



T.C.

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**COĞRAFYA ANABİLİMDALI**

**İliç (Erzincan) Kuzeydoğusu Karst Jeomorfolojisi**

Yüksek Lisans Tezi

Rümeysa YUNAL

Danışman

Doç. Dr. Ali İMAMOĞLU

Nevşehir

Şubat 2022

Rümeysa YUNAL

İliç (Erzincan) Kuzeydoğusu Karst Jeomorfolojisi

Yüksek Lisans Tezi

Nevşehir

2022



T.C.

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

İLİÇ (ERZİNCAN) KUZEYDOĞUSU KARST

JEOMORFOLOJİSİ

Yüksek Lisans Tezi

**Hazırlayan:**

Rümeysa YUNAL

**Danışman:**

Doç. Dr. Ali İMAMOĞLU

Nevşehir

Şubat 2022

## **BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ**

Hazırladığım Yüksek Lisans tez çalışmasının bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan ve dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, yazımda tez yazım kılavuzuna uygun davranıldığımı taahhüt ederim.

02/02/2022

Rümeysa YUNAL



## KILAVUZA UYGUNLUK ONAYI

“ İliç(Erzincan) Kuzeydoğusu Karst Jeomorfolojisi ” adlı Yüksek Lisans tezi,  
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Tez  
Yazım Kılavuzu’na uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan  
Rümeysa YUNAL

Danışman  
Doç. Dr. Ali İMAMOĞLU

Coğrafya Anabilim Dalı Başkanı  
Doç. Dr. Şenay GÜNGÖR

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Ali İMAMOĞLU danışmanlığında Rümeysa YUNAL tarafından hazırlanan “İliç (Erzincan) Kuzeydoğusu Karst Jeomorfolojisi” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

02/02/2022

JÜRİ

İMZA

Danışman :Doç. Dr. Ali İMAMOĞLU

Üye :Prof. Dr. Ali MEYDAN

Üye :Dr. Öğr. Üyesi Volkan DEDE

ONAY: Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun ..... /..... / ..... tarih ve ..... sayılı Kararı ile onaylanmıştır.

..... /..... / .....

.....  
Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans sürecimizin her aşamasında bilgisini ve yardımını esirgemeyen, yolumuzu ışığıyla aydınlatan, danışman hocam Doç. Dr. Ali İMAMOĞLU'na saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Savunma sürecimde destek ve katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. Ali MEYDAN hocama ve Dr. Öğr. Üyesi Volkan DEDE hocama teşekkür ederim. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Coğrafya Bölümü'ndeki değerli hocalarım Doç. Dr. Şenay GÜNGÖR'e, Doç. Dr. Ahmet UYSAL'a, Öğr. Gör. Fatih ADIGÜZEL'e ve Arş. Gör. Hasan İÇEN'e teşekkür ederim. Her koşulda yanımda olan aileme, arkadaşlarıma minnetlerimi ve şükranlarımı sunarım.



## ÖZET

### İLİÇ (ERZİNCAN) KUZEYDOĞUSU KARST JEOMORFOLOJİSİ

Rümeysa YUNAL

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER

ENSTİTÜSÜ COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

Ekim 2021

**Danışman: Doç.Dr. Ali İMAMOĞLU**

Karstik araziler, karstlaşma süreçlerinin belirgin olarak gözlemlendiği alanlar olarak tanımlanabilir. Araştırma sahası Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde Erzincan İli, İliç İlçesi kuzeydoğusunda yer almaktadır. Hidrolojik olarak güneyden Fırat Nehri, batıdan Kuruçay, kuzeybatıdan Erhami Çayı, kuzeydoğu ve doğudan ise Büyük Dere (Atma Çayı ve Mayha Deresi) ile sınırlandırılmıştır. Araştırma sahasının büyük kısmı Miyosen yaşlı karstik formasyondan oluşmaktadır. Araştırma sahası toplam alanı 194,56 km<sup>2</sup>'dir. Bu çalışmada sahanın karstlaşma süreçlerini ortaya koyarak alanın karstik evrimini açıklamak amaçlanmıştır. Ayrıca araştırma sahasında yer alan jeomorfolojik birimler tespit edilerek ve sınıflandırılmıştır. Araştırma sahasına ait topografik ve kartografik materyaller yeniden değerlendirilmiş, saha çalışmaları ve CBS yöntemleri kullanılmıştır. Sahaya ait morfometrik incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmada nispeten yeni bir yöntem olan drone ile haritalama ve ölçüm teknikleri kullanılmıştır. Sahadan alınan kayaç örneklerinden analizler yaptırılmış ve analizler karstik ortam özelliklerine göre yorumlanmıştır. Karstik alan çalışmalarında sahada arazi ve doğal kaynakların kullanımı, karstik şekillerin tespit edilmesi, büyük arazilerde haritalama ve şekillerin fotoğraflanması gibi bazı faaliyetleri drone kullanımı ile daha kolay hale getirmek amaçlanmaktadır. Karstik alandaki problemler alanlara yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Karst jeomorfolojisi, Dolin, İliç, Erzincan, Jips.

## ABSTRACT

### KARST GEOMORPHOLOGY OF NORTHEAST İLİÇ (ERZINCAN)

Rümeysa YUNAL

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY SOCIAL SCIENCES

INSTITUTE DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

October 2021

**Advisor: Assoc.Prof. Ali İMAMOĞLU**

Karst lands can be defined as areas where karstification processes are clearly observed. The research area is located in the Upper Euphrates Section of the Eastern Anatolia Region, in the northeast of İliç District of Erzincan Province. Hydrologically, it is bounded by the Euphrates River from the south, Kuruçay from the west, Erhami Stream from the northwest, and Büyük Creek (Atma Stream and Mayha Stream) from the northeast and east. Most of the research area consists of Miocene aged karst formation. The total area of the research area is 194.56 km<sup>2</sup>. In this research, it is aimed to explain the karstic evolution of the area by revealing the karstification processes of the area. In addition, geomorphological units in the research area were identified and classified. Topographic and cartographic materials of the research area were re-evaluated, field studies and GIS methods were used. Morphometric studies of the field were made. In this study, mapping and measurement techniques with drone, which is a relatively new method, were used. Analyzes were made from the rock samples taken from the field and the analyzes were interpreted according to the karstic environment characteristics. In karstic field studies, it is aimed to make some activities such as the use of land and natural resources in the field, the detection of karst shapes, mapping in large areas and photographing shapes easier with the use of drones. Solution suggestions were presented for the problematic areas in the karstic area.

**Keywords:** Karst geomorphology, Dolin, İliç, Erzincan, Gypsum.



Bu Araştırma Nevşehir Hacı Bektaş Veli Őniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından ABAP20S2 numaralı “İliç Kuzeydoğusu Karst Jeomorfolojisi” isimli proje ile desteklenmiştir.



## İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ.....	İ
KLAVUZA UYGUNLUK ONAYI.....	İİ
KABUL VE ONAY SAYFASI .....	İİİ
TEŞEKKÜR.....	İV
ÖZET .....	V
ABSTRACT.....	VI
İÇİNDEKİLER .....	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	XI
TABLolar LİSTESİ.....	XIII
GENEL LİTERATÜR BİLGİSİ .....	1
1. Karst Jeomorfolojisi ile İlgili Araştırmalar .....	1
2. Jips Karstı ile İlgili Çalışmalar.....	5
3. Erzincan’da Karstlaşmayı Etkileyen Faktörler ile İlgili Çalışmalar .....	6
4. Karstik Sahalarda Morfometri ile İlgili Çalışmalar .....	7
ARAŞTIRMA SAHASI YERİ VE SINIRLARI .....	9
ARAŞTIRMANIN AMACI.....	11
1.BÖLÜM: MALZEME VE YÖNTEMLER .....	12
2. BÖLÜM: BULGULAR .....	16
2.1. Karstlaşmayı Etkileyen Doğal Ortam Özellikleri .....	16
2.1.1.Araştırma Sahası Yapısal Özellikleri.....	16
2.1.1.1.Litolojik Özellikler .....	16

2.1.1.2. Tektonik Özellikler.....	21
2.1.2. Araştırma Sahası İklim Özellikleri.....	23
2.1.2.1. Sıcaklık .....	23
2.1.2.2. Yağış.....	25
2.1.3. Araştırma Sahası Hidrografik Özellikleri.....	27
2.1.3.1. Akarsu Özellikleri.....	27
2.1.3.1.1. Alt Havzalar .....	31
2.1.3.2. Yeraltı Suyu.....	32
2.1.3.3. Göl Sahası .....	32
2.1.4. Araştırma Sahası Doğal Bitki Örtüsü .....	34
2.1.4.1. Bitki Örtüsünün Coğrafi Dağılışı .....	34
2.1.4.1.1. Ot Formasyonu.....	34
2.1.4.1.2. Çalı Formasyonu.....	35
2.1.4.1.3. Ağaç Formasyonu .....	36
2.1.5. Araştırma Sahası Toprak Özellikleri .....	37
2.1.5.1. Araştırma Sahasının Başlıca Toprak Grupları.....	37
2.1.5.2. Araştırma Sahası Topraklarının Derinlikleri.....	38
2.1.5.3. Arazi Kullanım Kabiliyeti .....	40
2.1.5.4. Başlıca Toprak Sorunları .....	42
2.1.5.4.1. Toprak Erozyonu .....	42
2.1.5.4.2. Toprak Kaymaları.....	43
2.1.6. Araştırma Sahası Morfometrik Özellikleri.....	44
2.1.6.1. Eğim.....	44
2.1.6.2. Bakı .....	45
2.1.6.3. Yükselti.....	46
2.2. Karst Jeomorfolojisi .....	48
2.2.1. Karstik Aşınım Şekilleri.....	48
2.2.1.1. Mikrokarstik Şekiller .....	48
2.2.1.1.1. Lapyalar.....	48
2.2.1.2. Makrokarstik Şekiller .....	52
2.2.1.2.1. Dolinler.....	52
2.2.1.2.2. Uvalalar .....	54
2.2.1.2.3. Polyeler.....	56
2.2.1.2.4. Düdenler (Ponor).....	57
2.2.1.2.5. Mağaralar .....	61
2.2.1.2.6. Hum .....	62
2.2.2. Karstik Birikim Şekilleri .....	63
2.2.2.1. Karstik Enkaz.....	63
2.2.3. Karst Morfometrisi.....	63
2.2.3.1. Yoğunluk .....	64
2.2.3.2. Dairesellik İndisi .....	65
2.2.3.3. Derinlik Hesaplamaları .....	66

2.2.3.4. Hacim Hesaplamaları.....	67
2.2.3.5. Uzun Eksen, Kısa Eksen.....	68
2.2.3.6. Yönelim .....	69
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKÇA.....	74



## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1:</b> Araştırma sahasının lokasyon haritası.....	10
<b>Şekil 2:(a)</b> Drone uçuş planlaması. <b>(b)</b> Çekilen görüntülerin haritalanması. ....	13
<b>Şekil 3:</b> Araştırma sahası litoloji haritası.....	17
<b>Şekil 4:(a)</b> Çıplak alçıtaşı görünümü, <b>(b)</b> Alçıtaşı üzerinde oluşmuş mikrokarstik şekiller, <b>(c)</b> Saf jips parçaları. ....	18
<b>Şekil 5:</b> Kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar ile karasal kırıntılıların ayırım noktası. ....	22
<b>Şekil 6:</b> (a) Tektonizmaya bağlı yatay yapılı tabakaların yan basınçların etkisi ile yükselmesi sonucu tabaka başlarının yüzeylenmesi, <b>(b)</b> farklı formasyonların tektonizma sonucunda birbiri üzerine bindirme sahası.....	22
<b>Şekil 7:</b> Araştırma sahası yıllık ortalama sıcaklık dağılışı haritası.....	24
<b>Şekil 8:</b> Araştırma sahası yıllık yağış dağılışı haritası.....	26
<b>Şekil 9:</b> Araştırma sahası akarsular haritası.....	28
<b>Şekil 10:</b> Eski akarsuyun taşıyıp biriktirdiği malzemelerden oluşan depo <b>(b)</b> Eski göl tabanı deposu.....	29
<b>Şekil 11: (a-b)</b> Fırat Nehri ana vadisi havzasının farklı açılardan görünümü. ....	30
<b>Şekil 12:</b> (a-b-c) Sahanın farklı kısımlarındaki kuru vadi görünümleri. ....	30
<b>Şekil 13:</b> Araştırma sahası mikro havzalar haritası. ....	31
<b>Şekil 14:</b> Geçmişten günümüze göl seviyeleri.....	33
<b>Şekil 15:</b> Polat Gölü seviye değişimleri.....	34
<b>Şekil 16:</b> Araştırma sahasındaki otsu türler; <b>(a)</b> Yabani marul( <i>lactuca sativa</i> ), <b>(b)</b> Yabani-Dağ Kekiği ( <i>thymus serpyllum</i> ), <b>(c)</b> Kargı-Su kamışı( <i>arundo donax</i> ), <b>(d)</b> Geven( <i>Astragalus</i> ), <b>(e)</b> Sığır kuyruğu ( <i>verbascum thapsus</i> ). ....	35
<b>Şekil 17:</b> Sahada bulunan çalı formundaki bitkiler; <b>(a)</b> Doğal fındıklık ( <i>corylus avellana</i> ), <b>(b)</b> Kuşburnu ( <i>rosa canina</i> ), <b>(c)</b> Adi ardıç ( <i>juniperus communis</i> ), <b>(d)</b> Alıç ( <i>crataegus monogyna</i> ), <b>(e)</b> İğde ( <i>elaeagnus</i> ). ....	36
<b>Şekil 18:</b> Araştırma sahasında görülen odunsu türler; <b>(a)</b> Servi ( <i>cupressaceae</i> ) ve Kavak ( <i>populus</i> ), <b>(b)</b> Ahlat ( <i>pyrus communis</i> ), <b>(c)</b> Kayısı ( <i>prunus armeniaca</i> ). ....	37
<b>Şekil 19:</b> Araştırma sahası büyük toprak grupları haritası.....	38
<b>Şekil 20:</b> Araştırma sahası toprak derinliği haritası.....	40
<b>Şekil 21:</b> Araştırma sahası arazi kullanım haritası. ....	41
<b>Şekil 22:</b> (a) Sivri Tepe dolaylarından erozyon görünümü, <b>(b)</b> Sahada birçok bölgede görülen yarıntı erozyonu. <b>(c)</b> Polat gölü çevresindeki erozyon. ....	42
<b>Şekil 23:</b> Kaya düşmesi görülen alanlar. ....	43
<b>Şekil 24:</b> Araştırma sahası eğim haritası. ....	45
<b>Şekil 25:</b> Araştırma sahası bakı haritası.....	46
<b>Şekil 26:</b> Araştırma sahası yükselti haritası.....	47
<b>Şekil 27:</b> Lapy türlerinin şematik gösterimi (Sür, 1995; Pekcan, 1995; Erinç, 2015; Hoşgören, 2010) alınarak düzenlenmiştir. ....	49
<b>Şekil 28:</b> Sahada lapy oluşumlarının net gözlenebildiği nadir çıplak sahalardan Boyalık köyü mevki. ....	50
<b>Şekil 29:</b> Sahada görülen lapy çeşitleri: <b>(a)</b> Diaklaz lapyası, <b>(b)</b> Kanalıklı lapy, <b>(c)</b> Oluklu lapy, <b>(d)</b> Oyuk lapy.....	52

<b>Şekil 30:</b> Dolin tabanları (a) Sivri Tepe mevki, (b) Yahşılar Köyü kuzeyi.....	53
<b>Şekil 31:</b> Poligonal karst sahalarında dolinlerin dizilimi (a) Sivri tepe mevki, (b) Kayabaşı köyü mevki.....	54
<b>Şekil 32:</b> Torosoğullarının Deresi kaynak kısmı yakınlarındaki uvala tabanı.....	55
<b>Şekil 33:</b> Araştırma sahası dolin ve uvala haritası.....	55
<b>Şekil 34:</b> Erhami çayı kaynak kısmına yakın bir polye tabanındaki tarım arazileri..	56
<b>Şekil 35:</b> Araştırma sahası polyeler haritası. ....	57
<b>Şekil 36:</b> Subatan, suçıkan, kuru vadi ve kör vadi temsili çizimi(Hoşgören, 2010' dan alınarak düzenlenmiştir). ....	58
<b>Şekil 37:</b> Araştırma sahasında fotoğraflanan subatanlar (a-c) Boyalık köyü yakınları, (b) Sivri Tepe yakınları. ....	59
<b>Şekil 38:</b> Boyalık Köyü güneydoğusundaki subatan, suçıkan ve kör vadi görünümü. ....	60
<b>Şekil 39:</b> Araştırma sahası subatan ve suçıkan haritası. ....	61
<b>Şekil 40:</b> Yahşılar köyü yakınlarındaki mağara girişi. ....	62
<b>Şekil 41:</b> Araştırma sahasında polye yamacında aşınımdan arda kalmış hum. ....	62
<b>Şekil 42:</b> (a-b-c) Araştırma sahasından karstik enkaz görünüşleri.....	63
<b>Şekil 43:</b> Araştırma sahası dolin ve uvala yoğunluk haritası.....	65
<b>Şekil 44:</b> Araştırma sahası dolin ve uvalaların dairesellik haritası.....	66
<b>Şekil 45:</b> Araştırma sahası dolin ve uvala derinlik haritası.....	67
<b>Şekil 46:</b> Araştırma sahası dolin ve uvalaların hacim haritası.....	68
<b>Şekil 47:</b> Morfometride kullanılan bazı parametreler.....	69
<b>Şekil 48:</b> Polye Yönelim Haritası .....	70

## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> Sahanın litolojik sınıfları ve yüzdeleri. ....	17
<b>Tablo 2:</b> Sahadan alınan kayaç örneğinin analiz sonuçları. ....	20
<b>Tablo 3:</b> Araştırma sahası sıcaklık verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2021)....	24
<b>Tablo 4:</b> Araştırma sahası yağış verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2021).....	26
<b>Tablo 5:</b> Araştırma sahası akarsularının uzunlukları ve toplam akarsu varlığı içerisindeki yüzdeleri. ....	27
<b>Tablo 6:</b> Araştırma sahası mikro havzaları. ....	32
<b>Tablo 7:</b> Araştırma sahası büyük toprak grupları.....	38
<b>Tablo 8:</b> Araştırma sahası toprak derinlikleri tablosu. ....	39
<b>Tablo 9:</b> Araştırma sahası arazi kullanım tablosu. ....	41
<b>Tablo 10:</b> Araştırma sahası eğim değerleri ve yüzdeleri.....	44
<b>Tablo 11:</b> Araştırma sahası bakı ve yüzdeleri. ....	46
<b>Tablo 12:</b> Araştırma sahası yükselti basamaklarının kapladığı alan ve yüzdeleri. ....	47

## GENEL LİTERATÜR BİLGİSİ

### 1. Karst Jeomorfolojisi ile İlgili Araştırmalar

Türkiye’de 1930’lu yıllardan itibaren karst ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Türkiye arazilerinin, batıdan doğuya aralarında yer yer kesintiler bulunan belirgin kuşaklar halinde uzanan tektonik birlikler ve örtülerinin % 40’ı çözünmeye uygun karbonatlı ve evaporitik kayalardan meydana gelmiştir (Nazik ve Tuncer, 2010; Nazik ve Poyraz, 2017).

Ülkemiz arazileri farklı jeolojik zamanlarda meydana gelmiş formasyonlardan oluşmaktadır. Türkiye jeomorfolojisinin ana yapısı, büyük ölçüde Orta Miyosen’le birlikte belirmeye başlamıştır (Erinç, 1973; Erol, 1983).

Alagöz (1944) "*Türkiye’de Karst Olayları Hakkında Bir Araştırma*" isimli çalışmasında karst isminin nereden geldiğini, karstik sahanın nasıl tespit edilebileceğini yazarak karstik sahalarda haritaların nasıl yorumlanması gerektiğine değinmiştir. Ülkemizdeki karstik sahalardan bazılarını örneklendirmiş ve fotoğraflamıştır. Karstik yer şekillerini örnekleri ile beraber açıklamıştır. Karstik terimlerin yörelerde farklı isimlendirilmesi üzerinde durulmuştur.

Erinç (1960) "*Konya Bölümünde ve İç Toros Sıralarında Karst Şekilleri Üzerinde Müşahedeler*" isimli çalışmasında dönemin şartlarında kısıtlı olan karst literatürünü zenginleştirmek ve Konya Bölümü’nün karstik yapısına bağlı yeraltına inen suyun derinliği ve zenginliği hakkında bilgi vermek amacı ile yazılmıştır. Konya Bölümü’nün obrukları ve fosil traverten konileri incelenmiş, birkaç karstik şekil hakkında bilgi verilmiştir.

Nazik (1985) "*Beyşehir Gölü (Konya) Yakın Güneyinin Karst Jeomorfolojisi*" isimli yüksek lisans tezinde iki farklı havzayı birbirinden ayıran araştırma sahasında karstlaşma ve karstik parametreleri araştırmıştır. Arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları ile farklı litofasiyes ve tektonik özelliklere sahip formasyonların



karstlaşma derecesi saptanmıştır. Sahada genç karst ve olgun karst olmak üzere iki farklı döneme ait karstlaşma tespit edilmiştir. Sahada dolomitler üzerinde kısmi karst, kireçtaşlarında ise çatlaklara bağlı yarıklı-yönlü karst gelişmiştir.

Doğan (2004) "*Dolin Sınıflamasında Yeni Yaklaşımlar*" isimli çalışmasında: Ülkemizdeki jeomorfoloji ve karst literatüründe son yıllardaki bazı çalışmalar dışında, dolinler genel olarak erime (çözünme) ve çökme dolini olmak üzere iki gruba ayrıldığına ve obruklar da genellikle bunlardan ayrı değerlendirildiğine değinmiştir. Dünya karst literatüründeki en son araştırmalarda yer alan dolin sınıflamasını Türkiye karst literatürüne kazandırmaya çalıştığı bu makalede oluşum mekanizmasına göre dolinler, çözünme dolini, çökme dolini, örtü kayası çökme dolini, örtü çökme dolini, alüvyal dolin (örtü sübsidans dolini) ve örtülmüş dolin olmak üzere altı gruba ayırmıştır.

Özdemir ve Sunkar (2011) "*Uzunyayla, Gövdeli Dağı ve Yakın Çevresinde (Doğu Toroslar) Karstik Şekiller*" isimli çalışmalarında yörede karstlaşma üzerinde genç tektonik ve paleocoğrafya etkin rol oynadığına, karstlaşmanın derinliğini kıvrımlı, kırıklı Paleozoik ve Mesozoik kireçtaşları altındaki Üst Kretase yaşlı ofiyolitler belirlediğine değinilmiştir. Kireçtaşlarının Alt-Orta Miyosen tektonik hareketleriyle yükselmesinin karstlaşmayı hızlandırdığı sonucuna varılmıştır. Neotektonik dönem yapılarından KD-GB doğrultusundaki Sarız-Yazyurdu fayı, karstik birimleri aynı doğrultuda kesip ve karstlaşmayı yönlendirdiği tespit edilmiştir. Dolinler, karstik kaynaklar (Pınarbaşı, Yedigöz ve Karagöz), travertenler, kanyon vadiler, subatan-suçikanlar (Karagöz deresi), düdenler ve en az bir kenarı fayla sınırlandırılan uvala ve polyeler oluşmuştur.

Bayrakdar (2012) "*Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Karstlaşma-Buzul İlişkisinin Jeomorfolojik Analizi*" isimli doktora tezinde farklı etken ve süreçlerin ürünü polijenik bir jeomorfoloji gelişen Akdağ Kütlesi'ni incelemiştir. Bu süreçlerin başında karst, buzul, tektonik ve flüviyal gelmektedir. Akdağ kütlesinin glasio-karstik evriminin ortaya konmasında; coğrafi bilgi sistemleri ve morfometrik analizler, jeofizik yöntemleri, OSL tarihlendirme yöntemi ve sedimantolojik analizlerden faydalanmıştır.

Öztürk (2016) "*Bolkar Dağları Batı Platosunun Flüvyo-Karstik Evrimi*" isimli çalışmada Bolkar Dağları'nın batısındaki plato üzerinde karstik depresyonların alansal dağılışı desenleri ve bu desenleri oluşturan tektonik-jeomorfolojik süreçleri açıklamıştır. Depresyon yoğunluğu ile drenaj yoğunluğu ve eğim arasında negatif bir korelasyon bulunurken yükseklik ile pozitif bir korelasyon bulunmuştur.

Aytaç ve Yetmen (2017) "*Ekinyazı Çökme Dolini'nin Oluşumu (Akçakale/Şanlıurfa)*" isimli çalışmalarında dolinin oluşumu yöresinin jeolojik, karstik ve hidrolojik özellikleri dikkate alınarak araştırılmıştır. Yüzeyde genişliği yaklaşık 7 metre ölçülen dolinin en derin yeri yaklaşık 25 metredir. İlk olarak 2012 yılı Mart ayında çöken dolin, daha sonra DSİ tarafından doldurularak kapatılmıştır. 2017 Mayıs ayında aynı yerde tekrar dolin oluşmuştur.

Öztürk vd., (2019) "*Geyik Dağı Kütesinin Yüzey Karstı Jeomorfolojisi ve Kütle Üzerindeki Karst-Buzul Jeomorfolojisi İlişkisi*" isimli çalışmada buzullaşma ve karst arasındaki ilişkiye göre kütle üzerindeki polijenik jeomorfolojiyi ortaya koymayı amaçlamışlardır. Kütle üzerinde dolinlere, uvalalara, sirkelere ve morenlere rastlanmıştır. Karstik depresyonların bir kısmı buzulların yerleşmesi için uygun sahaları oluştururken bir kısmı da morenlerce örtülmüştür. Sahanın güneyinde Çimi Polyesi'ni dolduran iri kum boyutundaki buzul sedimentleri rüzgâr ile taşınarak dolinlerin dolmasına neden olmuştur.

Türkiye karstik açıdan zengin sayılabilecek bir arazi yapısına sahiptir. Bu yüzden karstik sahalarda farklı alanlarda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genellikle karstik alanların tespiti, sınıflandırılması ve karst topografyasının bilimsel olarak açıklanması amacıyla yapılan önemli çalışmalardır.

Solmaz (1998) "*Gümüşhane çevresinde karst şekilleri*" isimli çalışmada Gümüşhane çevresindeki 12 mağarayı ve dolinler, travertenler gibi karstik şekilleri incelemiştir. Bu mağaraların turizm potansiyelinden ve sahanın ekonomik potansiyelinden bahsetmiştir.

Nazik ve Poyraz, (2017) "*Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı*" isimli çalışmalarında Antalya Traverten Platosu, Sakarya Ovası, Çarşamba/Bafra Deltaları, Çukurova arasındaki sahada bulunan karst platolarını incelemişlerdir. Bu alanda morfometrik ve morfojenetik gelişim özellikleri birbirinden farklı 6 karst bölgesi, bunlar içinde 11 alt bölge (alan) ayırt etmişlerdir.

Karstik alanların korunması ve sürdürülebilir kullanımı için de çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Bulut ve Hadimli (2008) "*Karstik Alanlarda Arazi Kullanımı, Sorunları ve Planlaması*" isimli çalışmalarında karstik alanların kullanımı ve bu kullanımda karşılaşılan sorunları tespit etmek amaçlanmıştır. Çalışmada örnekleme ve karşılaştırma metotları kullanılmıştır. Kalker formasyon ile jips formasyon üzerinde meydana gelen topoğrafya aynı üyeleri barındırmadığı için aynı tür kullanımının da mümkün olmadığına değinilmiştir. Karstlaşma sürecini kesintiye uğratan faktörlerin farklı sahalarda değişiklik gösterdiğine değinilmiştir. Arazi kullanım planlarının hazırlanmasının önemine değinilmiştir.

Zeybek (2011) "*Türkiye'de Karstik Alanların Korunma Gerekliği ve Alınabilecek Bazı Önlemler*" isimli çalışmasında karstik alanlardan geçmişten günümüze farklı sektörlerde yararlandığına fakat ülkemizdeki karstik alanların hemen hiçbirinde planlama ve koruma yapılmadığından ekosisteme zarar verildiğine değinmiştir. Bu çalışmada planlama yapılırken konunun bilimsel, idari ve ekonomik boyutlarının uyumuna dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Karstik sahaların ekolojik öneminin farkedilmesi, bu sahaların rekreatif faaliyetler açısından oldukça elverişli yerler olması gibi sebeplerle bu alanlar ile ilgili yapılan çalışmalara önem verilmelidir. Önemli jeomorfolojik şekiller ile karşılaşılabilecek olan bu sahalarda jeomorfosit olarak değerlendirilmeli ve önemli özgün şekillerin jeolojik miras listesine kazandırılması ülkemiz jeolojik mirası açısından önem arz etmektedir.

Araştırma sahası da Orta Miyosen yaşlı bir kireçtaşı formasyonu ve yakın çevresini kapsamaktadır. Türkiye karst bölgeleri sınıflandırmasına göre Doğu Anadolu Bölgesi Karst Platoları içerisinde yer alan araştırma sahası ve yakın çevresi önemli bir karstik

sahadır (Nazik ve Tuncer, 2010). Fırat ve Aras Nehirleri tarafından derin vadi veya boğazlar şeklinde yarılmış olan plato karst alanında; paleo karstik dönemde gelişmiş tektonik kontrollü, sığ karstın karakteristiği olan, çoğunlukla akarsularca parçalanmış flüviyo-karstik havza, ova ve polyeler yer alır (Nazik ve Poyraz, 2017). Araştırma sahası da belirtilen bu alanda yer alan önemli bir karstik havza potansiyeli göstermektedir. Saha ve yakın çevresi ile ilgili çalışmalar ise oldukça az ve araştırma sahasının karst jeomorfolojisini temsil etmekten uzak çalışmalardır.

Keskin vd. (1975) "*Erzincan-Refahiye Bölgesindeki Kireçtaşı Olistolitlerinin Sedimentolojisi*" isimli çalışmalarında Erzincan - Refahiye bölgesindeki olistolitlerden sistematik olarak alınmış örnekler ayrıntılı sedimanter petrolojik yöntemlerle incelenmiş ve bu kireçtaşlarında "Tortul mikrofasiyeler" olarak; a) Kireç çamuru, b) Pelletli kireç çamuru, c) Çamur destekli "kireç vaketası", d) Tane destekli "istiftane taşı" mikrofasiyeleri, "Metamorfik mikrofasiyeler" olarak; e) Ortaç metamorfik "yan mermerleşmiş kireçtaşları", f) Billurlu metamorfik" mikrosparitik ve daha kaba billuru mermerler" ve g) Kataklastik metamorfik ezilme breşleri mikrofasiyeler ayrırtlanmıştır.

## 2. Jips Karstı ile İlgili Çalışmalar

Türkiyede kalker karstının yanı sıra nispeten sınırlı alanlarda da jips karstı görülmektedir. Jips karstı kalker karstına oranla daha hızlı oluşmakta ve daha hızlı bozulmaktadır. Bu alanla ilgili çalışmalar da mevcuttur.

Doğan (2002) "*Çankırı Doğusunda Jips Karstlaşmasıyla Oluşan Sübsidans Dolinleri*" isimli çalışmasında sübsidans dolinlerinin jeomorfolojik özellikleri, oluşum mekanizması ve süreci incelenmiştir. Bu alandaki sübsidans dolinlerinin bir kısmı dönemli akarsular tarafından açılmış, bir kısmı ise genellikle içerisinde göllerin bulunduğu kapalı dolinler hâlinedir. Yer altındaki jips tabakalarında oluşan karstik boşlukların tavanları üzerindeki yer altı suyu yüzücü desteği kaybolmuş ve yukarıdaki malzemelerin boşluklara doğru harekete geçmesi sonucunda da sübsidans dolinleri oluşmuştur.

Calaforra ve Pulido-Bosch (2003) "*Evolution of the gypsum karst of Sorbas (SE Spain)*" isimli çalışmalarında Sorbas'ın jips karstının içinde geliştiği tabakalı yapıyı ve

hidrojeolojik geçmişini açıklayarak karstlaşma ile ilgisini ortaya koymuştur. Tabakalar arası karstlaşmanın bir örneği olarak sunulmuştur.

Poyraz, Öztürk ve Soykan (2021) "Sivas Jips Karstında Dolin Yoğunluğunun Cbs Tabanlı Analizi" isimli çalışmalarında Sivas ile İmranlı arasındaki bölgede bulunan dolinlerin alansal dağılımlarını incelemiştir. Uydu görüntülerinden yararlanarak morfolojik analizler yapmışlar ve sahadaki jips alanlarındaki dolin yoğunluk oranını %46 olarak bulmuşlardır.

Gökkaya vd. (2021) "Sinkhole development in the Sivas gypsum karst, Turkey" isimli çalışmalarında, Sivas çevresinde 302 obruğun Pliyo-Kuvaterner jeomorfolojik ve paleohidrolojik evrimi içindeki mekansal dağılımını, özelliklerini ve evrimini analiz etmekte ve jeolojik gelişimlerini açıklamaktadır.

Klimchouk (2021) "Evolution of Intrastratal Karst and Caves in Gypsum" isimli çalışmalarında, 'Intrastratal karst' terimini ele alarak jips gelişimini açıklamıştır. Alçıtaşının bulunduğu bölgelerdeki çökme tehlikesi ve belirli bir karst evrim durumuna göre sınıflandırarak bir tür entegre genel tehlike değerlendirmesi elde etmiştir.

### **3. Erzincan'da Karstlaşmayı Etkileyen Faktörler ile İlgili Çalışmalar**

İklim, litoloji, tektonik özellikler, morfolojik karakterler, bitki örtüsü ve zaman karstlaşma süreçlerinde farklılıklara yol açar (Erinç, 2001). Oluşum, ortam ve gelişim dönemleri, biçim, boyut ve dağılım, yoğunluk ve karstlaşma hızları farklı karstik şekillerin gelişimini sağlar (Nazik ve Poyraz, 2017). Bu sebeple karstik alanların görünümü üzerinde etkili olan etmen ve süreçlerin önemle ele alınarak yorumlanması, sahanın karstlaşma süreçlerini anlamak için gereklidir.

Aktimur vd. (1990) "Geology Of The Sivas-Erzincan Tertiary Basin" isimli çalışmalarında Sivas ve Erzincan arasında kalan Tersiyer havzasının sedimanter ve tektonik özellikleri incelenmiştir. Güneyinde Munzur kalkerleri, kuzeybatısında Karaçayır formasyonu tespit edilmiştir. Tecer ve Düzyayla doğrultu atımlı fayları Neotektonik dönemde sahada etkin olmuştur.

Hayli ve Altınbilek (2001) "*Erzincan Ovası ve Yakın Çevresindeki Köylerin Başlıca Coğrafi Özellikleri*" isimli çalışmalarında Erzincan Ovası ve ovayı çevreleyen dağların su bölümü hattına kadar uzanan alanda, bir şehir yerleşmesi (Erzincan), bir ilçe merkezi (Üzümlü), 104 köy, bu köylere bağlı 63 mahalle, 5 çiftlik ve 14 yayla yerleşmesi incelenmiştir. Son 55 yıl içinde (1939 Depremi ve sonrası), birçok köyün başta depremler olmak üzere, Fırat (Karasu) Irmağı'nın taşması, seller, çığlar, kaya düşmesi ve toprak kayması gibi doğal olaylar sebebiyle yerinin değiştirildiği gözlemlenmiştir.

Akkan (1963) "*Erzincan Ovasının İklim Özellikleri*" isimli çalışmasında iklim elemanlarını tek tek ele alarak incelemiş ve yaz sıcaklığının yanı sıra kışları da çok şiddetli geçiren Erzincan'ın yılın 5 ayı kurak devre yaşadığına değinilmiştir. Doğu Anadolu'nun genel rüzgar yönünün (güneybatı) tersine genelde güneydoğu yönünde, mevsimsel olarak kuzey yönünde, nadiren de kuzeybatı yönünde esmektedir.

#### **4. Karstik Sahalarda Morfometri ile İlgili Çalışmalar**

Araştırmamızda temel başlıklardan biri de morfometri başlığıdır. Bu başlık karst araştırmalarında nispeten yeni bir yöntem olup son zamanlarda yapılan karst çalışmalarında bu yöneme rastlamak mümkündür.

Basso vd. (2013) "*Morphometric analysis of sinkholes in a karst coastal area of southern Apulia (Italy)*" isimli çalışmalarında Salento, Puglia bölgesinin güney kısmındaki obrukların gelişimini ve evrimini kontrol eden ana faktörleri belirlemiş, morfometrik analizlerini yapmış ve bunları dağılışı ilkesine göre gerekçelendirmişlerdir.

Bočić, Pahernik ve Mihevc (2015) "*Geomorphological significance of the palaeodrainage network on a karst plateau: The Una-Korana plateau, Dinaric karst, Croatia*" isimli çalışmalarında, karstik platoların evriminde paleovadi sistemlerinin etkisini açıklamayı amaçlamışlardır. Una-Korana platosu üzerinde yürütülen araştırma drenaj sistemlerini aktif, kuru ve kalıntı olmak üzere 3 sınıfa ayırmıştır.

Öztürk, Şimşek ve Utlu (2015) "*Tahtalı Dağları (Orta Toroslar) karst platosu üzerinde dolin ve uvala gelişiminin CBS tabanlı analizi*" çalışmalarında Toros Karst Kuşağı içerisinde bulunan Tahtalı Dağları üzerindeki dolin ve uvalaların yoğunluk, dairesellik, komşuluk vb. indis değerleri CBS temelli incelenmiştir. Toplam 992

karstik erime çukuru bulunmuş ve sahadaki faylanma, yükselti, paleovadi vb. gibi morfolojik etkenlere uyumu ve dağılımı incelenmiştir.

Bauer (2015) “*Analysis of dolines using multiple methods applied to airborne laser scanning data*” isimli çalışmasında, yoğun bitki örtülü olan sahadan havadan lazer taraması yöntemiyle karstik şekiller tespit edilmiş ve morfolojik analizleri yapılmıştır. Sahadaki çökme kaynakları, yükseltiye göre karstik alanların dağılımı, karstik alanların kısıtlı olmasına rağmen derin karstik şekillerin oluşum nedenleri tartışılmıştır.

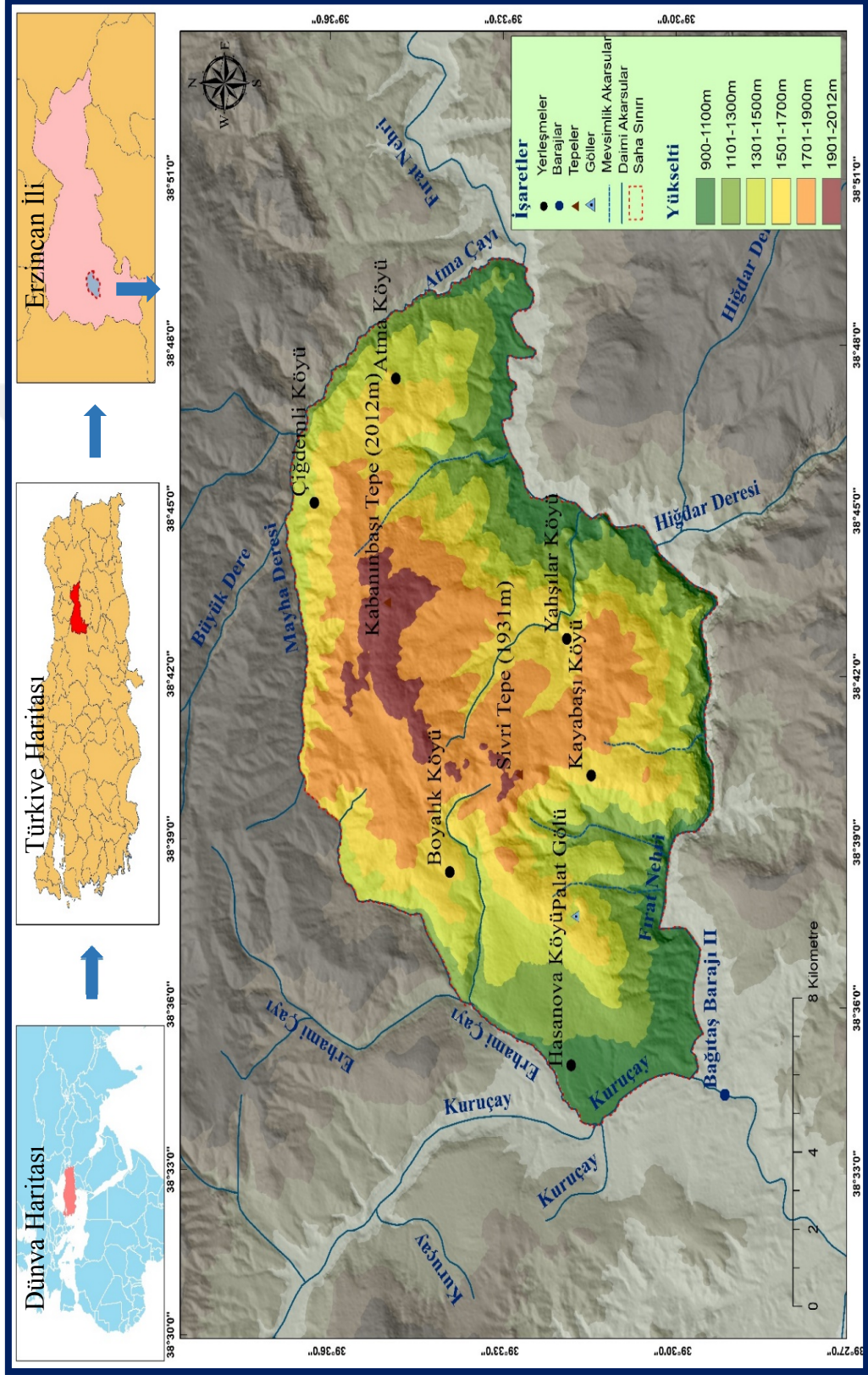
Öztürk (2018) “*Karstik Kapalı Depresyonların (Dolinlerin) Morfolojik Analizleri*” isimli çalışmasında, Dolinlerin gelişimi, morfolojisi ve dağılışı üzerinde tektonik, morfolojik ve iklimsel özelliklerin büyük etkisi olduğunu ve bu etkenlerden dolayı dolinler karstik alanlarının morfo-tektonik gelişimi hakkında önemli ipuçları sağladığını söyler. Bu çalışmasında dolin morfolojisinde yaygın kullanılan parametreler, Dünya’ dan ve Toroslar’ dan örnekleri ile birlikte, açıklamıştır.

## ARAŞTIRMA SAHASI YERİ VE SINIRLARI

Araştırma sahası Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde Erzincan İli, İliç İlçesi kuzeydoğusunda yer almaktadır. Sahanın toplam alanı 194,56 km<sup>2</sup>'dir. Hidrolojik olarak güneyden Fırat Nehri, batıdan Kuruçay, kuzeybatıdan Erhami Çayı, kuzeydoğu ve doğudan ise Büyük Dere ile sınırlandırılmıştır (Şekil 1). Araştırma sahası tamamı ile Fırat Nehri hidrolojik havzasında yer almaktadır. Güneyinde Mercan Dağı, güneydoğusunda Pirzalin Tepesi, kuzeybatısında Kayagın Tepesi, batısında Tebdekaya Tepesi, yer almaktadır.

Araştırma sahasının en yüksek noktası 2012 m ile Kabanınbaşı Tepe, en alçak noktası ise yaklaşık 900 m yükseltideki sahanın güneybatı sınırını oluşturan Bağıştaş I Barajı kıyı çizgisi oluşturur. Araştırma sahası sınırları ve yakın çevresinde ise, doğusunda Oğuz köyü, kuzeyinde Dikyamaç köyü ve güneybatısında İliç ilçe merkezi yer almaktadır.





## ARAŞTIRMANIN AMACI

Araştırma sahası karst çalışmaları yönünden bakir bir alandır. Literatürdeki bu boşluk kontrol edilmiş ve araştırma sahası ve yakın çevresinde detaylı bir jeomorfolojik çalışma da bulunamamıştır. Bu sebeple araştırmada sahanın karstlaşma süreçlerini ortaya koyarak alanın karstik evrimini açıklamak amaçlanmaktadır.

Araştırma sahasında yer alan jeomorfolojik birimleri tespit ederek haritalamak, bu birimleri sınıflandırmak ve henüz keşfedilmeyi bekleyen doğal güzellikleri ortaya koymak hedeflenmektedir. Karstik sahanın doğal ortam şartları incelenmiş, meydana gelen şekiller ilişkisel bir biçimde değerlendirilerek karstik şekillerin dağılışı ortaya koyulmuştur. Araştırma sahasında görülen kayaç, toprak ve su varlığı karstik oluşumlara etkisi yönüyle incelenmiştir. Karstik formasyon üzerinde görülen toprak oluşumu ve bitki gelişimi incelenmiştir.

Bu çalışmanın önemli amaçlarından birisi de karstik sahalarda yapılan araştırmalarda drone kullanımının önemini ortaya koymak ve karstik sahalarda henüz çok yeni olan drone kullanımını yaygınlaştırmaktır. Elde edilen bilgilerin doğruluk ve güvenilirliğini arttırmak, yapılacak olan morfometrik analizlerin doğruluğu açısından sahanın gerçek ölçülerdeki modelini ortaya koyabilmek önem taşımaktadır. Ayrıca araştırma sahasında görülen erozyonal süreçler ortaya konulmuş ve problemler alanlar tespit edilerek çözüm önerileri sunulmuştur. Sahada görülen yanlış arazi kullanımı, doğal kaynakların bilinçsizce tüketimi, ortaya konularak bu problemlere ilişkin çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Araştırma sahası sınırları içerisinde bulunan Polat Gölü çevresinde geçmişten günümüze arazi kullanımı ve göldeki seviye değişimleri incelenerek çevresel, iklimik, karstik etkenler çerçevesinden yorumlanmıştır.

## 1.BÖLÜM: MALZEME VE YÖNTEMLER

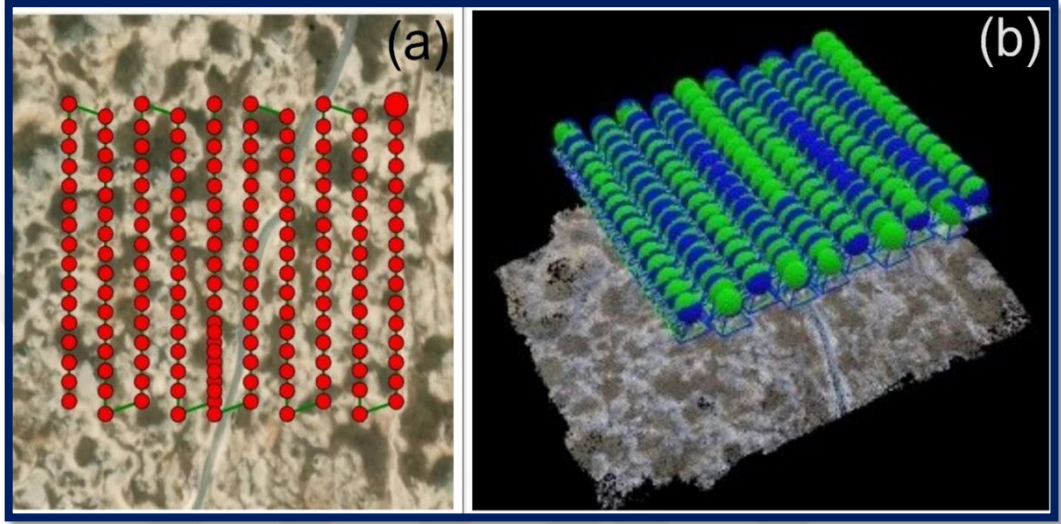
Bu araştırmada detaylı bir ön çalışma yapılarak mevcut literatür ortaya konmuştur. Araştırma sahasına ait kartografik materyaller incelenmiş yeniden düzenlenmiş ve sahaya ait temel bazı haritalar elde edilmiştir (yağış, sıcaklık, jeoloji vb.). Araştırma sahasının sayısal yükselti modelinin oluşturulmasında I41-c4, I41-d2, I41-d3, J41-a1, J41-a2 nolu paftalar kullanılmıştır.

Araştırma sahasının iklim özelliklerinin saptanmasında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler kullanılmıştır. Bu veriler grafik ve tablolara dönüştürülecek ve sahaya ait iklim verileri değerlendirilmiştir.

Karstik sahalarda yapılan coğrafya çalışmalarında araştırmanın önemli bir kısmını arazi çalışmaları oluşurmaktadır. Bu sebeple detaylı bir arazi çalışması yapılmıştır. Araştırma sahası içerisinde özellikle eksürjans ve resürjans kaynaklar, doğal köprüler, dolin ve uvala gibi karstik çukurluklar, kör vadiler, paleovadiler, lapyta eşitleri gibi mikrokarstik Şekillerden oluşan farklı birimler keşfedilmiştir. Keşfedilen Şekillerin bazı ölçümleri arazide gerçekleştirilmiş bazı ölçümler ise ofis ortamında yapılmıştır. Arazi alışmaları iki ayrı arazi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada nispeten yeni bir yöntem olan drone kullanımı ile arazi haritaları elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Drone çekimleri araştırma sahası içerisinde kalan karstik sahalarda örnek alanlar belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Bu sınırlar ofis çalışmaları sırasında jeolojik formasyonlar referans alınarak belirlenmiştir. Morfometrik ölçümlerde kullanılmak üzere sahada karstik Şekillerin yoğun görüldüğü alanlar tespit edilerek karst yoğunluk sınırı çizilmiştir.

İlk arazi çalışması sırasında arazinin drone çekimleri yapılmış, sahada bulunan gölün seviyesi fotoğraflanmıştır. Bu arazi çalışması sırasında sahada karşılaşılabilecek problemler, gerekli makine teçhizat gibi konularda problem yaşanmaması için saha kontrol edilmiştir. İlk arazi sonrası elde edilen görüntüler işlenerek harita haline

getirilmiştir(Şekil 2a-b). Bu haritalar üzerinde detaylı bir inceleme gerçekleştirilmiş ve daha önceden belirlenen örnek alım noktaları kesinleştirilmiştir. Ofis çalışmaları ile sahada görülen karstik şekillerin ölçümleri bilgisayar ortamında yapılmıştır. Jeoloji, morfoloji gibi temel haritalar hazırlanıp dijital ortama aktarıldıktan sonra ikinci arazi çalışması için hazırlıklar yapılmıştır.



Şekil 2:(a) Drone uçuş planlaması. (b) Çekilen görüntülerin haritalanması.

İkinci arazi çalışması sırasında kayaç örnekleri alınmıştır sahada yer alan tipik karstik şekiller bulunarak incelenmiştir. Bu arazi araştırmasında, bilgisayar ortamında tespit edilen şekiller fotoğraflanmıştır. Elde edilen bilgilerin doğrulanma ve mevsimsel farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu arazi çalışmasının farklı mevsimde yapılması; sahadaki su seviyelerinin değişimi, bitki örtüsünün durumu gibi mevsimsel farklılık gösteren parametrelerinde kontrol edilmesi açısından gerekli görülmüştür.

Bu araştırmada ofis çalışmaları sırasında Coğrafi Bilgi Sistemleri ArcGIS 10.3 programı kullanılmıştır. Bu program yardımı ile sahada bulunan karstik şekillerin bazılarının alan, uzunluk, eksen uzunlukları, yoğunluk miktarları (Formül 1), dairesellik indisi (Formül 2) ve derinlikleri hesaplanmıştır. Drone yardımı ile çekilen görüntüler ise Pix4D programı kullanılarak işlenmiş ve arazi haritaları elde edilmiştir.

ArcGIS ortamında sahada bulunan dolin, uvala ve polyeler çizilmiştir. Çizilen bu şekillere morfometri analizlerinde kullanılmak üzere alan ve çevre hesabı yaptırılmıştır. Şekillerin dolin, uvala ve polye sınıflamalarından hangisine dahil

olduğu Gravelius katsayısı temel olarak belirlenmiştir (Aguilar vd., 2016; Jeanpert vd., 2016). Çalışmada indis değeri 1 ile 1.04 arasında olan ve alanı 1 km<sup>2</sup>'den dūřuk olanlar dolin, indis değeri 1.04'ten bŸyŸk alanı ise 1 km<sup>2</sup> 'den kŸcŸk olanlar uvala, indis değeri 1.04'ten bŸyŸk ve alan değeri 1 km<sup>2</sup> 'den bŸyŸk olanlar ise polye olarak sınıflandırmıştır.

Yoğunluk hesabı yapılırken Pahernik (2012) tarafından Ÿretilmiř olup, ŖztŸrk (2018) tarafından gŸncellenen formŸl kullanılmıştır (FormŸl 1). Fakat bu formŸl alansal dağılış hakkında bilgi vermediği için yoğunluk haritaları yapılırken alansal dağılış ArcGIS ile tespit edilmiştir. ArcGIS Ÿzerinden çizilen poligonların orta noktaları "feature to point" Ÿzellięi ile belirlenmiştir. Belirlenen noktaların karstik alan içerisindeki yoğunluğu "point density" Ÿzellięi ile haritalanmıştır. YŸntemde yoğunluklar, daire içerisinde kalan noktaların yoğunluğu ile bu dairenin merkezinden uzaklařtıķa değişen noktasal yoğunlukların hesaplanması ile belirlenmiştir (ŖztŸrk, 2018).

Dolin yoğunluğu aşağıdaki formŸl kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Dy = \frac{\text{Dolin sayısı (Ds)}}{\text{(Karstlaşmanın alanı (A))}}$$

**FormŸl 1:** Dolin yoğunluğu formŸlŸ (Pahernik, 2012).

Dairesellik indisinin hesaplanmasında aşağıdaki formŸl kullanılmıştır:

$$I_c = \frac{A_m}{\pi \left( 2 \frac{A_m}{P_m} \right)^2}$$

**FormŸl 2:** Dairesellik indisi formŸlŸ (Goudie, 2003).

Dairesellik indisindeki (Ic) Am, Źeklin sahip olduęu alanı (m<sup>2</sup>); Pm, Źeklin cevresel uzunluęunu (m) ifade etmektedir. Deęerin 1 olması Źeklin tam daire Źeklinde

olduğunu, değerin 1’de uzaklaşması ise şeklin dairevi formunu kaybetmeye başladığını gösterir (Bahtijarevic, 1996; ztrk, 2015).

Hacim analizleri yapılırken orta nokta yüksekliklerinin yanı sıra dolinin vre poligonun en yüksek ve en düşük noktaları da hesaplanmıştır. Sahadaki dolinlerin tek yana açık (at nalı görünümü) şekli göz önünde bulundurularak vre poligonundaki en

$$V = Alan \cdot \frac{Derinlik}{2}$$

**Formül 3:** Hacim formülü (Decker, 2006).

düşük noktanın dolinin tabanı olabileceği saptanmıştır. Dolinin orta noktaları ile karşılaştırılmış ve en düşük nokta belirlenmiştir. En yüksek noktadan çıkarılarak derinliği bulunmuştur. Derinlikleri bilinen dolinlerin hacim hesaplamaları Plan ve Decker, (2006)’da belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Formül 3).

Araştırma sahasında yer alan ana kayanın saflık derecesini ortaya koymak amacıyla sahadan kayaç rneği alınmıştır. Kayaç rnekleri üzerinde XRF analizi yaptırılarak sahada bulunan kayacın, element yüzdeleri ve karşlaşmanın oluşabilmesine uygunluğu ortaya konulmuştur.

## 2. BÖLÜM: BULGULAR

### 2.1. Karstlaşmayı Etkileyen Doğal Ortam Özellikleri

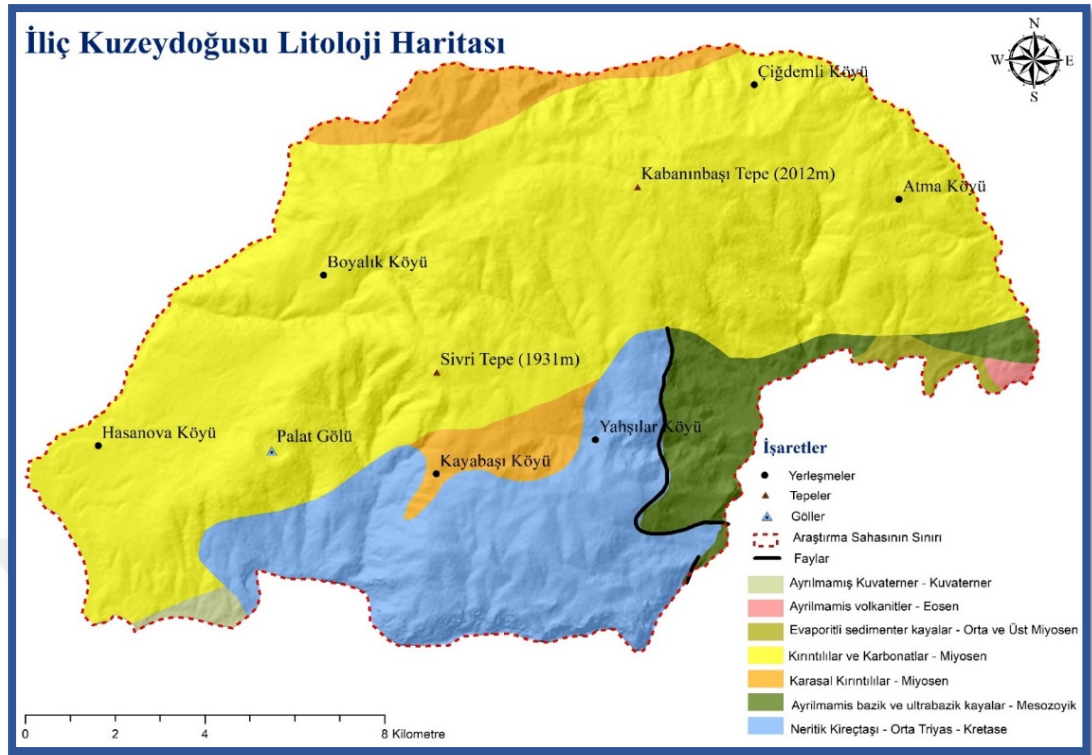
Karst topoğrafyasının özelliğinden söz ederken kalkerin yayılma sahası ile karstlaşma sahalarının birbirine sürekli uymadığı kaydedilmiş ve bu şekilde karstlaşmanın geniş ölçüde meydana gelmesi için belirli şartların gerçekleşmesinin gerekli olduğu belirtilmiştir. (Erinç 2001). Hoşgören'e göre (2010) karstlaşma üzerinde asıl etkili olan etmenler, kayaç cinsi, iklim, tabakalanma özellikleri, jeomorfolojik özellikler ve zamandır.

#### 2.1.1. Araştırma Sahası Yapısal Özellikleri

##### 2.1.1.1. Litolojik Özellikler

Araştırma sahasının içerisinde bulunduğu Sivas-Erzincan arasındaki Tersiyer havzası Doğu Anadolu Bölgesi'nin en büyük Tersiyer havzasını oluşturur. Söz konusu Tersiyer havzası içerisinde genellikle serpantinlerden meydana gelmiş Karadağ ile kalker formasyonlarından oluşan Munzur Dağları arasında kalan saha; Kemah Formasyonu olarak tanımlanmış ve genel olarak Oligo-Miyosen yaşlı olan Kemah Formasyonu içerisinde barındırdığı kayaçların yapıları itibarıyla, Çakıtaş, Kömür ve Yoğurtdağ üyesi şeklinde isimlendirilerek incelenmektedir (Aktimur vd, 1990).

Araştırma sahasının yaklaşık % 66'sını Miyosen dönemine ait kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar oluşturmaktadır (Tablo 1). Bu kayaçlar sahanın orta kısımlarında hakim olup karstik şekillerin çoğu bu alan üzerinde şekillenmiştir. Karstik depresyonların, subatan ve suçikanların en yoğun görüldüğü kısımlar da yine bu kayaçların olduğu kısımlara karşılık gelmektedir (Şekil 3). Bu sahada çıplak jips alanlarını görmek mümkündür (Şekil 4).



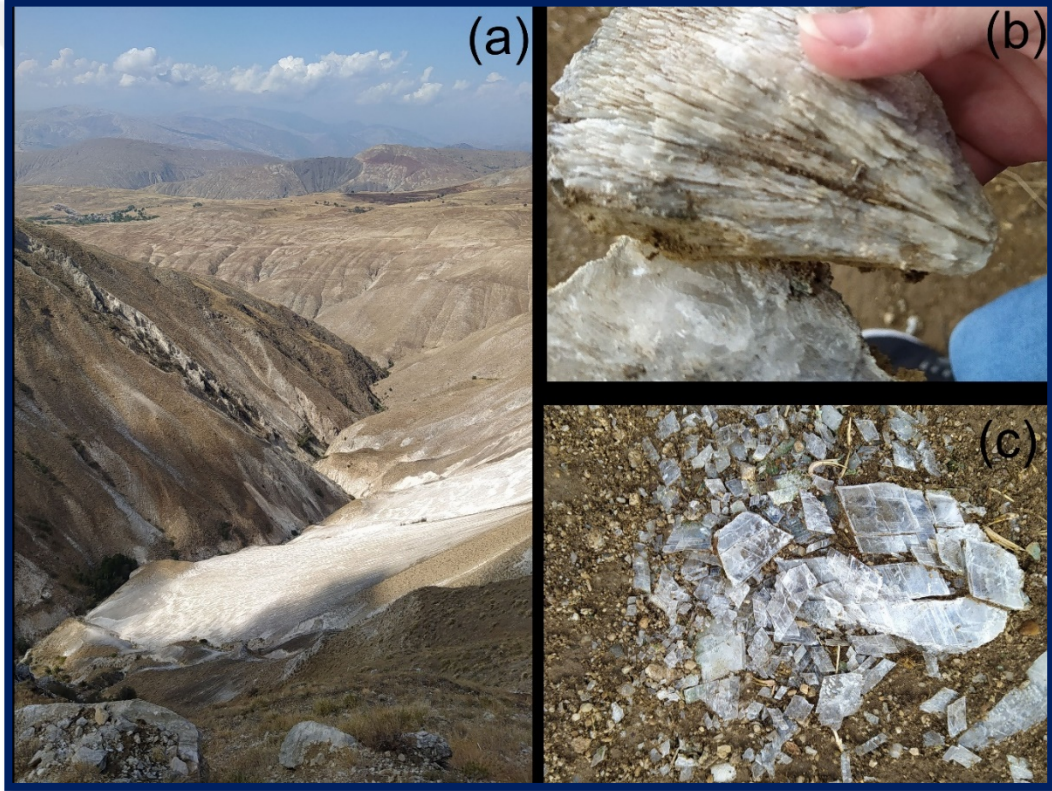
Şekil 3: Araştırma sahası litoloji haritası.

Formasyon	Litoloji	Alan (m <sup>2</sup> )	Yüzde
Miyosen	Kırıntılılar ve Karbonatlar	130.097.501	66,86%
Orta Triyas - Kretase	Neritik Kireçtaşı	37.515.555	19,28%
Miyosen	Karasal Kırıntılılar	12.488.680	6,42%
Mesozoyik	Ayrılmamış bazik ve ultrabazik kayalar	9.639.748	4,95%
Mesozoyik	Ayrılmamış bazik ve ultrabazik kayalar	1.708.015	0,88%
Üst Miyosen	Evaporitli sedimenter kayalar	1.553.937	0,80%
Kuvaterner	Ayrılmamış Kuvaterner	1.077.151	0,55%
Eosen	Ayrılmamış volkanitler	506.655	0,26%
<b>Toplam</b>		<b>194.587.243</b>	<b>100,00%</b>

Tablo 1: Sahanın litolojik sınıfları ve yüzdeleri.



Sahada en fazla görülen ikinci kayaç formasyonu ise yaklaşık olarak sahanın % 19'sını oluşturan Orta Triyas ve Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarıdır. Bu alanlar genellikle Fırat Nehri'ne bakan sahalardır. Eğimin yüksek olduğu ve nispeten lapyaların ağırlıkta olduğu alanlardır. Bu yamaçlarda engebeye bağlı olarak tarım alanı ve yerleşme bulunmamaktadır. Buralarda karstik depresyon görülmemesi nedeni eğim ve akarsularda yeraltına kapmalar yaşanması olarak düşünülmektedir. Neritik kireçtaşı ile bazik ve ultrabazik kayaç formasyonu bir fay ile ayrılmıştır (Şekil 3).



Şekil 4:(a) Çıplak alçıtaşı görünümü, (b) Alçıtaşı üzerinde oluşmuş mikrokarstik şekiller, (c) Saf jips parçaları.

Araştırma sahasının yaklaşık % 6'sında miyosen yaşlı karasal kırıntılılar, miyosen dönemine ait kırıntılı ve karbonatlı kayaçların kuzeyinde ve güneyinde yer almaktadır. Bu alan sahanın en kuzey ucunda görülmektedir. Üzerinde belirgin karstik şekiller gelişmemiştir.

Sahanın yaklaşık % 5' lik bir kısmını Mesozoyik yaşı ayrılmamış bazik ve ultrabazik kayalar oluşturmaktadır. Sahanın güneyinde ve güneydoğusunda bu formasyon görülmektedir.

Araştırma sahasında görülen diğer formasyonlar ise her biri % 1'den daha az alana sahip; Mesozoyik yaşı ayrılmamış bazik ve ultrabazik kayalar, Üst Miyosen yaşı evaporitli sedimenter kayalar, Kuvaterner yaşı ayrılmamış Kuvaterner kayaçları ve Eosen yaşı ayrılmamış volkanitlerdir.

Sahada az miktarda da olsa Kuvaterner'e ait alüvyonlar yer almaktadır. Çakıl, kum, silt ve kil gibi malzemelerden oluşan alüvyonlar, Kuruçay ve kollarının biriktirmesiyle oluşmuşlardır (Şahin ve Doğanay, 2011).

Sahada yaklaşık % 5 oranında güncel ve güncel olmayan volkanizma da bulunmakta, bu volkanizmaların riyolitik ve mafik lavlar olduğu rapor edilmiştir (Baş 1975, Linneman 2002). Riyolitlerin muhtemelen, kabuk içine sokulan bazaltik intrüzyonların neden olduğu kıtasal erimeyle oluştuğunu ileri sürmektedir, bu sonuç Baş (1975)'in ilk bulgularını desteklemektedir.

Jips 25°C 'den daha alçak sıcaklıklarda ve saf suda kalkerden 5 ile 9 kez daha fazla erir (Erinç, 2001). Bu sebepten kolay oluşabilen ve kolay yok olabilen şekiller gözlemlenmektedir. Sahadan alınan kayaç örneğinin analiz sonuçları tablosunda elementlerin su içerisinde kolayca çözülebilen elementlerin olduğu görülmektedir.

Element	Miktar (ppm)
ZnO	24727
CuO	136143
MnO	229356
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3392353
TiO <sub>2</sub>	460106
CaO	294100500
Ba	775040000
Ca	210071797
Ti	275512
V	28004
Cr	21315
Mn	177795
Fe	2372275
Co	60851
Ni	46792
Cu	108914
Zn	19782
As	1524
Se	-3201
Rb	2862
Sr	11323865
Zr	1628
Mo	4621
Ag	53639
Ba	117640
La	266600
Ce	273401
W	-55506
Pt	27367
Au	2385
Toplam	1298583047

**Tablo 2:**Sahadan alınan kayaç örneğinin analiz sonuçları.

Tabloya göre kayaç içerisinde en fazla bulunanlar, Cao (kalsiyum oksit) bileşiği ve Ba (Baryum) elementidir.

Kalsiyum oksit (CaO), sönmemiş kireç olarak da bilinir. Geniş bir kullanım alanı olan bir çeşit kimyasal bileşiktir. Beyaz renkli, aşındırıcı ve alkalik bir katıdır. Suda çözünebilen bir elementtir, suyla reaksiyona girerse oksitlenir ve kalsiyum hidroksidi oluşturur.

Baryum ağır bir toprak alkali metalidir. Beyaz-gri metalik renktedir. Aktif bir element olduğu için su, hava ve asitlerle kolayca reaksiyon verir.

Tabloda görüldüğü üzere kayaç içerisinde aktif bulunan bileşim ve elementler su ile temas geçince kolayca çözülebilen maddelerdir. Bu durum karstik oluşumların temeli olan kayaç niteliğini göstermektedir.

### 2.1.1.2. Tektonik Özellikler

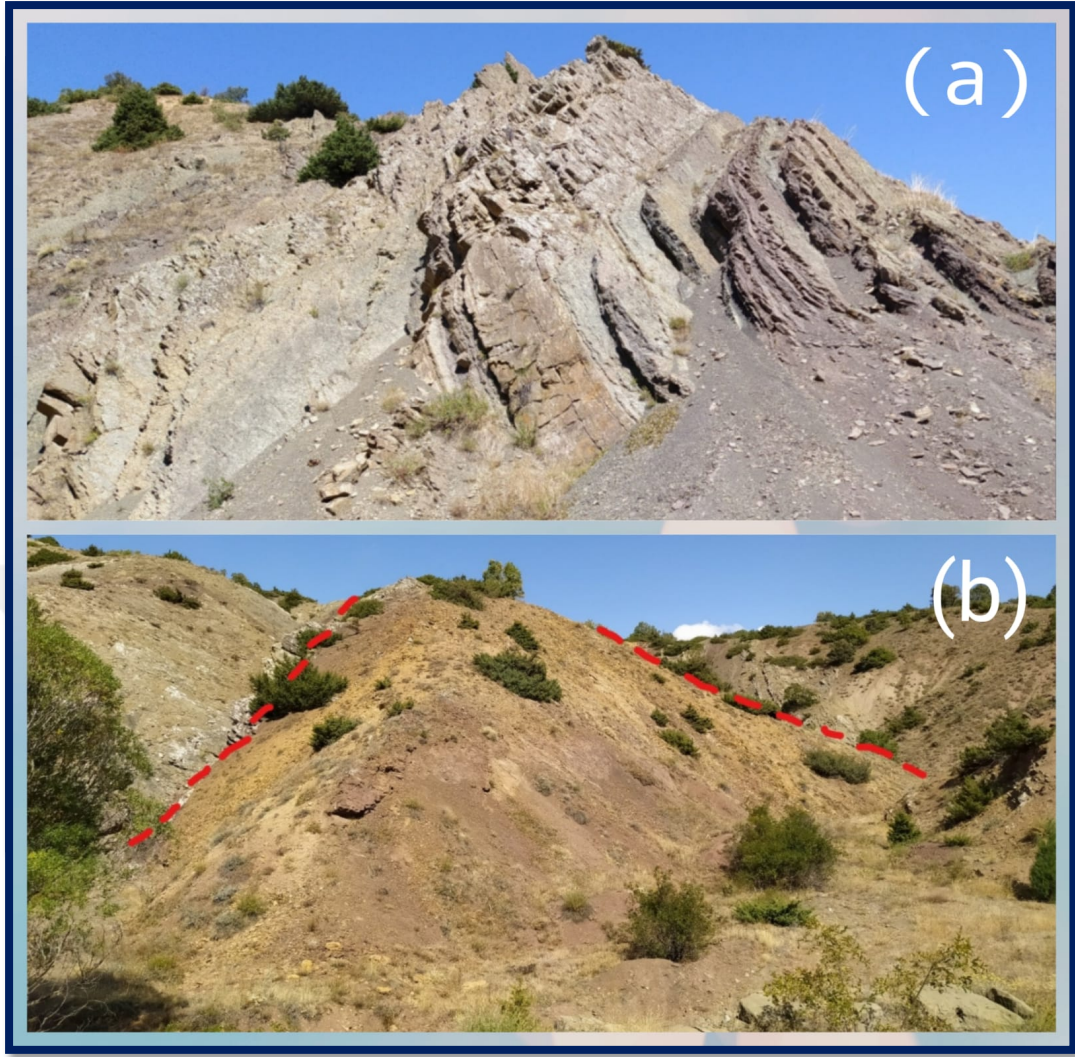
Erzincan ve çevresi, Türkiye'nin jeolojik açıdan en karmaşık bölgelerinden biridir. Bölge bu karmaşık yapısını Mesozoyik başlarından Tersiyer ortasına kadar süren farklı okyanus açılma ve kapanma dönemlerinde kazanmıştır. Bugün farklı suture kuşaklarının birbirine kavuştuğu bir jeolojik düğümün üzerinde bulunan Erzincan'ın jeolojisi şehrin içinde bulunduğu ovanın açılmasına neden olan genç yanal atımlı fayların etkisi ile daha da karmaşık hale getirilmiştir (Tüysüz, 1993).

Erzincan yöresinde bölgesel düzeyde, farklı ortam koşullarını yansıtan ve birbiri ile tektonik ilişkili, Eosen öncesi yaşta olan dört temel tektono-stratigrafik birim ayırtlanmıştır. Bunlar kuzeyden güneye doğru Kelkit Görelî otoktonu, Çimen Dağı Napı, Erzincan Napı ve Munzur Kireçtaşı'dır. Bu naplardan Çimen Dağı Napı, kuzeydeki Kelkit Otoktonu'nun ve güneydeki Erzincan Napı'nın üzerinde, Erzincan Napı ise Çimendağı Napı'nın'nın altında ve Munzur Kireçtaşı'nın üzerinde yer almaktadır (Yılmaz, 1985).

Kuruçay ve yakın çevresi, depremler açısından tehlikeli bir konumda yer almaktadır. Yöre, Ketin tarafından II. Derece deprem bölgesi üzerinde gösterilirken (Ketin, 1984) Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yayımlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında I. Derece deprem bölgesinde gösterilmektedir. Nitekim, Erzincan ve çevresinde meydana gelen depremlerin hemen hepsi, çeşitli ölçülerde Kuruçay'da da etkili olmuştur (Şahin ve Doğanay, 2011).

Kuzey Anadolu Makaslama Zonu (KAMK) doğudan batıya doğru genişlemekte, Karlıova yakınlarında tekrar genişliyor gibi görünmesine karşın, Erzincan dolayında ve Erzincan'ın 150-200 km batısında, zon oldukça daralmakta ve 10 km genişliği geçmemektedir (Herece ve Akay 2003, ek 13). Sahada farklı formasyonların tektonik faaliyetler sonucu keskin bir hatla ayrıldığı alanlar da mevcuttur.

Sivri Tepe güneyinde miyosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayalar ile karasal kırıntılı kayaların ayrıldığı kısım fotoğraflanmıştır (Şekil 5). Bu sahada geçmişte tektonik faaliyetlerin görüldüğü bilinmektedir fakat aktif bir hat olmadığı için haritalarda gösterilmemiştir.



**Şekil 5:** (a) Tektonizmaya bağlı yatay yapılı tabakaların yan basınçların etkisi ile yükselmesi sonucu tabaka başlarının yüzeylemesi, (b) farklı formasyonların tektonizma sonucunda birbiri üzerine bindirme sahası.

Araştırma sahasında tektonizmaya bağlı yatay yapılı tabakaların yan basınçların etkisi ile yükselmesi sonucu tabaka başlarının yüzeylendiği görülmektedir (Şekil 6a). Farklı formasyonların aynı etkiler sonucunda birbiri üzerine bindirme yaptığı yerlere rastlanmıştır (Şekil 6b). Buradaki kıvrılmanın şiddetli olduğu tabakaların eğim durumundan anlaşılmaktadır.

### **2.1.2.Araştırma Sahası İklim Özellikleri**

Doğu Anadolu, Türkiye'nin en yüksek ve dağlık bölgesi olması sebebiyle, iklim bakımından diğer coğrafi bölgelere göre büyük farklılıklar gösterir. Türkiye'de karasal (kontinental) iklimin şiddetle hüküm sürdüğü Doğu Anadolu'da meselâ İç Anadolu veya Trakya düzlüklerinde olduğu gibi geniş sahalarda birbirine az-çok benzeyen iklim karakterleri yerine, avarızın uzanışı ve şekli ile ilgili olarak dar sahalarda değişen oldukça büyük iklim farklılıklarına rastlanır (Akkan, 1963). Erzincan Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan Elazığ ve Malatya dışındaki diğer tüm illerden daha ılıman bir iklime sahiptir (Kaya, 2011).

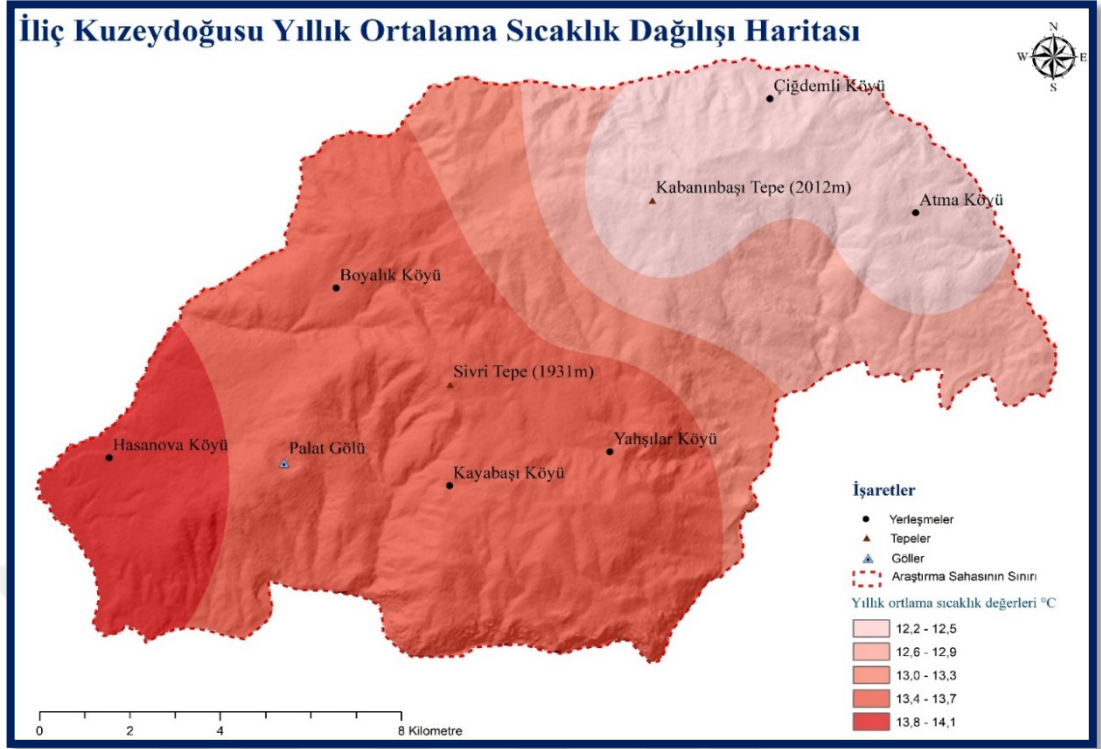
Karst çalışmalarında iklim faktörünün incelenme sebebi iklim; yağış süresi, sıcaklık şartları gibi doğrudan etkilerinin yanı sıra bitki ve toprak faktörlerini de etkilediği için karstlaşma incelenirken önemli bir faktördür.

#### **2.1.2.1. Sıcaklık**

Araştırma sahasının yıllık ortalama sıcaklık haritası hazırlanırken Kemah meteoroloji istasyonu, Kemah Dedeoğlu Köyü meteoroloji istasyonu ve İliç meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Sahanın tamamında detaylı ölçüm yapılabilecek istasyon bulunmadığı için, İliç ve Kemah ilçe merkezlerindeki meteoroloji istasyonları da dönem dönem kapatıldığı için veri eksikleri bulunmaktadır. Bu sebeple araştırma sahası haritaları hazırlanırken meteoroloji verileri coğrafi koşullar göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır.

Sahada karasallığın etkisi ile yıl boyunca ortalama sıcaklıklar farklılık göstermektedir (Tablo 3). Kış aylarında  $-2.5^{\circ}\text{C}$ 'lerde seyreden sıcaklıklar yaz aylarında  $26^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar yükselmektedir. Sahada buna bağlı fiziksel parçalanma da hakim vaziyettedir.

Sahanın en yüksek yeri olan Kabanınbaşı Tepe(2012m) ve çevresi sahanın en serin alanlarını oluşturmaktadır(Şekil 7). Kemah ilçesine yakın kısımlar nispeten daha serinken İliç merkezine yaklaştıkça sıcaklık değerlerinde küçük de olsa bir artış gözlemlenmektedir. Fırat Nehri'nin ve Kuruçay'ın da etkisi ile en yüksek sıcaklıklar sahanın güneybatı kıyılarında, Hasanova Köyü ve çevresinde görülmektedir.



Şekil 7:Araştırma sahası yıllık ortalama sıcaklık dağılışı haritası.

Tablo 3:Araştırma sahası sıcaklık verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2021).

Aylar	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	Aylık Minimum Sıcaklık (°C)
Ocak	-0.6	12.1	-18.4
Şubat	2.6	16.0	-15.0
Mart	7.8	22.3	-5.1
Nisan	12.0	27.8	-2.3
Mayıs	16.7	33.6	5.3
Haziran	21.9	37.0	10.5
Temmuz	26.0	39.7	11.9
Ağustos	26.6	41.2	13.3
Eylül	22.7	37.2	6.4
Ekim	15.8	30.2	1.4
Kasım	7.3	22.2	-5.0
Aralık	1.8	20.0	-14.8
YILLIK	13.4	41.2	-18.4

### 2.1.2.2. Yağış

Doğu Anadolu, yağış bakımından oldukça yüksek değerler gösteren bir bölgedir. İç ve Güneydoğu Anadolu yanında, Doğu Anadolu'nun bir çok merkezinin yağış değerleri bir hayli fazlalık gösterir. "Türkiye Yıllık Ortalama Yağış Haritası" incelenirse Doğu Anadolu'nun 500-1000 mm' lik yağışlara sahip olduğu, ancak Karasu ile Aras vadi boylarının 300 mm. civarındaki yağışlarla bu genel gidişten ayrıldığı görülür (Akkan, 1963).

Ortalama olarak yılda 100 günün yağışlı geçtiği Erzincan'da yağışın yıl içerisindeki dağılışı da diğer Doğu Anadolu merkezlerinden farklılık gösterir. Yağışın en bol olduğu mevsim ilkbahardır. En kurak dönem olan yaz aylarında ise yağışlar neredeyse tamamen oraj yağmurları şeklinde olduğundan kısa sürelerde bol su bırakırlar ve birçok kesimin sel tehdidi ve tahribi altında kalmasına sebep olurlar.

Araştırma sahasının yıllık ortalama yağış haritası hazırlanırken de Kemah meteoroloji istasyonu, Kemah Dedeoğlu Köyü meteoroloji istasyonu ve İliç meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Yine aynı sebeplerden veri eksikleri bulunmaktadır ve araştırma sahası yağış haritaları hazırlanırken meteoroloji verileri coğrafi koşullar göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır.

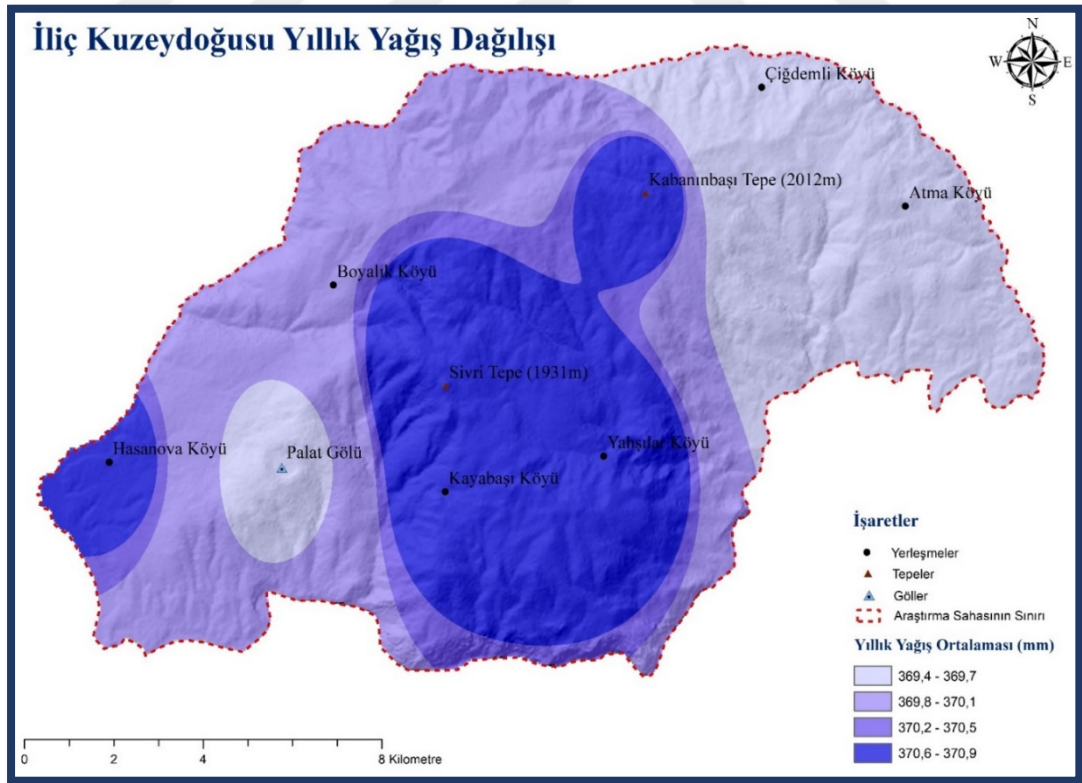
Araştırma sahası en fazla yağışı Ocak ve Mayıs aylarında alırken en az yağışı ise temmuz ve ağustos aylarında almaktadır (Tablo 4). En az yağış alınan aylarda değerler ortalama 5mm civarında seyrederken, en fazla yağış alan aylarda ise 63mm'yi bulmaktadır.

Sahanın en çok yağış alan yeri yükseltisine paralel olarak Kabanınbaşı tepe (2012m) ve Sivri tepe (1931m) çevresidir. Nispeten daha az yağış alan kısımlar ise Kemah ilçe merkezine yaklaşan alanlardır (Şekil 8).



**Tablo 4:**Araştırma sahası yağış verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2021).

Aylar	Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm)	Aylık Maksimum Yağış (mm)
Ocak	53.48	48.60
Şubat	27.08	33.30
Mart	49.07	29.70
Nisan	46.40	30.20
Mayıs	56.05	17.20
Haziran	28.53	16.20
Temmuz	5.77	12.20
Ağustos	6.48	23.50
Eylül	10.23	19.10
Ekim	30.27	35.20
Kasım	24.22	17.30
Aralık	32.63	19.80
YILLIK	370.22	48.60



**Şekil 8:** Araştırma sahası yıllık yağış dağılışı haritası.

### 2.1.3. Araştırma Sahası Hidrografik Özellikleri

#### 2.1.3.1. Akarsu Özellikleri

Araştırma sahası sınırlandırılırken çevresindeki akarsular baz alınmıştır. Sahada 5'i sınır olmak üzere toplam 7 akarsu bulunmaktadır (Tablo 5). Sahanın güneyi Fırat Nehri ile sınırlandırılmıştır ki bu nehrin yaklaşık 30 km'lik kısmı saha sınırları içerisinde bulunmaktadır.

Kuzeybatı sınırını oluşturan Erhami Çayı'nın ise yaklaşık 15 km'lik bir kısmı sahaya dahil olmaktadır. Güneybatı sınırını oluşturan ve Erhami Çayı ile birleşen Kuruçay ise yaklaşık 3 km ile saha sınırlarında en az paya sahip akarsudur. Doğu sınırında 10 km'lik alanı sahaya dahil olan Atma Çayı ve ona kuzey sınırı ile dahil olan 9km'lik Mayha deresi bulunmaktadır (Şekil 9).

Sahanın sınırlarını oluşturan bu 5 akarsuya ek olarak iç kesimlerde ise 9 km'lik Torosoğullarının Deresi ve 7 km'lik Kayın deresi bulunmaktadır.

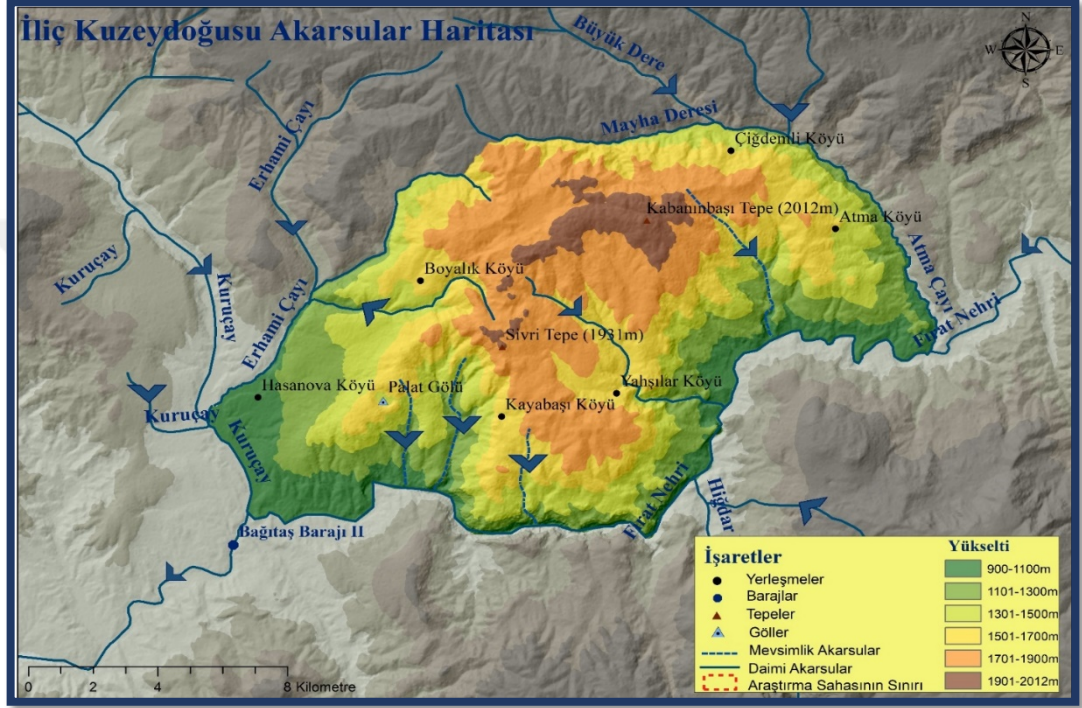
**Tablo 5:** Araştırma sahası akarsularının uzunlukları ve toplam akarsu varlığı içerisindeki yüzdeleri.

İsim	Uzunluk(km)	Yüzde
Fırat Nehri	30	36,59%
Erhami Ç.	14	17,07%
Atma Çayı	10	12,20%
Mayha D.	9	10,98%
Torosoğullarının D.	9	10,98%
Kayın D.	7	8,54%
Kuruçay	3	3,66%
Toplam	82	100,00%

Karstlaşmanın temel öğelerinden biri hidrolojik koşullardır. Kayacı çözebilecek nitelikte, sıcaklıkta ve miktarda olmalıdır. Mevsimsel olarak suların artması, azalması, kuruması karstlaşmayı doğrudan etkilemektedir. Akarsular karstik sahalarda düdenler vasıtası ile yeraltına inerek yeraltında da derin şekiller mağaralar, galeriler

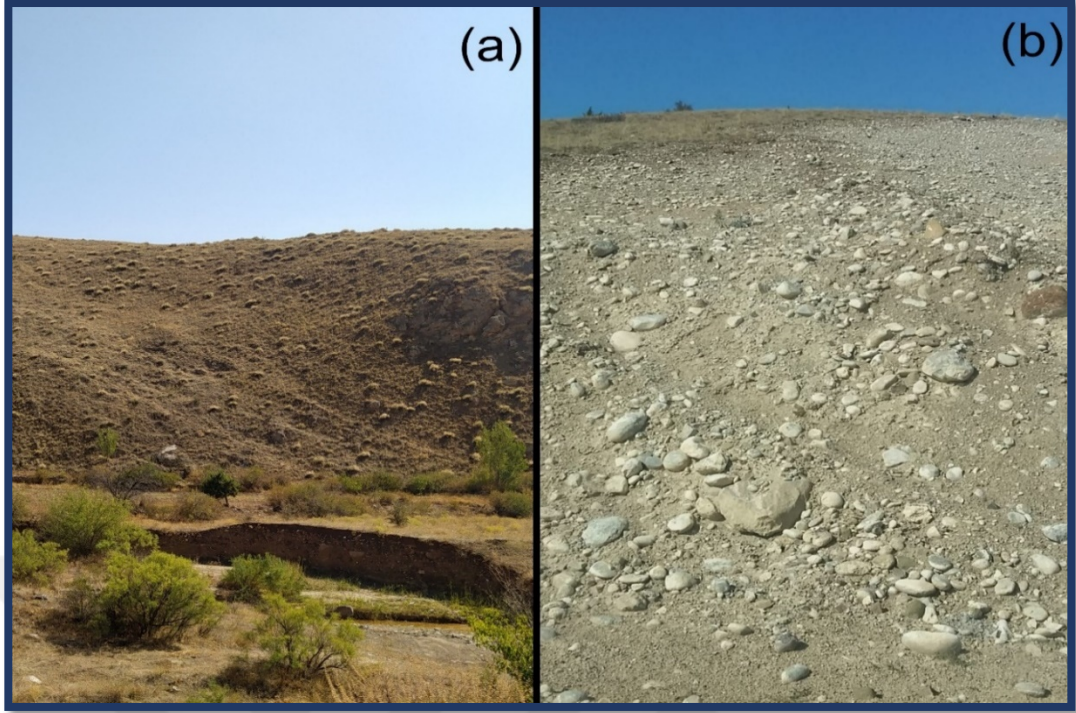
oluşturabilirler. Mevsimsel akarsuların kurak dönemlerinde o bölgedeki karstlaşma da yavaşlar veya kesintiye uğrar.

Yeraltı suyunun oluşturduğu boşluklar sonucunda o alanlarda çökmeler yaşanabilir ve bu çöküntü alanları sahanın yeni su birikim noktaları haline gelebilir. Araştırma sahasında bu şekilde oluşan bir obruk gölü (Polat Gölü) bulunmaktadır.



Şekil 9: Araştırma sahası akarsular haritası.

Araştırma sahası aktif vadiler, kuru vadiler, paleovadiler ve mevsimlik akarsu vadileri olmak üzere birçok vadi tarafından yarılmıştır. Morfometri kısmında bu vadiler ile karstlaşma arasındaki ilişki ortaya koyulmuştur. Geçmiş jeolojik zamanlar içerisinde sahada çakıltaşı depoları oluşmuştur. Bu depolar konumlandığı yere göre farklı sınıflara dahil edilmiştir (Şekil 10).



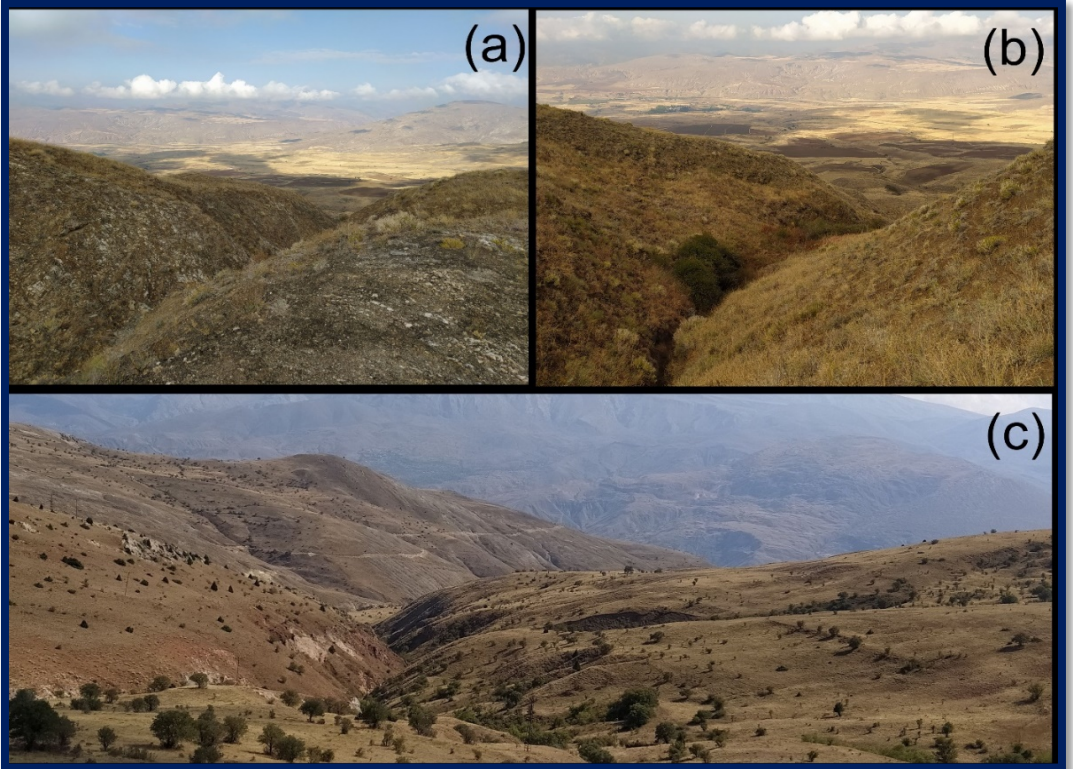
**Şekil 10:**Eski akarsuyun taşıyıp biriktirdiği malzemelerden oluşan depo (b) Eski göl tabanı deposu.

Araştırma sahasının güney sınırını oluşturan Fırat Nehri sahanın su varlığının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Geçmiş dönemlerden beri derine aşındırmalar yaparak yatağında taraçalanmalar oluşturmuştur. Bu taraçalara bakarak Fırat Nehri'nin yarıлма derecesini tahmin etmek mümkündür (Şekil 11).

Araştırma sahasının birçok farklı kısmında kuru vadilere rastlanmıştır (Şekil 12). Bu vadiler nemli dönemlerde akarsular tarafından oluşturulmuştur fakat zaman içerisinde akarsuların yol değiştirmesi, kuruması, yatak üzerinde subatan oluşması sonucu derine dalması gibi nedenlerden dolayı artık aktif akarsuyu bulunmamaktadır.



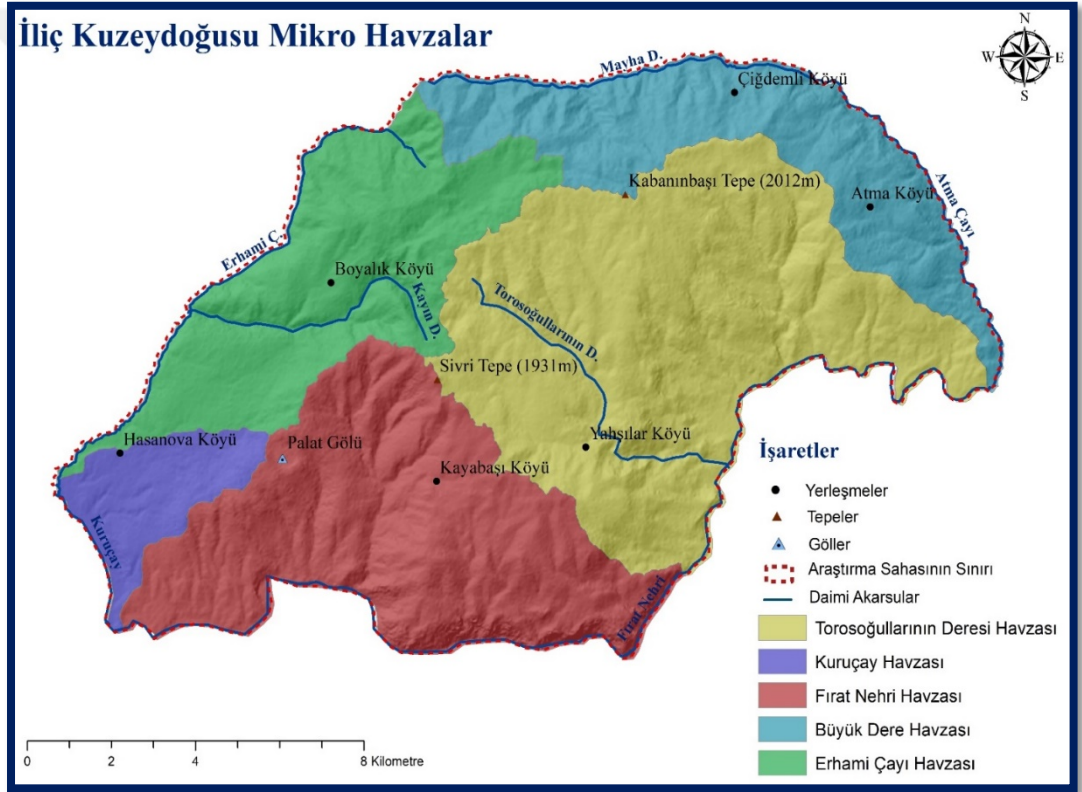
Şekil 12: (a-b)Fırat Nehri ana vadisi havzasının farklı açılardan görünümü.



Şekil 11: (a-b-c) Sahannın farklı kısımlarındaki kuru vadi görünümleri.

### 2.1.3.1.1. Alt Havzalar

Araştırma sahası sınırları içerisinde 5 mikro havza bulunmaktadır (Tablo 6-Şekil13). Bu havzalar üzerinde etkin olan akarsuların isimleri ile bilinmektedir. Sahanın en büyük havzasını % 35 ile Torosoğullarının Deresi Havzası oluşturmaktadır. Bunun nedeni akarsuyun akaçladığı tüm havzanın saha sınırları içerisinde kalmasıdır. İkinci olarak ise Fırat Nehri Havzası % 25'lik havza payına sahiptir. Kuruçay akaçlama havzasının çok az bir kısmı ile saha sınırlarına dahil olduğu için % 5 ile en az havza payına sahip olan akarsudur. Atma Çayı ile Mayha Deresi'nin birleşmesi ile oluşan Büyük Dere Havzası % 15'lik bir paya sahipken Erhami Çayı'nın akaçlama havzasının ise % 18'i saha sınırı içerisinde kalmaktadır.



Şekil 13: Araştırma sahası mikro havzalar haritası.

**Tablo 6:** Araştırma sahası mikro havzaları.

<b>Mikro Havzalar</b>	<b>Alan(km<sup>2</sup>)</b>	<b>Yüzde(%)</b>
Torosoğullarının Deresi Havzası	69.4	35,68%
Kuruçay Havzası	9.7	5,00%
Fırat Nehri Havzası	49.7	25,58%
Büyük Dere Havzası	30.0	15,45%
Erhami Çayı Havzası	35.5	18,29%
Toplam	194.5	100,00%

### **2.1.3.2.Yeraltı Suyu**

Karstik topoğrafyanın şekillenmesinde yerüstü suları kadar yeraltı suları da oldukça etkilidir. Kimyasal aşındırma, fiziksel oyma, taşınma ve biriktirme faaliyetleri ile topoğrafyanın şekillenmesinde rol oynamaktadırlar.

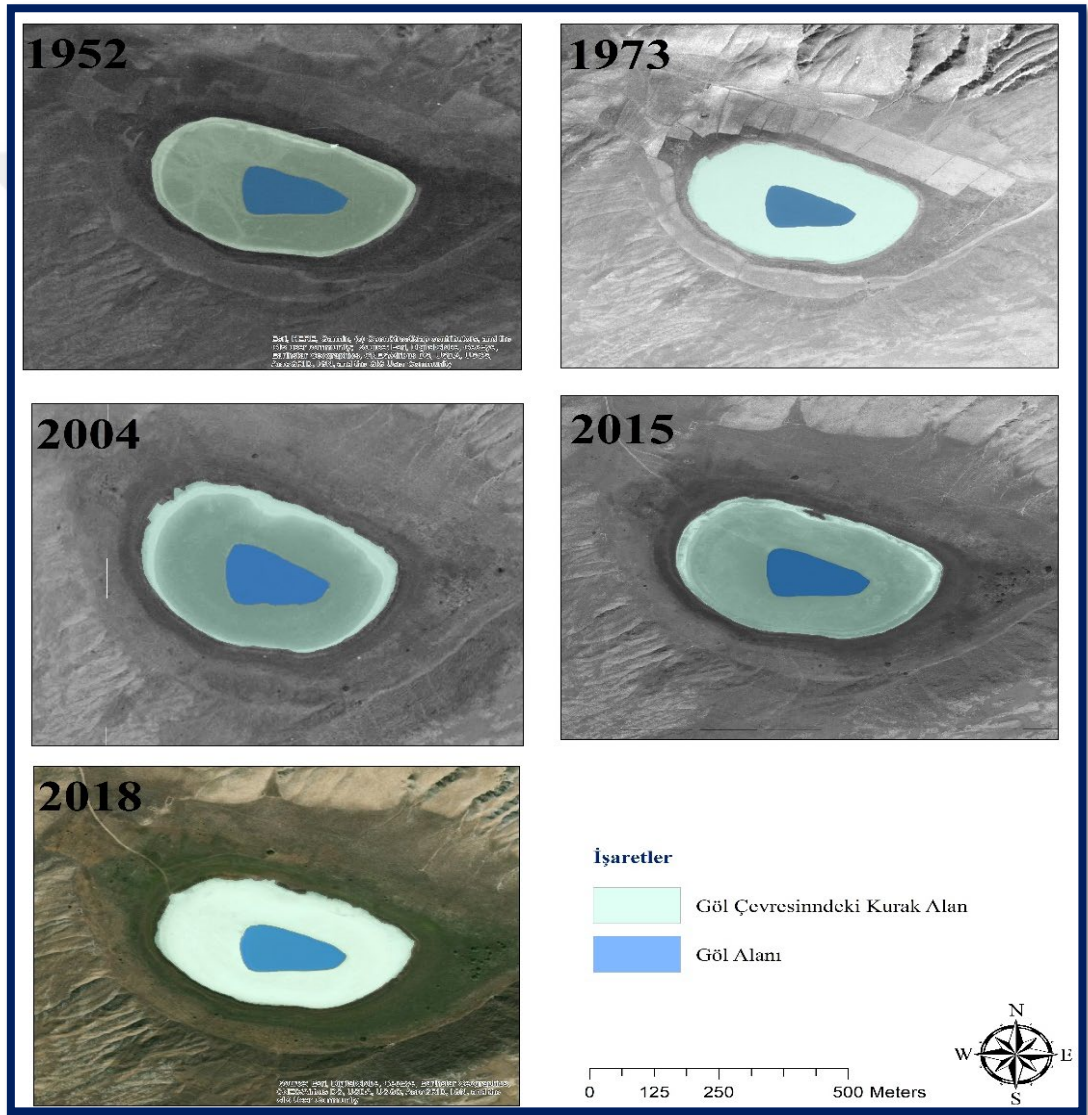
Araştırma sahası karstik bir saha olması dolayısıyla yerüstü sularından ziyade yeraltı suları bakımından zengin olduğu düşünülmektedir. Polat gölü çevresinde sucul bitkilerin varlığı yeraltı su seviyesinin yüksek olduğunun göstergesidir. Ayrıca sahada tespit edilen suçikanlar da bu görüşü destekler niteliktedir.

### **2.1.3.3. Göl Sahası**

Araştırma sahasında yaklaşık 1465 m rakıma sahip Polat Gölü bulunmaktadır. Bu göl yöre halkı tarafından Palat Gölü olarak da adlandırılmaktadır. Obruk gölü olduğu düşünülmektedir. Obruk gölleri dolinlerin taban suyu seviyesine kadar çökmeleri sonucu yeraltı sularının yüzeye çıkabileceği huniler (Pekcan, 1995) olarak tanımlanır.

Yılın belli dönemlerinde seviye değişimleri gözlemlenmektedir(Şekil 14). Fakat bu değişimler ciddi bir fark göstermemiştir. Son zamanlarda yapılan birçok çalışmada ülkemizdeki göl seviyelerinde meteorolojik koşullara bağlı büyük değişimler gözlemlenirken Polat Gölü'nde yıllık ve aylık seviye değişimlerinin küçük çapta olması bu gölün meteorolojik kaynaklardan ziyade yeraltı suları ile beslendiğini düşündürmektedir. Harita Genel Müdürlüğü'nden alınan göle ait en eski fotoğraflar 1952 yılına aittir. Güncele en yakın fotoğraflar ise ArcMap üzerinden elde edilmiştir.

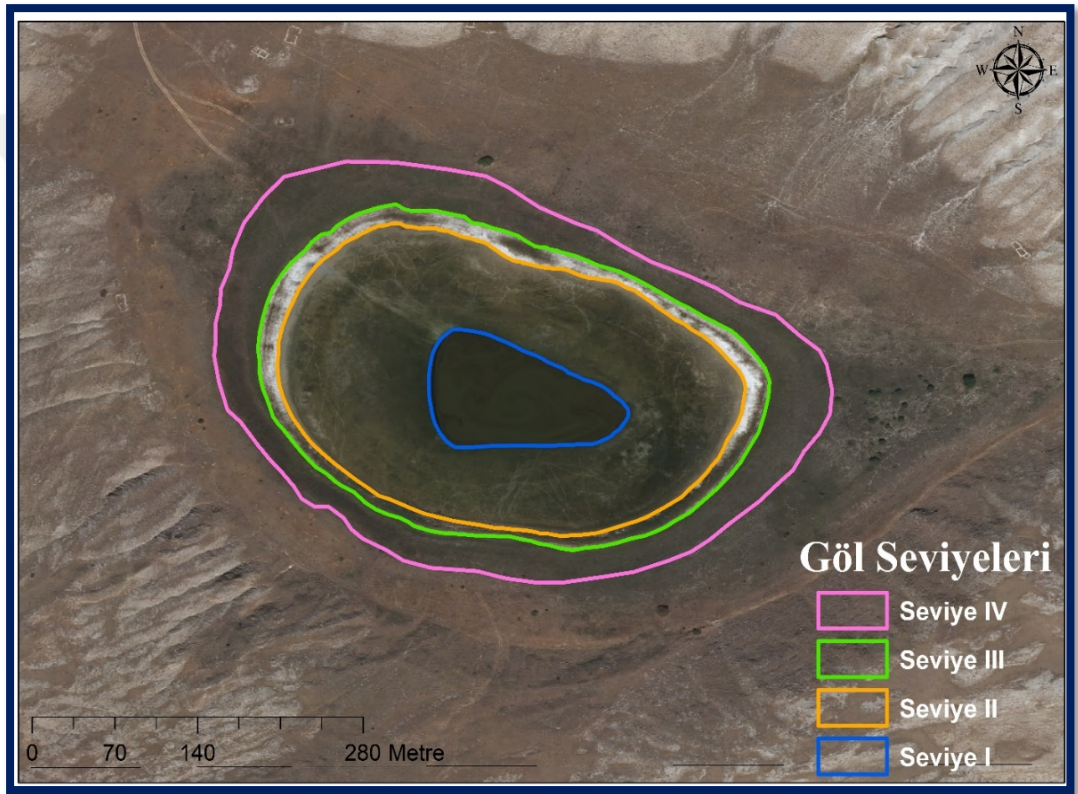
Karstik sahalardaki göller içerdikleri kükürt miktarı dolayısıyla deri hastalıklarının tedavisinde kullanılabilir. Bu nedenle yöre halkı tarafından şifalı göller veya uyuz gibi deri hastalıklarını iyileştirmesi sebebiyle uyuz gölü olarak bilinmektedir. Polat Gölü de aynı şekilde bir takım deri hastalıklarına iyi geldiği düşünülerek yöre halkı tarafından şifalı göl olarak bilinmekte ve yılın belli dönemlerinde ziyaret edilmektedir. Göl çevresinde 1970'li yıllarda tarım alanları bulunmaktadır. Sonraki yıllarda bu uygulamanın devam etmediği görülmektedir.



Şekil 14: Geçmişten günümüze göl seviyeleri.



Göl çevresinde birkaç farklı seviye gözlemlenmesi yıllar içerisinde kurak ve sulak kısımlarında değişimler yaşandığının göstergesidir (Şekil 15). Bu seviyeler II. seviyeden başlayarak sırasıyla 1973 Ağustos, 2004 Aralık, 2015 Mart ve 2018 Mayıs aylarına aittir. I.seviyenin ulaşabildiğimiz ortofoto görüntülerinden, 1952'den daha önceki bir tarihe ait olduğu düşünülmektedir. Arazi çalışması sırasında göl çevresinde seviye IV üzerinde sucul bitkilere rastlanmıştır. Bu bitkiler yeraltı suyunun bu alanlarda yüzeye yakın olduğunun göstergesidir. Bitki örtüsü anlatılırken bu bitkilerden daha detaylı bahsedilecektir.



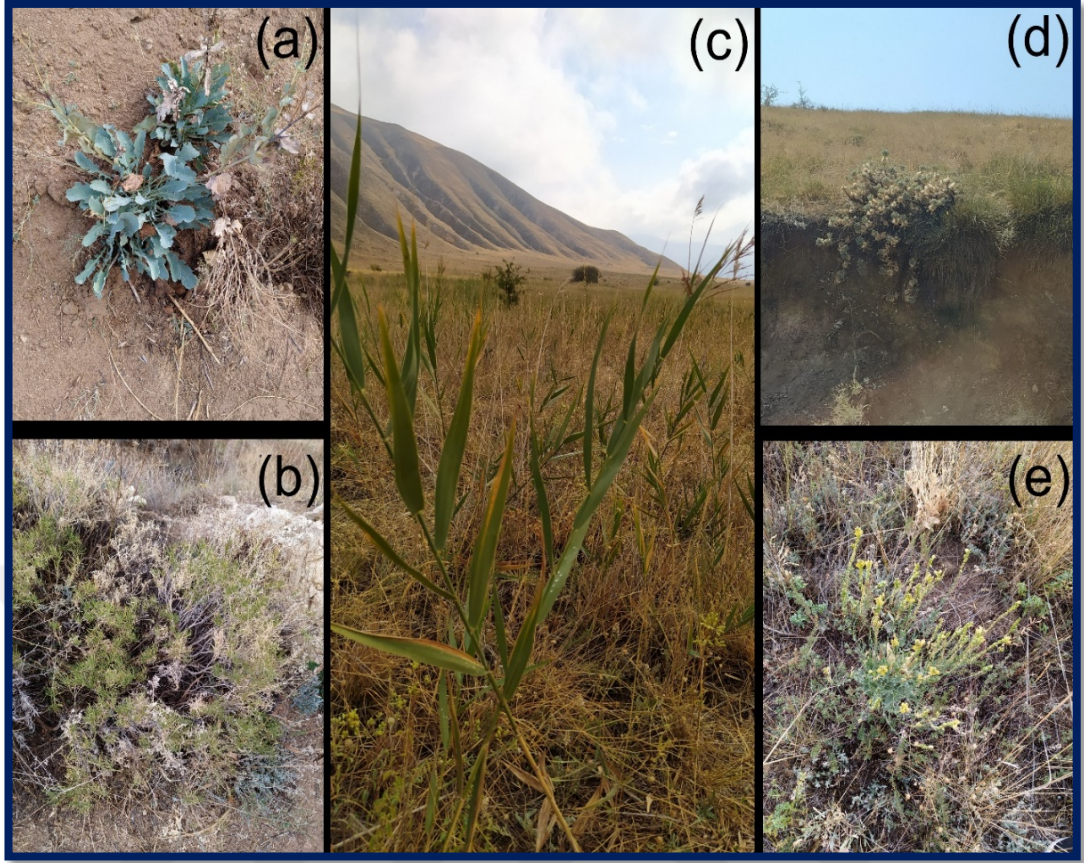
Şekil 15: Polat Gölü seviye değişimleri.

#### 2.1.4. Araştırma Sahası Doğal Bitki Örtüsü

##### 2.1.4.1. Bitki Örtüsünün Coğrafi Dağılışı

###### 2.1.4.1.1. Ot Formasyonu

Araştırma sahası konumundan dolayı step iklimine mensuptur. Bu iklimin öne çıkan bitki türleri ise genelde ot ve çalı formasyonundadır. Araştırma sahasında göl ve akarsu havzaları etrafında sucul ot türleri görülürken sahanın genelinde hakim olan türler ise genelde dikenli kurakçıl türlerdir.



**Şekil 16:** Araştırma sahasındaki otsu türler; (a) Yabani marul(*lactuca sativa*), (b)Yabani-Dağ Kekliği (*thymus serpyllum*), (c) Kargı-Su kamışı(*arundo donax*), (d)Geven(*Astragalus*), (e) Sığır kuyruğu (*verbascum thapsus*).

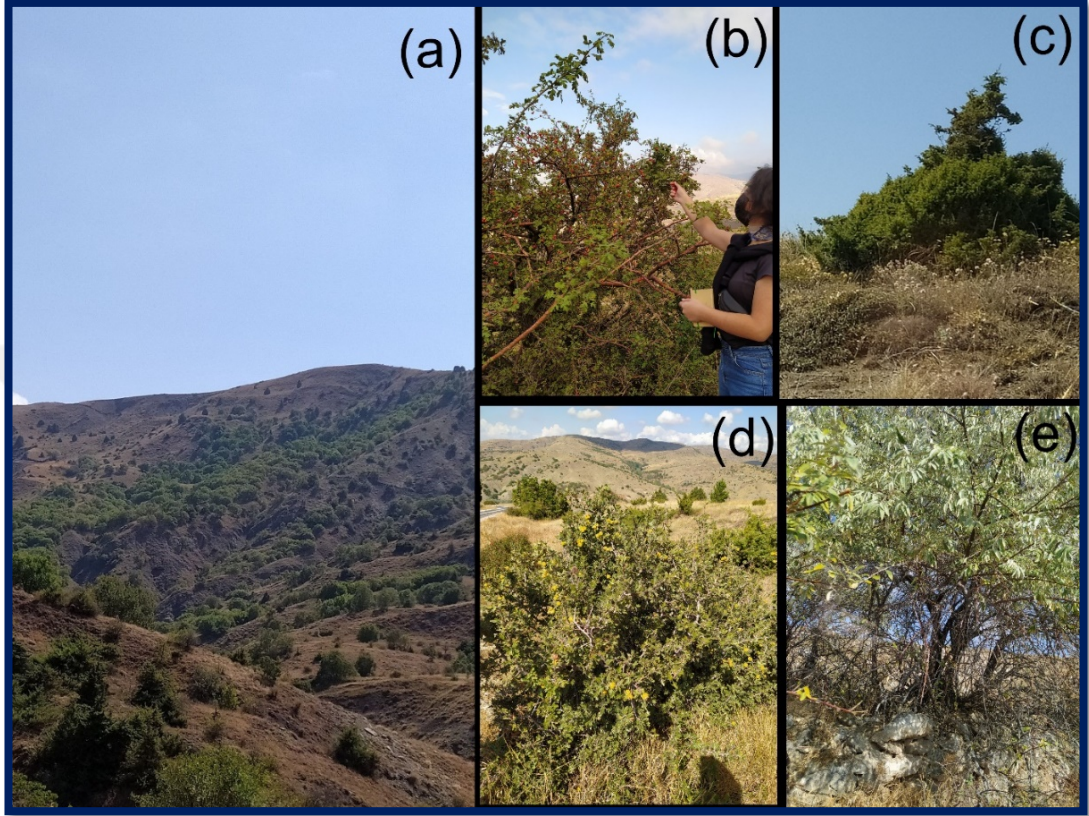
Polat Gölü çevresinde taban suyunun yüksek olduğunun kanıtı olarak seviye IV yakınlarında fotoğraflanan halk arasında su kamışı olarak bilinen, kargı (*arundo donax*) örnek olarak gösterilebilir (Şekil 16) . Bu bitki eski sulak alanlarda ve taban suyunun yüksek olduğu sahalarda hüküm sürmektedir.

Sahanın diğer otsu türleri ise step ikliminin daimi üyelerinden geven (*astragalus*), sığır kuyruğu (*verbascum thapsus*), yabani marul (*lactuca sativa*) ve yabani (dağ) kekiğidir (*thymus serpyllum*).

#### **2.1.4.1.2. Çalı Formasyonu**

Step ikliminin sık karşılaşılan türlerinden biri de çalı formundaki bitkilerdir. Bu bitkiler uzun yıllar süren orman tahribatı sonucunda ortaya çıkan 1-2 metrelik ağaççıklardır. Araştırma sahasında çalı türlerinden; adi ardıç (*juniperus communis*),

kuşburnu (*rosa canina*), iğde (*elaegnus*), doğal fındıklık (*corylus avellana*) ve alıç (*crataegus monogyna*) gibi türler bulunmadır(Şekil 17).

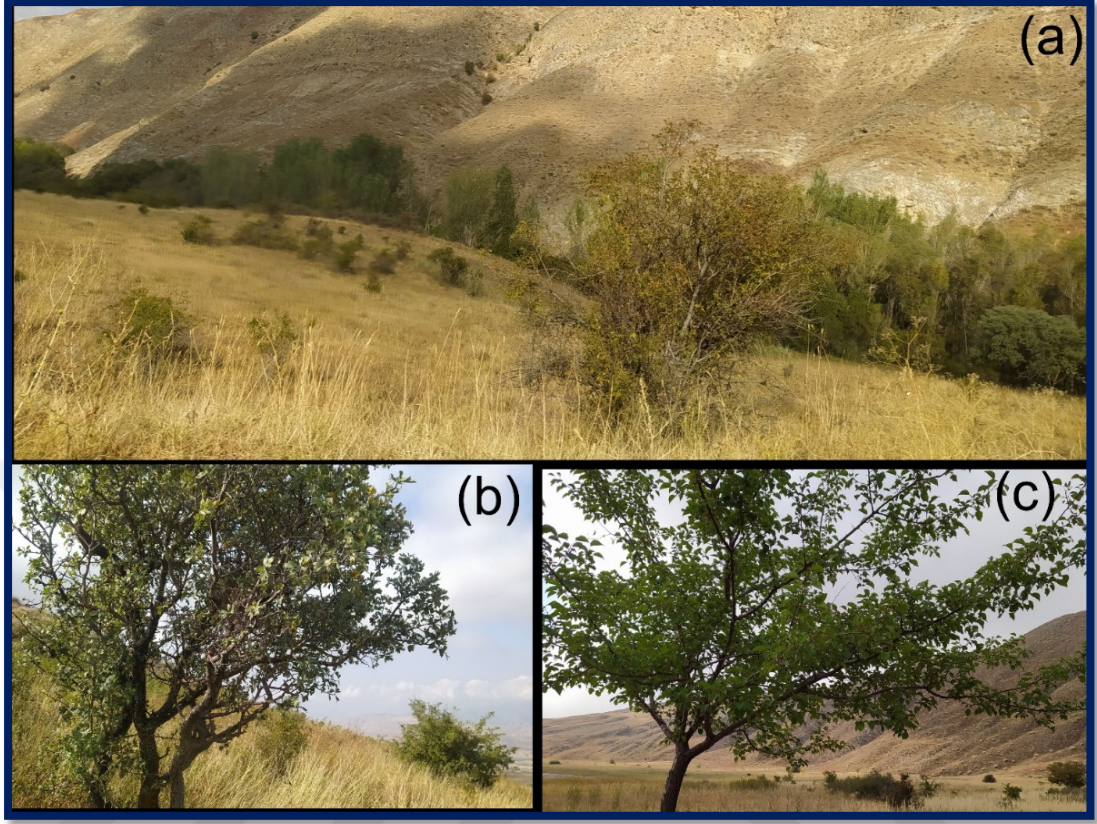


**Şekil 17:** Sahada bulunan çalı formundaki bitkiler; (a) Doğal fındıklık (*corylus avellana*), (b) Kuşburnu (*rosa canina*), (c) Adi ardıç (*juniperus communis*), (d) Alıç (*crataegus monogyna*), (e) İğde (*elaegnus*).

#### 2.1.4.1.3. Ağaç Formasyonu

Araştırma sahasında göl kenarları ve akarsu boyları dışında belirgin bir ağaç formasyonundan söz etmek mümkün değildir. Birkaç bölgede ve kutsal kabul edilen Sivri Baba Tepesi'nde ağaçlandırma çalışması yapılmıştır. Sahada görülebilen odunsu türler; halk arasında yabani armut ya da çördük olarak da bilinen ahlat (*pyrus*

*communis*), kayısı (*prunus armeniaca*), akarsu yataklarının kenarlarında servi (*cupressaceae*) ve kavak (*populus*) gibi türlerdir (Şekil 18).



**Şekil 18:** Araştırma sahasında görülen odunsu türler; (a) Servi (*cupressaceae*) ve Kavak (*populus*), (b) Ahlat (*pyrus communis*), (c) Kayısı (*prunus armeniaca*).

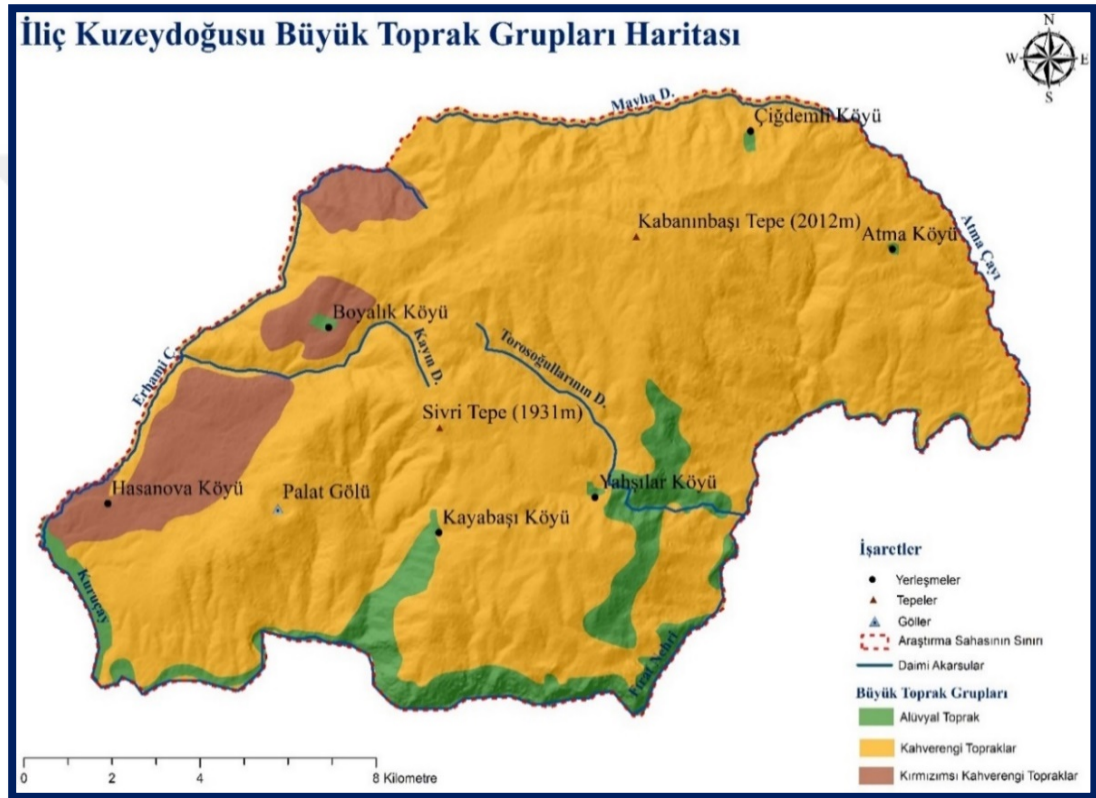
### 2.1.5. Araştırma Sahası Toprak Özellikleri

#### 2.1.5.1. Araştırma Sahasının Başlıca Toprak Grupları

Araştırma sahasının büyük çoğunluğu (% 83) kahverengi topraklar ile kaplıdır. Bu toprak grubu genellikle yıllık ortalama yağışın 600-700 mm, sıcaklığın 12°C 'nin üzerinde bulunduğu sahalarda görülmektedir. Doğal bitki örtüsü; özellikle yaprağını döken meşe, karaağaç, bodur meşe ve yaprağını dökmeyen çam türlerinden oluşmaktadır. Ana maddeleri çoğunlukla; Tersiyer'e ait kireçtaşı, marn, kalkerli kilaşları ve kil çimentolu konglomeralardır. Eğim ve jeomorfolojik yapı toprak işlenmesini kısıtladığından çoğunlukla orman ve mera olarak kullanılmaktadır. (T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bak. Topraksu Gn. Müd. Yay. 1984). Alanın geri kalan kısmında % 8'lik paylarla kırmızımsı kahverengi topraklar ve akarsu yatakları ve çevresine denk gelen alüvyal topraklar bulunmaktadır (Şekil 19-Tablo 7).

Tablo 7: Araştırma sahası büyük toprak grupları.

Büyük Toprak Grupları	Alan (km <sup>2</sup> )	Yüzde(%)
Kırmızımsı kahverengi topraklar	16	8,23%
Alüvyal topraklar	16	8,46%
Kahverengi topraklar	162	83,31%
<b>Toplam</b>	<b>194</b>	<b>100,00%</b>



Şekil 19: Araştırma sahası büyük toprak grupları haritası.

### 2.1.5.2. Araştırma Sahası Topraklarının Derinlikleri

Erzincan İli, ülkemizde toprakların erozyonel süreçlerle süpürüldüğü sahalarda, ana materyalin en fazla aşındığı sahaların başında gelmektedir. Erzincan'da, sahanın iklim şartlarına göre oluşmuş topraklar son derece sınırlı alanları kaplamaktadır (Hayli, 2002). Sahada da bu durum benzerlik göstermektedir. Gerek eğim değerleri ve erozyonel süreçler gerek akarsu faaliyetleri sahada toprak taşınımını hızlandırmıştır. Sahada toprak derinlikleri ve yüzdelik payları tablolanmış ve bu derinliklerin nerelerde görüldüğü haritalandırılmıştır (Şekil 20-Tablo 8).

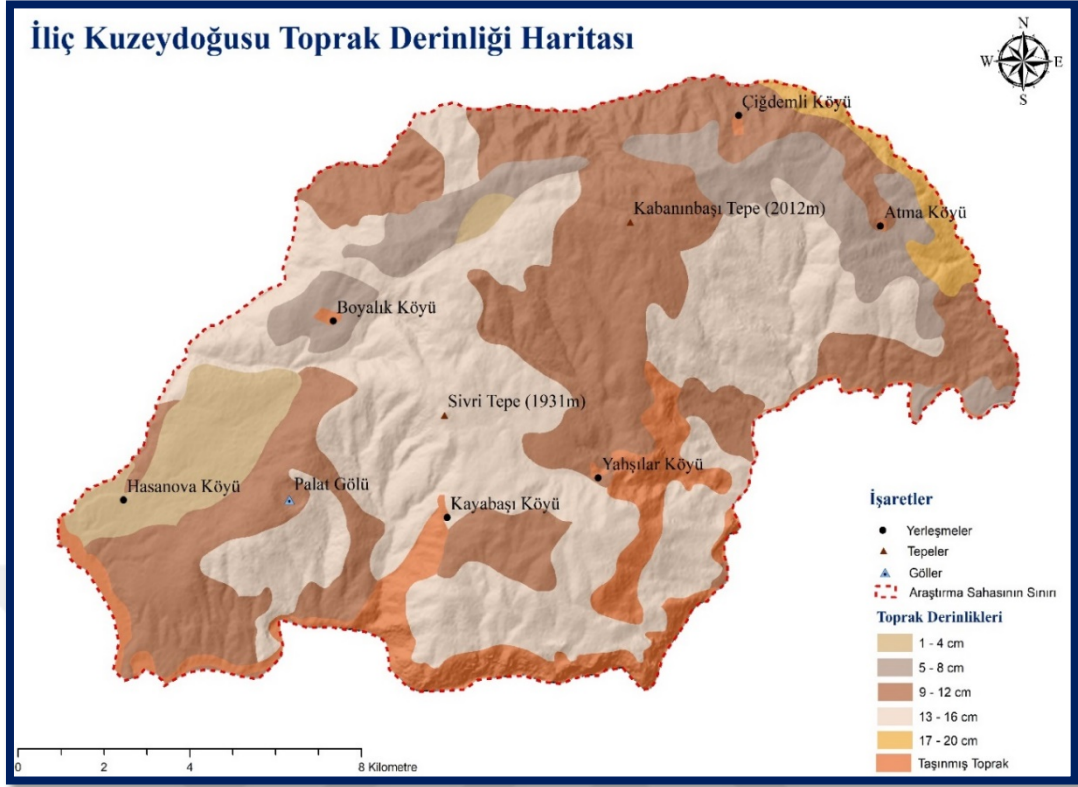
Derinlikler incelenirken 1-12cm arasında derinliğe sahip olan sahalarda, neredeyse çıplak anakaya tekabül eder ve buralarda horizonlaşma görülemez. Sahanın yaklaşık % 60'lık kısmında toprak derinliği 12 cm'den azdır. Sahanın büyük kısmında görülen bu durum toprakların erozyon ile taşınması sonucu meydana gelmiştir. Bu alanlarda lapyalar gibi mikrokarakistik şekiller gelişmiştir.

Saha topraklarının yaklaşık % 40'ında 13-20 cm derinlik görülmektedir. Bu derinlik horizonlaşma için uygun şartların başlaması demektir. Bu sahalarda dolin tabanlarında ve yamaç eğiminin nispeten azaldığı sahalarda horizonlaşmadan bahsetmek mümkündür. 17-20 cm derinliğe sahip topraklar ise neredeyse örtülü karstik şekillerin görüldüğü alanlara tekabül etmektedir. Sahayı çevreleyen akarsu yataklarında taşınmış topraklar bulunmaktadır ki bu sahanın yaklaşık % 8'lik bir kısmını oluşturmaktadır.

Sahanın doğusunda Büyük Dere'ye bakan yamaçlar en kalın toprak örtüsünün görüldüğü alanı oluşturmaktadır. Hasanova köyünün de bulunduğu depresyon ise erozyonal süreçlere maruz kaldığı için sahada en az toprak derinliği görülen alandır.

**Tablo 8:** Araştırma sahası toprak derinlikleri tablosu.

Toprak Derinlikleri	Alan (km <sup>2</sup> )	Yüzde (%)
Taşınmış Toprak	16	8,46%
1-4 cm	10	5,65%
5-8cm	18	9,48%
9-12cm	67	34,52%
13-16cm	77	39,96%
17-20cm	3	1,93%
Toplam	194	100,00%



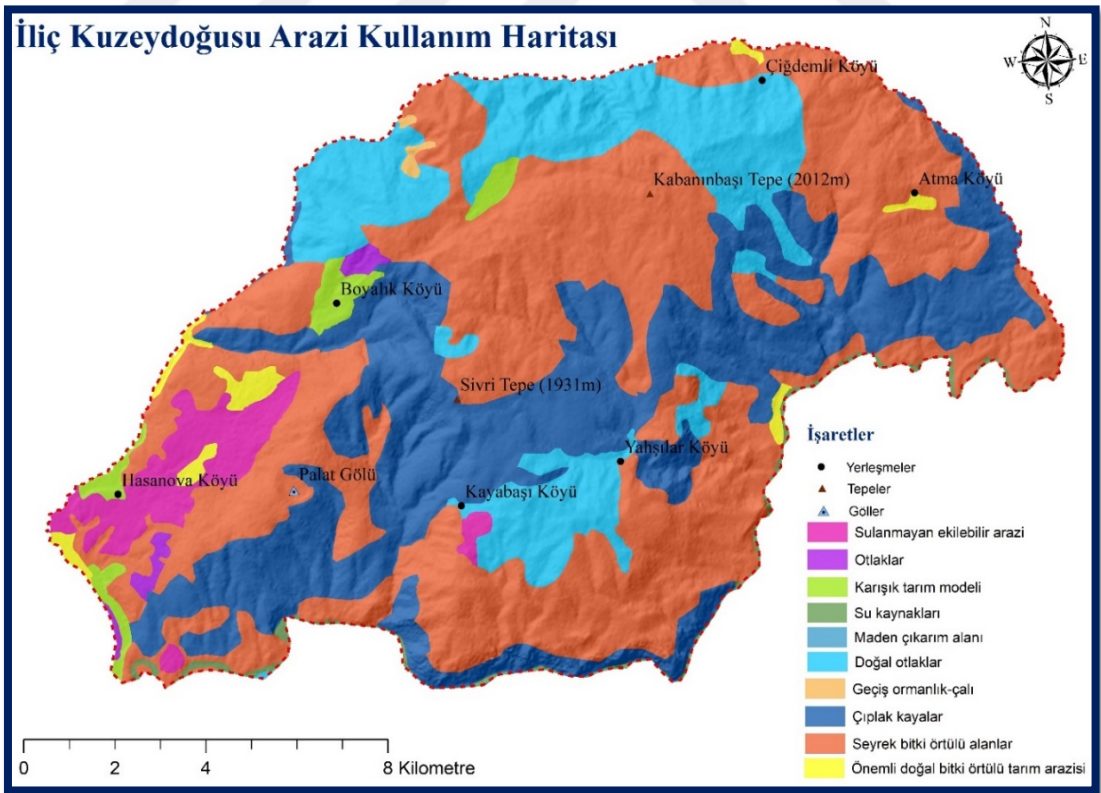
Şekil 20: Araştırma sahası toprak derinliği haritası.

### 2.1.5.3. Arazi Kullanım Kabiliyeti

Araştırma sahası arazi kullanım verilerinde % 46 ile en yüksek sınıfı seyrek bitki örtülü alanlar oluşturmaktadır. Bu alanlar karstlaşmanın da en yaygın olduğu alanlardır. Genelde buralarda dolin, uvala ve polye tabanları tarım alanı olarak kullanılmaktadır. En yüksek alana sahip ikinci sınıf ise % 29 ile çıplak kayalık alanlardır. Bu alanlar mikrokarstik şekillerin çıplak anakaya üzerinde en iyi gözlemlendiği alanlardır. Doğal otlaklar sahanın % 15'lik bir kısmını oluşturur. Bu alanlar sahada hayvancılık için kullanılan alanlardır. Genelde yerleşim alanlarının çevrelerinde görülmektedir. Sahanın % 3'ü sulanmayan ekilebilir arazi sınıfına girmektedir. Bu alanlar genelde Hasanova köyü çevresinde görülmektedir. Bu alanda Kuruçay sahanın su ihtiyacını karşıladığı için buralar sulama gerektirmeyen tarım alanlarıdır. (Tablo 9).

**Tablo 9:** Araştırma sahası arazi kullanım tablosu.

Özellik	Alan (km <sup>2</sup> )	Yüzde (%)
Maden çıkarım alanı	0000,4	0,0002
Sulanmayan ekilebilir arazi	7	3,8
Otlaklar	1	0,5
Karışık tarım modeli	3	1,6
Önemli doğal bitki örtüsüne sahip, ağırlıklı olarak tarım yapılan arazi	2	1,3
Doğal otlaklar	29	15,2
Geçiş ormanlık-çalı	0,3	0,1
Çıplak kayalar	57	29,4
Seyrek bitki örtülü alanlar	91	46,7
Su kaynakları	1	0,9
Toplam	194	100



**Şekil 21:** Araştırma sahası arazi kullanım haritası.

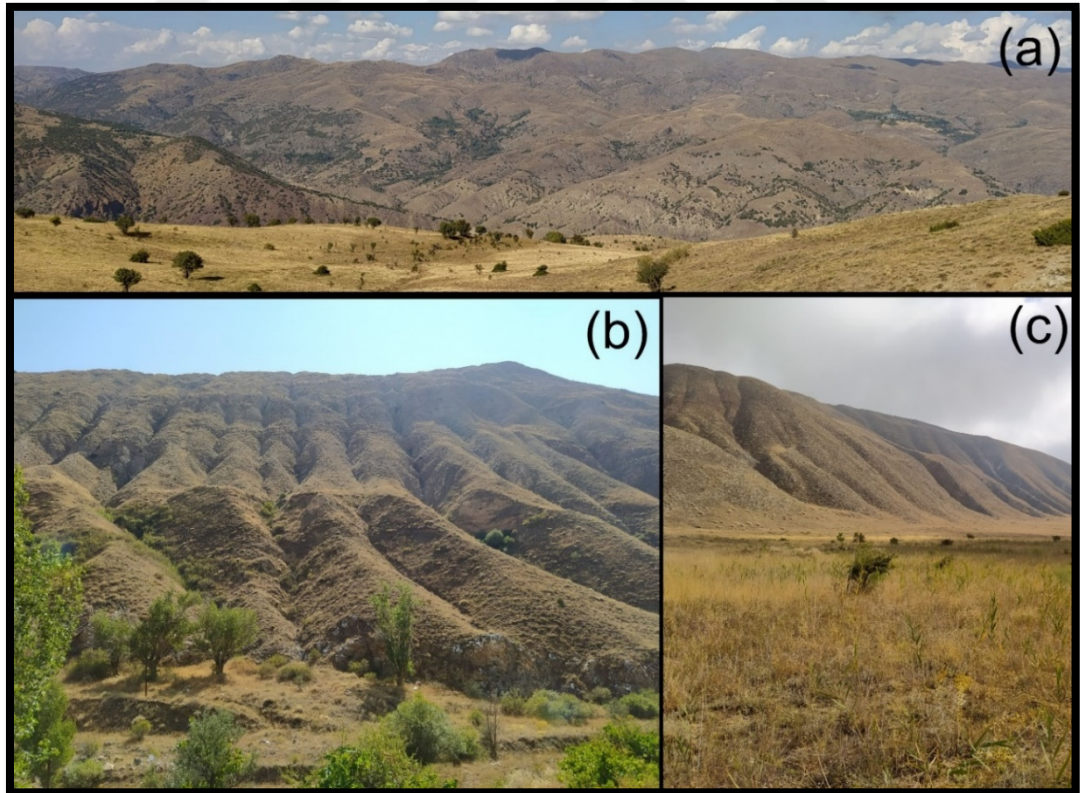


Sahanın engebeli ve eğimli alanlarının fazlalığı, toprak verim düşüklüğü, iklim ve ekilebilir arazisinin azlığı gibi olumsuz şartların sonucu olarak yoğun tarım faaliyetleri yaklaşık %2'lik kısmıyla sınırlı kalmıştır. Sahada %1'den daha az yer kaplayan sınıflar ise maden çıkarım alanları, ormanlık alanlar, otlaklar ve su kaynaklarıdır. Özellikle Kemah ve çevresinde yeraltı zenginliklerinin başında tuz ve linyit kömürü gelmektedir (Şahin ve Doğanay, 2011). Ayrıca sahada aktif olarak işletilen bir altın madeni de bulunmaktadır (Şekil 21).

#### 2.1.5.4. Başlıca Toprak Sorunları

##### 2.1.5.4.1. Toprak Erozyonu

Erozyon tarım ve mera alanlarının sürdürülebilir kullanımını sağlanması konusunda önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır (İmamoğlu, 2020). Bitki örtüsü ile erozyon arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Gerek eğimin yer yer fazla oluşu, gerekse bitki örtüsünün zayıflığı veya hiç bulunmaması nedeniyle arazinin bazı bölgelerinde erozyon görülmektedir.



**Şekil 22:** (a) Sivri Tepe dolaylarından erozyon görünümü, (b) Sahada birçok bölgede görülen yarıntı erozyonu. (c) Polat gölü çevresindeki erozyon.

Araştırma sahasında yüzey erozyonu sonucu, verimli topraklar taşınıp, geriye verimsiz topraklar kalırken yarıntı erozyonu ile de geniş alanlarda toprak kayıpları meydana gelmiştir (Şekil 22).

Toprak aşınımı, erozyonun doğal bir parçası olsa da, doğal kaynakların sürdürülebilirliğini tehdit etmesi açısından önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır (İmamoğlu vd., 2016). Araştırma sahasında Polat Gölü çevresinin geçmiş ortofoto görüntüleri incelendiğinde 1973 yılında göl kenarında tarım alanlarının olduğu gözlemlenmektedir. Eğime paralel sürülen tarlaların o dönemde toprak erozyonunu hızlandırdığı düşünülmektedir.

#### 2.1.5.4.2. Toprak Kaymaları

Yörede görülen heyelan olayları yüzünden bir takım olumsuzluklar da meydana gelmektedir. Bu durum zaman zaman yollara, yerleşmelere ve tarım alanlarına zarar vermekle birlikte, araştırma sahası da bu doğal afetlerden etkilenmiştir (Şahin ve Doğanay, 2011). Araştırma sahasında birçok bölgede toprak kaymaları ve kaya düşmeleri de görülmektedir (Şekil 23).



Şekil 23: Kaya düşmesi görülen alanlar.

## 2.1.6. Araştırma Sahası Morfometrik Özellikleri

### 2.1.6.1. Eğim

Araştırma sahasının eğim verileri incelendiğinde eğimin en fazla olduğu alanların akarsulara bakan yamaçlar olduğu görülmektedir. Eğimin  $45^\circ$  üzerinde olduğu alanlar sahanın yaklaşık % 1'lik bir kısmına denk gelmektedir. Bu oran az görünse de eğimin fazla olduğu alanların yamaç boylarında çizgiler halinde görülmesi sebebiyle arazinin büyük bir kısmını etkilemekte tarım ve yerleşmeye elverişsiz hale getirmektedir. Sahada en fazla  $6^\circ$ -  $10^\circ$  eğim aralığında arazi bulunmaktadır (Şekil 24-Tablo 10).

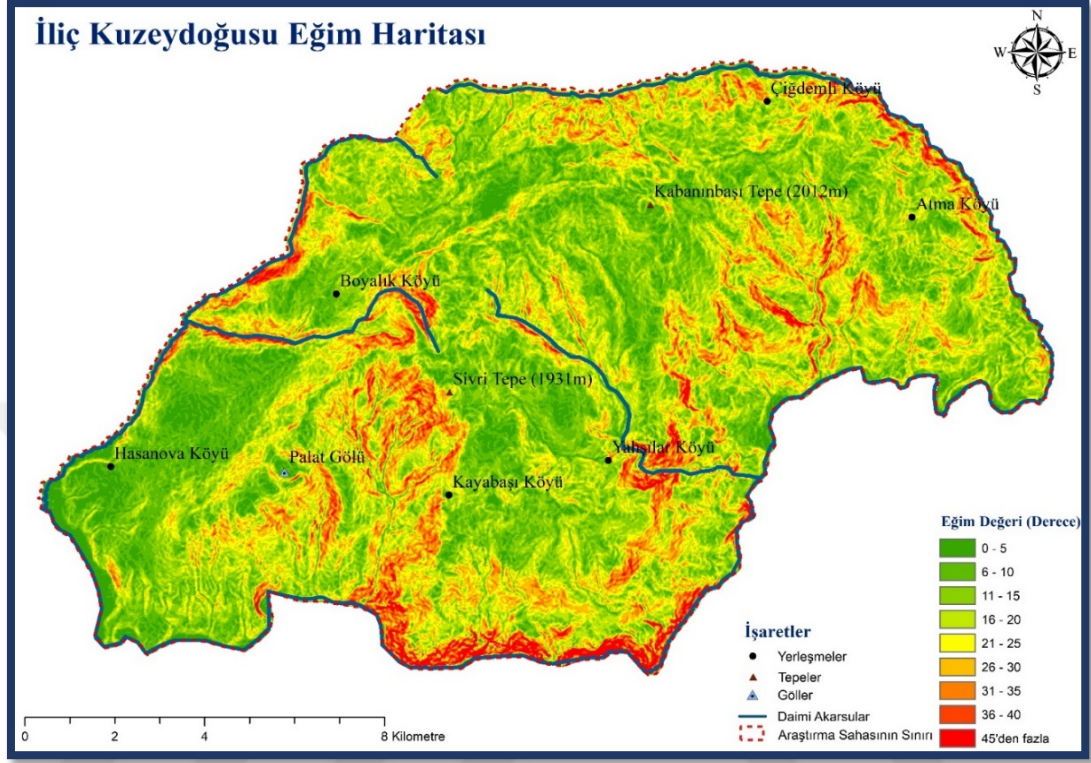
**Tablo 10:** Araştırma sahası eğim değerleri ve yüzdeleri.

Eğim (Derece)	Alan (m <sup>2</sup> )	Yüzde
0-5	192219	15,50%
6-10	237339	19,14%
11-15	230871	18,62%
16-20	198805	16,03%
21-25	155714	12,56%
26-30	113830	9,18%
31-35	70824	5,71%
35-40	32323	2,61%
45 ve üzeri	8147	0,66%
Toplam	1940072	100,00%

Eğimin en az olduğu  $5^\circ$  ve altındaki alanlar ise sahanın genel olarak orta kısımlarında toplanmıştır. Bu alanlar sahanın tarım ve yerleşme alanlarına karşılık gelmektedir ve genel alan içerisinde % 15'lik paya sahiptir.

Eğimin fazla olduğu kısımlar vadilerin su toplama alanlarına karşılık gelir. Jips suyun fazla bulunduğu ortamlarda kolayca eriyebildiği için bu alanlar belirgin kartstik şekillerin oluşumu için elverişli değildir. Eğimli arazilerde suyun zeminde kalma süresi kısa olacağından karstik kayaç ile tepkimeye girip onu çözmesine fırsat kalmadan ortamdan uzaklaşmaktadır. Eğimin az olduğu, düz veya düze yakın

sahalarda diğ er faktörler de uygun ise su duraylılık kazanır ve karstik kayaç ile tepkimeye girebilecek zaman bulabilir.



Şekil 24: Araştırma sahası eğim haritası.

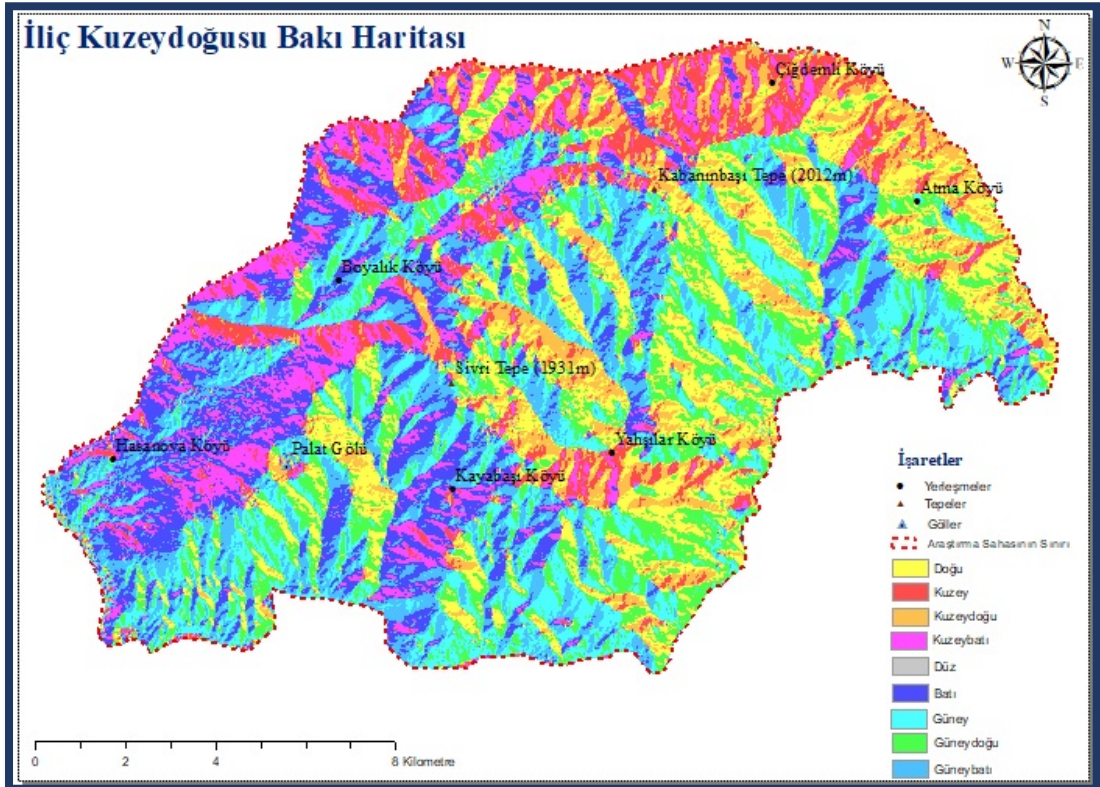
### 2.1.6.2. Bakı

Bu araştırma için bakı faktörünün incelenmesi bitki örtüsü dağılışı üzerinde etkisi sebebiyle önemlidir. Araştırma sahasını çevreleyen akarsular sahanın bakı yönlerini de temelden etkilemektedir. Fırat Nehri tarafından yarılan güney yamaçlar sahada hakim bakı sınıfını oluşturmaktadır (Şekil 25).

Sahanın kuzeyinde, Erhami Çayı, Mayha Deresi ve Kayın Deresi'nin vadilerini oluşturan yamaçlarda ise kuzey yönlü bakı sınıfları hakimdir. Sahanın %1'inden küçük bir kısmı ise düz olarak görülmektedir (Tablo 11).

Tablo 11:Araştırma sahası bakı ve yüzdeleri.

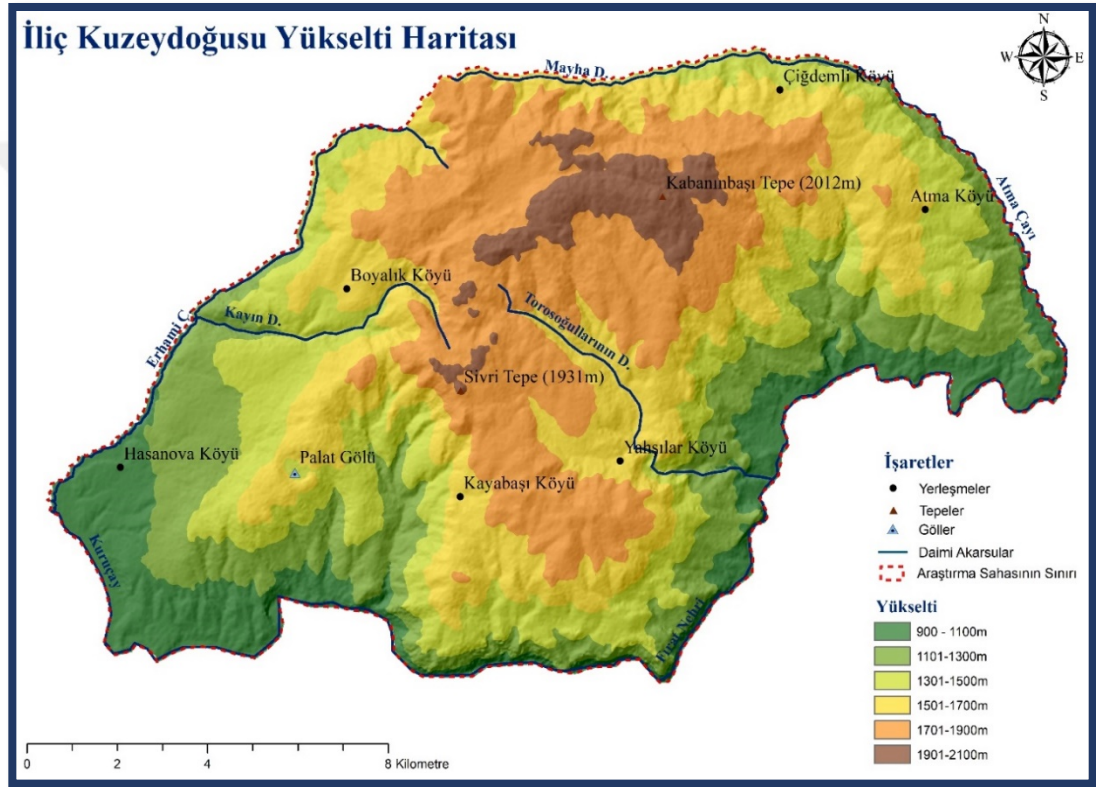
Yön	Alan (m <sup>2</sup> )	Yüzde
Düz	11359	0,92%
Kuzey	95191	7,68%
Kuzeydoğu	118857	9,58%
Kuzeybatı	127103	10,25%
Doğu	171805	13,85%
Güneydoğu	183692	14,81%
Güney	179796	14,50%
Güneybatı	184033	14,84%
Batı	168236	13,57%
Toplam	1940072	100,00%



Sekil 25: Arastırma sahası bakı

### 2.1.6.3. Yükselti

Araştırma sahası yüksek dağlık kütleler arasında yer almaktadır. Çok miktarda akarsu tarafından parçalanması çevresindeki dağlık kitlelere göre yükseltilerini nispeten azaltmıştır. Saha topraklarının yaklaşık yarısı 1500 metreler ile 1900 metreler arasındadır. 1900 metre üzerinde kalan kısımlar sahanın yaklaşık %5 lik bir kısmına denk gelen, Sivri Tepe çevresi ve Kabanınbaşı Tepe çevresidir. Sahanın en alçak kısmı 900 m dolaylarında seyreden Fırat Nehri ve 900 m-1100 m aralığındaki akarsu çevreleridir. Bu sınıf sahanın yaklaşık % 12'sine tekabül etmektedir (Şekil 26).



Şekil 26: Araştırma sahası yükselti haritası.

Tablo 12: Araştırma sahası yükselti basamaklarının kapladığı alan ve yüzdeleri.

Yükselti basamakları	Alan (km <sup>2</sup> )	Yüzde
900-1100m	24	12,35%
1101-1300m	32	16,88%
1301-1500m	37	19,46%
1501-1700m	44	22,98%
1701-1900m	46	23,99%
1901-2100m	8	4,34%
Toplam	194	100,00%

Yükselti, iklim koşullarını etkilediği için karstlaşmayı da dolaylı yoldan etkilemektedir. İklim kısmında bahsedildiği gibi yağış ve sıcaklık şartları karstlaşmayı doğrudan etkilediği gibi bitki örtüsünü de etkilediği için karstlaşma üzerinde dolaylı bir etkiye de sahiptir. Araştırma sahasında karstlaşma yüksekliğe bağlı olarak pozitif bir ilerleme kaydetmiştir. 1500 m aşağısında karstik çukurlar ile nadiren karşılaşmıştır. Bu metrelerde kısmen lapyalar ve mikrokarstik şekiller görülmüştür. Asıl karstlaşmanın yoğun görüldüğü alanlar ise 1501-2100 m aralığındaki alanlardır.

## **2.2. Karst Jeomorfolojisi**

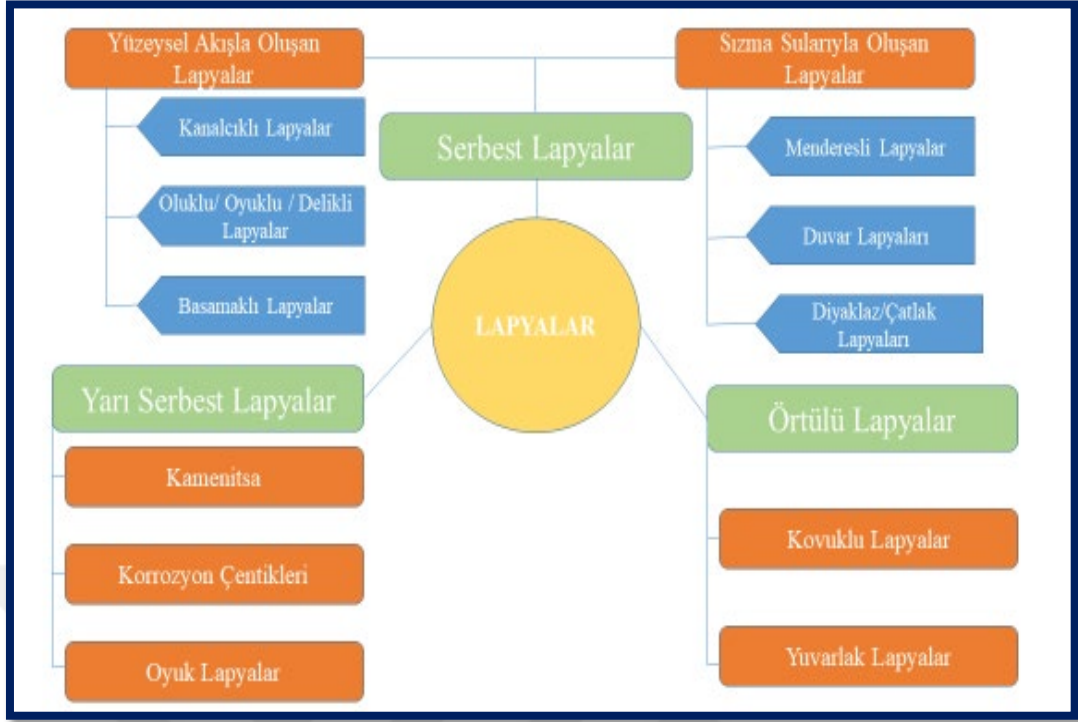
### **2.2.1. Karstik Aşınım Şekilleri**

Karstik aşınım şekilleri mikro ve makro olmak üzere iki sınıfta gösterilebilir (Atalay, 2001: 234).

#### **2.2.1.1. Mikrokarstik Şekiller**

##### **2.2.1.1.1. Lapyalar**

Karstik ana kaya üzerinde yüzeysel akışa geçen ve sızan suların aşındırmasına bağlı olarak çoğunlukla oluk, küçük kazanlar ve delikler biçiminde oluşan şekillerdir (Atalay, 2001:234). Mikro karstik şekiller olarak tanımlanan lapyaların boyutları bazen 15-20 m'yi bulabilir. Oyuk oluk ve kanalcıklar arasında genellikle sivri, keskin bazen de yuvarlak profilli küçük sırtlar yer alabilir (Doğanay ve Sever, 2011:203). Lapyalar, oluşumları, gelişimleri ve gösterdikleri özellikleri bakımından değişik şekillerde sınıflandırılmışlardır (Pekcan, 1995:38).



**Şekil 27:** Lapyalar türlerinin şematik gösterimi (Sür, 1995; Pekcan, 1995; Erinç, 2015; Hoşgören, 2010) alınarak düzenlenmiştir.

Jips anakaya hızlı oluşum ve hızlı tahribata neden olduğu için araştırma sahasında şekil 27’de gösterilen lapyalar şekillerinin tamamını görebilmek mümkün olmamıştır. Sahada birçok bölgede çıplak karstik kayalar görmek mümkün olmadığı için de lapyalar ve lapyalar kompleksi oluşumu sınırlıdır. Arazide fotoğraflanabilen lapyaların çoğu Boyalık Köyü mevkiinde jipsin yüzeylendiği sahalarda görülmüştür (Şekil 28).





**Şekil 28:**Sahada lapyalar oluşumlarının net gözlenebildiği nadir çıplak sahalardan Boyalık köyü mevkii.

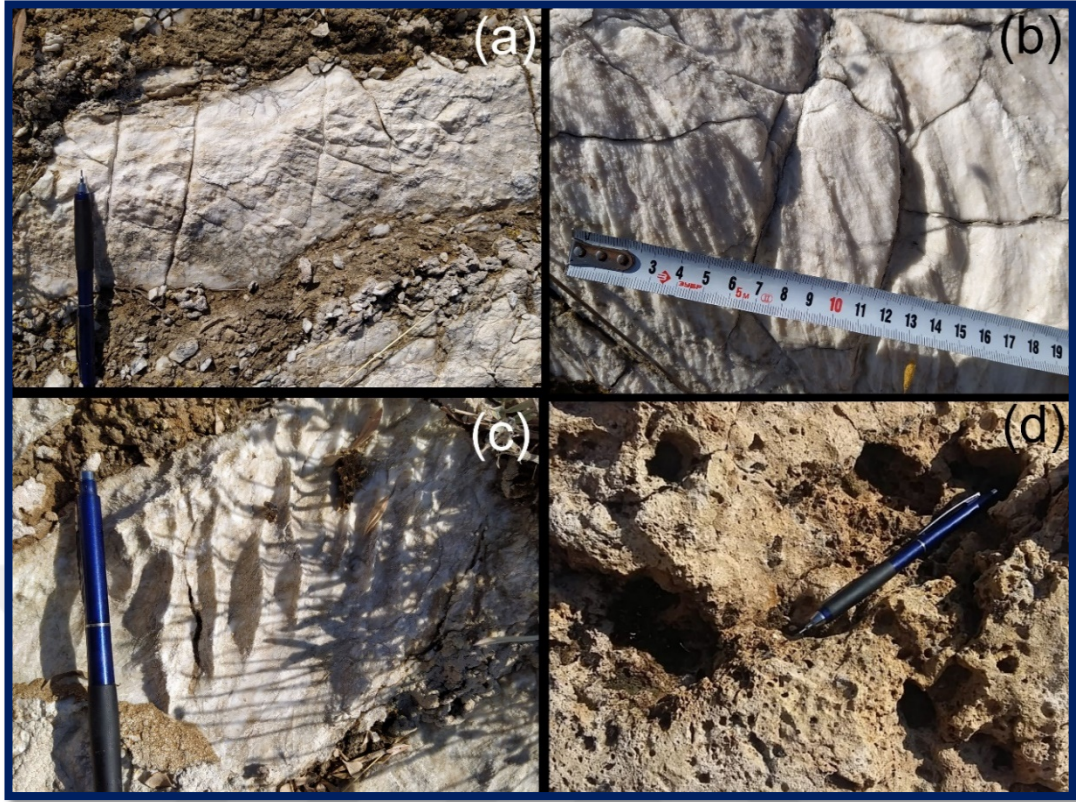
Araştırma sahası mikro şekiller açısından çok elverişli olmayan jips ana kayası üzerinde karstlaşmaların görüldüğü bir alandır. Oluşan şekiller hızla tahrip olduğu için birçok lapyalar türünü fotoğraflanma imkanı bulunamamıştır. Fotoğraflanabilenler ise diğer karst çalışmalarına nispeten daha dar alanlarda ve minimal şekillerde görülmektedir. Araştırma sahasındaki lapyalar türlerinden bazıları Şekil 29’da verilmiştir.

**Diaklaz lapyaları:** Karstlaşmaya uygun kayaçların çatlak sistemlerini takip eden ve bu çatlaklarda kimyasal aşındırma yaparak sızarlar. Yüzeysel sularının sızması ile oluştukları için üzerinde bulunduğu kayacın saflık derecesinin yüksek olduğunun ve zayıf dirençli olduğunun göstergesidir. Serbest lapyalar içerisinde yer alan çatlak lapyalar, genel olarak güncel karstik şekilleri ifade etmektedir (Erinç, 2015).

Kanalıcıklı lapyalar: Serbest lapyalar içerisinde yer alan kanalıcıklı lapyalar, yağmur ve kar sularının eğimli yüzeylerde oluşturdukları şekillerdir (Graf ve Bozcu, 2006: 12). Bunlar; eğimin oldukça dik (40-80 derece arasında) ve kalkerin çok saf olduğu yamaçlarda meydana gelmektedir. Yamaçlardan aşağı doğru gidildikçe genişlikleri artmaktadır. Genellikle boyları 1-4 m., genişlikleri ise 6-12 cm arasında değişen kanalıcıklı lapyaların oluşumlarında çatlakların (diyaklazların) rolü yoktur (Pekcan, 1995). Araştırma sahasında bu tür lapyalar genel olarak eğimli yamaçlarda birbirine paralel bir uzanış göstermektedir. Eğim değerlerinin azaldığı yamaçlarda bu durumlarını bozarak büklümler, kıvrımlar oluşturdukları gözlenmiştir.

Oluklu lapyalar: Oluk şekilli ve daha sığ korozif çukurlardır. Eğimli yamaçlarda ve bir tip erime şeklinin etkisi altında oluşurlar. Uzunlukları eğim ve yağış etkisine bağlı olarak artar. enine kesitlerinin genişliği 1-2 cm kadardır. Aralıksız bir şekilde sıralanmışlardır. yalnız taze yağış sularının etki yaptıkları yerlerde görülürler (Erinç, 2001). Bunların oluşumlarında, yağmur sularının karbonatlı kayalar üzerindeki doğrudan etkisi en önemli çözücü ve şekillendirici faktördür. Gelişim özellikleri dikkate alındığında, genelde güncel karstlaşmanın izlerini taşıdıkları görülür (Erinç, 2015).

Oyuk lapyalar: Erinç'in (2001)'de ifade ettiği gibi, bu lapyalar humuslu toprakların yerleşmiş bulunduğu kanalıcıklı lapyalardan türeler. Humusun etkisi altında artan korrozyona bağlı olarak kanalıcıklı lapyaların duvarları, alttan oyularak dikleşir ve sonuçta torba veya çuval şeklinde bir profil gösteren oyuk lapyalar oluşur.



Şekil 29: Sahada görülen lapyası çeşitleri: (a) Diaklaz lapyası, (b) Kanalcıklı lapyası, (c) Oluklu lapyası, (d) Oyuk lapyası.

## 2.2.1.2. Makrokarstik Şekiller

### 2.2.1.2.1. Dolinler

Türkçede kokurdan, tava, koyak gibi isimler alan dolinler; çapları birkaç metre ile birkaç yüz metre, derinlikleri birkaç metre arasında değişen daire ve elipse benzer şekillerdir (Atalay, 2001:234). Dolinlerin tabanı sürekli veya geçici göl, bataklık olanların yanı sıra tabanı tamamen kuru olanlar çoğunluktadır (Hoşgören, 2010:85).

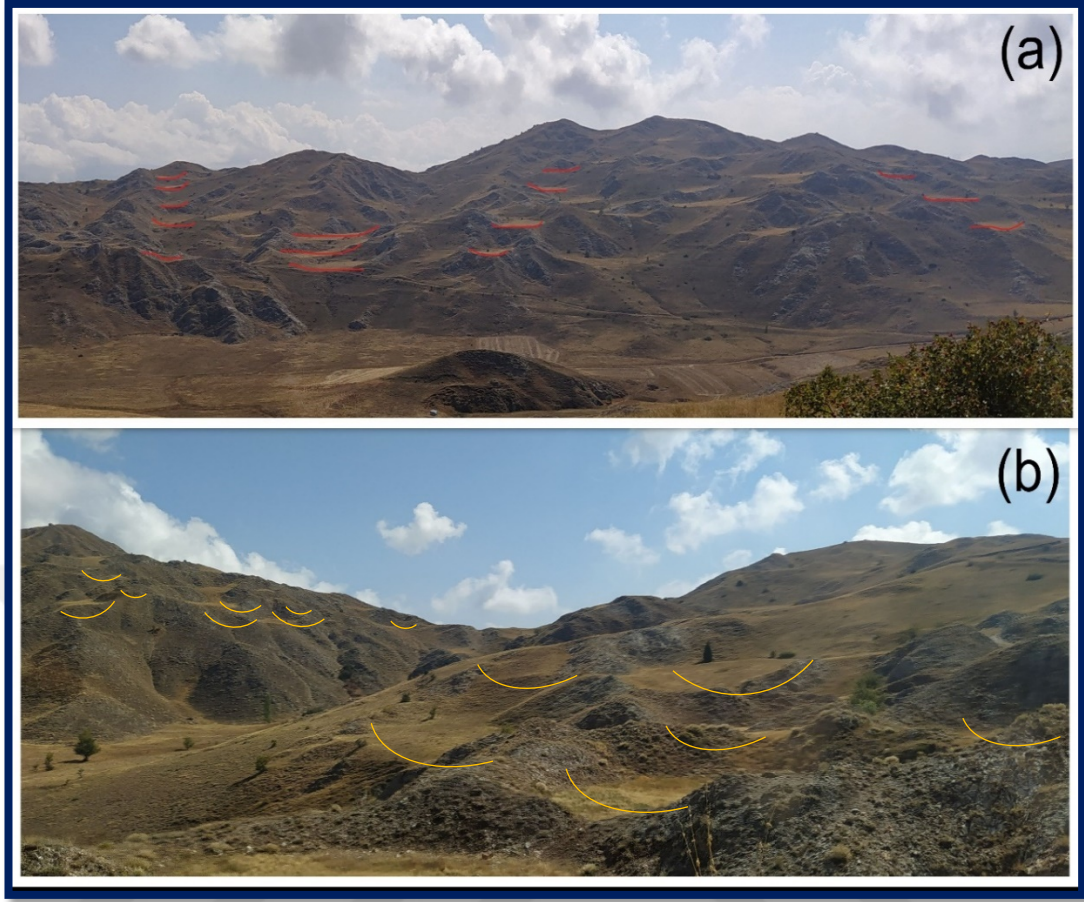
Araştırma sahasında en çok görülen dolin tipi çözünme dolinleridir (Şekil 30). Çözünme dolini karstik sahalarda çokça bulunabilen ve tanımlanması en kolay olan dolinlerdir. Çözünme dolinleri, karstik kayaç yüzeyinin kimyasal yolla çözünmesi sonucunda oluşan, birkaç metre derinlik ve genişlikten onlarca metre derinliğe ve yüzlerce metre genişliğe sahip olabilen, dairesel veya eliptik, kapalı doğal çukurluklardır. (Erinç, 1971, 2001; Jennings, 1971; Sweeting, 1973; Böglü, 1980; White, 1988; Ford ve Williams, 1989; Lowe ve Waltham, 2002; Waltham ve Fookes, 2003).



**Şekil 30:** Dolin tabanları (a) Sivri Tepe mevkii, (b) Yahşılar Köyü kuzeyi.

Eğer karstik alandaki dolinler birbirinden alçak sırtlarla ayrılan ve birim alanda sayısı oldukça fazla olan sığ çukurluklar halinde olursa bu tip dolin karstına “poligonal karst” adı verilir (Waltham, 2002). Araştırma sahasında fazlaca poligonal karst sahası bulunmaktadır (Şekil 31).

Dolinleri birbirinden ayıran keskin sırtlar zaman içerisinde aşındırıcı faaliyetler sonucu alçalır. Bu nedenle poligonal karstın görüldüğü sahalar dolin gelişiminin ileri safhalarda olduğunu kanıtıdır. Jips nispeten daha hızlı şekillenen bir kayaç olduğu dolinleri birbirinden ayıran keskin sırtların alçalıp düzleşmesi kalkere göre daha kısa zamanda gerçekleşmektedir.



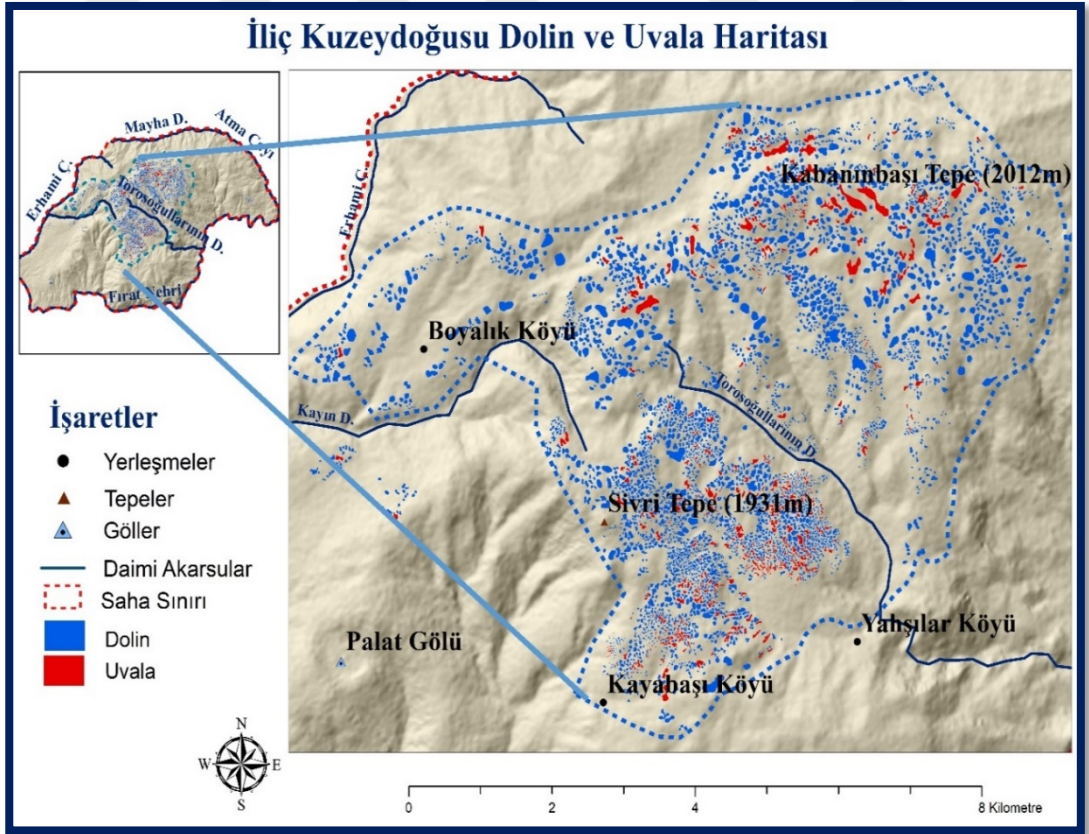
**Şekil 31:** Poligonal karst sahalarında dolinlerin dizilimi (a) Sivri tepe mevkii, (b) Kayabaşı köyü mevkii.

#### **2.2.1.2.2. Uvalalar**

Birbirlerine komşu olan birkaç dolinin zamanla aralarındaki küçük eşiklerin kalkarak birleşmesi ile oluşurlar (Hoşgören, 2010:85-Şekil 33). Şekillerin dolin, uvala ve polye sınıflamalarından hangisine dahil olduğu Gravelius katsayısı temel olarak belirlenmiştir. Çalışmada indis değeri 1 ile 1.04 arasında olan ve alanı 1 km<sup>2</sup> 'den düşük olanlar dolin, indisi değeri 1.04'ten büyük alanı ise 1 km<sup>2</sup> 'den küçük olanlar uvala, indisi değeri 1.04'ten büyük ve alan değeri 1 km<sup>2</sup> 'den büyük olanlar ise polye olarak sınıflandırmıştır (Şekil 32).



Şekil 32: Torosoğullarının Deresi kaynak kısmı yakınındaki uvala tabanı.



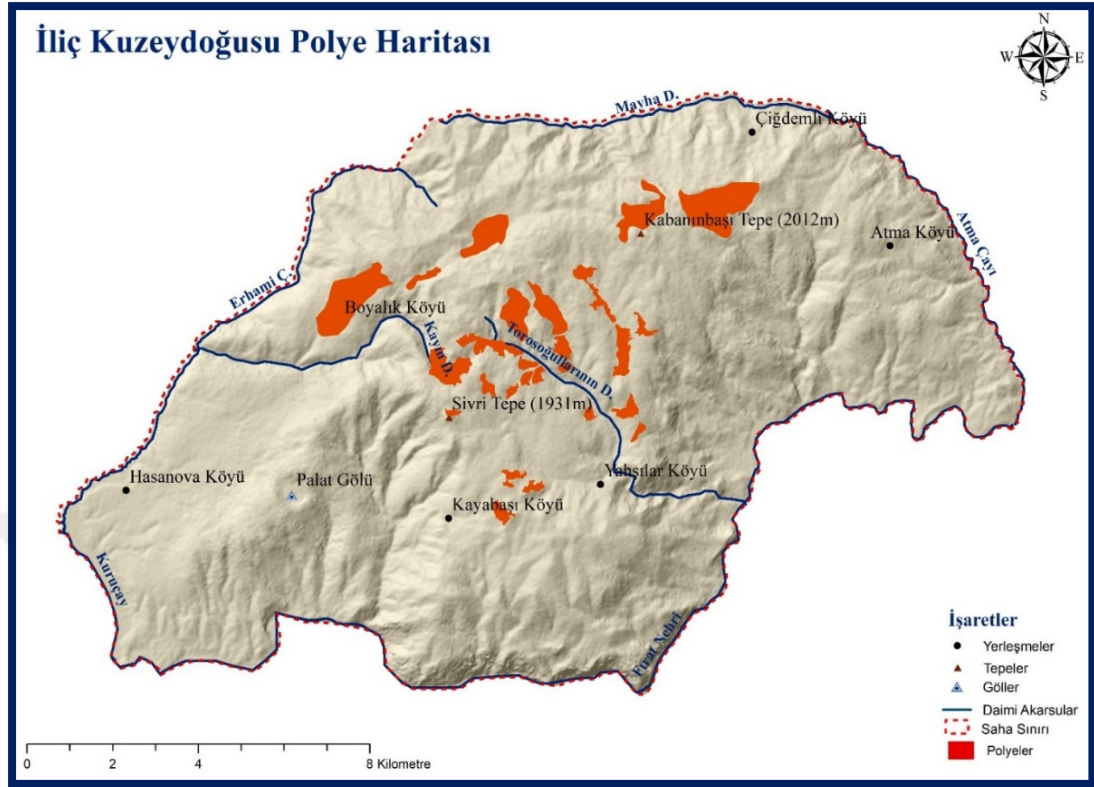
Şekil 33: Araştırma sahası dolin ve uvala haritası.

### 2.2.1.2.3. Polyeler

Polyeler karstik sahalarda oluşan uvalalardan ve dolinlerden çok daha buyk karstik depresyonlardır. Oluşumları da onlara gore daha komplekstir. Polye oluşumlarında karstlaşma surelerinin yanında tektonizma, faylanma, periglasial, akarsular, buzullar vb. dış etmenler de etkilidir. Karstik araziler genelde engebeli yapıda olduğu için polyeler arazi içerisinde geniş duzlkler olarak bulunur ve genelde yerleşmeler, tarım alanları gibi birçok beşeri faaliyet buralarda konumlanır (Şekil 34). Sahada tarım ürünlerinin başında buğday, arpa, avdar, fasulye, fiğ, patates, domates, havuç ve lahana gelmektedir.



Şekil 34: Erhami ayı kaynak kısmına yakın bir polye tabanındaki tarım arazileri.



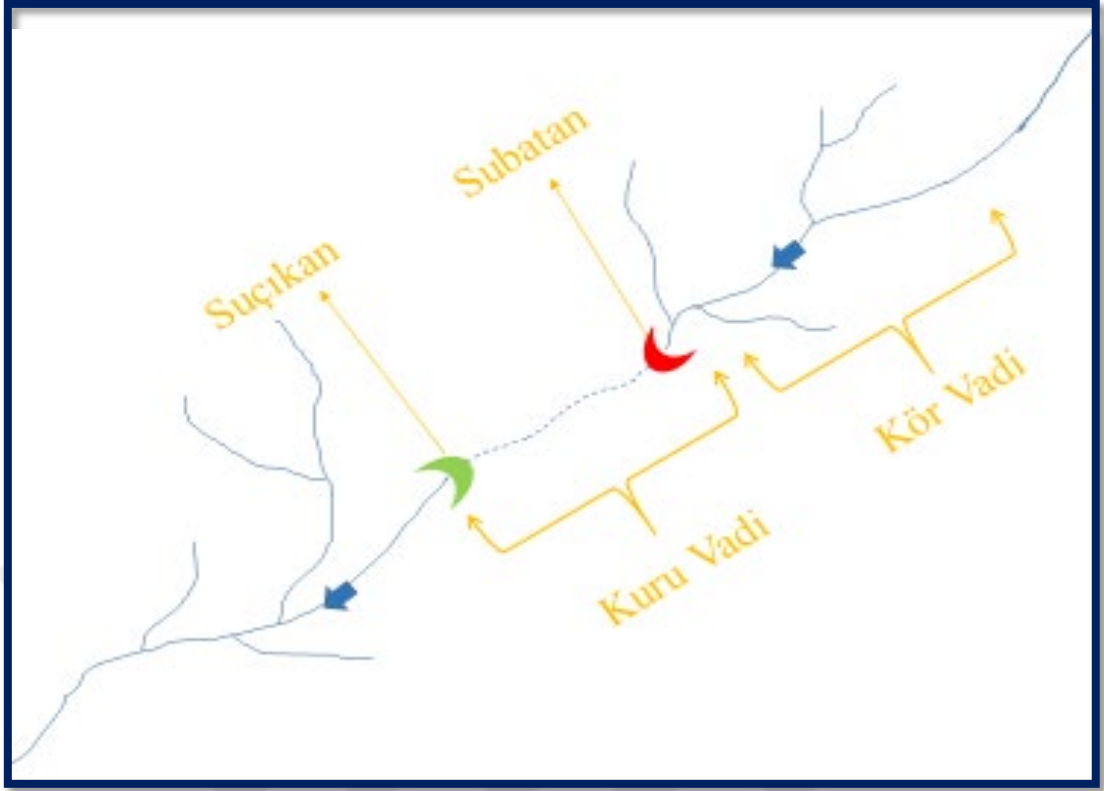
Şekil 35:Araştırma sahası polyeler haritası.

#### 2.2.1.2.4. Düdenler (Ponor)

Obruk gibi düşey doğrultuda gelişen kuyular olmasına rağmen şekilleri obruklardan farklılık göstermektedir. Ağız kısımları geniştir, derine doğru çapları daralarak huni şeklini alırlar (Hoşgören, 2010:84). Genellikle karstik çatlakların genişleyip alttaki mağara ve galerilerle birleşmeleriyle oluşurlar. Genellikle yeraltındaki mağaraların ağızlarıdır (Pekcan, 1995).

Yeraltı ve yerüstü suları arasında denge sağlayıcı görevi görürler. Yerüstü suyunu yer altına geçirenlere *subatan*, yeraltı suyunun yeryüzüne çıktığı noktalara ise *suçikan* adı verilir. Akışını bir subatan vasıtası ile yer altına taşıyan vadilere *kör vadi*, daha önce aktığı fakat yeraltına batınca terk ettiği vadilere ise *kuru vadi* denir (Şekil 36).





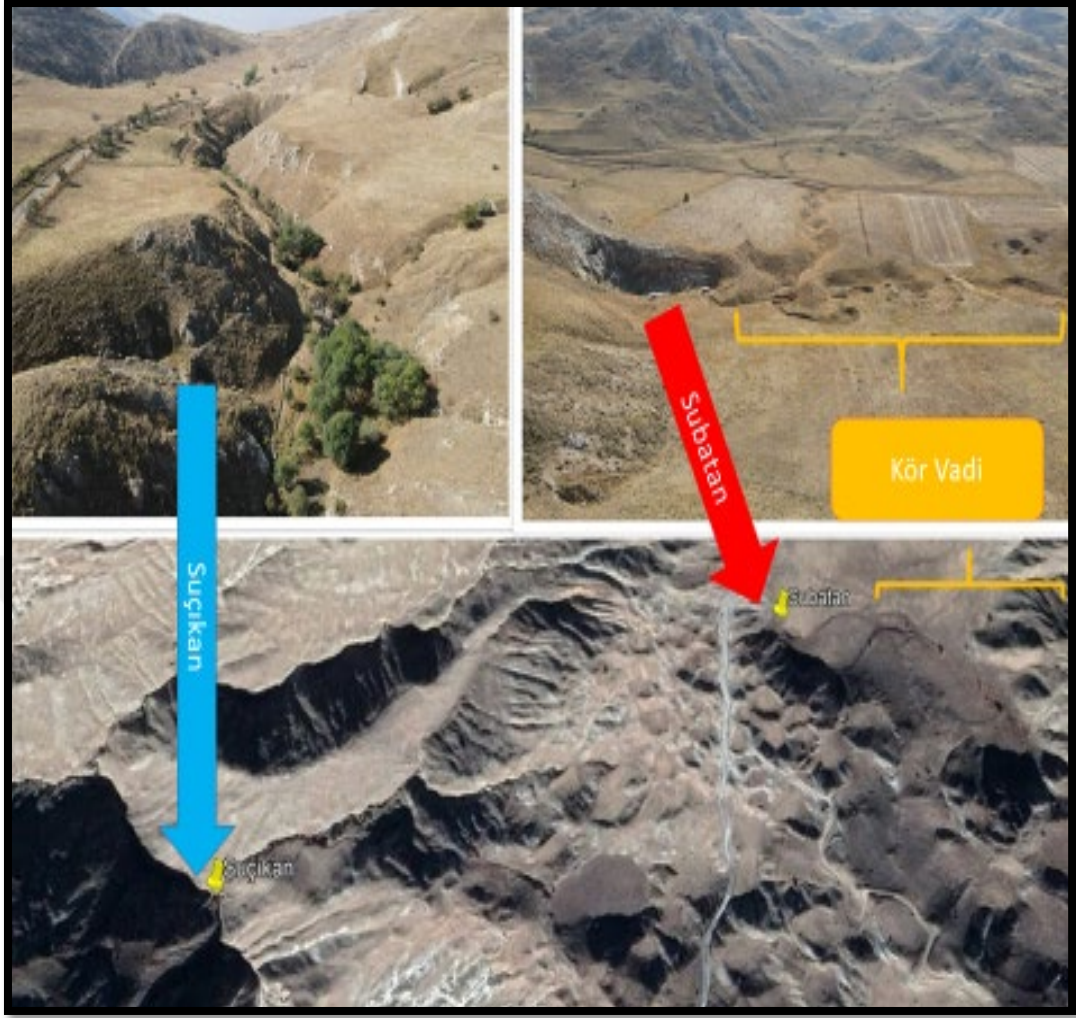
**Şekil 36:** Subatan, suçıkan, kuru vadi ve kör vadi temsili çizimi(Hoşgören, 2010' dan alınarak düzenlenmiştir).

Düdenler yüksek platoluk alanlarda görülebileceği gibi dolin, uvala ve polye tabanlarında da görülebilir. Yüksek platoluk alanlardaki dolinler meteorolojik kaynaklı suların direkt olarak yeraltı suyuna karışma güzergâhı olurken dolin, uvala, polye tabanlarındaki düdenler ise bir süre yüzeyde akış gösteren akarsuların yeraltı suyuna karışmasına olanak sağlamaktadır. Araştırma sahasında her iki türden düdenler gözlemlenebilmiştir (Şekil 37).



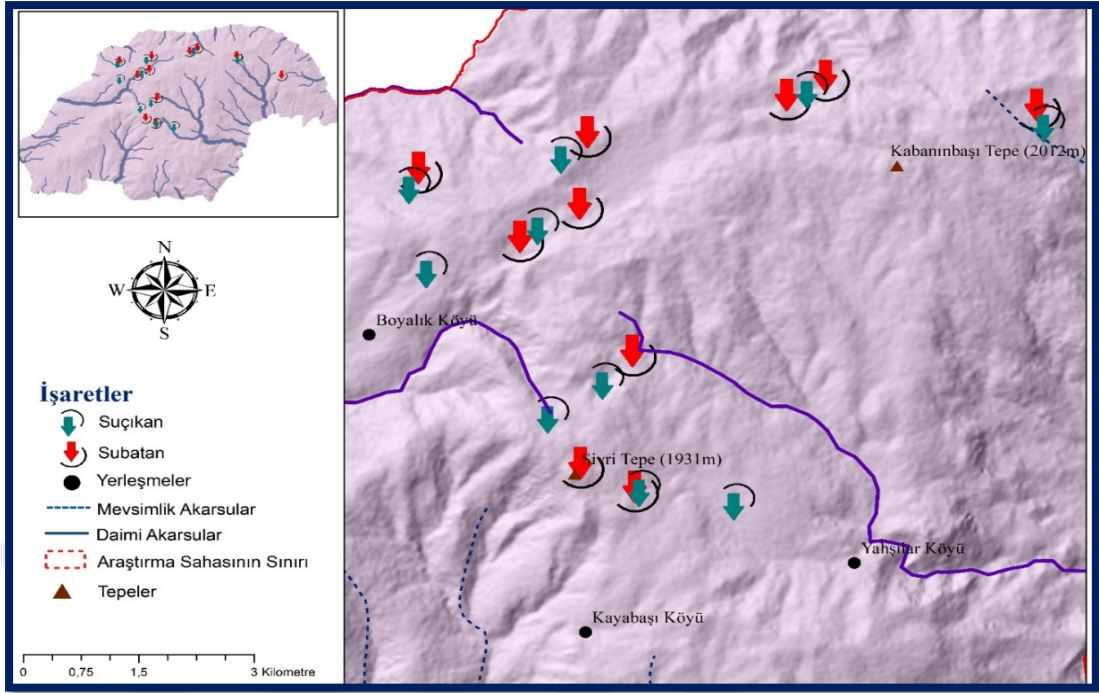
Şekil 37: Araştırma sahasında fotoğraflanan subatanlar (a-c) Boyalık köyü yakınları, (b) Sivri Tepe yakınları.

Yeraltı sularının geçirimsiz tabakalar üzerinde birikerek eğimin azaldığı kısımlardan yer yüzüne çıktığı kaynaklara *eksürjans kaynaklar*, bir süre yer üstünde aktıktan sonra subatan tarafından yutulan suların yeryüzüne tekrar çıktıkları yerlere ise *resürjans kaynaklar* denir (Pekcan, 1995). Araştırma sahasında eksürjans ve resürjans kaynaklara rastlanmıştır. Şekil 38’de subatan vasıtası ile yer altına giren akarsuyun tekrar suçikan vasıtası ile yer yüzüne çıktığı resürjans kaynak ve bu sürece eşlik eden jeomorfolojik birimler tanıtılmıştır.



**Şekil 38:** Boyalık Köyü güneydoğusundaki subatan, suçikan ve kör vadi görünümü.

Araştırma sahasında yaklaşık 10'ar tane suçikan ve subatan bulunmaktadır(Şekil 39). Bu kaynaklar ve kuyuların genelde birbiri ardına paleovadiler boyunca sıralandığı görülmektedir. Dolin uvala ve polyelerde olduğu gibi düdenlerde de sahanın kuzeyinde artış görülmektedir. Bu sahalar genelde sahadaki paleodrenaj sistemlerini takip etmektedir. Bazı kaynaklar eksürjans bazıları ise resürjans olarak geçmektedir. Bu çalışmada yeraltı suları üzerinde gözlem yapılamadığı için yalnızca tahmini yorumlar yapılabilmektedir.



Şekil 39: Araştırma sahası subatan ve suçikan haritası.

#### 2.2.1.2.5. Mağaralar

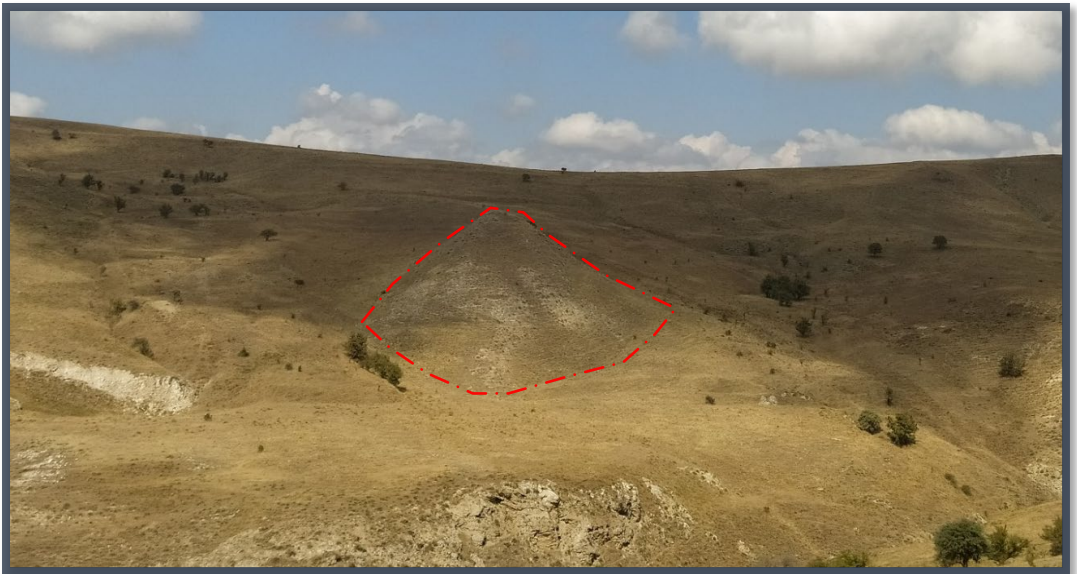
Mağaralar karst reliefinin yeraltında oluşmuş en büyük şekilleridir (Pekcan, 1995). Anakayası karstik kayalardan biriye bu mağaralara karstik mağaralar adı verilmektedir. Araştırma sahasında birkaç mağara girişi tespit edilmiştir fakat derin boşluklar olduğu düşünülmemektedir. Boyalık Köyü mevkiinde de birkaç mağara girişine rastlanmıştır ve bu mağara girişlerinin kireçtaşları içerisinde geliştiği görülmüştür (Şekil 40).



**Şekil 40:** Yahşılar köyü yakınlarındaki mağara girişi.

#### **2.2.1.2.6.Hum**

Polye veya karst kenar ovalarında bulunan yamaçları yüksek eğimli çözünmeden arta kalmış tepelere hum adı verilmektedir (Erinç, 1971). Araştırma sahasında boyutları çok büyük olmayan birkaç hum tespit edilmiştir (Şekil 41).

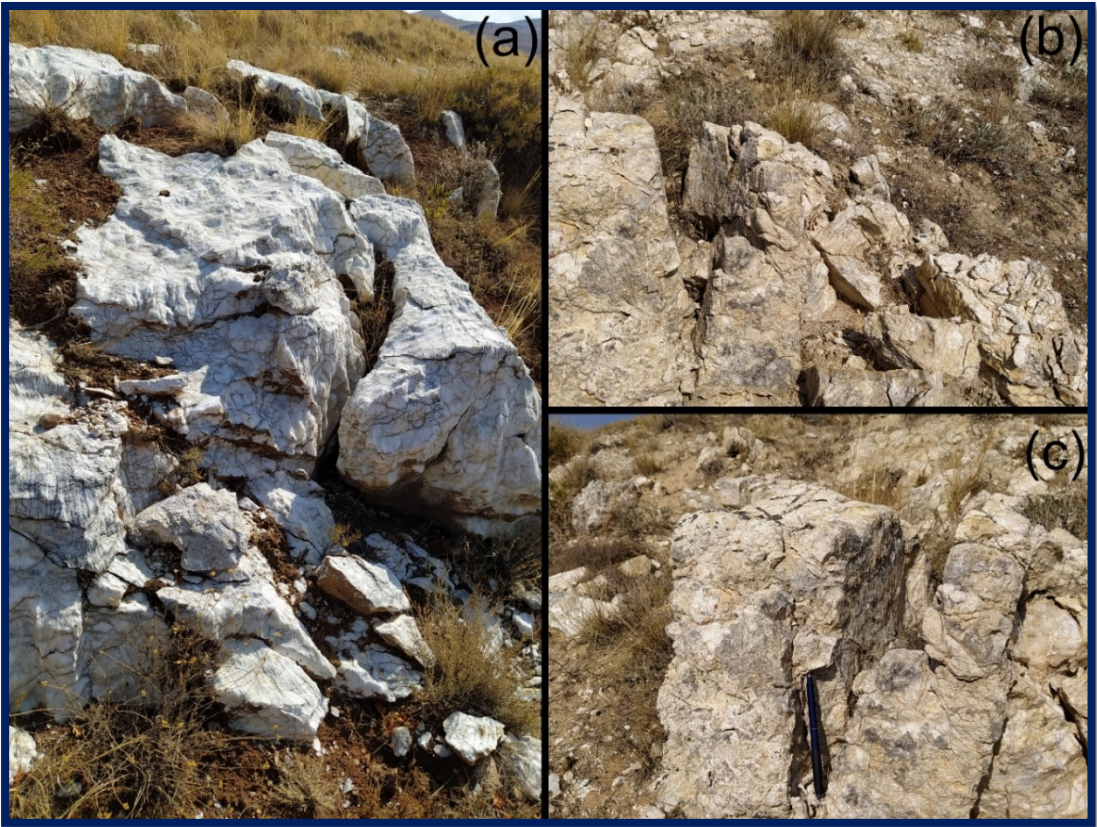


**Şekil 41:** Araştırma sahasında polye yamacında aşınımından arda kalmış hum.

## 2.2.2. Karstik Birikim Şekilleri

### 2.2.2.1. Karstik Enkaz

Karstik ebruli olarak da isimlendirilen bu şekiller çatlakları bol karstik kayaçlar üzerinde kimyasal ve fiziksel parçalanma sonucu oluşmuşlardır. Çatlakların büyüüp genişlemesiyle çatlaklar arasında alüvyon gibi karstik parçalar birikir. Alüvyonlardan farklı olarak köşeli ve kenarlılardır (Pekcan, 1995). Araştırma sahasında karstik anakaya genellikle toprak altında bulunduğu için karstik enkazın görüldüğü kısımlar oldukça sınırlıdır (Şekil 42).



Şekil 42: (a-b-c) Araştırma sahasından karstik enkaz görünümü.

### 2.2.3. Karst Morfometrisi

Morfometrik analizler yapılırken araştırma sahasındaki yaklaşık 4700 dolin, uvala ve yaklaşık 25 polye HGM'den alınan ortofoto görüntüleri ile tespit edilerek ArcGIS üzerinden poligon olarak çizilmiştir. Çizilen poligonlar üzerinden çevre ve alan hesaplamaları yaptırılmıştır. Poligonların yoğunluk, dairesellik, derinlik, hacim gibi morfometrik ölçümleri yapılmış ve sahanın morfometrik evrimi incelenmiştir. Alan ve

dairesellik indisi kullanılarak Gravelius formülü (Formül 1) uygulanmış ve şekillerin sınıflandırılması yapılmıştır(Aguilar vd., 2016; Jeanpert vd., 2016).

$$G_c = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}}$$

**Formül 1:** Gravelius formülü (Aguilar, 2016).

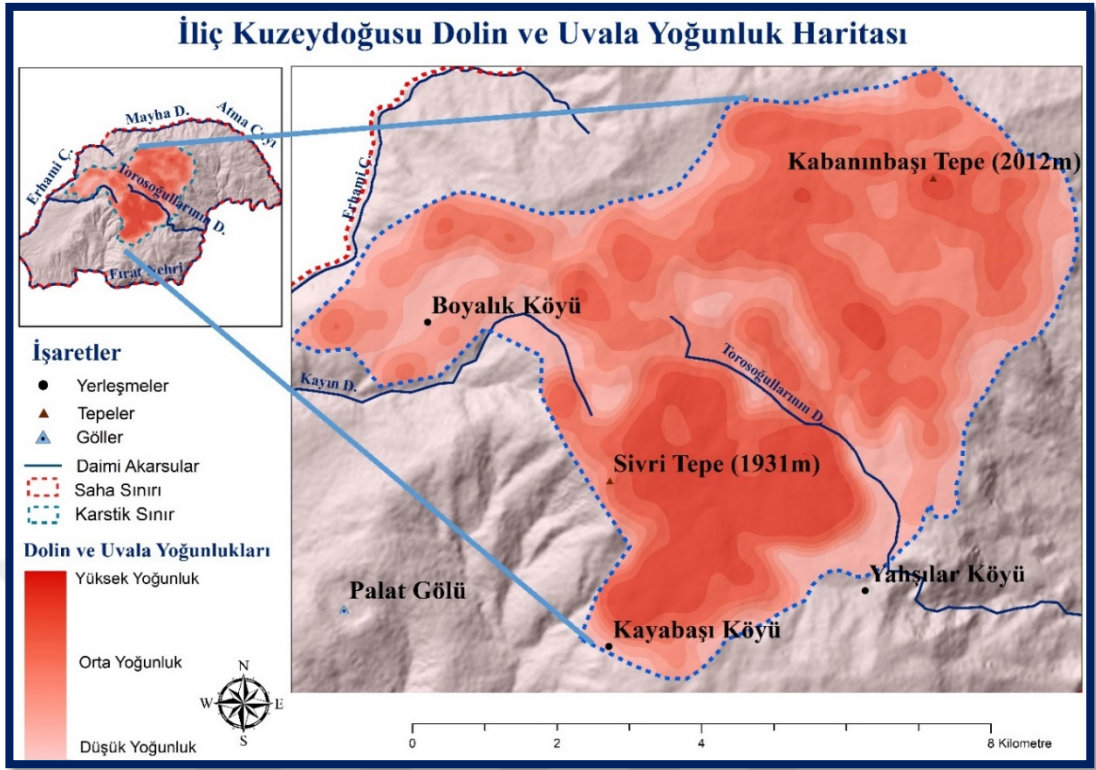
### 2.2.3.1. Yoğunluk

Morfometrik araştırmalarda kullanılan formül Pahernik (2012) tarafından üretilmiş olup, Öztürk (2018) tarafından güncellenmiş hali ile kullanılmıştır(Formül 2).

$$Dy = \frac{\text{Dolin sayısı (Ds)}}{\text{(Karstlaşmanın alanı (A))}}$$

**Formül 2:** Dolin yoğunluğu formülü (Pahernik, 2012).

Bu formül ile araştırma sahasına ait tek bir değer bulunabilir. Bu yüzden yoğunluk hesaplanırken kernel yöntemi ile daire içerisinde kalan noktaların yoğunluğu ile bu dairenin merkezinden uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluklar hesaplanmıştır (Öztürk, 2018). Dolin yoğunluğunu haritalamak için ise kernel (çekirdek yoğunluk tahmini) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem de yoğunluk dolin merkezlerini temsil eden noktalara göre belirlenir. Daha önce çizilen polygonlara ArcGIS’de “feature to point” özelliği ile orta noktalar hesaplatılmıştır. Daha sonra “kernel density” özelliği kullanılarak dolinlerin orta noktalarının karst sınırına göre yoğunluğu hesaplanmıştır ve haritalanmıştır (Şekil 43).



**Şekil 43:** Araştırma sahası dolin ve uvala yoğunluk haritası.

Araştırma sahasında yoğunluğun en fazla olduğu kısımlar Sivri Tepe yakınlarıdır. Çizilen karst sınırı dışında sahada birkaç yerde daha dolin grupları gözlemlenmektedir fakat sınıra dahil edilirse haritalamalarda yanılgıya sebep olacağı düşünülerek onlara ayrıca değinilmiştir.

Yoğunluk hesaplanırken kareyaj yöntemi de kullanılabilir fakat bu yöntem coğrafi devamlılık sağlamadığı için (Öztürk, 2018) tercih edilmemiştir.

### 2.2.3.2. Dairesellik İndisi

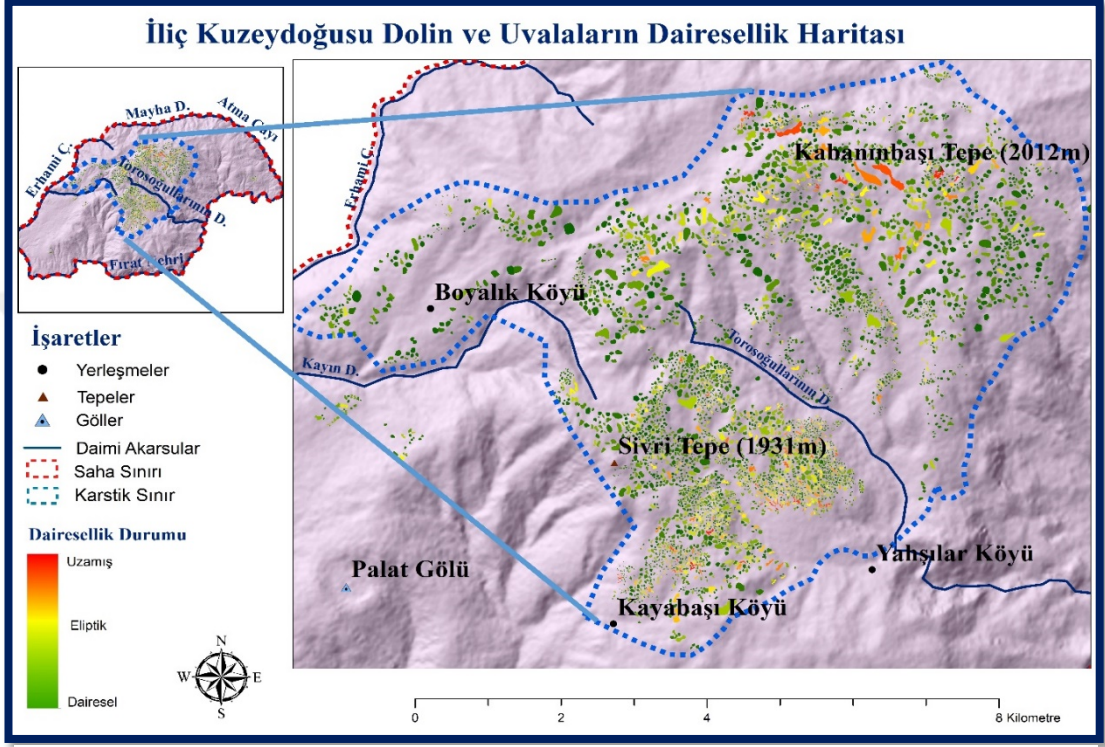
Dolinlerin dairesellik indisi değerleri belirlenirken dairesellik indisi formülü (Goudie, 2003) kullanılmıştır (Formül 2).

$$I_c = \frac{A_m}{\pi \left( 2 \frac{A_m}{P_m} \right)^2}$$

**Formül 3:** Dairesellik indisi formülü (Goudie, 2003)



Dairesellik indisindeki (Ic) Am, şeklin sahip olduğu alanı (m<sup>2</sup>); Pm, şeklin çevre uzunluğunu (m) ifade etmektedir. Değerin 1 olması şeklin tam daire şeklinde olduğunu, değer 1'de uzaklaşması ise şeklin dairevi formunu kaybetmeye başladığını gösterir (Bahtijarevic, 1996; Öztürk, 2015). Formül her dolin için uygulandıktan sonra sınırlama yapılarak haritalanmıştır (Şekil 44).



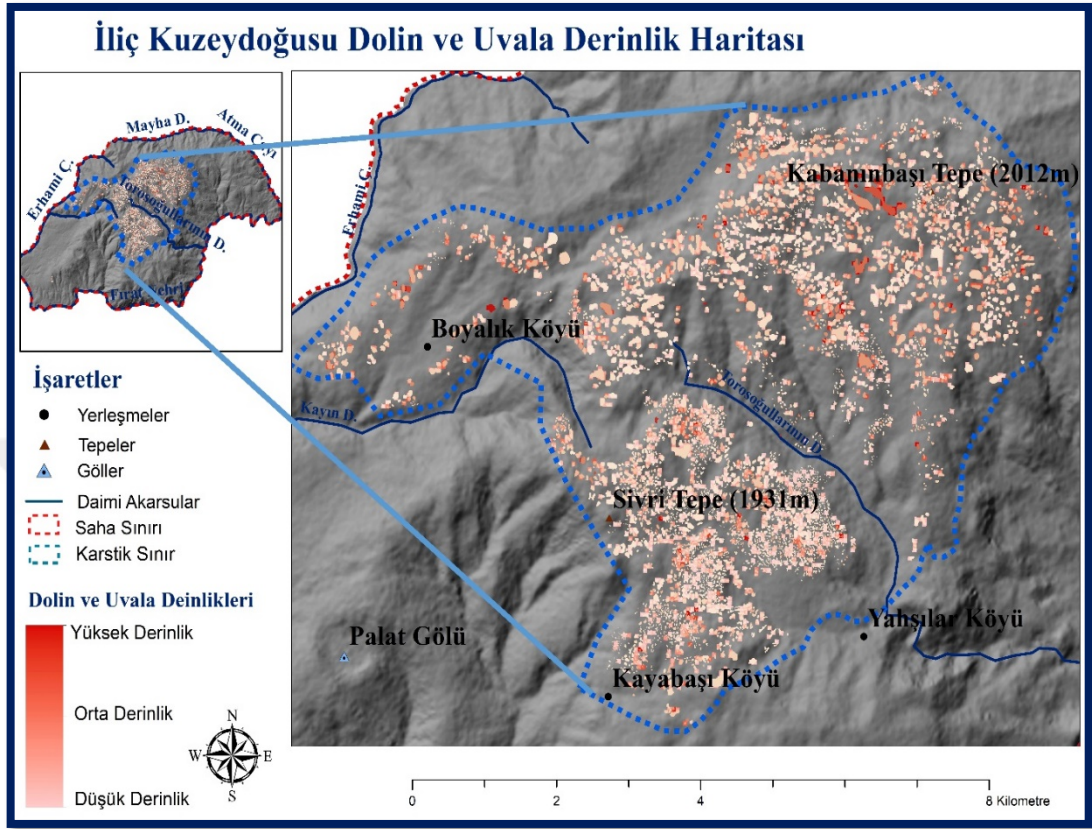
Şekil 44: Araştırma sahası dolin ve uvaların dairelilik haritası.

Dolin ve uvaların daireliliğinin bilinmesi, daireliliğin bozulduğu alanlar için yorum yapabilmesi için önemlidir. Daireselliğin bozulduğu alanlar fay alanlarına, akarsu vadilerine ya da paleovadi sistemlerine karşılık gelebilmektedir.

### 2.2.3.3. Derinlik Hesaplamaları

Derinlik verileri için orta nokta yüksekliklerinin yanı sıra dolinin çevre poligonun en yüksek ve en düşük noktaları da hesaplanmıştır. Sahadaki dolinlerin tek yana açık (at nalı görünümü) şekli göz önünde bulundurularak çevre poligonundaki en düşük nokta dolinin tabanı olarak düşünülmüş ve en yüksek noktadan çıkarılarak derinliği bulunmuştur. Bu analizler arazi çalışmaları sırasında doğrulanmıştır. Dolinlerin en

derin olduğu kısımlar Kabanınbaşı Tepe ve çevresidir (Şekil 45). Derinlik sınıflandırması yapılırken sahadaki nispi derinlikler temel alınmıştır.



Şekil 45: Araştırma sahası dolin ve uvala derinlik haritası

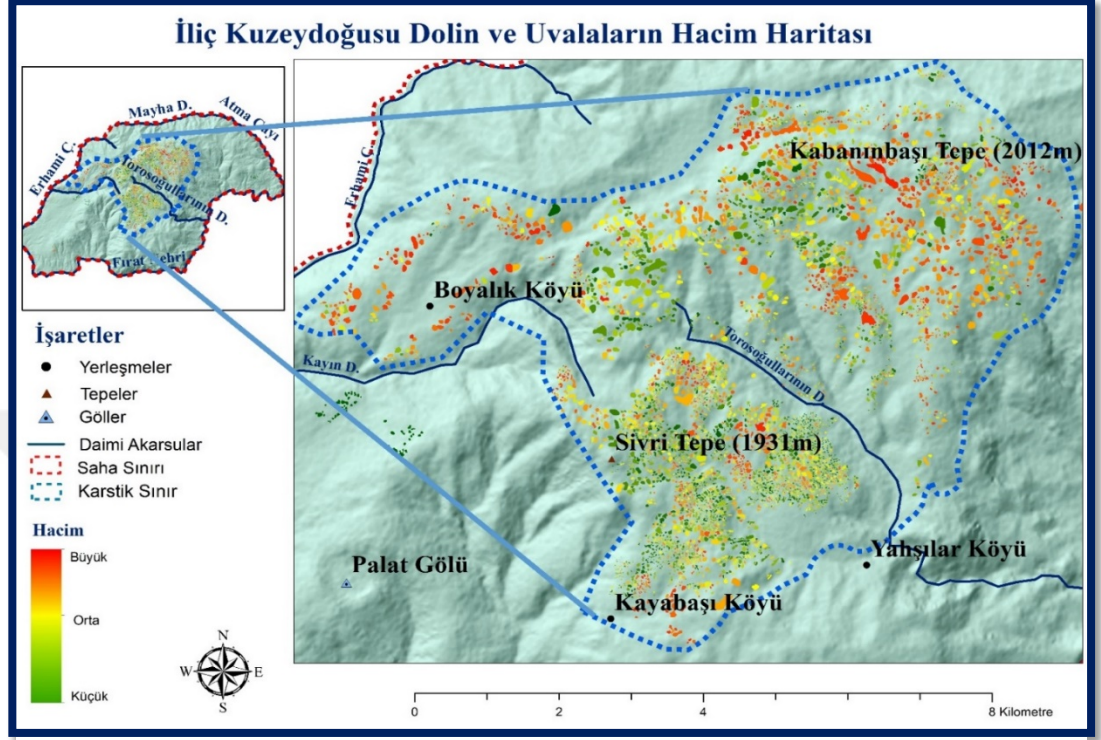
#### 2.2.3.4. Hacim Hesaplamaları

Derinlikleri bilinen dolinlerin hacim hesaplamaları Plan ve Decker, (2006)'da belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Formül 3). Hacim hesaplamaları karstik arazinin engebелilik düzeyini görebilmemize yardımcı olması sebebiyle karstik çalışmalarda önemlidir.

$$V = Alan \cdot \frac{Derinlik}{2}$$

Formül 4: Hacim formülü (Plan ve Decker, 2006).

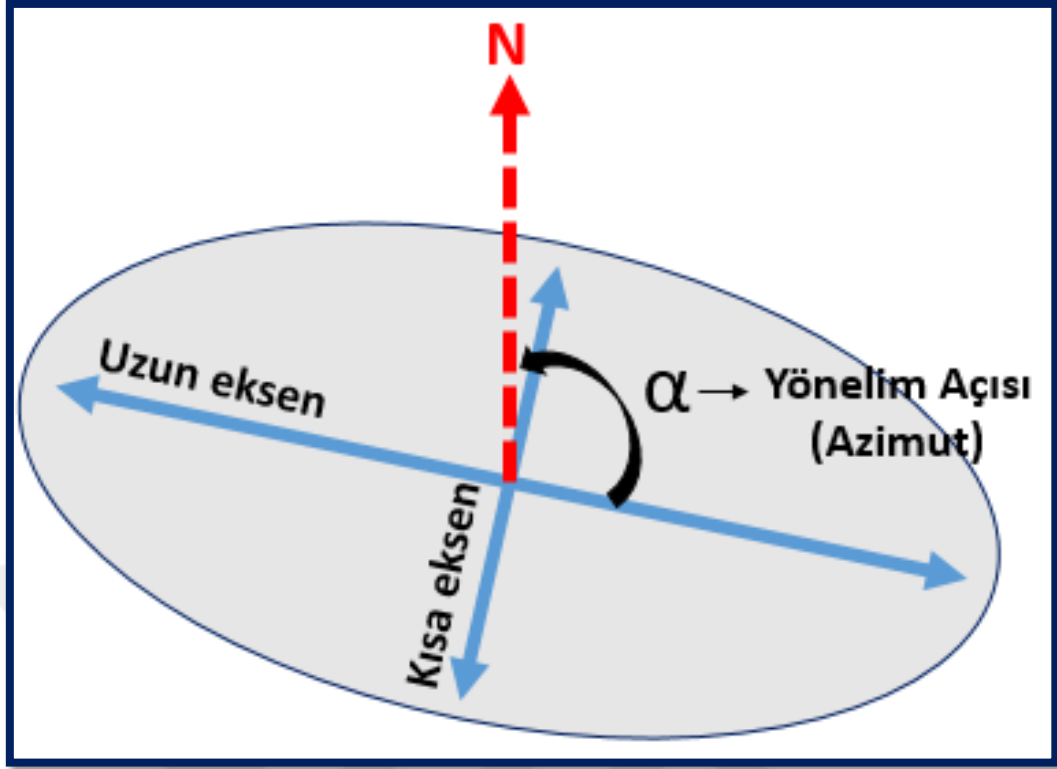
Araştırma sahasında en büyük hacimli dolin ve uvalalar Kabanınbaşı tepe ve Boyalık Köyü yakınlarında bulunmaktadır. En küçük hacimli olanlar ise Sivri tepe dolaylarında konumlanmaktadır (Şekil 46).



Şekil 46: Araştırma sahası dolin ve uvalaların hacim haritası.

### 2.2.3.5. Uzun Eksen, Kısa Eksen

Dolinlerin yönelimleri bulunurken uzun eksenleri ve kısa eksenleri bulunmalıdır. Uzun eksen (uzunluk), dolinin çevresini oluşturan noktalar üzerinde birbirine en uzak iki nokta arasındaki yatay mesafedir (Denizman, 2003). Kısa eksen (genişlik) ise uzun eksene dik olarak çizilen doğruya birbirine en uzak iki nokta arasındaki yatay mesafedir (Bondesan vd., 1999), (Şekil 47).



Şekil 47: Morfometride kullanılan bazı parametreler.

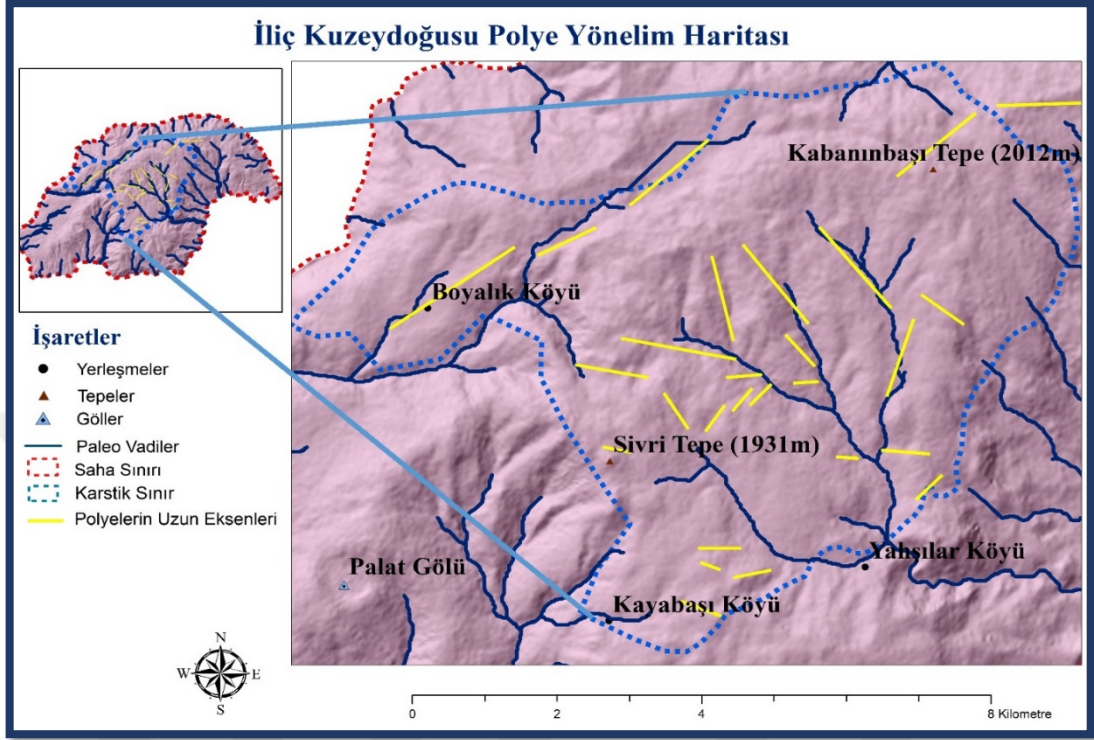
#### 2.2.3.6. Yönelim

Yönelim bulunurken ilk olarak uzun eksenin çizilmesi gerekmektedir. Uzun eksen, ArcGIS üzerinden yapılan çizimlerin en uzak iki noktasına “*Minimum bounding geometry*” özelliği kullanılarak çizdirilir. “*Geometry type*” olarak “*convex hull*” seçilir ve “*Add geometry characteristics as attributes to output*” kutucuğu işaretlenir. Çıkan yeni katman üzerinde “*XY to line*” işlemi yaptırılır. Sırasıyla X1, Y1, X2, Y2 seçilir. Böylece artık elimizde çizgisel veriler şeklinde uzun eksenler bulunmaktadır. Lineer olarak elde edilen bu değerlerin kuzey ile olan açısı (Azimut açısı) hesaplanarak yönelimleri bulunur.

Morfometride yönelimin bilinmesi; karstik şekillenmenin eski akarsu yataklarına uyumu, yeraltı suyunun şekillenme sürecindeki etkisi, faylanmanın dolin dağılımındaki etkileri ve güncel yüzey sularının dolin dağılım ve şekillenmesine etkileri gibi birçok konuda yorum yapabilme olanağı sağlar.

Şekil 48’de paleodrenaj sistemleri ile polyelerin uzun eksenlerini görmekteyiz. Bu haritadan da anlaşılacağı üzere genel görünümde paleovadiler ile polye yönelimleri uyumaktadır. Buradan da karstlaşmanın şekillenmesinde paleodrenaj sisteminin de

payı olduğu yorumu yapılabilmektedir. Dolin ve uvalaların da paleodrenaj sistemlerinin yamaçlarında görüldüğü ve bu vadiler nedeniyle şekillerinin bozulduğu tespit edilmiştir.



Şekil 48: Polye Yönelim Haritası

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Erzincan'ın İliç ve Kemah ilçeleri arasında bulunan araştırma sahası 194,56 km<sup>2</sup> alan kaplamakta ve en geniş yayılış gösteren anakaya jipsten oluşmaktadır. Sahada uygun karstlaşma şartları altında karstik aşınım ve birikim şekilleri görülmektedir. Sahada karasal iklim hüküm sürmesine rağmen etrafını çevreleyen akarsuların da etkisiyle çevresine göre daha ılıman özellikler göstermektedir.

Jeoloji haritalarına baktığımızda araştırma sahasında karstik kayalar geniş alan kaplamaktadır fakat karstik şekil oluşumları nispeten daha dar alanda görülmektedir. Bu durum ana akarsu vadilerine yakın yükseltilerde yeraltına kapma olayından kaynaklanabileceği gibi karst yoğunluk sınırı dışında karstlaşma için gerekli koşulların olgunlaşmadığından da kaynaklanabilir. Ayrıca sahaya ait jeoloji verilerinde de kısmi yanlışlıklar olduğu düşünülmektedir. Haritada karstik görünen sahaların arazi çalışmalarında karstik olmadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden morfometrik çalışmalarda net doğru sonuçlar alabilmek adına karst yoğunluk sınırı çizilmiş ve bu sınır baz alınarak morfometrik analizler yapılmıştır.

Araştırma sahasında su varlığını Polat (Palat) Gölü, Fırat Nehri, Kuruçay, Erhami Çayı, Atma Çayı (Mayha Deresi ve Büyük Dere) , Torosoğullarının Deresi ve Kayın Deresi oluşturmaktadır. Saha hidrolojik olarak Fırat Nehri Havzası'na dahildir. Mevsimsel olarak suların artması , azalması, kuruması karstlaşmayı doğrudan etkilemektedir. Akarsular karstik sahalarda düdenler vasıtası ile yeraltına inerek yeraltında da derin şekiller mağaralar, galeriler oluşturabilirler. Mevsimsel akarsuların kurak dönemlerinde o bölgedeki karstlaşma da yavaşlar veya kesintiye uğrar.

Yeraltı suyunun oluşturduğu boşluklar sonucunda o alanlarda çökmeler yaşanabilir ve bu çöküntü alanları sahanın yeni su birikim noktaları haline gelebilir. Araştırma sahasında bu şekilde oluşan bir obruk gölü (Polat Gölü) bulunmaktadır. 1465 m rakıma

sahip Polat Gölü seviye değişimleri incelendiğinde seviyesinde büyük değişimler gözlemlenmediği görülmüştür. Son zamanlarda yapılan birçok çalışmada ülkemizdeki göl seviyelerinde meteorolojik koşullara bağlı büyük değişimler gözlemlenirken Polat Gölü'nde yıllık ve aylık seviye değişimlerinin küçük çapta olması bu gölün meteorolojik kaynaklardan ziyade yeraltı suları ile beslendiğini düşündürmektedir. Ayrıca içerdiği kükürt miktarından dolayı bir takım deri hastalıklarına iyi geldiği düşünülerek yöre halkı tarafından şifalı göl olarak bilinmekte ve yılın belli dönemlerinde ziyaret edilmektedir.

Akarsu vadilerine bakan yamaçlar dışında sahada eğim değerleri genelde düşüktür. Yaygın görülen eğim değerleri % 5-15 derece arasındadır. Sahada eğimin az olması meteorolojik kaynaklı suların arazi yüzeyinde kalma süresi ile doğrudan etkilidir. Böylece karstik kayaç üzerindeki çözülme pozitif yönde etkilenmektedir.

Hakim bakı sınıfını güney yamaçlar oluşturmaktadır. Bakı ile karstlaşma arasında doğrudan bir ilişki yoktur fakat bakı şartları sahanın bitki örtüsü üzerinde etkili olacağından karstlaşmayı dolaylı olarak etkilemektedir.

Yükselti, iklim koşullarını etkilediği için karstlaşmayı da dolaylı yoldan etkilemektedir. İklim kısmında bahsedildiği gibi yağış ve sıcaklık şartları hem karstlaşmayı doğrudan etkiler hem de bitki örtüsünü etkilediği için karstlaşma üzerinde dolaylı bir etkiye de sahiptir. Araştırma sahasında karstlaşma yüksekliğe bağlı olarak pozitif bir ilerleme kaydetmiştir. 1500 m aşığısında karstik çukurlar ile nadiren karşılaşılmıştır. Bu metrelerde kısmen lapyalar ve mikrokarstik şekiller görülmüştür. Asıl karstlaşmanın yoğun görüldüğü alanlar ise 1501-2100 m aralığındaki alanlardır.

Araştırma sahası genel olarak toprak örtüsü ile kaplı olduğundan çıplak anakaya üzerinde görülebilecek mikrokarstik şekillerin görüldüğü alanlar kısıtlıdır. Sahada mikrokarstik şekillere örnek olarak; diaklaz lapyaları kanalcıklı lapyalar, oluklu lapyalar ve oyuk lapyalar görülmektedir. Makrokarstik şekillerden ise dolin, uvala, polye ve düdenler çokça görülmek hatta poligonal karst sahaları bulunmaktadır. Sahada karstik enkaz birikimlerine de rastlamak mümkündür.

Araştırma sahasındaki karstik alanlar yerleşim yeri, tarım alanı, maden çıkarım alanı, su kaynakları gibi birçok amaçla kullanılmaktadır. Sahada geniş alan kaplayan jips anakayasından dolayı hızlı çözünmeler ve çökmeler yaşanabilir. Bu nedenle beşeri faaliyetler ve yerleşim alanları kurulurken dikkat edilmesi gerekmektedir.

Karst jeomorfolojisi açısından zengin kaynaklara sahip olan ve karstik depresyonlar sayesinde engebeli görünümüne sahip saha rekreatif faaliyetlerle turizme kazandırılabilir. Macera severler için doğa yürüyüşü, jeep safari, kaya tırmanışı, kaya inişi gibi etkinlik yapılabilir. Geçmiş yıllarda terör sebebiyle turistik faaliyetlerden uzak kalan saha şimdilerde ekonomik gelir elde edebilecek, turistik potansiyelin değerlendirilmesi gereken doğal bir kaynaktır.

Sahada güncel su toplama alanlarından ziyade eski vadi tabanlarında karstik depresyonlar daha sık görülmektedir. Yönelim kısmında da karstik depresyonların en büyüğü olan polye uzun eksenleri ile paleodrenaj sistemleri çakıştırılarak bu iki parametrenin uyduğu gözlemlenmiştir. Burdan karstlaşmanın paleovadi sistemleri ile uyum gösterdiği yorumu yapılabilir.

Haritalar üzerinden morfometrik analizler yapılarak karstik bir saha hakkında birçok parametre hesaplanabilmekte ve sahanın morfolojik evrimi hakkında bilgi edinilebilmektedir. Örneğin dolinlerin uzama yönleri sahadaki tektonik ve hidrolojik evrim hakkında bilgi verebilir. Fakat arazi çalışmaları olmadan kesin doğru sonuçlar elde edilememektedir.

Sonraki araştırmalarda sahadaki mağara sistemleri, güvenliği ve turizm potansiyeli üzerine çalışmalar yapılabilir.



## KAYNAKÇA

- Aguilar, Y., Bautista, F., Mendoza, M. E., Frausto, O., Ihl, T. (2016). Density Of Karst Depressions In Yucatán State, Mexico. *Journal Of Cave And Karst Studies*, 78(2), 51-60. Doi: 10.4311/2015ES01.24.
- Akkan, E. (1963). Erzincan Ovasının İklim Özellikleri. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 21(3-4).
- Aktimur H.T., Tekir, M.E., Yurdakul, M.E. (1990). Sivas-Erzincan Tersiyer Havzası'nın M.T.A. Dergisi, Sayı: 111, Ankara, S. 31.
- Atalay, İ. (2001). Genel Fiziki Coğrafya, Ege Üniv. Basımevi, İzmir.
- Aydın A, Nur A. (1982). Evolution Of Pull-Apart Basins And Their Scale Independence. *Tectonics* 1:91–105.
- Bahtijarevic, A., (1996). Morphometric Analysis Of The Northern Floridan Karst [MA Thesis]: University Of South Florida, 96 P.
- Basso, A., Bruno, E., Parise, M., Pepe, M. (2013). Morphometric Analysis Of Sinkholes In A Karst Coastal Area Of Southern Apulia (Italy). *Environmental Earth Science*, 70, 2545–2559. Doi:10.1007/ S12665-013-2297-Z.
- Baş, H. (1975). Petrologische Und Geochemische Untersuchungen An Subrezenten Vulkaniten Der Nordanatolischen Störungszone (Abschnitt: Erzincan-Niksar), Türkei. Phd Thesis. Univ. Hamburg, Ger., 116 Pp.
- Bauer, C. (2015). Analysis Of Dolines Using Multiple Methods Applied To Airborne Laser Scanning Data. *Geomorphology*, 250, 78–88. Doi: 10.1016/J.Geomorph.2015.08.015.
- Bondesan, A., Meneghel, M., Faggi P.(1999). Convegno nazionale di glaciologia antartica e paleoclima: Padova, 6-7 luglio (1999): riassunti. Università di Padova. Dipartimento di geografia.
- Bočić, N., Pahernik, M., Mihevc, A. (2015). Geomorphological Significance Of The Palaeodrainage Network On A Karst Plateau: The Una–Korana Plateau, Dinaric

Karst, Croatia. *Geomorphology*, 247, 55–65. Doi: 10.1016/J.Geomorph.2015.01.028.

Bögli, A. (1980). *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Berlin: Springer Verlag,.

Calaforra, J. M., Pulido-Bosch, A. (2003). Evolution Of The Gypsum Karst Of Sorbas (SE Spain). *Geomorphology*, 50(1-3), 173-180.

Denizman, C. (2003). Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, Lower Suwannee River Basin, Florida. *Journal of cave and karst studies*, 65(1), 29-35.

Doğanay, H., Sever, R. (2011). *Genel Ve Fiziki Coğrafya*.

Erinç, S. (1960). Konya Bölümünde Ve İç Toros Sıralarında Karst Şekilleri Üzerine Müşahedeler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (20), 83-106.

Erinç, S. (1971). *Jeomorfoloji II (Genişletilmiş II. Baskı)*. İstanbul: İst. Üniv. Coğ. Enst. Yay. No: 23.

Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji II*. Der Yayınları, İstanbul.

Erol, O. (1983). Türkiye'nin Genç Tektonik Ve Jeomorfolojik Gelisimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, (11), 1-22.

Ford, D. C., Williams P. W. (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Unwin Hyman.

Goudie, A. S. (2003). *Geomorphological Techniques*. London, UK: Allen Unwin.

Gökkaya, E., Gutiérrez, F., Ferk, M., Görüm, T. (2021). Sinkhole Development İn The Sivas Gypsum Karst, Turkey. *Geomorphology*, 386, 107746.

Graf, İ. K., Bozcu, A. (2006). Yapısal özelliklerin lapyta gelişimindeki rolü: Kızılörü Dağı doğusu (Korkuteli-Antalya). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 30(2), 9-16.

Günay, G. (2002). Gypsum Karst, Sivas, Turkey. *Environmental Geology*, 42(4), 387-398.

- Hayli, S. (2002). Erzincan Ovasında Genel Arazi Kullanımı. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12(1), 1-24.
- Hempton M, Dunne L.A. (1983). Sedimentation In Pull-Apart Basins: Active Examples In Eastern Turkey. J. Geol. 92:513–30.
- Herece, E., Akay, E. (2003). Kuzey Anadolu Fayı (KAF) Atlası/Atlas Of North Anatolian Fault (NAF). Maden Tetk. Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın. Ser. 2, Ankara, [IV]+61 Pp.+13 Appendices As Separate Maps.
- Hoşgören, M. Y. (2010). Jeomorfoloji'nin Ana Çizgileri I. 7. Baskı. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- İmamoğlu, A. (2020). Alaca Çayı Havzası Erozyon Durumunun Morfometrik Ölçümler İle İlişkisi. Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi, (18), 868-878.
- İmamoğlu, A., Bahadır, M., Dengiz, O. (2016). Çorum Alaca Havzasında Toprak Erozyon Duyarlılık Faktörünün Farklı Enterpolasyon Modeller Kullanılarak Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi. Toprak Su Dergisi, 5(1).
- Jeanpert, J., Genthon, P., Maurizot, P., Folio, J.-L., Vendé-Leclerc, M., Sérino, J., Iseppi, M. (2016). Morphology And Distribution Of Dolines On Ultramafic Rocks From Airborne Lidar Data: The Case Of Southern Grande Terre İn New Caledonia (SW Pacific). Earth Surface, Processes And Landforms 41, 1854–1868. Doi: 10.1002/Esp.3952.
- Jennings, J.N. (1971). Karst. Cambridge: The M.I.T. Press,.
- Kaya, M.(2011). Erzincan İklim Ve Meteoroloji Verileri.
- Kaya, Y. (1999). Fırat Vadisinde Erozyon Ve Erozyon Alanında İyi Gelişen Bitkiler. Turkish Journal Of Agriculture And Forestry, 23(1), 7-24.
- Ketin, İ. (1950). Erzincan Ve Askale Arasındaki Sahamn Jeolojisine Ait Memuar. M.T.A Rapar No:1950, Ankara.
- Ketin, İ. (1984). Türkiye Jeolojisi'ne Genel Bir Bakış, İ.T.Ü. Vakfı, Kitap Yayın No:32, İstanbul. S. 536.

- Klimchouk, A. B. Intrastratal Gypsum Karst. *Treatise On Geomorphology*, 12.
- Linneman, S. (2002). Quaternary Volcanism Of The Erzincan Basin, Eastern Turkey: An Example Of Pull-Apart Basin Volcanism. In *The Tectonics Of Eastern Turkey And The Northern Arabian Plate*, Int. Workshop, 23–25 Sept., Erzurum, Turkey, P. 19.
- Lowe, D., Waltham, T. (2002). *Dictionary of Karst and Caves*. Lancaster: BCRA Cave Studies Series 10.
- Nazik, L. (1985). Beyşehir Gölü (Konya) Yakın Güneyinin Karst Jeomorfolojisi. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü.
- Nazik, L., Poyraz, M. (2017). Türkiye Karst Jeomorfolojisi Genelini Karakterize Eden Bir Bölge: Orta Anadolu Platoları Karst Kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (68), 43-56.
- Nazik, L., Tuncer, K. (2010). Türkiye Karst Morfolojisinin Bölgesel Özellikleri. *Türk Speleoloji Dergisi, Karst ve Mağara Araştırmaları*, 1(1), 7-19.
- Öztürk, M., Şimşek, M., Utlu, M. (2015). Tahtalı Dağları (Orta Toroslar) Karst Platosu Üzerinde Dolin ve Uvala Gelişiminin CBS Tabanlı Analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (65), 59-68.
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Utlu, M., Şener, M. F. (2016). Bolkar Dağları'nın Batı Platosunun Flüvyo-Karstik Evrimi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 106-115.
- Öztürk, M. (2018). Karstik Kapalı Depresyonların (Dolinlerin) Morfometrik Analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (36), 1-13.
- Pahernik, M. (2012). Prostorna Gustoća Ponikava Na Području Republike Hrvatske (Spatial Density Of Dolines In The Croatian Territory). *Hrvatski Geografski Glasnik*, 74(2), 5–26. Doi: 10.21861/HGG.2012.74.02.01.
- Pekcan, N. (1995). *Karst Jeomorfolojisi*. Filiz Kitabevi, İstanbul.
- Plan, L., Decker, K. (2006). Quantitative Karst Morphology Of The Hochschwab Plateau, Eastern Alps, Austria. *Zeitschrift Für Geomorphologie Supplement Band*, 147, 29–54.
- Poyraz, M., Öztürk, M. Z., Soykan, A. (2021). Sivas Jips Karstında Dolin Yoğunluğunun CBS Tabanlı Analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (6), 67-80.

- Solmaz, F. (1998). Gümüşhane Çerçevesinde Karst Şekilleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (33), 151-162.
- Sür, A. (1995). Karstik Yerşekilleri Ve Türkiye'den Örnekler. *Türkiye Coğrafyası Araştırma Ve Uygulama Merkezi Dergisi*, Sayı: 3, 1 - 30.
- Sweeting, M. M. (1973). *Karst Landforms*. New York: Columbia Universty Press.
- Şahin, İ. F., Doğanay, H. (2011). Geçmişten Günümüze Kuruçay (İliç-Erzincan)/From The Past To The Present Kuruçay. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 7(5).
- Şengör, A. M. C. (1979). The North Anatolian Transform Fault: It's Age, Offset And Tectonic Significance. *J. Geol. Soc. London* 136:269–82.
- Şengör, A. M. C., Görür, N., Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip Faulting And Related Basin Formation In Zones Of Tectonic Escape: Turkey As A Case Study. In *Strike-Slip Deformation, Basin Formation, And Sedimentation*, Soc. Econ. Paleontol. Miner. Spec. Publ. 37 (In Honor Of J.C. Crowell), Ed. KT Biddle, N Christie-Blick, Pp. 227–64.
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z., Turoğlu, H. (2019). Geyik Dağı Üzerindeki Dolin ve Uvalaların Morfotektonik Önemi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (72), 13-20.
- Telbisz,, T., Dragušica, D., Nagy, B. (2009). Doline Morphometric Analysis And Karst Morphology Of Biokovo Mt (Croatia) Based On Field Observations And Digital Terrain Analysis. *Hrvatski Geografski Glasnik*, 71(2), 5–22.
- T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı, Topraksu Gn. Müd., (1984). Muğla İli Verimlilik Envanteri Ve Gübre İhtiyaç Raporu, TOVEP Yayın No 15, Gn. Yayın No:15, Ankara.
- Tüysüz, O. (1993). Erzincan Çevresinin Jeolojisi Ve Tektonik Evrimi. *Ulusaldeprem Mühendisliği Konferansı*,10-13.
- Waltham, T. (2002). Gypsum Karst Near Sivas, Turkey. *Cave And Karst Science*, 29(1), 39–44.

- Waltham, A. C., Fookes, P. G. (2003). Engineering classification of karst ground conditions. *Quarterly Journal of Engineering Geology* 36, 101-118.
- White, W. B. (1988). *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford: Oxford Universty Press.
- Yılmaz, A. (1985). Yukarı Kelkit Çayı İle Munzur Dağları Arasının Temel Jeoloji Özellikleri Ve Yapısal Evrimi: *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28/2, 79-92.
- Zeybek, H. (2011). Türkiye’de Karstik Alanların Korunma Gerekliliği Ve Alınabilecek Bazı Önlemler/The Necessity Of Protection Of Karstic Areas In Turkey And Some Possible Precautions. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9(11).
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2021). Erzincan - Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceleri> Erişim Tarihi: 20.06.2021