
G
m.
1158
1000
900
800
700
600
529
Gönen
Fırat N.
B. Yanıklı
1000
900
800
700
600
529
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
5.5
6
6.5
7
km.
6
B
6
D
m.
1480
1250
1000
750
643
1480
1250
1000
750
643
2.5
5
7.5
10
12.5
15
17.5
20
22.5
25
28
km.
7
B
7
D
m.
1143
1000
900
800
700
600
529
Fırat N.
m.
1143
1000
900
800
700
600
529
2.5
5
7.5
10
12.5
15
17.5
20
22.5
25
27.5
30
32.5
35.6
km.

2.3.2. Eğim

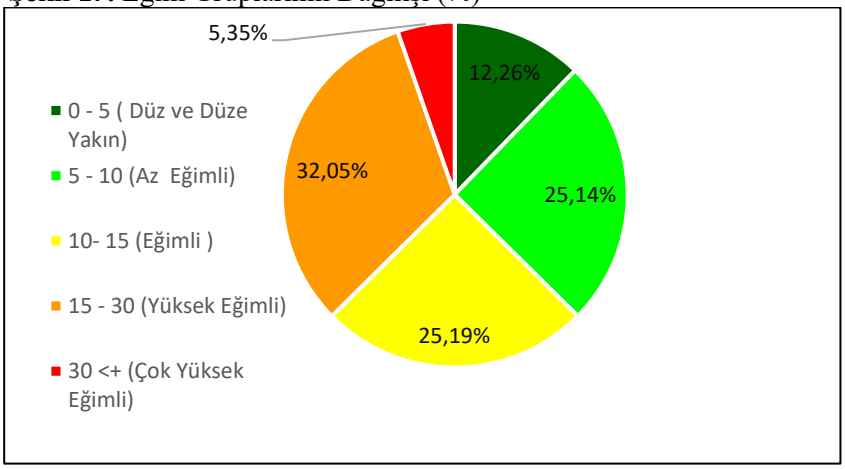
Araştırma sahasının eğim özellikleri incelendiğinde eğim derecesi düşük olan alanlar; Fırat Nehrinin, Çifthisar Çayının vadi tabanlarına, karstik depresyon tabanlarına, fay basamaklarının üst kesimlerine ve kütle hareketlerinin topuk kısmına (malzeme birikim alanına) karşılık gelmektedir. Eğim derecesi yüksek olan alanlar ise Fırat Nehri, Çifthisar Çayı tarafından parçalanmış vadi yamaçlarına, fay dikliklerinin bulunduğu alanlara ve kütle hareketlerinin taç kısmına (kopma noktasına) karşılık gelmektedir (Harita 7).

Eğim haritası raster veri formatından ArGIS yazılımının ArcMAP ara yüzünde yer alan dönüşüm aracı kullanılarak vektör veri formatına dönüştürülmüştür. Bu işlemin yapılış amacı araştırma sahasında her bir eğim sınıfının kapladığı alanın hesaplanmasıdır. Yapılan hesaplamalar sonucunda araştırma sahasında yer alan eğim sınıflarının birbirlerine göre oranları elde edilmiştir (Tablo 3). Eğim sınıflarının kapladıkları alanlara bakıldığında; eğim derecesi yüksek alanlar daha geniş alan kaplığı, düz ve düze yakın alanlar az kapladığı, diğer sınıfların ise ortalama bir değer gösterdiği görülmektedir (Tablo 3 ve Şekil 17).

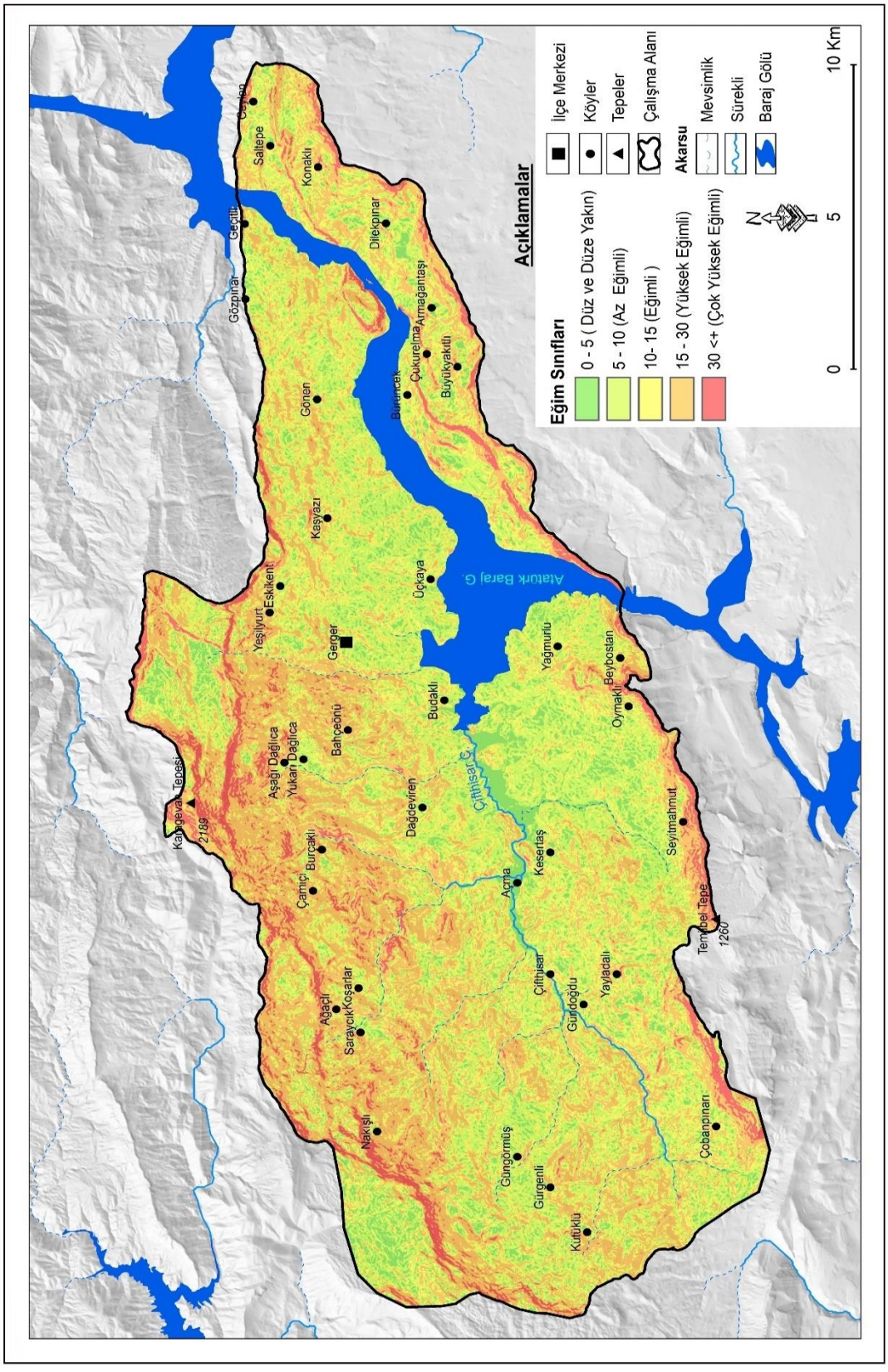
Tablo 3. Eğim Gruplarının Dağılışı (Km², %)

Eğim Sınıflar	Alan (Km)	Alan (%)
0- 5 (Düz ve Düze Yakın)	52,16	12,26%
5 - 10 (Az Eğimli)	106,94	25,14%
10- 15 (Eğimli)	107,18	25,19%
15- 30 (Yüksek Eğimli)	136,36	32,05%
30 <+ (Çok Yüksek Eğimli)	22,78	5,35%
Toplam	425,42	100,00%

Şekil 17. Eğim Gruplarının Dağılışı (%)



Harita 7: Araştırma sahasının eğim haritası



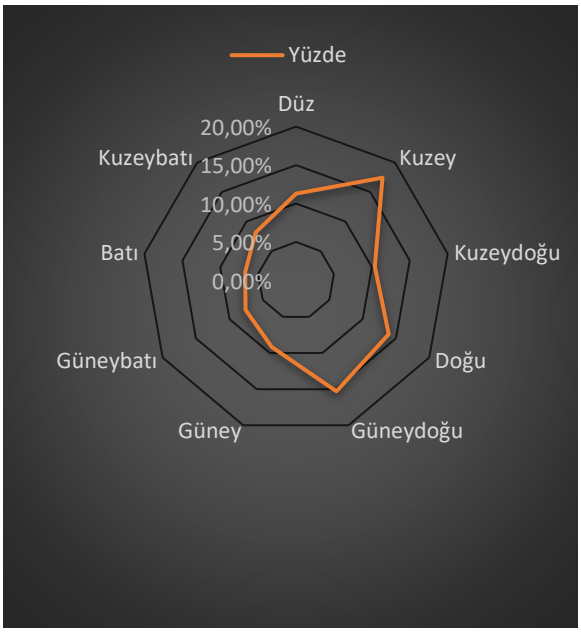
2.3.3. Bakı

Araştırma sahasında bakı özellikleri kısa mesafeler dahilinde önemli değişiklik gösterir. Bakı özelliklerinin bu denli değişmesi parçalanmış bir topoğrafyanın varlığıyla alakalıdır.

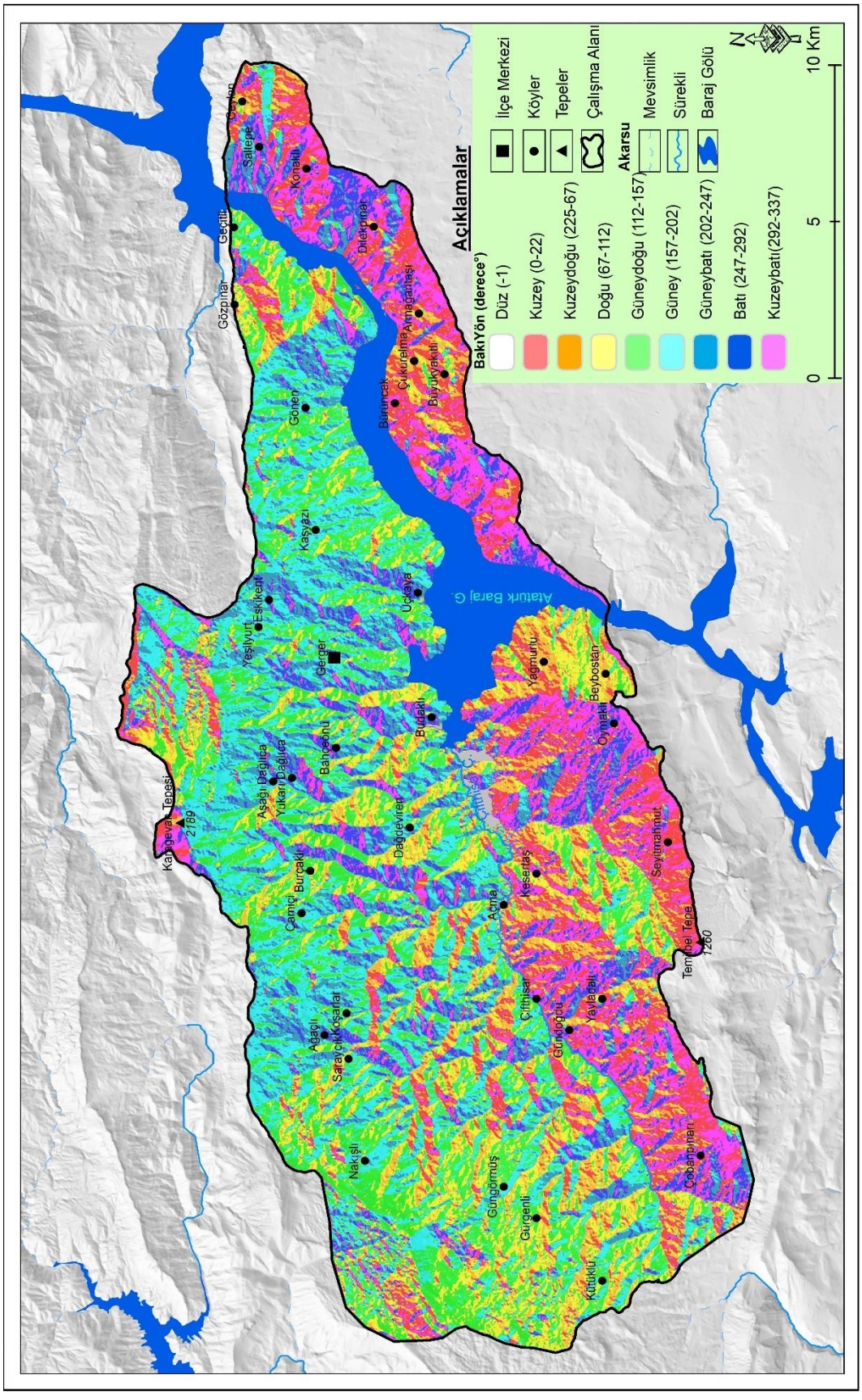
Arazinin genel bakı durumu incelendiğinde, Çifthisar Çayı'nın sahayı batıdan doğuya doğru yarmış olması nedeniyle hâkim yönlerin kuzey ve güney bakılı yamaçlarda olduğu görülür (Harita 8). Diğer yönler ise daha az alan kaplamaktadır (Tablo 4 ve Şekil 18). Bakının kütle hareketleriyle olan ilişkisine üçüncü bölümde detaylı olarak değinilecektir.

Tablo 4. Bakı Gruplarının Dağılışı (Km², %) **Şekil 18.** Bakı Gruplarının Dağılışı (%)

Bakı sınıfları	**Alan (Km)**	**Yüzde**
Düz	48,12	11,31%
Kuzey	74,23	17,45%
Kuzeydoğu	44,25	10,40%
Doğu	59,14	13,90%
Güneydoğu	65,09	15,30%
Güney	39,06	9,18%
Güneybatı	32,28	7,59%
Batı	28,52	6,70%
Kuzeybatı	34,73	8,16%
Toplam	425,42	100,00%



Harita 8: Araştırma Sahasının Bakı Haritası



2.3.4. Jeomorfolojik Birimler

Bu çalışmada Çifthisar Havzası ve yakın çevresinin kütle hareketleri açısından duyarlılığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle araştırma sahasında yaralan jeomorfolojik birimler, kütle hareketleri duyarlılık analizinde hazırlayıcı bir parametre olarak kullanılmamıştır. Alanın jeomorfolojik evrimi ve jeomorfolojik birimleri detaylı bir şekilde incelenmemiştir. Bu konu başlı başına bir araştırma konusudur. Ancak sahanın jeomorfolojik görünümünü ortaya koymak adına jeomorfolojik birimler çok genel özellikleri ile irdelenmiştir. Araştırma alanı dağlık alan, yüksek plato ve alçak plato olmak üzere üç ana jeomorfolojik birimden oluşmaktadır. Bu platoluk alanlar içerisinde eğim özelikleri açısından farklılık arz eden yamaçlar, fay diklikleri, kütle hareketlerine bağlı kopma diklikleri mevcuttur (Harita 9).

2.3.4.1. Dağlık Alan

İnceleme alanında dağlık alanı kabaca 1300 metrenin üzerindeki yüksek engebeli platolar ile bunlar üzerinde yükselen tepelerden oluşur. Genellikle karbonatlı kayaçlardan oluşan bu alan, dolin ve uvalaların yaygın görüldüğü karstik plato görünümündedir. Bu platonun üzerinde ise yer yer antiklinallerin yüksek kısımlarına tekabül eden tepeler görülür. Dağlık alan Malatya Dağları'nın doğu uzantısı şeklindedir. Bu alan havzanın kuzeyinde Bitlis Kenet Kuşağının hemen güneyi olması münasebeti ile havzanın güneyine göre daha yüksek ve daha sarptır. Havzanın güneyindeki dağlık alan ise kuzeyine göre nispeten daha alçak olup daha çok bir mesa görünümündedir.

Dağlık alan, yüksek platolardan oldukça dik bir yamaçla ayrılır. Burası başta kaya düşmeleri olmak üzere kütle hareketlerinin oldukça yoğun görüldüğü alanlardan biridir.

2.3.4.2. Yüksek Platolar

Araştırma sahasında kabaca 900 ila 1300 metreler arasında yer alan ve Çifthisar Çayı'nın kolları tarafından yer yer derince parçalanmış alanlara tekabül eder. Bu kesimde yaygın görülen jeolojik birim Koçali Karmaşığıdır. Koçali Karmaşığının yaygın olduğu bu kesimde yer yer denizaltı volkanizmasının çıkış merkezleri (baca tıkacı) görünümlü münferit teperler yer alır. Bitki örtüsünün oldukça cılız olduğu bu alanlar yüksek platonun diğer kısımlarından oldukça kolay ayrılır. Platoda yaygın

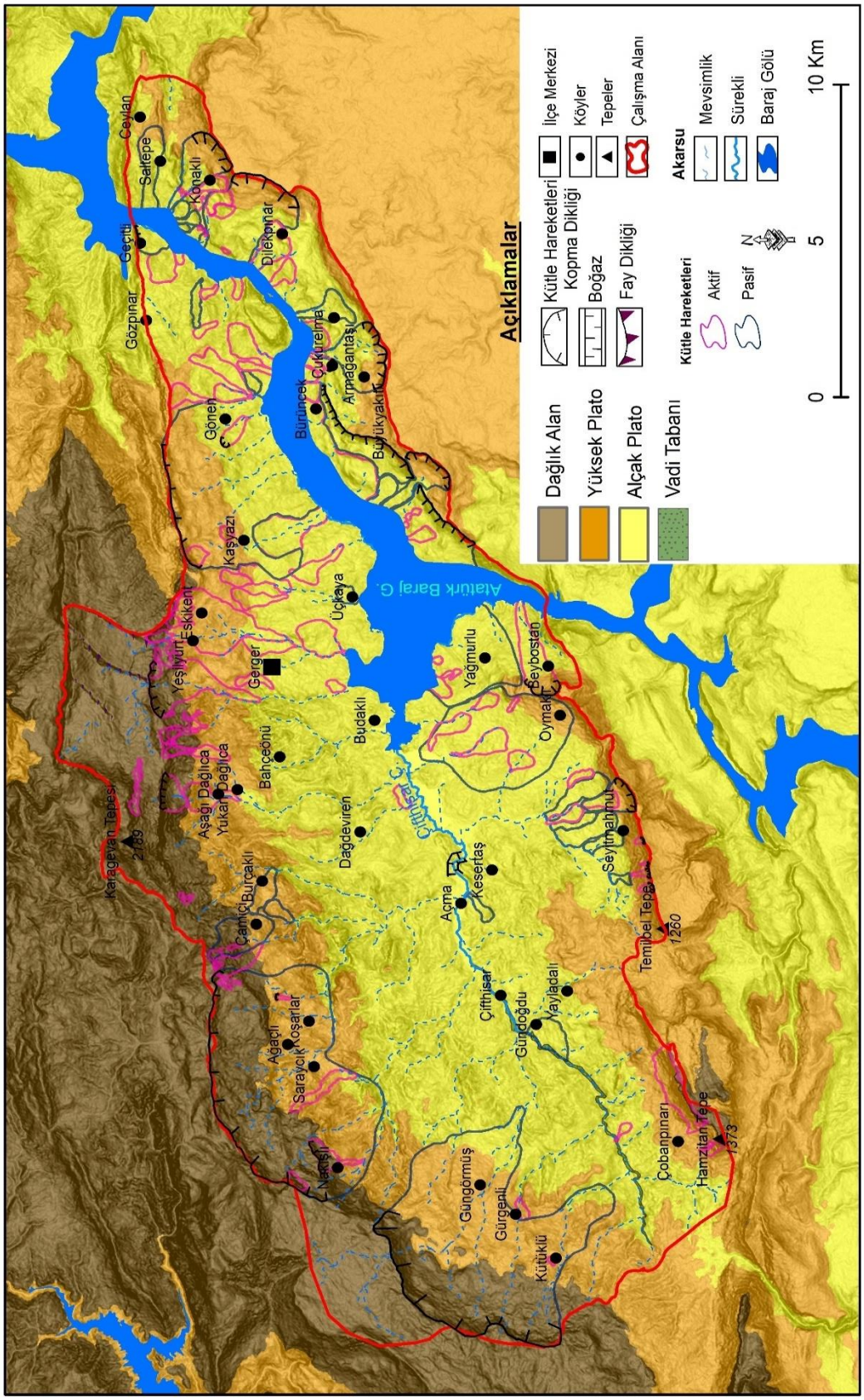
görülen diğer birimleri ise karadut Karmaşığı ile Midyat Grubu Formasyonları oluşturur. Midyat Grubu üzerinde yer yer karstik şekiller görülür. (Harita 9). Yüksek plato gerek kendi içerisinde gerekse dağlık alanın yamacından aşağıya doğru meydana gelen kütle hareketleri nedeniyle duyarlılık açısından öneme sahiptir.

2.3.4.3. Alçak Platolar

Araştırma sahasında 900 metreden alçak kısımlar genel olarak Çifthisar Çayı ve ona bağlanan tali kollar tarafından parçalanmış alçak bir plato görünümündedir. Bu alanlar eğimin orta derecede olduğu alanlardır. Araştırma sahasında düz veya düze yakın hafif eğimli alanlar da yine Çifthisar Çayı çevresinde yani alçak plato alanı içerisinde yer alır (Harita 9). Alçak platoluk alanda Karadut Formasyonu yer alır. Bu kesimde yer alan diğer önemli formasyonları Koçali, Terbüzek, ve Şelmo Formasyonlarıdır. Karadut, Terbüzek ve Şelmo Formasyonlarının kırıntılı birimlerden oluşması arazinin akarsular tarafından kolay aşındırılmasına neden olmuştur. Araştırma sahasının güneyinde yer alan Karacadağ bazaltları ise buranın volkanik plato görünümü kazanmasını sağlamıştır (Harita 9).

Alçak plato ile yüksek plato arasında ve alçak plato içerisinde bir takım kütle hareketleri gerçekleşmiştir. Bu kütle hareketleri platonun yapısında değişiklikler meydana getirmiştir. Aşınım faaliyetlerini hızlandırmış, eğim özeliklerinde değişikliklere neden olmuştur.

Harita 9: Araştırma Sahasının Morfometri Haritası



2.4. İKLİM

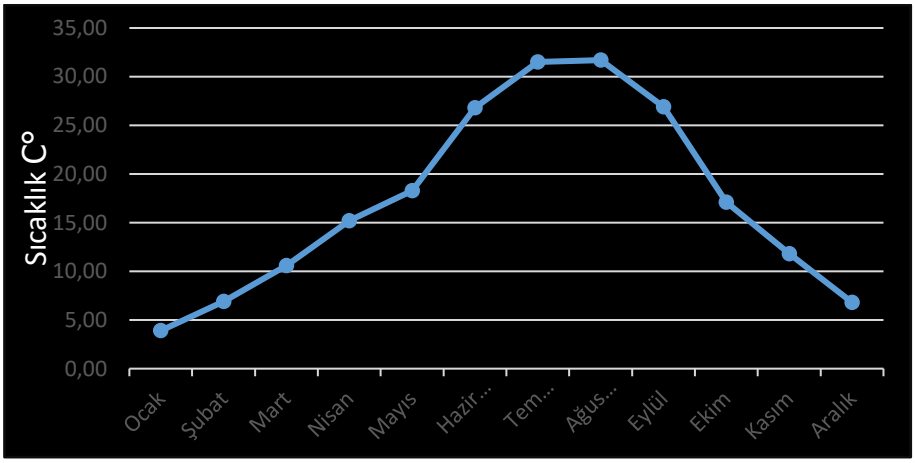
Araştırma alanının iklim özelliklerini, bölgeyi etkileyen hava kütleleri ve cepheler, bunların mevsimsel değişimi ve hava kütlelerinde değişime neden olan bakı, yükseklik, dağlık kütlenin genel uzanımı ve topografya gibi Fiziki Coğrafya özellikleri belirler.

İnceleme alanı genel atmosfer hava sirkülasyonu içerisinde herhangi bir hava kütlesinin kaynak sahası durumunda değildir. Sahadaki atmosfer koşulları Akdeniz havzasında egemen olan yıllık genel hava sirkülasyonunun kontrolü altındadır. Saha yaz mevsiminde tropikal hava kütlelerinin etkisi altındadır. Bu durum polar cephe kuşağının daha kuzeye yüksek enlemlere doğru çekilmesi ile ilişkilidir. Yaz döneminde özellikle etkili olan Muson alçak basıncının devamı niteliğindeki Basra alçak basıncına bağlı olarak gerçekleşen doğu ve güneydoğu yönlü sıcak kuru hava akımları, yaz mevsiminde oldukça sıcak ve kuru hava şartlarının oluşmasına neden olur. Kış mevsiminde ise saha cephesel orta enlem depresyonları ve Akdeniz kökenli depresyonlar ile Doğu Anadolu'nun yüksek kesimlerinden güneye doğru ilerleyen polar hava kütlesinin etkisi altına girer (Aytaç ve Diğ. 2016, Atalay ve vd. 2002). Buna bağlı olarak gerçekleşen cepheler kış yağışlarına neden olur. Saha ayrıca güneyden sokulan Akdeniz kökenli hava kütleleri için orografik engel teşkil eder. Bu durum sahanın yüksek kesimlerinde cephesel karakterli yağışların yanında yamaç yağışlarının da görülmesine neden olur (Aytaç ve Bozdoğan, 2017). Sahanın iklim özelliklerini ortaya konulmasında araştırma sahasının merkezinde yer alan Gerger Meteoroloji istasyonun verilerinden yararlanılmıştır.

Gerger meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 17,2°'dir. Sıcaklığın yıl içerisindeki dağılışı bakıldığında; ortalama sıcaklığın 0°C'nin altına düşmediği ve en yüksek ortalama sıcaklığın 31,7°C'nin üstüne çıkmadığı görülmektedir. Aylık ortalama en düşük sıcaklıklar 3,9 C ° ile Ocak ayında aylık ortalama en yüksek sıcaklık $31,7^0$ ile Ağustos ayında ölçülmüştür. Bölgenin sıcaklık özelliklerine bakıldığında; karasal iklimin tipik özeliği olan kış mevsimi soğuk, yaz mevsimi sıcak, sonbahar ve ilk bahar mevsimleri ortalama bir sıcaklık değerine sahiptir (Şekil 19). Sahanın sıcaklık ortalama haritası incelendiğinde; yükselti değerinin düşük olduğu Atatürk baraj gölünün çevresinde ve Çifthisar vadisinin aşığı

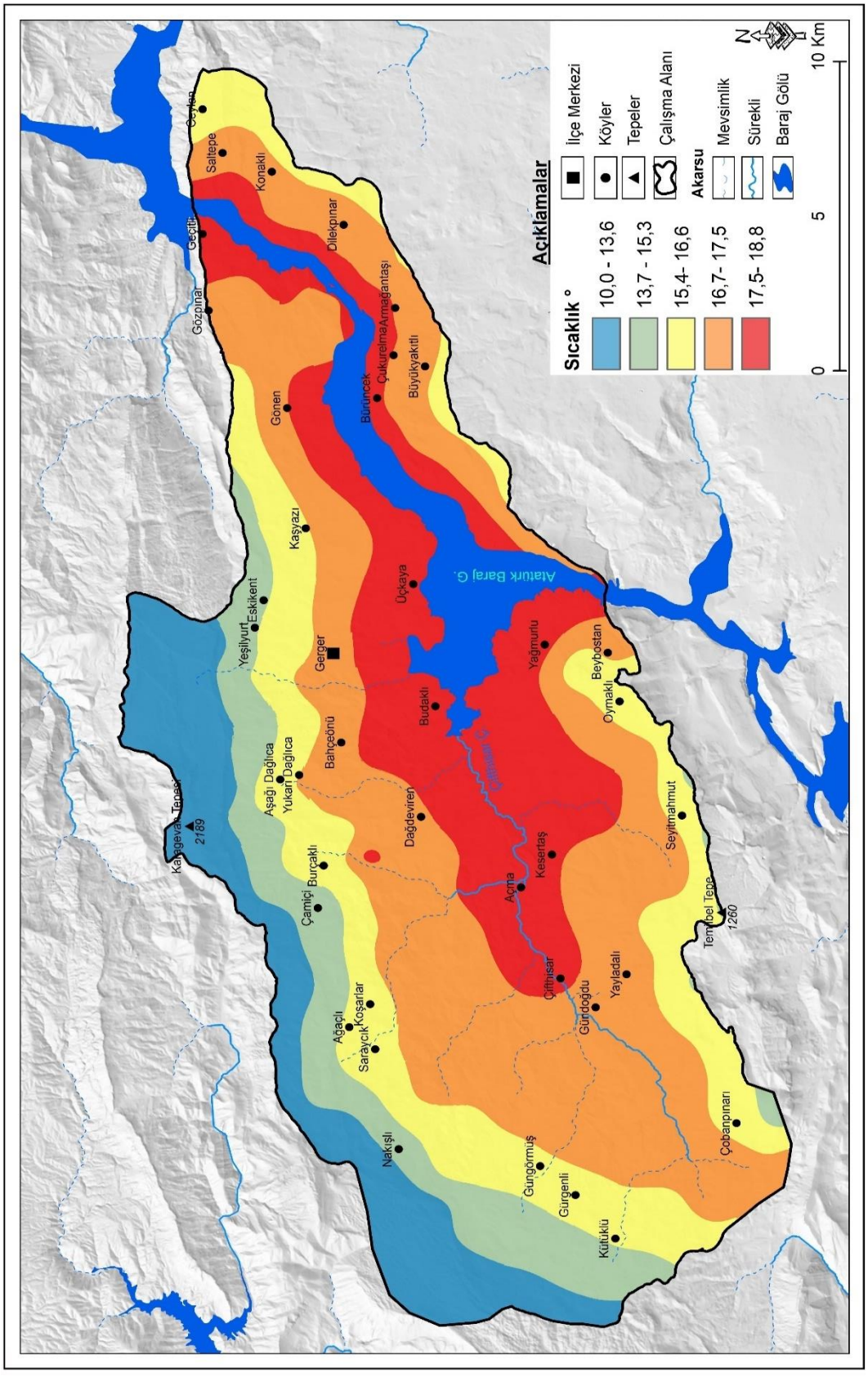
çığırında sıcaklık değerinin yüksek olduğu (18^0C), zirvelere doğru yükseltinin kademeli artışına bağlı olarak bağlı olarak sıcaklığın düştüğü (10^0C) görülmektedir (Harita 10).

Şekil 19: Gerger İstasyonunda Ortalama Sıcaklığın Aylara Göre Değişimi.



Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM, 2013-2021).

Harita 10: Araştırma Sahasının Sıcaklık Haritası



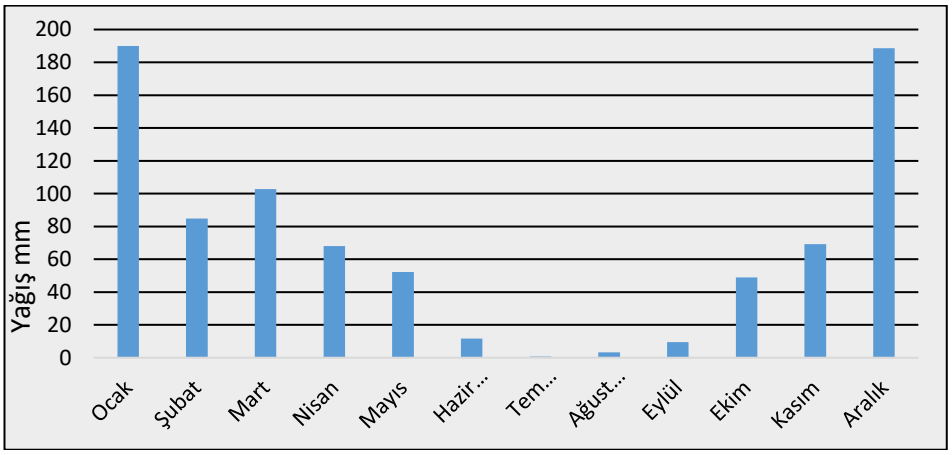
Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM, 1985-2021).

Gerger İstasyonunun yağış özellikleri incelendiğinde; en fazla yağışın (189,96 mm) ile Ocak, en az yağışın (0,67 mm) ile temmuz ayında gerçekleştiği görülür (Şekil 20). Saha Akdeniz yağış rejim tipine yakın özellikler gösterir.

En yağışlı mevsim kış mevsimi olup (463,33 mm) bu mevsimi ilkbahar mevsimi takip eder (223,31 mm). Diğer mevsimlere göre sonbaharda daha az yağış düşer (127,37). Araştırma sahasında en kurak mevsimi yazdır (15,5 mm). Yıllık yağışın %55,9'u kış, %26,9'u ilkbahar, %15,4'ü sonbahar ve %1,9'u yazın düşer (Şekil 21).

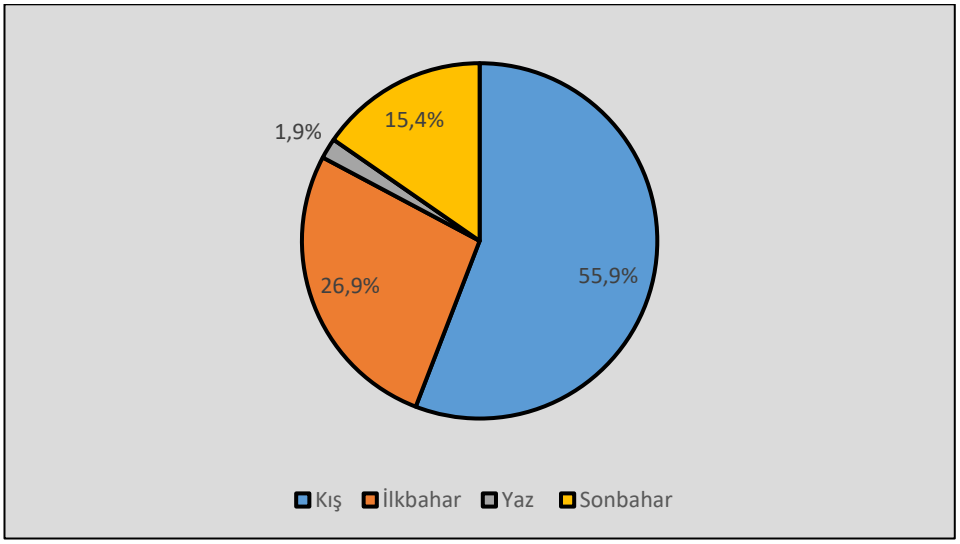
Schreiber formülü esas alınarak hazırlanan yıllık ortalama toplam yağış haritasına göre, sahanın kuzeyinde dağlık ve plato alanlarına tekabül eden yüksek kesimlerde yıllık ortalama toplam yağışın 1000 mm civarında olduğu görülmektedir. Araştırma sahasında en az yağış alan kesimler, Atatürk baraj gölü çevresi ve Çifthisar vadisinin aşağı kesimleri olup yıllık ortalama toplam yağış 700mm civarındadır (Harita 11).

Şekil 20. Gerger İstasyonunda Ortalama Yağışın Aylara Göre Değişimi.



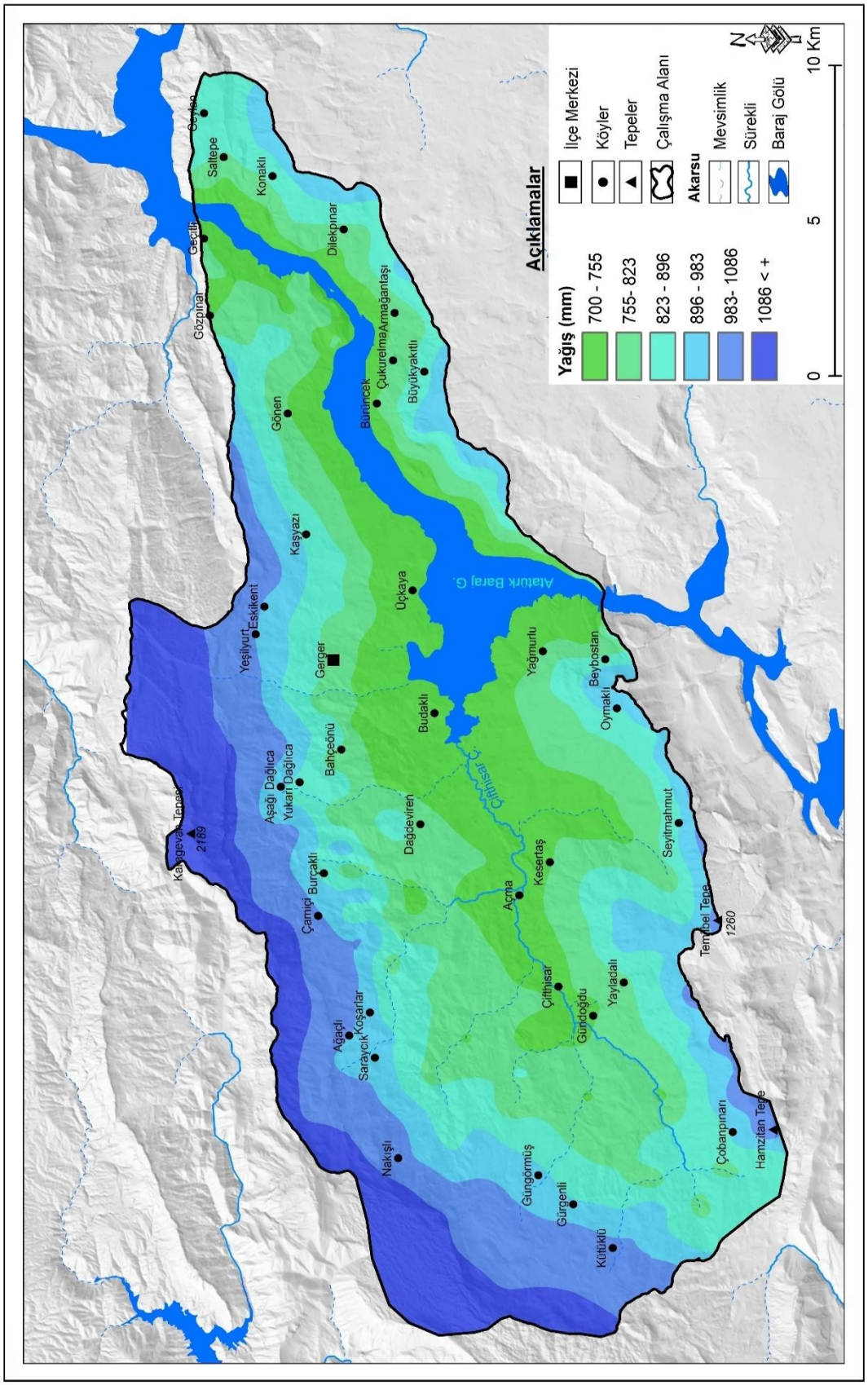
Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM, 1985-2021).

Şekil 21. Gerger İstasyonunda Ortalama Yağışın Mevsimlere Göre Değişimi (%)



Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM, 1985-2021).

Harita 11: Araştırma Sahasının Yağış Haritası



Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM, 1985-2021).

2.5. HİDROGRAFİK ÖZELLİKLER

Araştırma sahasının önemli hidrolojik unsurlarını; Fırat Nehri, Çifthisar Çayı, Atatürk baraj gölü ve Karagöl oluşturur. Sahada ayrıca Koçali Karmaşığı ile üzerine gelen birimlerin dokanağında çok sayıda doğal kaynak ve pınar mevcuttur.

Türkiye'deki en uzun akarsularından birini oluşturan Fırat Nehri, Doğu Anadolu Bölgesi'nden kaynağını almakta ve araştırma sahasından geçerek Türkiye sınırları dışında Basra Körfezine dökülmektedir (Bakırcı, 2017). Fırat Nehri araştırma sanasının sınırları içerisine kuzeydoğudan girip, güneybatı yönünde 16,7 km'lik mesafe kat edip, Yağmurlu Köyü'nün güneyinde araştırma sahasının sınırları dışına çıkmaktadır. Atatürk barajının inşa edilip, su tutulmaya başlanması ile Fırat vadisi Atatürk baraj gölü tarafından işgal edilmiştir (Harita 12).

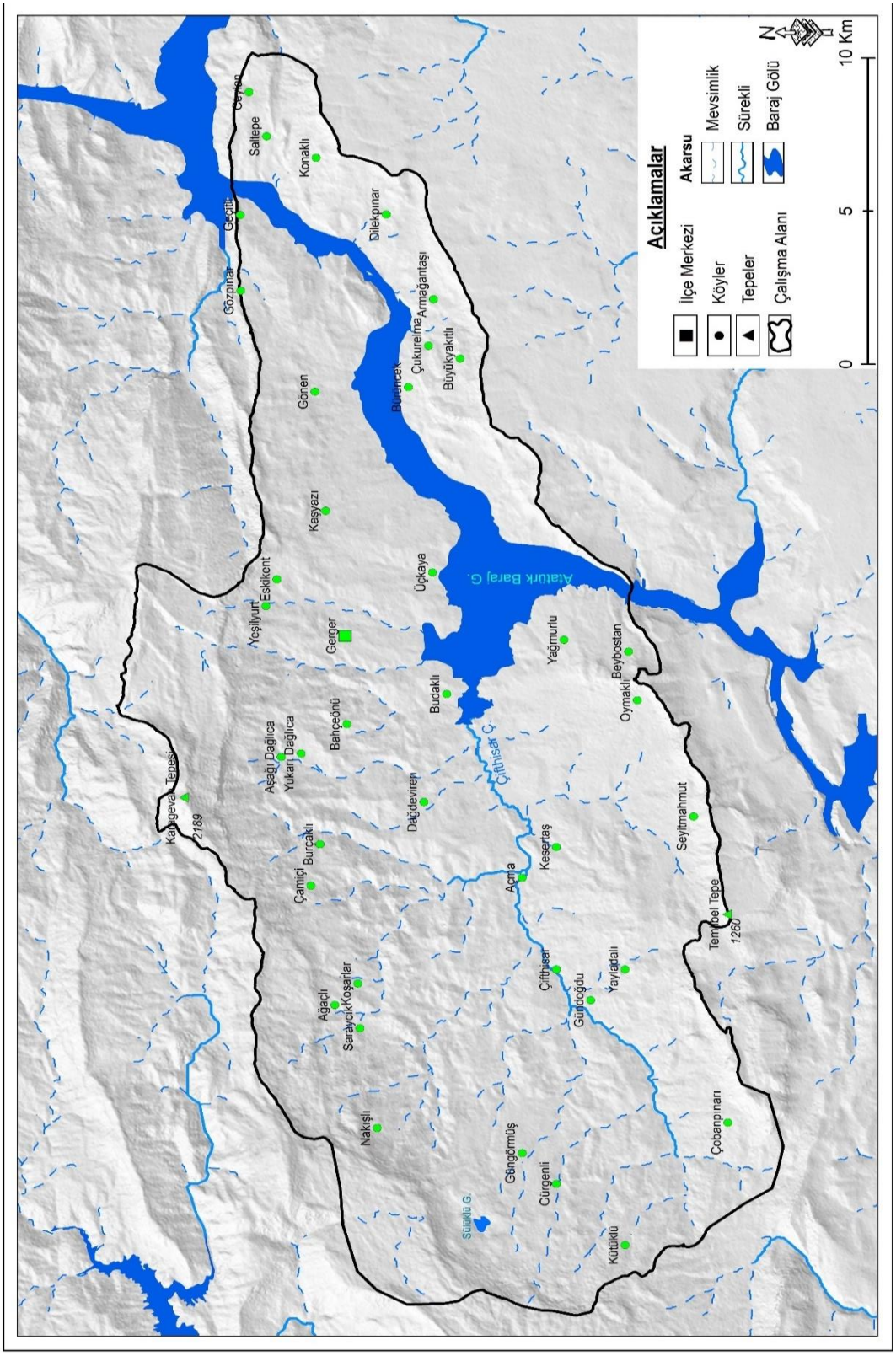
Çifthisar Çayı; kaynağını kuzeydeki dağlık sahadan alan Çifthisar Çayı araştırma alanı sınırları kapsamında yer alan çok sayıda derenin sularını toplayıp Atatürk baraj gölüne dökülmektedir (Harita 12). Yaz mevsiminde oldukça düşük debilerde akmakta ve hatta yukarı çığırında tamamen kuruyabilmektedir (Bakırcı, 2017). Kış mevsimde de debisi nispeten düşük, İlkbahar mevsiminde özellik mart ayının ortalarında hava sıcaklığının artmasına bağlı kar erimesinin artması ve bahar yağmurlarıyla ile debisi yükselmektedir. Sonbahar mevsiminde ise yağmurlara bağlı olarak Çifthisar Çayı'nın debisi nispeten yükselmektedir. Çifthisar Çayı'nın debisindeki bu değişmeler yağmurlu-karlı dağ rejiminin etkin olduğunun göstergesidir. Alt çığırları Atatürk Baraj gölü ile kaplanmıştır.

Atatürk Barajı, Adıyaman ve Şanlıurfa illeri arasında, Fırat nehri üzerinde inşa edilmiş olup, enerji ve sulama amaçlıdır (Bakırcı, 2017). Atatürk Barajı'nın 4 Kasım 1983 yılında inşaatına başlanmış, 12 Ocak 1990 tarihinde de su tutmaya başlamış, 1992 yılında ise işletmeye açılmıştır. Araştırma sahasında Atatürk Baraj Gölü Fırat Nehri'nin vadisini ve kısmen de Çifthisar Çayı'nın vadisini işgal etmekte olup; 21,6 km²'lik alanı kaplamaktadır (Harita 12).

Karagöl (Sülüklü göl) konum olarak Güngörmüş ve Gürgenli köylerinin kuzeybatısında, Kâhta – Gerger Karayoluna 11 km uzaklıkta yer alır. Gerger ilçesine ise 20 km mesafededir (Harita 12). Kabaca KD- GB doğrultusunda uzanan bir faya paralel yönde Midyat Formasyonu üzerinde gelişmiş bir çözülme dolinidir (Aytaç ve

Bozdağ 2017). Dolinin üzerinde geliştiği Midyat Formasyonunun (kireçtaşı) hemen altında yer alan ofiyolitler, göl tabanında geçirimsiz bir zon oluşturmaktadır (Aytaç ve Bozdağ 2017). Araştırma sahasının sınırları içerisinde yer alan tek doğal göldür. Gölün alanı yaklaşık 1 km² dir. Göl yazın kurumakta veya seviye düşmeleri görülmekte, baharda ise karların erimesiyle tekrar dolmakta veya seviye yükselmeleri görülmektedir.

Harita 12: Araştırma Sahasının Hidrografya Haritası



2.6. VEJETASYON ÖZELİKLERİ

Araştırma sahası İran Turan Fitocografya bölgesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Sahanın vejetasyon örtüsünü orman, çalı, ot formasyonu oluşturur. Orman formasyonunu; bazı meşe türleri, ardıçlar, dere içlerinde ve nemli vadi tabanlarında ise kavak ve meşe gibi türler görülür. Araştırma sahasında orman vejetasyonu içeresinde meşe toplulukları daha geniş alanlara yayılmışlardır (Foto 10). Sahada 600 – 1800/2000 m arasında genelde meşe türlerinden oluşan topluluklar görülmektedir. Bu meşe türleri; *Quercus brandii* (Doğu Anadolu Meşesi), *Quercus cerris* (Saçlı Meşe), *Quercus infectoria* (Mazı Meşesi), *Quercus libani* (Lübnan Meşesi) dir. Orman içerisine yer yer ardıç *(Juniperus sp.)* ve erik, armut gibi yabani meyve ağaçlarının girdiği görülür (Aytaç ve Bozdağ 2017). Sahadaki meşe toplulukları araştırma sahasında düzenli bir dağılım göstermeyip öbekler halinde ve şerit şeklinde yayılış gösterirler (Foto 11). Ülkemizde de yaygın olarak görülen meşe ağaçları, sahada geniş yer tutar. Bu meşe topluluklarında ciddi bir tahribat söz konusudur. Meşe topluluklarının budanıp hayvan yemi olarak kullanılması, yakacak odun olarak ağacın bütünüyle kesilmesi, tarım alanları açma, hayvan otlatma gibi etmenler bu tahribata sebebiyet vermektedir.

Foto 10: Araştırma Sahasında Geniş Bir Yayılım Gösteren Meşe Topluluklarından Bir Görünüm.



Foto 11*:* Öbekler Halinde Ve Şerit Şeklinde Yayılış Gösteren Meşe Toplulukları.



Sahada çalı formasyonu oldukça geniş yer kaplar. Çalı formasyonu içerisinde en yaygın türü mazı meşesi (*Quercus infectoria)* oluşturur. Sahada görülen diğer önemli çalı türleri melengiç *(Pistacia terebhintus),* sakız *(Pictacia lentiscus*) Sumak *(Rhus coriaria),* karaçalı *(Palirus spina christi),* Güvem çalısı *(Palirus aceulatus),* Ilgın *(Tamrix)*, katırtırnağı *(Sparteun junseum)* vadi tabanlarında yer yer Zakkum *(Neriun oleander),* görülür.

Sahada step vejetasyonunu ilk baharda havaların ısınmasına bağlı olarak yeşeren sıcaklık ve kuraklığın artması ile de haziran sonunda kuruyan otsu türler ve çok kısa boylu çalılar oluşturur. Özellikle sahada doğal vejetasyonun tahribine bağlı olarak oluşmuş step vejetasyonu içerisinde geven (Astragalus sp) baklagiller familyasına ait bazı çalış türleri (Gensita sp) gülgiller familyasına ait bazı türler *(Rosasea)* ait çalılar sütleğen *(Euphorbia)* sığırkuyruğu *(Verbascum),* kekik *(Tyhmus)* gibi türler yaygın görülür.

2.7. TOPRAK ÖZELLİKLERİ

Araştırma sahasında toprak oluşumu iklim, anakaya ve topografik faktörlere bağlı olarak meydana gelmektedir. Araştırma sahasında yaygın görülen toprak grupları kahverengi topraklar ve kahverengi orman topraklarıdır. Zonal topraklar gurubunda yer alan kahverengi topraklar yaygın olarak kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde görülürler. Bol miktarda kalsiyum ihtiva eden bu topraklar besin maddesi açısından zenginlerdir. Araştırma sahasında bu toprak grubunun yayılış gösterdiği alanlarda bitki örtüsü genelde çalılıklardan ve kısa boylu otlardan meydana gelir. Bu topraklar araştırma sahasındaki toplam toprak varlığının 64,02%'ünü oluşturmaktadır (Bakırcı, 2017).

İntrazonal topraklar grubuna giren kahverengi orman toprakları bünyelerinde yüksek miktarda kireç ihtiva ederler. Bu topraklar araştırma sahasındaki toplam toprak varlığının 30,98%'ünü oluşturmaktadır.

İncaleme alanı içerisinde bir diğer toprak grubunu Güngörmüş ve Budaklı köylerinin yakın çevresinde dağılış gösteren kireçsiz kahve renkli orman toprakları oluşturur. Üst kısımları yumuşak alt kısımları ise daha sert olan kireçsiz kahve renkli orman toprakları genellikle kireçsiz anakaya üzerinde gelişmiştir.

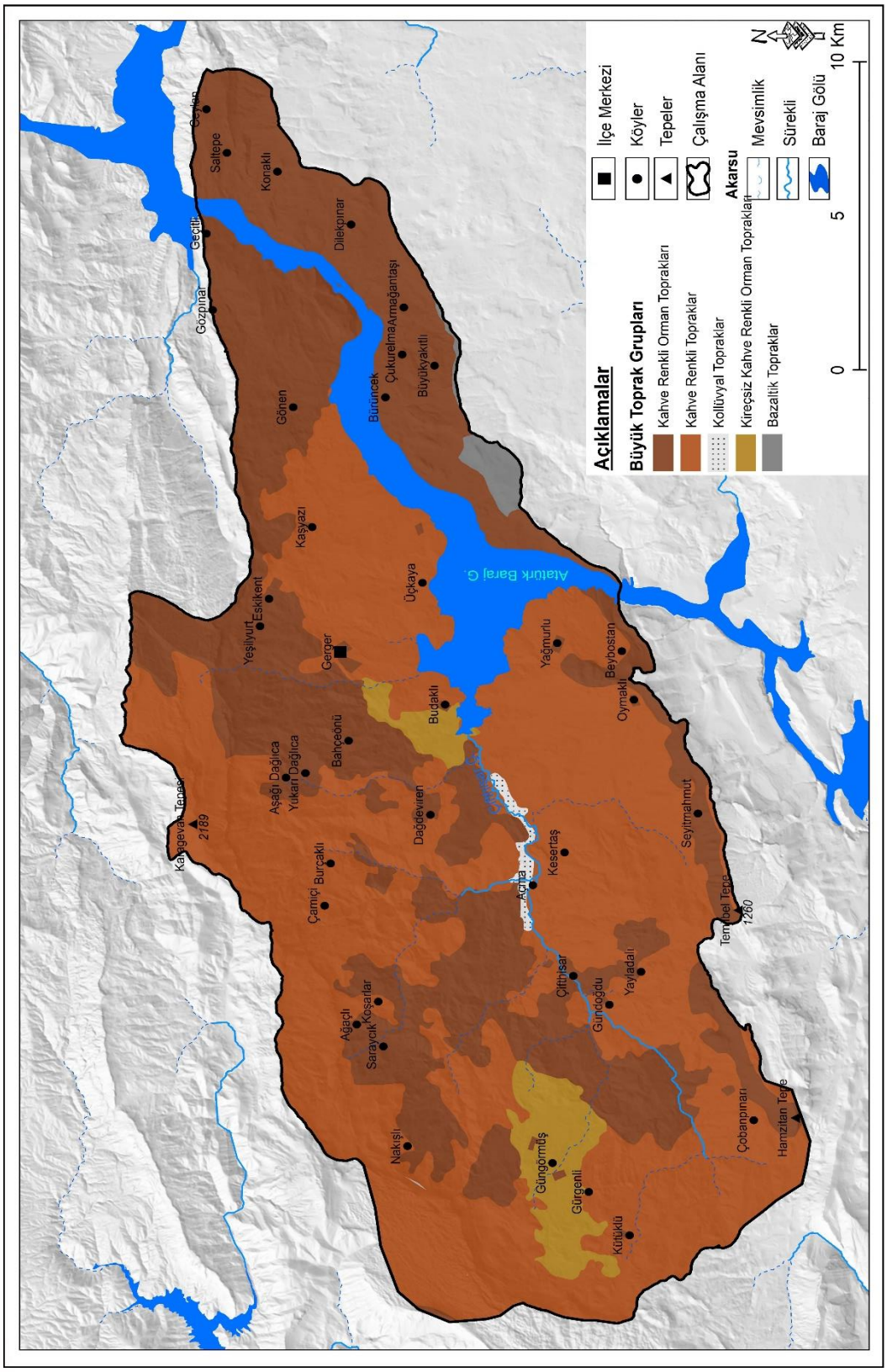
Çifthisar vadisinin aşağı çığırında yer alan kollüvyal topraklar, bazalt akıntılarının olduğu alanda bazaltik topraklar görülür (Harita 13 ve Tablo 5).

Tablo 5: Araştırma Sahasındaki Büyük Toprak Gruplarının Alansal Dağılımı

Büyük Toprak Grupları	**Alan Km**	**Yüzde**
Kahve Renkli Topraklar	272,9	64,02%
Kollüvyal Topraklar	1,5	0,36%
Kahve Renkli Orman Toprakları	131,8	30,98%
Kireçsiz Kahve Renkli Orman Toprakları	16,0	3,77%
Bazaltik Topraklar	3,1	0,73%
Toplam	425,4	100,00%

Kaynak: (OGM)

Harita 13: Araştırma Sahasının Toprak Haritası



Kaynak: (OGM)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA SAHASININ KÜTLE HAREKETLERİ ENVANTERİ VE ARAŞTIRMA SAHASINDA KÜTLE HAREKETLERİ ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

3.1. ARAŞTIRMA SAHASININ KÜTLE HAREKETLERİ ENVANTERİ

Araştırma alanı içerisindeki kütle hareketleri envanterinin oluşturulmasında;

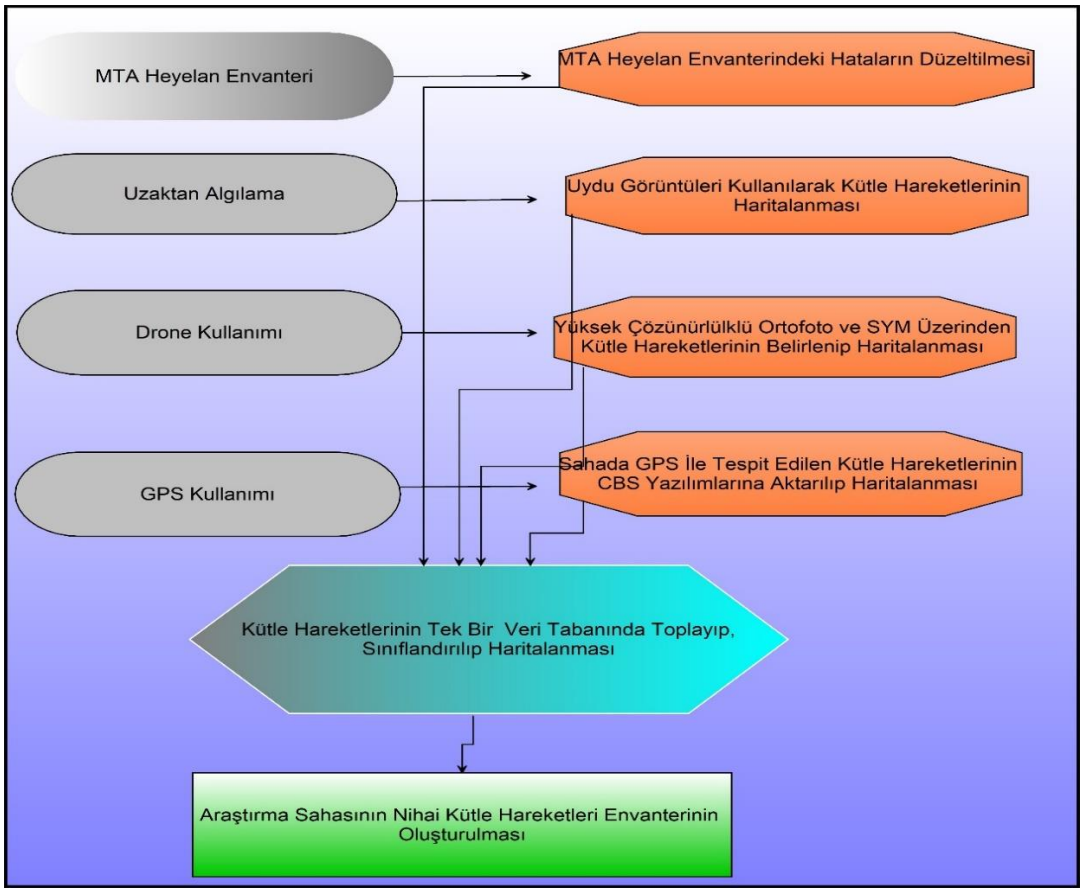
MTA heyelan envanterinden, arazi gözlemlerinden ve uzaktan algılama yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Sahanın kütle hareketleri envanteri oluşturulurken öncelikle, MTA heyelan envanterinde yer alan kütle hareketleri ve sayısal yükselti modeli üzerinden belirlenen kütle hareketleri haritalanmış, araştırma sahasına ait temel kütle hareketleri envanteri oluşturulmuştur. Akabinde söz konusu envantere arazi gözlemleri neticesinde yeni kütle hareketleri eklenmiştir.

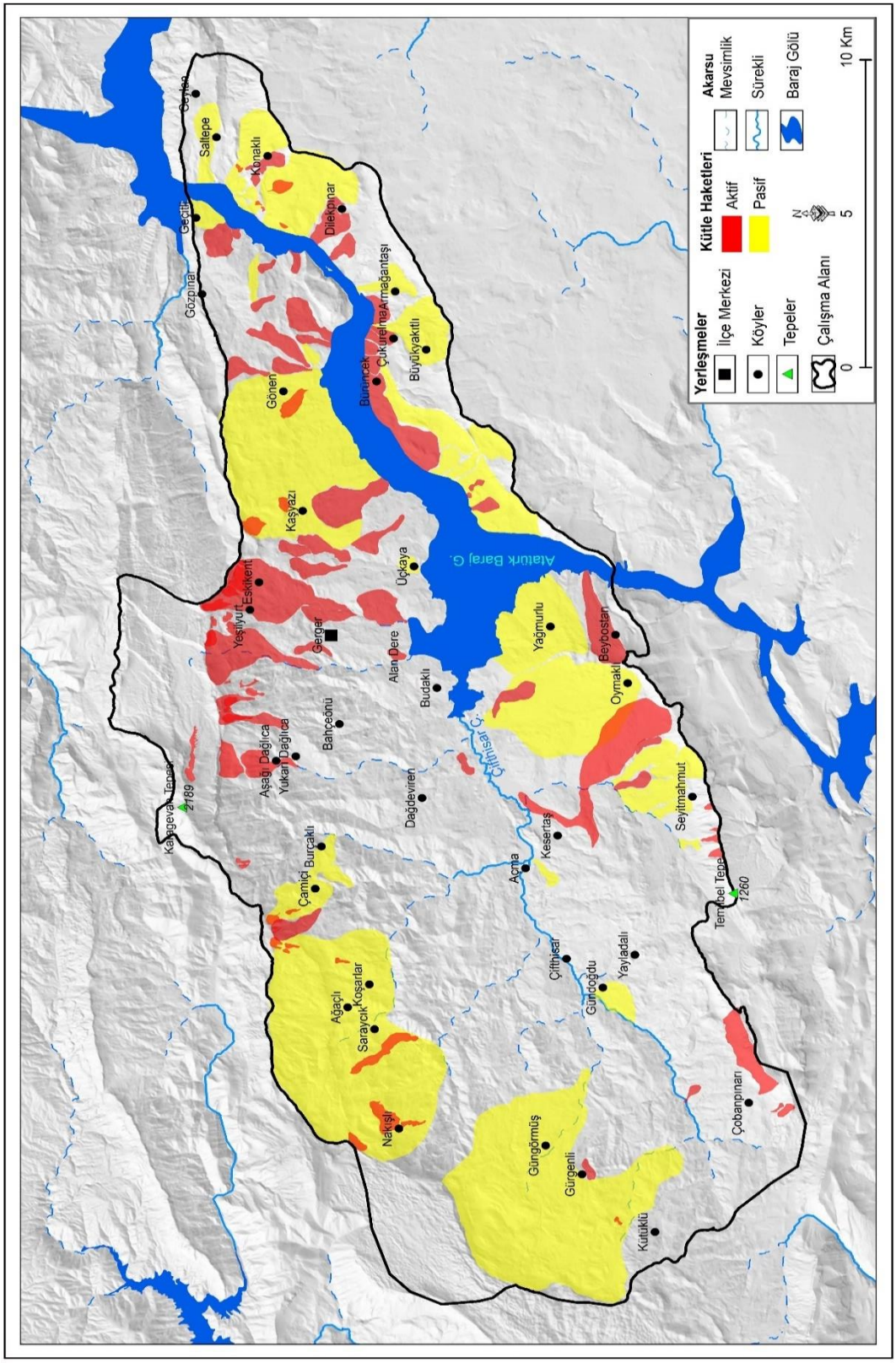
MTA envanterinden elde edilen kütle hareketlerinin konumları, arazi gözlemleri, Google Earth ve Landsat uydu görüntüleri vasıtası ile doğrulanmıştır. Saha bütününde tespit edilen kütle hareketlerinin bazıları insansız hava araçları ile fotoğraflanıp, yüksek çözünürlüklü ortofotolar üzerinden yeniden değerlendirilerek konumlandırılmıştır. Araştırma alanının kütle hareketleri envanterinin oluşturulmasına yönelik yapılan çalışma şekil 22'te özetlemektedir.

Araştırma sahasında toplam 139 kütle hareketi belirlenmiştir. Söz konusu hareketlerinin 105'i aktif 34'ü pasif kütle hareketidir. Aktif kütle hareketlerinin 59'u MTA heyelan envanterinden, 48'i uzaktan algılama yöntemleri ve arazi gözlemleri vasıtasıyla belirlenmiş ve haritalandırılmıştır. Sahada mevcut bulunan 35 pasif kütle hareketi ise yine MTA envanterinden elde edilmiştir (Harita 14).

Şekil 22: Araştırma Sahasındaki Kütle Hareketleri Envanterinin Oluşturulmasının Akış Şeması



Harita 14: Araştırma Sahasının Aktiflik ve Pasiflik Durumuna Göre Gerçekleşmiş Olan Kütle Hareketleri Haritası



Kaynak: (MTA) Değiştirilerek

3.2. ARAŞTIRMA SAHASINDA KÜTLE HAREKETLERİNİN MEYDANA GELMESİNDE ETKİLİ OLAN HAZIRLAYICI FAKTÖRLER

Araştırma sahasında kütle hareketlerinin meydana gelmesinde etkili olan hazırlayıcı faktörler; (litoloji, eğim, paleo kütle hareketleri, baraj gölüne yakınlık, bitki örtüsü, bakı, yükselti) ve tetikleyici faktörler (fay hatlarına yakınlık ve yağış) olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir. Her bir faktör kendi içerisinde alt kategorilere bu kategorilerde sınıflara ayrılmış ve bunlar kütle hareketlerinin gerçekleşmesinde etkili olan birer parametre olarak değerlendirilmiştir. Her bir parametrenin alt sınıfları km² cinsinden ve yüzdelik (%) olarak hesaplanmıştır. Araştırma sahasında her bir parametrenin alt sınıflarında gerçeklemiş olan kütle hareketleri sayısı tespit edilmiştir. Bu hesaplamalar ve tespitler ışığında her bir parametrenin alt sınıfları kütle hareketleri duyarlılığı açısından detaylıca değerlendirildi.

3.2.1. Litoloji

Herhangi bir alanda farklı litolojik özelliklere sahip formasyonlar, gerek kimyasal özellikler açısından (minerolojik yapı) gerekse fiziksel özellikler açısından (gözeneklilik, geçirgenlik, unsurlarının boyutu, ayrışma olaylarına karşı gösterdikleri tepki, mukavemet, çatlaklılık gibi,) farklı özellikler göstermekte ve bu özellikleri ile bazı formasyonlar kütle hareketlerine zemin hazırlarken bazı formasyonlar üzerinde kütle hareketleri neredeyse hiç görülmemektedir. Buna ek olarak sahada kütle hareketlerinin gerçekleşmesi üzerinde sahanın genel stratigrafik özellikleri ile bir formasyon içerisinde yer alan farklı litolojilerin durumu da, başka bir ifade ile formasyonun kendi içerisindeki litostratigrafik özellikleri de belirleyici olmaktadır.

Araştırma sahasında; Karadut Karmaşığı, Koçali Karmaşığı, Kastel Formasyonu, Terbüzek Formasyonu, Metagabro- Diyorit, Besni Formasyonu, Germav Formasyon, Hoca Formasyonu, Gaziantep Formasyonu, Midyat Grubu, Fırat Formasyonu, Lice Formasyonu, Şelmo Formasyonu, Kördis Bazaltı gibi formasyonlar yer almaktadır. Aşağıda bu formasyonların sahada kapladıkları alan ve bunların oranları verilmiştir. Formasyonların kapladıkları alanın miktarı duyarlılık hesaplanmasında doğrudan bir parametre olmasa da hiç şüphesiz kütle hareketlerinin gerçekleşmesine yatkın litolojik birimlerin yaygın görüldüğü alanlar, kütle

hareketlerinin sıklıkla görüldüğü alanlar olduğundan, formasyonların alanı kütle hareketlerinin dağılımı ve miktarı üzerinde dolaylı etkiye sahiptir (Tablo 6).

Bu formasyonlar içerisindeki litoloji genel olarak; kireçtaşı ve türevleri, dolamit, jips, kırıntılar, bazalt, marn, şely, silttaşı, ofiyolitli melanj, radyolit, çört, serpantin, metagabro, diyoritten oluşmaktadır. Bu litolojilerin bir kısmı geçirimli, diğer bir kısmı ise geçirimsiz özelliktedir.

Litolojilerin geçirimlilik ve geçirimsizlik durumu kütle hareketleri açısından duyarlı ve duyarsız alanların dağılımı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Neuhause ve Terhorst, 2006). Stratigrafik olarak üst geçirimli alt kısım ise geçirimsiz veya çok az geçirimli olan karmaşık ve formasyonlarda kütle hareketleri daha çok meydana gelir. Bu duruma Karadut Karmaşığında, Gaziantep Formasyonunda, yer yer Koçali Karmaşığında rastlanılır. Litolojik özelikleri nedeniyle geçirimliliği düşük olan formasyon bu özelliği ile stratigrafik olarak üzerlerine gelen formasyonlarda kütle hareketlerinin gelişimde etkilidir. Geçirimliliği düşük Germav Formasyonu üzerine gelen Hoca Formasyonunda kütle hareketlerinin gelişiminde etkili olur. Geçirimliliği düşük Kastel Formasyonu zerine gelen Terbüzek Formasyonunda kütle hareketlerinin gelişiminde etkili olur. Kastel Formasyonu yer yer üzerinde yer alan Terbüzek ve Hoya Formasyonlarında kütle hareketlerinin gelişiminde etkili olur. Geçirimliliği düşük Koçali Karmaşığı üzerine gelen Midyat Grubunda kütle hareketlerinin gelişiminde etkili olur. Az pekişmiş, çimentosu zayıf kayaçlar topluluklarından oluşan Formasyonlarda kütle hareketleri meydana gelir. Şelmo Formasyonunda bu durum görülür.

Kastel Formasyonu, Metagabro-diyorit birimi, Besni Formasyonu, kuvaterner yaşlı alüvyon gibi litolojik birimlerde kütle hareketleri sınırlı sayıda gerçekleşmiş veya hiç gerçekleşmemişlerdir. Bahsi geçen bu birimlerde kütle hareketlerinin gerçekleşmemesi çok dar alanda mostra vermeleri, kütle hareketlerini hazırlayacak litolojik yapının mevcut olmaması veya üzerindeki formasyonda kütle hareketlerinin gelişimine sebebiyet verdiğidir.

Çalışma alanı içerisinde kütle hareketlerinin Formasyonlara göre dağılışına bakıldığında Karadut Karmaşığında 40 tane kütle hareketinin gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 6). Araştırma alanı içerisinde gerçekleşmiş olan kütle

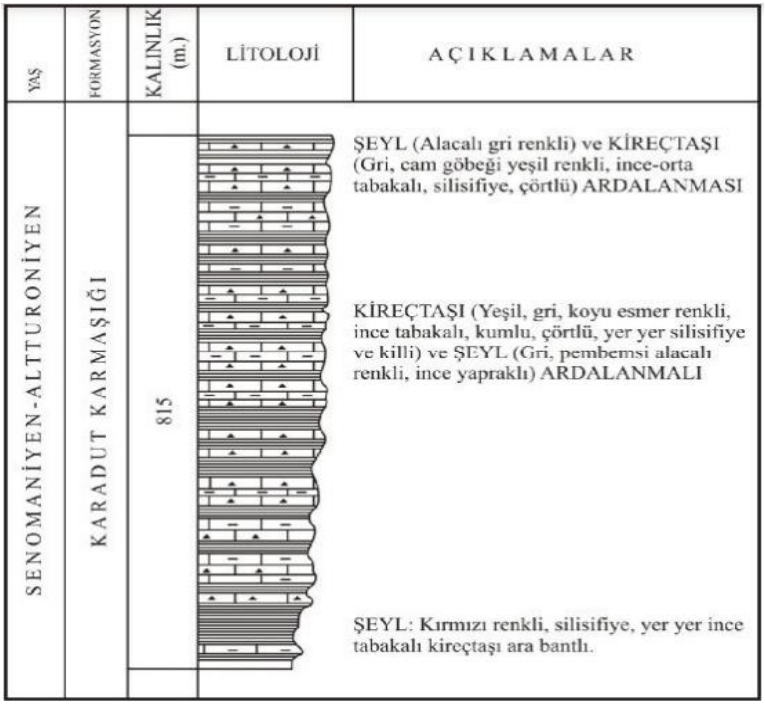
hareketlerinin diğer Formasyonlara göre oranı kıyaslandığında bu birim içerisinde gerçekleşmiş kütle hareketlerinin dağılım oranı %28,78'dir (Tablo 6). Sahada kütle hareketleri, en fazla bu birim içerisinde gerçekleşmiştir. Araştırma sahasında gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin bu birim içerisinde daha fazla gerçekleşmiş olması üzerinde birçok faktör birlikte etkili olmuştur. Araştırma sahasında karmaşığın geniş alanda mostra vermesi, kütle hareketleri oluşumu aşısında uygun litoloji arz etmesi, karmaşığın kendi içerisindeki stratigrafik yapısı, yer yer yüksek eğimli alanlara tekabül etmesi akarsular tarafından parçalanması etkili olmuştur. Karmaşığın içerisinde; killi kireçtaşı, şely gibi litolojilerinin varlığı karmaşığı kütle hareketleri açısından duyarlı hale getirmiştir.

Bu karmaşık bütün olarak kütle hareketleri duyarlığı açısından homojenlik arz etmez. Birimin stratigrafik yapısının bölgesel bazda değişimi bu durumunun temel sebebidir. Birimin stratigrafik yapısı incelendiğinde üst kısımda şely ve kireç taşı ardalanması yer alır. (Şekil 23). Araştırma sahasında üst kısımda kireç taşının, alt kısımda ise şely yer aldığı alanlar kütle hareketleri açısından daha duyarlı alanlardır. Bu durum üst kısımda geçirimli alt kısımda ise geçirimsiz litolojin varlığına (şely) bağlıdır. Kütle hareketleri litolojik olarak daha çok killi-marnlı-şely-karkerli kompleks içinde kesilen yamaçlarda meydana gelirler (Magliulo, Lisio ve diğerleri, 2008). Birçok araştırmacı tarafından killi birimlerin suyu sızdırması için uzun bir süre gerekli olduğu görüşüne belirtmektedir. Bu sürenin uzaması makaslama gerilimin azalması ve yüksek boşluk basıncına sebebiyet vererek kütle hareketlerini tetiklemektedir (Magliulo, Lisio ve diğerleri, 2008). Araştırma sahasında Karadut Karmaşığında stratigrafik yapının üst kısımlarında şelyden ziyade kireçtaşı ön plana çıkmaktadır. Kireç taşı geçirimli olup suları sızdırır, alt kısımda yer alan killi kireçtaşı ve şely yer alır suyu emer şişer geçirimsizleşip aynı zamanda kayganlaşır. (Şekil 24). Birimin stratigrafik yapısının bu şekilde olduğu alanlar kütle hareketleri açısından daha duyarlıdır. Bu durum Gönen, Kaşyazı, Üçkaya, yağmurlu köyleri civarlarında rastlanılır. Karadut Karmaşığı, faylanmaya bağlı olarak deforme olduğu ve akarsular tarafından parçalandığı, Atatürk baraj gölünün yamaç nemliliğini artırdığı, eğim derecesinin yüksek olduğu alanlar da nispeten daha duyarlıdır. Bu Karmaşık içerisinde şely yüzeylendiği alanlar kütle hareketleri açısından daha duyarsızdır. Duyarsızlık; şely geçirimsiz olması buna bağlı olarak suların alt kısımlara doğru

sızmaması, malzemenin iyi derecede konsolide olması, üst kısmında geçirimli ve harekete geçebilecek malzemenin olmaması gibi nedenlere bağlanılır. Sonuç itibariyle birim kendi içerisinde kütle hareketleri duyarlılığı açısından farlılık arz etmektedir. Yapılan duyarlılık analizinde, birimin kütle hareketleri açısından duyarlı olduğu alanlarına (kireçtaşının yüzeylendiği alanlar) yüksek ağırlık derecesi; duyarsız olan kısımlarına (Şeylin yüzeylendiği alanlar) ise düşük duyarlılık derecesi verilerek analize tabi tutulmuştur.

Karadut Formasyonu içerisinde genellikle sığ kütle hareketleri gerçekleşmektedir. Sığ kütle hareketlerinin gerçekleşmesinin sebeplerinin anlaşılması açısından karmaşıkla ilgili daha önce yapılan jeolojik çalışmalar incelenmiş ve bir takım saha gözlemleri yapılmıştır. Birimin stratigrafik yapısı incelendiğince litolojik olarak birbirinden farklı ince tabakalı katmalar yer almaktadır (Şekil 23). Üste kesimde yer alan ince tabakalı geçirimli katman bir alt kısmında yer alan geçirimsiz katman üzerinde kaymaktadır. Katmanın tabaka kalınlığı ince olduğundan bu karmaşık içerisinde kayma tipinde sığ kütle hareketleri gerçekleşmektedir (Foto 12).

Şekil 23: Karadut Karmaşığının Stratigrafik Kesiti



Kaynak: (Bolat ve Gürbüz, 2012)

Foto 12: Karadut Karmaşığında Gerçekleşmiş Karmaşık Tipteki Sığ Kütle Hareketi



Çalışma alanı içerisinde kütle hareketlerinin Formasyonlara göre dağılışına bakıldığında Koçali Karmaşığında 17 tane kütle hareketinin gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 6). Araştırma alanı içerisinde gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin diğer Formasyonlara göre oranı kıyaslandığında bu birim içerisinde gerçekleşmiş kütle hareketlerinin dağılımı %12,23'tür (Tablo 6). Bu birimi oluşturan litoloji denizaltı volkanitler ve sedimenter kaya topluluklarıdır. Volkanitler ve sedimenter kayalar birimin kütle hareketleri açısından yüksek derece duyarlı alanlarını oluşturur. MTA tarafından oluşturulan heyelan envanteri ve yine MTA tarafından oluşturulan 1/500000'lik jeoloji haritasında yer alan litolojik birimlerle heyelan envanteri ilişkilendirildiğinde volkanitler ve sedimenter kayalar içerisinde kütle hareketlerinin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Birim içerisinde üst kısımlarda serpantin yer almaktadır. Serpantin ayrıştığında kil açığa çıkmakta, bu durum Koçali Karmaşığının yüzey kesimlerinde geçirimsiz ve kaygan bir yüzeyin oluşmasına neden olmaktadır. Serpantinin altında bazalt, spilit, aglomera, tüf, şely, radyololit, kireçtaşı, çört, dolomit ardalanması, istifin tabanında ise yeniden serpantin bulunmaktadır (Polat ve Gürbüz, 2012). Bu karmaşık içerisindeki kütle hareketleri stratigrafik olarak daha çok Koçali Karmaşığının (serpantinin) üzerinde yer alan karbonatlı litolojilerde

gerçekleşmektedir. Araştırma sahasında bu karmaşığın üzerinde Midyat Grubu yer almaktadır (Foto 13). Midyat Grubunun litolojisi kireçtaşı, dolomit, yer yer kırıntılardan oluşmaktadır. Yapılan saha çalışmalarında bu karbonatlı litolojilerin havzanın kuzeyinde D-B yönünde Koçali Karmaşığının Midyat Grubuyla olan sınırında yer aldığı ve serpantin serisi üzerinde kayarak kütle hareketlerinin gerçekleşmesine sebebiyet verdiği gözlemlenmiştir (Foto14). Koçali Karmaşığında genel itibariyle kayma tipinde kütle hareketleri gerçekleşmiştir. Sınırlı sayıda kaya düşmeleri de gerçekleşmiştir. Havzanın kuzeyinde yüksek kodlarda yer alan Midyat Grubu ait olan karbonatlı birimlerin kütle hareketleri sonucunda daha düşük kodlarda yer alan Koçali Karmaşığı üzerine geldiği gözlemlenmiştir (Foto 14). Jeomorfolojik evrime bağlı yatağını derine yaran ve havzayı boşaltan Çifthisar Çayının havza içerisinde aşınım faaliyetleri sonucunda karbonatlı litolojilerin sıyrıldığı geniş alanlarda serpantin ve deniz altı volkanitleri yüzeylenmektedir. Serpantinin yüzeylendiği bu alanlarda kütle hareketleri gerçekleşmemektedir.

Koçali Karmaşığı da kütle hareketleri duyarlılık açısından homojenlik arz etmez. Üst kesimde karbonatlı birimlerin yer aldığı, alt kesimde ise serpantin serisinin yer aldığı alanlar duyarlıdır. Buna karşılık serpantinin yüzeylendiği alanlar ise duyarsızdır. Karmaşık içerisinde bu tür bir duyarlılık farkının oluşması karmaşığın duyarlılık analizinde iki farklı şekilde değerlendirmesine sebebiyet vermiştir. Duyarlılık analizinde karmaşık ikiye bölünecektir. Formasyonun Duyarlı olan kısmına kısmı; ağırlık derecesi yüksek, duyarsız kısmınaysa kısmı ise ağırlık derecesi düşük olacak şekilde değerlendirilmiştir.

Foto 13: Koçali Karmaşığı ve Onun Üzerinde Yer Alan Midyat Grubundan Bir Görünüm



Foto 14: Midyat Grubu ve Koçali Karmaşığının Sınırında Gerçekleşmiş Olan Karmaşık Tipteki Bir Kütle Hareketi



Terbüzek Formasyonunda 6 tane kütle hareketinin gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 6). Araştırma alanı içerisinde gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin diğer formasyonlara göre oranı kıyaslandığında bu formasyon içerisinde gerçekleşmiş kütle hareketlerinin dağılımı %4,32'dir (Tablo 6). Bu Formasyon araştırma sahasında %0,97

bir oran kaplamasına rağmen gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin oranı %4,32'dir. Bu formasyonun litolojisini; konglomera, kumtaşı, silttaşı oluşmaktadır.

Stratigrafik olarak Terbüzek Formasyonun altında Kastel Formasyonu vardır (Şekil 24). Kastel Formasyonu içerisinde şely ve marn gibi kil içeriği yüksek kayaçlar kütle hareketleri açısından uygun ortam şartları sunar. Nitekim Terbüzek Formasyonundan sızan sular alt kısımda Kastel Formasyonun görece geçirimsiz katmanları üzerinde birikmesi ve ilgili yüzeylerin kayganlaşması stratigrafik olarak üstte kesimdeki yer alan Terbüzek Formasyonunda yer alan malzemede kırılmalar ve çatlamalar meydana getirir. Dayanımı düşen Terbüzek Formasyonunu oluşturan kaya birimleri eğim doğrultusunda kayarak kütle hareketlerini meydana getirir (Foto 15)

Litolojik olarak yer yer az pekişmiş veya çimentosu zayıf kırıntılılardan oluşan Terbüzek Formasyonu içerisinde içerisinde meydana gelen su hareketleri yer yer düşük dayanımlı olmasına neden olmakta bu durum Terbüzek formasyonu üzerine gelen birimlerin zayıf bir temel üzerinde oturmasına neden olmaktadır.

Çalışma alanı içerisinde kütle hareketlerinin formasyonlara göre dağılışına bakıldığında Hoya Formasyonunda 18 tane kütle hareketinin gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 6). Araştırma alanı içerisinde gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin diğer formasyonlara göre oranı kıyaslandığında bu formasyon içerisinde gerçekleşmiş kütle hareketlerinin dağılımı %12,95'tir. Bu formasyonun sahada 4,44 km'lik bir alan kaplamasına rağmen gerçeklemiş olan kütle hareketlerinin %12,95 oluşturmaktadır. Bu formasyon içerisinde bu denli yoğun kütle hareketlerinin gerçekleşmesi stratigrafik, yüksek eğim değerleri ve kısmen de faylanmayla ilişkilendirilebilir. Hoya Formasyonunun litolojisi saflık derecesi yüksek kireçtaşı ve dolomitten oluşmaktadır (Harita 15). Birimin altında Terbüzek veya Germav Formasyonları yer almaktadır (Şekil 24). Terbüzek Formasyonun litolojisini konglomera, kumtaşı ve silttaşından oluşmaktadır. Terbüzek Formasyonunu altında ise Kastel Formasyonu yer almaktadır (Şekil 24). Kastel Formasyonunu litolojisi marn, şely, kumtaşından oluşmaktadır. Seyitmahmut, Oymaklı köylerinin güneybatısında yapılan saha çalışmasında Stagrafik yapının üst kesiminde yer alan Hoya Formasyonundaki karbonatların yer yer nispeten geçirimsiz olan Germav Formasyonu üzerinde kayarak kütle hareketlerini meydana getirdiği

gözlemlenmiştir (Foto 15). Seyitmahmut, Oymaklı köylerinin güneyinde yapılan saha çalışmasında ise Hoya Formasyonuna ait olan karbonatlı kayalar ve ile Terbüzek formasyonuna ait olan kırıntılı kayaların geçirimsiz olan Kastel Formasyonu üzerinde kayarak kütle hareketlerini oluşturdukları gözlemlenmiştir. Meydana gelen bu kütle hareketleri genel itibariyle kayma tipindedir (Foto 16).

Foto 15: Üst Kesim Geçirimli Olan Hoya ve Alt Kesim Geçirimsiz Olan Germav Formasyonlarının Kontağında Meydana Gelen Kütle Hareketlerinden Bir Görünüm.

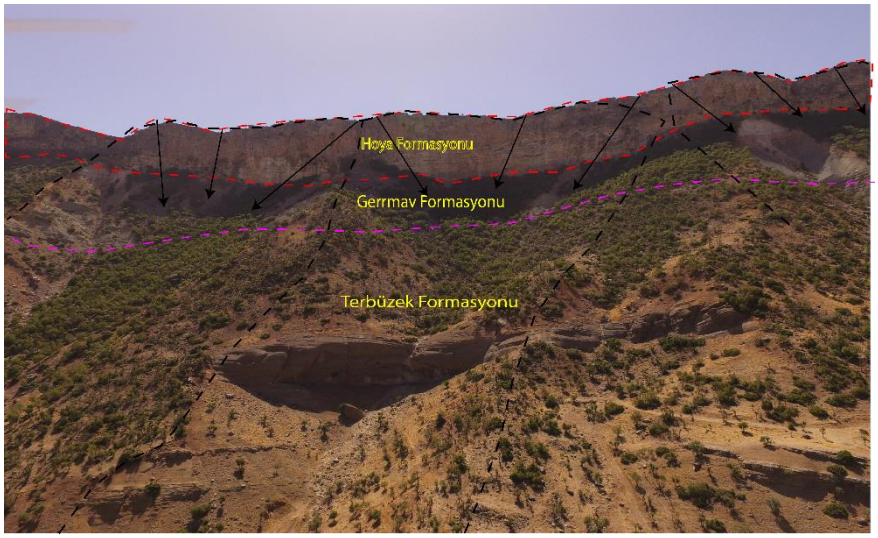
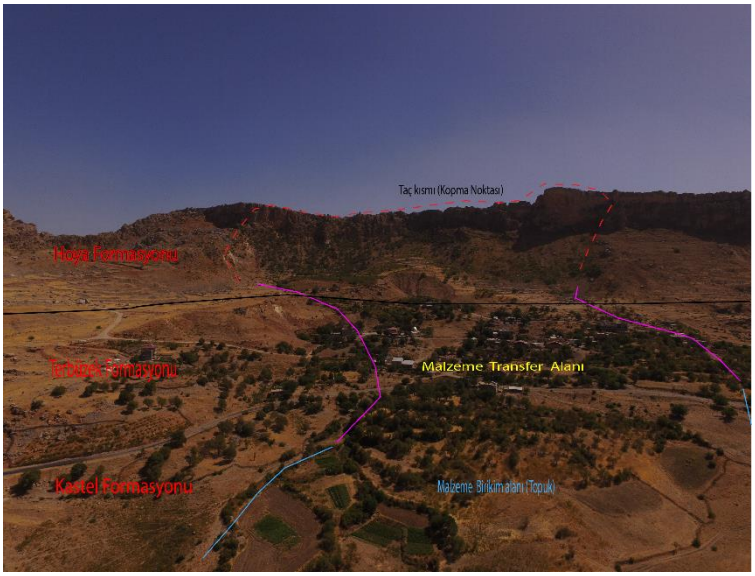


Foto 16: Hoya Formasyonuna Ait Olan Karbonatlı Litolojiler ve Terbüzek Formasyonuna Ait Olan Litolojiler Geçirimsiz Olan Kastel Formasyonu Üzerinde Kayması Sonucunda Meydana Gelen Kütle Hareketinden Bir Görünüm



Çalışma alanı içerisinde kütle hareketlerinin litolojik birimlere göre dağılışına bakıldığında Gaziantep Formasyonunda 11 tane kütle hareketinin gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 6). Araştırma alanı içerisinde gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin formasyonlara göre oranı kıyaslandığında bu formasyon içerisinde gerçekleşmiş kütle hareketlerinin dağılımı %7,91'dir (Tablo 6). Bu formasyon araştırma sahası içerisinde %1,69 alan kaplamasına rağmen gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin oranı 7,91'dir (Tablo 6). Kütle hareketlerinin Gaziantep Formasyonunda bu denli yoğun gerçekleşmesi birimin kendi stratigrafisinde üst kısımlarda geçirimli, alt kısımlarda ise geçirimsiz litolojinin varlığına bağlıdır. Stratigrafik olarak üst kısımda geçirimli kireçtaşı, alt kısımda ise killi kireç taşı ve marn yer almaktadır (Şekil 24). Diğer bir taraftan geçmiş dönemlerde Fırat nehri tarafından yamaçların dip oyulması, günümüzde Atatürk baraj gölünün yamaçlar üzerindeki nemliliği artırması gibi etmenler de kütle hareketlerinin bu formasyon içerisinde yoğunlaşmasında etkili olmuştur.

Çalışma alanı içerisinde kütle hareketlerinin litolojik birimlere göre dağılışına bakıldığında Midyat Grubunda 21 tane kütle hareketinin gerçekleştiği görülmektedir. (Tablo 6). Araştırma alanı içerisinde gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin diğer litolojik birimlere göre oranı kıyaslandığında bu litolojik birim içerisinde gerçekleşmiş kütle hareketlerinin dağılımı %15,19'dir (Tablo 6). Kütle hareketlerinin bu formasyonda bu denli yoğun gerçekleşmeleri birçok formasyonda görüldüğü gibi stratigrafik olarak üst kısımlarda geçirimli, alt kısımlarda ise geçirimsiz litolojinin varlığına bağlıdır. Stratigrafik olarak üst kısımda geçirimli kireçtaşı ve alt kesimde ise Koçali Karmaşığına ait killi serpantinler mevcuttur. Kil minerallerinin suyu emmesi, hidratasyonu ve suya doygun hale gelmesinin sonucunda killi zeminlerin kohezyonu azalmaktadır (Pektezel, 2015). Kütle hareketleri bu birimlerin kesişim alanlarında meydana gelmektedirler. Serpantinin ayrışmasından açığa çıkan kilin su tutma kapasitesi fazla olduğundan yamaçların dayanım direncini azaltarak kütle hareketlerine sebebiyet verir (Wachal ve Hudak, 2000). Kar ve yağmur sularının sızması ile plastik ve likid bir hal alan kil tabakası üzerinde yer alan malzeme yer çekimi etkisiyle toptan yamaç eğimi boyunca kaymaktadır (Erinç, 2015). Bu grup içerisinde eğim değerlerinin yüksek olduğu alanlar, faylanmanın yoğunluk gösterdiği alanlar ile kil minarelinin yoğunlukta olduğu alanların kesişim noktaları kütle

hareketleri açısından yüksek derecede duyarlı alanlara karşılık gelmektedir. Bahsi geçen bu durum araştırma sahasında Çamiçi ve Yeşilyurt köylerinin kuzeyinde gözlemlenmektedir (Harita 15). Midyat Grubuna ait kireçtaşının fiziksel ayrışmaya maruz kalması, yüzeylendiği alandaki yüksek eğim değerleri, faylanmaya bağlı deformasyonlar kaya düşmeleri açısından uygun ortam şartları oluşturur. Bahsi geçen nedenlere bağlı olarak Midyat Grubunda kaya düşmeleri yoğunluktadır (Foto 17)

Foto 17: Midyat Grubu ve Koçali Karmaşığının Sınırında Gerçekleşmiş Olan Kaya Düşmesi Tipindeki Kütle Hareketinden Bir Görünüm



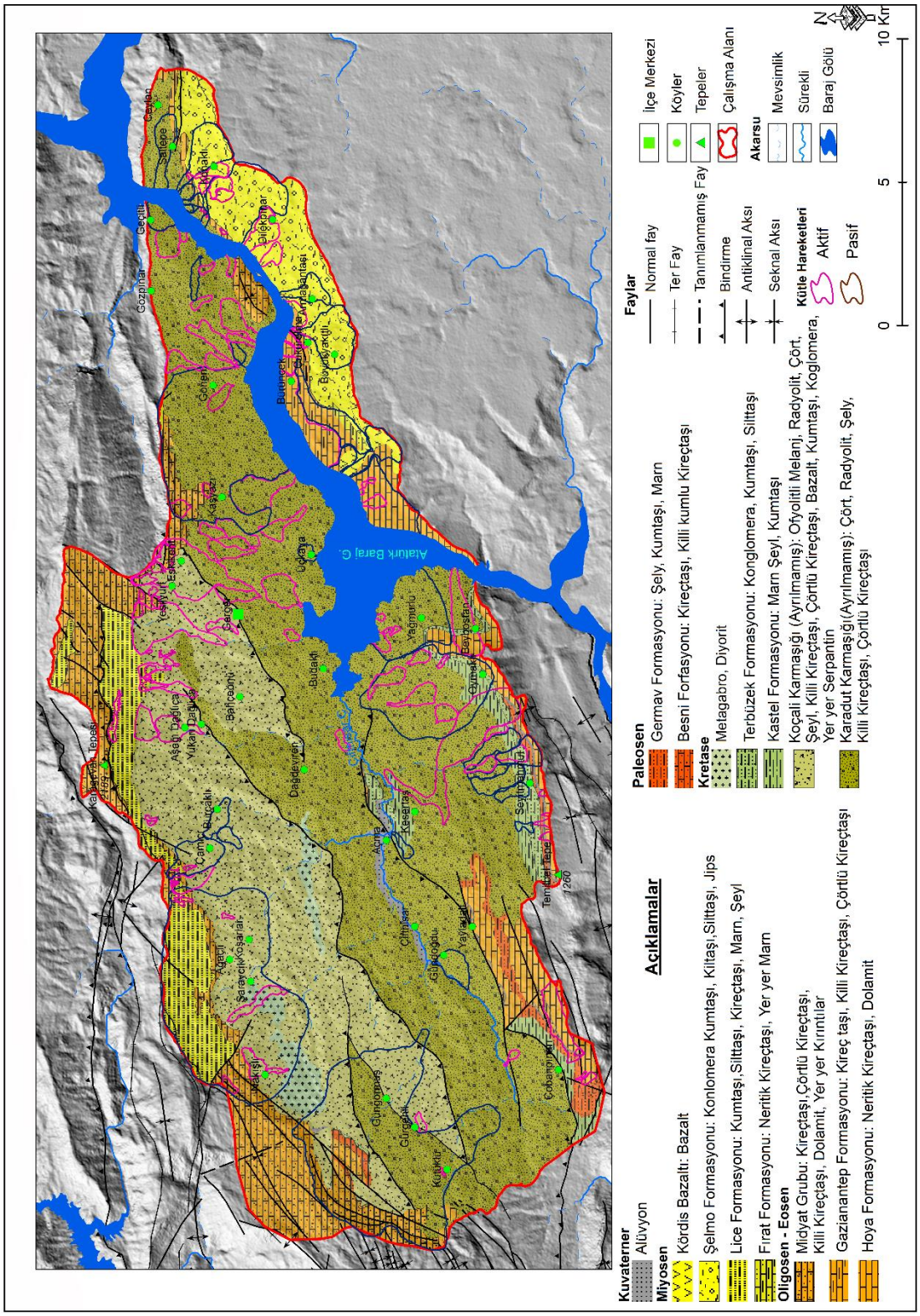
Çalışma alanı içerisinde kütle hareketlerinin litolojik birimlere göre dağılışına bakıldığında Lice Formasyonunda 9 tane kütle hareketinin gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 6). Araştırma alanı içerisinde gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin diğer litolojik birimlere göre oranı kıyaslandığında bu litolojik birim içerisinde gerçekleşmiş kütle hareketlerinin dağılımı %7,19'dur. Eğim derecesi yüksek olan alanlar, volkanik ve sedimenter kayaların yayılış gösterdiği alanlar ve fayların yoğunluk gösterdiği alanların kesişim noktaları kütle hareketleri açısından yüksek derecede duyarlı alanlara tekabül etmektedir (Abella ve Westen, 2007). Araştırma alanında bu litolojik birim içerisinde Çamiçi Köyü'nün kuzeybatısında eğim derecesinin arttığı alanlar ile fayların kesiştiği alanlarda kütle hareketlerinin yoğunlukta olduğu gözlemlenmiştir (Harita 15).

Çalışma alanı içerisinde kütle hareketlerinin litolojik birimlere göre dağılışına bakıldığında Şelmo Formasyonunda 13 tane kütle hareketinin gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 6). Konsolide olmamış ve zayıf konsolide olmuş litolojiler kütle hareketleri açısından yüksek derece duyarlı alanları oluştururlar (Wachal ve Hudak, 2000). Diğer taraftan Şelmo Formasyonu Fırat nehrinin geçmiş dönemlerde yamaçların dipten aşındırmasına, günümüzde ise Atatürk barajı inşa edilip su tutulduktan sonra biriken su kütlesi yamaçların sürekli nemli kalmasına ve nispi dalga aşındırmasına maruz kalmıştır. Şelmo Formasyonunun araştırma alanında sınırlı bir alan kaplamasına rağmen bahsi geçen bu nedenlere bağlı olarak kütle hareketlerinin bu formasyon üzerinde yoğunluk gösterdiği görülmektedir (Harita 15).

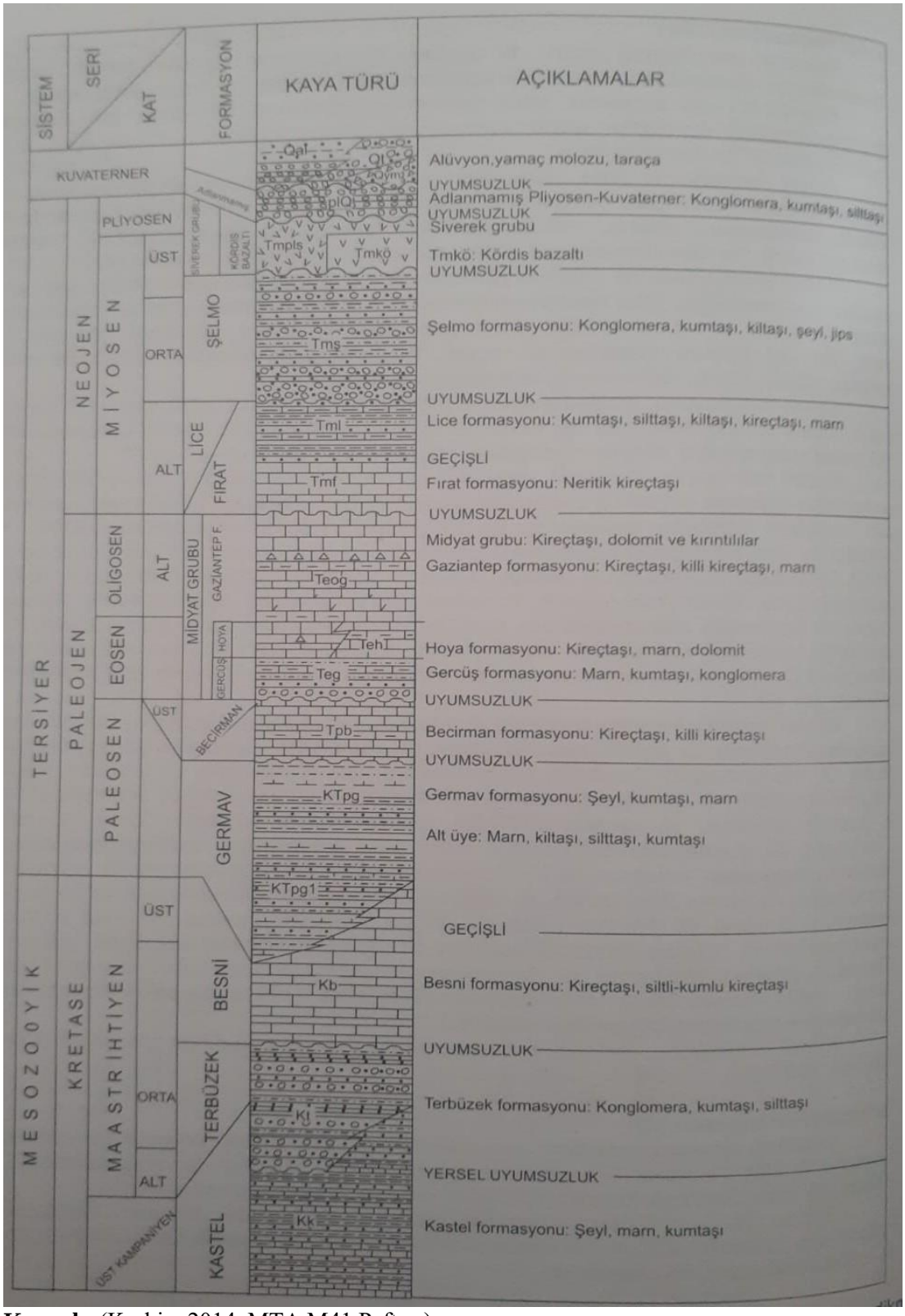
Tablo 6: Jeolojik Birimlerin Kapladıkları Alan (Km², %) Ve Formasyonlara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı

Litoloji	**Alan (Km)**	**Yüzde (%)**	**Kütle Hareketleri**	**Yüzde (%)**
Alüvyon	1,75	0,41%	0	0,00%
Kördis Bazaltı	3,29	0,77%	2	1,44%
Şelmo Formasyonu	23,27	5,46%	13	9,35%
Lice Formasyonu	18,64	4,38%	9	6,47%
Fırat Formasyonu	0,48	0,11%	0	0,00%
Midyat Grubu	39,95	9,38%	21	15,11%
Gaziantep Formasyonu	7,20	1,69%	11	7,91%
Hoya Formasyonu	18,90	4,44%	18	12,95%
Germav Formasyonu	4,36	1,02%	0	0,00%
Besni Formasyonu	1,23	0,29%	1	0,72%
Metagabro, Diyorit	6,06	1,42%	0	0,00%
Terbüzek Formasyonu	4,14	0,97%	6	4,32%
Kastel Formasyonu	7,69	1,80%	1	0,72%
Koçali Karmaşığı	88,33	20,73%	17	12,23%
Karadut Karmaşığı	200,76	47,12%	40	28,78%
Toplam	42605,8	100,00%	139	100,00%

Harita 15: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Jeoloji Haritası



Şekil 24.Güneydoğu Anadolu Otoktonuna Ait Birimlerin Genelleştirilmiş Stratigrafik Dikme Kesiti (Ölçeksiz)



Kaynak: (Keskin, 2014, MTA M41 Paftası).

3.2.2. Eğim

Eğim faktörü birçok araştırmacı tarafından kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarında topoğrafya başlığı altında hazırlayıcı parametre olarak kullanılmıştır. Yamaç eğimi kütle hareketleri duyarlılık analizinde önemli bir parametredir. Yamaç eğimi arttıkça kütle hareketlerinin meydana gelme olasılığı genel olarak artar. Bahsi geçen bu durum yamaç eğiminin artmasına bağlı olarak toprak ve diğer konsolide olmamış malzemenin makaslama direncinin azalmasıyla ilgilidir (He ve Bieghley, 2007). Eğimin artmasına paralel olarak yerçekimi de artar fakat makaslama gerilimi azalıp, kütle hareketi açısından uygun ortam oluşur (Dai ve Lee, 2003).

Bazı araştırmacılar tarafından düşük eğimli yamaçlarda kütle hareketlerinin meydana gelme olasılığının yüksek olduğunu savunulmaktadır. Bu durum düşük eğim derecesine sahip yamaçların kalın bir toprak katmanına sahip olmasına bağlanılmaktadır. Araştırmacılar tarafından eğim derecesi yüksek olan yamaçlar üzerinde toprak oluşumu açısından uygun ortam koşullarının bulunmaması ve dirençli kaya malzemesinin varlığı bu alanları kütle hareketleri açısından duyarsız kıldığı savunulmaktadır.

Bazı çalışmalarda kütle hareketlerinin ortalama bir eğime sahip alanlarda yoğunlukta olduğu ifade edilmektedir. Bu alanlarda kütle hareketlerinin gerçeklemesi için gereken malzemenin varlığı ve bu malzemeyi harekete geçirecek derecede eğimin olması bu alanları duyarlı kılmaktadır.

Yapılan literatür taraması sonucunda eğimin kütle hareketleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Üç farklı görüşün olduğu sonucuna varılmıştır. Eğim arttıkça kütle hareketlerinin meydana gelme olasılığının artar görüşü daha çok tercih edilmiştir.

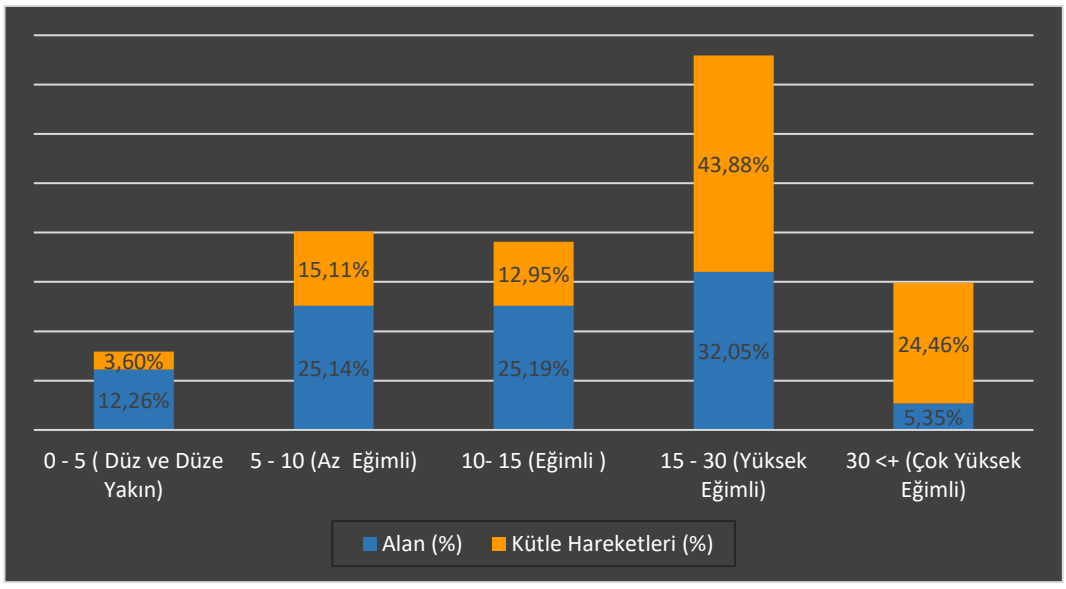
Araştırma sahasında eğim özelikleri ile kütle hareketleri arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda gerçekleşen 139 tane kütle hareketinin hangi eğim sınıfında gerçekleşmiş olduğu belirlenmiştir. Yapılan incelemede 0- 5 ° (Düz ve Düze Yakın) eğim grubunda 5 tane, 5- 10° (Az Eğimli) eğim grubunda 21 tane, 10- 15° (Eğimli) eğim grubunda 18 tane, 15- 30° (Yüksek Eğimli) eğim grubunda 61 tane, 30 <+ (Çok Yüksek Eğimli) eğim grubunda 34 tane kütle hareketi gerçekleşmiştir (Tablo 7). Gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin eğim gruplarına göre dağılımına bakıldığında eğim derecesi yüksek alanlarda kütle

hareketlerinin yoğunlukta olduğu görülmektedir (Harita 16 ve Şekil 25) 30° <+ (Çok Yüksek Eğimli) eğim grubu araştırma sahasında 5,35 % alan kaplamasına rağmen bu grup içerinde 34 tane kütle hareketi gerçekleşmiştir (Tablo 7 ve Şekil 25). Yapılan bu analiz sonucunda araştırma sahasında eğim artıkça kütle harekelerinin gerçekleşme olasılığı arttığı sonucu ortaya çıkmıştır. Yapılacak olan duyarlılık analizinde bu sonuç göz bulundurularak eğim gruplarına ağırlık derecesi verilecektir.

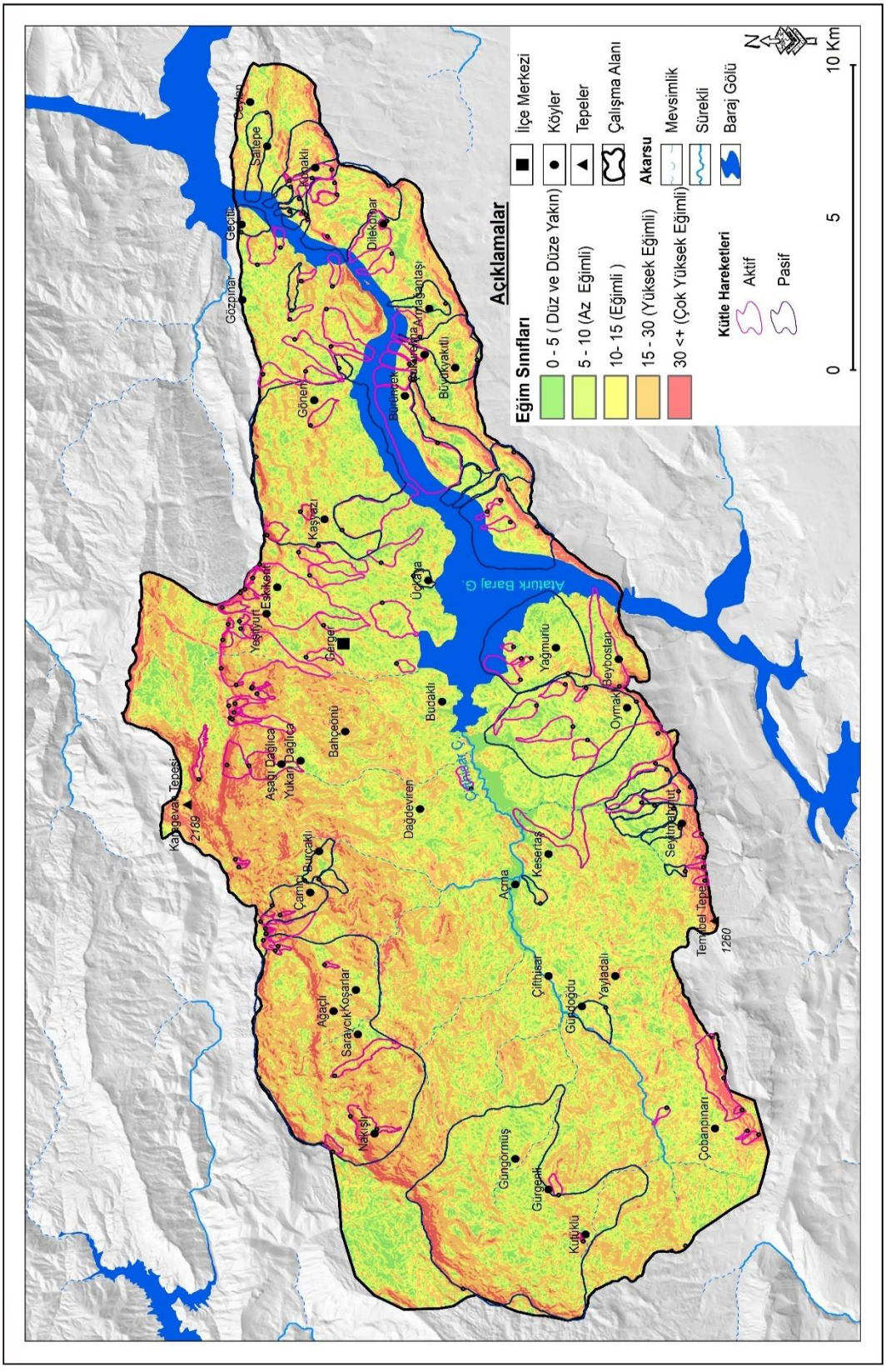
Tablo 7: Eğim sınıflarının kapladıkları alan (Km², %) ve sınıflara göre kütle hareketlerinin dağılımı (%)

Eğim Sınıflar	**Alan (Km)**	**Alan (%)**	**Kütle Hareketleri (Sayı)**	**Kütle Hareketleri (%)**
0- 5 (Düz ve Düze Yakın)	52,16	12,26%	5	3,60%
5- 10 (Az Eğimli)	106,94	25,14%	21	15,11%
10- 15 (Eğimli)	107,18	25,19%	18	12,95%
15- 30 (Yüksek Eğimli)	136,36	32,05%	61	43,88%
30 <+ (Çok Yüksek Eğimli)	22,78	5,35%	34	24,46%
Toplam	425,42	100,00%	139	100,00%

Şekil 25: Eğim sınıflarının kapladıkları alan ve eğim sınıflara göre kütle hareketlerinin dağılımı (%)



Harita 16: Araştırma Sahasının Eğim Haritası, Kütle Hareketlerinin Yüksek Eğimli Alanlarda Gerçekleştiği Görülmektedir



3.2.3. Bakı

Bakı; 0'dan 360° dereceye kadar saat yönünde ölçülen değerleri ifade eder (Zıne El Abıdıne ve Abdelmansour, 2018). Bakı, kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarının birçoğunda önemli bir hazırlayıcı faktör olarak ele alınmaktadır. Bakı bölgenin duyarlılığı ve fiziksel özeliklerini potansiyel olarak etkiler (Dai, Lee ve Diğerleri, 2001). Toprağın nemliliği, arazi örtüsü gelişimi, günlenme, rüzgâr etkisi, yağış gibi fiziksel özeliklere etki eden bakı, kütle hareketleri duyarlılık çalışmaları açısından önemlidir (Dai, Lee ve Diğerleri, 2001). Kütle hareketlerinin belli yönelimlere sahip yamaçlarda yoğunlukta olmaları, araştırma sahasının morfolojik yapısı ve özellikle de araştırma sahasının genel yağış yönelimi ve güneş ışığını alma miktarı gibi meteorolojik olayların etkisi altındadır (Yalçın, 2007). Aşırı derecede yağışa maruz kalan yamaçlar, zeminin türü ile topografik eğim, gözeneklilik, geçirimlilik, nem ve yağışın meydana geldiği mevsim, organik madde içeriği, bitki örtüsünün yoğunluk miktarı gibi birçok faktör tarafından kontrol edilen süzülme kapasitesine de bağlı olarak, hâkim bakıya sahip yamaçlar üzerindeki malzeme diğer yamaçlara kıyasla daha hızlı doygunluğa ulaşır (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).

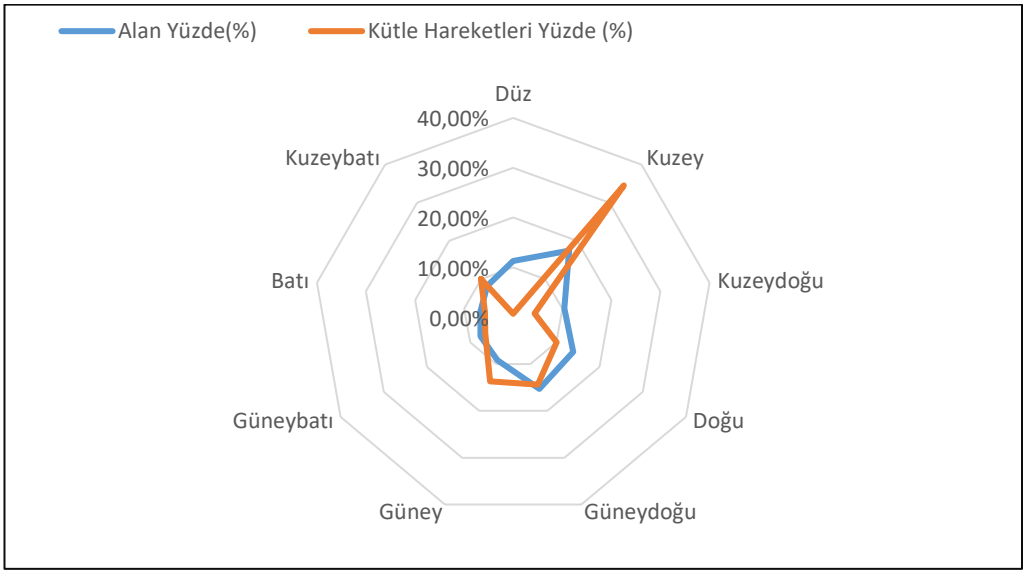
Araştırma sahasının bakı faktörüyle kütle hareketleri arasındaki ilişki ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda gerçekleşen 139 tane kütle hareketlerinin taç kısmına nokta atılmıştır. ArGIS yazılımının ArcMAP ara yüzünde noktaya değer yazdırma aracı kullanılarak belirlenen noktalara bakı sınıfları otomatik olarak yazdırılmıştır. Böylece hangi bakı sınıfında kaç tane kütle hareketleri gerçekleşmiş olduğu sonucuna varılmıştır. Bakı sınıflarına göre kütle hareketlerinin dağılımına bakıldığında düz 1 tane, kuzey 48 tane, kuzeydoğu 6 tane, doğu 14, güneydoğu 20 tane, güney 19 tane, güneybatı 9 tane, batı 8 tane, kuzeybatı 14 tane kütle hareketi gerçekleşmiştir (Tablo 8). Bakı sınıflarına göre gerçekleşmiş olana kütle hareketlerinin dağılımı yüzdelik cinsten de hesaplanmıştır (Şekil 26). Yapılan analiz ve hesaplamalar sonucunda kütle hareketlerinin kuzey yamaçlar üzerinde yoğunlukta olduğu sonucuna varılmıştır (Harita 17 ve Şekil 26). Kuzey yamaçları takiben güneydoğu, doğu, kuzeybatı, yamaçlar üzerinde kütle hareketleri yoğunluktadır (Şekil 26 ve Tablo 8). Araştırma sahasında kütle hareketlerinin kuzey yamaçlar üzerinde yoğunlukta olmaları; sıcaklığın düşük olması buna bağlı olarak nemim yüksek olması, diğer taraftan kuzey yamaçların araştırma sahasında daha fazla alan kaplaması,

hazırlayıcı ve tetikleyici parametrelerin kuzey yamaçlar üzerinde birleşmesi etkili olmuştur. Araştırma sahasında kütle hareketlerinin kuzey yamaçları takiben güney yamaçlar üzerinde yoğunlukta olması kış mevsiminde özellikle yükseltinin artığı alanlarda biriken kar örtüsünün Mart ve Nisan ayalarında sıcaklığın artması ve güneşlenme süresinin de uzun olması ani erimelerine ile malzemenin kısa sürede doygunluğa ulaşmasına bağlanabilir.

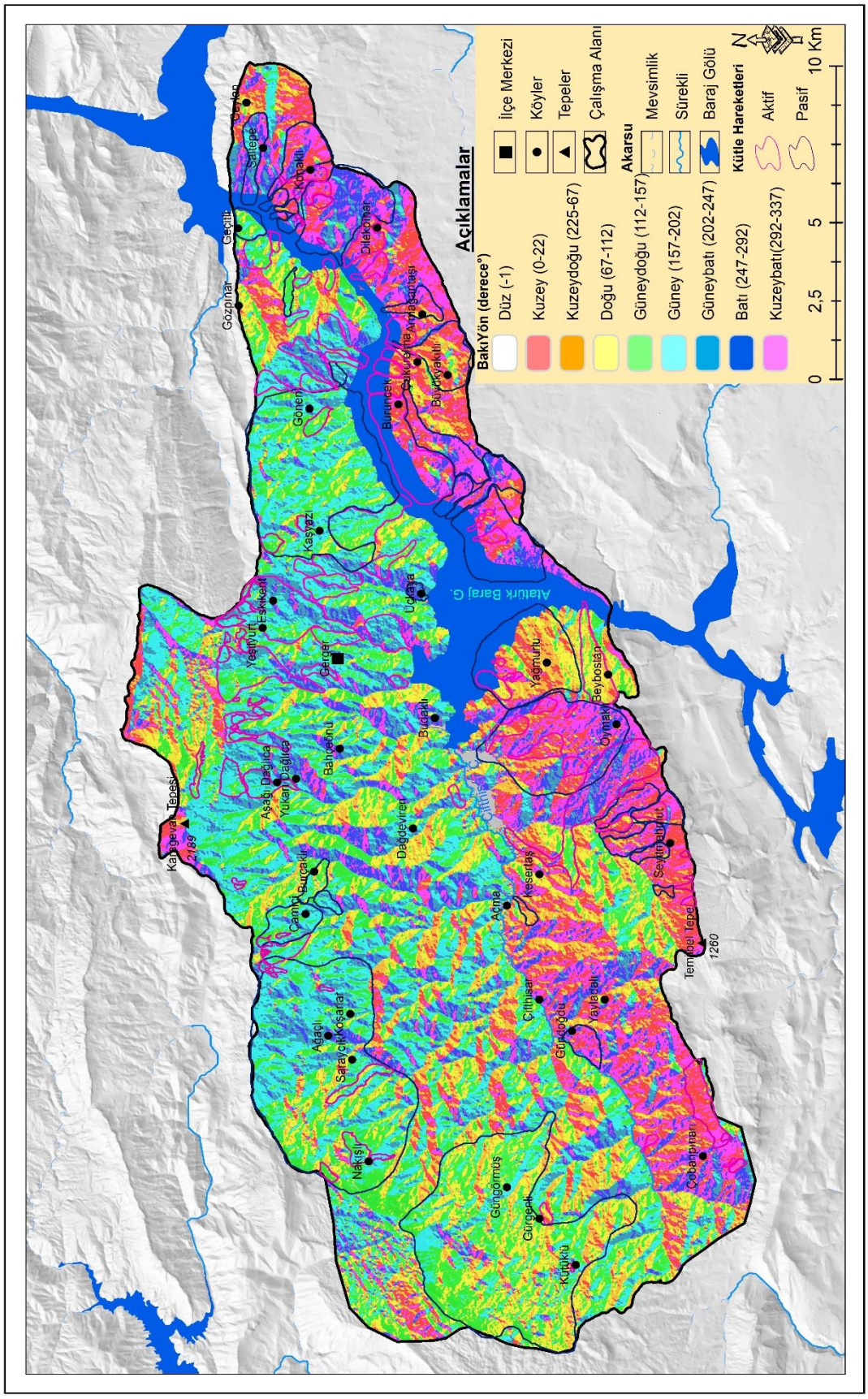
Tablo 8: Bakı Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Sınıflara Göre Kütle Hareketleri Dağılımı

Bakı sınıfları	Alan (Km)	Alan (%)	Kütle Hareketleri (Sayı)	Kütle Hareketleri Yüzde (%)
Düz	48,12	11,31%	1	0,72%
Kuzey	74,23	17,45%	48	34,53%
Kuzeydoğu	44,25	10,40%	6	4,32%
Doğu	59,14	13,90%	14	10,07%
Güneydoğu	65,09	15,30%	20	14,39%
Güney	39,06	9,18%	19	13,67%
Güneybatı	32,28	7,59%	9	6,47%
Batı	28,52	6,70%	8	5,76%
Kuzeybatı	34,73	8,16%	14	10,07%
Toplam	425,42	100,00%	139	100,00%

Şekil 26: Bakı Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Sınıflara Göre Kütle Hareketleri Dağılımı



Harita 17: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Bakı Haritası



3.2.4. Yükseklik

Topografik özellikler içerisinde kütle hareketleri duyarlılığının bölgesel bazda değişimi üzerinde etkili olan diğer bir faktör yükseltidir. Göreceli olarak yükseltinin fazla olduğu alanlar, yükseltinin az olduğu alanlara kıyasla kütle hareketleri açısından daha duyarlı alanları teşkil ederler. Yüksek kesimlerin kütle hareketleri açısından duyarlı olması daha fazla yağış alması ve vadilere oranla daha dik olan kesimlerde sismik ivmenin yatay birleşeninin 1.2 ile 1,5 kat daha fazla etkilenmesi gibi nedenlere dayandırılmaktadır (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu 2001). Yükselti değerlerinin arttığı alanlar kar türündeki yağışları daha fazla alır ve bu nedene bağlı olarak bu alanlarda kalın bir kar tabakası oluşur. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak biriken bu kar tabakası erimeye başlayıp yamaçların daha fazla suya maruz kalmasını sağlayıp, yamaçların kısa sürede doygunluk derecesine ulaşmasına sebebiyet verir. Doygunluk derecesine ulaşan bu yamaçların, makaslama gerilimine yenik düşmesiyle kütle hareketleri meydana gelir.

Yükselti değerindeki değişimler çözülmenin hızı ve niteliği üzerinde etkili olur. İklim kuşağı fark etmeksizin sıcaklığın don etrafında sık sık değişmekte olduğu dağlık alanların zirveler bölgesinde donma-çözülmenin sebebiyet verdiği parçalanma büyük rol oynar (Erinç; 2015). Sıcaklığın düştüğü dönemde kaya bloklarının çatlak kısımlarında yer alan su donup buza dönüşür ve bu esnada hacmi artar. Başka bir ifade ile buz kütlesi sıvı haldeki sudan daha fazla alan kaplar. Buz kütlesi kendine alan yaratma için kaya bloklarına basınç uygularlar. Bu basınç sonucunda kaya blokları üzerinde çatlamalar ve parçalanmalar meydana gelir. Özellikle bu parçalanma kaya dayanımını zayıflatarak kütle hareketlerine sebebiyet vermektedir. Bu özeliklere sahip alanlarda genelde kaya düşmeleri meydana gelir. Yükseltinin fazla olduğu, eğim derecesinin düşük oldu alanlarda ise donma-çözülmeye bağı olarak krip (sürünme) tipideki kütle hareketleri meydana gelir.

Araştırma sahasında yükselti faktörüyle kütle hareketleri arasındaki ilişki ortaya çıkarılması için sahada gerçekleşmiş olan, 139 tane kütle hareketinin taç kısmına nokta atılmış ve bu şekilde kütle hareketlerinin yükseklikleri belirlenmiştir. (Tablo 9). Bu analiz sonucunda yükselti sınıflarına göre kütle hareketlerinin dağılışı incelendiğinde kütle hareketlerinin ilk etapta dengeli bir dağılım sergilendiği

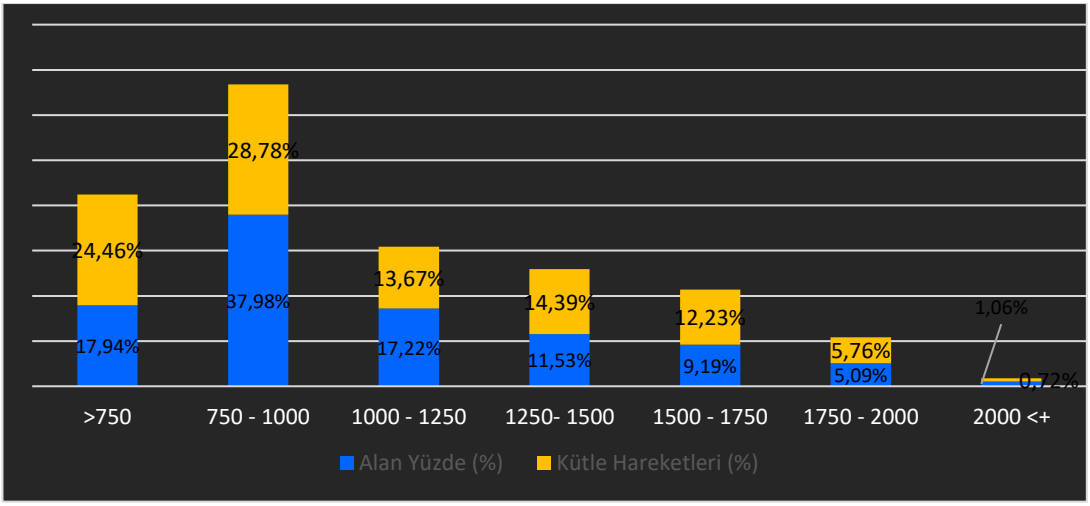
gözlenmiştir. Kütle hareketlerinin yükselti basamaklarına göre dağılımı incelendiğinde 750 – 1000 (m) ve 1250- 1500 (m) yükselti basamaklarında kütle hareketlerinin daha çok gerçekleştiği görülür (Şekil 27 ve Harita 18). Bu durumun temel nedeni, araştırma sahasında bu yükselti sınıflarının geniş alan kaplamları ve diğer hazırlayıcı ve tetikleyici faktörlerin daha baskın olmalarıdır.

İlk etapta bu durum araştırma sahasında yükselti artıkça kütle hareketlerinin gerçekleşme olasılığı artar görünüşünü çürütmüş gibi görünür fakat yükselti sınıflarına göre gerçekleşmiş olan kütle hareketlerinin, yükselti sınıflarının kapladıkları alana bölündüğünde elde edilen yoğunluk değerleri yorumlandığında araştırma sahasında yükselti artıkça kütle hareketlerinin gerçekleşme olasılığı artar görüşünü desteklemektedir (Şekil 28). Araştırma sahasının minimum yükseltisi 547 (m) maksimum yükseltisi 2259 (m)'dir (Harita 18). Araştırma sahası 1732 (m)'lik bir yükselti farkı mevcuttur. Araştırma sahasında yükselti farkının fazla olması; alınan yağış miktarının ve türünün bölgesel bazda değişimine, sıcaklığın dağılışında ciddi farkların oluşmasına, nemlilik derecesinin değişimine sebebiyet vermektedir. Bütün bu nedenlerden dolayı yükselti faktörü duyarlılık analizinde hazırlayıcı bir faktör olarak değerlendirilmiştir. Yükseltinin artışı, kütle hareketlerinin gerçekleşme olasılığını artırır, görüşünden yola çıkılarak, duyarlılık analizinde farklı yükselti basamaklarına farklı ağırlık değerleri verilmiştir.

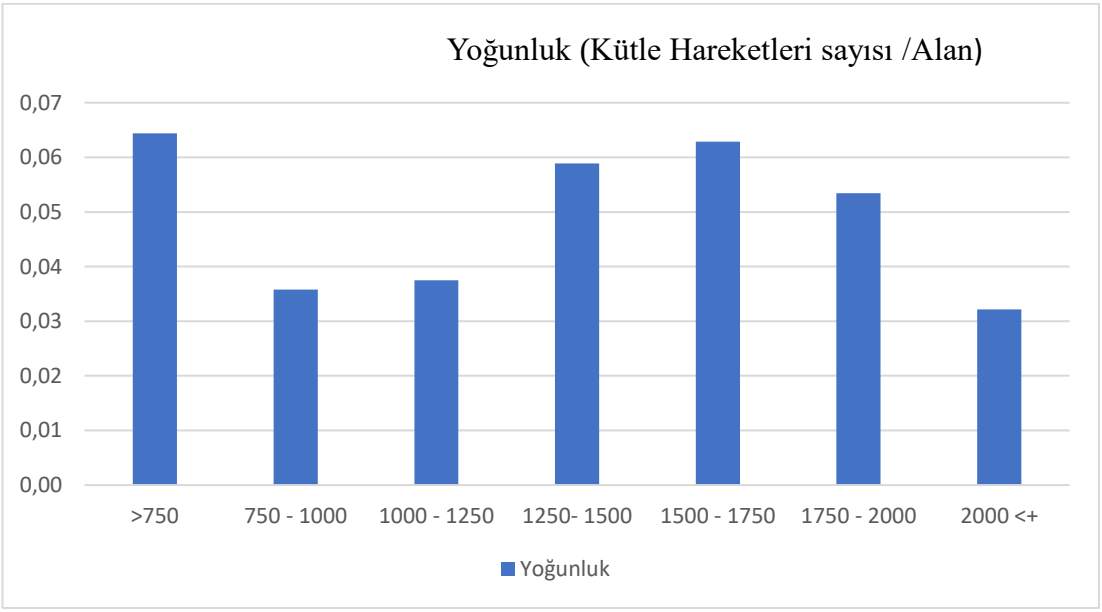
Tablo 9: Yükselti Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Bu Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı

Yükselti Sınıfları (M)	**Alan (Km)**	**Alan Yüzde (%)**	**Kütle Hareketleri (Sayı)**	**Kütle Hareketleri (%)**	**Yoğunluk**
>750	528,15	17,94%	34	24,46%	0,01
750- 1000	1118,22	37,98%	40	28,78%	0,04
1000- 1250	507,12	17,22%	19	13,67%	0,04
1250- 1500	339,52	11,53%	20	14,39%	0,06
1500- 1750	270,52	9,19%	17	12,23%	0,06
1750- 2000	149,75	5,09%	8	5,76%	0,05
2000 <+	31,08	1,06%	1	0,72%	0,03
Toplam	2944,37	100,00%	139	100,00%	0,29

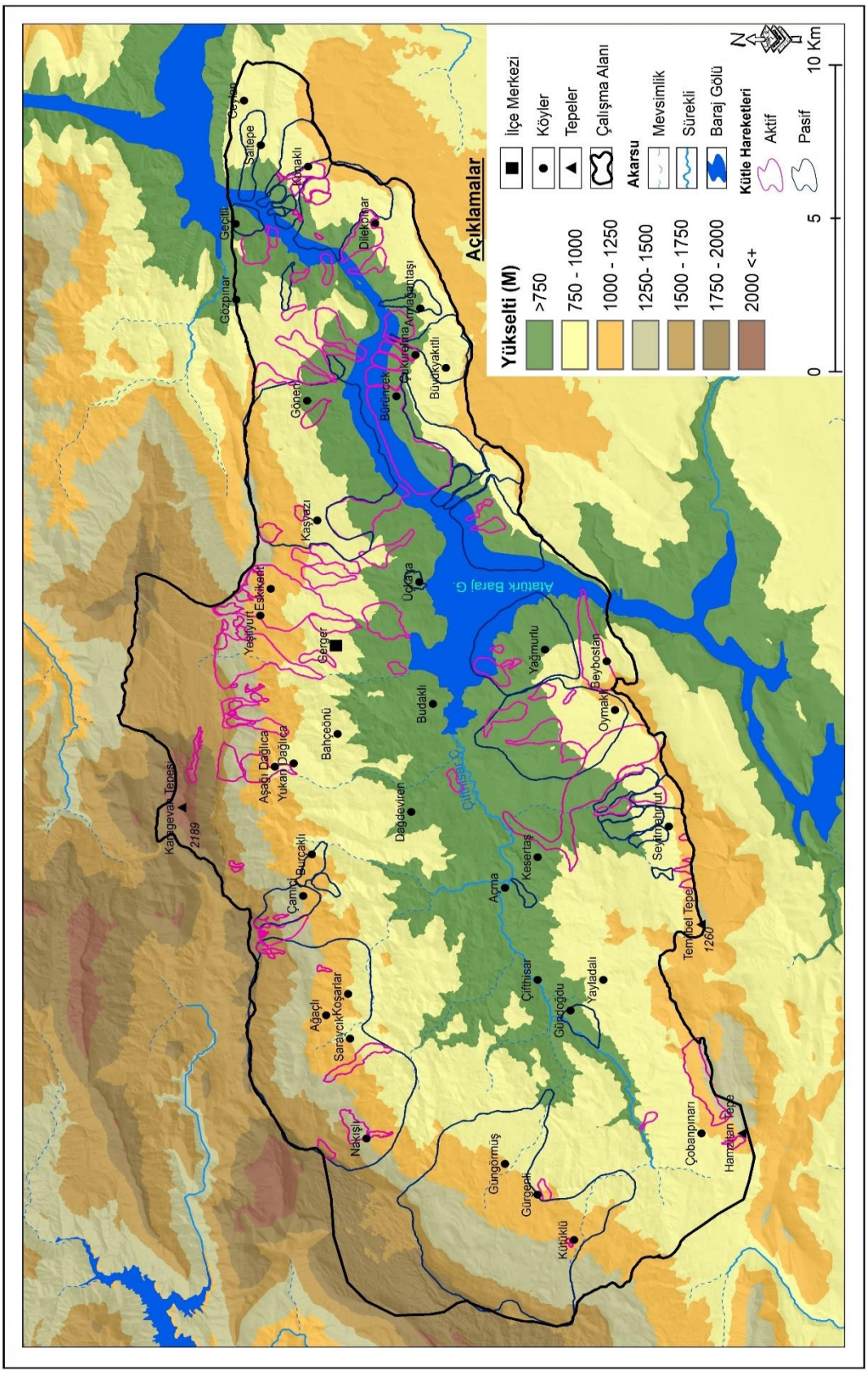
Şekil 27: Yükselti Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Yükselti Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı (%).



Şekil 28: Kütle Hareketlerinin Yükselti Basamaklarına Göre Yoğunlukları.



Harita 18. Araştırma sahasının kütle hareketleri eklenmiş yükselti haritası



3.2.5. Bitki Örtüsü

Bu faktör birçok araştırmacı tarafından kütle hareketleri duyarlılık çalışmasında hazırlayıcı parametrelerden biri olarak tercih edilmiştir. Bitki örtüsü yamaç duyarlılığı üzerinde önemli rol oynar. Bitki örtüsünün yoğunluğunun kütle hareketleri açısından yamaç duyarlılığı üzerindeki etkisi tartışma konusudur. Bazı araştırmacılar tarafından yamaç stabilitesi üzerinde pozitif ektisi olduğunu savunulurken diğer araştırmacılar tarafından negatif etkisi olduğu savunulur.

Bitki örtüsünün genel olarak yamaç stabilitesi üzerinde pozitif etkisi olduğu kabul edilir. Bitki örtüsü yoğunluğunun yamaç stabilitesi üzerinde iki yönlü etkisi vardır. Bunlar hidrolojik (toprağa sızma kapasitesi, toprak nemi, yeraltı suyu vb.) ve mekanik (kök dayanımı) etkisidir (Santacana, Baeza ve değerleri, 2003). Bitki kök ve gövdelerinin yamaçlar üzerindeki malzemeyi tutmasına ek olarak ve düşen yağışın, dal ve yapraklar vasıtasıyla tutulması suyun zemine sızmasını geciktirmektedir. Bu yönüyle bitki örtüsü kütle hareketlerinin meydana gelmesinde engelleyici bir rol oynamaktadırlar. Nitekim kök sistemi iyi gelişmiş bitkiler sığ kütle hareketlerinin meydana gelmesini engellemektedirler (Santacana, Baeza ve diğ. 2003).

Bitki örtüsün yamaç stabilitesi üzerinde negatif etkisini savunanlar ise özellikle odunsu bitkilerin yamaç yükünü artırdığının buna bağlı olarak yamaç dayanımının zayıflayıp kütle hareketlerinin meydana geldiğini ifade etmektedirler. Bu etki daha çok derin kütle hareketlerinin gerçekleştiği alanlar için geçerlidir. Bu tür alanlarda özellikle odunsu bitkilerin gelişmiş kök sisteminin engelleyici rollerinden ziyade yamaç yükünü artırarak hazırlayıcı rolleri ön plana çıkmaktadır.

Araştırma sahasındaki bitki örtüsünün değerlendirmesinde ve kütle hareketleriyle olan ilişkisinin orta çıkarılması için NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) haritası üretilmiştir. Aşağıdaki formül kullanılarak araştırma sahasının NDVI haritası üretilmiştir.

$$NDVI = (IR - R) / (IR+R)$$

IR kızıl ötesi bandır. R kırmızı bandındaki yansıma değerleridir.

Landsat TM uydu görüntülerinden yukarıdaki formül aracılığıyla araştırma sahasının NDVI haritası üretilmiştir.

Float ("Bant 5" - "Bant 4") / Float("Bant 5" + "Bant 4")

Buradaki bant 5, IR karşılık gelmektedir. Bant 4 ise R karşılık gelmektedir.

NDVI değeri, -1 ile + 1 arasında değişmektedir. Negatif değerler çoğunlukla çıplak / kayalık alanları, su yüzeylerini temsil eder. 1'e yakın pozitif değerler ise yeşil bitki örtüsünün bulunduğu yani klorofil değerinin yüksek olduğu sağlıklı bitki örtüsünü temsil etmektedir. Araştırma sahasının NDVI değerleri -0,20 ile 0,57 arasında değişmektedir. Negatif değerlere karşılık gelen alanları; Çifthisar Çayı'nın aşağı çığırında alüvyon malzemenin biriktiği alanlar, Karagöl ve Atatürk baraj gölünün yüzeyleri ile çıplak kayalık alanları teşkil eder (Harita 19). Pozitif değerlere karşılık gelen alanlar ise; meşe topluluklarının yayılış gösterdiği alanlar, vadi tabanlarında sulu tarımın yapıldığı alanlara karşılık gelir.

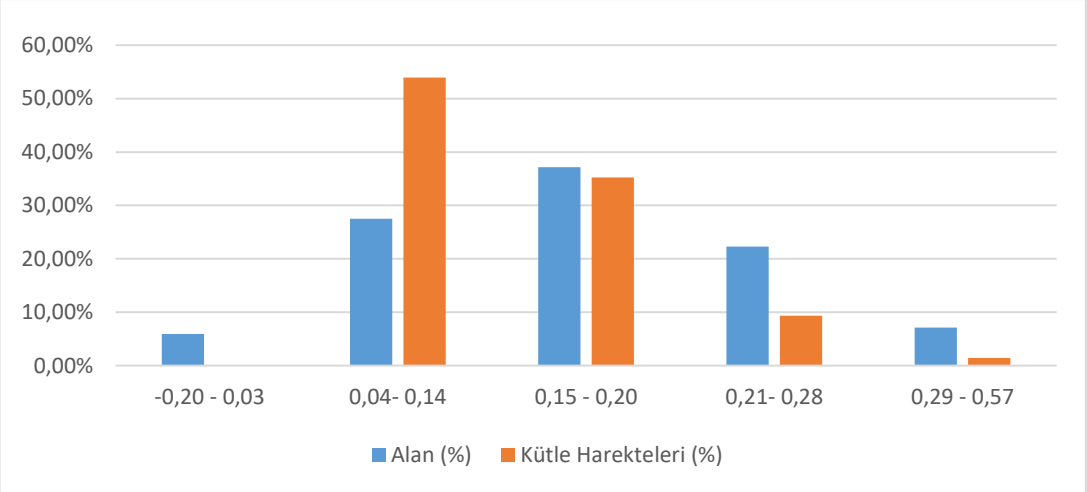
Araştırma sahasının bitki örtüsü faktörüyle kütle hareketleri arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması için sahada gerçekleşmiş 139 tane kütle hareketlerinin taç kısmına nokta atılmış ilgili kütle hareketinin gerçekleştiği alanın NDVI değerleri belirlenmiştir. Böylece hangi NDVI sınıfında kaç tane kütle hareketlinin gerçekleşmiş olduğu saptanmıştır (Tablo 10). Yapılan analizde kütle hareketlerinin bitki örtüsünün nispeten cılız olduğu alanlarda yoğunlukta olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 29 ve Harita 19). NDVI değerleri pozitif değerlere yaklaştıkça kütle hareketlerinin kademeli olarak azaldığı görülmektedir (Şekil 29 ve Tablo 10). NDVI değerlerinin pozitif olduğu alanlar genelde meşe topluluklarının bulunduğu alanlardır. Meşe ağaçlarının gelişmiş bir kök sistemi olduğu için sığ bir yüzeyde gerçekleşen kütle hareketleri üzerinde frenleyici bir etkiye sahip olup, denge açısı bozulan bir yamaçta oluşabilecek kütle hareketlerine karşı direnmektedirler. Yapılan duyarlılık çalışmasında bu özellik göz önünde tutularak elde edilen bitki yoğunluk indeks haritası, programda yeniden sınıflandırılmıştır. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar kütle hareketleri açısından

daha az duyarlı, yoksun alanlar ise yüksek duyarlı alanlardır özelliği dikkate alınarak, duyarlılık işleminde bitki yoğunluk değerlerine ağırlık derecesi verilmiştir.

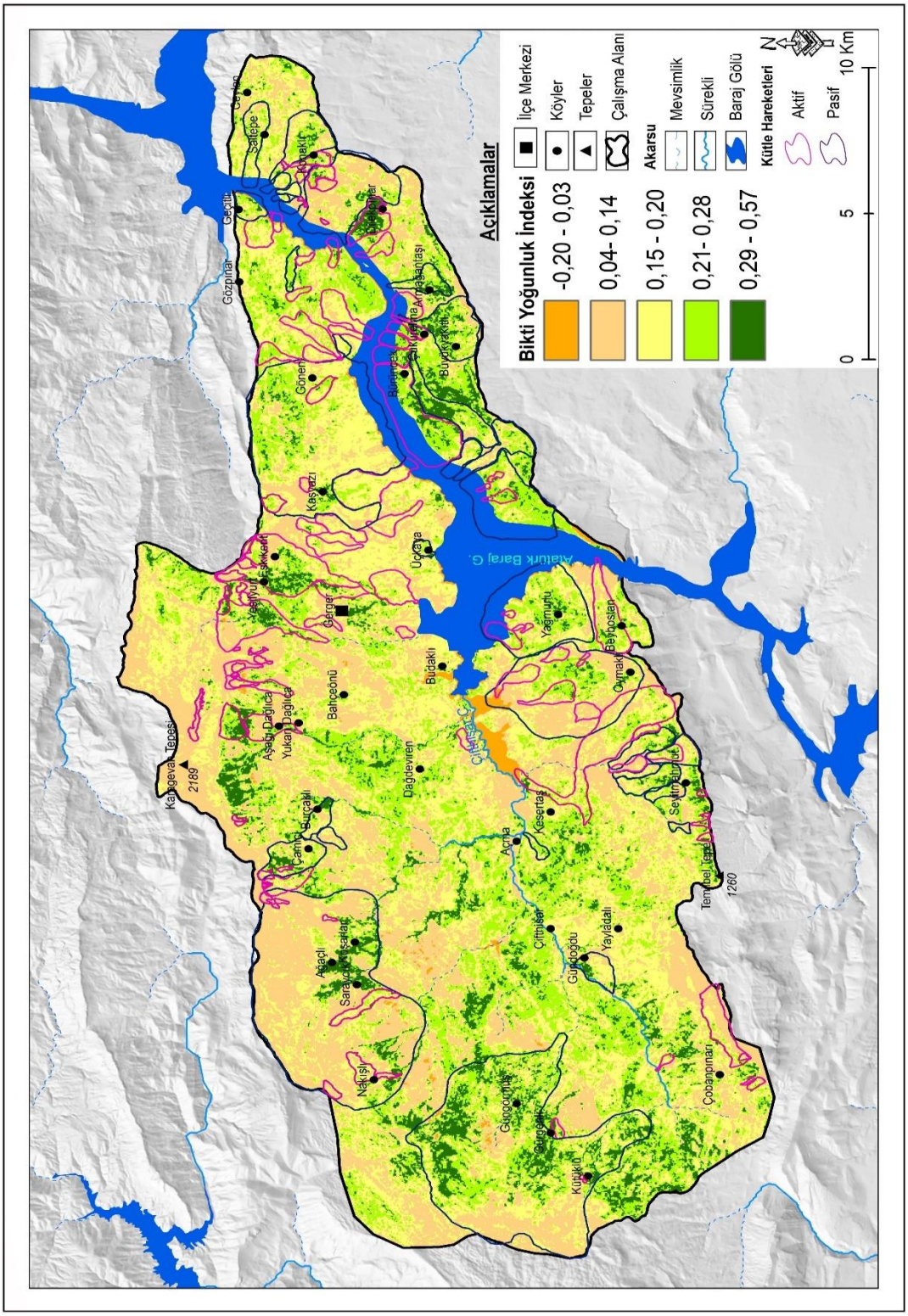
Tablo 10: Bitki Örtüsü Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı.

NDWI Sınıfları	Alan (Km)	Alan (%)	Kütle Hareketleri (Sayı)	Kütle Hareketleri (%)
-0,20 - 0,03	25,31	5,95%	0	0,00%
0,04- 0,14	116,90	27,48%	75	53,96%
0,15 - 0,20	158,12	37,17%	49	35,25%
0,21- 0,28	94,74	22,27%	13	9,35%
0,29 - 0,57	30,35	7,13%	2	1,44%
Toplam	425,42	100,00%	139	100,00%

Şekil 29: Bitki Örtüsü Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Sınıflara Göre Kütle Hareketleri Dağılımı (%).



Harita 19: Araştırma Sahasının Bitki Yoğunluk Haritası ve Kütle Hareketlerinin Dağılışı

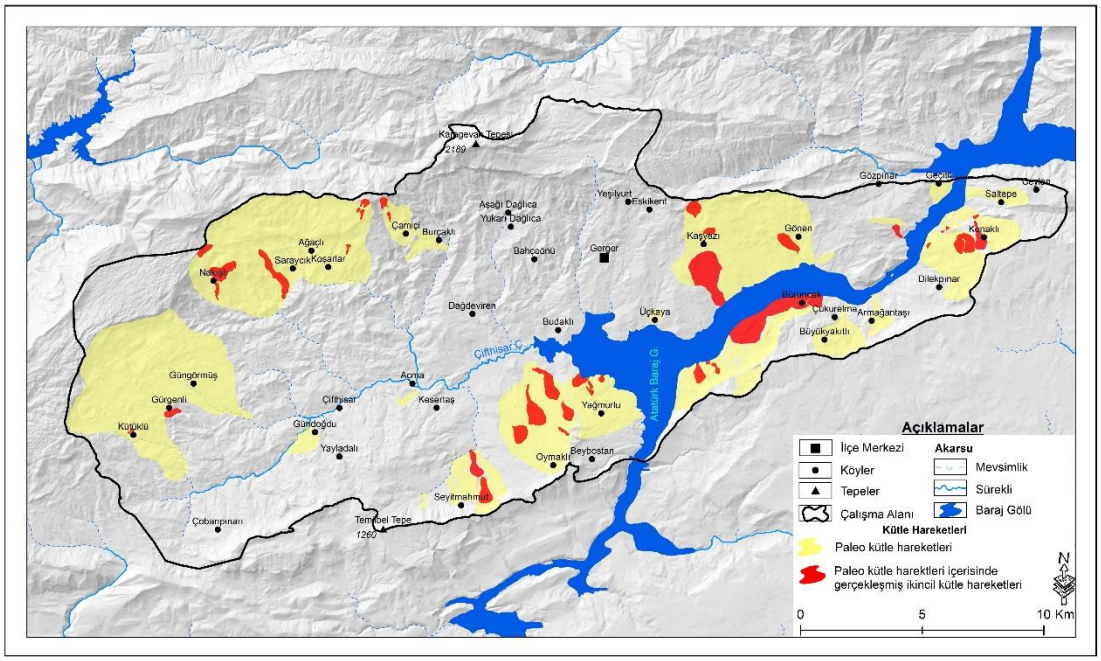


3.2.6. Paleo Kütle Hareketleri

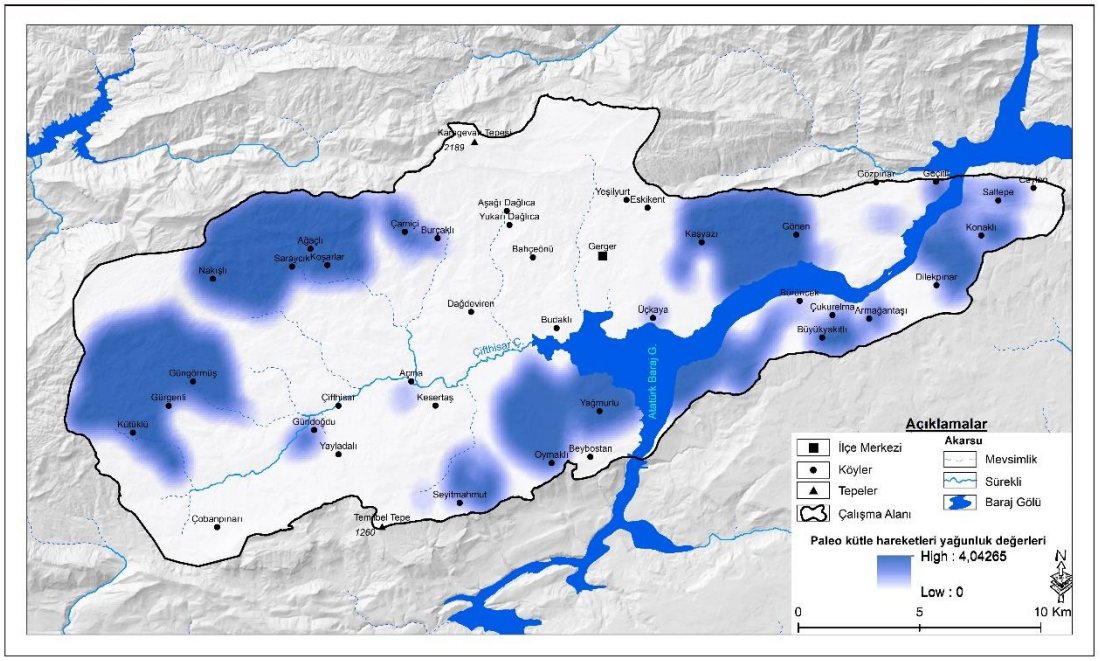
Paleo kütle hareketlerinin meydana geldiği alanlarda yamaç dayanımı zayıflaması, yamaçlar üzerindeki malzemenin denge açısında bozulmalar meydana gelmesi, malzemenin birbirine tutunma derecesinin zayıflaması, hareket sırasında kırıklı ve çatlaklı bir yapının oluşması gibi nedenler bu alanlarda ikincil kütle hareketlerin oluşmasına zemim hazırlamaktadır. Paleo kütle hareketlerin meydana geldiği alanlarda herhangi bir tetikleyiciye (yağış, deprem, antropojenik etkiler) bağlı olarak kütle hareketlerinin meydana gelmesi olasılığı diğer alanlara kıyasla daha yüksektir.

Araştırma sahasındaki paleo kütle hareketleri MTA heyelan envanterinden tespit edilmiştir. Tespit edilen paleo kütle hareketleri içerisinde meydana gelen ikincil kütle hareketlerinin tespit edilmesi amaçlandı. Yapılan analiz sonucunda paleo kütle hareketleri içerisinde 40 tane ikincil kütle hareketleri meydana geldiği tespit edildi. (Harita 20). Pasif kütle hareketleri içerisinde meydana gelen ikincil kütle hareketlerinin fazla olması bu alanların kütle hareketleri açısından duyarlı alanlar olduğu görüşünü desteklemektedir. Haritalanan paleo kütle hareketleri ArcGIS yazılımının ArpMap ara yüzü kullanılarak vektör veri formatından raster veri formatına dönüştürüldü. Raster formatındaki paleo kütle hareketlerinin bütün pikselleri noktasal veriye dönüştürüldü. Kernel Density yöntemi kullanılarak noktasal veriden paleo kütle hareketleri yoğunluk haritası oluşturuldu. Paleo kütle hareketlerinin meydana geldiği alanların yoğunluk değeri yüksek iken diğer alanların yoğunluk değeri düşüktür (Harita 21). Oluşturulan haritada yoğunluk değeri yüksek olan alanlar duyarlılık çalışmasında ağırlık derecesi yüksek, yoğunluk değeri düşük alanlara ise ağırlık derecesi düşük verilmiştir.

Harita 20: Araştırma Sahasının Paleo Kütle Harekeleri İçerisinde Gerçekleşmiş İkincil Kütle Hareketleri



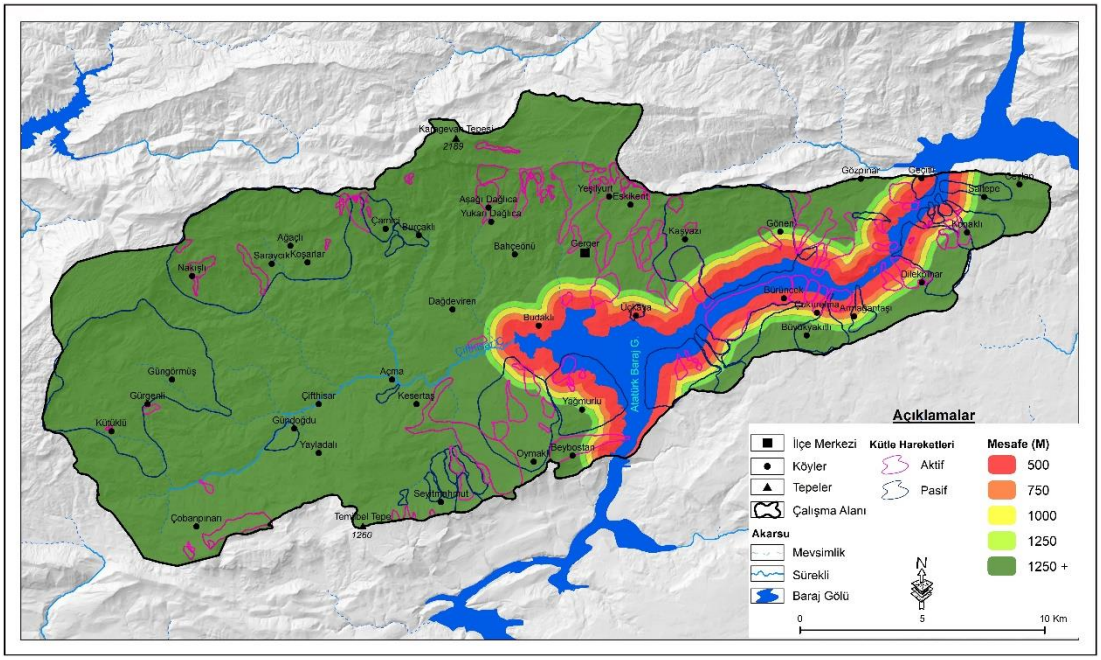
Harita 21: Araştırma Sahasının Paleo Kütle Hareketleri Yoğunluk Haritası



3.2.7. Baraj Gölüne Yakınlık

Araştırma sahasında Atatürk baraj gölü Fırat Nehri'nin vadisini ve kısmen de Çifthisar Çayı'nın vadisini işgal etmekte olup; 21,6 km²'lik alanı kaplamaktadır. (Harita 22). Baraj inşaatından önce kütle hareketleri oluşumu üzerinde Fırat Nehri etkiliydi. Günümüzde Atatürk baraj gölünün yamaç nemliliğini artırdığı, nispi dalga aşındırmasıyla yamaçları dipten oyduğu alanlarda kütle hareketleri meydana gelmektedir. Bu alanlar kütle hareketleri açısından duyarlıdır. Baraj gölüne yakınlık parametresinin kütle hareketleri oluşumuna etkisini belirlemek için 250 m aralıkla buffer yöntemiyle 5 farklı tampon bölge oluşturulmuştur (Harita 22). Fakat ilk tampon bölge 500 m olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni 500 m kadar baraj gölü 'nün tetikleyici rolü ön plana çıkmasıdır. Duyarlılık analizinde baraj gölüne yaklaştıkça kütle hareketlerinin duyarlılığı artar görüşünden yola çıkarak, tampon bölgelerine ağırlık derecesi verilmiştir.

Harita 22: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Baraj Gölüne Yakınlık Haritası



3.3. TETİKLEYİCİ FAKTÖRLER

Sismik aktivite, şiddetli yağışlar ve insan aktiviteleri kütle hareketlerini tetiklemektedir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2021). Dolayısıyla araştırmacılar tarafından duyarlılık analizinde deprem, yağış, insan faaliyetleri tetikleyici faktörler olarak tercih edilmişlerdir.

3.3.1. Faya Yakınlık

Depremler yaygın olarak kütle hareketlerinin gerçekleşmesine sebebiyet verir. Topografik şevler, depremler esnasında yenilir çünkü yerçekimi ve sismik ivmelerin eklenmesi kısa ömürlü gerilmelere neden olur (Meunier, Hovius ve Haines, 2008). Depremlerin bir diğer etkisi yayılan sismik dalgaların yamaçlar üzerinde birbirlerine tutturulmuş olan malzemeler arasındaki bağları kopartarak kütle hareketlerin gerçekleşmesine sebebiyet vermeleridir. Bu nedenlerle birçok araştırmacı tarafından deprem episantır merkezine yaklaştıkça kütle hareketleri açısından duyarlı, episantır merkezinden uzaklaştıkça duyarsızlığın artacağı görüşü savunulmuştur (Meunier, Hovius ve Haines, 2008). Fayların kütle hareketleri üzerindeki bir diğer etkisi; fay hatları boyunca birçok kırıklı ve çatlaklı yapının mevcudiyetidir. Bu kırıklı ve çatlaklı yapı, suların daha fazla sızmasına sebebiyet vererek yamaçlar üzerindeki yükü artırmaktadır. Yamaçlar belirli miktarda yükü taşıma kapasitesine sahiptir. Kapasite aşılınca yamaçlar üzerindeki malzeme zayıf zonlardan koparak yamaç eğimi yönünde hareket eder.

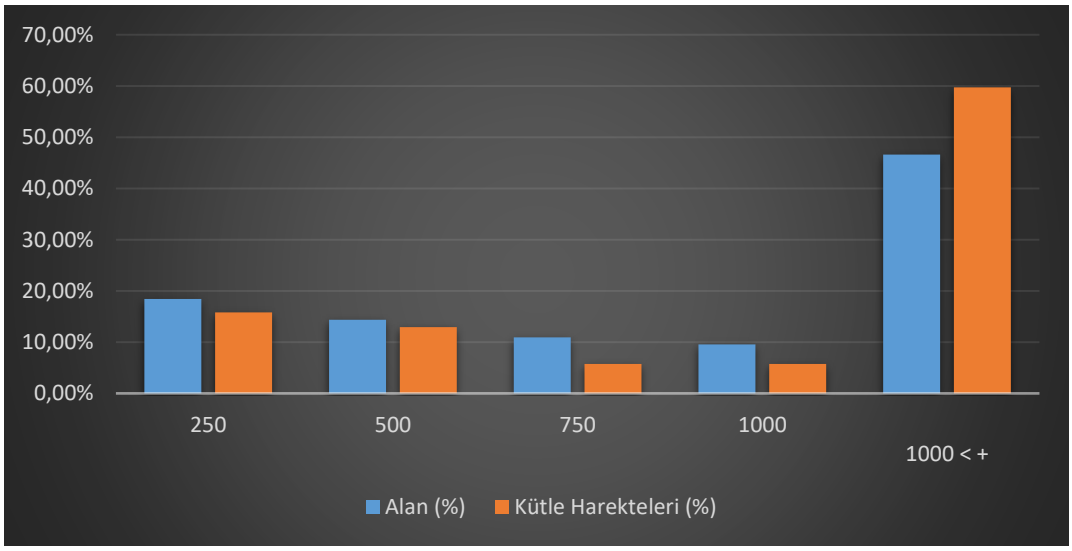
Araştırma sahasında kütle hareketlerinin dağılışları üzerinde yapılan gözlemlere dayanılarak fay hatlarına yakınlık parametresinin kütle hareketlerinin oluşumuna etkisini belirlemek için 250 m aralıkla buffer yöntemiyle 5 farklı tampon bölge oluşturulmuş. Kütle hareketlerinin taç kısmından alınan noktalar tampon bölgelerine aktarılarak, kütle hareketlerinin fay hatlarıyla olan ilişkisinin ortaya çıkarılması amaçlamıştır (Harita 23). Yapılan bu analiz sonucunda 250 m'de 22, 500 m'de 18, 750 m'de 8, 1000 m'de 8, 1000 <+ m'de 83 tane kütle hareketinin gerçekleşmiş olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 11 ve Şekil 30). Fay hatlarına 250 m uzaklıktaki alanlarda 22, 500 m uzaklıktaki alanlarda 18 tane kütle hareketinin gerçekleşmesi araştırma sahasında tektonik faaliyetlerin kütle hareketlerinin gerçeklemesi üzerinde etkili olduğunun göstergesidir. Diğer bir taraftan fay hatalarına

1000 <+ m'de mesafedeki alanlarda 83 tane kütle hareketi gerçekleşmiştir. Fay hatları 1000 <+ m zonda gerçekleşen kütle hareketleri üzerinde tetikleyici bir rol oynamamaktadır. Bu zondaki kütle hareketleri diğer hazırlayıcı ve tetikleyici parametrelere bağlı olarak gerçekleşmiştir. Yapılacak olan duyarlılık çalışmasında fay hatlarına yakınlaştıkça duyarlılığın artacağı, uzaklaştıkça duyarlılığın azalacağı görüşü dikkate alınarak tampon bölgelerine ağırlık değerleri verilmiştir.

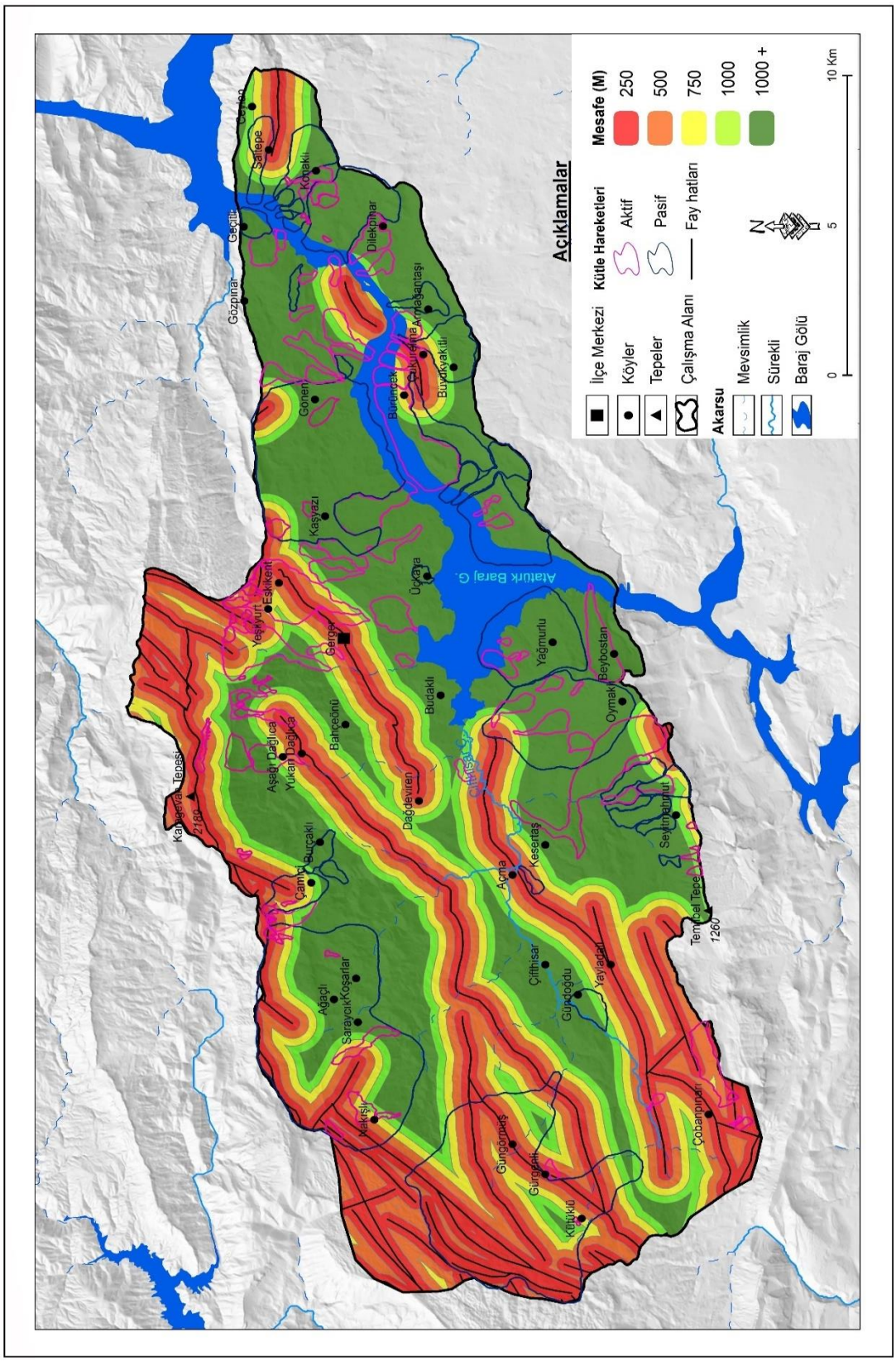
Tablo 11: Fay Hatlarına Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı.

Fay hatlarına mesafe (m)	Alan (Km²)	Alan (%)	Kütle Hareketleri (Sayı)	Kütle Hareketleri (%)
250	78,47	18,45%	22	15,83%
500	61,19	14,38%	18	12,95%
750	46,58	10,95%	8	5,76%
1000	40,75	9,58%	8	5,76%
1000 < +	198,42	46,64%	83	59,71%
Toplam	425,42	100,00%	139	100,00%

Şekil 30: Fay Hatlarına Yakınlık Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Yönelimleri (%)



Harita 23: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Fay Hatlarına Yakınlık Haritası



3.3.2. Yağış

Kütle Hareketlerini tetikleyici temel faktörlerden biri de yağıştır. Yağış kütle hareketlerinin gelişiminde ve aktivasyonunda temel bir etkiye sahiptir (Jelínek ve Wagner, 2007). Yağış, toprak örtüsünün doygunluğunu arttırması, yeraltı suyu seviyesini yükseltmesi ve malzemenin yükünü arttırmasıyla yamaçları kütle hareketleri açısından duyarlı hale getirmektedir (Hasekioğulları ve Ercanoğlu, 2010). Uzun süreli yağışlar yeraltı suyunu artırarak, toprak ve kayaların dayanım direncini azalmakta ve kütle hareketlerinin meydana gelmesine sebebiyet vermektedir (Zêzere, Oliveira ve diğerleri, 2006). Yüzeyde yer alan enkaz, yer çekimi, donma ve çözülme, yağış vasıtasıyla ile ortaya çıkan suyun basıncıyla serbest hale geçer. Bu nedenle yağışın kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarında değerlendirilmesi önemlidir. Çünkü yağış, kaynak alanından malzemenin serbest kalmasına katkıda bulunur (Tunusluoglu, Gökçeoğlu ve diğerleri, 2007). Yağışın kütle hareketlerini tetikleyici rolünün somut bir şekilde ortaya koyması için yağış nedeniyle meydana gelen kütle hareketlerinin yağış eşiklerini tespit etmek ve bölgelere ait yağış yoğunluğu-süre, normalize yoğunluk-süre ve kümülatif yağış-süre eşik denklemlerinin oluşturulması gerekir (Baltacı ve Karaca, 2010). Yukarıda bahsedilen formüllere uyularak kütle hareketlerinin yağışla olan ilişkisi ortaya koymak genelde mümkün olmamaktadır. Meydana gelen kütle hareketlerinin tarihinin bilinmemesi, meteoroloji istasyonlarının anlık yağış verisi üretememesi bu durumun temel sebepleridir. Bahsi geçen formüllerin uygulanamadığı durumlarda araştırmacılar arazi gözlemleri yaparak kütle hareketleriyle yağış arasındaki ilişki hakkında birtakım saptamalarda bulunmuşlardır (Baltacı ve Karaca, 2010).

Bölgelerin iklim özeliklerine bağlı olarak düşen yağış miktarı mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Düşen yağış miktarının artığı ve uzun periyotlu yağışların hâkim olduğu mevsimlerde kütle hareketleri tetiklenmektedir. Yağışın baskın bir tetikleyici olduğu alanlarda kütle hareketleri bahsi geçen etkene bağlı belirli mevsimlerde yoğunlaşmaktadırlar. Kütle hareketlerinin belirli mevsimlerde yoğunlaşması düşen yağış miktarına ek olarak; yağışın tipide önemlidir. Yağmurlu bir periyottan hemen sonra kütle hareketleri tetiklenirken kar yağışlarının hâkim olduğu alanda ise tetiklenme yağıştan çok daha sonra olabilmektedir.

Havza bazında kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarında yağış tetikleyici bir faktör olarak kullanılır. Yağış güçlü bir tetikleyici faktör olmasına rağmen bu tür çalışmalarda genelde bu parametreye diğer parametrelere kıyasla daha düşük ağırlık derecesi verilmektedir. Araştırmacıların böyle bir tercihte bulunmalarının temel sebebi havza içerisinde maksimum ve minimum yağış değerleri arasında ciddi bir farkın olmamasıdır. Bu tür havzalarda yağış güçlü bir tetikleyici olabilir fakat düşen yağış bir miktarının havza içerinde ciddi bir farklılık arz etmemesi farklı konumlardaki kütle hareketlerinin tetiklenme dereceleri nispeten eşit olmasını sağlamaktadır. Bundan dolayı yağış kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarında baskın bir tetikleyici faktör olmaktan çıkmaktadır.

Topografik özellikler de (topografik rölyef, yükselti, bakı, dağların uzanışı) düşen yağış miktarının dağılışını tayin eder. Bu etmelere bağlı olarak havzalar içerinde yağışın dağılım miktarı farklılık gösterebilmektedir. Yükselti farkının fazla olduğu havzalarda maksimum ve minimum yağış miktarları arasında ciddi farklar oluşabilmektedir. Havzada dağların uzanışı ve bakı faktörüne de bağlı olarak bazı alanlar daha fazla yağış alırken bazı alanlar daha az yağış alabilmektedir. Bu tip havzalarda diğer hazırlayıcı ve tetikleyici faktörlerden bağımsız düşünüldüğünde yağış değeri yüksek olan alanlar kütle hareketleri açısından duyarlı, daha az yağış alanlar ise duyarsız olarak kabul edilir. Araştırmacılar tarafından oluşturulmuş olan yağış haritaları sınıflamaya tabi tutulur. Yağış değeri yüksek olan sınıflara ağırlık dereci yüksek, yağış değeri düşük olan sınıflara doğru ise ağırlık derecesi kademeli olarak düşürülür.

Araştırma sahasının yıllık ortalama yağış değerleri (2013- 2021) MGM ‘den alındı. Schreiber Formülü kullanılarak araştırma sahasının yağış haritası üretilmiştir Araştırma sahasında yükselti farkının yüksek olması maksimum ve minimum yağış değerleri arasında ciddi bir farkın oluşmasına sebebiyet vermektedir (Harita 24). Bu etmene bağlı olarak havzada düşen yağış miktarının farklılık arz etmesi, diğer faktörlerden bağımsız olarak düşünüldüğünde yağışın kütle hareketleri üzerinde etkisi her yerde eşit olmamaktadır. Yağış haritası sınıflamaya tabi tutulup, altı sınıfa ayrılmıştır. Araştırma sahasında yağış faktörüyle kütle hareketleri arasındaki ilişki ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

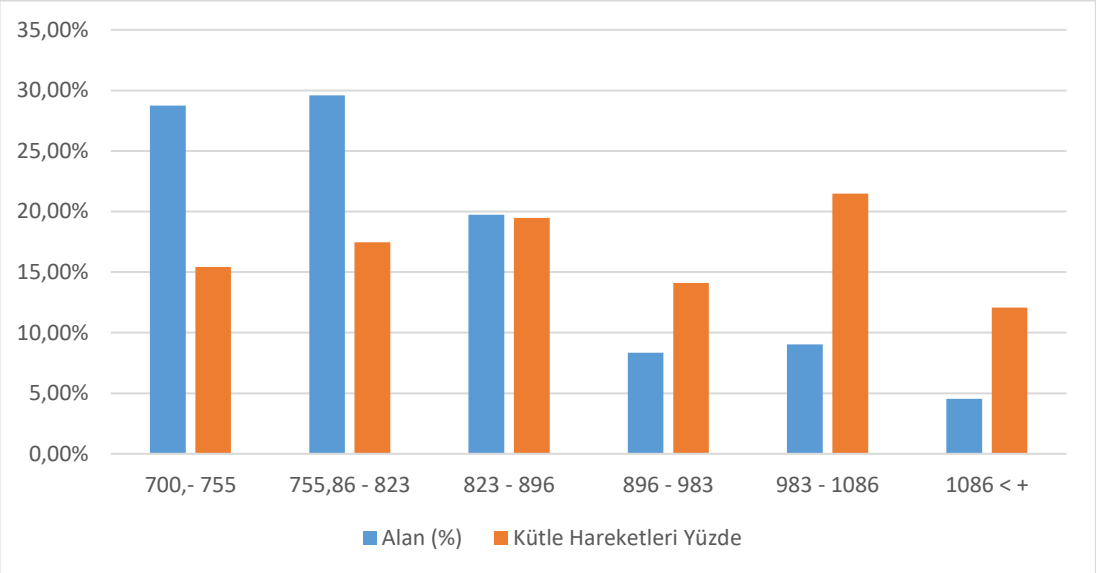
Yapılan analiz ile kütle hareketlerin yağış haritasındaki sınıflar içerisinde nispeten ortalama bir dağılım gösterdiği sonucuna varılmıştır (Tablo 12 ve Şekil 31). Fakat yağış sınıflarının kapladıkları alan ile gerçekleşmiş kütle hareketleri sayısı kıyaslandığında, yağış değeri yüksek olan alanlarda kütle hareketlerinin daha fazla gerçekleştiği sonucuna varılmıştır (Şekil 31). Duyarlılık analizinde yağış değeri yüksek alanlara ağırlık derecesi yüksek, yağış değerinin azaldığı alanlara ağırlık derecesi düşük verilmiştir.

Araştırma sahasında düşen yağış miktarı belirli mevsimlerde yoğunlaşa bilmektedir. Düşen yağış miktarı kış mevsiminde yoğunlaşmakta olup, bu yoğunlaşmayı ilk bahar mevsimi ve daha sonrasında sonbahar mevsimi takip etmektedir. Araştırma sahasında kış mevsiminde yağış genel olarak kar tipinde düşmektedir. Araştırma sahasının kuzeyinde yükselti değerinin arttığı dağlık kuşakta, karstik platoda ve flüviyal karstik depresyonlarda kar uzun süreli yerde tutuna bilmektedir. Bahar mevsimine geçişte havalarının ısınmasına bağlı olarak bu alanlardaki kar örtüsü erimeye başlamaktadır. Erimeyle birlikte sızma ve akış faaliyetleri başlamaktadır. Tutunma, sızma ve akışın yüksek olduğu alanlarda yamaç duyarlılığı bozulabilmekte ve bu yamaçlar kütle hareketleri açısından duyarlı alanlara dönüşebilmektedirler (Cihangir, Görüm ve Nefeslioğlu, 2018). Yapılan arazi çalışmaları ve bir takım ofis çalışmaları sonucunda araştırma sahasındaki kar erimelerinin kütle hareketlerini tetiklediği sonucuna varılmıştır. Kar erimlerinin kütle hareketlerini tetikleme etkisi diğer hazırlayıcı ve tetikleyici faktörlerin etkin olduğu alanlarda daha baskın olabilmektedir. Bu çalışmadan bağımsız olarak araştırma sahasındaki kar erimelerinin kütle hareketlerini tetikleme etkisini somut bir şekilde ortaya koyması açısından karın tutunma, sızma, akış özellikleri üzerinde etkili olan parametrelerin tespit edilip, önem dercesine göre ağırlık derecesi verilmesi gerekir.

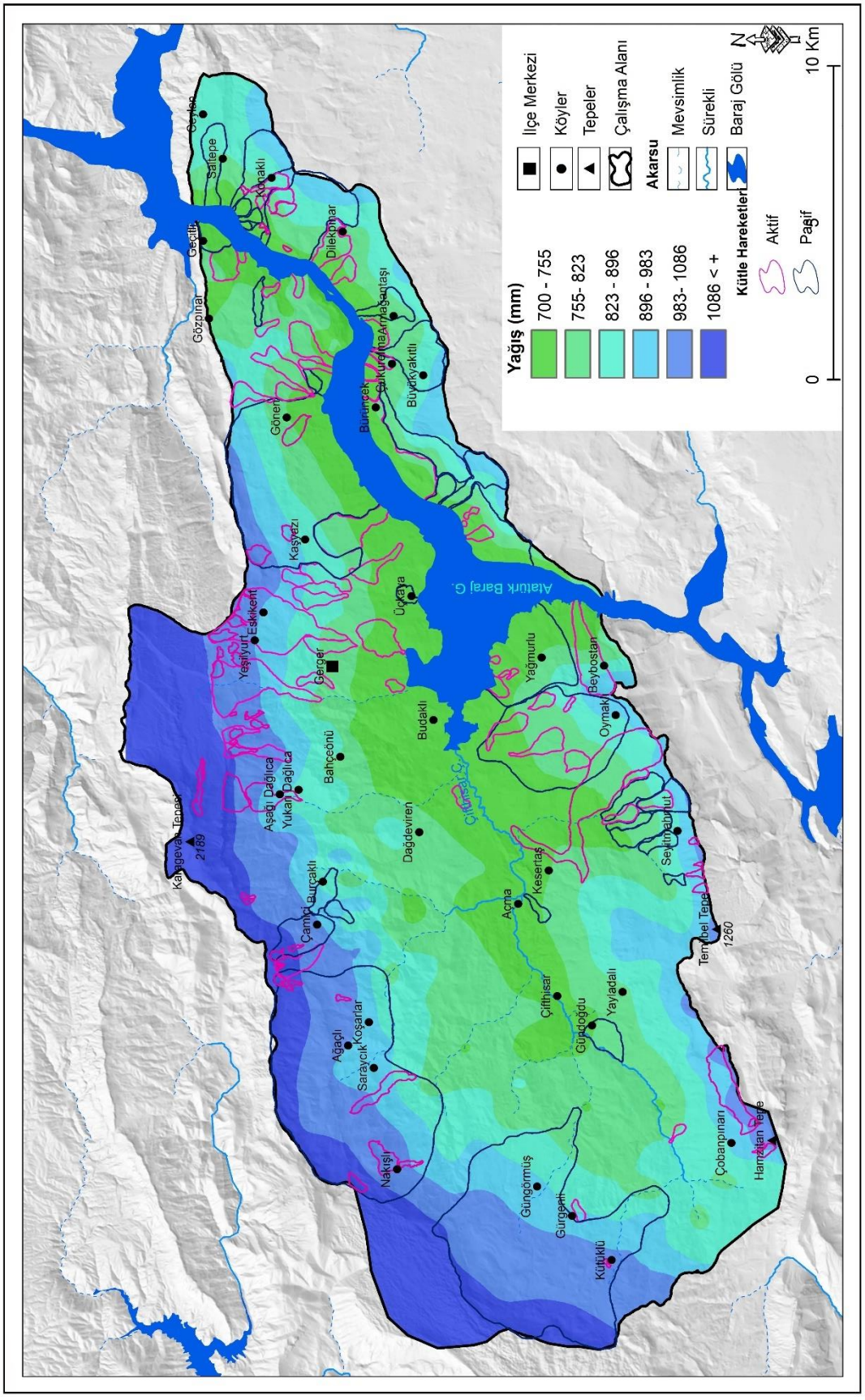
Tablo 12: Yağış Sınıflarının Kapladıkları Alan (Km², %) ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı

Yağış sınıfları	Alan (Km)	Alan (%)	Kütle Hareketleri (Sayı)	Kütle Hareketleri (%)
700- 755	122,35	28,76%	23	15,44%
755,- 823	125,93	29,60%	26	17,45%
823- 896	83,91	19,72%	29	19,46%
896- 983	35,51	8,35%	21	14,09%
983-1086	38,43	9,03%	32	21,48%
1086 < +	19,30	4,54%	18	12,08%
Toplam	425,42	100,00%	149	100,00%

Şekil 31: Yağış Sınıflarının Kapladıkları Alan ve Sınıflara Göre Kütle Hareketlerinin Dağılımı (%)



Harita 24: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Eklenmiş Yağış Haritası



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA SAHASININ KÜTLE HAREKETLERİ DUYARLILIK ANALİZİ

4.1. PARAMETRE HARİTALARININ AĞIRLIKLI ÇAKIŞTIRILMASI

Kütle hareketleri genel olarak doğal sürecinin bir parçasıdır. Bazen antropojenik etkiler sonucunda da meydana gelebilir. Meydana gelen bu kütle hareketlerin bir kısmı doğada insan ve insan tarafından oluşturulan unsurlara zarar vermeden doğal bir olay şeklinde çoğu zaman kimse fark etmeden gerçekleşmektedir. Bir kısmı ise geri dönüşü olmayan can ve mal kayıplarına, arazi deformasyonlarına hatta arazi yetenek sınıflaması açısından degradasyona neden olmaktadır. Nüfusun artması, şehirlerin gelişmesi ve iklim değişikliğinden dolayı kütle hareketlerinden kaynaklanan toplumsal ve ekonomik kayıplar her geçen gün devam etmektedir. Bundan dolayı kütle hareketleri duyarlılık değerlendirmesinin yapılması, bölgesel arazi kullanım planlanması ve çevre koruması açısından oldukça önemlidir. Duyarlılık çalışmaları CBS tabanlı matematik/istatiksel modellerin gelişimiyle hız kazanmışlardır. Son zamanlarda ticari dünyadaki gelişmeler, uzaktan algılama ve bilgiye hızlı erişim ile CBS verileri, kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarının yapılmasını hızlandırmıştır (Nohani, Moharram ve diğ. 2019). Son yıllarda CBS'deki gelişmeler kütle hareketleriyle ilgili verilerin analizini, yönetimini ve bu datalar üzerinden modellemeler yapılmasını da kolaylaştırmıştır.

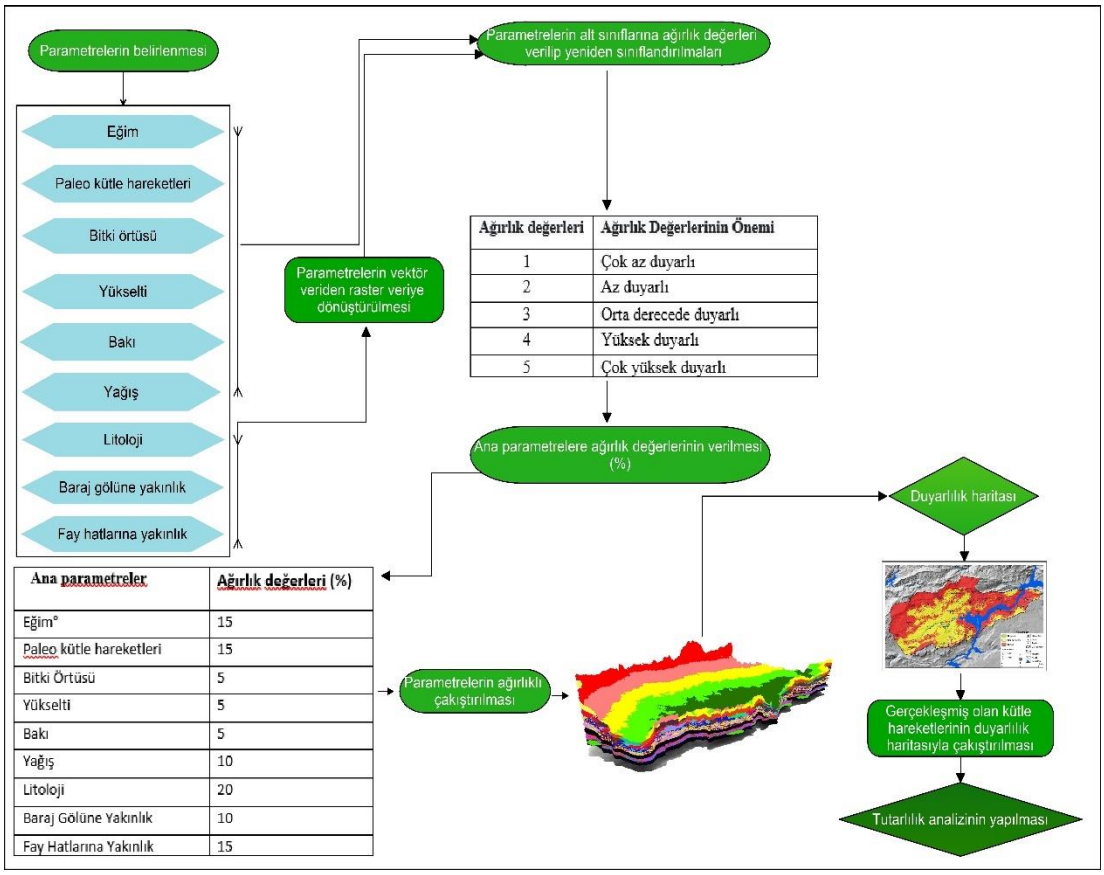
Birçok araştırmacı tarafından kütle hareketleri duyarlılık çalışmalarında havzanın duyarlılığı üzerinde baskın olan asıl parametreler ön plana çıkarılmamaktadır. Bu araştırmacılar daha önce yapılan çalışmaları derleyip en çok tercih edilen parametreleri belirlemektedirler. Belirledikleri bu parametreler çerçevesinde havzanın duyarlılığını ortaya koymaya çalışmaktadırlar. Böyle bir yaklaşım tarzı havzada duyarlılık üzerinde baskın olan asıl parametrelerin yanlış değerlendirilmesine sebebiyet vermektedir. Bu yanlış değerlendirme sonucunda havzada tutarsız bir duyarlılık haritası ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında bu tür hatalardan kaçınmak için, havzada ve yakın çevresinde duyarlılık üzerinde baskın olan asıl tetikleyici ve hazırlayıcı parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu

parametrelerin belirlenmesinde arazi çalışmaları esnasında elde edilen bulgular büyük rol üstlenmiştir.

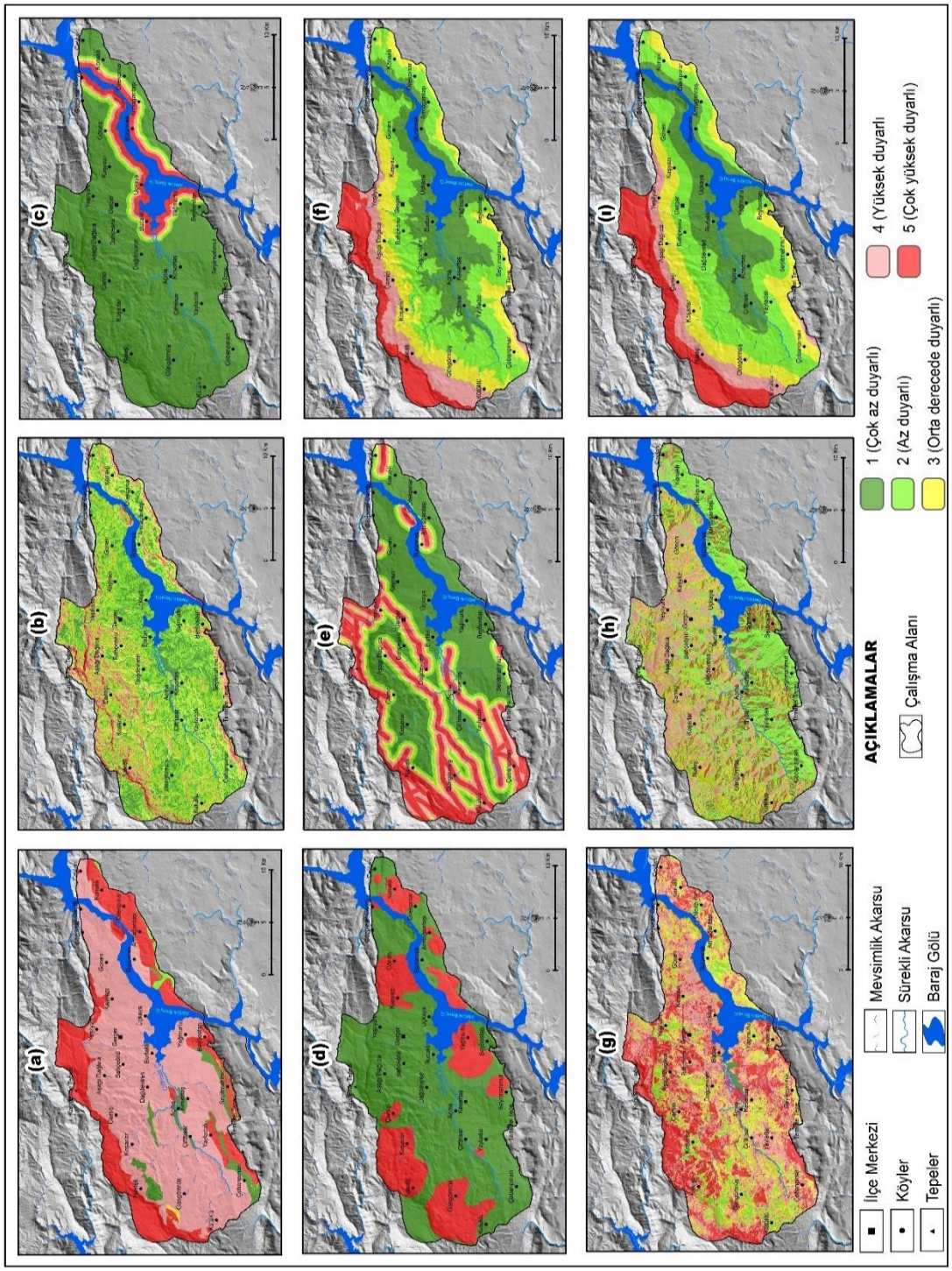
Araştırma sahasında kütle hareketlerinin meydana gelmesinde etkili olan hazırlayıcı faktörler litoloji, eğim, paleo kütle hareketleri, baraj gölüne yakınlık, bitki örtüsü, bakı, yükselti; tetikleyici faktörler ise fay hatlarına yakınlık ve yağış olarak belirlenmişti. Üçüncü bölümde her bir faktör (parametre) ve alt sınıfları kütle hareketleri duyarlığı açısından detaylıca değerlendirilmiştir. Her bir faktörün (parametrenin) alt sınıfları kütle hareketleri duyarlığı açısından puanlandırıldı (Tablo 13). Yapılan puanlamaya göre her bir parametre ArcGIS 10.8 yazılımının ArcMap arayüzünde yeniden sınıflandırıldı. Böylece her bir parametrenin duyarlılık haritası oluşturulmuş oldu (Harita 25). Her bir duyarlılık haritası önem derecelerine göre 100 (yüz) üzerin 'den puanlandırıldı (Tablo 13 ve Şekil 32).

Havza genelinde geçirimliliği farklı kayaçlardan oluşan jeolojik formasyonlar mostra verir. Genel olarak yüzeyde geçirimliliğin yüksek olduğu formasyonların altına geçirimliliği düşük killi formasyonlar gelmekte ve bu durum buraların kütle hareketleri açısından duyarlı ve alanlar haline getirmektedir. Havza ve yakın çevresinde bu stratigrafik dizilim kütle hareketlerinin meydana gelmesinde diğer parametrelerin tetikleyici ve hazırlayıcı özeliklerine göre daha baskın rol oynamaktadır. Bundan dolayı litolojiye ve stratigrafiye diğer parametrelere göre nispeten daha yüksek önem derecesi verilmiştir. Sahada kütle hareketleri eğimin ve göreli yükselti farklarının çok yoğun olduğu dik yamaçlar çevresinde, başka bir ifade ile arazinin şiddetle yarıldığı alanlarda, fay zonları boyunca ve paleo-heyelanların görüldüğü alanlarda yoğunlaşmaktadır. Sahanın genel topografik durumu nedeniyle litolojiyi takiben eğim, paleo kütle hareketleri ve fay hatlarına yakınlık gibi parametreler ön plana çıkarılmıştır (Tablo 13). Baraj gölüne yakınlık ve yağış parametrelerine diğer parametrelere kıyasla daha ortalama bir ağırlık değeri verilmiştir. Yükselti, bitki örtüsü, bakı parametrelerinin diğer parametrelere oranla duyarlılık üzerindeki etki dereceleri düşüktür. Dolayısıyla bu parametrelerin ağırlık değerleri düşük verilmiştir.

Şekil 32: Duyarlılık Analizi Akış Şeması



Harita 25: Her bir parametrenin duyarlılık haritası (a) Litoloji, (b) Eğim (c) Baraj gölüne yakınlık, (d) Paleo kütle hareketleri (e) Fay hatlarına yakınlık, (f) Yükselti, (g) Bitki örtüsü, (h) Bakı, (ı) Yağış



Tablo 13: Parametrelerin Ağırlık Değerleri

Parametreler	Alt Sınıflar	Ağırlık Derecesi	Ana Parametre Ağırlık Derecesi (%)
Litoloji	Alluvial	1	20
	Kördis Bazaltı	1	
	Şelmo Formasyonu	5	
	Lice Formasyonu	3	
	Fırat Formasyonu	1	
	Midyat Grubu	5	
	Gazianantep Formasyonu	4	
	Hoca Formasyonu	5	
	Germav Formasyonu	1	
	Besni Formasyonu	1	
	Metagabbro-Amphibolite	1	
	Terbüzek Formasyonu	5	
	Kastel Formasyonu	1	
	Koçali Karmaşığı	2	
	Koçali Karmaşığı 2	5	
	Karadut Karmaşığı	5	
	Karadut Karmaşığı 2	2	
Eğim	0 - 7,3°	1	15
	7,3 - 14,4	2	
	14,4 - 22,5	3	
	22,5 - 33,9	4	
	33,9 - 78,5	5	
Bakı	Düz	1	5
	Kuzey	5	
	Kuzeydoğu	2	
	Doğu	3	
	Güneydoğu	4	
	Güney	4	
	Güneybatı	2	

	Batı	2	
	Kuzeybatı	2	
Yükselti	547 - 728(M)	1	5
	728 - 929	2	
	929- 1.198	3	
	1.198 - 1.547	4	
	1.547 - 2.259	5	
Bitki Örtüsü	-0,20 - 0,03	1	5
	0,04- 0,14	5	
	0,15 - 0,20	4	
	0,21- 0,28	3	
	0,29 - 0,57	2	
Paleo Kütle Hareketleri Yoğunluk	0	1	15
	4,042	5	
Fay Hatlarına Yakınlık	250(M)	5	15
	500	4	
	750	3	
	1000	2	
	1000 < +	1	
Yağış	340,4- 473,1(Mm)	1	10
	473,2 - 570,9	2	
	571 - 696,6	3	
	696,7 - 864,2	4	
	864,3- 1.028,4	5	
	1.028,5 - 1.230,9	5	
Baraj Gölüne Yakınlık	500(M)	5	10
	750	4	
	1000	3	
	1250	2	
	1250<+	1	

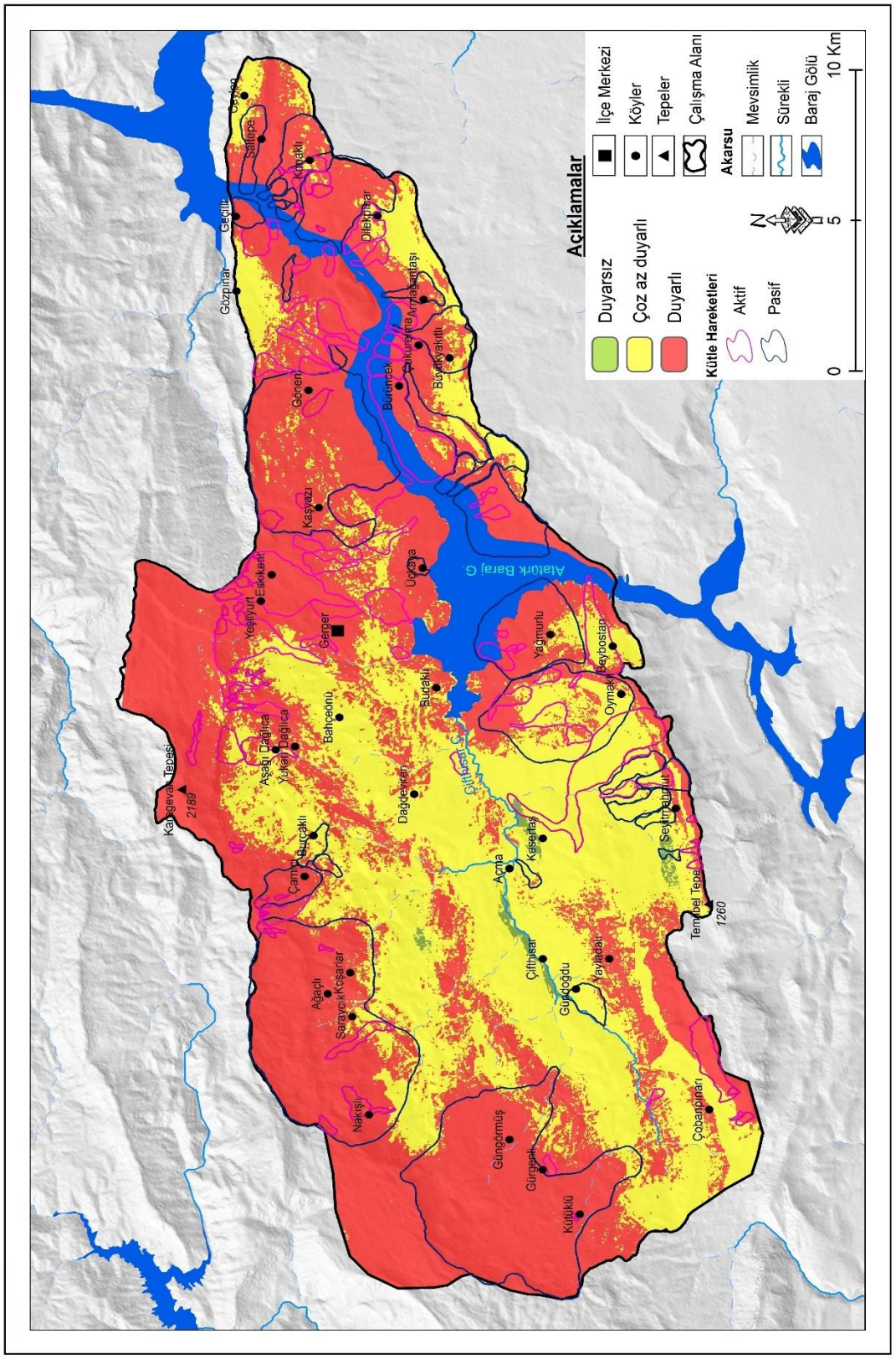
Yapılan duyarlık çalışması ile; sahada duyarsız alanlar 1,95 km^2, çok az duyarlı alanlar 173,93 km^2, duyarlı alanlar 249,54 km^2 olarak hesaplanmıştır (Tablo 14 ve Şekil 33). Duyarsız alanda kütle hareketlerinin gerçekleşmediği, çok az duyarlı alanlarda %17, duyarlı alanlarda %83 oranında gerçekleştiği sonucuna varılmıştır (Tablo 15 ve Şekil 34). Stratigrafik olarak üst kısımlarda geçirimli alt kısımlarda ise geçirimsiz litolojinin var olduğu alanlarda, Adıyaman fayı tarafından yoğun bir şekilde parçalanmış dik yamaçlar, yüksek eğimli çevresine göre yüksek yamaçlar, geçmiş dönemlerde Fırat nehrinin alttan oyduğu yamaçlar, günümüzde Atatürk baraj gölü kenarında nispi dalga aşındırmasının görüldüğü alanlar ile bitki örtüsünün olmadığı veya cılız olduğu alanların duyarlı alanlara tekabül ettiği sonucuna varılmıştır (Harita 26). Bu çalışma doğrultusunda üretilen duyarlılık haritası, alanda yürütülecek risk ve tehlike çalışmalarına öncülük edecek, özellikle de risk ve tehlike çalışmaları nerede yapılmalıdır sorusuna cevap olacaktır.

Araştırma sahasında meşe türleri özellikle palamut meşesi gelişmiş bir kök sistemi sayesinde sığ kütle hareketlerini önlemektedir. Meşe toplulukları bölge halkı tarafından ciddi bir şekilde tahrip edilmektedir. Meşe topluluklarının tahrip edildiği alanlarda sığ kütle hareketlerinin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bölge haklı bu tahribat konusunda bilinçlendirilmelidir.

Araştırma sahasında kaya düşmesi tipinde birçok kütle hareketi gerçekleşmiştir ve saha bu konuda gerçekleşme potansiyeli yüksek bir alandır. Bu kaya düşmeleri yerleşim alanları ve yollar açısından risk teşkil etmektedir. Kütüklü, Saraycık, Ağaçlı köylerinde kaynağından kopmuş büyük kaya blokları mevcuttur (Foto 18, 19, 20). Bu kaya blokları bahsi geçen köyler için risk teşkil etmektedir. Hy – STONE, Rocfall Analyst, Rockyfor3D, RAMMS: Rockpro3D vb. yazılımlar kullanılarak alanla ilgili birtakım modellemeler yapılmalıdır. Üretilen modeller doğrultusunda tehlike sınırları belirlenmelidir. Bu doğrultuda koruma yapıları inşa edilmelidir. Kütüklü – Eskikent yol güzergâhında da kaya düşmeleri meydana gelmektedir (Foto 21). Bu yol güzergâhı boyunca da kaya düşmelerinin kaynak alanları tespit edilmelidir. Tespit edilen alanlarla ilgili birtakım modellemeler yapılmalı, tehlike sınırları belirlenmelidir. Bir takım iyileştirme (önleme ve koruma) yöntemleri geliştirilmelidir.

Yeşilyurt köyünün kuzeyinde yüksek duyarlı alanda moloz kayması ve kaya düşmeleri meydana gelmiştir. Bu kütle hareketleri sonucunda Yeşilyurt Köyü'nün kuzeyinde ciddi bir moloz yığını birikmiştir. Bu moloz yığını herhangi bir tetikleyici faktör ile tekrar harekete geçebilir. Yeşilyurt köyü kütlenin transfer zonunda bulunmaktadır (Foto 22). Dolayısıyla biriken moloz yığını Yeşilyurt köyü için risk teşkil edebilir. Bu nedenle Yeşilyurt köyü için risk odaklı birtakım modellemeler geliştirilmeli, somut çözüm önerileri sunulmalıdır.

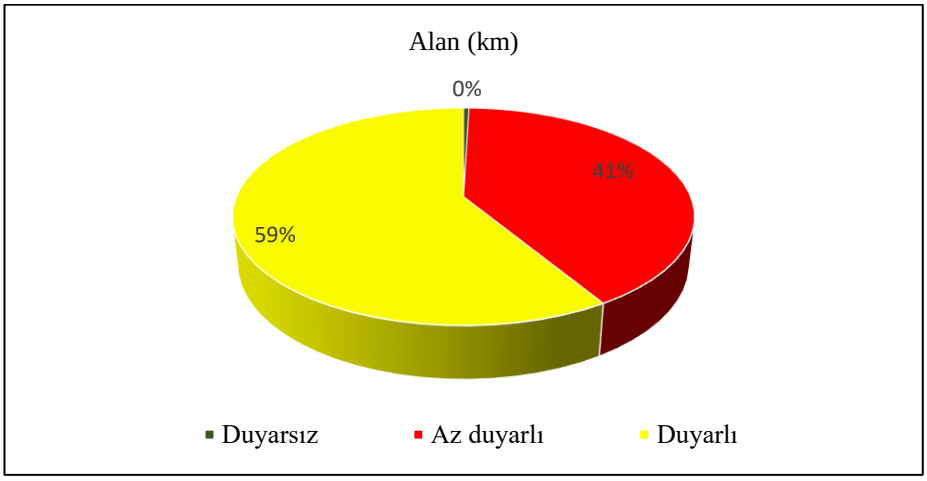
Harita 26: Araştırma Sahasının Kütle Hareketleri Duyarlılık Haritası



Tablo 14: Duyarlılık Sınıflarının Kapladığı Alan (Km² ve %)

Duyarlılık Sınıfları	**Alan (km)**	**Yüzde (%)**
Duyarsız	1,95	0,5%
Az duyarlı	173,93	40,9%
Duyarlı	249,54	58,7%
Toplam	425,42	100%

Şekil 33: Duyarlılık Sınıflarının Kapladığı Alan (%)



Tablo 15: Duyarlılık Analizi Tutarlılık Oranı (%)

Duyarlılık Sınıfları	**Piksel Sayısı**	**Yüzde (%)**
Duyarsız	0	0%
Az duyarlı	50540	17%
Duyarlı	238325	83%
Toplam	288865	100%

Şekil 34: Duyarlılık Analizi Tutarlılık Oranı (%)

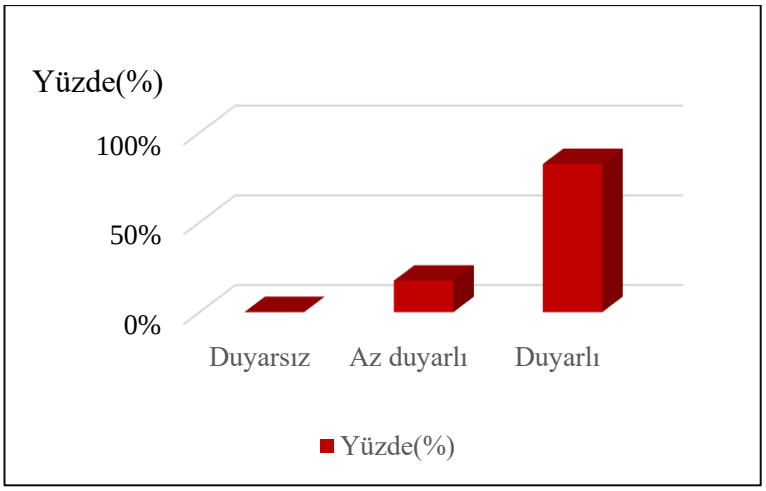


Foto 18: Kütüklü Köyü İçin Risk Teşkil Eden Kaya Düşmesi

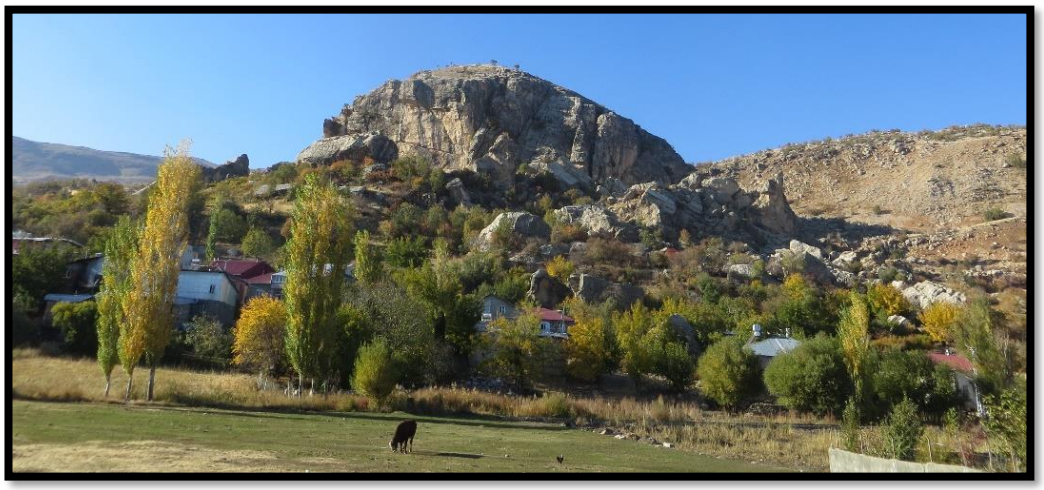


Foto 19: Ağaçlı Köyü İçin Risk Teşkil Eden Kaya Düşmesi



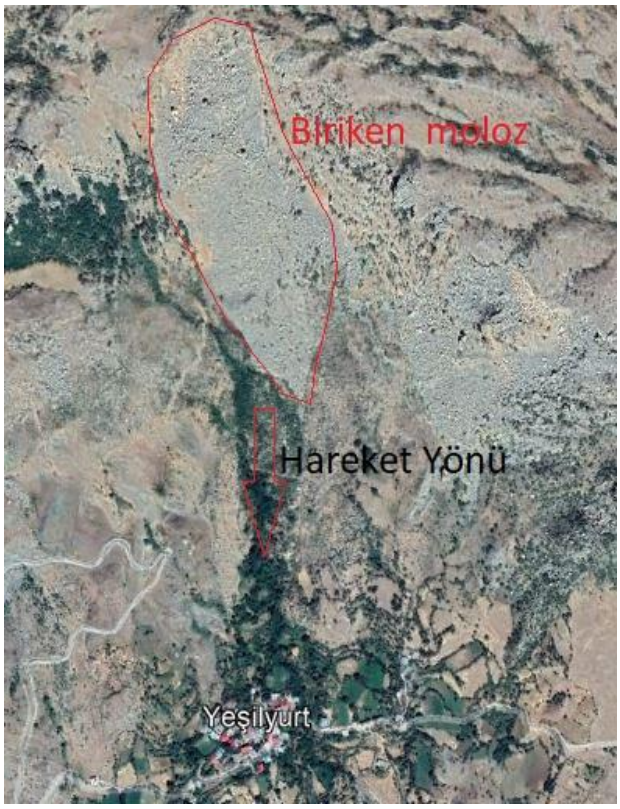
Foto 20: Saraycık Köyü İçin Risk Teşkil Eden Kaya Düşmesi



Foto 21: Kütüklü – Eskikent Yol Güzergâhında Da Kaya Düşmeleri, Bu Güzergâhta Bu Gibi Kaya Düşmeleri Meydana Gelme Potansiyeli Vardır. Yol İçin Risk Teşkil Etmektedir



Foto 22: Yeşilyurt Köyü'nün Kuzeyinde Birikmiş Moloz, Yeşilyurt Köyü İçin Risk Oluşturmaktadır



SONUÇ VE ÖNERİLER

Çifthisar Havzasının kütle hareketleri açısından duyarlılığının belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada, sahada duyarsız alanlar 1,95 km^2, çok az duyarlı alanlar 173,93 km^2, duyarlı alanlar 249,54 km^2 olarak hesaplanmıştır. Duyarsız alanda kütle hareketlerinin gerçekleşmediği, çok az duyarlı alanlarda %17, duyarlı alanlarda %83 oranında gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Araştırma sahasında kütle hareketlerinin yoğun bir şekilde gerçekleştiği ve gerçekleşme potansiyelinin yüksek olduğu, yapılan analizlerle ortaya konulmuştur. Araştırma sahasında yerleşim alanları, yol, köprü, menfez vb. mühendislik yapıları mevcuttur. Bu tür yapıların kütle hareketlerinden etkilenme olasılığı vardır. Dolayısıyla detaylı risk ve tehlike çalışılmaları yürütülmelidir.

Duyarlılık haritasında yüksek duyarlı alanlar içerisinde yer alan tarım alanları yerleşmeler, yol, köprü, menfez vb. mühendislik yapıları tespit edilmelidir. Tespit edilen bu alanlarla ilgili detaylı saha çalışmaları ve birtakım modellemeler yapılmalıdır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda bir takım çözüm önerileri sunulmalıdır.

Yüksek duyarlı sınıf içerisinde yer alan yerleşim alanları vardır. Bu tür alanlarda risk unsurunun tespit edilmesi açısından detaylı jeoloji ve jeofizik tabanlı çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir. Bunlardan Kütüklü, Saraycık, Ağaçlı, Yeşilyurt köyleri kaya düşmesi moloz akması gibi tehlikelerle karşı karşıyadır. Bu köylerde detay araştırmalar ivedilikle yapılarak yöre halkının can ve mal güvenliği korunmalıdır.

Araştırma sahasında kütle hareketlerinden meydana gelebilecek afetler hakkında bölge halkı ve yerel yönetimler bilinçlendirilmelidir.

Sahada yakacak temini için meşe ağaçları kesilmekte, meşe topluluklarının tahribi özellikle sığ kütle hareketlerinin oluşmasına sebebiyet vermektedir.

Araştırma sonucunda ortaya çıkan duyarlılık haritası yörede faaliyet gösteren kamu kurumları tarafından incelenmeli alandaki yatırım projelerini bu duyarlılık haritası ışığında şekillendirmelidir. Bu kuruluşların araştırma sahasında kütle hareketlerin sebebiyet vereceği bir afetti önleme veya daha az bir etkiyle atlatma

açısından duyarlılık haritasını dikkate almaları ve faaliyet planlarını ona göre yürütmeleri gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Abella, C., & Westen, V. (2007). Generation of a Landslide Risk İndex Map for Cuba Using Spatial Mult-Criteria Evaluation. *Springer*, 10.10007/s10346-007-0087-y.

Açıkbaş, D., & Baştuğ, C. (1975). *Bölge Cacas-Hani yöresi kuzey sahalarının jeoloji Raporu ve petrol olanakları.* Ankara: TPAO Arama Grubu.

Akgün, A. (2018). Bulanık Uyarlanabilir Rezonans Teorisi (FuzzyART) Yöntemi Kullanılarak heyelan Duyarlılık Analizi: Tonya (Trabzon) Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (1) :135- 146.

Alatürk G. (2018). "Heyelan Duyarlılığın Yapay Sinir Ağlarıyla Değerlendirilmesi Rize Güneysu Havzası Örneği. *2. Ulusal Heyelan Sempozyumu Sempozyumu, Bildiri Özetleri Kitabı.* Ankara.

Arca, D., & Kutoğlu, Ş. (3-6 Mayıs 2017). Frekans Oranı Metodu İle Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi. *TMMOB Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı*.

Atalay, İ. (2016). *Uygulamalı Jeomorfoloi.* İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.

Avcı, V. (2006). Kütle Hareketleri; Kütle Hareket Sınıflandırılması, Kütle Hareketlerine Türkiye'den Örnekler, Yüksek Lisans Semineri, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ayalew, L., Yamagishi, H., & Ugawa, N. (2004). Landslide Susceptibility Mapping Using GIS-Based Weighted Linear Combination, the Case in Tsugawa Area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. *Springer*, 1:73–81.

Aytaç, A. S., & Bozdağ, E. (2017). *Nemrut Dağı ve Çevresinin Potansiyel Jeomiras Alanları.* İstanbul: Kriter.

Bakırcı, M. (2017). *Coğrafyası, Gerger Yöresi Beşeri.* İstanbul: Çantay Kitabevi.

Baltacı, H., & Karaca, M. (2010). Doğu Karadeniz Bölgesinde (Rize, Trabzon, Giresun Heyelan Yağış İlişkisinin İncelenmesi ve Minimum Eşik Değerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü.

Bolat, A., & Gürbüz, K. (2012). Adıyaman İli Kuzeyinin Jeolojisi Ve Petrol Olanakları. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüs Jeoloji Mühendisliği Dergisi,* Cilt:27-2.

Bozdağ, E. (2015). Nemrut Dağı (Adıyaman) ve Çevresinin Jeopark Olma Potansiyelin Araştırılması,Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Can, A., & Ercanoğlu, M. (2014). Yapay Sinir Ağlarıyla Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Farklı Algoritmaların Kullanımımın tartışılması. Yüksek Lisan Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı.

Cihangir, M., Görüm, T., & Nefeslioğlu, H. (2018). Heyelan Tetikleyici Faktörlerine Bağlı Mekânsal Hassasiyet Değerlendirmesi. *Türk Coğrafya Dergisi,* 133-142.

Dağ, S., & Bulut. F. (2007) Çayeli(Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi, Yüksek Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Dalı Bilim Dalı.

Dai, C. F., & Lee, F. C. (2003). A Spatıotemporal Probabılıstıc Modellıng of Storm-Induced Shallow Landslıdıng Usıng Aerıal Photographs And Logıstıc Regressıon. *Wiley InterScience*, 27–545.

Dai, C. F., Lee, F. C., & Diğerleri. (2001). Assessment of Landslide Susceptibility on the Natural Terrain of Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geology*.

Demir, T., Seyrek, A., Westaway, R., H., G., Scaillet, S., Beck, A., & Bridgland. (2012). Late Cenozoic Regional Uplift And Localised Crustal Deformation Within The Northern Arabian Platform In Southeast Turkey: Investigation Of The Euphrates Terrace Staircase Using Multidisciplinary Techniques. *Geomorphology Elsevıer,*: Cilt 165-166, 7-24.

Demir, T., Westaway, R., Bridgland, D., R., & Seyrek, A. (2007). Terrace staircases of the River Euphrates in Southeast Turkey, Northern Syria And Western Iraq: Evidence For Regional Surface Uplift,. *Quaternary Science Reviews*, Sayı: 22-24, cilt 26, 2844-2863.

Duman, Y., Çan, T., Nefeslioğlu, H., Durmaz, S., Hamzaçebi, S., Elmacı, H., & Çörekçioğlu, Ş. (2009). *Türiye Heyelan Envanteri / Erzurum paftası.* Ankara: MTA.

Duman, Y., Çan, T., Nefeslioğlu, H., Durmaz, S., Hamzaçebi, S., Elmacı, H., & Çörekçioğlu, Ş. (2009). *Türiye Heyelan Envanter Haritası/ Hatay paftası.* Ankara: MTA.

Erinç, S. (2016). *Jeomorfoloji 1.* İstanbul: Der yayınları.

Fidan, S., & Görüm, T. (2019). Türkiye'deki Ölüme Sebep Olan Heyelanaların Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstaSosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı.

Gelişli K. (2018). Jeofizik Yöntemlerle Heyelan Araştırmaları. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi,* Cilt: 17, No: 2.

Goodman, R., & J.W., B. (1976). Toppling of Rock Slopes. *Proceedings of the Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations and Slopes,* (s. 201-234.).

Gökçe, O. (2008). *E Kütüphane Afet Haritarı, Türkiye Heyelan Yoğunluk Haritası.* Ankara: AFAD.

Gökçeoğlu, C., & Ercanoğlu, M. (2001). Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametlere İlişkin Belirsizlikler. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni,* 3 (2001), 189-206.

Görüm, T., 2006. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi: Melen Boğazı ve Çevresi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı

Günay, Y. (1998). *Güneydoğu Anadolu'nun Jeolojisi-Stratigrafisi.* Ankara: TPAO Arşivi.

Hasekioğullar, G. D., & Ercanoğlu, M. (2010). Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Parametre Etkilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lİsan Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı.

He, Y., & Beighley, R. (2007). GIS-Based Regional Landslide Susceptibility Mapping: a Case Study in Southern California. *İnterScience,* 10.1002/esp.1562.

Heim, A. (1932). *Landslides and human lives (Bergsturz and Menschenleben.* Vancour: Bi-Tech Publishers, Vancouver, BC,.

Hungr, O. L. (2013). Varnes Classification Of Landslide Types An Update. *ResearchGate*, 10.1007/s10346- 013- 0436 -y.

Jaboyedoff, M., Oppikofer, T., & Diğerleri. (2010). Use of LIDAR in Landslide İnvestigation: review. *Springer*, 10.1007/s111069-010-9634-2.

Jaboyedoff, Oppikofer, M., diğerleri, T. v., & 2010. (tarih yok).

Jelínek, R., & Wagner, P. (2007). Landslide Hazard Zonation by Deterministic Analysis (Veľká Čausa Landslide Area, Slovakia). *Springer*, 10.1007/s10346-007-0089-9.

Öztürk, Ö. (2002). Heyalanlar Ve Türkiyeye Etlieri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*.

Kahraman, E., & Kibici, Y. (2008). *Temel Jeoloji Prensipleri*. Ankara: Belen Yayıncılık Ve Matbacılık.

Karaağaç S., Çoruk., & Ö Karakuş A., (2013). İzmit -Tavşantepe Doğusunda Meydana Gelen Kaya Kaymasının Mühendislik Jeolojisi Kapsamında Değerlendirilmesi. *Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi*, sayı:1.

Karadoğan, S., & Tambul, S. (2005). Adıyaman Havzasının Genel ve Uygulamalı Jeomorfolojisi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı.

Kavak, O. (2013). Diyabakır İli Dicle İlçesi ve Çevresinin Jeolojik Özellikleri. *ResearchGate*, 293481438.

Kavzoğu, T., Çölkesen, İ., & Kutlug, Ş. E. (2012). Heyelan duyarlılık çalışmalarında kullanılan faktörlerin araştırıması Düzköy örneği. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*.

Kazeev, A. P. (2017). Landslide investigations in Russia and the former USSR. . *Natural Hazards*, 1-21.

Keskin, İ. (2014). *1/ 100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Elazığ-L42 Paftası.* Ankara: MTA.

Keskin, İ. (2014). *1/ 100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Şanlıurfa- M41 Paftası.* Ankara: MTA.

KGM. (2015). *Heyelan Tanımlama ve Veri Oluşturma Klavuzu.* Ankara: Karayolları Genel Müdürlüğü.

Komaç, M. (2006). A Landslide Susceptibility Model Using the Analytical Hierarchy Process method and Multivariate Statistics in Perialpine Slovenia. *Elsevier*, 74(1):17-28 .

Lee S., M. K. (2001). Statistical Analysis of Landslide Susceptibility at Yongin,. *Environmental Geology*, 40, 1095-1113.

Lee, S., & Sambath, T. (2006). Landslide Susceptibility Mapping in the Damrei Romel Area, Cambodia Using Frequency Ratio and Logistic Regression Models. *Environmental Geology*, 50: 847–855.

Lee, S., & Talip, J. (2005). Probabilistic Landslide Susceptibility and Factor Effect Analysis. *Environmental Geology*, 47: 982–990.

Lee, S., & Tu Dan, N. (2005). Probabilistic Landslide Susceptibility Mapping in the Lai Chau Province of Vietnam: Focus on the Relationship Between Tectonic Fractures and Landslides. *Environmental Geology*, 48: 778–787.

Li Yanrong, M. P. (2019). A unfield Landslide Classfication Symtem For Loess slopes: A critical Review. *Geomorphology*, 10.1016.

Lutgensf, F., Tarbuck, E., & Tasa, D. (2013). *Genel Jeoloji Temel Kavramlar*. Ankara: Çev. Helvacı, H. Nobelkitap.

Magliulo, P., & Lisio, A, (2008). Geomorphology and landslide susceptibility assessment using GIS and bivariate statistics: a case study in southern Italy. *Springer*, 10.1007/s11069-008-9230-x.

Meten, M., & Bhandary N.P. (2015). Effect of Landslide Factor Combinations on the Prediction Accuracy of Landslide Susceptibility Maps in the Blue Nile Gorge of Central Ethiopia. *Springer*, 10.1186/s40677-015-0016-7.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü/ Gerger İstasyonu (MGM, 2013-2021).

Milne, C. D. (2003). The Firt Classification Of Landslides. *Environmental and Engineering Geoscience*, 10.2113/9.3.197.

Monroe, J., & Wıcander, R. (2007). *Fiziksel Jeoloji.* Ankara: Çev. Dirik, K. ve Şener, M. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Çeviri Seri No:1.

Nefeslioğlu, A., Duman, T., & Durmaz, S. (. (2008). Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey). *Elsevier* , 401-418.

Neushauser, B., & Terhorst, B. (2006). Lasdslide Susceptibility Assessment Using "Weihghts-of-Evidence" Applied to a Study Area at the Jurasssic Escarpment (SW-Germany). *Elsevıer,* 10.1016.

Nohani, N., Moharrami, M., Sharaf, S., Khosravi, K., Pradhan, B., Pham, B., . . . Melesse, A. (2019). Landslide Susceptibility Mapping Using Different GIS-Based Bivariate Models. *MDPI,* 2 - 22.

Ömürbek N., Ş. A. (2014). "Analitik Hiyerarşi Süreci Ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleri İle Online Alış Veriş Merkezi Site Seçimi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırma Dergisi*, Sayı:22 2014.

Ösna T., Sezer, E. (2013). Gıs Tabanlı Bir Mamdani Bulanık Çıkarsama Aracının Geliştirimi ve Heyelan Duyarlılık Haritası Üretimine uygulanması, Lisan Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı.

Pektezel, H. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri Analitik Hiyarşi Yöntemi Kullanarak Gelibolu Yarımadasıı'nda Heyalana Duyarlı Alanların Belirlenmesi. *International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic* , 789-814, ISSN: 1308-2140,.

Perincek, D. (1979). Geological İnvestigation of Çelikhan-Sincik-Koçali Area (Adıyaman Province). *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, B-44, 127-147s.

Perinçek, D. (1981). *Güneydoğu Anadolu'da Jeokimya Çalışmaları Yapılacak Mesozoyik ve Tersiyer Yaşlı Anakaya Olasılı Brimlerin Stratigrafisi.* Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü.

Razak, K., Straatsma, S., & Diğerleri. (2012). Generating an Optimal DTM from Airborne Laser Scanning Data for Landslide Mapping. *Elsevıer*, 04271- 14.

Santacana, N., Baeza, B., Coromınas, J., Depaz, A., & Marturıa, J. (2003). A GIS-Based Multivariate Statistical Analysis for Shallow Landslide Susceptibility Mapping in La Pobla de Lillet Area (Eastern Pyrenees, Spain). *Kluwer Academic Publishers*, 30: 281–295.

Sharpe, C. (1938). *Landsilde and Related Phenomena.* Clumbia: Columbia University Press.

Siler, M., & Şengün, M. T. (2016). Kaman Deresi Havzasında (Pütürge-Malatya) Kütle Hareketleri. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu.* Ankara: TÜCAUM.

Sütçü, Y. (2009). *1/ 100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları- M42 Paftası.* Ankara: MTA.

Tetikbiçer, Ç. E. (2017). Heyelan Risk Haritalaması Yarı Sayısal Bir Değerlendirme, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalı

Tolga, G. (2015). Yamaçlar. U. Doğan içinde, *Jeomorfolojinin temelleri* (s. 164 - 186). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmalık.

Tunusluoglu, M., Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H. A., & Sonmez, H. (2007). Extraction of Potential Debris Source Areas by Logistic Regression Technique: a Case Study from Barla, Besparmak and Kapi Mountains (NW Taurids, Turkey). *Springer*, 10.1007/s00254-007-0788-5

Ulamış, K., (2019). Kütle hareketleri. Yayınlanmış ders notları https://docplayer.biz.tr/209489495-Jfm319-muhendislik-jeolojisi-kutle-hareketleri-dr-koray-ulamis.html.

Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. *National Academy of Sciences*, 11 - 33.

Wachal, D. J., & Hudak, P. F. (2001). Mapping landslide susceptibility in Travis County, Texas, USA. *Kluwer Academic Publishers*, 245–253.

Yalçın, A. (2007). Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Ve Cbs'nin Kullanımı. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*.

Yalçın, N. (1976). *Narince- Gerger (Adıyaman ili) Alanının Jeoloji İncelemesi ve Petrol Olanaklarının Araştırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Doktora Tezi.* İstanbul: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü.

Yıldırım, N., & Parlak, O. (2020). Koçali Karmaşığını (Adıyaman) Oluşturan Okyanusal Birimlerin Petrolojik Özellikleri ve Tektonik Önemi. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39-13.

Yılmaz, E., & Duran, O. (1997). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi Otokton ve Allokton Birimler Stratigrafi Adlama Sözlüğü.* Ankara: TPAO Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı Eğitim Yayınları.

Yoldemir, O. (1987). *Suvarlı-Haydarlı-Narh- Gaziantep Arasında Kalan Alanın jeolojisi, Yapısal Durumu ve Petrol Olanakları.* Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü.

Zambak, C. (1979). Kaya Şevlerinin Devrilme Türündeki Bozulmaların Mekaniği ve Deneysel irdelenmesi. *Researchgate*, Sayı: 18/1

Zeybek, M., & Şanlıoğlu, İ. (2013). Heyelanların İzlenmesinde Yersel Lazer Tarama Tekniklerinin Kullanıması Üzerine Bir Araştırma. *Türkiye Ulusal Fotogmetri ve Uzakatan Algılama Birliği 7. Tekniz Sempozyumu.* Trabzon.

Zêzere, J., Oliveira, S., Garcia, R., & Reis, E. (2006). Landslide Risk Analysis in the Area North of Lisbon (Portugal): Evaluation of Direct and İndirect Costs Resulting from a Motorway Disruption by Slope Movements. *Springer,* 10.1007/s10346-006-0070-z.

Zıne El Abıdıne, R., & Abdelmansour, N. (2018). Arzev Bölgesi (Cezayir'in Kuzeybatısı) İçin Bilgi Değeri ve Frekans Oranı Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalaması . *Maden Tetkik ve Arama Dergisi,* 160: 197-211.