



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**EĞRİBAYAT MAHALLESİ (KONYA
SELÇUKLU) GÜNEY BÖLGESİNİN
JEOLOJİSİ VE OBRUK RİSKİ AÇISINDAN
ARAŞTIRILMASI**

Oğuz Han YILMAZ
YÜKSEK LİSANS
Genel Jeoloji Anabilim Dalı

KONYA
Aralık-2025

TEZ KABUL VE ONAYI

Oğuz Han YILMAZ tarafından hazırlanan “Konya Selçuklu Eğribayat Mahallesi güneyinin jeolojisi ve obruk riski açısından araştırılması” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Unvanı Adı SOYADI
(Üniversitesi)

.....

Danışman

Doç. Dr. Arif DELİKAN
(KTÜN)

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI
(Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki tüm bilgiler, etik kurallar ve akademik standartlar doğrultusunda toplanmış ve tez yazım kurallarına uygun bir şekilde sunulmuştur. Çalışmamda, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilgiye kaynaklarına tam ve doğru bir şekilde atıfta bulunulmuştur.

DECLARATION PAGE

All information in this thesis has been collected in accordance with ethical rules and academic standards and presented in accordance with the thesis writing rules. In my study, all statements and information that do not belong to me have been fully and accurately referred to their sources.

Oğuz Han YILMAZ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EĞRİBAYAT MAHALLESİ (KONYA SELÇUKLU) GÜNEY BÖLGESİNİN JEOLJİSİ VE OBRUK RİSKİ AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI

Oğuz Han YILMAZ
Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Genel Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Arif DELİKAN

2025, 83 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Bilgehan Yabgu HORASAN
Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK
Doç. Dr. Arif DELİKAN

Çalışma alanı; Konya İl Merkezinin yaklaşık 37 km kuzeyinde yer almaktadır. Neotektonik konum açısından yöre Orta Anadolu Ovalar Bölgesi ve Konya- Eskişehir Neotektonik bölgesi içerisinde bulunmaktadır.

Çalışma alanında temel birim olarak Lorasdağı formasyonu yer almaktadır. genellikle açık gri, bej, beyazımsı, kalın orta katmanlı, yer yer oolitik ve algli karbonatlı kireçtaşlarından oluşmuştur. Bu formasyonunun üzerine açılı uyumsuzlukla Divanlar formasyonu gelmektedir. Bu formasyon yelpaze çökelleri, yarı tutturulmuş, karbonatlı, çamur destekli kum, çakıl ve seyrek bloktan oluşur. Formasyon, tümüyle Loras formasyonundan türemiş köşeli çakıllı, tane destekli, kötü tabakalı, sıkı tutturulmuş çakıltaşlarından oluşur.

Ayrıca Divanlar formasyonu özellikle fay dikliklerinde ve düzlüklerinde biriken kırıntılı çökeller şeklindedir. Bölgede fay zonu içerisinde yer alan birden çok sentetik ve antitetik faylar bulunmaktadır. Bu faylar Divanlar formasyonuna ait kırıntılı çökelleri askıya alabilmektedir. Bu nedenle mercek geometrilili iri çakıllı birimler farklı düzeylerde görülebilmektedir.

Konya çöküntü havzası batıda Konya fay zonu (KOFZ); kuzeyde Karaömerler fayı; doğuda ise Divanlar fayı ve Göçü fayı ile sınırlanmıştır. Bölgede bu birimler içerisinde obruk oluşumları izlenmektedir. Ayrıca genç çökellerin tabanında oldukça karstik Mesozoyik karbonatlarının bulunması bölgenin obruk potansiyelinin araştırılması için önemli ana faktördür. Bu nedenle bu tez çalışması ile bölgenin obruk potansiyeli ve gömülü risklerin araştırılması amaçlanmaktadır. Tez kapsamında ERT (Elektrik Rezistivite Tomografi), Sondaj, Mikrotremör, MASW (Yüzey Dalgası Çok Kanallı Analizi) gibi jeolojik ve jeofiziksel yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde bölgede olası gömülü riskler (Fay, boşluk, çatlak, formasyon geçişleri vb) belirlenmiş ve bu risklerin kaldırılması ve iyileştirilmesi için öneriler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konya Fay Zonu, Obruk, Eğribayat, ERT, Karstik boşluk

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE GEOLOGY AND SINKHOLE RISK OF THE SOUTHERN AREA OF EĞRİBAYAT NEIGHBORHOOD (SELÇUKLU, KONYA)

Oğuz Han YILMAZ
Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of General Geology

Assoc. Prof. Dr. Arif DELİKAN

2025, 83 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Bilgehan Yabgu HORASAN
Assoc. Prof. Dr. Alican ÖZTÜRK
Assoc. Prof. Dr. Arif DELİKAN

The study area is located approximately 37 km north of Konya city center. In terms of neotectonic setting, the region lies within the Central Anatolian Plains Region and the Konya–Eskişehir Neotectonic Zone. The main geological unit in the study area is the Lorasdağı Formation, which generally consists of light gray, beige, and whitish, thick- to medium-bedded limestones that are locally oolitic and algal, containing carbonate materials. Overlying this formation with an angular unconformity is the Divanlar Formation. This formation comprises fan deposits that are semi-consolidated, carbonate-bearing, mud-supported sands, gravels, and occasional blocks. It mainly consists of tightly cemented, poorly bedded, clast-supported conglomerates with angular gravels derived entirely from the Loras Formation.

Additionally, the Divanlar Formation occurs as clastic deposits accumulated along fault scarps and plains. Within the regional fault zone, multiple synthetic and antithetic faults are present. These faults can suspend the clastic deposits belonging to the Divanlar Formation, resulting in lens-shaped, coarse-grained gravel units observed at different levels.

The Konya depression basin is bounded by the Konya Fault Zone (KOFZ) to the west, the Karaömerler Fault to the north, and the Divanlar and Göçü faults to the east. Sinkhole formations are observed within these units in the region. Moreover, the presence of highly karstic Mesozoic carbonates at the base of the younger sediments is a significant factor in evaluating the region's sinkhole potential.

Therefore, the aim of this thesis is to investigate the sinkhole potential and subsurface risks of the area. Within the scope of the study, geological and geophysical methods such as ERT (Electrical Resistivity Tomography), drilling, microtremor, and MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) were applied. As a result of these studies, possible subsurface risks (such as faults, voids, fractures, and formation transitions) were identified, and recommendations were provided for risk mitigation and remediation.

Keywords: Konya Fault Zone, Sinkhole, Eğribayat, ERT, Karstic cavity

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam süresince bilgi, deneyim ve akademik rehberliğiyle bana yol gösteren, her aşamada destek ve teşviklerini esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Arif DELİKAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin katkıları, çalışmanın bilimsel niteliğini artırmada büyük rol oynamıştır.

Saha çalışmalarından tez yazım aşaması esnasında beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, uzun yıllardır arkadaştan öte bir kardeş olarak bildiğim Harun ADALI'ya, Tez yazım aşamasında bana destek olan Mustafa KORKMAZ'a ve Şükrü ARSLAN'a, Arazide yapılan Jeofizik çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Konya Zemin firması Oğuz Kaan KILIÇ'a ve Şenol ÇAYLAK'a teşekkür ederim.

Benim bugünlere gelmemde büyük emeği olan, çocukluğumdan itibaren eğitim hayatımın devam etmesi için her türlü fedakârlığı yapan anne ve babama teşekkür ederim.

Ayrıca hayatıma girdiği andan bu zamana kadar beni her zaman destekleyen, başladığım her işi bitirmemde yardımcı olan, bu uzun süreçte hoşgörüsü ve anlayışını benden bir an olsun esirgemeyen sevgili eşim Şenay YILMAZ' a ve çocuklarım Mustafa Zahid, Rüştü Berkay'a sonsuz teşekkür ederim.

Oğuz Han YILMAZ
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Tezin Önemi	3
1.3. İnceleme Alanının Yeri.....	4
1.4. İklim ve Bitki Örtüsü	4
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1. Jeolojik Haritalama Çalışmaları.....	17
3.2. Arazi Çalışmaları ve Numune Alımları	17
3.2.1. Sondajlar	19
3.2.2. Jeofizik Çalışmalar	19
3.2.2.1. Sismik Kırılma Çalışmaları	20
3.2.2.2. ERT Çalışmaları	21
3.3. Laboratuvar Çalışmaları	22
4.ARAŞTIRMA BULGULARI.....	24
4.1. Bölgenin Jeolojisi	24
4.1.1 Loras Formasyonu (TRJl).....	27
4.1.2. Midostepe Formasyonu (Km).....	29
4.1.3. İnsuyu Formasyonu (Tmpli)	30
4.1.4. Tuzgölü Formasyonu (Qtu)	31
4.1.5. Divanlar Formasyonu (Qed)	31
4.1.6. Göçü Formasyonu (Qegö)	32
4.1.7. Sakyatan formasyonu (Qes).....	33
4.1.8. Yamaç Molozu (Qym)	33
4.1.9. Alüvyon (Qal)	33
İnceleme Alanı Jeolojisi.....	33
4.2. Yapısal Jeoloji.....	34
4.2.1. Konya ve Çevresinin Neo-Tektonik Özellikleri	36
4.2.2. Morfolojik Yapı ve Tektonik Birimler	37
4.2.2.1. Fay Sistemleri ve Sismik Aktivite	37
4.2.2.2. Yönelim, Eğim ve Jeolojik Konum	42
4.2.2.3. Graben Oluşumu	42
4.2.2.4 Sismik ve Morfolojik Özellikler	42
4.2.2.5. Depremsellik ve Önemi	42
4.3. Bölgenin Obruk Potansiyeli.....	42
4.3.1. Hidrojeolojik Etkenler	43
4.3.2. Obruğun Dağılımı ve Risk Alanları	43
4.3.3. Geleceğe Yönelik Tehlikeler ve Önlemler	44

4.3.4.	Obruk Tanımı ve Oluşum Mekanizması.....	45
4.3.4.1.	Obruk Oluşumunda Etkili Faktörler:	45
4.3.4.2.	Obrukların Dağılım Özellikleri.....	51
4.1.2.	Obruk Türleri ve Özellikleri	53
4.1.3.	Yer yarıkları (Earth fissures)	55
4.2.	Gömülü Risklerin Araştırılması.....	58
4.2.1.	Sondaj, Araştırma Çukuru Çalışmaları ve Arazi Gözlemleri	58
4.2.2.	Jeofizik Çalışmaların Analizi.....	61
4.2.3.	Zeminin Dinamik ve Elastik Parametrelerinin İncelenmesi	64
4.4.3.1	ELASTİSİTE MODÜLÜ (E, kg/cm ²);	66
4.4.3.2	KAYMA (Shear) MODÜLÜ (μ , kg/cm ²);	66
4.4.3.3	BULK (Sıkışmazlık) MODÜLÜ- (K kg/cm ²).....	67
4.4.3.4	POİSSON ORANI; (σ)	68
4.4.3.5.	Elektrik Özdirenç Tomografi Çalışmaları (ERT)	69
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	76
5.1.	Sonuçlar	76
5.2.	Öneriler	77
6.	KAYNAKLAR	78

Şekiller

Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (ölçeksiz).....	3
Şekil 1. İnceleme alanının Google Earth üzerindeki yeri (ölçeksiz).	4
Şekil 3. Saha çalışmaları sırasında el numunesi alma işlemi (Eğribayat mahallesi güneyi)	18
Şekil 4. Fransız IRIS Syscal ERT cihazın görüntüsü	22
Şekil 5. MTA. (2009). <i>İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinin Genel Jeoloji Haritası</i> [Jeoloji Haritası]. 1:100.000 Ölçekli ILGIN –L29 PAFTASI. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Yayınları	26
Şekil 6. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (MTA, 2009'dan düzenlenmiştir)	27
Şekil 7. Loras formasyonuna ait bol çatlaklı kristalin kireçtaşları	28
Şekil 8. Divanlar Formasyonuna ait sedimanlar-oturma yapıları ve faylı sınır.....	32
Şekil 9. Orta Anadolu ve çevresinin tektonik hatları (; Dirik ve Göncüoğlu, 1996; Göncüoğlu ve ark., 1996; Dirik ve Erol, 2003 Koçyiğit ve Özacar 2003; Dirik ve ark., 2005; Özsayın, 1997; Akıl, 2008).....	39
Şekil 10. Konya Fay Zonu (Eren 2008).....	40
Şekil 11. KOFZ kesiti (Eren Y, 2008)	41
Şekil 12. Konya ve çevresinin tektonik özelliklerini gösteren Google eart görüntüsü... 41	
Şekil 13. Konya İli Obruk Duyarlılık Haritası (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2023)	44
Şekil 14. Karstik bir arazide gelişen başlıca yeryüzü şekilleri (Nazik, 2018).....	46
Şekil 15. Karst taban seviyesinin yüzeye yakın olduğu alanlarda oluşan sığ yüzeysel karst şekilleri (Nazik, 2018'den)	47
Şekil 16. Kohezyonsuz örtü bulunan karstik bölgelerde obruk gelişimi (Afad, 2021 and 2022; Galloway ve ark., 1999'dan)	49
Şekil 17. Kohezyonlu ve kohezyonsuz örtü bulunan karstik bölgelerde obruk oluşumları (Ferrara, 2020, SFWMD, 2021'den düzenlenerek)	50
Şekil 18. Karstik sistemde kireçtaşı ve dolomitlerin çözünme mekanizması (Galloway ve ark, 1999'dan ve Arık ve diğ. 2021)	50
Şekil 19. Eski Konya Gölü'nün yayılım alanı ve gölün çekilme basamaklarına göre çökeller (Roberts 1982)	51
Şekil 20. Çökme dolini (obruk) tipleri (Ford ve Williams, 1989 ve Doğan 2010'dan)..	53
Şekil 21. Oluştukları kayaç tipi, morfolojik şekillerine göre obruk oluşum türleri (Afad, 2021 ve 2022; Arık ve diğ. 2021)	55
Şekil 22. Yüzey yarıklarının oluşum mekanizması (Galloway ve ark., 1999)	57
Şekil 23. İnceleme Alanında Yapılan ERT Çalışmaları Uydu Görüntüsü	62
Şekil 24. İnceleme alanında yapılan jeofizik çalışmalara ait görüntüler	62
Şekil 25. Ert-1 Profil Kesiti ve Görünüşü.	70
Şekil 26. Ert-2 Profil Kesiti ve Görünüşü.	72
Şekil 27. Ert-3 Profil Kesiti ve Görünüşü.	73
Şekil 28. Çalışma sahasının jeolojik kesiti.	75

Tablolar

Tablo 1. İnceleme alanının sıcaklık ve yağış dağılımı (MGM, 2025).....	5
Tablo 2. Obruk oluşumları için başlıca etkenler (Afad, 2021)	47
Tablo 3. İnceleme Alanında Yapılan Sondajların koordinatları ve metreleri (ITRF96-3 ⁰)	59
Tablo 4. İnceleme Alanında Yapılan Sondajlara ait Laboratuar deneyleri.....	59
Tablo 5. MASW-Kırılma çalışmalarından elde edilen V _p , V _s hızları ve Tabaka Kalınlıkları	63
Tablo 7. ERT Profil Koordinatları	70



1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı bünyesinde yürütülmüş olan bu çalışma “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmıştır. Yapılan bütün çalışmalar bilimsel araştırma yöntemleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanı; Konya İli Selçuklu İlçesi Eğribayat Mahallesi'nin güneyinde yer alan bir bölgedir. İl Merkezinin yaklaşık 40 km kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1).

Konya ilinin kuzeyinde konumlanan çalışma alanı, Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı içerisinde, Anatolidler ile Toridler arasındaki geçiş zonunda yer almaktadır. Bu alan, Anatolidlerin güney sınırını oluşturan "Kütahya-Bolkardağı Kuşağı"nın orta bölümünde bulunmaktadır. Coğrafi konum açısından değerlendirildiğinde, araştırma sahası Batı Anadolu Genişleme Bölgesi'nin önemli tektonik unsurlarından biri olan İnönü-Eskişehir Fay Sistemi ile Akşehir-Simav Fay Sistemi arasında kalmaktadır (Akıl, 2008; Koçyiğit, 2009). Konya kent merkezi ise batıda Konya Fay Zonu, kuzeyde Karaömerler, doğuda ise Divanlar ve Göçü faylarıyla sınırlanan bir çöküntü havzası içinde yer almaktadır. Çalışma sahası dışında gözlenen Hatip ofiyolitli karışığı, Midos formasyonu üzerine tektonik olarak yerleşmiştir. Orta-Geç Maastrichtiyen dönemine tarihlenen bu karışık birim; neritik ve pelajik kireçtaşları, şistler, volkanik kayalar ve ultramafik bloklar içermektedir. Alanın kuzeyinde Hatip ofiyolitli melanjı, güneyinde ise Koçyaka metamorfik ofiyolitli karışığı belirlenmiştir. Koçyaka karışığı, Çayırbağı ofiyoliti tarafından tektonik olarak örtülmüştür. Hem Hatip ofiyolitli karışığı hem de Koçyaka metamorfik karışığı, Neojen yaşlı çökeller tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

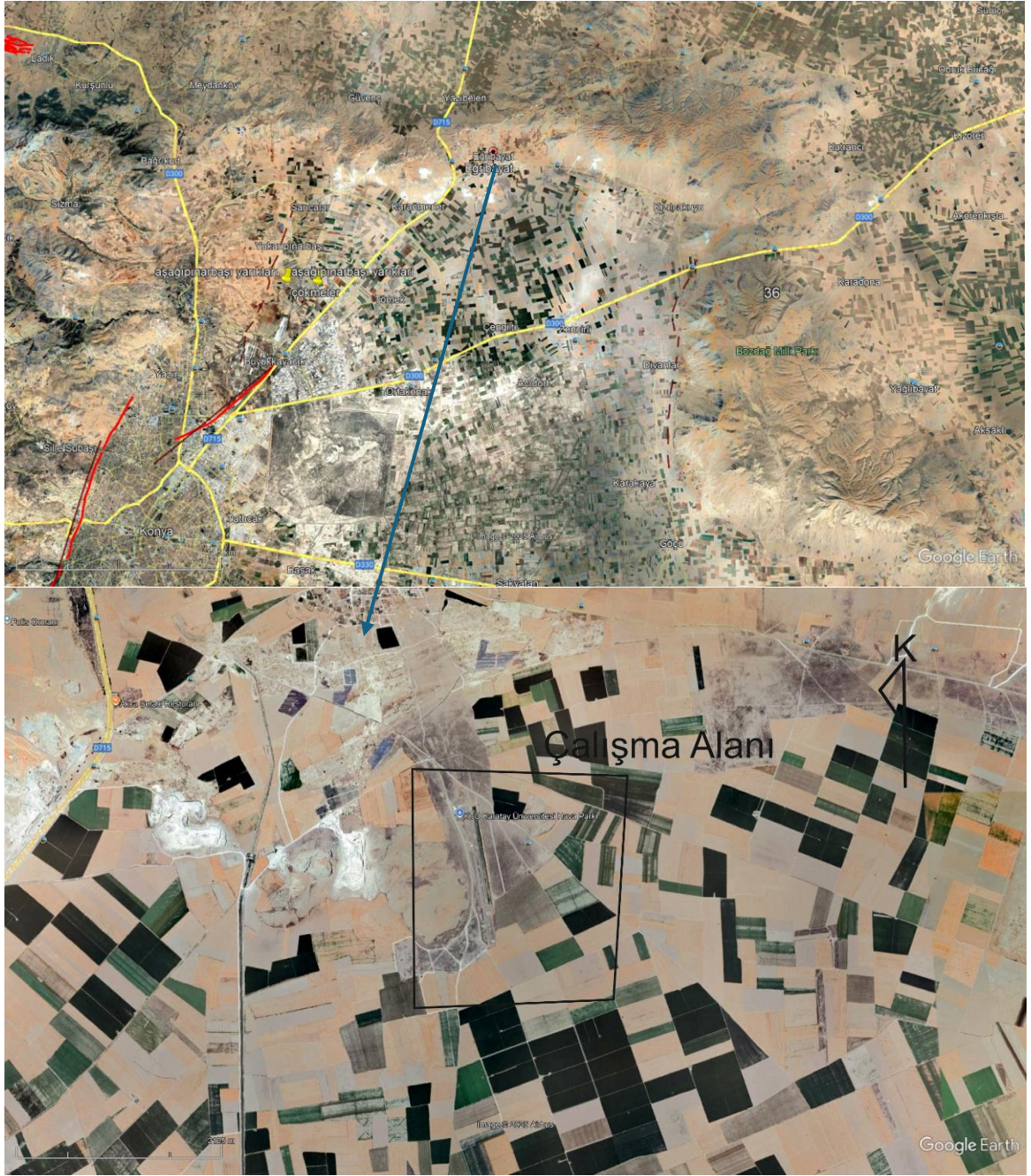
Çalışma sahasında gözlenen örtü kayalardan biri olan, Eosen yaşlı ve kumtaşı ile kireçtaşından oluşan Çayraz formasyonu, alanda oldukça sınırlı bir yayılım göstermektedir. Orta-Geç Miyosen dönemine ait Dilekçi formasyonunun Ulumuhsine üyesi ile Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı İnsuyu formasyonu ise göl ortamında birikmiş çökellerden meydana gelmiştir. İnceleme alanında Kuvaterner yaşlı birimler geniş bir yayılım alanına sahiptir. Bölgenin kuzeyinde Pleyistosen yaşlı Tuz Gölü formasyonu, güneyde ise Konya Kuvaterner havzasına ait çökeller yer almaktadır. Bu çökeller; Pleyistosen yaşlı Divanlar ve Konya formasyonları ile Pleyistosen-Holosen yaşlı Göçü

ve Sakyatan formasyonlarından oluşmaktadır. En genç çökeller ise eski alüvyon, yamaç molozu ve güncel alüvyonlardır.

Araştırma sahası Divanlar formasyonu özellikle fay dikliklerinde ve düzlüklerinde biriken kırıntılı çökeller şeklindedir. Bölgede fay zonu içerisinde yer alan birden çok sentetik ve antitetik faylar bulunmaktadır. Bu faylar Divanlar formasyonuna ait kırıntılı çökelleri askıya alabilmektedir. Bu nedenle mercek geometrili iri çakıllı birimler farklı düzeylerde görülebilmektedir.

Sahada yürütülen jeolojik çalışmalar (detaylı haritalama, yüzey deformasyon analizleri ve uzaktan algılama verileri) ile jeofizik etütler (ERT, mikrotrömer ve MASW yöntemleri) sonucunda elde edilen tüm veriler bir araya getirilerek, bölgenin risk analizi gerçekleştirilmiştir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasının temel amacı, inceleme alanında yüzeyleyen jeolojik birimlerin özelliklerini ortaya koymak, bölgenin sismotektonik geçmişini inceleyerek aktif fayların konumlarını ve bu faylara ait oluşum mekanizmalarını değerlendirmektir. Ayrıca, Konya ilinde yaygın olarak gözlenen obruk oluşumları ile çalışma sahasında yüzeyleyen karbonatlı kayalar arasındaki potansiyel ilişki incelenmiş ve bu doğrultuda alanın obruk riski analiz edilerek ortaya konmuştur.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (ölçeksiz).

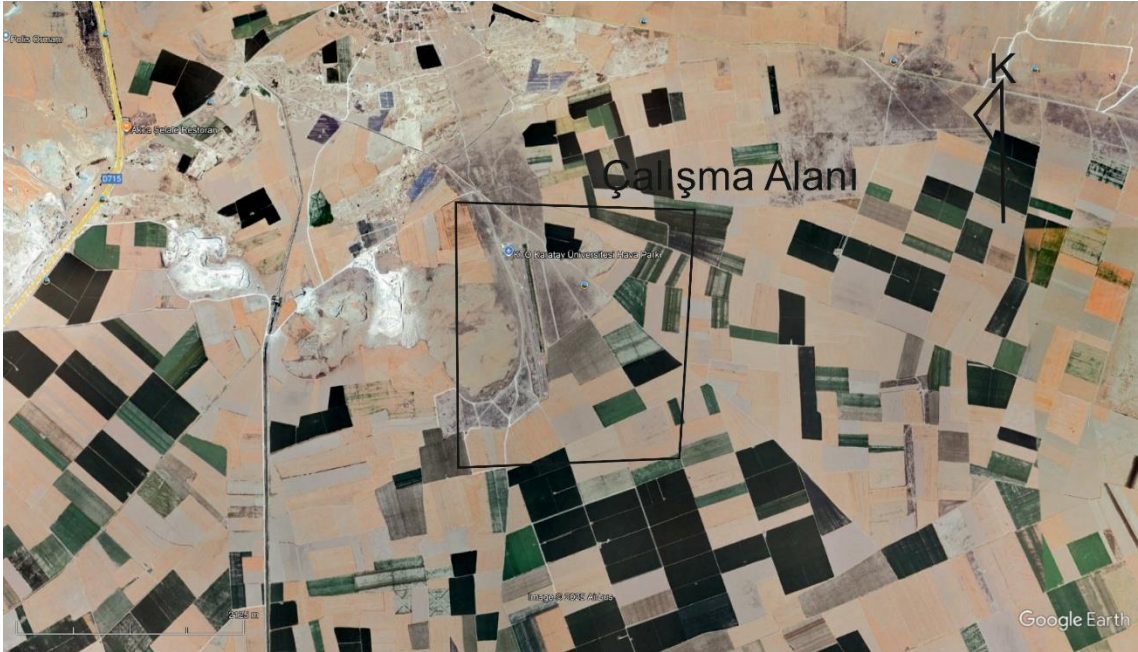
1.2. Tezin Önemi

Obruk oluşumları genellikle yüzeyde herhangi bir belirti gösteren ve/veya göstermeden ani şekilde çökerek meydana gelmektedir. Bu nedenle, hâlihazırda inşa edilen ya da gelecekte yapılması planlanan yapı stokları açısından obruk riski dikkate alınmalı; potansiyel tehlike barındıran bölgelerde gerekli önleyici tedbirler belirlenmelidir. İnceleme alanında yer alan karbonatlı kayalar içerisinde çözünme

kaynaklı boşlukların gelişme olasılığı bulunmaktadır. Karstik boşluk içeren birimlerin belirlenmesi ve sahadaki yayılımlarının haritalanması, güvenli yapılaşma açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, son yıllarda küresel ölçekte etkisini hissettiren iklim değişiklikleri, yeraltı suyu tüketiminin artışı ve tektonik hareketlilik, obruk oluşum süreçlerinde belirleyici ana faktörler arasında yer almaktadır.

1.3. İnceleme Alanının Yeri

İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde yer alan Konya ilinin Selçuklu ilçesine bağlı Eğribayat Mahallesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Aşağıda uydu görüntüsü sınırları belirtilen yaklaşık 300 hektardır.



Şekil 1. İnceleme alanının Google Earth üzerindeki yeri (ölçeksiz).

1.4. İklim ve Bitki Örtüsü

Konya'da hâkim olan karasal iklim koşulları, yaz mevsiminin sıcak ve kurak, kış mevsiminin ise soğuk ve yoğun kar yağışlı geçmesine neden olmaktadır. Yaz aylarında gündüz ve gece sıcaklıkları arasında 16–22 °C arasında değişen belirgin bir fark gözlemlenirken; bahar ve kış aylarında bu fark, artan nemin etkisiyle 9–12 °C'ye kadar düşmektedir. Kar yağışları çoğunlukla yoğundur ve yerde kalma süresi yaklaşık üç ayı bulmaktadır.

Konya, İç Anadolu Bölgesi'nin güney ucunda yer almasına rağmen, bölgedeki birçok şehirden daha soğuk kış koşullarına sahiptir. Bu durumun başlıca nedeni, Orta Toros Dağları'nın Akdeniz'den gelen ılıman hava kütlelerini engellemesidir. Aynı zamanda bölge, çevresindeki yüksek ve alçak basınç sistemlerinin etkisi altında kaldığından, sıcaklık değişimleri daha belirgin hâle gelmektedir.

İlkbahar mevsiminde, özellikle “kırkikindi” olarak adlandırılan konveksiyonel karakterli sağanak yağışlara sıklıkla rastlanmakta olup, en yağışlı dönem nisan ve mayıs aylarıdır. Yaz kuraklığı ise, step ikliminin tipik bir özelliği olarak Konya'da belirgindir ve bu durum yüksek kaliteli buğday üretimini destekleyen önemli bir faktördür. Bahar aylarında yeşeren ot örtüsü, yaz sıcaklıklarının etkisiyle kuruyup sararmaktadır.

Konya Ovası'nın çanak morfolojisi, kenti Türkiye'de en fazla sisli gün yaşanan şehirlerden biri hâline getirmektedir. Uzun dönemli meteorolojik kayıtlar, şehirde şimdiye kadar ölçülen en düşük sıcaklığın -29°C , en yüksek sıcaklığın ise 41°C olduğunu göstermektedir. En fazla kar yağışı genellikle şubat ayında gerçekleşirken, ocak en soğuk; temmuz ve ağustos ise en sıcak aylar olarak öne çıkmaktadır.

Yaz aylarında ise dağlardan ovaya doğru esen rüzgârlar, yüksek basınç alanlarından alçak basınca doğru yönelmekte ve bu durum gece-gündüz sıcaklık farkının artmasına katkı sağlamaktadır. Aylık ortalama sıcaklık değerlerine göre ocak ayında sıcaklık -0.5°C , temmuz ayında ise 23°C civarındadır. Öte yandan, Konya Türkiye'nin en az yağış alan illerinden biri olma özelliğini de taşımaktadır.

Tablo 1. İnceleme alanının sıcaklık ve yağış dağılımı (MGM, 2025)

Konya iklimi [Daralt]													
Aylar	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
En yüksek sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	17,6	23,8	28,9	31,5	34,4	37,2	40,6	39,6	36,1	31,6	25,2	21,8	40,6
Ortalama en yüksek sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	4,8	7,1	11,9	17,5	22,3	26,7	30,2	30,1	26,1	19,9	12,9	6,6	18,0
Ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	0,0	1,4	5,7	11,0	15,7	20,1	23,6	23,1	18,6	12,4	6,1	1,7	11,6
Ortalama en düşük sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	-3,9	-3,2	0,1	4,5	8,7	12,8	16,1	15,7	11,2	6,0	0,8	-2,3	5,5
En düşük sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	-25,8	-26,5	-15,8	-8,6	-1,2	3,2	6,0	6,6	0,4	-7,6	-20	-22,4	-26,5
Ortalama yağış (mm)	35,8	27,9	28,0	32,0	43,5	24,8	6,5	5,3	11,7	30,0	31,9	41,3	318,7
Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü ^[14]													

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çalışma bölgesi, Geç Paleozoyik döneminde etkili olan Tetis Okyanusu'nun jeodinamik süreçlerinden doğrudan etkilenmiş olup, bu süreçler bölgedeki jeolojik yapıların şekillenmesinde belirleyici olmuştur. Neojen döneminde meydana gelen genç tektonik hareketler, bölgenin günümüzdeki jeolojik karakteristiklerini oluşturmuştur. Neo-Tetis Okyanusu'na ait yapısal ve litolojik izler, bu alanda yaygın biçimde gözlemlenebilmekte; bu durum, bölgenin jeolojik evrimini anlamada kritik bir rol oynamaktadır (Özcan ve ark., 1988).

Çalışma alanındaki jeolojik formasyonlar, Paleozoyik'ten başlayarak Kuvaterner'e kadar uzanan farklı jeolojik dönemlerde oluşmuştur. Bu birimler, zaman içerisinde tektonik hareketler ve çevresel değişkenlerin etkisiyle biçimlenmiş olup, her biri karakteristik kayaç tipleriyle ayırt edilmektedir. Özellikle Mesozoyik dönem boyunca, bölge yüzeyinde yaygın olarak gölsel kökenli karbonatlı kayaçlar gözlenmektedir. Bu birimler, su rejimi, iklim koşulları ve biyolojik faaliyetlerin birlikte etkisiyle evrimleşmiş önemli tortul istiflerdir.

Bozdağlar Masifi ve Jeolojik Özellikleri

Konya ilinin kuzeyinde yer alan Bozdağlar Masifi, bölgenin önemli yapısal elemanlarından biri olup, karmaşık ve zengin bir jeolojik evrime sahiptir. Masif, iki ana metamorfik kayaç grubundan oluşmaktadır: **Sızma Grubu** ve **Ardıçlı Grubu**. Bu iki grup arasında yer yer açısal uyumsuzluklar gözlenmektedir.

Sızma Grubu, Silüriyen–Alt Permiyen yaşlı olup, başlıca metakarbonatlar, metaklastikler ve matamagmatik kayaçlardan oluşmaktadır. Bu litolojik birlik, bölgenin erken döneme ait tektonik-metamorfik evriminde temel rol oynamıştır.

Ardıçlı Grubu ise Üst Permiyen–Mesozoyik yaşlıdır ve karasal ile denizel kökenli metakırıntılılar ile metakarbonatlardan oluşan ardalanmalar içermektedir. Bu grup, bölgedeki paleoortamların (karasal–denizel geçişli) evrimini yansıtmaları açısından önemlidir.

Bozdağlar Masifi üzerine, **Miyosen–Kuvaterner** yaşlı ve **neo-otokton** olarak tanımlanan örtü kayaçları yerleşmiştir. Bu birimler, genç tektonik süreçler sonucunda masif üzerine gelmiş olup, bölgedeki yüzey jeolojisinin daha yeni dönemlere ait temsilcileri konumundadır.

Eren, Kurt, Rosselet ve Stampfli'ye (2004) göre, çalışma alanı Konya'nın kuzeyinde yer almakta olup, Silüriyen'den Kretase'ye kadar uzanan süreçte oluşmuş

metamorfik kayalardan meydana gelmektedir. Bölgede tanımlanan en eski birim, Silüriyen–Erken Karbonifer yaşlı metakarbonatlardır ve bu birimler, bölgedeki temel litolojiyi oluşturmaktadır. Söz konusu metakarbonatlar, yanal ve düşey geçişlerle kıta kenarı, sığ denizel ve pelajik özellikler taşıyan Devoniyen–Erken Permiyen serilerine bağlanmaktadır.

Çalışma alanında ayrıca MORB (Mid-Ocean Ridge Basalts) karakteri gösteren kayalar ile kıtasal yay ve plaka içi özellikler taşıyan çeşitli metamagmatik kayaların bir arada bulunduğu veya birbirleriyle ilişkili olduğu gözlemlenmektedir. Paleozoyik yaşlı bu kayalar, Triyas–Kretase dönemine ait metasedimanter birimler tarafından uyumsuz bir biçimde örtülmektedir. Bu birimlerin tamamı ise, daha sonra Mesozoyik yaşlı ofiyolitik kayalarla üzerlenmiştir.

Bölgedeki Paleozoyik istif, Paleotetis Okyanusu'nun kuzeydeki pasif kıta kenarını temsil etmektedir. Karbonifer–Triyas döneminde Paleotetis'in kuzeye doğru dalması, bu süreçte yay magmatizması ve yay önü tortul dizilerinin (özellikle Karbonifer–Permiyen aralığında) gelişimine neden olmuştur.

Aksoy ve Eren (2004) tarafından yapılan çalışmalarda, Konya Fay Zonu'nun ilin batı kesiminde yer aldığı, kuzeydoğu–güneybatı doğrultusunda uzandığı ve doğuya eğimli, eğim atımlı bir normal fay karakteri sergilediği belirtilmiştir. Yaklaşık 65 km uzunluğa sahip olan bu fay zonu, Hatunsaray Mahallesi civarından başlayarak kuzeydoğu yönünde devam etmektedir.

Yaklaşık 5 km genişliğe sahip olan Konya Fay Zonu, birbirine paralel ya da paralel yakın konumlanmış çok sayıda süresiz faydan oluşmaktadır. Bölgede gerçekleştirilen bir yol inşaatı sırasında açılan yarma üzerinde yapılan jeolojik gözlemler, bu fayın Kuvaterner döneminde birden fazla kez hareket ettiğini ortaya koymuştur. Her ne kadar kesin tarihlendirme yapılamasa da, üç farklı sismik olaya ait izlere rastlanmıştır. Kuvaterner yaşlı birimler içerisinde gözlenen yarıklar, çamur daykları ve faylanmış tabakalar, bu depremlerin tarih öncesi dönemlerde gerçekleştiğini göstermektedir.

Fayın yüzeye ulaştığı kesimlerde belirlenen jeolojik yapı ve morfolojik izler, söz konusu fayın Pleyistosen ve Holosen dönemlerinde de aktif olduğunu ortaya koymaktadır. Bu fay zonu boyunca gelişen graben ve horst yapıları, arazinin morfolojik karakterini şekillendiren temel yapısal unsurlardır. Normal faylanmaya bağlı yükseltilerde Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler yaygın olarak görülürken; daha düz topoğrafik alanlarda ise Miyosen–Kuvaterner yaşlı sedimanter birimlere rastlanmaktadır.

Pekkan (2004), Konya Kapalı Havzası'nda yaygın olarak gözlenen karstik çöküntü yapıları olan obrukların oluşumunu etkileyen hidrokimyasal süreçleri araştırmak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Söz konusu araştırma, İç Anadolu Bölgesi'nde özellikle Konya Ovası çevresinde gelişmiş obrukların oluşum mekanizmalarını hidrojeokimyasal yöntemlerle açıklamayı hedeflemiştir. Çalışma kapsamında hem sulu hem de kuru obruklar üzerinde morfolojik, jeolojik, hidrojeolojik, batimetrik ve hidrokimyasal incelemeler yürütülmüştür. Ayrıca, su örneklerinden elde edilen izotop verileri (^{13}C , ^3H , ^{14}C ve ^{18}O) kullanılarak, obruk oluşumuna katkı sağlayan faktörler ile bu faktörlerin bölgesel hidrojeolojik sistem içerisindeki rolleri değerlendirilmiştir.

Konya'daki obruklar, geniş bir alanda yayılım gösteren gölsel kökenli Neojen yaşlı kireçtaşları içerisinde gelişmiştir. Bu obruklar, Konya'nın batısında yer alan Cihanbeyli traverten konileri ile doğudaki Akgöl Düdeni arasında uzanan çizgisel bir hat boyunca sıralanmaktadır.

Pekkan (2004) tarafından tanımlanan obruk oluşumunu etkileyen başlıca süreçler aşağıdaki şekilde özetlenmektedir:

Bölgesel yeraltı suyu ile yüzeysel beslenme sularının karışımına bağlı karışım korozyonu: Yeraltı ve yüzey sularının etkileşimi, karbonatlı kayaçların çözünme hızını artırmakta ve karstik boşlukların oluşumuna zemin hazırlamaktadır.

Kırık zonları boyunca kabuksal kökenli karbondioksit taşınımına bağlı yerel yeraltı suyu agresifliği: Yeraltı suyunda çözülmüş CO_2 gazı, karbonatlı kayaçlar üzerinde kimyasal çözünmeyi artırmakta ve obruk gelişimini desteklemektedir.

Neojen örtüsü içerisindeki kırıntılı ve karbonatlı malzemenin çözünmesi ve alttaki Mesozoyik yaşlı paleokarstik boşluklara taşınması: Bu süreç, üstteki birimlerin çözünerek altta önceden mevcut boşluklara dolması ve çökme tipi obrukların oluşmasına neden olmaktadır.

Kul (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Konya il merkezinin yaklaşık 46 km güneyinde, Çumra ilçesi sınırları içerisinde yer alan Timraş, Apasaraycık ve May Barajı çevresindeki obruk yapıları incelenmiştir.

Bölgedeki en yaşlı litostratigrafik birimi, Jura–Kretase dönemine ait Gökçeyurt Grubu'na bağlı **Lorasdağı Kireçtaşı**dır. Bu birim, uyumlu bir şekilde Geç Kretase yaşlı **Midostepe formasyonu** tarafından örtülmektedir (Yağmurlu ve ark., 1988). Her iki birimin üzerine, Geç Kretase dönemine ait ve bindirme ilişkisi gösteren **Hatip ofiyolitli karışığı** gelmektedir. Bu karışık birim; çeşitli boyutlarda kireçtaşı blokları, çamurtaşı,

kumtaşı, serpantin, volkanik kökenli kayalar ve metamorfik kaya parçalarından oluşmaktadır (Yağmurlu ve ark., 1988).

Bölgede tanımlanan bu kayaların dizilerinin üzerine, Geç Miyosen–Erken Pliyosen aralığını temsil eden **Dilekçi Grubu** ait çökeller gelmektedir. Dilekçi Grubu’nun en alt düzeyinde yer alan **Sille formasyonu**; açık füm ve açık kahverengi tonlarında, orta–kalın mercek yapılı, çapraz ve paralel tabakalı, orta boylu, yarı yuvarlak–yuvarlak çakıllı ve orta–iyi derecede çimentolanmış konglomeralardan oluşmaktadır (Yağmurlu ve ark., 1988). Bu formasyon, altındaki birimler üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir.

Sille formasyonu, yanal ve düşey geçişlerle **Ulumuhsine formasyonuna** dönüşür. Geç Miyosen–Erken Pliyosen yaşlı bu birim; bej, sarımsı beyaz ve kirli beyaz renklerde kireçtaşları, onkolitli ve stromatolitli yapılar, killi kireçtaşı ve marnlardan oluşmaktadır (Yağmurlu ve ark., 1988).

Tüm bu birimler, Geç Pliyosen–Pleyistosen yaşlı **Topraklı formasyonu** tarafından açısal uyumsuzlukla örtülmektedir. Bu formasyon, kırmızımsı ve boz renkli çakıltaşlarının baskın olduğu, kumtaşı ve çamurtaşı seviyeleri içeren bir yapıya sahiptir. Stratigrafik kesitin en üstünde ise, **Holosen** yaşlı ve günümüzde de çökelişi süren **yamaç molozları ile alüvyon birimleri** bulunmaktadır (Yağmurlu ve ark., 1988).

Boyracı (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışma, Konya ilinin Karapınar ilçesi ve çevresinde yürütülmüş olup, bölgenin karstik özellikleri ve potansiyel çöküntü alanları üzerine odaklanmıştır. İnceleme alanı, çözünmeye son derece elverişli **Bolkardağı Birliği**’ne ait Jura–Kretase yaşlı kireçtaşları ile Miyosen ve sonrası döneme ait tortul kayalardan oluşmaktadır. Konya Havzası’nın bir iç havzaya dönüşmesinin başlıca nedenlerinden biri, iklimsel değişimlerin yanı sıra karstlaşma süreçleri sonucunda gelişen obruklar ve obruk karakterli mağaralar aracılığıyla ani yeraltı suyu boşalımının meydana gelmesidir.

Bölgede gözlemlenen obrukların bir kısmı fosil nitelik taşımakta iken, bazıları hâlâ aktif durumdadır; bununla birlikte bazı kesimlerde yeni obruk oluşumları da devam etmektedir. Dolayısıyla, obruk gelişimi bu alanda süreklilik arz eden bir süreçtir ve tamamen engellenmesi mümkün görülmemektedir.

Çalışma kapsamında, potansiyel çöküntü alanlarının belirlenmesi amacıyla hem **jeolojik** hem de **jeofizik** yöntemlerden yararlanılmıştır. Özellikle çoklu elektrotlu **rezistivite (ERT)** yöntemi uygulanarak sahada yeraltı yapısını ortaya koyan kesitler elde edilmiş ve bu kesitler üzerinden yorumlamalar yapılmıştır. Ayrıca, yapılan **sondaj**

alışmaları sırasında alınan örnekler laboratuvar ortamında test edilmiştir. Elde edilen laboratuvar verileri kullanılarak zeminin taşıma gücü, oturma potansiyeli ve şişme özellikleri hesaplanmış; böylece bölgenin jeoteknik özellikleri detaylı biçimde ortaya konmuştur.

Yeni (2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Konya'nın yaklaşık 100 km güneydoğusunda, Karapınar ilçesinin kuzeybatısında yer alan **Obruk Platosu**'nda, Karapınar–Esentepe arasındaki karstik yapıların jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir. Yaklaşık **1020 km²**'lik bir alanı kapsayan bu araştırma sahasında, Paleozoyik ve Senozoyik yaşlı kayaçlar gözlemlenmiştir. Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler oldukça sınırlı alanlarda yüzeyletirirken, bu birimlerin üzerine **uyumsuz olarak** gelen Neojen yaşlı çökeller, bölge genelinde geniş bir yayılım göstermektedir.

Karstlaşma açısından kritik öneme sahip olan **Neojen yaşlı çökeller** içerisinde oluşan obruklar, tabanda gelişen çözünme boşluklarının zamanla birleşmesi ve tavanın taşıma gücünü yitirmesiyle oluşmaktadır. Bu süreç sonucunda gelişen çökme tipi obruklar, çalışma sahasında yaklaşık **kuzeybatı–güneydoğusu (KB–GD)** doğrultusunda sıralanmakta ve derinlikleri **20 ile 125 metre** arasında değişmektedir. Söz konusu obruklar, hem jeomorfolojik çeşitlilik hem de süreklilik gösteren dinamik oluşumları nedeniyle "doğusu harikası" olarak nitelendirilmektedir.

Bazı obruklar yalnızca morfolojik olarak dikkat çekmekle kalmayıp, **önemli yeraltı suyu rezervuarları** da oluşurmaktadır. Yeraltında geniş bir beslenme havzasına bağlı olarak sürekli su girişiyle beslenen bu yapılardan alınan analiz sonuçlarına göre, **ıralı Obruğu**'nun içme suyu potansiyeline sahip olduğu, ancak bu suyun arıtılarak kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Öte yandan, **Meyil Obruğu**'nun su kalitesi içme amaçlı kullanım açısından uygun bulunmamıştır.

Eren (2003), Konya Havzası'nın batı sınırında, Konya Fay Zonu'nun doğusunda yer alan Yazır Fayı (YAF) üzerine gerçekleştirdiği çalışmasında, bu yapının yaklaşık 10 km uzunluğunda olduğunu ve farklı boyutlardaki parçalardan oluştuğunu belirtmektedir. Fay, kuzey–kuzeydoğusu ile güney–güneybatı doğrultusunda uzanmakta olup, bölgedeki Miyosen–Pliyosen yaşlı gölsel kireçtaşlarını ve Kuvaterner yaşlı karasal çökel kayaçları kesmektedir. Özellikle Parsana ve Yazır mahalleleri arasında yer alan taş ocaklarında gözlemlendiği üzere, bu fay hareketi sayesinde gölsel kireçtaşları yükselirken Kuvaterner birimler düşey yönde yer değişirmiştir.

Yazır Fayı'nın özellikle Parsana–Yazır arasında dik eğimli ve kuzeydoğu–güneybatı doğrultulu bir yapı sergilediği, fay yüzeyinde gözlenen çiziklerden anlaşılmaktadır. Bu gözlemler, fayın doğuya eğimli, düşey bileşeni belirgin ve hafif sağ yönlü yatay bileşen içeren bir normal fay karakterinde olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan ölçümlere göre, bu fayın düşey atımı en az 25–30 metre olarak belirlenmiştir.

Fay aktivitesi sonucunda, biri fay doğrultusuna paralel, diğeri ise dik yönde gelişen iki farklı yarık sistemi oluşmuştur. Bu yarıklar zamanla alüvyonlarla dolmuş, düşey kesitlerde ise aşağıya daralan üçgen şekilli yapılara dönüşmüştür. Yarıkların genişlikleri 15 cm ile 2 m, uzunlukları ise 10 metreye kadar ulaşabilmektedir. Bu yapılar, sahada özellikle K100 D, 900 ve K800 B, 850 GB konumlarında yoğun olarak gözlemlenmiştir. Arazi gözlemleri, bu yarık sistemlerinin Kuvaterner boyunca, en az iki farklı faylanma evresi sonucunda geliştiğini ve yüzey kırıkları olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Bu durum, Konya Havzası'nın söz konusu bölümünde kuzey–güney ve doğu–batı doğrultulu çekme gerilmelerinin etkin olduğunu kanıtlamaktadır.

Ayrıca çalışmada, bölgedeki bazı obrukların görsel olarak dikkat çekici olmasının yanı sıra, önemli miktarda yeraltı suyu potansiyeline de sahip oldukları belirtilmiştir. Geniş bir beslenme havzası içinde yer alan bu obruklar sürekli olarak yeraltı suları ile beslenmekte olup, yapılan su analizlerine göre yalnızca Meyil Obruğu dışında, Çıralı Obruğu'nun içme suyu olarak kullanılabilir nitelikte olduğu; ancak içilmeden önce arıtılması gerektiği ifade edilmiştir.

Tassi Saa (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışma, Konya ili sınırları içerisinde yer alan **Çumra–Hotamış bölgesinde** yürütülmüş olup, bölgedeki **obrukların jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik özelliklerini** değerlendirmeyi amaçlamıştır. Araştırma kapsamında, alandaki **yaşlı kayalar** ve bunları örten **örtü birimleri** jeolojik ve jeokimyasal verilerle analiz edilmiş, bu veriler jeofizik yöntemlerle desteklenerek yorumlanmıştır. Saha çalışmaları sırasında **31 adet kayaç örneği** toplanmış ve yapılan analizler sonucunda, bölgede **yüzey deformasyonlarıyla ilişkili, çözünmeye elverişli karbonatlı ve sülfatlı çökel birimlerin** varlığı tespit edilmiştir.

Bölgede gözlenen obruklar, genellikle **birkaç metre derinliğe** sahip olmakla birlikte, çapı **30 metreye kadar ulaşabilen sarkma tipi obruklar** da mevcuttur. Bu tür deformasyonların büyük bölümü, **aktif fay hatlarıyla ilişkili** olarak gelişmektedir. Çalışma sahasında gözlenen obruk ve yarık yapıları, **yerleşim alanlarında ve enerji iletim hatlarında** çeşitli mühendislik ve güvenlik sorunlarına yol açmaktadır.

Yürütülen **jeofizik çalışmalar**, özellikle **sığ derinliklerde yeraltı boşluklarının** varlığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, obrukların yalnızca doğal afet riski açısından değil, aynı zamanda **karayolları, yüksek hızlı tren hatları, enerji nakil hatları ve yerleşim alanları** açısından da önemli bir **jeoteknik tehdit** oluşturduğunu göstermektedir.

Delikan ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan çalışmada, **Konya Kapalı Havzası (KKH)** içerisinde yer alan **Karapınar** bölgesi detaylı şekilde incelenmiştir. Karapınar; batıda **Seyithacı Fay Zonu**, doğuda ise **Nasuhpınarı Fay Zonu** ile sınırlanan **Sultaniye Havzası** içerisinde yer almaktadır. Bölgedeki iklim değişikliklerinin etkisiyle, yaklaşık **12.000 yıl** önce başlayan kuraklaşma süreci, özellikle son **6.000 yılda** sulak alanların büyük oranda kurumasına neden olmuştur. Günümüzde ise bu süreç, kalan sulak alanların da hızla yok olmasına yol açmaktadır.

Karapınar ve çevresinde yürütülen yoğun **tarımsal faaliyetler** nedeniyle **yeraltı suyu kullanımının** artması, bölgedeki su seviyelerinde ciddi düşüşlere neden olmuştur. Yapılan **hidrojeolojik çalışmalar**, **statik yeraltı su seviyesinin yaklaşık 40 metre** kadar azaldığını ortaya koymuştur. Bu durum, özellikle sulama alanlarında **su temininde sıkıntılar** yaratmakta ve kaynakların sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.

Bölgeyi sınırlayan fay zonlarının yükselen bloklarında, **Geç Miyosen–Erken Pliyosen** yaşlı **İnsuyu Formasyonu** yer almaktadır. Bu formasyonun üzerine **Kuvaterner yaşlı çökeller** uyumsuz olarak gelmiş, aynı zamanda formasyon genç **volkanik kayalar** tarafından da kesilmiştir. Bu litolojik ve yapısal ilişkiler, bölgedeki **yeraltı suyu hareketleri ile karstik süreçler** üzerinde doğrudan etkilidir.

Özellikle **Sultaniye Havzası**'nda sıkça gözlemlenen **obruk oluşumları**, İnsuyu Formasyonu'nda yer alan **karstik boşlukların çökmesi** sonucu gelişmektedir. Bu obruklar, yeraltı sularının dinamik hareketleriyle ilişkili olup, suyun hızla yüzeye çıkışı ile bağlantılıdır. Bölgedeki obruklar genellikle **dairesel veya oval şekilli** olup, **çapları 50 metreye, derinlikleri ise 55 metreye** kadar ulaşabilmektedir. Çoğu obruk aktif durumdadır ve **yeni oluşumlar devam etmektedir**.

Seyithacı Fay Zonu boyunca gelişen obruklar, çoğunlukla **düşen bloklar** üzerinde yer almakta; **Nasuhpınarı Fay Zonu** üzerinde ise çapı **20 metreye**, derinliği ise ortalama **5 metreye** ulaşan birçok obruk gözlenmektedir. Bu yapıların dağılımı, fay zonlarının obruk oluşumunu tetikleyici bir unsur olduğunu göstermektedir.

Bölgede yer alan **Permo–Mesozoyik yaşlı denizel çökeller**, özellikle **İnsuyu Formasyonu**’nda gözlenen **karbonatlı kayaçlar**, belirgin **iç karstlaşma** özellikleri sergilemektedir. Yeraltı su hareketleri ile etkileşim hâlinde olan bu kayaçlar, **karstik boşlukların ve obrukların oluşumunu hızlandıran** başlıca jeolojik unsurlardan biridir.

Sonuç olarak, Karapınar ve çevresindeki obruk oluşumları, bölgedeki **jeolojik yapılar**, **hidrojeolojik dinamikler** ve **iklimsel değişimler** ile yakından ilişkilidir. Obruk sayısındaki artış, yalnızca doğal sistemleri değil, aynı zamanda **yerleşim güvenliği** ve **su kaynaklarının sürdürülebilirliği** açısından da önemli bir risk unsuru oluşturmaktadır.

Arıcı (2019), Konya şehir merkezinin kuzeydoğusunda yer alan yaklaşık **125 km²** büyüklüğündeki bir alanda jeolojik ve çevresel nitelikli bir çalışma gerçekleştirmiştir. İnceleme alanı; kuzeyde **Eğribayat Mahallesi**, güneyde **Tatlıcak Mahallesi**, batıda **Sızma Mahallesi** ve doğuda **Zencirli Köyü** sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu bölge, **Alp–Himalaya Orojenik Kuşağı** içinde **Anatolidler ile Toridler’in geçiş zonunda** konumlanmakta olup, **Kütahya–Bolkardağı Kuşağı**’nın orta kesiminde yer almaktadır. Konya şehir merkezi ise, batıda **Konya Fay Zonu**, kuzeyde **Karaömerler**, doğuda ise **Divanlar ve Göçü fayları** tarafından sınırlandırılmış bir **çöküntü havzası** içerisinde bulunmaktadır.

Araştırma sahasında, **Paleozoyik dönemden günümüze** kadar oluşmuş olan **metamorfik, magmatik** ve **sedimanter** kayaç türleri yüzeylenmektedir. Bu kayaçlar üç ana grupta toplanmaktadır: **metamagmatitler**, **karbonatlı kayaçlar** ve **ince detritik kayaçlar**. Bu litolojik çeşitlilik, alanın **morfolojisi** ve **rakıma bağlı olarak** farklı kalınlıklarda gelişmiş toprak örtüsünü ve çeşitli **bitki örtüsü tiplerini** şekillendirmiştir.

Çalışma kapsamında, çevresel kirliliğin toprak ve bitki örtüsü üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla **17 adet toprak örneği** ve **9 adet bitki örneği** toplanarak **kimyasal analizler** yapılmıştır. Elde edilen veriler, uluslararası çevre kirliliği standartlarıyla karşılaştırılmış; özellikle **N1 numunesinde belirgin düzeyde ağır metal zenginleşmesi** tespit edilmiştir. Ayrıca, toprak ve bitki örneklerine ait **oransal grafikler** oluşturularak, ağır metal içerikleri açısından **doğrusal bir ilişki** olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, bölgede var olan **çevresel kirlilik kaynaklarının** hem toprak hem de bitki örtüsü üzerinde etkili olduğunu ve kirleticilerin biyolojik sistemlerce alındığını ortaya koymaktadır.

Parlar ve Eren (2022), **Konya ili Karapınar ilçesi** sınırları içerisinde yer alan farklı türlerdeki **520 adet obruğu** incelemiş; bunlara ait **jeolojik ve geometrik analizleri**

detaylı şekilde gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda obruklar oluşum süreçleri, morfolojik özellikleri ve konumsal dağılımları dikkate alınarak beş farklı gruba ayrılmıştır:

1. Temel Kayaç Obrukları

Bu grup, **Miyosen öncesine ait karbonatlı kayalar** içerisinde gelişmiş olup, genellikle **ovalara ve havzalara komşu yükseltiler** üzerinde yer almaktadır. Eski kayaç istifleri içerisinde oluşan bu obruklarda, **karstlaşma ve yapısal faktörler** (faylanma vb.) belirleyici rol oynamaktadır.

2. Plato Obrukları

Bu grup, **Obruk Platosu** olarak adlandırılan alanda yer almakta olup, bazıları **doğal anıt** niteliği taşıyan ve kamuoyunca bilinen örnekleri kapsamaktadır. Bu grupta yer alan başlıca obruklar arasında **Karain, Akviran, Çıralı, Cehennem, Kızören, Meyil, Akobruk, Kangallı ve Hamam Obrukları** sayılabilir. Obrukların büyük bir kısmı, **Sekizli Fay Zonu** içinde veya bu zonlara yakın konumda, **Miyosen–Pliyosen yaşlı İnsuyu Formasyonu’na** ait **kireçtaşları** içinde gelişmiştir. Günümüzde yeni oluşumlar da gözlemlenmektedir. Bu grupta yer alan obrukların sayısı **210’un üzerindedir; çapları 820 metreye, derinlikleri ise 134 metreye** kadar ulaşabilmektedir. Obruk oluşumunda **karstik çözünme, litolojik farklılıklar ve tektonik yapılar** etkili olmaktadır.

3. Seyithacı Obrukları

Seyithacı Yaylası çevresinde, **Karapınar’ın kuzeybatısında** yer alan bu obruklar, **Sekizli ve Seyithacı fay zonlarının birleşim noktalarında**, iki normal fay arasında yer alan bir **aktarım rampasında** gelişmiştir. Bu bölgede **125 adet** obruk tespit edilmiş olup, **çapları 200 metreye, derinlikleri ise 56 metreye** kadar ulaşabilmektedir. Obruklar, yaklaşık **3.7 km genişliğinde ve 11 km uzunluğunda** bir alanda yayılım göstermektedir.

4. Siyeklik Obrukları

Bu grup, **Karapınar’ın kuzeydoğusunda, Siyeklik Yaylası ile Kayalı Mahallesi** arasında yer almakta ve genellikle daha **küçük çaplı** yapılarla temsil edilmektedir. Sayıları yaklaşık **110** olup, **1 km²**’lik sınırlı bir alanda yoğunlaşmışlardır. Bu obruklar da, **İnsuyu Formasyonu** içerisindeki **Miyosen–Pliyosen yaşlı kireçtaşları** içinde gelişmiş, çoğunlukla **yüzey faylarıyla ilişkili** veya onlara **paralel** konumda oluşmuştur. **Çapları yaklaşık 100 metreye, derinlikleri ise 3 metreye** kadar ulaşabilmektedir.

5. Havza İçi Obruklar

Karapınar ilçesinin **güney kesiminde, Kuvaterner yaşlı alüvyal ve tortul birimler** içinde gözlemlenen bu obruklar, **son yıllarda oluşmuş genç çöküntü yapılarıdır**. Büyük oranda **yoğun tarımsal sulama** faaliyetlerine bağlı **yeraltı suyu çekilmesi** ile ilişkilidir. Toplamda **69 adet** obruk belirlenmiştir. Bu obrukların **çapları 900 metreye, derinlikleri ise 76 metreye** kadar ulaşabilmektedir. Obruk gelişiminde, **litolojik zayıflıklar, hidrolojik faktörler ve yapısal kontrol** etkili olmaktadır.

Kansun ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan çalışmada, Konya'nın Ereğli ilçesine bağlı Sazgeçit ve Sarıtopallı mahalleleri arasında yer alan obrukların jeolojik yapıları ile geometrik özellikleri incelenmiştir. Araştırma sahasında temel litolojik birim olarak, Geç Miyosen–Pliyosen dönemine ait İnsuyu Formasyonu tanımlanmıştır. Bu formasyon, daha genç yaşlı birimler tarafından uyumsuz bir biçimde örtülmektedir.

Arazi çalışmalarında, derinliği 0,15 ile 3 metre, çapı ise 1 ile 80 metre arasında değişen toplam 114 adet obruk tespit edilmiştir. Bu obrukların yüzey alanları 0,79 m² ile 5024 m² arasında değişmekte olup, büyük çoğunluğu dairesel morfoloji sergilemektedir. Obruklar, genellikle 1015–1022 metre kot aralığında yoğunlaşmakta, bazıları ise özellikle Hotamış Formasyonu'nun suya doymuş taban seviyelerinde, çevrelerinde gelişmiş konsantrik çatlaklar ve yarıklarla birlikte gözlemlenmektedir.

Bölgede tespit edilen obrukların büyük bölümü küçük çaplıdır; ancak, yerleşim alanlarına ve sanayi bölgelerine yakın konumda bulunmaları nedeniyle önemli düzeyde tehlike potansiyeli taşımaktadırlar. Bu durum, yeraltı su seviyelerindeki değişimlerin ve zemin özelliklerinin düzenli olarak izlenmesini, yerleşim güvenliği açısından gerekli kılmaktadır.

Göçmez ve arkadaşları (2022) tarafından yürütülen çalışmada, Konya Kapalı Havzası'nda yer alan Çumra ilçesinin kuzeyindeki Ürünü Mahallesi ve çevresinde obruk oluşumları, yeraltı su seviyesi ve litolojik yapı ilişkisi detaylı şekilde incelenmiştir. Araştırma sahasında temel litoloji, Geç Miyosen–Pliyosen yaşlı İnsuyu Formasyonu olup, bu birim üzerinde daha genç çökel birimler bulunmaktadır.

Bölgede aktif olarak kullanılan 43 adet sondaj kuyusunda yapılan ölçümler, yeraltı suyu seviyelerinin belirlenmesini sağlamıştır. Sondaj kuyularının derinlikleri 20 ile 200 metre arasında değişmekte, debileri ise 5 ile 40 l/s arasında ölçülmektedir. Kış aylarında statik yeraltı su seviyeleri 13,9 ile 110,26 metre arasında değişirken; yaz aylarında bu

değerler 22 ile 101,2 metre arasında gözlemlenmiştir. Mevsimsel farklara bağlı olarak 0,1 ile 29 metre arasında düşüşler tespit edilmiştir.

Bölgede, Konya Fay Zonu'na paralel ve doğu–batı doğrultusunda uzanan faylar mevcuttur. Obrukların büyük kısmının bu faylara paralel gelişmesi, oluşumlarının yapısal unsurlarla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Ürnlü Mahallesi'nin kuzeyinde yaklaşık 14 km²'lik alanda yapılan yüzey gözlemleri sonucunda, derinliği 1 ila 3 metre arasında değişen 23 adet ve 1 metreden daha sığ 342 adet olmak üzere toplam 365 obruk tespit edilmiştir. Bu obrukların uzun eksen 0,7 ile 88,5 metre, kısa eksen ise 0,7 ile 44 metre arasında değişmektedir. Obrukların büyük kısmı İnsuyu Formasyonu içinde gelişmiş olup, çoğunluğu 1000–1010 metre kot aralığında konumlanmaktadır. Bazı obrukların çevresinde konsantrik yarıklar ve çatlaklar gözlenmiş; derinlik arttıkça çaplarının daraldığı saptanmıştır.

Bölgenin tarım arazilerine ve yerleşim alanlarına yakın olması, bu obrukların oluşturduğu riski artırmaktadır. Özellikle mısır ve ayçiçeği gibi su tüketimi yüksek ürünlerin ekimi, yeraltı suyu kullanımını artırarak statik seviyenin düşmesine neden olmaktadır. Aşırı su kullanımı, doğal yeraltı su besleniminin ötesine geçmekte; kontrolsüz sondaj kuyularının artışı ve yanlış ürün seçimi, yeraltı su seviyesinin olağan dışı biçimde azalmasına ve yeni obrukların oluşumuna zemin hazırlamaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Konya İli, Selçuklu İlçesi, Eğribayat Mahallesi içerisinde ve yaklaşık 300 hektarlık alanın yüzey ve gömülü risklerin araştırılması için yapılan çalışmalar; 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

- 1) Jeolojik Haritalama Çalışmaları
- 2) Arazi çalışmaları ve Numune Alımı
- 3) Laboratuvar Çalışması ve Sonuçların Analizi
- 4) Yüzey ve gömülü risklerin analizi

3.1. Jeolojik Haritalama Çalışmaları

Çalışma alanı ve çevresindeki jeolojik yapıları tanımlamaya yönelik olarak, daha önce gerçekleştirilmiş raporlar ve bilimsel yayınlar detaylı biçimde derlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu kapsamda yalnızca Türkiye'deki değil, diğer ülkelerde yürütülmüş benzer içerikli jeolojik, jeofizik ve Jeokimyasal çalışmalar da incelenerek karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Bu kaynakların incelenmesi, bölgenin jeolojik özelliklerinin daha iyi anlaşılmasına olanak sağlamış; mevcut verilerin doğruluğu ve güvenilirliği, literatür destekli bir yaklaşımla teyit edilmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında jeolojik gözlemler için temel ekipmanlar kullanılmıştır. Bu ekipmanlar arasında jeolog pusulası, saha ölçümlerinde konumsal doğruluğu artırmak amacıyla kullanılan el tipi GPS cihazı, jeolog çekici, dijital ve optik kamera, arazi defteri ve saha çantası yer almaktadır. Ayrıca, örnekleme ve veri kaydı işlemlerinde kullanılmak üzere numune poşetleri (naylon ve kâğıt), etiketler, kurşun kalem, silinmez tükenmez kalem ve toprak özdirenç ölçer gibi araçlar da etkin şekilde kullanılmıştır. Saha koşullarına uygun giysilerle desteklenen bu donanım hem arazi çalışmalarının verimliliğini artırmış hem de toplanan verilerin doğru ve eksiksiz biçimde kayıt altına alınmasını sağlamıştır.

Gerçekleştirilen jeolojik haritalama faaliyetleri, alanın yapısal özelliklerinin değerlendirilmesinde ve sonraki analiz aşamaları için gerekli olan temel saha verilerinin elde edilmesinde önemli bir rol oynamıştır.

3.2. Arazi Çalışmaları ve Numune Alımları

Arazi çalışmaları kapsamında, yeraltı yapısının jeolojik ve jeofizik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli sondaj ve ölçüm uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bu

çerçeve, **12 adet** sondaj kuyusu 15 metre derinliğe kadar açılmıştır. Sondajlardan elde edilen veriler, gömülü blokların tespiti, zemin özelliklerinin sınıflandırılması ve jeoteknik değerlendirmeler için temel veri setini oluşturmuştur.

Jeofizik etütlerde, 3 adet **çoklu elektrotlu Rezistivite Tomografi (ERT)** çalışması gerçekleştirilmiştir. Her bir ölçüm profili **48 elektrot** kullanılarak, **5 metre elektrot aralığıyla**, toplamda **240 metre profil uzunluğunda** uygulanmıştır. Bu yöntem ile yeraltı risklerinin ve litolojisinin yatay ve düşey değişimlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu arazi verileri, yeraltı yapı modellemesi ve risk değerlendirmesi amaçlı analizler için temel teşkil etmektedir.



Şekil 3. Saha çalışmaları sırasında el numunesi alma işlemi (Eğribayat mahallesi güneyi)

3.2.1. Sondajlar

İnceleme alanında zemin birimlerinin jeolojik özelliklerinin belirlenmesi ve obruk riskinin değerlendirilmesi amacıyla toplam **15 metre derinlikte 12 adet jeoteknik sondaj** çalışması gerçekleştirilmiştir. Sondaj çalışmaları, yeraltındaki gömülü risklerin belirlenmesi ve zeminin düşey yöndeki tabakalaşmasını ortaya koymak, mühendislik jeolojisi açısından sınıflandırılmasını yapmak ve birimlerin indeks ile dayanım parametrelerini belirlemek amacıyla planlanmıştır.

Sondajlar, kamyon tipi taşıyıcıya monteli **hidrolik rotary sondaj makinesi** kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan sondaj tekniği **rotary sistem** olup, birimlerinin kesintisiz gözlemlenmesini sağlamıştır. Sondajlardan, zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini tanımlamaya yönelik olarak **SPT (Standart Penetrasyon Testi)** değerleri, **UD (Distürbe Olmamış Numune) örnekleri** alınmıştır.

Elde edilen numuneler, laboratuvar ortamında çeşitli fiziksel ve mühendislik deneylerine tabi tutulmuş; bu sayede inceleme alanındaki jeolojik birimlerin zemin özellikleri kapsamlı şekilde değerlendirilmiştir. Açılan her bir sondaj kuyusuna ait **koordinatlar, derinlik bilgileri ve geçilen litolojik birimler** tablo hâlinde düzenlenmiş ve analizlerde kullanılmıştır.

3.2.2. Jeofizik Çalışmalar

İnceleme alanında gerçekleştirilen jeofizik çalışmalar kapsamında, yeraltı yapılarını belirlemek ve zemin karakteristiklerini tanımlamak amacıyla çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Bu çerçevede, **3 adet Çoklu Elektrotlu Rezistivite Tomografi (ERT)** profili oluşturulmuştur. Her profilde **48 elektrot** kullanılmış, **5 metre elektrot aralığı** ile **240 metre profil uzunluğunda** veri toplanmıştır. ERT yöntemi ile, yeraltı birimlerinin yatay ve düşey yöndeki değişimleri değerlendirilmiş ve farklı rezistivite değerlerine sahip zonlar tanımlanmıştır.

Ayrıca, **8 adet sismik kırılma (P-dalgası) ölçüsü** alınmıştır. Bu ölçümlerde **offset ve jeofon aralıkları 5 metre** olacak şekilde planlanmış ve zemin tabakalanmasının belirlenmesi hedeflenmiştir. Buna ek olarak, **4 adet Dikey Elektrik Sondajı (DES)** profili uygulanmış, her biri **$AB/2 = 50$ metre açılımla** gerçekleştirilmiştir. Bu veriler, zeminlerin elektriksel iletkenlik özelliklerinin analizinde kullanılmıştır.

Özellikle yapı tasarımı aşamasında, zeminle yapı sisteminin rezonansa girmesini önlemek amacıyla bu parametrelerin dikkate alınması önem arz etmektedir. Kumsar ve

arkadaşları (2005), **spektral büyütme değerinin 2,0 ve üzeri** olduğu alanların yerleşim açısından önlem gerektiren bölgeler olarak değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Bu jeofizik ölçümler sonucunda; bölgedeki tabakalanma, yeraltı hız yapısı, zeminlerin dinamik elastik özellikleri, zemin sınıfları, hâkim titreşim periyotları ve zemin büyütme ortaya konmuştur. Alandan elde edilen veriler, inceleme sahasının mühendislik ve sismik karakteristiğini belirlemek açısından önemli katkı sağlamıştır.

ERT çalışmaları sırasında, obruk oluşumunu işaret eden belirgin bir boşluk yapısına rastlanmamış; ancak, ana faya paralel konumlanmış **üç adet eğim atımlı normal fay** belirlenmiştir. Bu fayların konumu ve karakteristikleri, bölümün ilerleyen kısımlarında detaylı olarak ele alınacaktır.

3.2.2.1. Sismik Kırılma Çalışmaları

İnceleme alanında, zemin özelliklerinin derinlik yönünde değişimini belirlemek, yer altı hız yapısını ortaya koymak ve zeminin dinamik-elastik parametrelerini değerlendirmek amacıyla kapsamlı sismik dalga hızı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar, P dalgası (boyuna dalga) ve S dalgası (enine dalga) hızlarının belirlenmesine yönelik olup, bu veriler üzerinden zeminin taşıma gücü, elastik parametreleri, zemin sınıfı, hâkim titreşim periyodu ve zemin büyütme değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, zemin içerisinde yer alan yanal ve düşey süreksizliklerin tespiti de amaçlanmıştır.

Bu kapsamda uygulanan sismik kırılma yöntemi, yüzeyde yapay olarak oluşturulan sarsıntılarla zemindeki elastik dalgaların yayılımını incelemeye dayanmaktadır. Bu yöntem sayesinde, tabakaların kalınlıkları ile dalga hızları doğal koşullar altında tanımlanabilmektedir. Temel prensip, yüzeye uygulanan bir darbenin oluşturduğu elastik dalgaların farklı litolojik ortamlarda kırılarak ve yansyarak jeofonlara ulaşması, bu sırada ilk varış zamanlarının kaydedilmesidir.

P dalgaları, yüksek frekanslı, küçük genlikli ve hızlı yayılan dalgalar olup, zemin özelliklerinin genel yapısını verirken; S dalgaları daha büyük genlikli, düşük frekanslı ve yavaş ilerleyen dalgalardır. S dalgalarının zemin dayanımı ve deformasyon davranışlarını yansıttığı bilinmektedir. Bu dalgaların ölçümünde, genellikle P dalgalarının baskın etkisi azaltılarak daha net kayıt alınabilmektedir.

Sismik dalga hızları, zeminin yoğunluğu, su içeriği, çatlak yapısı, porozitesi ve çimentolanma derecesi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Özellikle

enine dalgalar bu değişkenlerden daha fazla etkilenmekte ve bu nedenle zemin deformasyon karakteristiklerini yansıtmada daha hassas bir gösterge oluşturmaktadır.

Bu çalışmalar sırasında, 24 kanallı sismik kayıt sistemine sahip Sara-Doremi marka bir cihaz kullanılmış; aktif olarak 12 kanal üzerinden veri toplanmıştır. Sistem, dizüstü bilgisayar ile yönetilen kayıt ünitesi, sismik sensörler (jeofonlar), tetikleme sistemi, balyoz ve bağlantı kablolarından oluşmaktadır. Sismik kaynak olarak, çelik plaka üzerine 8 kilogramlık balyozla uygulanan darbelerden yararlanılmıştır. Saha ölçümlerinde 12 adet yatay ve 12 adet düşey jeofon yerleştirilmiş; böylece hem P hem de S dalgalarının algılanması sağlanmıştır.

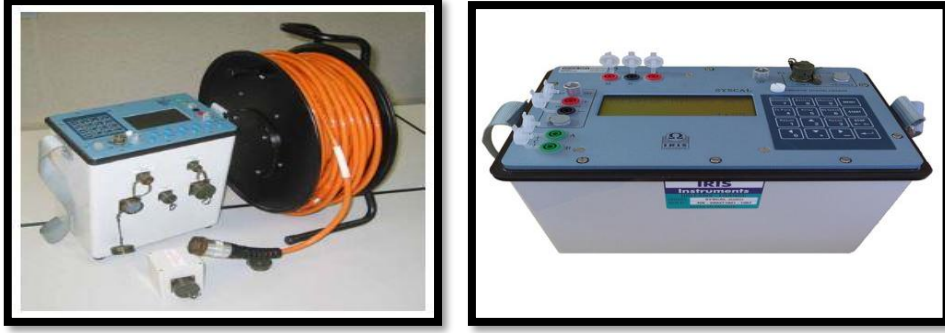
Elde edilen dalga hızı verileri, zemin sınıflandırmaları ve mühendislik tasarımlarında kullanılmak üzere analiz edilmiştir. Bu veriler, aynı zamanda yerleşim güvenliği ve olası deprem senaryoları açısından bölgenin risk profilinin çıkarılmasına katkı sağlamaktadır.

3.2.2.2. ERT Çalışmaları

Jeofizik çalışmalar kapsamında, inceleme alanında yeraltı yapılarını belirlemeye ve özellikle boşluk tespiti yapmaya yönelik olarak elektrik öz direnç tomografisi (ERT) yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, yeraltındaki farklı litolojik birimlerin ve olası zayıf zonların elektriksel direnç farklarına dayanarak görselleştirilmesini sağlamaktadır.

Sahada gerçekleştirilen ERT ölçümleri sonucunda elde edilen veriler, jeofizik değerlendirme sürecine tabi tutulmuş ve analizler, araziye ait yapısal özelliklerin yorumlanmasına olanak tanımıştır. Çalışmanın temel amacı, incelenen alanın jeolojik yapısını ortaya koymak, zemin tabakalarının kalınlıklarını belirlemek ve elde edilen sonuçlara dayalı olarak sahaya ait bir jeolojik–jeofizik model oluşturmaktır.

ERT uygulamaları, obruk oluşumu açısından kritik öneme sahip olan zayıf zonlar ve süreksizliklerin belirlenmesinde etkili bir yöntem olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda yapılan değerlendirmeler, bölgenin mühendislik jeolojisi açısından karakteristik özelliklerini tanımlamak ve zemin davranışlarını daha güvenilir biçimde yorumlamak amacıyla değerlendirilmiştir.



Şekil 4. Fransız IRIS Syscal ERT cihazın görüntüsü

ERT yöntemi, farklı zemin ve kayaç türlerinin elektriksel iletkenlik özelliklerine göre ayırt edilmesini sağlar. Bu yöntemde, yüzeye dizilen elektrotlar aracılığıyla yeraltına elektrik akımı verilmekte ve bu akımın iletimine karşı oluşan direnç ölçülmektedir. Yeraltındaki farklı litolojik birimler, su içeriği, boşluklar, çatlaklar ve yeraltı suyu varlığı gibi parametreler öz direnç değerlerinde değişiklik yaratmaktadır. Bu nedenle, özellikle karstik yapıların belirlenmesinde ve obruk oluşumuna yatkın bölgelerin tespitinde ERT yöntemi oldukça etkin bir araç olarak kullanılmaktadır.

Uygulanan ölçümler sayesinde, yüzeyin altındaki heterojen zonlar, düşük öz dirençli boşluklar, doygunluk farkları ve litolojik geçişler tespit edilmiştir. Elde edilen iki boyutlu öz direnç kesitleri, bölgenin yeraltı jeolojisinin görselleştirilmesinde kullanılmıştır. Bu kesitler üzerinden tabakalaşma sınırları, geçiş zonları ve olası zayıf alanlar haritalanmıştır.

Çalışma alanında yapılan ERT uygulamaları, jeolojik yorumların desteklenmesine ve yeraltı yapı modelinin daha detaylı bir şekilde ortaya konmasına olanak sağlamıştır. Obruk oluşumu açısından risk teşkil eden boşluk yapılarının doğrudan gözlenememesi ERT kesitleri sayesinde telafi edilmiş, dolaylı göstergeler üzerinden yapısal süreksizliklerin ve düşük dayanımlı zonların varlığı değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, elektrik öz direnç tomografisi yöntemi ile elde edilen veriler, bölgenin jeolojik yapısının ve obruk potansiyelinin değerlendirilmesine önemli katkı sunmuş; bu yöntem, diğer jeofizik ve sondaj verileriyle birlikte bütüncül bir yeraltı modelinin oluşturulmasına temel teşkil etmiştir.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Zeminlerin İndeks ve Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

İnceleme alanı, tamamen zemin birimleriyle temsil edilmekte olup, bu birimler genellikle Kuvaterner–Pleyistosen yaşlı **Divanlar Formasyonu**’na aittir. Bu birim,

literatürde “Qed” simgesiyle gösterilmekte olup, formasyonun litolojik bileşimi saha ve sondaj gözlemlerine dayanılarak detaylandırılmıştır. Formasyon, kahverengimsi ve grimsi renklerde, az çakıllı, kumlu–siltli kil ile grimsi, az killi–az siltli çakıl–kum karışımı zeminlerden oluşmaktadır.

Sondaj çalışmaları sırasında elde edilen numuneler üzerinde yapılan değerlendirmeler, formasyonun diyajenezini henüz tamamlamadığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, Divanlar Formasyonu'na ait birimler tamamen **zemin karakterinde** davranış göstermiştir. Sondajlardan derlenen örnekler üzerinde yapılan laboratuvar analizleri ile bu zeminlerin **indeks** ve **fiziksel özellikleri** belirlenmiş; her bir parametre için **minimum**, **maksimum** ve **ortalama değerler** hesaplanmıştır.

Bu özellikler doğrultusunda, Divanlar Formasyonu'na ait zeminlerin **jeoteknik parametreleri** tanımlanmış ve mühendislik amaçlı değerlendirmelerde kullanılmak üzere sınıflandırılmıştır. Elde edilen parametreler, alanın taşıma gücü, oturma potansiyeli ve zemin davranışlarının modellenmesinde temel girdi olarak değerlendirilmiştir.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Bölgenin Jeolojisi

Konya ilinin kuzeyinde yer alan araştırma sahası, Kütahya-Bolkardağı Tektonik Kuşağı içerisinde konumlanmakta olup, bölgenin stratigrafik dizilimi oldukça karmaşık bir özellik göstermektedir (Okay & Tüysüz, 1999). Çalışma alanındaki en yaşlı birim, Karbonifer yaşlı Halıcı formasyonu'dur (Göncüoğlu ve Kozur, 1998). Bu birim, üzerine paralel uyumsuzlukla gelen Permien yaşlı Eldeş formasyonu tarafından örtülmektedir (Göncüoğlu et al., 2000). Eldeş formasyonu, fosil bakımından zengin kireçtaşı seviyeleri içermekte olup, bunun üzerine diskordan bir şekilde Skitiyen yaşlı Katarası formasyonu gelmektedir (Yılmaz, 1997). Katarası formasyonu, tabandan tavana doğru iki üye ile temsil edilmekte; alt kesiminde kumtaşı ve çakıltası gibi kırıntılı kayalardan oluşan Morbel üyesi, üst kesiminde ise Seyrantepe üyesi olarak adlandırılan kireçtaşı seviyeleri yer almaktadır (MTA, 2002).

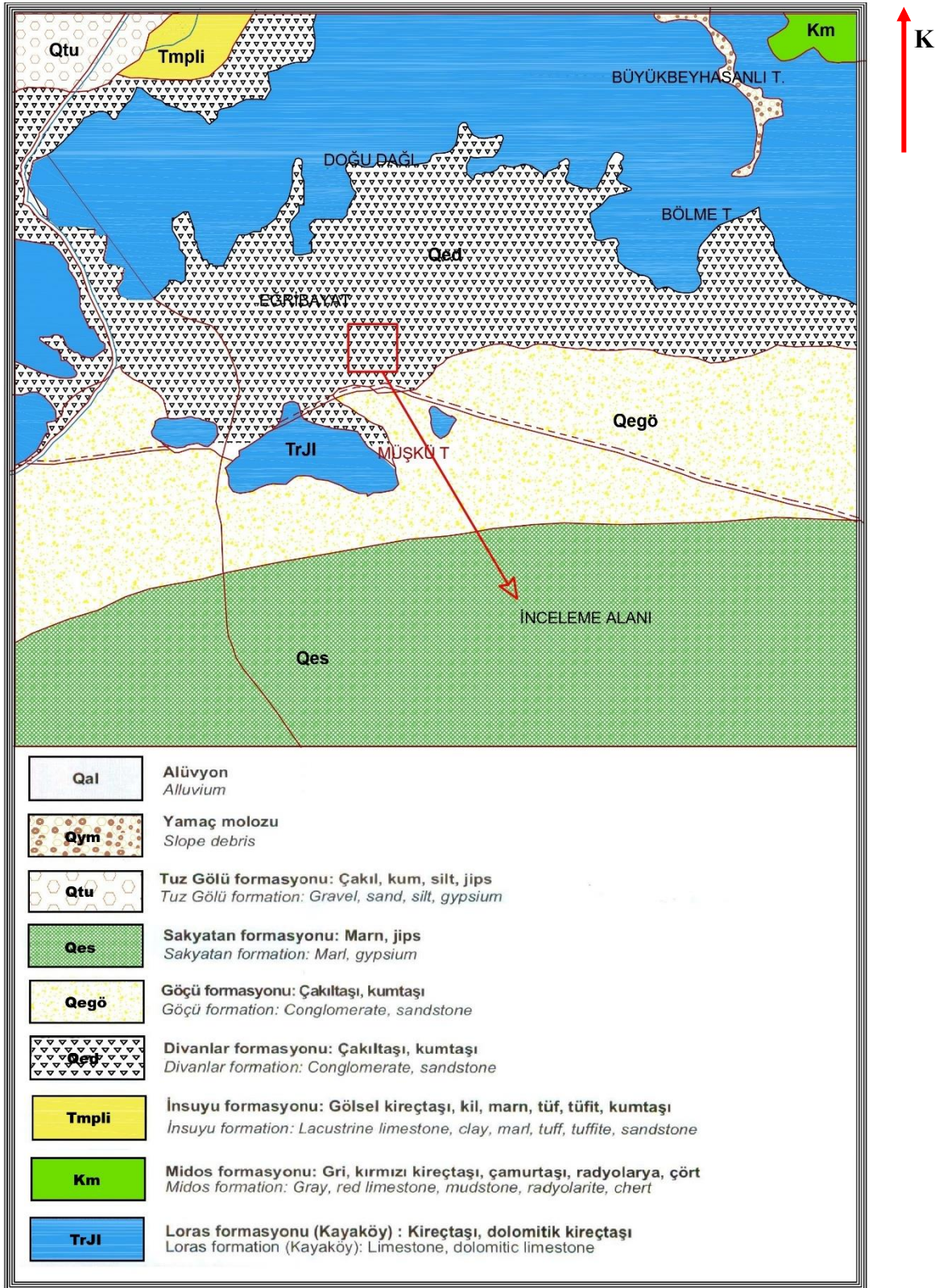
Stratigrafik dizilimde, Triyas-Jura yaşlı Loras formasyonu; dolomit ve kireçtaşlarından oluşan bir birim olarak tanımlanmakta olup, bu birimin üzerine geçişli şekilde yerleşen Kretase yaşlı Midos formasyonu ise mikritik ve çörtlü kireçtaşları ile temsil edilmektedir (Göncüoğlu et al., 2000; Yılmaz, 1997). Çalışma alanı dışında kalan bölgelerde gözlenen Hatip ofiyolitli karışığı, Midos formasyonunu tektonik olarak örtmektedir. (Özgül, 1984). Bu tektonik-karışık birim, Orta-Geç Maastrichtiyen yaşlı olup; neritik ve pelajik kireçtaşları, şistler, volkanik kayalar ile ultramafik bloklardan oluşan karmaşık bir litolojik yapıya sahiptir (Okay & Whitney, 1990; Robertson & Pickett, 2000).

İnceleme alanının kuzey kesiminde Hatip Ofiyolitli Melanjı, güney kesiminde ise Koçyaka Metamorfik Ofiyolitli Karışığı yer almaktadır (Özgül, 1984; Okay & Whitney, 1990). Bu tektonik olarak karmaşık yapı, yer yer Çayırbağı Ofiyoliti tarafından üzerlenmiş olup, daha sonra Neojen yaşlı çökeller tarafından aşıl uyumsuzlukla örtülmektedir (Göncüoğlu et al., 2000; Robertson & Pickett, 2000). Bu durum, bölgenin geç Mezozoik-Neojen dönemi boyunca süregelen ofiyolit yerleşimi ve tektonik deformasyon süreçlerinin önemli bir göstergesidir.

Örtü kayaları içerisinde sınırlı bir alanda gelişim gösteren Eosen yaşlı Çayraz formasyonu, kumtaşı ve kireçtaşı litolojilerinden oluşmakta olup bölgedeki tortul süreçlerin erken Tersiyer evresini yansıtmaktadır (Poisson et al., 1996; Gürer & Yılmaz, 2002). Arazi genelinde gözlenen daha genç tortul birimler ise, Orta-Geç Miyosen yaşlı

Dilekçi formasyonu (Ulumuhsine üyesi) ile Geç Miyosen–Pliyosen yaşı İnsuyu formasyonu tarafından temsil edilmektedir. Bu formasyonlar, gölsel ortamlarda biriken ince taneli, genellikle karbonatlı çökellerden oluşmaktadır (Akgün & Sözbilir, 2001; Karaoğlu & Helvacı, 2002).

İnceleme sahasının geniş bir bölümünü ise Kuvaterner yaşı birimler kaplamaktadır. Kuzey kesimde, Pleyistosen yaşı Tuz Gölü formasyonu; güney kesimde ise Konya Kuvaterner Havzası çökelleri yayılım göstermektedir (Koral, 2002; Doğan, 2005). Bu çökel istifleri; Divanlar formasyonu, Konya formasyonu, Göçü formasyonu ve Sakyatan formasyonu şeklinde tanımlanmakta olup, stratigrafik serinin en üst kesiminde Pleyistosen–Holosen yaşı alüvyonlar yer almaktadır. Bu genç alüvyal çökeller, bölgedeki güncel jeodinamik süreçlerin en aktif ve gözlemlenebilir temsilcileridir (Ertek et al., 2005; Uygun et al., 2011).



Şekil 5. MTA. (2009). *İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinin Genel Jeoloji Haritası* [Jeoloji Haritası]. 1:100.000 Ölçekli ILGIN –L29 PAFTASI. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Yayınları

SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMA
KUVATERNER	HOLOSEN		ALÜVYON		Qal		Alüvyon Yamaç molozu
			YAMAÇ MOLOZU		Qym		AÇISAL UYUMSUZLUK
			SAKYATAN GÖÇÜ		Qegö		Sakyatan; Marn, jips
	PLEİSTOSEN		DİVANLAR TUZ GÖLÜ		Qes		Göçü; Çakıltı, kumtaşı
					Qed		Divanlar Formasyonu; Çakıltı, kumtaşı
			İNSUYU		Qtu		Tuzgölü Formasyonu; Çakıl, kum, silt, jips
							AÇISAL UYUMSUZLUK
			İNSUYU		Tmpli		Gösel kireçtaşı, kil, marn, tuf, tüfit, kumtaşı
							AÇISAL UYUMSUZLUK
ÜST KRETASE			MİDOS		Km		Pelajik kireçtaşı, çamurtaşı, çört, kireçtaşı, radyolarya
							GEÇİŞLİ
JURA KRETASE			LORAS		TrJl		Kalın-orta katmanlı kireçtaşı, dolomit

Şekil 6. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (MTA, 2009'dan düzenlenmiştir)

4.1.1 Loras Formasyonu (TRJl)

Loras Formasyonu, gri renkli, orta-kalın katmanlı kireçtaşı ve dolomitlerden oluşmaktadır. İlk olarak Göğer ve Kırıl (1973) tarafından Loras Dağı kireçtaşı ve Kızılören dolomiti olarak iki ayrı kaya birimi şeklinde tanımlanmış; daha sonra Özcan ve arkadaşları (1990), dolomitlerin ara katkı şeklinde gözlendiğini belirterek tüm birimi “Loras Kireçtaşı” adı altında değerlendirmiştir. Bu çalışmada da aynı adlandırma tercih edilmiştir.

Loras Formasyonu, genellikle açık gri, bej ve beyazımsı renklere sahip, kalın ve orta katmanlı, yer yer oolitlik ve algli kireçtaşlarından oluşmaktadır. İsmini aldığı Loras Dağı çevresi dışında rekristalize ve şeker dokulu özellikler göstermektedir. Masif kesimleri çoğunlukla gri renkli ve rekristalize karakterde olup, bazı kesimlerde koyu gri dolomit seviyeleri de yer almaktadır. Dolomitlerle kireçtaşları arasında geçişli ilişkiler gözlenmektedir.

Formasyon, alttaki Katarası (Ardıçlı) Formasyonu ile genellikle geçişli bir kantağa sahiptir; ancak Çavuşcu Gölü civarında bu geçiş, breşik dolomitler aracılığıyla

gerçekleşmektedir. Loras Formasyonu'nun toplam kalınlığı yaklaşık 700 metre olarak belirlenmiştir. Özcan ve arkadaşları (1990) tarafından bu birimden elde edilen fosil ve litolojik veriler doğrultusunda Orta Triyas–Geç Jura yaş aralığı verilmiştir. Söz konusu karbonat birimlerinin bu zaman diliminde çökelmiş olduğu kabul edilmektedir.

Loras Formasyonu'nun çökelme ortamı, sınırlı platform fasiyes kuşağında gelişmiş olup; lagün, gelgit arası, gelgit üstü ve gelgit kanalları gibi çeşitli ortamsal koşulları yansıtmaktadır. Masif dolomitlerden oluşan kısımları, Toros kuşağında 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarında tanımlanan Kayaköy Dolomiti ile litolojik açıdan benzerlik göstermektedir. Ayrıca bu formasyon, Akdeniz ve Konak (1979) tarafından tanımlanan Karaçaltepe Kireçtaşı'nın alt seviyeleriyle; Özcan ve arkadaşları (1989)'nın Gökçeyayla Formasyonu'nun alt kesimleriyle; Demirtaşlı ve arkadaşları (1989)'nın Berendi Kireçtaşı ile; Uman ve Yergök (1979)'ün Karaçaltepe Formasyonu ile ve Yenyol (1979)'un Yunak Grubu içinde yer verdiği rekristalize kireçtaşlarının alt seviyeleriyle; Metin ve arkadaşları (1988)'nin Orta-Geç Triyas–Jura? yaşlı Karaçaltepe Kireçtaşı ve Şenel ve arkadaşları (1994)'nin Kayaköy Dolomiti ile stratigrafik ve litolojik açıdan karşılaştırılabilir niteliktedir.



Şekil 7. Loras formasyonuna ait bol çatlaklı kristalin kireçtaşları

4.1.2. Midostepe Formasyonu (Km)

Birim, kırmızı-pembe tonlara sahip çört ara seviyeleri içeren pelajik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Görmüş (1984), Lorasdağı Formasyonu'nun alt kesimlerinde neritik, üst kesimlerinde ise yanal geçişlerle pelajik özellikler gösterdiğini belirtmiş; bu nedenle söz konusu istifin ayrı bir birim olarak haritalanması ve adlandırılmasına gerek duyulmadığını ifade etmiştir. Ancak daha önce Göğer ve Kırıl (1969), çalışma alanının batısında yer alan Midos Tepe çevresindeki yüzeylenmelere dayanarak bu birimi **Midostepe Formasyonu** olarak adlandırmıştır. Bu adlandırma, Özcan ve arkadaşları (1988) tarafından da benimsenmiş olup, bu çalışmada da aynı şekilde **Midostepe Formasyonu** isminin kullanılması uygun görülmüştür.

Birim, özellikle Midostepe çevresinde tipik yüzeylenmeler sergilemektedir.

Midostepe Formasyonu, en alt seviyelerinde seyrek çört yumruları içeren, gri renkli, orta katmanlı ve yoğun eklemleme gösteren kireçtaşlarıyla başlar. İstif içerisinde gri, yeşilimsi gri, koyu sarı ve pembemsi tonlarda gözlenen çörtler; yumru, mercek, kama ve bant biçiminde gelişim göstermekte olup, bu çörtlerin oranı stratigrafik olarak üste doğru artış göstermektedir. Üst seviyelere çıkıldıkça, bol çört içeren, sıkışık kıvrımlı ve yoğun eklemli plakete kireçtaşları; koyu kahverengi-bordo renkli pelajik karbonat ara seviyeleriyle birlikte, yeşilimsi-bej ve gül kuru tonlarında killi kireçtaşı, marn ve şeyl düzeylerini de içermektedir. Formasyonun üst kesimleri ise, kırıntılı kireçtaşı, kumtaşı, şeyl, marn ve ince tabakalı çörtlü kireçtaşlarının ardalanmasından oluşan, renk bakımından heterojen bir çökel istifiyle temsil edilmektedir.

Midostepe Formasyonu, Lorasdağı Kireçtaşı'nı tedrici geçişli ve uyumlu bir dokanakla örtmekte olup, Geç Kretase yaşlı Hatip ofiyolitli karışığı tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Çalışma alanında Midostepe biriminin kalınlığı yer yer 700 metreye ulaşmakta, ancak üst sınırının bindirmeli ve/veya erozyonal karakterde olması nedeniyle bu kalınlık bazı kesimlerde 100 metreye kadar azalmaktadır.

Formasyonun alt seviyelerinde Globotruncana sp., Cuneolina sp., Hedbergella sp., Gumbelina sp. ve Radiolaria sp. gibi pelajik mikrofauna elemanları tanımlanmıştır. Üst seviyelerde ise Globotruncana calcarata, Globotruncana lapparenti ve Globotruncana stuartiformis türlerinin varlığı saptanmış olup, bu bulgular Midostepe Formasyonu'nun Geç Kretase döneminde çökelmiş olduğunu göstermektedir.

Formasyonun pelajik foraminiferler ve radyolarya içeren, çörtlü-killi mikrit düzeyleri; düşük enerjili, açık şelf koşullarında gerçekleşen bir çökelim ortamını temsil

etmektedir. Buna karşılık, üst seviyelerde gözlenen killi kireçtaşı ve marnlarla ardalanan şeyl ve kalkarenitler, çökelme ortamının daha yüksek enerjili, türbiditik havza koşullarına doğru geçiş yaptığını ortaya koymaktadır.

4.1.3. İnsuyu Formasyonu (Tmpli)

Beyaz ve gri renkli, kalın-orta katmanlı, gölsel kökenli kireçtaşı ile marn ardalanmasından oluşan bu birim, ilk olarak Uygun ve diğerleri (1982) tarafından "İnsuyu Kireçtaşı" olarak adlandırılmıştır. Ancak, sadece kireçtaşı ya da çakıllı kireçtaşı düzeylerinden ibaret olmayıp; yer yer marn, tuf, tüfit, çakıltası ve kumtaşı gibi farklı litolojik birimlere de sahip olduğu göz önüne alınarak, Ulu ve diğerleri (1994) tarafından "İnsuyu Formasyonu" olarak tanımlanmıştır.

Formasyon, çoğunlukla ince marn ve kil ara katmanlı kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Kireçtaşları mikritik ve sparitik dokuda olup, yer yer silislenmiş ve bol miktarda gastropod fosili içermektedir.

Havzanın orta kesimlerinde, Altınova Devlet Üretim Çiftliği civarında yapılan su sondajlarında bu formasyonun kalınlığı yaklaşık 150 metre olarak belirlenmiştir. Dilekçi Formasyonu ile doğrudan stratigrafik bir ilişki gözlenememekle birlikte, Dilekçi Formasyonu'nun kıvrımlı ve eğimli yapısına karşın, İnsuyu Formasyonu tabakalanmaları genel olarak yatay ya da yataya yakın konumda yer almakta olup, bu durum aralarındaki ilişkinin diskordan (uyumsuz) olabileceğini düşündürmektedir.

İnsuyu Formasyonu dışında, Koçyiğit (1976) tarafından birim içerisinde tespit edilen *Ilyocypris gibba* (Ramdohr), *Ilyocypris bradyi* Sars ve *Candona* türü ostrakodlar, birimin Geç Miyosen–Pliyosen yaş aralığında çökelmiş olduğunu göstermektedir.

Bu formasyon; geçmişte farklı araştırmacılar tarafından "Neojen Birimleri" (Turkish Gulf Oil, 1961), "Cihanbeyli Formasyonu" (Akarsu, 1971), "İnsuyu Kireçtaşı" (Uygun ve diğ., 1982), "Üçbaş Formasyonu" (Koçyiğit, 1972), "Devriş Formasyonu" (Umut ve diğ., 1990), "Kızılırmak Formasyonu" (Birgili ve diğ., 1975), Özcan ve diğ. (1990)'ın Dilekçi Formasyonu'nun bir bölümü ve "Apa Formasyonu" (Hakyemez ve diğ., 1992) ile denştirilebilir.

İnsuyu Formasyonu, karbonat çökeliminin baskın olduğu, gölsel bir ortamda oluşmuştur. Formasyon içerisinde gözlenen silisifiye düzeyler bölgedeki volkanik aktivitelere; marn ve kil ara katmanları ise dönemsel olarak karasal kökenli malzeme girişine işaret etmektedir.

4.1.4. Tuzgölü Formasyonu (Qtu)

Tuzgölü Formasyonu, Ulu ve arkadaşları (1994) tarafından tanımlanmış olup; çakıl, kum, silt, karbonatlı kum ve şiltler ile jipsli killerden oluşan gölssel çökellerle temsil edilir. Litolojisi yanal ve düşey geçişli bir karakter sunmakta olup, dört üye düzeyinde incelenmiştir: **Yeşilova Üyesi, Jips Üyesi, Alibekeagılı Üyesi ve Bataklık Üyesi.**

Formasyon, tabanda çakıl ve kum seviyeleriyle başlar, bunları kil ve şilt katmanları izler. Kil tabakaları arasında mercekli jips düzeyleri yer alır. Üst kesimlerde ise yer yer kireçtaşı, kiltası, kum ve şilt katmanları gözlenmektedir. Fosil bulgusuna rastlanmamış olmakla birlikte, stratigrafik konumu itibarıyla **Pliyo–Kuvaterner** yaş aralığı önerilmektedir. Çökellerin yüksek ve düşük enerjili akarsu ortamları ile gölssel ortamlarda biriktiği değerlendirilmiştir. Tuzgölü Formasyonu; Kadınhanı, Bayramlı, Hotamış, Uzundere, Türkmencamili, Okçu ve Çumra Formasyonları ile karşılaştırılabilir niteliktedir.

4.1.5. Divanlar Formasyonu (Qed)

Bu birim, Hakyemez ve diğerleri (1992) tarafından adlandırılmış olup, tamamen Loras Formasyonu'ndan türemiş kökenli, köşeli çakıllardan oluşan çakıltaşı birimleridir. Çakıllar tane destekli, orta-kalın katmanlı ve sıkı tutturulmuş yapıdadır. Kum ve çakıl fraksiyonlarını oluşturan taneler, büyük oranda Loras Formasyonu'na ait olup, farklı türde kireçtaşı parçalarını içermektedir. Litolojik bileşimi itibarıyla birimin, temel kayaçların ayrışması ve yeniden taşınması ile oluştuğu düşünülmektedir.

Formasyon içerisinde fosil varlığına rastlanmamış olup, yaşı stratigrafik konumu dikkate alınarak Pleyistosen'in erken evrelerine tarihlendirilmiştir. Formasyon, bölgedeki Kuvaterner çökelleri içinde önemli bir yer tutmakta olup, özellikle Konya Havzası'nın kuzey kesiminde geniş alanlarda yüzeylenmektedir.



Şekil 8. Divanlar Formasyonuna ait sedimanlar-oturma yapıları ve faylı sınır

4.1.6. Göçü Formasyonu (Qegö)

Göçü Formasyonu, Hakyemez ve diğ (1992) tarafından tanımlanmıştır. Beyaz, bej ve kahverengi renkli, düşük açılı düzlemsel ve çapraz katmanlı, yer yer teknesel çapraz katmanlı, küçük çakıllı, iyi boylanmalı ve orta–iyi tutturulmuş çakıltaşları ile kavkılı kireçtaşları, paralel ve çapraz laminalı, dalga ripilli, az–orta tutturulmuş kumtaşlarından oluşmaktadır. Formasyon içerisinde yer yer pelesipod ve gastropod fosillerine ait kavkılar banklar halinde gözlenmektedir. Çakılların batıdan Apa Formasyonu, doğudan ise Loras Formasyonu’ndan türediği belirlenmiştir.

Göçü Formasyonu, Triyas–Jura yaşlı Loras Formasyonu ile Pleyistosen’in ilk evresine ait Yılanlıkır ve Divanlar Formasyonları üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Pleyistosen’in ikinci evresinde çökelmiş olan Pırlakyayla Formasyonu üzerine ise uyumlu olarak gelmiştir. Yanalda Konya Formasyonu’nun üst seviyeleri ile geçişli ilişki sunmaktadır. Fosil içeriğine ve stratigrafik konumuna göre birimin yaşı **Pliyosen–Holosen** aralığında değerlendirilmektedir. Çapraz katmanlanma, dalga ripilleri ve gölsel pelesipod varlığı, Göçü Formasyonu’nun **çakıllı göl kıyası birikimi** olarak yorumlanmasına neden olmuştur.

4.1.7. Sakyatan formasyonu (Qes)

Hakyemez ve diğerkleri (1992) tarafından tanımlanan Sakyatan Formasyonu, beyaz ve gri renkli marn ile jips ara katmanlarından oluşmaktadır. Çalışma alanının güneyinde, özellikle Konya–Karapınar karayolunun iki yanında geniş yayılım göstermektedir. Formasyon, Pleyistosen’in 2. evresinde çökelmiş olan Kumocağı Formasyonu üzerine gelmektedir. Fauna içeriğı bakımından **Geç Pleyistosen** yaşı önerilmektedir. Formasyonda **Arvicola cantiana**, **Terrestris microtus** ve **Muridae** gibi memeli faunası tespit edilmiştir.

Sakyatan Formasyonu, göl çanağı çökellerinden meydana gelmiş olup, omurgalıların varlığı nemli ve serin bir iklim koşulunu yansıtırken, jips ara katmanları ise dönemsel kuraklık izlerini göstermektedir. Stratigrafik olarak Göçü Formasyonu ile eş yaşı olup, Konya Formasyonu’nun üst kesimleriyle geçişli konumda yer almaktadır.

4.1.8. Yamaç Molozu (Qym)

Yamaç Molozu, genellikle Loras Formasyonu'na ait rekristalize kireçtaşlarının dik yamaçlarında gelişen, yerçekimi etkisiyle taşınmış iri blok, moloz ve kırıntı malzemelerinden oluşur. Kireçtaşı bloklarının ayrışması sonucu meydana gelen bu döküntüler, çoğunlukla formasyonun taban ve etek zonlarında yığışarak düzensiz bir topografya oluşturur. Bloklar çoğunlukla köşeli, az aşınmış ve zayıf tutturulmuştur.

Bazı alanlarda bu birimler yerel olarak isimlendirilmiş ya da farklı formasyon adlarıyla ayırtlanmış olsa da, bu çalışmada tüm bu malzeme yamaç molozu (Qym) birimi altında değerlendirilmiştir. Jeomorfolojik olarak genç bir birim olan yamaç molozları, güncel yüzey süreçlerinin aktifliğini göstermekte ve zemin stabilitesi açısından dikkate alınması gereken unsurlar arasında yer almaktadır.

4.1.9. Alüvyon (Qal)

Çakıl, kum, kil ve çamurdan oluşan; akarsuların, kanal ve taşkın ovalarında biriktirdikleri çökellerdir.

İnceleme Alanı Jeolojisi

İnceleme alanının jeolojisi Kuvaterner (Pleyistosen) yaşı ‘Qed’ simgesiyle gösterilen Divanlar Formasyonu, “Orta Triyas-Geç Jura” yaşı “TRJ1” simgesiyle gösterilen Loras Formasyonuna ait birimler ile temsil edilmektedir.

4.2. Yapısal Jeoloji

Konya'nın yakın çevresi, doğu-batı (D-B) ve kuzey-güney (K-G) yönelimli Bozdağlar, batısındaki volkanik Erenler Dağı, Konya Havzası ve Obruk Yaylası gibi belirgin morfolojik birimlerle karakterize edilmektedir. Güneyde ise, dış bükey biçimde güneye doğru uzanan Toros Dağları yer almakta olup, bu alanda kuzeydoğu-güneybatı (KD-GB) yönelimli Bolkardağları ile kuzeybatı-güneydoğu (KB-GD) doğrultulu Özyurt Dağları bölgedeki ana yükseltileri oluşturmaktadır. Ayrıca Karaman ve Ereğli Havzaları içerisinde Karadağ ve Karacadağ gibi volkanik kökenli dağlar yükselmektedir.

Bölgedeki bu çöküntü havzalarının oluşumunda etkili olan faylar, çoğunlukla eğim atımlı normal fay niteliğinde olup, zaman zaman doğrultu atımlı bileşenler de göstermektedir. Bu fay sistemleri, Konya Havzası'nın kenarlarında belirgin morfolojik sınırlar oluştururken, iç kesimlerdeki daha genç birimlerin deformasyonlarını da yönlendirmiştir. Konya Fay Zonu gibi büyük fay sistemleri boyunca gelişen basamaklı çöküntü yapıları, havzanın iç morfolojisini şekillendirmiş; bu yapılar, alüvyonla dolmuş düzlükler, askıda kalmış taraçalar ve eğimli yamaçlar şeklinde yüzeyde izlenebilir hâle gelmiştir.

Konya havzasını sınırlayan bu fayların etkinliği, bölgenin jeodinamik evrimi açısından kritik öneme sahiptir. Neo-tektonik dönem boyunca aktifliğini sürdüren bu fay zonları, hem sismik açıdan risk taşımakta hem de havzanın güncel jeomorfolojik yapısının belirlenmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Özellikle, Konya Fay Zonu ve onunla ilişkili fay segmentleri, geçmişte önemli düşey atımlar sergilemiş ve bu da hem eski gölsel çökellerin hem de genç Kuvaterner çökellerin farklı seviyelerde gözlenmesine neden olmuştur. Bu durum, bölgedeki farklı dönemlere ait çökel birimlerinin stratigrafik konumlarını değerlendirmede temel jeolojik kriterlerden biri olarak kabul edilmektedir.

Yapılan jeolojik gözlemler, sondaj verileri ve stratigrafik analizler, Konya Fay Zonu'nun (KOFZ) doğusunda yer alan alanlarda önemli miktarda düşey hareketliliğin gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Özellikle Yazır ve Elmaağaç Tepe arasında yaklaşık 850 metrelik bir düşey atımın varlığı tespit edilmiştir (Eren, 2001). Bu durum, Konya Fay Zonu'nun oldukça aktif bir tektonik unsur olduğunu ve güncel jeolojik süreçler üzerinde etkisini sürdürdüğünü göstermektedir. KOFZ'na ait farklı segmentlerin, Kuvaterner yaşlı birimleri kesmesi, fayın son jeolojik dönemlerde de hareketli olduğunu ortaya koymakta ve bölgenin deprem tehlikesi açısından yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Yazır Fayı (YAF), Konya Fay Zonu'nun doğu segmentlerinden biri olup, Konya merkezine oldukça yakın bir konumda yer almaktadır. KKD-GGB doğrultulu bu fay, Miyosen-Pliyosen yaşlı gölssel kireçtaşları ile Kuvaterner yaşlı karasal çökeller arasında litolojik sınırlar oluşturarak, bu iki birimi tektonik olarak karşı karşıya getirmiştir. Parsana ve Yazır mahalleleri arasındaki taş ocağı kesitlerinde bu tektonik ilişki net bir biçimde gözlenebilmektedir. Bu kesitte, gölssel kireçtaşları faylanma sonrası göreceli olarak yükselmiş, karasal çökeller ise çökmüştür. Bu durum, bölgedeki faylanmaların sadece düşey atımla sınırlı olmadığını, aynı zamanda deprem kaynaklı deformasyonların yer şekilleri üzerinde de belirgin etkiler yarattığını ortaya koymaktadır.

Yapılan jeolojik gözlem ve analizler (örneğin sondaj verileri ve kılavuz düzeylerin yüzeyleme kotları) Konya Fay Zonu'nun hareketliliğine bağlı olarak, Yazır ve Elmaağaç Tepe arasında en az 850 metre düşey atım gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Bu zon içerisindeki farklı boyutlardaki faylar, bölgedeki Kuvaterner yaşlı alüvyonları kesmekte olup, bu durum Konya Fay Zonu'nun oldukça genç ve yakın jeolojik geçmişte de etkin olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, zon içerisinde yer alan Yazır Fayı (YAF), havzanın Kuvaterner dönemdeki evrimini anlamak açısından önem arz etmektedir.

YAF, Konya Fay Zonu'nun doğusunda konumlanan, toplam uzunluğu yaklaşık 10 km'ye ulaşan, kademeli ve segmentli bir fay sistemidir (Eren, 2001; 2003a, 2003b). KKD-GGB doğrultulu bu fay, Miyosen–Pliyosen yaşlı gölssel kireçtaşları ile Kuvaterner yaşlı karasal kırıntılı birimleri kesmekte; Parsana ve Yazır mahalleleri arasındaki taş ocağı kesitlerinde gölssel kireçtaşları ile genç çökelleri tektonik olarak yan yana getirmektedir. Bu yapı, gölssel kireçtaşlarının göreceli olarak yükselmesine, genç çökellerin ise çökmesine neden olmuştur.

Konya Ovası'nın kuzey sınırını oluşturan Karaömerler Fayı, doğu-batı doğrultulu ve kuzeye eğimli bir normal fay karakteri taşımaktadır. Fay boyunca, Karaömerler'in batısında askıda kalmış alüviyal yelpaze çökelleri gelişmiştir. Bu morfolojik yapı, fayın hareketliliğini açıkça göstermektedir. Ovayı doğudan sınırlayan Divanlar Fayı ise kuzey-güney doğrultulu ve batıya eğimli olup, Konya Fay Zonu ile birlikte bir graben sisteminin kenarını oluşturur. Divanlar Fayı boyunca da basamaklı yapıların geliştiği ve alüviyal yelpazelerin askıda kaldığı gözlemlenmiştir. Bu fay, kuzeyde Aksaray yoluna yakın kesimlerde doğu-kuzeydoğu/batı-güneybatı doğrultulu Göçü Fayı ile kesişmektedir. Göçü Fayı, güneyde ise kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu olarak devam etmektedir.

Gözlenen sismik etkinlik, bu fay sistemlerinin günümüzde de aktif olduğunu işaret etmektedir.

Konya bölgesi genelinde aktif veya potansiyel olarak aktif sayılabilecek, uzunlukları bakımından önemli faylar yer almaktadır. Bu faylar sadece Konya ili için değil, çevre il ve ilçeler için de potansiyel sismik tehdit oluşturmaktadır. Ancak son 500 yıllık tarihsel döneme bakıldığında, bu faylarla ilişkilendirilebilecek yıkıcı depremlerin oldukça nadir olduğu görülmektedir. Bu durumun temel nedeni, söz konusu fayların tekrarlanma aralıklarının oldukça uzun olmasıdır (yüzlerce veya binlerce yıl). Bu bağlamda, Konya bölgesi Türkiye'nin en düşük deprem riski taşıyan bölgelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu, bölgede hiçbir zaman yıkıcı depremlerin olmayacağı anlamına gelmemektedir.

Konya grabenini çevreleyen fayların karakteristik özellikleri, özellikle Konya Fay Zonu'nun 6.0–6.5 büyüklüğünde bir deprem oluşturma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Konya Fay Zonu'nun hareketli olmaması durumunda dahi, bölgedeki Akşehir, Tuz Gölü ve Ecemiş fayları gibi büyük fayların etkisi altında kalabileceği unutulmamalıdır. Bu faylardan özellikle Akşehir Fayı, Konya batısına kadar uzanan paralel segmentler içermekte ve ortalama 25 yılda bir M6 büyüklüğüne ulaşan depremler üretmektedir (Eren, 2000). Söz konusu fayın Konya'ya yaklaşık 100 km mesafedeki kesimlerinde meydana gelen depremler, şehir merkezini hafif düzeyde etkilemiştir. Ancak fayın daha yakın bölümlerinin kırılması durumunda, özellikle alüvyon zemin üzerindeki çok katlı yapılarda rezonans ve zemin büyütmesi etkisiyle ciddi hasarlar oluşabileceği düşünülmektedir. Dünya genelindeki büyük depremler, yüzlerce kilometre uzaklıktaki alüvyon zeminler üzerinde dahi çok katlı binaların zarar gördüğünü ya da yıkıldığını göstermektedir.

4.2.1. Konya ve Çevresinin Neo-Tektonik Özellikleri

Konya ve çevresi, Türkiye'nin neo-tektonik rejimi kapsamında “Orta Anadolu Ovalar Bölgesi” içerisinde yer almaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu bölge, kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Sistemi, güneyde Helenik-Kıbrıs Yayı, doğuda Doğu Anadolu Fay Sistemi ve batıda Ege Çöküntü Sistemi ile çevrelenmiş, tektonik açıdan oldukça karmaşık bir alandır (Eren, 2007).

Bölgenin neo-tektonik evrimi, özellikle Koçyiğit (1984) tarafından ayrıntılı olarak incelenmiş ve yapılan çalışmalar, Konya çevresinde meydana gelen blok faylanmaların

yüksek depremsellik taşıyan alanlar oluşturduğunu ortaya koymuştur. Söz konusu faylanmalar, yalnızca tektonik aktiviteyi değil, aynı zamanda bölgedeki morfolojik yapının oluşum ve evrimini de doğrudan etkilemiştir.

4.2.2. Morfolojik Yapı ve Tektonik Birimler

Konya bölgesi, kuzeyde kuzeybatı-güneydoğu (KB-GD) ve kuzey-güney (K-G) yönelimli dağ kuşakları ile bu yükseltiler arasında kalan havza ve yaylalarla karakterize edilen karmaşık bir morfolojiye sahiptir. Sultandağları, Emirdağları ve Tuz Gölü'nün doğusunda yer alan Ekecik Dağları önemli yükseltileri oluştururken; Akşehir ve Beyşehir grabenleri, Cihanbeyli Yaylası ve Aksaray Havzası, başlıca tektonik çöküntü alanları olarak öne çıkmaktadır.

Bölgenin temel morfolojik yapısı, farklı yönelimlerde gelişmiş ve çoğunlukla yanal atım bileşeni de içeren normal faylarla sınırlı yükselti-havza bloklarından meydana gelir. Bu blok faylanmalar sonucunda, yükselen kesimler dağlık alanları, çöken kesimler ise çöküntü havzalarını oluşturmuştur. Yükseltilerde, Paleozoyik-Eosen yaş aralığında ve paleo-tektonik rejime bağlı olarak deformasyona uğramış temel kayalar yüzeylenmekte; bu yükseltiler arasındaki çöküntü havzalarında ise çoğunlukla Miyosen-güncel yaşlı gölsel, karasal ve volkanik kökenli birimler yer almaktadır.

4.2.2.1. Fay Sistemleri ve Sismik Aktivite

Konya ve çevresindeki neo-tektonik yapılar, bölgenin sismik potansiyelini belirleyen başlıca unsurlardır. Bölgede yer alan önemli fay zonları şu şekilde özetlenebilir:

Akşehir Fay Zonu: Kuzeybatı-güneydoğu (KB-GD) doğrultulu bu fay zonu, "Argıthanı sismik boşluğu" olarak tanımlanan ve sismik potansiyeli yüksek bir alanda yer almaktadır. Yapılan çalışmalar, bu fayın gelecekte yıkıcı depremler üretme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Tuz Gölü Fay Zonu: Konya Havzası'nın doğu kenarını sınırlayan bu fay zonu, bölgenin doğu kenarında önemli bir tektonik sınır teşkil etmektedir.

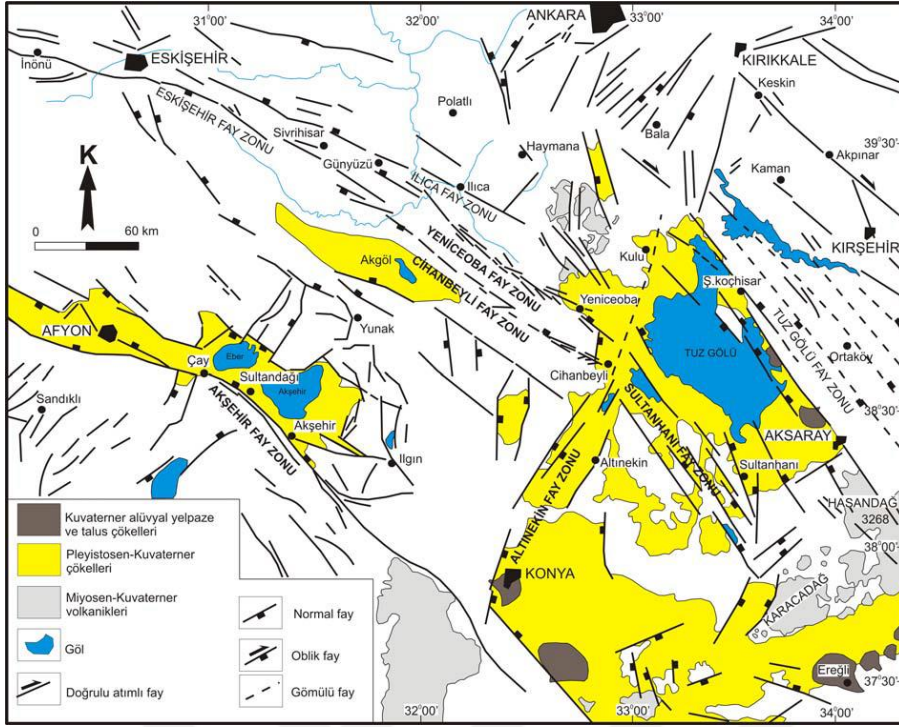
Emirdağ Fayı: Bölgenin kuzeybatısında yer alan bu fay, önemli bir doğrultu atımlı fay zonudur ve bölgesel tektonik çerçevede önemli bir rol oynamaktadır.

Konya'ya yakın bölgelerde ise doğu-batı (D-B) ve kuzey-güney yönelimli Bozdağlar, batıda volkanik kökenli Erenler Dağı, Konya Havzası ve Obruk Yaylası dikkat çeken başlıca morfolojik birimlerdir. Güneyde yer alan Toros Dağları, dış büyük bir yapıyla güneye doğru uzanmakta; bu kuşakta kuzeydoğu-güneybatı (KD-GB) doğrultulu Bolkardağları ve kuzeybatı-güneydoğu (KB-GD) doğrultulu Özyurt Dağları öne çıkmaktadır. Ayrıca Karaman ve Ereğli Havzaları içerisinde yer alan Karadağ ve Karacadağ gibi volkanik dağlar da bölgedeki önemli yükseltiler arasında yer almaktadır.

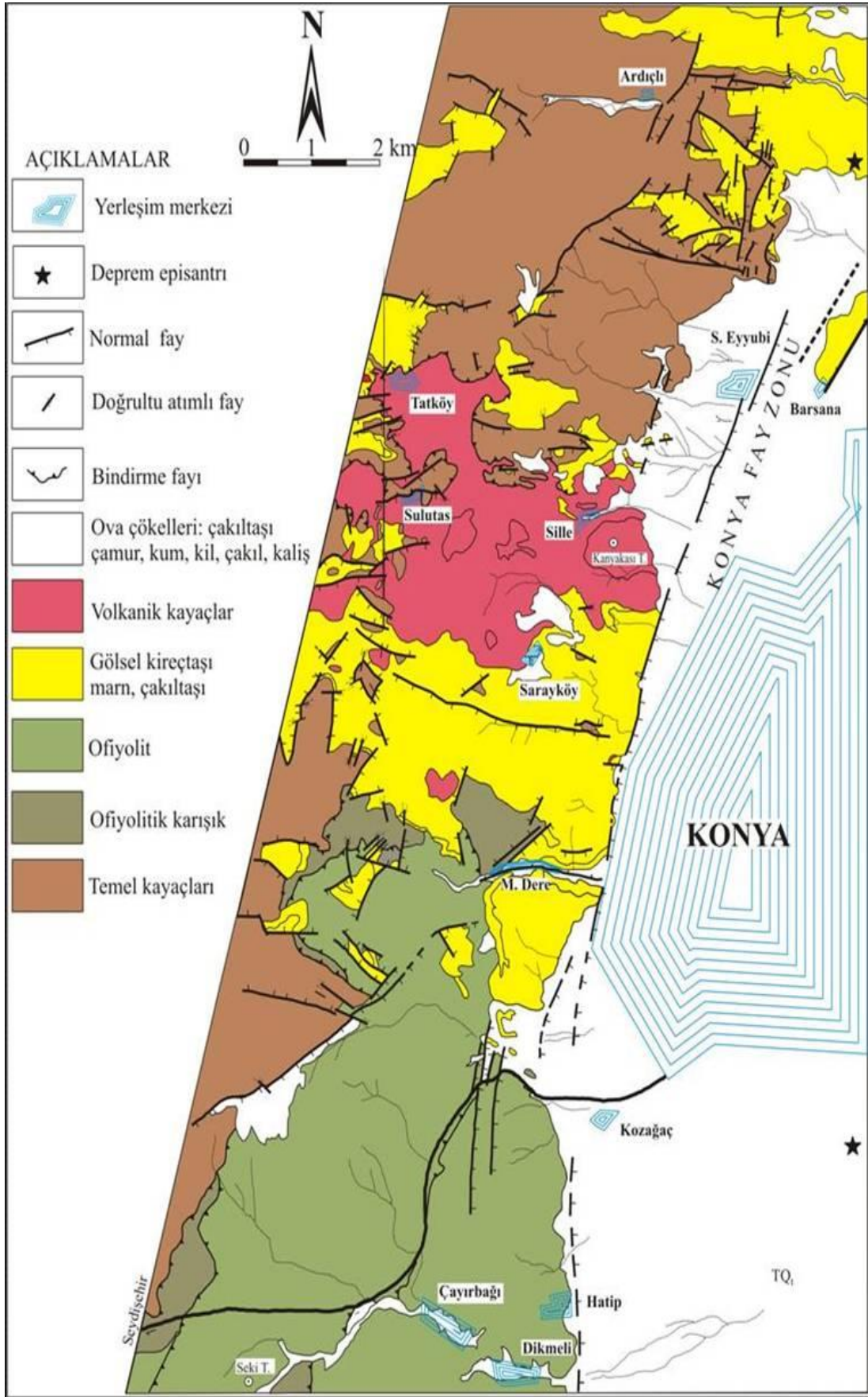
- **Konya Fay Zonu:** Konya Fay Zonu (KFZ), Konya Havzası'nın batı kenarını sınırlayan ve yaklaşık 70–80 km uzunluğa ulaşan, kademeli olarak sıralanmış çok sayıda fay parçasından oluşan önemli bir tektonik yapıdır (Eren, 2011). Fay zonunun genişliği yer yer 4 km'ye kadar ulaşabilmekte olup, bu zon doğuya eğimli normal fay karakteri taşımaktadır. Ancak sağ yönlü doğrultu atım bileşeninin de mevcut olduğu belirtilmektedir. Konya Fay Zonu'nun hareketleri sonucunda ovanın batı kesimi, merdiven basamakları şeklinde kademeli olarak doğuya doğru çökmüş, böylece tipik bir graben morfolojisi gelişmiştir.

Bölgedeki neo-tektonik yapının şekillenmesinde Konya Fay Zonu'nun yanı sıra İnsuyu Fayı, Ilgın Fayı, Eldeş Fayı, Güvenç Fayı, Altınekin Fayı, Karaömerler Fayı, Divanlar Fayı ve Göçü Fayı gibi çok sayıda fay da etkili olmaktadır. Bu fayların büyük çoğunluğu, Pliyosen'den günümüze kadar etkili olan yeni tektonik rejim altında gelişmiş, büyük ölçüde aktifliğini sürdüren veya potansiyel olarak aktif kabul edilen faylardır.

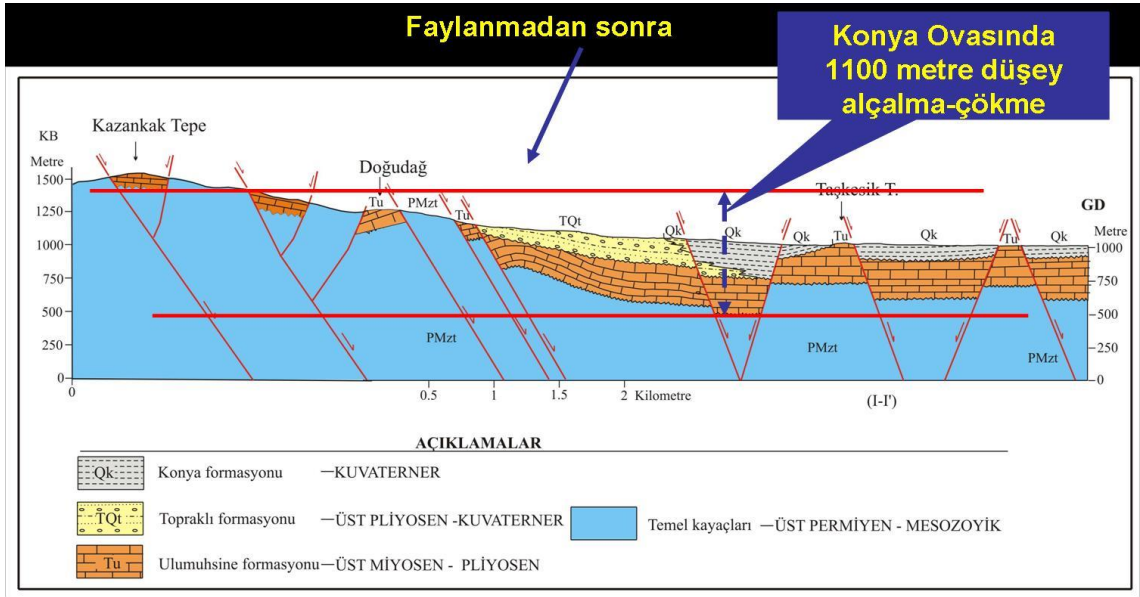
İnceleme alanı, Batı Anadolu Genişleme Rejimi kapsamında değerlendirilen, İnönü–Eskişehir Fay Sistemi ile Akşehir–Simav Fay Sistemi arasında yer almaktadır (Akıl, 2008; Koçyiğit, 2009). Güney sınırda ise Niğde Fay Zonu uzanır. Bölgenin batı kesimi Konya Kapalı Havzası'na açılmakta olup, kuzey, doğu ve güney sınırları belirgin fay hatlarıyla çevrilmiştir. Özellikle Acıgöl'ün batısı Nasuhpınarı Fayı tarafından, Ereğli'nin doğusundaki düzlükler ise farklı doğrultularda gelişmiş faylar tarafından kontrol edilmektedir.



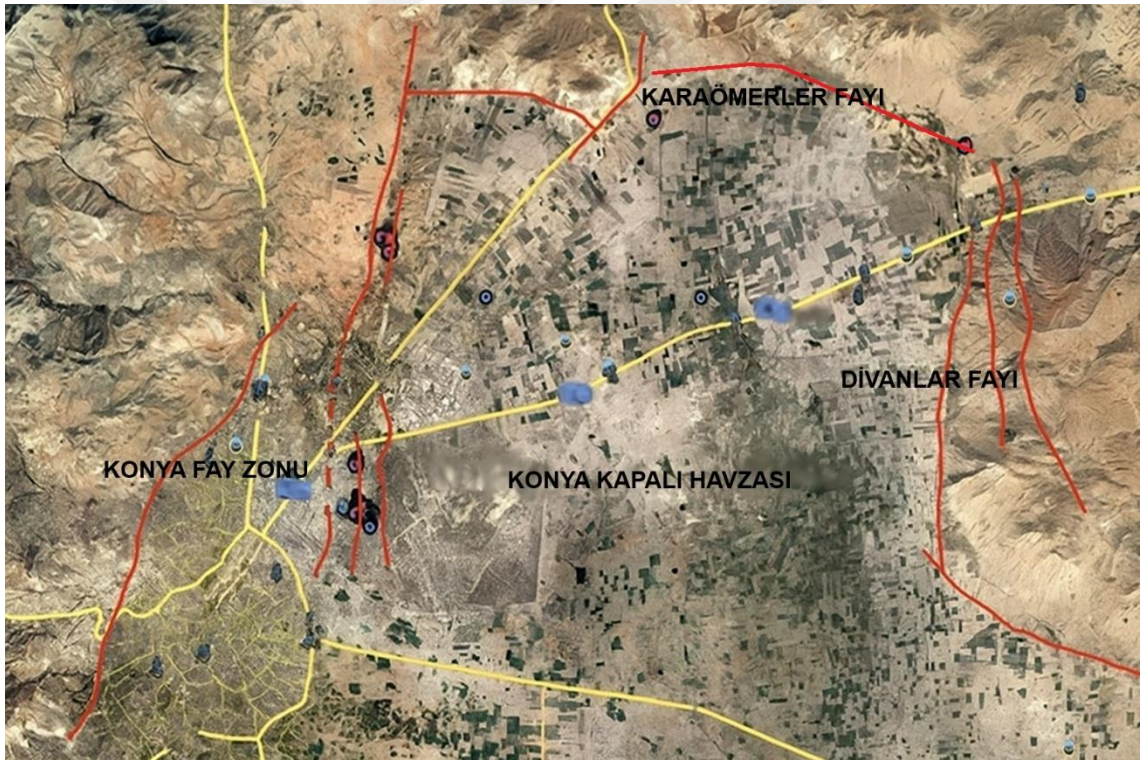
Şekil 9. Orta Anadolu ve çevresinin tektonik hatları (; Dirik ve Göncüoğlu, 1996; Göncüoğlu ve ark., 1996; Dirik ve Erol, 2003 Koçyiğit ve Özacar 2003; Dirik ve ark., 2005; Özsayın, 1997; Akıl, 2008).



Şekil 10. Konya Fay Zonu (Eren 2008)



Şekil 11. KOFZ kesiti (Eren Y, 2008)



Şekil 12. Konya ve çevresinin tektonik özelliklerini gösteren Google eart görüntüsü

Yazır Fayı (YAF), Konya Ovası'nın batı sınırında, Konya Fay Zonu'nun doğusunda konumlanan, yaklaşık 10 km uzunluğunda ve kademeli olarak sıralanmış farklı uzunluktaki segmentlerden oluşan bir faydır. Konya havzasının neotektonik dönemdeki evriminde önemli bir yapısal unsuru temsil etmektedir.

4.2.2.2. Yönelim, Eğim ve Jeolojik Konum

YAF, kuzey-kuzeydoğu ile güney-güneybatı (KKD-GGB) doğrultusunda uzanmakta olup, doğuya eğimli ve normal fay karakterindedir. Fay, Miyosen–Pliyosen yaşlı gölssel kireçtaşları ile Kuvaterner yaşlı karasal kırıntılı birimleri kesmektedir. Parsana ve Yazır mahalleleri arasında yer alan taş ocağı yarmalarında, gölssel kireçtaşlarının görelî olarak yükseldiği; buna karşılık Kuvaterner yaşlı karasal havza çökellerinin çöktüğü gözlenmiştir. Bu durum, faylanmanın düşey bileşenli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

4.2.2.3. Graben Oluşumu

YAF, yaklaşık 3 km doğusunda uzanan Çiftlikbaşı Fayı ile birlikte Konya Ovası içerisinde üçgen biçimli, küçük ölçekli bir graben yapısı meydana getirmiştir. Bu yapısal birliktelik, Konya Havzası'nın kademeli çökme süreçlerinin ve blok faylanmalarının somut bir örneğidir.

4.2.2.4 Sismik ve Morfolojik Özellikler

Yüzey verilerine dayanarak YAF'ın en az 25–30 metre civarında bir düşey atıma sahip olduğu belirlenmiştir. Fay zonu boyunca, fay hareketlerine bağlı olarak oluşmuş ve içleri alüvyonlarla dolmuş yarıklar (Neptünian dayklar) dikkat çekmektedir. Bu yapılar, biri fay doğrultusuna paralel, diğeri ise dik yönde olmak üzere iki ana doğrultuda gelişmiştir. Genişlikleri 15 cm ile 2 metre, uzunlukları ise 10 metreye kadar ulaşabilen bu dayklar, geçmişte meydana gelmiş önemli tektonik olayların izlerini taşımaktadır.

4.2.2.5. Depremsellik ve Önemi

YAF boyunca izlenen fay yarıkları, özellikle son 10–20 bin yıllık süreçte oluşmuş depremlerin kanıtı niteliğindedir. Bu durum, fayın neotektonik dönemde aktif olduğunu ve potansiyel olarak halen aktif olabileceğini göstermektedir. Yazır Fayı, yalnızca Konya Ovası'nın jeolojik yapısını değil, aynı zamanda bölgenin sismik tehlike değerlendirmelerini de etkileyen önemli bir yapı olarak değerlendirilmektedir.

4.3. Bölgenin Obruk Potansiyeli

Konya Havzası, özellikle Karapınar, Çumra, Ereğli ve Cihanbeyli yörelerinde son yıllarda sıklaşan obruk oluşumları ile dikkat çeken bir bölgedir. Bu çöküntü yapılarının oluşumunda başta **jeolojik yapı, hidrojeolojik koşullar, insan kaynaklı yer altı suyu çekimleri ve iklim değişikliği** olmak üzere çok sayıda faktör etkili olmaktadır.

Obruklar, çoğunlukla **kireçtaşı ve jips** gibi kolay çözünebilen litolojiler üzerinde gelişen **karstik boşlukların tavanlarının çökmesiyle** oluşur. Konya Kapalı Havzası'nda

yaygın olarak bulunan Neojen yaşı karbonatlı ve evaporitik tortullar bu yapılar için uygun bir zemin hazırlamaktadır. Özellikle İnsuyu Formasyonu ve Sakyatan Formasyonu gibi birimler, karstlaşmaya uygun litolojileri nedeniyle yüksek obruk potansiyeline sahiptir.

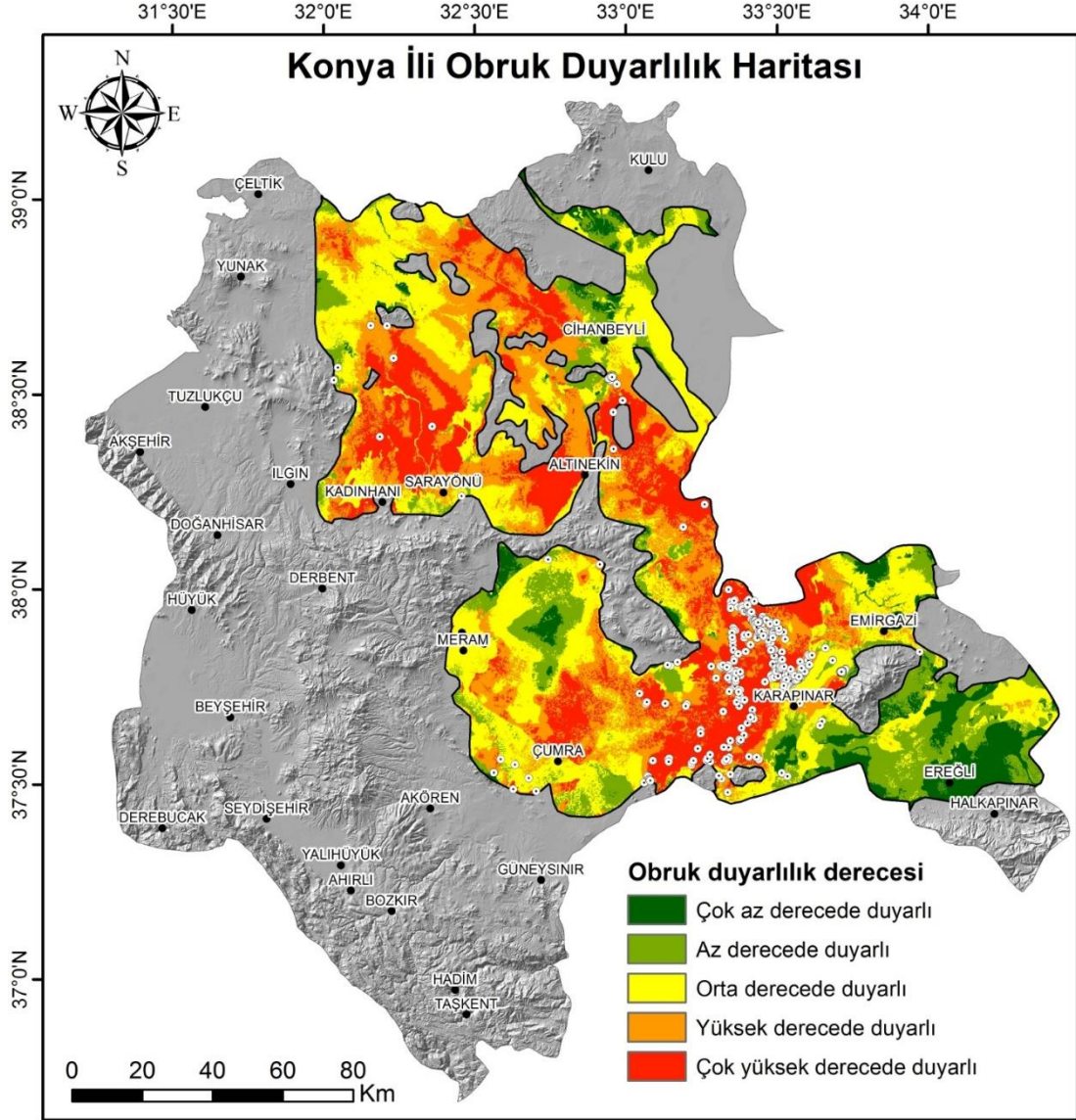
Yüzeyde gözlenen obrukların çoğu, **150 m'ye kadar varan kalınlıklarda** gölSEL kireçtaşı ve marnlar ile temsil edilen **karbonatlı zeminlerde** gelişmiştir. Bölge jeolojisindeki normal faylanma yapısı da zayıf zonların oluşmasına neden olmakta ve bu zonlarda karstik erime daha yoğun gerçekleşmektedir.

4.3.1. Hidrojeolojik Etkenler

Bölgedeki obruk oluşumlarının en belirgin nedenlerinden biri, **aşırı yer altı suyu kullanımı**dır. Özellikle tarımsal sulama amacıyla açılan derin kuyulardan yüksek debili ve sürekli su çekimi, yer altındaki doğal boşlukların stabilitesini azaltmakta ve tavan çökmelerini tetiklemektedir. Bu durum, özellikle **düşey geçirgenliği yüksek zonlarda** obruk oluşumunu hızlandırmaktadır.

4.3.2. Obrukların Dağılımı ve Risk Alanları

Mevcut gözlemler, Karapınar başta olmak üzere obrukların **doğu-batı doğrultulu fay sistemlerine paralel** bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Obrukların büyük çoğunluğu aktif tarım alanları, yollar ve zaman zaman yerleşim alanları içerisinde meydana gelmekte olup, bu da insan hayatı ve ekonomik faaliyetler açısından önemli riskler oluşturmaktadır.



Şekil 13. Konya İli Obruk Duyarlılık Haritası (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2023)

4.3.3. Geleceğe Yönelik Tehlikeler ve Önlemler

Yüksek obruk potansiyeline sahip alanlarda yapılacak detaylı **mikro-bölgeleme çalışmaları**, **jeofizik etütler**, **hidrojeolojik modelleme** ve **uzaktan algılama teknikleri**, tehlike altındaki bölgelerin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca **yer altı suyu yönetimi**, **sürdürülebilir tarım** uygulamaları ve **toplumsal farkındalık** çalışmaları ile obruk oluşum riski azaltılabilir.

4.3.4. Obruk Tanımı ve Oluşum Mekanizması

Obruk, yer altındaki boşlukların tavanlarının çökmesi sonucu yüzeyde aniden oluşan ve/veya yüzeyde belirti veren dairesel veya eliptik şekilli çöküntü yapılarıdır. Genellikle **karstik bölgelerde** ve **çözünebilen litolojilere** sahip zeminlerde gelişirler. Obruklar, farklı büyüklüklerde ve derinliklerde oluşabilmekte olup, çapları birkaç metreden yüzlerce metreye, derinlikleri ise onlarca metreden 100 metreyi aşan değerlere ulaşabilir.

4.3.4.1. Obruk Oluşumunda Etkili Faktörler:

Obruklar genellikle **doğal ve antropojenik** (insan kaynaklı) süreçlerin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu süreçler şu şekilde özetlenebilir:

Karstlaşma Süreci:

Kireçtaşı, dolomit ve jips gibi kayaçlar, yer altı sularının kimyasal etkisiyle çözünerek zamanla yer altında boşluklar oluşturur. Bu boşluklar zamanla genişleyerek üstteki örtü tabakalarının çökmesine neden olur.

Yer Altı Suyu Seviyesinin Düşmesi:

Yoğun yer altı suyu kullanımı sonucu su tablasının hızla düşmesi, bu boşlukların stabilitesini azaltır ve tavan bloklarının çökmesine yol açar.

Tavan Malzemesinin Zayıflığı:

Yer altında oluşan karstik boşlukların üzerini örten zayıf zemin malzemesi (kil, silt gibi) uzun süre yük taşıyamaz ve zamanla çöker.

Fay Zonları ve Zayıf Alanlar:

Fayların oluşturduğu kırık-zonlar, yer altı suyu akışını ve karstik çözünmeyi hızlandırarak obruk gelişimini kolaylaştırır.

Obruk Türleri:

Obruklar oluşum mekanizmalarına göre şu şekilde sınıflandırılabilir:

Çökme (Collapse) Obrukları:

Yer altı boşluğunun tavanının dayanımını kaybetmesiyle ani olarak çöken yapılarıdır. Karapınar çevresindeki obrukların büyük çoğunluğu bu türdedir.

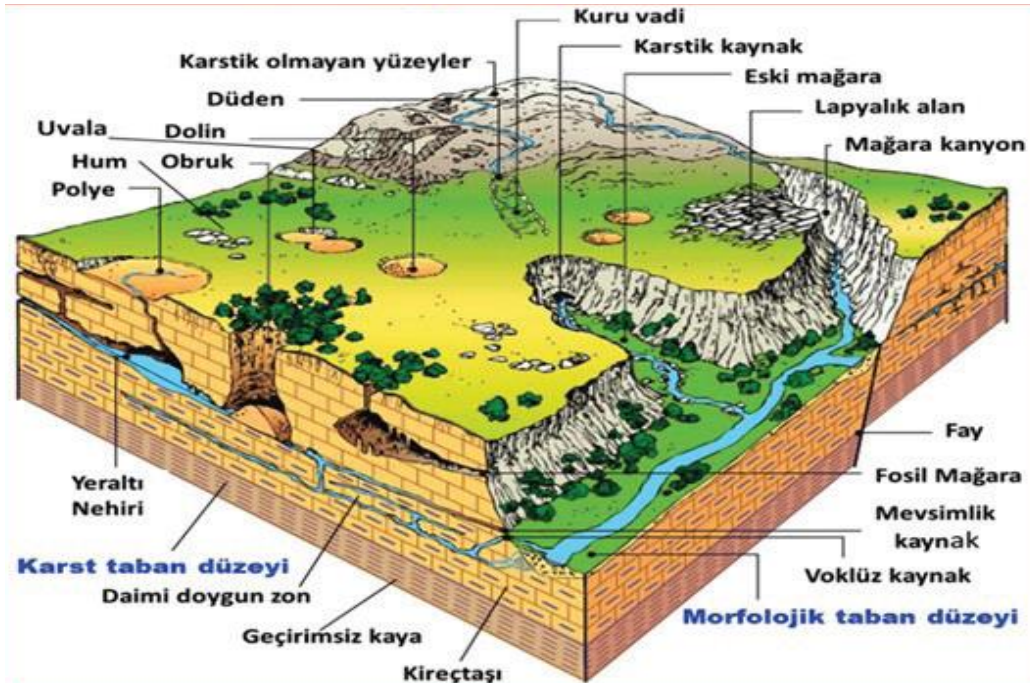
Erozyon (Solution) Obrukları:

Karstik çözünmeyle zamanla gelişen, daha az dramatik ama geniş çaplı çöküntülerdir.

Kapaklı (Cover-Collapse) Obruklar: Üstü alüvyal malzemeye kaplı olan ve bu örtünün çökmeye başlamasıyla gelişen obruklardır. En riskli türlerden biridir çünkü önceden belirti vermez.

Obrukların Önemi:

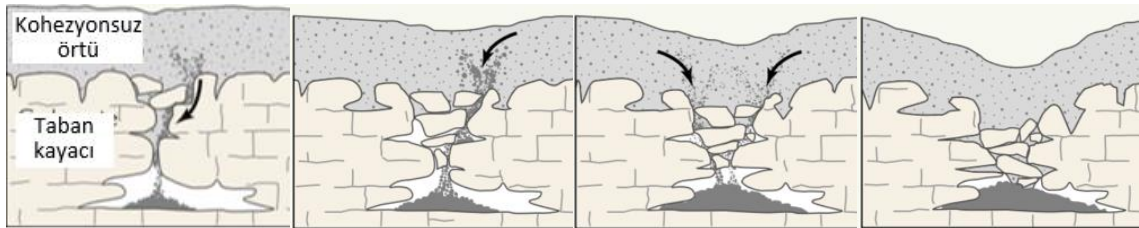
Obruklar, hem **doğal tehlike** (jeohazard) niteliği taşır hem de **jeomorfolojik süreçlerin izlerini** barındırır. Ayrıca, obruk gelişimi yer altı su kaynaklarının durumu hakkında da önemli bilgiler sunar. Bu nedenle yerleşim planlaması, tarım, altyapı projeleri gibi alanlarda dikkate alınması gereken kritik yapılardır.



Şekil 14. Karstik bir arazide gelişen başlıca yeryüzü şekilleri (Nazik, 2018)

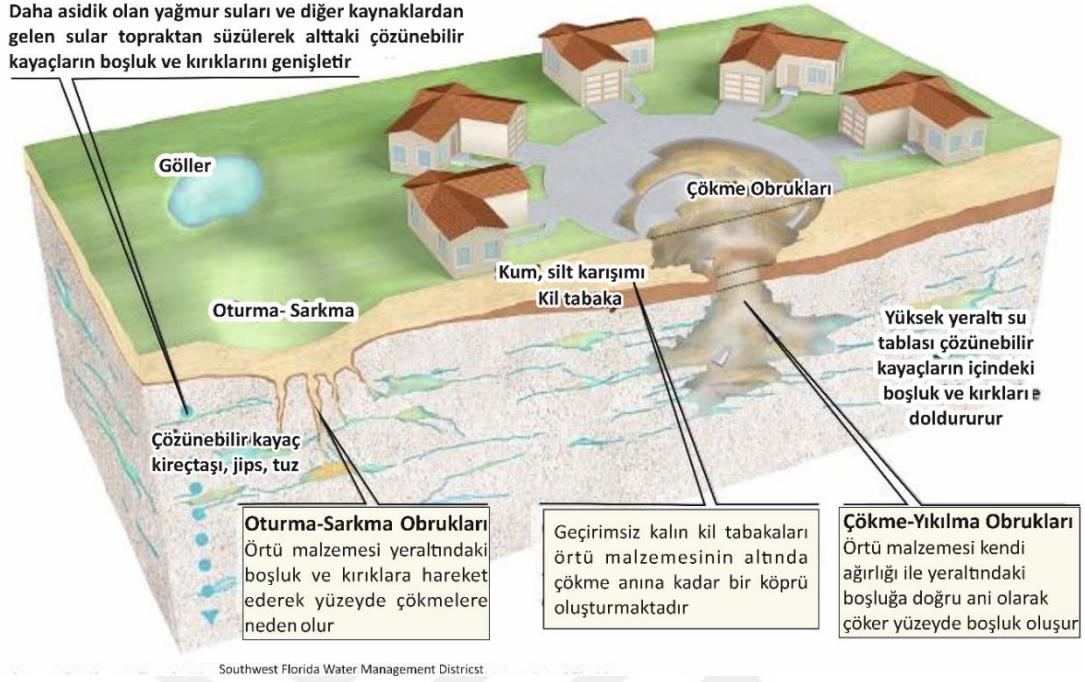
OLUŞUM NEDENİ VE ETKİLERİ	DOĞAL / ANTROPOJENİK ETKENLER
	- Suyun depolanması Milanovic, 2000 - İkincil su yoğunlaşması (şehirleşme, sulama, drenaj kuyuları) veya suyun yönünün değiştirilmesi Knight, 1971; White ve ark., 1986 - Bitki örtüsünün kaldırılması, sondajlar, belgesiz kuyular (Johnson ve ark., 2003; Johnson, 2005; Lambrecht ve Miller, 2006; Liguori ve ark., 2008) - Sıvı enjeksiyonu, çözelti madenciliği (Ege, 1984)
Su tablası düşüşü - Sedimanların etkili ağırlığını artırır (şamandıra desteği kaybı). - Yavaş ve serbest su akışı - Yeraltı su tablası çözülebilir kaya seviyesinin altına indirildiğinde, boğulma ve yutulmayı destekleyen daha hızlı aşağı süzölmeye dönüşür. - Sızma etkisi	DOĞAL ETKENLER - İklim değişikliği, Deniz seviyesi düşmesi Cooper ve Keller, 2001, - Drenaj ağının sabitlenmesi Ortega ve ark., 2013 - Tektonik yükseliş, izostatik geri tepme, halokinetik yükseliş Closson ve ark., 2007; Closson ve Karaki, 2009; Zarei ve ark., 2011 ANTROPOJENİK ETKENLER - Suyun tecrit edilmesi (Kemmerly, 1980; Newton, 1984; LaMoreaux ve Newton, 1986; Chen, 1988; Waltham ve Smart, 1988; Shaquor, 1994; Tihansky, 1999; Kaufmann ve Quinif, 2002; He ve ark., 2003; Keqiang ve ark., 2004; Waltham, 2008; Dogan ve Yilmaz, 2011; García-Moreno ve Mateos, 2011), - Madencilik işlemleri için su tecrit veya susuzlaştırma, (Foose, 1953; LaMoreaux ve Newton, 1986; Chen, 1988; Xu ve Zhao, 1988; Zhou, 1997; Li ve Zhou, 1999; De Bruyn ve Bell, 2001; Klimchouk ve Andrejchuk, 2005; Sprynskyy ve ark., 2009; Pando ve ark., 2013), - Göllerdeki su seviyesinin düşmesi (Ölü Deniz) (Yechieli ve ark., 2006; Frumkin ve ark., 2011), - Drenaj görevi gören kazılar (Fidelibus ve ark., 2011).
Suyun tutulması (Depolanması) - İç erozyon ve çözölmeyi destekleyen hızlı türbülans akışlarına yol açan yüksek hidrolik gradyanlar oluşturabilir. - Baz seviyesinin yükselmesi yeraltı suyu akış yollarını ve deşarj bölgelerinin konumunu değiştirir - Su tablasındaki büyük ve sürekli değişiklikler, karst kanallarının tekrar tekrar dolma ve boşalmasına neden olur. - Aşırı yük uygular	DOĞAL ETKENLER - Doğal Göller ANTROPOJENİK ETKENLER - Barajlar, Göletler (Milanovic, 2000; Uromeihy, 2000; Dogan ve Cicek, 2002; Romanov ve ark., 2003; Bonacci ve Roje-Bonacci, 2008; Johnson, 2008; Bonacci ve Rubinić, 2009; Cooper ve Gutiérrez, 2013 - Su depolamaları (Calò ve Parise, 2009), - Kanalizasyon lagünleri (Davis ve Rahn, 1997).
Erozyon ve Kazılar - Boşluk çatılarının kalınlığını ve mekanik mukavemetini azaltır. - Yeraltı suyu akışlarının yolunu ve hızını değiştiren yeni bir taban seviyesi oluşturabilir. - Dahili olarak aşınmış su kaynakları için bir çıkış yaratabilir. - Yeraltı suyu akışlarını bozar.	DOĞAL ETKENLER - Erozyon süreçleri - Biyojenik borular ANTROPOJENİK ETKENLER - Kazılar (J). Klasik ve çözelti madenciliği (Ege, 1984; Xu ve Zhao, 1988; Gongyu ve Wanfang, 1999; Li ve Zhou, 1999; Andrejchuk, 2002; Autin, 2002; Sharpe, 2003; Yin ve Zhang, 2005; Warren, 2006; Bonetto ve ark., 2008; Lucha ve ark., 2008'a; Wang ve ark., 2008; He ve ark., 2009; Mesescu, 2011; Parise, 2012), - galeri açma Milanovic, 2000; Song ve ark., 2012).
Statik yükler	DOĞAL ETKENLER

OLUŞUM NEDENİ VE ETKİLERİ	DOĞAL / ANTROPOJENİK ETKENLER
- Boşluk örtülerinin ve sıkıştırma işlemlerinin etkisini azaltır - Daha önce var olan kırıkların ve boşlukların boşaltılmasını sağlar	- Aggradation işlemleri. Buzul donma ve çözülme (Anderson ve Hinds, 1997). - Çökme süreçleri
	ANTROPOJENİK ETKENLER - Mühendislik yapıları, (Waltham, 2008), - Döküm alanları (Parise ve Pascali, 2003), - Ağır vasıtalar (Davis ve Rahn, 1997; Waltham ve ark., 2005).
Dinamik yükler Örtü kayanın direncini azaltır ve toprakların mukavemetinde azalmayı sağlayan sıvılaşma işlemlerine neden olabilir	DOĞAL ETKENLER - Depremler Nicoletti ve Parise, 2002; Closson ve ark., 2010; Del Prete ve ark., 2010'a, b; Kawashima ve ark., 2010 - Volkanik patlamalar
	ANTROPOJENİK ETKENLER - Yapay titreşimler - Patlatmalar
Donmuş Zeminlerin çözünmesi - Çözünmeyi artırır - Sedimanların gücünde önemli azalma	DOĞAL ETKENLER İklim değişikliği Satkunas ve ark., 2006).
	ANTROPOJENİK ETKENLER - Kentsel gelişim - Ormansızlaşma
Bitki Örtüsünün Azaltılması ve erozyon - Boşluk örtülerinin mekanik mukavemetini azaltır (kök çekimi) - Süzülme ve sızmayı yoğunlaştırabilir - Yeraltı suyu akışları için yerel bir taban seviyesi oluşturabilir	DOĞAL ETKENLER Vahşi yangınlar
	ANTROPOJENİK ETKENLER Bitki örtüsünün azaltılması

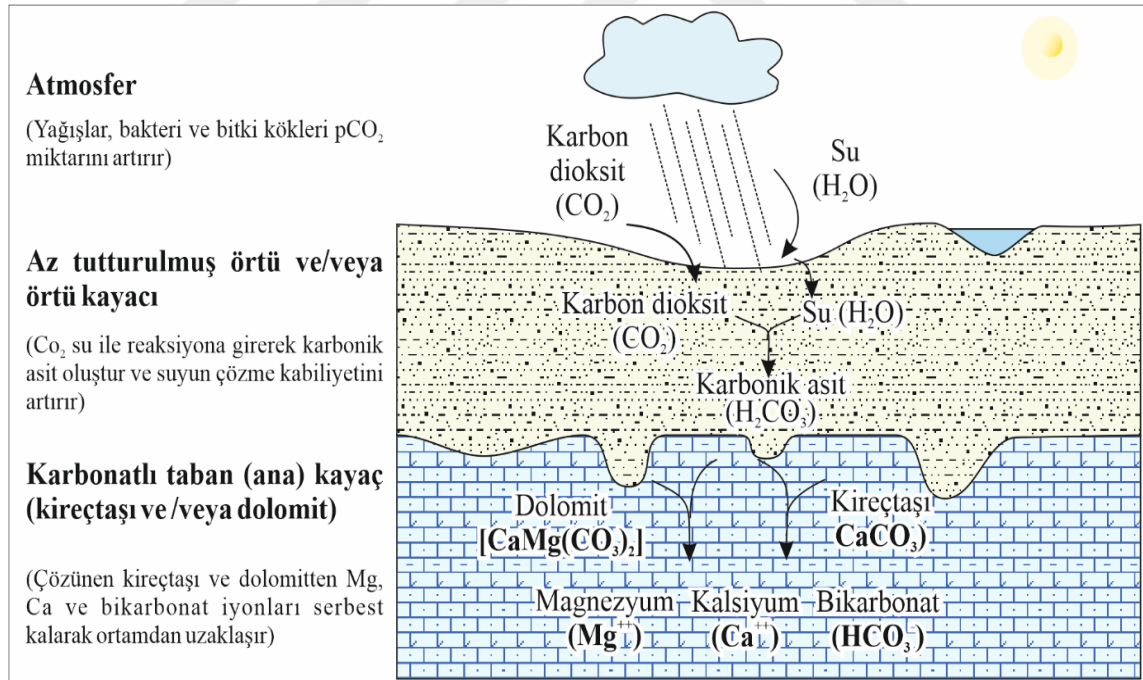


- Başlangıç evresi**
Yağışlarla gelen suyun yeraltına sızması ile üstteki kohezyonsuz örtü malzemesi alttaki ikincil boşluklar ve çatlaklar vasıtasıyla daha önce oluşan boşluğa doğru hareket eder.
- Gelişme evresi: Üstten gelen malzeme boru olarak tanımlanan bir sütun oluşturur.**
- Olgunlaşma evresi:**
Çözünme ve üstteki malzemenin önemli bir bölümünün aşağıdaki boşluğa hareket etmesi sonucu yüzeyde belirgin çöküntüler gözlenir.
- Çökme evresi: Yavaş çökme sonucunda birkaç cm'den onlarca cm boyutlarına ulaşan yüzey çöküntüleri meydana gelir.**

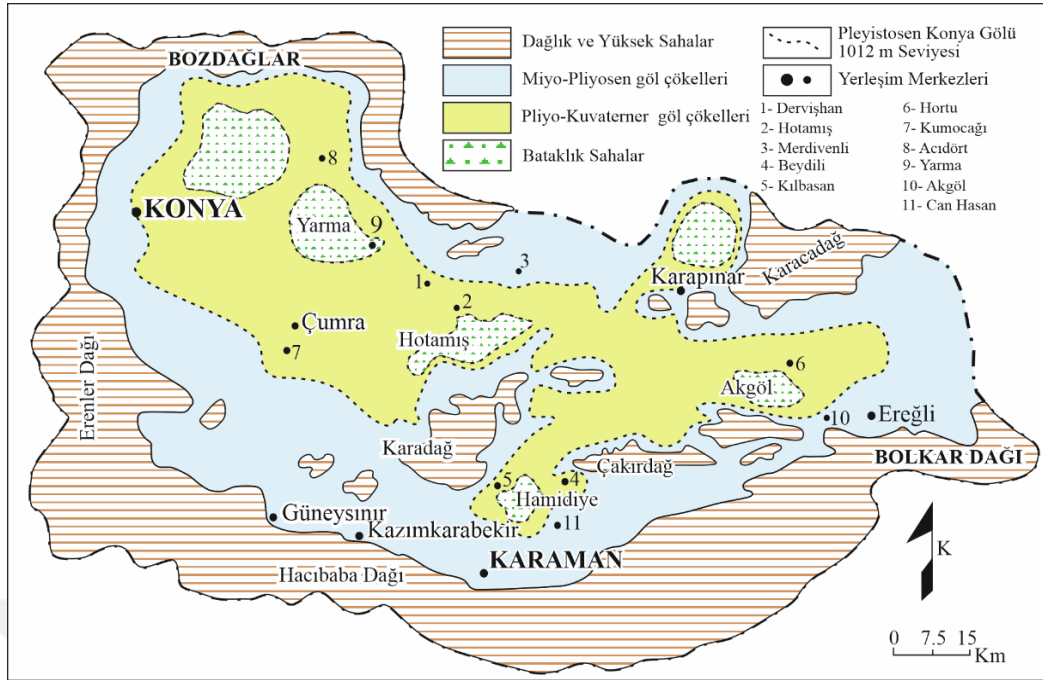
Şekil 16. Kohezyonsuz örtü bulunan karstik bölgelerde obruk gelişimi (Afad, 2021 and 2022; Galloway ve ark., 1999'dan)



Şekil 17. Kohezyonlu ve kohezyonsuz örtü bulunan karstik bölgelerde obruk oluşumları (Ferrara, 2020, SFWMD, 2021'den düzenlenerek)



Şekil 18. Karstik sistemde kireçtaşı ve dolomitlerin çözünme mekanizması (Galloway ve ark, 1999'dan ve Arık ve diğ. 2021)



Ereğli ve Emirgazi Yöresi: Sınırlı sayıda obruk oluşumu gözlenmekte birlikte, yer altı su seviyesinin hızla düşmesi ve alttaki jipsli-kireçtaşı litolojiler nedeniyle potansiyel tehlike taşımaktadır.

Konya Merkez ve Obruk Yaylası: Obruk Yaylası, adını bu çöküntü yapılarından alır. Obrukların çoğu antik veya yarı aktif durumdadır. Ancak bu bölgede jeolojik olarak risk devam etmektedir.

4.1.1.1. Obrukların Ortak Jeolojik Özellikleri

Litoloji: Obrukların oluştuğu alanlarda genellikle **kireçtaşı, jips, dolomit ve tuf** gibi kolay çözünabilen kayalar yaygındır.

Yapısal Kontroller: Bölgede yaygın olan **normal faylar**, yer altı su hareketlerini ve çözünme zonlarını yönlendirmekte, bu da obruk gelişimini hızlandırmaktadır.

Zemin Özellikleri: Yer altındaki çözünmüş boşlukları örten **alüvyon ve zayıf zemin örtüsü**, yüzey çökmesinde kilit rol oynar.

4.1.1.2. Son Dönem Gözlemleri

MTA (Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü) ve Konya Teknik Üniversitesi tarafından yapılan saha çalışmaları sonucunda, özellikle **2000’li yıllardan sonra obruk sayısında belirgin bir artış** gözlenmiştir. Bu artışın temel nedenleri arasında:

Kontrolsüz yer altı suyu kullanımı (özellikle derin sondaj kuyuları),
Kuraklık nedeniyle doğal yer altı su beslenmesinin azalması,
Tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu gösterilmektedir.

4.1.1.3. Tipik Obruk Örnekleri:

Kızören Obruğu: Karapınar yakınlarındaki bu obruk hem bilimsel çalışmalara hem de jeoturizme konu olmuştur. Çapı yaklaşık 300 m, derinliği 150 m civarındadır.

Ayrancı Obruğu, Meyil Obruğu, Yaylapınar Obruğu: Son 20 yılda oluşmuş, aktif obruk örneklerindendir.

4.1.2. Obruk Türleri ve Özellikleri

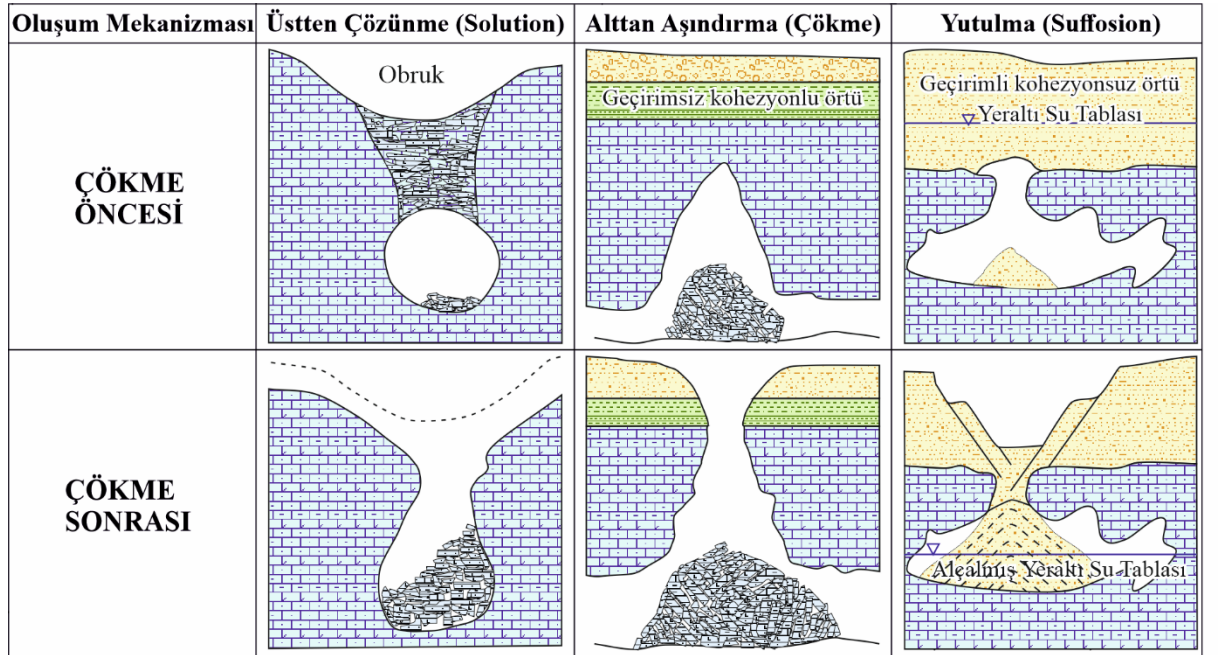
Obruklar, yer altındaki karstik boşlukların çökme ya da zayıflama sonucu yüzeye yansmasıyla oluşan morfolojik yapılardır. Aşağıda üç temel obruk oluşum mekanizması şematik olarak gösterilmiştir (Ford ve Williams, 1989; Doğan, 2010):

Üstten Çözünme (Solution): Karbonatlı kayaçların yüzeye yakın kesimlerinde, yağış ve yüzey sularının kimyasal çözündürmesiyle başlayan erime süreçleri sonucu oluşur. Zamanla yüzeyde çökmeler meydana gelir ve tipik huni biçimli obruklar gelişir.

Altan Aşındırma (Çökme): Yer altındaki boşlukların üstünde yer alan geçirimsiz veya kohezyonlu örtü tabakasının çökmesiyle oluşur. Genellikle çatlaklardan sızan suların alttaki karbonatlı kayacı çözündürmesiyle boşluklar genişler ve tavan çökerek obruğu meydana getirir.

Yutulma (Suffosion): Geçirimsiz ana kaya üzerinde bulunan gevşek, kohezyonsuz örtü tabakasındaki malzemenin yer altı suyu etkisiyle alttaki boşluklara taşınarak aşamalı şekilde yer değiştirmesiyle gelişir. Bu süreçte tabaka yavaşça aşağıya çekilir ve yüzeyde çökme oluşur.

Bu üç farklı mekanizma, obrukların morfolojisini, derinliğini ve oluşum hızını belirlemektedir. Aşağıdaki görselde çökme öncesi ve sonrası durumlar karşılaştırmalı olarak sunulurken her bir sürecin nasıl işlediği açıkça ortaya konmuştur.



Şekil 20. Çökme dolini (obruk) tipleri (Ford ve Williams, 1989 ve Doğan 2010'dan)

Obruklar, gelişim gösterdikleri jeolojik ortam, oluşum mekanizmaları ve morfolojik özelliklerine göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Waltham ve ark. (2005), obrukları oluşum yeri (ana kayaç veya örtü kayacı), örtü malzemesinin özellikleri ve çökme mekanizmalarına göre altı ana tipe ayırmıştır: (1) Çözünme (solution) obruğu, (2) Çöküntü (collapse) obruğu, (3) Örtü kayacı (caprock) obruğu, (4) Yıkılma (dropout) obruğu, (5) Yutulma (suffosion) obruğu ve (6) Gömülü (buried) obruk. Bu sınıflandırma daha sonra Gutierrez ve ark. (2008'a, 2008b) tarafından detaylandırılmış ve obrukların geliştikleri kaya türüne (karbonatlı, evaporitik vb.) ve yapısal özelliklerine göre çeşitlendirilmiştir. Gutierrez ve ark. (2014, 2016), Nam ve Kim (2017), Muzirafuti ve ark. (2020) ile Youssef ve ark. (2020) tarafından geliştirilen sınıflamada ise obruklar toplamda sekiz gruba ayrılmıştır. Bu sınıflama, hem oluşum ortamına göre (1) örtü kayacı (cover rock), (2) ana kayaç (bedrock) ve (3) tavan kayacı (caprock) obrukları hem de morfolojik deformasyon türlerine göre (4) çökme/yıkılma [collapse], (5) oturma [sagging], (6) yutulma [suffosion] ve (7) çözünme [solution] obrukları olarak belirlenmiştir. Bu obruk tipleri, özellikle karstik ve evaporitik ortamlarda yeraltı boşluklarının gelişimine bağlı olarak yüzeyde farklı çökme yapılarının oluşmasına neden olur (Ford ve Williams, 1989; Gutierrez ve ark., 2008). Aşağıda bu obruk türlerinin oluşum süreçleri ve düşey kesitleri şematik olarak sunulmuştur.

	ÇÖKME-GÖÇME (COLLAPSE)	OTURMA-SARKMA (SAGGING)	BOĞULMA (SUFFOSION)
ÖRTÜ KAYACI (Cover rock)	Örtü çökmesi (dropout) Altta közünebilien karbonatlı / evaporitik kayaların içindeki mağara ve boşlukların büyümesi çökmesi sonucu üstte su ile çözünmeyen kohezyonlu örtü aniden kırılarak çökmektedir.	Örtü oturması (sagging) Altta közünebilien karbonatlı / evaporitik kayaların içindeki boşlukların büyümesiyle üstteki kohezyonsuz örtü malzemesi bu boşluklara hareket ederek yüzeyde çöküntüler oluşmaktadır.	Boğulma (suffosion) Kohezyonsuz örtü malzemesinin yüzey suları ile altta közünebilien kayaların kırık ve çatlaklarına taşınması ve yutulması sonucu ana kayacın yüzeylemesine kadar ilerleyen yayvan kenarlı çökmeler oluşmaktadır.
ANA KAYAÇ (Bedrock)	Ana kayaç çökmesi (collapse) Karbonatlı / evaporitik kayaların olduğu bölgede altta közünebilien mağara veya küçük boşlukların giderek büyümeleri ani olarak tavanın çökmesi sonucu oluşan kırıklı, çatlaklı, boşluklu morfolojik yapılar.	Ana kayaç oturması (sagging) Karbonatlı / evaporitik kayaların yüzey şartlarında yavaş yavaş közünen çözünmesi çözün malzemenin altta közünebilien kırık ve çatlaklara taşınması ile oluşu ve küçük çökmeler meydana gelebilir.	Çözünme (solution) obruğu Çatlakların genişlemesi Yüzey aşınması Küçük çökmeler Karbonatlı / evaporitik kayaların bulunduğu yerlerde çatlaklı, kırıklı ve suda közünebilien kayaların yüzey şartlarında yavaş yavaş közünen çözün malzemenin altta közünebilien kırık ve çatlaklara taşınması ile oluşurlar.
TAVAN KAYACI (Cap rock)	Tavan kayacı (caprock) çökmesi Altta közünebilien kayaları örten kohezyonlu, sıkı tavan kayacının altta közünebilien kayaların kırık ve boşluklarının büyümesi sonucu ani olarak çökmesi sonucu oluşur.	Tavan kayacı (caprock) oturması Eski çözünme veya çökme obruğunun zamanla kohezyonsuz tavan kayacına ait malzeme ile doldurulduğu yerlerde morfolojik olarak hafif çöküntüler oluşmaktadır.	Ford ve Williams (1989) Jennings (1985) Waltham vd. (1995) Galloway vd. (1999) Gutierrez vd. (2008)

Şekil 21. Oluştukları kayaç tipi, morfolojik şekillerine göre obruk oluşum türleri (Afad, 2021 ve 2022; Arık ve diğ. 2021)

4.1.3. Yer yarıkları (Earth fissures)

Yer yarıkları, özellikle alüvyal zeminlerde yüzeyde gözlenen ve genellikle yeraltı suyu seviyesinin aşırı düşmesiyle ilişkilendirilen yüzeysel çatlaklardır. Bu yapılar, zemin oturmaları sonucu gelişmekte olup, oluşum mekanizmaları üzerine çeşitli teoriler ortaya konmuştur. En yaygın kabul gören model, konsolide olmamış alüvyon havzalarında yeraltı su seviyesinin düşmesiyle birlikte farklı zemin sıkışmaları meydana geldiğini öngörmektedir. Buna göre, havzanın kenar kesimlerinde yer alan daha ince alüvyon

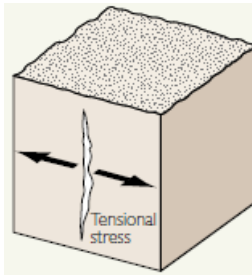
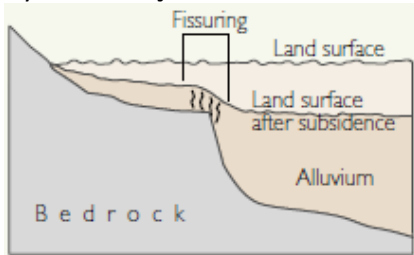
tabakaları, havzanın orta ve daha derin bölgelerinde bulunan kalın alüvyonlara kıyasla daha az sıkışır. Bu durum, yüzeyde diferansiyel oturmalar nedeniyle çekme gerilmelerinin oluşmasına ve bunun sonucunda örtü birimlerinde çatlakların gelişmesine neden olur. Yer yarıkları, bu gerilmelerin yüzeyde açığa çıkmış biçimidir ve özellikle aşırı su çekimi yapılan tarımsal alanlarda yaygın olarak gözlenmektedir.

Bununla birlikte, yer yarıklarının oluşumuna dair farklı mekanizmalar da literatürde tartışılmaktadır. Bunlardan biri, yatay gerilmelerin etkisiyle, rijit bir levhanın altında yer alan daha az sıkışan ve nispeten sağlam bir zemin üzerinde deformasyona uğrayarak kırılmasıdır. Ancak, mevcut çatlaklara paralel biçimde yeni çatlakların gelişmesi, bu mekanizmanın geçerliliğini zayıflatmaktadır.

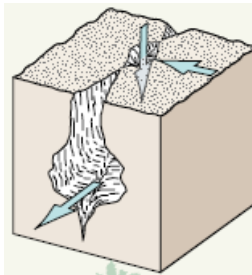
Alternatif olarak önerilen mekanizmalar arasında; hidrokompaksiyon (susuz toprakların ıslanarak ani hacim kaybı), yeraltı su seviyesinin düşmesi sonucu düşük yoğunluklu doymuş zeminlerin çökmesi, toprak-nem dengesi ile ilgili gerilim artışı gibi zemin davranışına dayalı süreçler yer almaktadır. Ayrıca, boru erozyonu, deprem sırasında meydana gelen toprak yırtılmaları, reaktivasyon gösteren faylar, doğal yeraltı boşluklarının (mağaraların) veya madenlerin çökmesi, organik zeminlerin oksidasyon yoluyla hacim kaybı ve diyapirleşme (tuz kütlelerinin yükselmesi) gibi jeodinamik süreçler de yer yarıklarının gelişiminde etkili olabilmektedir.

Yer yarıkları boyunca, çatlak izleri boyunca ilerleyen yeraltı toprak erozyonu, bu yapıların zamanla daha da derinleşmesi ve genişlemesi sürecinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Eaton ve ark., 1972; Carpenter, 1993).

- Arazide örtü kalınlığı azaldıkça (hidrosıkıştırma alüvyon gerilir ve sonunda, genellikle alüvyon kalınlığında ani değişiklik olan yerde yarıklar oluşur.



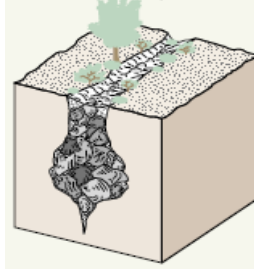
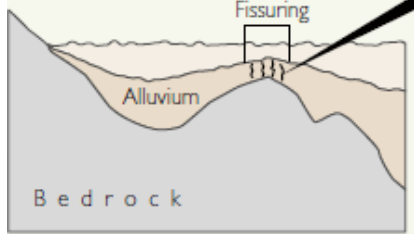
Yanal gerilmeler tansiyon (gerilim) çatlaklarına neden olur.



Çatlaklardan yüzey suyu sızarak toprağı bağlayan doğal çimentoyu çözer, kılcal çatlakları birbirine bağlar ve çatlağı daha da aşındırır ve genişletir.

- Yanal gerilmeler tansiyon (gerilme) çatlaklarına neden olur. Diferansiyel sıkışma çatlakları, havza kenarlarına yakın veya ana kayanın yüzeye yakın

olduğu gibi alüvyon kalınlığının değiştiği alanlarda yoğunlaşır.



Çatlaklar yüzey akışını kontrol ederek dere sedimanlarını yutar ve aşamalı olarak genişler. Sonunda bitki örtüsü gelişir ve yarığın izi boyunca bir bitki örtüsü çizgisi oluşturur.

Şekil 22. Yüzey yarıklarının oluşum mekanizması (Galloway ve ark., 1999)

Yer yarıkları, yalnızca doğal süreçlerin değil, aynı zamanda insan faaliyetlerinin de bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle yeraltı suyunun aşırı ve kontrolsüz kullanımı, bu tür yüzey deformasyonlarının oluşumunu ciddi biçimde tetiklemektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nin Arizona eyaletinde, 1900 yılından itibaren sulama, madencilik ve belediye hizmetleri gibi amaçlarla yeraltı suyu kullanımı artış göstermiştir. Bazı bölgelerde akifer sistemine doğal yollarla yeniden giren su miktarının 500 katından fazla su çekilmiş ve bu durum, yeraltı su seviyelerinde ciddi düşüşlere yol açmıştır (Schumann ve Cripe, 1986). Yeraltı suyu seviyesindeki bu azalma, özellikle sıkıştırılabilir killi ve ince taneli alüvyonların eşit olmayan şekilde sıkışmasına neden olmuş, bu da yüzeyde yer yarıklarının oluşumuna zemin hazırlamıştır. Sonuç olarak, bu yarıklar binalarda, otoyollarda, demiryollarında, taşkın kontrol yapılarında ve kanalizasyon hatlarında ciddi yapısal hasarlara sebebiyet vermiştir (Galloway ve ark., 1999).

Benzer süreçler Türkiye'de de gözlemlenmektedir. Batı Anadolu'da Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Gediz grabenleri içerisinde alüvyal malzemenin farklı derecelerde sıkışması sonucunda çok sayıda yüzey yarığı gelişmiştir. Konya Kapalı Havzası'nda ise iklim değişikliği, uzun süreli kuraklıklar ve özellikle tarımsal sulama için yapılan aşırı ve plansız yeraltı suyu kullanımı, yeraltı su seviyelerinin sürekli düşmesine neden olmaktadır. Bu düşüm, özellikle havza kenarlarında alüvyon kalınlığının hızlı değiştiği alanlarda, yüzeyde belirgin yarıkların oluşmasına yol açmıştır. Havza içi bölgelerde meydana gelen yer yarıkları ise genellikle alüvyal örtü altındaki eski topoğrafik yüzeyler nedeniyle ortaya çıkan yükselti farkları ile ilişkilidir.

Son yıllarda Konya Kapalı Havzası'nın farklı kesimlerinde yer yarığı oluşumlarında belirgin artış gözlenmiştir. Özellikle Konya-Aşağı Pınarbaşı, Aslımyayla, Hotamış-İsmil, Karapınar-Sultaniye, Emirgazi, Ereğli-Sazgeçit, Yunak-Çeltik ve Akşehir alt havzaları bu deformasyonların en sık izlendiği alanlar arasında yer almaktadır. Bu yer

yarıkları, yalnızca tarımsal üretimi tehdit etmekle kalmamakta; yerleşim alanları ve altyapılar açısından da önemli riskler oluşturmaktadır.

4.2. Gömülü Risklerin Araştırılması

4.2.1. Sondaj, Araştırma Çukuru Çalışmaları ve Arazi Gözlemleri

İnceleme alanında gömülü risk araştırmalarının temelini oluşturan sondaj çalışmaları, ERT çalışmalarından sonra yeraltında obruk açısından risk öngörülen noktalardan yapılarak gömülü boşluklar,ve faylar, zemin türlerinin düşey yöndeki dağılımlarını belirlemek, fiziksel ve mekanik özelliklerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, kamyonu monteli hidrolik sondaj makinesi kullanılarak rotary sistem ile 15,00 m derinliğe kadar inen toplam 12 adet sondaj kuyusu açılmıştır (daha derin sondajlar obruk açısından önemli olması karşın imkan dahilinde 15 metre ile sınırlandırılmıştır). Sondaj sırasında, zemin birimlerinin indeks ve dayanım parametrelerinin belirlenebilmesi için Standart Penetrasyon Testi (SPT) uygulanmış, ayrıca bozunmamış örneklerin (UD) alınmasına olanak sağlanmıştır.

Sondajlardan elde edilen veriler, bölgedeki zemin birimlerinin mühendislik amaçlı sınıflandırılmasına katkı sağlamış; özellikle yer altı tabakalarının litolojik özellikleri, su seviyesi bilgileri, boşluk varlığı ve zemin geçişleri detaylı şekilde analiz edilmiştir. Sondaj noktalarına ait koordinatlar, derinlikler ve litolojik geçişler toplu olarak değerlendirilmiş ve çalışma kapsamında hazırlanan sondaj logları ve kesitlerle desteklenmiştir. Sondaj verileri, arazide yapılan jeolojik gözlemlerle birlikte değerlendirilerek bölgenin yapısal özellikleriyle bütünlük oluşturacak şekilde gömülü risklerin ortaya çıkartılması şeklinde yorumlanmıştır.

Tablo 3. İnceleme Alanında Yapılan Sondajların koordinatları ve metreleri (ITRF96-3⁰)

Sondaj No	Koordinatlar		Derinlik (m)	Litoloji
	Y	X		
SK1	480279	4217456	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK2	480317	4217412	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK3	480413	4217392	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK4	480338	4217352	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK5	480404	4217513	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK6	480447	4217200	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK7	480492	4217043	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK8	480571	4216910	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK9	480665	4217133	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK10	480732	4217063	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK11	480797	4216972	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu
SK12	480758	4217002	0,00-0,50	Nebati Toprak
			0,50-15,00	Divanlar Formasyonu

Tablo 4. İnceleme Alanında Yapılan Sondajlara ait Laboratuvar deneyleri

Kuyu NO	Numune	Derinlik	Doğal Su Muhtevası	B.H.A.	Atterberg Limitleri			USCS
SK-1	UD	3	17.40432			NP		ML
SK-1	SPT	4.5	28.68058			NP		ML
SK-1	UD	6	25.21107			NP		ML
SK-1	SPT	7.5	15.94303			NP		ML
SK-1	UD	9	14.93372			NP		ML
SK-1	SPT	10.5	24.81175			NP		ML
SK-2	UD	3	16.85228			NP		ML
SK-2	SPT	4.5	17.97715			NP		ML
SK-2	UD	6	20.75576	19.79	65	20	45	CH
SK-2	SPT	7.5	10.05192			NP		ML
SK-2	UD	9	14.45904			NP		ML
SK-2	SPT	12	26.08696			NP		ML
SK-3	UD	3	37.59576			NP		ML
SK-3	SPT	4.5	17.0079			NP		ML
SK-3	UD	6	22.09228			NP		ML
SK-3	SPT	7.5	77.60438			NP		ML
SK-3	UD	9	29.19968			NP		ML
SK-3	SPT	12	19.94835			NP		ML
SK-4	UD	3	17.03696			NP		ML
SK-4	SPT	4.5	44.21028			NP		ML
SK-4	UD	6	22.60608		61	36	25	MH
SK-4	SPT	7.5	17.86985			NP		ML

SK-4	UD	9	14.75889		64	33	31	MH
SK-4	SPT	10.5	15.9292			NP		ML
SK-5	UD	3	12.6878			NP		ML
SK-5	SPT	4.5	14.98605			NP		ML
SK-5	UD	6	23.42003		62	32	30	MH
SK-5	SPT	7.5	21.50979			NP		ML
SK-5	UD	9	11.13132			NP		ML
SK-5	SPT	10.5	15.41537			NP		ML
SK-6	UD	3	10.16767			NP		ML
SK-6	SPT	4.5	25.28033			NP		ML
SK-6	UD	6	19.34108			NP		ML
SK-6	SPT	7.5	25.26407			NP		ML
SK-6	UD	9	11.15051			NP		ML
SK-6	SPT	10.5	18.14714			NP		ML
SK-7	UD	1	11.53544			NP		ML
SK-7	SPT	2.5	18.79928			NP		ML
SK-7	UD	4	15.54019			NP		ML
SK-7	SPT	5.5	23.86655			NP		ML
SK-7	UD	7	23.30308			NP		ML
SK-7	SPT	9	13.55645			NP		SM
SK-7	SPT	10.5	27.66564			NP		ML
SK-8	UD	1	4.685368	18.31		NP		SM
SK-8	SPT	2.5	8.778696			NP		ML
SK-8	UD	4	18.44207			NP		ML
SK-8	SPT	5.5	18.49042			NP		ML
SK-8	UD	7	23.16891			NP		ML
SK-8	SPT	9	12.01754			NP		ML
SK-8	SPT	12	23.70398			NP		ML
SK-9	UD	1	7.04622			NP		ML
SK-9	SPT	2.5	6.568642			NP		SM
SK-9	UD	4	15.37721			NP		ML
SK-9	SPT	5.5	10.65078			NP		ML
SK-9	UD	7	22.70322	18.44		NP		GM
SK-9	SPT	12	15.42138			NP		ML
SK-10	UD	4	18.86626			NP		ML
SK-10	SPT	5.5	20.03185		60	32	28	MH
SK-10	UD	7	8.316853			NP		ML
SK-10	SPT	8.5	14.66067			NP		ML
SK-10	SPT	12	12.91879		59	32	27	MH
SK-11	UD	1	26.11312			NP		ML
SK-11	SPT	2.5	17.61958			NP		ML
SK-11	UD	4	20.07338			NP		ML
SK-11	SPT	5.5	19.35304			NP		ML
SK-11	UD	7	25.83564			NP		ML
SK-11	SPT	12	18.28448			NP		ML
SK-12	UD	1	6.817975			NP		ML
SK-12	UD	4	12.49324	18.48		NP		SM
SK-12	SPT	5.5	7.746521			NP		ML
SK-12	UD	7	18.81564			NP		ML
SK-12	SPT	8.5	13.24			NP		ML
SK-12	SPT	12	23.9136			NP		ML

İnceleme alanında gerçekleştirilen arazi deneyleri kapsamında, özellikle Divanlar Formasyonu'na ait zemin nitelikli birimlerde, yerinde zemin davranışlarının belirlenmesi amacıyla in-situ ölçümler yapılmıştır. Zeminlerin kıvam ve sıkılık durumlarının değerlendirilmesi, jeoteknik parametrelerinin elde edilmesi ve zemin sınıflamalarında kullanılmak üzere yeterli sayıda numune alınması hedeflenmiştir.

Bu kapsamda, her sondaj kuyusunda yaklaşık 1,5 metre aralıklarla Standart Penetrasyon Testi (SPT) uygulanmıştır. Testler sırasında alınan örselenmiş (disturbed) SPT numuneleri, laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere muhafaza edilmiştir. Elde edilen penetrasyon değerleri, zeminin sıkılık ve kıvam derecelerinin belirlenmesinde doğrudan kullanılmış; ayrıca bu veriler, zemin sınıfı tayinleri ile taşıma gücü ve oturma analizlerinde temel girdi olarak değerlendirilmiştir.

4.2.2. Jeofizik Çalışmaların Analizi

İncelenen alanın obruk riski açısından değerlendirilmesi kapsamında, farklı özellikli zeminlerin dinamik-elastik mühendislik parametrelerini, tabaka kalınlıklarını, deprem yönetmeliklerine göre zemin sınıflarını belirlemek için **8 adet sismik kırılma ve 3 profilde Ert** çalışmaları yapılmıştır.

Bu ölçümlere bağlı olarak tabakalanma, yer altı hız yapısı, zeminlerin dinamik-elastik mühendislik parametreleri, zemin sınıfları, zemin hâkim titreşim periyotları, zemin büyütme belirlenmiştir. Jeofizik ölçümler, alanı en iyi şekilde temsil edecek yerlerde alınmıştır.

Sismik aratırmada, ABEM Seistronix RAS24 marka 12 kanallı, 51171 seri numaralı, sinyal biriktirmeli sismik alet kullanılmıştır



Şekil 23. İnceleme Alanında Yapılan ERT Çalışmaları Uydu Görüntüsü



Şekil 24. İnceleme alanında yapılan jeofizik çalışmalara ait görüntüler

Bu çalışmada gerçekleştirilen sismik kırılma etüdünün temel amacı; belirlenen ölçüm profilleri boyunca yeraltı yapısının (tabaka sayısı, tabaka kalınlıkları, boyuna dalga hızı – V_p , kayma dalga hızı – V_s) ve zemine ait dinamik elastik parametrelerin (yoğunluk,

Poisson oranı, elastisite modülü, kayma modülü, zeminin hâkim titreşim periyodu, yatak katsayısı vb.) belirlenmesidir.

Sismik etüt kapsamında, V_p (boyuna) ve V_s (enine) dalga hızları derinliğe bağlı olarak belirlenmiştir. V_p hızı, zemin tanelerinin birbirleriyle temas biçimine ve gözenek suyunun kıvamı ile sıkışabilirliğine bağlıdır. V_s hızı ise, zemini oluşturan tanelerin boyutu, biçimi ve sıklığı gibi özelliklerden etkilenen yapısal esnekliği ifade eder.

Sahada ölçülen bu sismik hızlar sayesinde, zeminin dinamik yükler altındaki davranışı hakkında önemli veriler elde edilmiş ve bu veriler, zemin cinsine yönelik değerlendirmelerde kullanılmıştır. Yapılan sismik kırılma çalışmaları sonucunda elde edilen V_p ve V_s hızları ile tabaka kalınlıkları (H), Ekler bölümünde grafikler ve tablolar hâlinde sunulmuştur.

Tablo 5. MASW-Kırılma çalışmalarından elde edilen V_p , V_s hızları ve Tabaka Kalınlıkları

Serim No	Katman	V_p	V_s	H(m)
1	I	385	230	8,50
	II	745	340	
2	I	370	170	7,50
	II	790	370	
3	I	405	190	7,05
	II	790	290	
4	I	445	230	8,50
	II	770	340	
5	I	345	170	7,50
	II	830	370	
6	I	365	190	7,05
	II	685	290	
7	I	340	170	7,05
	II	700	310	
8	I	355	170	7,00
	II	765	330	

4.2.3. Zeminin Dinamik ve Elastik Parametrelerinin İncelenmesi

Statik yükler altında zeminlerin taşıma gücü, şişme ve oturma potansiyeli gibi mühendislik özellikleri büyük önem taşırken; dinamik yükler altında zeminin davranışının değerlendirilmesinde elastisite modülü (Young's Modülü), kayma modülü, hacimsel (bulk) modül ve Poisson oranı gibi elastik parametreler kritik rol oynamaktadır. Bu parametreler, zeminin tekrarlayan (sismik) yükler altındaki esneklik ve deformasyon kapasitesini yansıtan temel büyüklüklerdir.

Çalışma alanında gerçekleştirilen sismik etütler sonucunda, V_s (kayma dalgası) hızları kullanılarak zeminlerin hâkim titreşim periyotları ve zemin büyütme katsayıları hesaplanmıştır. Bu değerler, yer hareketlerinin zeminde nasıl şiddetleneceğini öngörmek açısından önemli göstergeler sunmaktadır.

S dalgaları (kesme dalgaları olarak da adlandırılır), parçacık hareketinin dalga yayılım yönüne dik olduğu elastik dalgalardır. Bu dalgalar yalnızca katı ortamlarda yayılabilir ve bu özellikleri nedeniyle yer kabuğunun mekanik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir parametre olarak değerlendirilir. Depremler sırasında yıkıcı etkileriyle öne çıkan dalgaların başında S dalgaları ve yüzey dalgaları gelmektedir.

S dalgalarının yayılma hızları, genellikle P (birincil) dalgalarının hızının %60 ila %70'i kadardır; bu da yaklaşık 3–4 km/s arasında değişen bir hız aralığına karşılık gelmektedir. S dalgaları sıvı ortamlarda yayılım gösteremez; bu nedenle, sıvı özelliğe sahip olan manto tabakalarına ulaşamazlar ve deprem merkezinden itibaren yaklaşık 103° uzaklıktaki bölgelerde kaydedilemezler.

Zemin etütlerinde ve mühendislik jeolojisi çalışmalarında V_s dalga hızları, yeraltındaki katmanların sertlik, elastiklik ve zemin sınıflarının tayininde kritik rol oynar. Bu dalgaların yayılımı, özellikle yapı-zemin etkileşimlerinin modellenmesi ve deprem tehlikesi analizlerinde temel veri olarak kullanılmaktadır.

S Dalga Hızı (m/sn)	Zemin Durumu
<200	Yumuşak-Orta
200-300	Katı
300-500	Çok Katı
500-750	Sert

İnceleme alanlarında gerçekleştirilen sismik çalışmalar sonucunda elde edilen S dalgası hızı (V_{s30}) değerleri 277 m/sn ile 527 m/sn arasında değişmektedir. Bu değerler, Özaydın (1982) tarafından önerilen kohezyonlu zeminlerin V_s hızlarına göre yapılan sınıflandırmaya göre değerlendirildiğinde, “katı-sert” zemin grubuna karşılık gelmektedir. Bu sınıflandırma, zeminlerin mühendislik davranışları açısından önemli bir gösterge olup, zemin rijitliğinin ve yapı-zemin etkileşiminin analizinde dikkate alınması gereken bir parametredir.

S Dalga Hızı (m/sn)	Zemin Durumu
<300	Gevşek
300-600	Orta Sıkı
600-800	Sıkı
800-1000	Çok Sıkı

Sismik hız oranı (V_p/V_s), zeminin sıkılık derecesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir ve aynı zamanda zeminin yoğunluğu hakkında da bilgi sunar. Bu oranın 0–2 aralığında olması zeminin sıkı, 2–3 aralığında olması az sıkı, 3 ve üzeri olması ise gevşek zemin özelliklerine işaret eder. Ayrıca, V_p/V_s oranı zeminin sıvılaşma potansiyeli açısından da önemli bir gösterge niteliğindedir. Özellikle gevşek, suya doygun siltli kum ve kum zeminlerde bu oranın 3’ten büyük çıkması, zeminin sıvılaşma potansiyeli taşıdığını gösterir. Bu durum, olası bir depremin büyüklüğü, süresi ve etkilediği alan gibi faktörlere bağlı olarak zemin sıvılaşmasının meydana gelebileceğine işaret etmektedir.

Poisson Oranı	V_p/V_s	Sıkılık
0.5	∞	Cıvık-Sıvı
0.4-0.49	2.49- ∞	Cok Gevsek
0.3-0.39	1.87-2.49	Gevsek
0.2-0.29	1.71-1.87	Sıkı-Katı
0.1-0.19	1.50-1.71	Katı
0-0.09	1.41-1.50	Sağlam Kaya

4.4.3.1 ELASTİSİTE MODÜLÜ (E, kg/cm²);

Elastisite modülü (E), bir doğrultuda uygulanan gerilmelerin (stres), o doğrultuda meydana gelen şekil değişimlerine (strain) oranı olarak tanımlanır. Başka bir ifadeyle, zemine uygulanan düşey basınca karşılık yerin düşey yönde ne kadar deformasyona uğradığını gösteren bir parametredir. Elastisite modülü, sismik dalga hızları kullanılarak aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$E = G \times (3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2)$$

Bu formülde:

E: Elastisite modülü,

G: Kayma modülü,

V_p: Boyuna (P) dalga hızı,

V_s: Enine (S) dalga hızı olarak tanımlanır.

Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı (Keçeli, 1990)

Elastisite Modülü – E- kg/cm ²	DAYANIM
< 1000	Çok Zayıf
1000 - 5000	Zayıf
5000 - 10000	Orta
10000 - 30000	Sağlam
> 30000	Çok Sağlam

4.4.3.2 KAYMA (Shear) MODÜLÜ (μ, kg/cm²);

Kayma Modülü (μ), zeminin katılığını ve makaslama (shear) kuvvetlerine karşı direncini ifade eden önemli bir elastik parametredir. Zeminin kayma mukavemeti, dayanabileceği maksimum makaslama gerilmesi olarak tanımlanır ve özellikle depremler sırasında zeminin davranışını öngörmek ve olası hasarları değerlendirmek açısından kritik öneme sahiptir. Kayma modülü, aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$\mu = \rho \times V_s^2$$

Bu formülde:

μ: Kayma modülü,

ρ: Zemin birim hacim kütlesi (yoğunluk),

V_s: S dalgası (kesme dalgası) hızı olarak tanımlanır.

Kayma Modülü (μ , kg/cm ²)	Dayanım
<400	Çok zayıf
400-1500	Zayıf
1500-3000	Orta
3000-10000	Sağlam
>10000	Çok sağlam

4.4.3.3 BULK (Sıkışmazlık) MODÜLÜ- (K kg/cm²)

Bulk Modülü (K), zeminin hacimsel olarak sıkışabilirliğini ifade eden bir elastik parametredir. Başka bir deyişle, zeminin tüm yönlerden uygulanan basınca karşı gösterdiği sıkışma direncini tanımlar. Bu parametre, özellikle dinamik yükler altında zemin davranışının modellenmesinde ve yapı-zemin etkileşimlerinin değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bulk modülü, dalga yayılım teorisinden elde edilen iki farklı formülle hesaplanabilir:

$$K = E / [3(1 - 2\sigma)] \quad (E: \text{Elastisite modülü}, \sigma: \text{Poisson oranı})$$

$$K = \rho \times (V_p^2 - 4/3 \times V_s^2) / 100 \quad (\rho: \text{Yoğunluk}, V_p: \text{Boyuna dalga hızı}, V_s: \text{Kesme dalga hızı})$$

Bu hesaplamalar ile zeminin sismik davranışı ve deformasyon kapasitesi hakkında önemli bilgiler elde edilir.

Bulk Modülü (K, kg/cm ²)	Sıkışma
<400	Çok Az
400-10000	Az
10000-40000	Orta
40000-100000	Yüksek
>100000	Çok Yüksek

4.4.3.4 POISSON ORANI;(σ)

Poisson Oranı (σ), bir malzemenin enine yönde meydana gelen birim deformasyonunun, boyuna yönde meydana gelen birim deformasyona oranı olarak tanımlanır. Zeminlerin elastik davranışının değerlendirilmesinde kullanılan önemli parametrelerden biridir. Aynı zamanda zeminin katılığına ve gözenekliliğine dair dolaylı bilgi sunar. Değersiz (birimsiz) bir niceliktir ve 0 ile 0.5 arasında değer alır.

Zeminlerde Poisson oranı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$\sigma = (V_p^2 - 2 \times V_s^2) / [2 \times (V_p^2 - V_s^2)]$$

Burada;

V_p: Boyuna dalga hızı (m/sn),

V_s: Kesme (S) dalgası hızı (m/sn)'dir.

Yüksek Poisson oranı değerleri, zeminlerin daha az gözenekli ve daha rijit (sert) olduğunu, düşük değerler ise daha gevşek ve gözenekli yapıları işaret eder.

Poisson Oranı	Zemin Özelliği
0 – 0.25	Gözeneksiz
0.25 – 0.40	Gözenekli -porozlu
0.40 – 0.45	Gözenekli – Suya doymuş

YOĞUNLUK: ρ (gr/cm³)

Zemin birimlerinin yoğunluğu, sismik boyuna dalga (V_p) hızlarına bağlı olarak ampirik yöntemlerle tahmin edilebilmektedir. Telford (1976) tarafından önerilen ve yaygın olarak kullanılan bu ampirik ilişki, zeminlerin kütle yoğunluğunun belirlenmesinde aşağıdaki formülle ifade edilmektedir:

$$\rho = 0.31 \times V_p^{0.25} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Burada:

- ρ: Yoğunluk (gr/cm³)
- V_p: Boyuna dalga hızı (m/sn)

Bu formül, özellikle doğrudan laboratuvar ölçümünün mümkün olmadığı durumlarda zemin yoğunluğunun sismik verilere dayanarak yaklaşık olarak belirlenmesini sağlar. Ampirik yapısından dolayı, kullanılan zemine ve yerel jeolojik özelliklere göre doğruluk payı değişebilir.

Yoğunluk: ρ (gr/cm ³)	Tanımlama
<1.20	Çok düşük
1.20-1.40	Düşük
1.40-1.90	Orta
1.90-2.20	Yüksek
>2.20	Çok Yüksek

4.4.3.5. Elektrik Özdirenç Tomografi Çalışmaları (ERT)

Jeofizik çalışmalar kapsamında, inceleme alanında boşluk tespiti ve yeraltı yapısının belirlenmesine yönelik olarak ERT yöntemi ile araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin temel amacı; alanın jeolojik yapısını ortaya koymak, farklı tabakaların kalınlıklarını belirlemek ve elde edilen veriler doğrultusunda detaylı bir jeolojik-jeofizik model geliştirmektir.

Arazi uygulamaları sırasında toplam üç farklı profilde ölçüm yapılmış olup, her bir ölçümde 48 adet elektrot kullanılarak veri toplanmıştır. Elde edilen ölçümler sonucunda, yeraltı yapısındaki heterojenlikler, muhtemel boşluk alanları ve tabakalanmaların dağılımı hakkında detaylı bilgiler elde edilmiştir.

Çalışma sahasında gerçekleştirilen 3 adet iki boyutlu ERT (Elektrik Özdirenç Tomografisi) profili ile yeraltı yapılarına ilişkin detaylı veriler elde edilmiştir. Bu ölçümler neticesinde, çalışma alanını oluşturan jeolojik birimlerin kalınlıkları ve özdirenç karakteristikleri belirlenmiş, bu bulgular jeoteknik açıdan değerlendirilmiştir. Her bir profile ait hesaplanan özdirenç (rezistivite) değerleri, bölgenin mevcut jeoloji haritası ve yapılan mekanik sondaj bulguları ile birlikte ele alınarak yorumlanmıştır.

ERT yönteminde kullanılan çok kanallı ölçüm cihazları, yeraltının hem düşey hem de yanal yöndeki elektriksel farklılıklarını yüksek doğrulukla belirleme kapasitesine sahiptir. Bu yönüyle tomografik ölçümler, günümüzde mühendislik jeolojisi ve zemin etütlerinde sıklıkla tercih edilmektedir. Ölçüm sırasında veri yoğunluğu, araştırma derinliği ve ölçüm hassasiyeti; kullanılan elektrot dizilimlerine göre değişkenlik göstermektedir.

Bu çalışmada **Wenner dizilimi** tercih edilmiştir. Wenner elektrot yerleşimi, simetri merkezli bir düzenleme ile bir doğru boyunca yerleştirilmiş olup; ortada gerilim

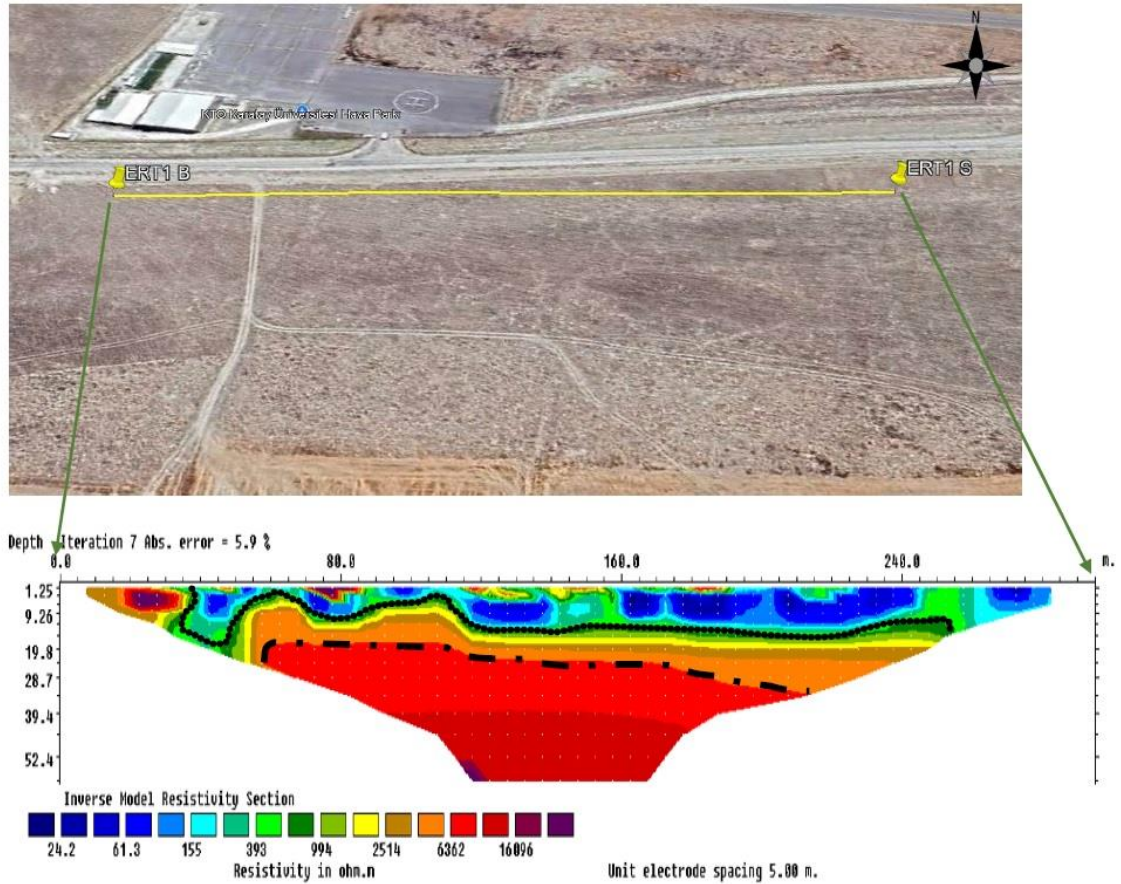
elektrotları (M ve N), uçlarda ise akım elektrotları (A ve B) bulunmaktadır. Tüm elektrotlar arasındaki mesafe “a” birimi ile ifade edilir (Başokur, 2004). Bu dizilimde, elektrik akımının yeraltına nüfuz derinliği yaklaşık olarak AB/3 oranında kabul edilmektedir. Wenner diziliminin avantajı, düşey çözünürlüğünün yüksek olmasıdır ve bu nedenle tabaka kalınlıklarının belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır.

Tablo 7. ERT Profil Koordinatları

Profil No	BAŞLANGIÇ		BİTİŞ	
	Y	X	Y	X
ERT-1	38.098679	38.776094	38.096124	38.777267
ERT-2	38.098524	38.783168	38.094234	38.785015
ERT-3	38.089129	38.783706	38.086439	38.784051

ERT-1; Elektrot Aralığı 5 metre, profil uzunluğu 235 metre ve Wenner dizilimi kullanılmıştır.

ERT-1



Şekil 25. Ert-1 Profil Kesiti ve Görünüşü.

Çalışma alanında gerçekleştirilen ERT-1 profiline ait iki boyutlu elektrik öz direnç tomografisi (ERT) verilerinin değerlendirilmesi sonucunda, yaklaşık 52,4 metre derinliğe

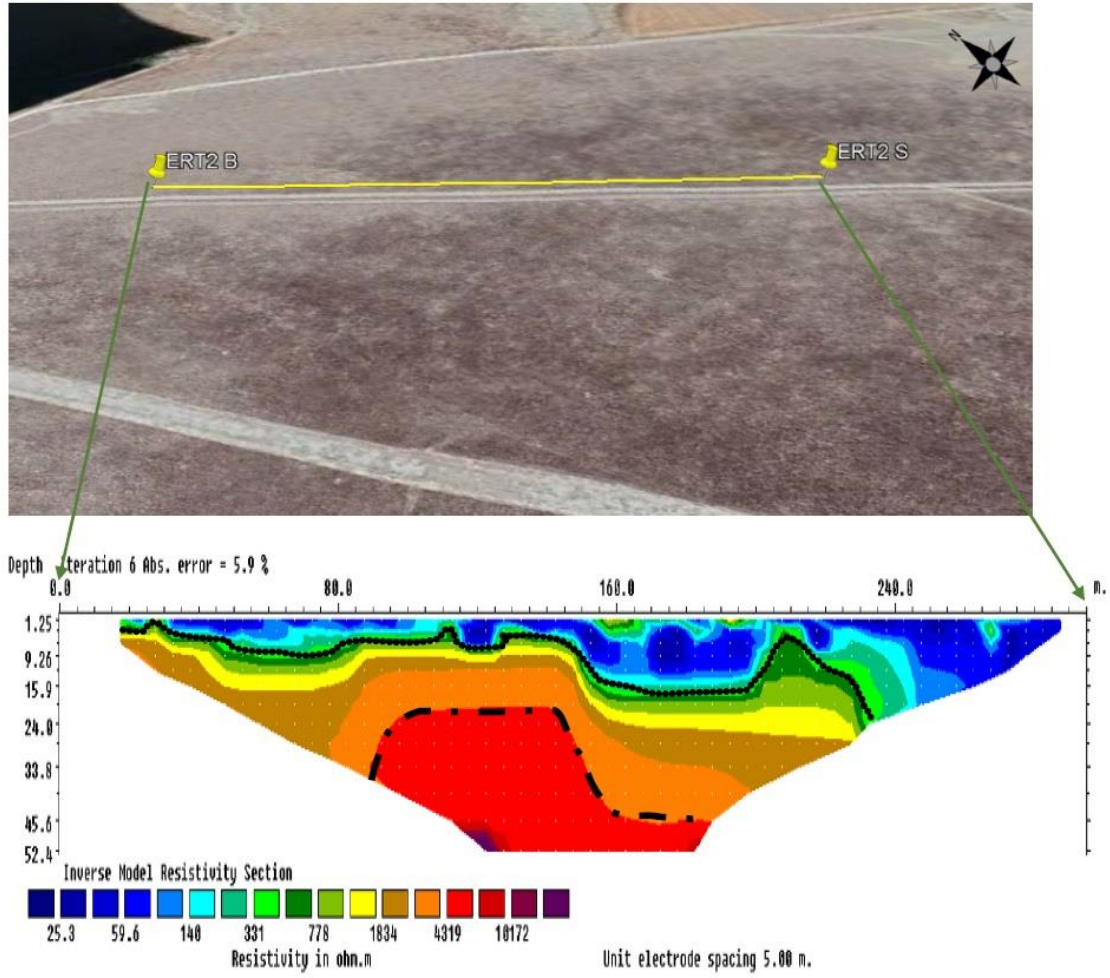
ulaşılmıştır. Kesitte gözlenen öz direnç değerleri 24,2 ohm.m ile 16.096,0 ohm.m arasında değişmektedir.

Jeolojik yapı ve öz direnç dağılımı dikkate alındığında, kesitte üç temel tabaka belirlenmiştir. Yüzeyden itibaren yaklaşık 20,0 metre derinliğe kadar uzanan ve öz direnç değerleri 24,2 – 393,0 ohm.m aralığında olan açık mavi, koyu mavi ve açık yeşil tonlarında temsil edilen birimler **birinci tabaka** olarak tanımlanmıştır. Bu tabakanın, genellikle çakıllı, kumlu, siltli kil özelliklerinde alüvyal birimlerden oluştuğu değerlendirilmektedir.

Ölçüm hattının başlangıcından itibaren ara zonlarda ve 10,0 ila 30,0 metre derinlikler arasında gözlenen, öz dirençleri 994,0 – 2.514,0 ohm.m arasında değişen (koyu yeşil ile sarı/turuncu renklerle gösterilen) birimler **ikinci tabaka** olarak yorumlanmıştır. Bu tabakanın nispeten daha tutturulmuş, çakıllı-kumlu yapıya sahip geçiş birimleri olduğu düşünülmektedir.

Derinlik arttıkça, özellikle 30,0 metre ile 52,4 metre arasında ve profilin belirli zonlarında gözlenen, öz direnci 6.362,0 – 16.096,0 ohm.m arasında değişen kırmızı-mor tonlarında tanımlanan birimler ise **üçüncü tabaka** olarak sınıflandırılmıştır. Bu birimlerin, daha yüksek geçirimsizlik ve sıkı yapı özelliği gösteren, yer yer boşluklu yapılar içerebilen gevşek – tutturulmamış çakıllı birimler ya da karbonatlı kayalar (örneğin dolomitli çakıllar) olabileceği değerlendirilmektedir.

ERT-2



Şekil 26. Ert-2 Profil Kesiti ve Görünüşü.

ERT-2 profiline ait iki boyutlu elektrik özdirenç tomografisi (ERT) çalışması sonucunda, yaklaşık 52,4 metre derinliğe ulaşılmış olup, ölçülen özdirenç değerleri 25,3 ohm.m ile 10.172,0 ohm.m aralığında değişim göstermektedir.

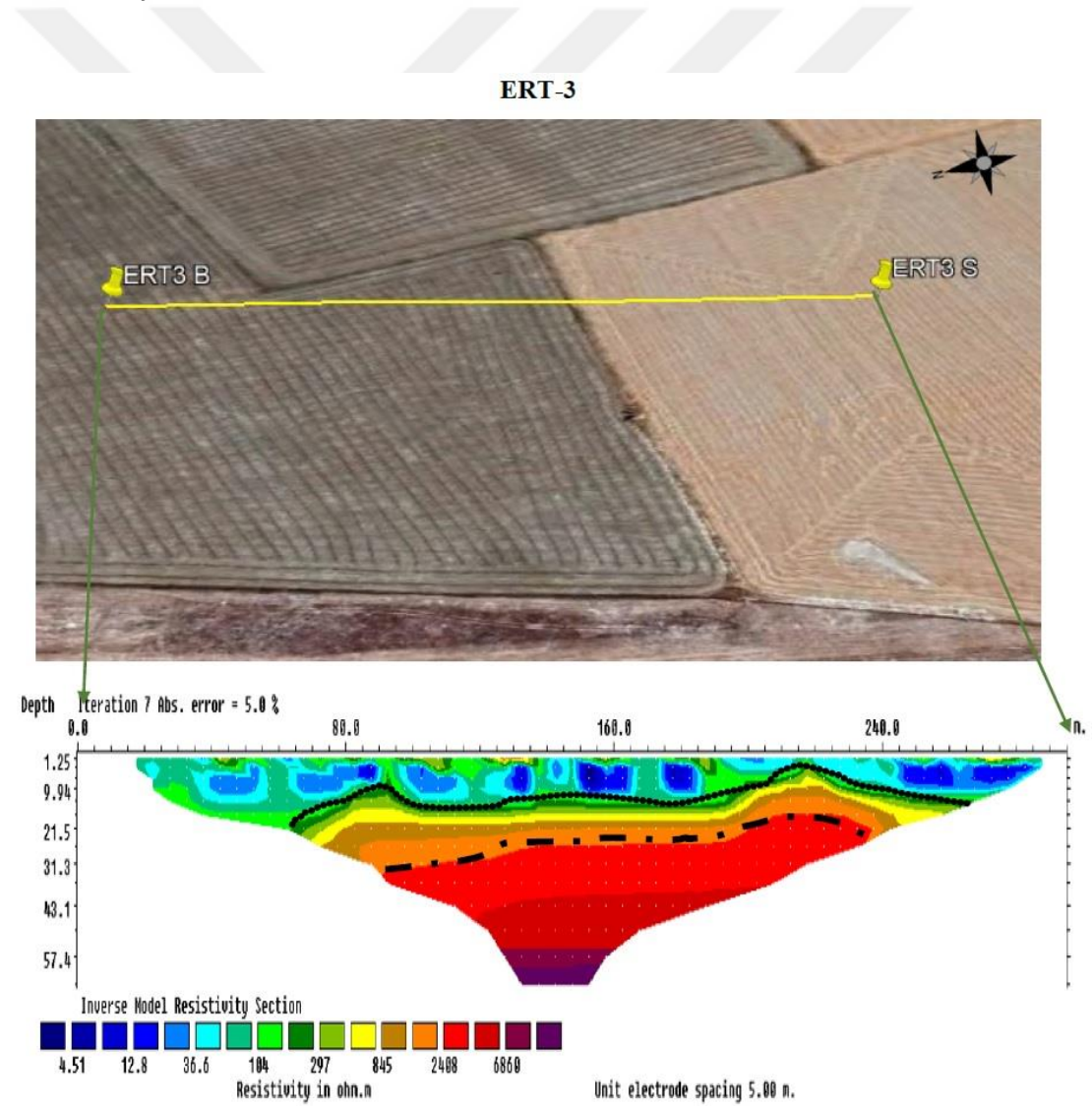
Jeolojik birimlerin özdirenç karakteristikleri göz önünde bulundurularak, kesitte üç ana tabaka belirlenmiştir. Yüzeyden itibaren yaklaşık 20,0 metre derinliğe kadar uzanan ve özdirenç değerleri 25,3 – 331,0 ohm.m arasında olan (açık mavi, koyu mavi ve açık yeşil renklerle temsil edilen) birimler **birinci tabaka** olarak değerlendirilmiştir. Bu tabakanın, ince taneli çakıllı kumlu siltli kil özellikleri gösteren alüvyal zeminlerden oluştuğu düşünülmektedir.

Ölçüm hattının belirli zonlarında ve özellikle 10,0 ila 45,6 metre derinlikler arasında, özdirenç değerleri 778,0 – 1.834,0 ohm.m aralığında değişen (koyu yeşil ile sarı/turuncu renklerde gösterilen) birimler **ikinci tabaka** olarak tanımlanmıştır. Bu

birimlerin, daha iyi tutturulmuş ve geçirgenliği nispeten yüksek çakıllı-kumlu birimlerden oluştuğu değerlendirilmiştir.

Kesitte 24,0 ila 52,4 metre derinlikler arasında ve belirli zonlarda gözlenen, öz direnç değerleri 4.319,0 – 10.172,0 ohm.m arasında değişen kırmızı ve mor tonlarında tanımlanan birimler ise **üçüncü tabaka** olarak sınıflandırılmıştır. Bu yüksek öz dirençli birimlerin, gevşek yapıdaki çakıllı formasyonlar ya da karbonatlı birimlerin (dolomitli veya rekristalize kireçtaşları gibi) varlığını yansıttığı düşünülmektedir.

ERT-3; Elektrot Aralığı 5 metre, profil uzunluğu 235 metre ve Wenner dizilimi kullanılmıştır.



Şekil 27. Ert-3 Profil Kesiti ve Görünüşü.

ERT-3 profiline ait yapılan iki boyutlu elektrik özdirenç tomografisi (ERT) çalışması sonucunda, yüzeyden itibaren yaklaşık **57,4 metre derinliğe** ulaşılmış olup, ölçülen özdirenç değerleri **4,51 ohm.m ile 6.860,0 ohm.m** arasında değişim göstermektedir.

Genel jeolojik yapı ve kesitin yer aldığı formasyon dikkate alındığında; yüzeyden yaklaşık 20,0 metre derinliğe kadar uzanan ve özdirenç değerleri **4,51 – 297,0 ohm.m** aralığında olan (açık mavi, koyu mavi ve açık yeşil renklerle gösterilen, Divanlar formasyonu) birimler **birinci tabaka** olarak tanımlanmıştır. Bu tabakanın, genellikle çakıllı, kumlu, siltli kil gibi ince taneli, zayıf geçirgenlik gösteren alüvyal zeminlerden oluştuğu düşünülmektedir.

Kesitte 10,0 ile 30,0 metre derinlikler arasında gözlenen ve özdirenç değerleri **297,0 – 845,0 ohm.m** arasında değişen (koyu yeşil, sarı ve turuncu renklerle gösterilen) birimler ise **ikinci tabaka** olarak sınıflandırılmıştır. Bu zonlar, daha iyi tutturulmuş, nispeten orta geçirgenliğe sahip çakıllı-kumlu zemin özellikleri göstermektedir.

Kesitte yer yer 21,5 metre derinlikten başlayarak 57,4 metreye kadar uzanan ve özdirenç değerleri **2.408,0 – 6.860,0 ohm.m** aralığında olan (açık ve koyu kırmızı ile mor tonlarında temsil edilen) birimler ise **üçüncü tabaka** olarak tanımlanmıştır. Bu yüksek özdirençli birimlerin, gevşek yapılı çakıllı kumlu birimler ya da karbonatlı (dolomitli veya kireçtaşı, Loras Formasyonu) daha geçirimsiz formasyonları yansıttığı değerlendirilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

İnceleme alanında gerçekleştirilen detaylı jeolojik, jeoteknik ve jeofizik çalışmalar sonucunda, bölgenin gerek yüzey gerekse yer altı özellikleri açısından dikkatle değerlendirilmesi gereken karmaşık bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Yapılan sondajlar, ERT ölçümleri, sismik kırılma çalışmaları ve yer yarığı analizleri ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Sahada gerçekleştirilen sondaj çalışmaları sonucunda, mühendislik açısından risk teşkil edebilecek boyutta herhangi bir yeraltı boşluğuna rastlanmamıştır (15 metreye kadar)
2. Sondaj kuyularında yapılan gözlemler, yeraltı suyu seviyesinin 15 metreye kadar ulaşmadığını; genellikle 60–100 metre ve daha derin seviyelerde bulunduğunu ortaya koymuştur.
3. Jeolojik ve jeofizik incelemeler sonucunda yeraltında boşluk tespit edilmemiştir. Ancak yüksek öz direnç zonlarının kırıklı ve karstik yapıda olduğu anlaşılmıştır. Bu zonlar, sağlam Mesozoyik yaşlı kireçtaşı bloklarından oluşmakta olup, obruk oluşum riski düşüktür. Fakat
4. Bölgede gözlenen kuraklık, yeraltı suyu seviyesinin derinleşmesine neden olmuş; bu durum, suyun sağladığı hidrolik desteğin azalmasıyla obruk oluşumu açısından olumsuz bir gelişme olarak değerlendirilmiştir.
5. Çözünmeye müsait kayaçların bulunduğu sahada, kimyasal atık su oluşumuna neden olabilecek faaliyetlerden kaçınılmalıdır. Zorunlu durumlarda, bu tür sıvı atıkların sızdırmaz boru hatlarıyla sahadan uzaklaştırılması gerekmektedir.
6. Sahada gözlemlenen yanal fasiyes değişimleri nedeniyle, farklı oturmaları engelleyecek şekilde uygun temel tipi ve temel derinliği zemin etüt raporlarında detaylı olarak belirtilmiştir.

5.2. Öneriler

1. Bölgede karstlaşma etkili olduğundan, yüzey sularının yapı stoklarından ve karstik bölgelerden uzaklaştırılması sağlanmalıdır.
2. Yer altı kayaçlarının çözünmesini artırabilecek kimyasal maddelerin (sanayi atıkları, evsel sızıntılar vb.) zemine sızması engellenmelidir.
3. Yapılaşmanın çok katlı değil, az katlı ve yatay yönde planlanması önerilir.
4. Sismik aktivite kaynaklı küçük çaplı çökmelere karşı dayanıklı ve esnek yapı sistemleri tercih edilmelidir.
5. Zemin büyütmesi, oturma ve şişme potansiyeli gibi mühendislik parametreleri dikkate alınarak her yeni yapı için özel zemin-temel etkileşim analizleri yapılmalıdır.
6. Yapılaşma öncesi bölgesel jeoteknik ve jeofizik risk haritaları hazırlanmalı; riskli alanlarda yapılaşma kısıtlanmalıdır.
7. Obruk oluşum riskine karşı bölge düzenli olarak gözlemlenmeli, gerektiğinde izleme sistemleri (örneğin, GNSS, Lidar veya radar tabanlı deformasyon ölçüm sistemleri) kurulmalıdır.
8. İlgili kurumlar arası koordinasyonla zemin ve yapı güvenliğini esas alan imar planlamaları geliştirilmelidir.

Bu önerilerin uygulanması, hem can ve mal güvenliğini artıracak hem de bölgedeki yapılaşmanın sürdürülebilir ve güvenli bir şekilde yürütülmesini sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- AFAD. (2021). [Konya ili ve çevresinde obruk alanlarının tespiti / değerlendirilmesi ile ilgili kullandığın AFAD raporunun tam başlığı]. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- AFAD. (2022). Konya çevresinde obruk alanlarının tespit edilmesi (Proje No: 2020K14-138637-4). T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Konya.
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2023). *Konya İli Obruk Duyarlılık Haritası* (Obruk Alanlarının Tespit Edilmesi Projesi Sonuç Tanıtımı kapsamında sunulmuştur). Ankara/Konya.
- Akgün, F., & Sözbilir, H. (2001). A palynological study and geological setting of the Neogene deposits in western Turkey. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 117(1–3), 53–68.
- Akarsu, İ. (1981). Ülkemizin petrol potansiyeline bir bakış. *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi*, 25, 199–203.
- Akıl, H. (2008). [Konya Kapalı Havzası'nın tektoniği, obruk oluşumu veya hidrojeolojisi ile ilgili kullandığın çalışmanın tam başlığı]. [Yayınlanmamış yüksek lisans/doktora tezi ya da teknik rapor]. [Üniversite veya kurum adı, şehir].
- Aksoy, R., & Eren, Y. (2004). The Konya Fault Zone. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 19(2), 49–60.
- Ansal, A., et al. (2004). Seismic microzonation for earthquake risk mitigation in Turkey. In *13th World Conference on Earthquake Engineering* (pp. 1–6). Vancouver, Canada.
- Arık, F. (2018). Obruklar, Orta Anadolu'da obruk oluşumları ve çözüm önerileri. *Maden ve İnsan*, 1(3), 46–53.
- Arık, F., Delikan, A., Göçmez, G., & Özen, Y. (2020). Karapınar (Konya) çevresinde obruk alanlarının tespit edilmesi projesi (Proje No: 2020K14-138637-1). AFAD, Konya.
- Arık, F., Dülger, A., Delikan, A., Coşkun, B., Göçmez, G., Kansun, G., & Arslan, Ş. (2022). Kızören (Karatay-Konya) çevresindeki obrukların jeolojik ve morfolojik özellikleri.
- Arık, F., Delikan, A., Göçmez, G., Özen, Y., Dülger, A., & Arslan, Ş. (2022). Konya Kapalı Havzası obruk riski değerlendirmesi.

- Aytun, A. (2001). Olası deprem hasarını en aza indirmek amacıyla yapıların doğal salınım periyotlarının yerin baskın periyodundan uzak kılınması. In Uşak İli ve Dolayı (Frigya) Depremleri Jeofizik Toplantısı. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.
- Başokur, A. T. (2004). Düşey elektrik sondajı verilerinin yorumu. Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Bieniawski, Z. T. (1973). Engineering classification of jointed rock masses. *Civil Engineering = Siviele Ingenieurswese*, 12, 335–343.
- Bieniawski, Z. T. (1975). The point-load test in geotechnical practice. *Engineering Geology*, 9(1), 1–11.
- Bulduk, A. (2008). Konya Merkez Yeraltısuyu Raporu (s. 39). Konya Büyükşehir Belediyesi, Konya.
- Carpenter, M. C. (1993). Earth-fissure movements associated with fluctuations in ground-water levels near the Picacho Mountains, south-central Arizona, 1980–84. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 497–H, 1–114.
- Delikan, A. (2021). First evidence on the age of the Konya Fault Zone and its environmental impacts.
- Dirik, K., & Göncüoğlu, M. C. (1996). Neotectonic characteristics of Central Anatolia. *International Geology Review*, 38(9), 807–817.
- Dirik, K., & Erol, O. (2003). Tectonomorphologic evolution of Tuzgölü and surrounding area, Central Anatolia–Turkey. *Turkish Association of Petroleum Geologists Special Publication*, 5, 27–46.
- Dirik, K., Akıl, B., & Özsayın, E. (2005). Eskişehir–Sultanhanı Fay Sistemi’nin Sivrihisar–Cihanbeyli kesiminin özellikleri, Orta Anadolu–Türkiye. Eskişehir Fay Zonu ve İlişkili Sistemlerin Depremselliği Çalıştayı, 28–30 Nisan 2005, Eskişehir, Genişletilmiş Bildiriler, 9–10.
- Doğan, A. (1975). Sızma-Ladik (Konya) civa sahasının jeolojisi ve maden yatakları sorunlarının incelenmesi (Yayınlanmamış yüksek mühendislik diploması tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, İstanbul.
- Doğan, A. (2005). Konya Ovası’nın jeolojisi ve hidrojeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 48(2), 135–154.

- Doğan, U. (2010). [Tezde “Doğan, 2010” olarak atıf yaptığın, obruklar veya Konya Kapalı Havzası ile ilgili makalenin/raporun tam başlığı]. [Dergi veya rapor adı, cilt, sayfa aralığı].
- Eaton, B. A. (1972). The effect of overburden stress on geopressure prediction from well logs. *Journal of Petroleum Technology*, 24(8), 929–934.
- Eren, Y. (1993). Konya kuzeybatısında Bozdağlar masifinin otokton ve örtü birimlerinin stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 36, 7–23.
- Eren, Y. (1996a). Konya ovası kuzeyinde Bozdağların jeolojisi (S.Ü. Araştırma Fonu Proje No:92-019, Yayınlanmamış rapor). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Eren, Y. (1996b). Sille-Tatköy (Bozdağlar masifi-Konya) kuzeyinde Alpin öncesi bindirmeler. In 49. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirileri (pp. 163–169).
- Eren, Y. (1996c). Ilgın-Sarayönü (Konya) güneyinde Bozdağlar Masifinin yapısal özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 39(2), 49–64.
- Eren, Y. (2000). Konya bölgesinin depremselliği. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Özel Sayı*, 5, 11–112.
- Eren, Y. (2001). Konya ve çevresinin neo-tektonik özellikleri ve depremselliği. In *Yerbilimleri Açısından Konya Sempozyumu Bildirileri* (pp. 17–19). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Eren, Y. (2003). Yazır Fayının (Konya) neo-tektonik özellikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 237–244.
- Eren, Y. (2007). [Metinde “Eren, 2007” olarak geçen çalışmanın tam başlığı]. [Dergi/bildiriler kitabı adı, cilt/sayı, sayfa aralığı].
- Eren, Y. (2011). Konya’nın jeolojisi, neo-tektonik yapısı ve depremselliği. In *I. Konya Kent Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (pp. 111–120).
- Eren, Y. (2017). Konya bölgesinde Miyosen-Kuvaterner yaşlı havzalardaki bindirme fayları. In 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiri Özleri (p. 23). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Eren, Y., Kurt, H., Rosselet, F., & Stampfli, G. M. (2004). Palaeozoic deformation and magmatism in the northern area of the Anatolide Block (Konya): Witness of the Palaeotethys active margin. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 97(2), 293–306.
- Erol, O. (1978). The Quaternary history of the lake basins of Central and Southern Anatolia (pp. 111–139).

- Ertek, T. A., Yılmaz, M., & Yalçın, M. G. (2005). Konya Ovası alüvyonlarının stratigrafisi ve mühendislik özellikleri. *Mühendislik Jeolojisi Dergisi*, 21, 55–70.
- Ferrara, J. (2020). Surprise sinkhole. *Science World Scholastic*. Retrieved April 3, 2020, from <https://scienceworld.scholastic.com/issues/2019-20/031620/surprise-sinkhole.html>
- Ford, D. C., & Williams, P. (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman, Winchester, 601 s.
- Galloway, D., Jones, D. R., & Ingebritsen, S. E. (1999). Sinkholes, West-Central Florida: A link between surface water and ground water. In *Land Subsidence in the United States* (USGS Circular 1182, pp. 121–140). U.S. Geological Survey.
- Göçmez, G., et al. (2022). Ürünlü (Çumra-Konya) çevresinde yeraltısuyu seviye değişimleri ve obruk oluşumları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 20, 172–178.
- Göncüoğlu, M. C., & Kozur, H. (1998). New stratigraphic and structural data from the Konya region. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7(2), 123–145.
- Göncüoğlu, M. C., Tekin, U. K., Turhan, N., & Kozur, H. W. (2000). Paleozoic evolution of the Central Anatolian Crystalline Complex. *Geological Bulletin of Turkey*, 43, 23–45.
- Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş., Özcan, A., & Işık, A. (1996). Orta Sakarya’da Nallıhan–Sarıcakaya arasındaki yapısal birliklerin jeolojik özellikleri (MTA Derleme Raporu No: 10094, yayımlanmamış). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Gürer, Ö. F., & Yılmaz, Y. (2002). Geology of the Çayraz–Yenice region (southwestern Ankara): Tectonic setting and implications for the Neogene basin development in Central Anatolia. *Geodinamica Acta*, 15(1), 39–52.
- Gutierrez, F., Cooper, A. H., & Johnson, K. S. (2008). Identification, prediction, and mitigation of sinkhole hazards in evaporite karst areas. *Environmental Geology*, 53, 1007–1022.
- Hakyemez, Y., Elibol, E., Umut, M., Bakırhan, B., Kara, İ., Dağıstan, H., Metin, T., & Erdoğan, N. (1992). Konya–Çumra–Akören dolayının jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 9449 (yayımlanmamış), Ankara.

- Karaoğlu, Ö., & Helvacı, C. (2002). Stratigraphy and sedimentology of Neogene basins in Central Anatolia: Lake basin evolution. *Sedimentary Geology*, 146(3–4), 239–259.
- Keçeli, A. (1990). [Zemin/kaya elastisite modülleri veya benzeri mühendislik parametrelerine ait kullandığın tablonun ait olduğu kitabın ya da raporun tam başlığı]. [Yayınevi veya kurum, şehir].
- Koçyiğit, A. (1972). [Metinde “Koçyiğit, 1972” olarak atıf yaptığın çalışmanın tam başlığı]. [Dergi/bildiri/rapor adı, cilt, sayfa aralığı].
- Koçyiğit, A. (2009). [Türkiye’nin neo-tektoniği / Orta Anadolu tektoniği ile ilgili 2009 tarihli çalışmanın tam başlığı]. [Dergi veya sempozyum bildirisi bilgileri].
- Koral, H. (2002). Quaternary stratigraphy and tectonics of the Konya Basin. *Quaternary International*, 94(1), 57–73.
- Kul, H. (2022). *Çumra (Konya) İlçesi Timraş, Apasaraycık ve May Barajı Çevresindeki Obruk Yapılarının Jeolojik, Jeomorfolojik ve Hidrolojik Özellikleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2002). Konya ili ve çevresi jeoloji raporu (Yayın No: R-2002/12). Ankara: MTA Yayınları.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2009). 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ilgın (L29) paftası. Ankara: MTA Yayınları.
- Nazik, L. (2018). [Tezde kullandığın, Türkiye’de karst bölgeleri veya Konya çevresindeki karstlaşma ile ilgili yayının tam başlığı]. [Kitap/kitap bölümü veya makale; yayınevi/dergi ve sayfa bilgileri].
- Oil, [Kuruluş adı?]. (1961). [“Oil, 1961” olarak atıf yaptığın raporun tam başlığı]. [Yayın yeri ve kurum bilgisi].
- Okay, A. I., & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 156(1), 475–515. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22>
- Okay, A. I., & Whitney, D. L. (1990). Metamorphic evolution of a subduction–accretion complex, the Halıköy Unit, western Turkey. *Journal of Metamorphic Geology*, 8(4), 477–494.
- Özgül, N. (1984). Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. In *Geology of the Taurus Belt* (pp. 77–90). Ankara: MTA Yayınları.

- Özcan, A., Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş., & Işık, A. (1990). Konya–Kadınhanı–İlgın dolayının temel jeolojisi (MTA Derleme Raporu No: 9535, yayımlanmamış). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özsayın, E. (1997). [Metinde “Özsayın, 1997” olarak atıf yaptığın, Orta Anadolu tektoniği / graben gelişimi vb. konulu çalışmanın tam başlığı]. [Tez ise üniversite-enstitü, şehir; makale ise dergi ve sayfa bilgileri].
- Parlar, Ş., Eren, Y., Coşkun, B., & Arslan, Ş. (2022). Karapınar (Konya) bölgesindeki obruk türleri.
- Pekkan, E. (2004). Konya Kapalı Havzası’ndaki karstik obruk oluşumlarını etkileyen hidrokimyasal süreçler. Geomek Mühendislik Ltd. Şti.
- Poisson, A., Görür, N., Şengör, A. M. C., & Tchapyga, A. (1996). The geology of the Central Anatolian basins: Post-collisional sedimentation and tectonics. *International Geology Review*, 38(5), 430–451.
- Robertson, A. H. F., & Pickett, E. A. (2000). Late Palaeozoic–Early Tertiary tectonic development of the Eastern Mediterranean region. Geological Society, London, Special Publications, 173(1), 133–164. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.173.01.07>
- Schumann, H. H., & Cripe, L. W. (1986). Earth fissures and land subsidence due to ground-water withdrawal, south-central Arizona. In *Environmental and Engineering Geology of the United States* (IAHS Publication No. 151, pp. 841–851).
- South Florida Water Management District (SFWMD). (2021). Sinkholes in South Florida. South Florida Water Management District, Florida, USA.
- Şengör, A. M. C., & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3–4), 181–241.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (y.y.). *Konya İl ve İlçe Merkezlerine Ait İstatistik Verileri*. [Erişim tarihi: 01.12.2025]. [Erişim Adresi: <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KONYA>]
- Uygun, S., Şimşek, C., & Aslan, A. (2011). Konya Havzası alüvyonlarının hidrojeolojik karakterizasyonu. *Hydrogeology Journal*, 19(6), 1225–1238.

- Üstündağ, A. (1987). Sızma-Kurşunlu-Meydan-Bağrıkurt köyleri arasında Karadağ çevresinin jeolojisi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Yağmurlu, F., Şimşek, Ş., & Akpınar, M. (1988). Konya (Orta Anadolu) batı ve güneybatı kesiminin jeolojisi ve tektonik evrimi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi (MTA Bülteni)*, (108), 1-28.
- Yılmaz, A. (1997). Stratigraphy and sedimentology of Lower Triassic units in Central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6(1), 55–70.
- Yılmaz, A. (1997). Stratigraphy and sedimentology of Lower Triassic to Upper Cretaceous units in Central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6(1), 55–70.
- Yeni, N. (2000). Obruk Platosu’nun Karapınar-Esentepe arasındaki karst yapılarının jeoloji ve hidrojeoloji incelenmesi (Yayınlanmamış tez).