T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

AKSARAY İLİ ZEMİNLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilek COŞKUN

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI

AKSARAY, 2016

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

AKSARAY İLİ ZEMİNLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilek COŞKUN

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI

AKSARAY, 2016

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132302006 numaralı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi, "Dilek COŞKUN", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AKSARAY İLİ ZEMİNLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER " başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. M. Murat KAVURMACI .....**
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ali YALÇIN .....**
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Alper GÜRBÜZ .....**
Niğde Üniversitesi

Teslim Tarihi: **18 Temmuz 2016**

Savunma Tarihi: **15 Temmuz 2016**

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışımda alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Dilek COŞKUN

İmza

ÖNSÖZ

Tarih boyunca, zayıf zemin koşullarına bağlı olarak gelişen felaketler sayısız insanın ölümüne ve milyonlarca lira ekonomik kayba neden olmuştur. Özellikle Türkiye'de 1999 Marmara ve 2011 Van depremlerinde bu kayıpların çok daha fazla yaşanması yerleşim yeri planlarında zemin özelliklerinin yeterince göz önünde bulundurulmadığını göstermiştir. Zemin özellikleri bilim dünyasının en önemli, ilginç, karmaşık ve üzerinde en çok tartışılan konulardan birisidir. Üzerinde bulunan tüm yapıların taşıyacakları yükler, o yapılar üzerinde oluşacak çatlamalar, çökmeler ve gerilmeler zeminin fiziksel ve mühendislik özellikleri tarafından belirlenir. Taşıma gücü zayıf zeminler, sismik hareketler sonucunda yapıların oturmasına, yana yatmasına veya devrilmesine, gömülü alt yapı elemanlarında çeşitli hasarlara neden olur.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'na Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan "Aksaray İli Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri Arasındaki İlişkiler" konulu çalışmada Aksaray ilinin zemin özellikleri jeoteknik ve hidrojeolojik veriler yardımıyla Coğrafi Bilgi Sistemi teknikleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, belediye uygulamalarında, şehir ve bölge planlarının oluşturulmasında, il afet yönetim planlarının hazırlanmasında can ve mal güvenliğini korumak için kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın hazırlanmasında görüş ve katkılarından dolayı Danışman Hocam Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü hocalarından Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI 'ya teşekkür ve saygılarımı sunarım. Maddi ve manevi desteğinden ötürü her zaman arkamda olan babam Ayhan COŞKUN'a teşekkür ederim. Teknik desteğinden dolayı kardeşim Hakan COŞKUN'a teşekkür ederim. Manevi desteğinden dolayı kardeşim H.Can COŞKUN'a teşekkür ederim. Tez çalışmalarına başladığım hocam Dr. R. Pelin BİLGEHAN'a teşekkür ederim. Görüş, öneri ve tecrübeleriyle bana destek veren Proje Müdürü Stefano SCARPA'ya teşekkür ederim. Jeoloji bilgisiyle ufkumu aydınlatan Uzman Jeoloji Mühendisi şefim Seyfettin YILMAZ'a teşekkür ve saygılarımı sunarım. Her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen Ailem'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunmayı bir borç bilirim.

Dilek COŞKUN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
DOĞRULUK BEYANI……	**ii**
ÖNSÖZ ……..	**iii**
TEŞEKKÜR….	**iv**
İÇİNDEKİLER DİZİNİ……...	**v**
ÖZET.....	**vii**
ABSTRACT….	**viii**
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	**ix**
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	**xi**
SİMGELER DİZİNİ……	**xii**
KISALTMALAR DİZİNİ……	**xiii**
1. GİRİŞ…….....	**1**
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması ve Coğrafi Özellikleri …...…….....	2
1.3. Önceki Çalışmalar.....	4
1.3.1. Jeolojik çalışmalar……	4
1.3.2. Zemin ve kaya mekaniği çalışmaları……..……..	7
2. MATERYAL ve METOT……	**9**
2.1. Önceki Çalışmaların Derlenmesi ……	9
2.2. Arazi çalışmaları……	9
2.3. Büro Çalışmaları……	10
3. BÖLGESEL JEOLOJİ.....	**12**
3.1. Genel Jeoloji……...	13
3.1.1. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK)……...	13
3.1.2. Kartal formasyonu……	15
3.1.3. Mezgit formasyonu……..	16
3.1.4. Uzunkaya formasyonu…….	18
3.1.5. Göstük İgnimbiriti……	19
3.1.6. Selime Tüfü …….	19
3.1.7. Kızılkaya İgnimbiriti……	21
3.1.8. Hasandağı Volkanitleri……	23

3.1.9. Traverten…….. 23
3.1.10. Tuz Gölü Formasyonu …….. 24
3.1.11 Alüvyon …… 25
3.2. İnceleme Alanının Jeolojisi …… 25
3.3. Yapısal Jeoloji…… 26
4. İNCELEME ALANININ AFET DURUMU VE DEPREMSELLİĞİ HİDROJEOLOJİ…….. 29
4.1. Afet durumu Verileri……..:…..……. 29
4.2. İnceleme alanının depremselliği……. 30
4.2.1 Elastik deprem yüklerinin tanımlanması…..…….. 35
5. ZEMİNLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ…….. 37
5.1. Su İçeriği..... 44
5.2. Kıvam İndisi……...…… 45
5.3. Plastisite İndisi……... 46
5.4. Aktivite (A)……..…….. 47
5.5. Likit Limit……..…… 47
5.6. Standart Penetrasyon Testi (SPT) Değerleri ve Taşıma Gücü Değerleri…….……. 49
5.7. Sıvılaşma Riskinin Hesaplanması…….. 52
6. ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ……..... 57
6.1. Yeraltı Suyu Özellikleri ……..…….. 57
6.1.1. CBS kullanılarak yeraltı suyu özelliklerinin haritalanması..... 61
6.2. SPT ve sıvılaşma değerlerinin haritalanması…….…….... 67
7. TARTIŞMA ve SONUÇLAR..... 71
KAYNAKLAR..... 73
ÖZGEÇMİŞ…….. 78

ÖZET

AKSARAY İLİ ZEMİNLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Bu çalışmada Aksaray ilinin zemin özellikleri 83 adet araştırma sondajından elde edilen jeoteknik ve hidrojeolojik veriler kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri yardımıyla değerlendirilmiştir. İnceleme alanı sınırları içerisinde önemli olarak sınıflandırılan birimler alüvyon ve alüvyon konisidir. Zemin genel olarak 10 metre derinliğe kadar, kahverengi - gri rengin egemenliğinde, ağırlıklı olarak kil, kumlu-siltli kil, killi-siltli ince kum, killi kumlu silt, çakıllı kum ve çakıllardan oluşan heterojen bir profil gösterir. İnce taneli zeminlerin oranı % 55, iri taneli zeminlerin oranı ise % 45'dir. İnceleme alanı atterberg limitleri deney sonuçlarına göre az ayrışmış az kuru orta dayanımlı aktif olmayan plastik zemin olarak tanımlanmıştır. Zeminin ortalama taşıma gücü değeri 0.71 kg/cm^2 dir.

İnceleme alanının sıvılaşma potansiyeli Tokimatsu-Yoshimi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Sıvılaşma güvenlik katsayısı değerlerinin % 90'ı 0.4 - 0.8 arasında değişim gösterir. İnceleme alanının sıvılaşma riski çok yüksektir. Yeraltı suyu CO_2 ve SO_4 içeriği açısından kuvvetli veya çok kuvvetli zararlı etkinlik derecesine sahiptir. Zemin ve hidrojeolojik özelliklerin haritalanmasında Kriging interpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Zemin ve hidrojeolojik özellikler açısından yüksek risk içeren alanlar şehrin kuzeybatı, batı ve güney bölgelerinde yoğunlaşmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aksaray, Zemin Özellikleri, Coğrafi Bilgi Sistemi, Standart Penetrasyon Testi, Sıvılaşma

ABSTRACT

RELATIONSHIPS BETWEEN GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF SOILS IN THE AKSARAY REGION

In this study, the soil characteristics of the Aksaray region were evaluated by Geographic Information System (GIS) using geotechnical and hydrogeological data, obtained from 83 exploration drilling. Two important units are identified in the study area: alluvial and alluvial cone. Up to a depth of 10 meters, soil shows a generally heterogeneous profile consisting of aggregate and gravel, brown-gray color, clay, sandy-silty clay, clay-silty fine sand, loamy sand silt. The content of fine-grained soil is 55 % and coarse-grained soil is 45 %. The study area is defined as soil which is less altered, little dry, medium resistance inactive plastic unit according to Atterberg Limits test results. The average bearing capacity value of soil is 0.71 kg/cm^2.

The liquefaction potential of the study area was determined using the Tokimatsu-Yoshimi method. 90 % of the liquefaction safety factor varies between 0.4 - 0.8. The liquefaction risk of study area is very high. Groundwater in terms of CO_2 and SO_4 content has strong or very strong harmful activity degree. Kriging interpolation method was used in mapping of the soil and hydrogeological characteristics. The areas with high risk in soil and hydrogeological characteristics are found in the northwestern, western and southern regions of the city.

Keywords: Aksaray, Soil Properties, Geographical Information System, Standard Penetration Test, Liquefaction

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası…….. 2

Şekil 1.2: Aksaray ilinin yükseklik kot haritası ……..... 3

Şekil 1.3: Aksaray ilinin arazi kullanım haritası…..... 4

Şekil 3.1: Basitleştirilmiş Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın jeoloji haritası (Göncüoğlu ve diğ., 1991'ten alınmıştır)……..... 13

Şekil 3.2: Aksaray ve çevresinin genel jeoloji haritası……. 14

Şekil 3.3: Orta Anadolu Granitoyitleri anklavlarından bir görünüm…… 15

Şekil 3.4: Aksaray ve çevresinin stratigrafik dikme kesiti…… 17

Şekil 3.5: Mezgit formasyonu içinde gözlenen tabakalı jips seviyeleri (Güllü, 2003)……. 18

Şekil 3.6: a-b) İgnimbiritlerde gözlenen piroksen, plajiyoklaz ve zonlu plajiyoklazların fotomikrograf görüntüleri, c-d) İgnimbiritlerde gözlenen biyotitlerin ve bağlayıcı matriksi oluşturan shardların fotomikrograf görüntüleri……. 20

Şekil 3.7: Selime tüfünün makroskopik ve içerisindeki pümislerin görünümü… 20

Şekil 3.8: a-b) Tüflerde gözlenen biyotitlerin, plajiyoklazların ve bağlayıcı matriksi oluşturan shardların fotomikrograf görüntüleri……. 21

Şekil 3.9: Kızılkaya ve Selime tüfleri arasındaki dokanak ilişkisi…… 21

Şekil 3.10: İgnimbiritlerde gözlenen günlenmeye bağlı renk değişimi……..... 22

Şekil 3.11: Makroskobik olarak ignimbiritlerin görüntüsü……. 23

Şekil 3.12: Yaprakhisar ve çevresinde çökelen travertenlerin görüntüsü…….. 24

Şekil 3.13: Aksaray ve çevresinin fay haritası…… 27

Şekil 4.1: Aksaray ve çevresinin eğim haritası……. 30

Şekil 4.2: Aksaray ilinde 1924-2016 yılları arasında meydana gelen depremlerin dış merkez dağılım haritası (Kavurmacı, 2016'dan alınmıştır)…….. 33

Şekil 4.3: Kümülatif frekanslardan magnitüd - frekans bağıntısı (Kavurmacı, 2016'dan alınmıştır)……. 33

Şekil 4.4: Çeşitli magnitüd büyüklüklerine ait dönüş periyotları ve aşılma olasılıkları (Kavurmacı, 2016'dan alınmıştır)…….. 34

Şekil 5.1: İnce ve iri taneli zeminlerin oranları……. 37

Şekil 5.2: İnceleme alanındaki kum ve kil yüzdelerinin karşılaştırılması……..... 40
Şekil 5.3: Doğal birim hacim ağırlık değerlerinin dağılımı…….. 41
Şekil 5.4: İnceleme alanında genel zemin sınıflarının dağılımı…… 41
Şekil 5.5: İnceleme alanının su içeriği değerlerinin dağılımı……... 44
Şekil 5.6: İnceleme alanına ait zeminlerin likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerlerinin dağılımı……... 46
Şekil 5.7: Atterberg limitleri sınıflandırma tablosu…….. 48
Şekil 5.8: İnceleme alanında zeminlerin taşıma gücü değerleri…… 52
Şekil 6.1: Yeraltı suyunun bina içerisinde oluşturduğu hasarlar (Şimşek, 2005). 58
Şekil 6.2: Kimyasal iyonların beton yüzeyinde oluşturduğu etkiler (Şimşek, 2005)……. 58
Şekil 6.3: İnterpolasyon yönteminin gösterimi (Esri, 2012)……. 61
Şekil 6.4: Yeraltı suyu seviyesinin trend analizi……... 63
Şekil 6.5: İnceleme alanında yeraltı su seviyesinin konumsal dağılımı……... 63
Şekil 6.6: İnceleme alanında yeraltı su seviyesinin pH dağılımı…….. 64
Şekil 6.7: İnceleme alanında yeraltı suyundaki CO2 konsantrasyonu dağılımı… 65
Şekil 6.8: İnceleme alanında yeraltı suyundaki SO4 konsantrasyonu dağılımı… 66
Şekil 6.9: 5 metre derinlikte SPT N30 değerlerinin dağılımı…… 68
Şekil 6.10: 10 metre derinlikte SPT N30 değerlerinin dağılımı…….. 68
Şekil 6.11: 6 büyüklüğünde depreme göre sıvılaşma riskinin dağılımı…….. 69
Şekil 6.12: 6.5 büyüklüğünde depreme göre sıvılaşma riskinin dağılımı……... 70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1: İnceleme alanı ve çevresinde 1924-2016 yılları arasında meydana gelen M ≥ 3 olan deprem kayıtları…… 32

Çizelge 4.2: Aksaray ilinde 1924-2016 yılları arasında meydana gelen depremlerin dış merkez dağılım haritası (Kavurmacı, 2016'dan alınmıştır)…….. 34

Çizelge 4.3: Deprem bölgelerinin etkin yer ivme katsayıları…… 35

Çizelge 4.4: Bina önem katsayıları (I)…… 35

Çizelge 4.5: Yerel zemin sınıfı……. 36

Çizelge 4.6: İnceleme alanının depremselliğine ait ortalama hesaplamalar…….. 36

Çizelge 5.1: İnceleme alanındaki örneklerin zemin sınıflaması ve ince-iri taneli malzeme oranları…….. 38

Çizelge 5.2: İnceleme alanında yer alan zeminlerin istatiksel değerleri……... 40

Çizelge 5.3: İnceleme alanındaki zeminlerin mühendislik özellikleri…….. 41

Çizelge 5.4: Su içeriğine göre zeminin tanımlanması Anonim1900-1/T1 (2007) ve Aonymous D2216 (1988)…… 44

Çizelge 5.5: İnceleme alanındaki zeminlerin su içeriklerine göre zemin tanımları…… 45

Çizelge 5.6: Kıvam indisine göre zeminlerin kıvamı (Leonards 1962)…… 45

Çizelge 5.7: Plastisite indisine göre zeminin tanımlanması…….. 47

Çizelge 5.8: Killlerin aktivite değerine göre sınıflaması (Şekercioğlu, 2001)…. 47

Çizelge 5.9: İnceleme alanındaki zeminlerin sıkışabilirlik dağılımı (Sovers,1979)…… 48

Çizelge 5.10: İnceleme alanındaki sondajlara ait ham SPT deney sonuçları…….. 51

Çizelge 5.11: İnce tane yüzdesi düzeltmesi…… 53

Çizelge 5.12: İnceleme alanındaki sondajların ortalama sıvılaşma analizi değerleri…… 55

Çizelge 5.13: Sıvılaşma analizi sonucu güvenlik katsayılarının değerleri……. 56

Çizelge 6.1: Beton temas sularının zararlı etkinlik derecesi sınır değerleri (TS 3440'a göre)……. 59

Çizelge 6.2: Yeraltı sularındaki korozif parametrelerin analiz sonuçları…….. 60

SİMGELER DİZİNİ

o	Derece
²ı/±o	Devirsel gerilme direnci
²d/±o	Devirsel gerime oranı
¥- =	Doğal birim hacim
ø	İçsel sürtünme açısı
Λi	i lokasyonunda ölçülen değer için ağırlık katsayısı
γ(h)	Semi-variogram değeri
±o	Toplam gerilme (kgf/cm^2)
±o'	Efektif gerilme (kgf/cm^2)
αmax	Maksimum yatay yer ivmesi (cm/s^2) g

KISALTMALAR DİZİNİ

A_0	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
A	Aktivite,
A’	Variogramın yapısal uzaklığı
A(T)	Tasarım İvme Spektrumunun
B	Temel genişliği (metre)
C	Kohezyon
C_0	Tepe değeri
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
Cc	Sıkışma indisi
CH	Yüksek plastisiteli inorganik kil
CL	Düşük plastisiteli kil
D	Doğal birim hacim ağırlık,
GW	Siltli çakıl
H	Noktalar arası uzaklık (lag mesafesi)
D	Derinlik (km)
Df	Temel derinliği
F	İnce tane yüzdesi,
FC	İnce Tane Yüzdesi
FL	Güvenlik katsayısının
g	Yerçekim ivmesi (981 cm/s^2)
I	Bina Önem Katsayısı
İTO	İnce tane oranı
k_1 ve k_2	Temel tabanı şekline bağlı katsayılar
K	İri tane yüzdesi,
km	Kilometre
LC	Kıvam indisi,
LL	Likit limit,

M	Magnitüd
MH	İnorganik kumlu silt
ML	Killi silt
N_{30}	Düzeltilmiş ortalama SPT darbe sayısı
Nc, Nq ve N	Terzaghi taşıma gücü katsayıları,
OAKK	Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı
PI	Plastisite indisi,
PL	Plastik limit,
S	Oturma miktarı,
SC	Killi kum,
SPT	Standart Penetrasyon Testi
S(T)	Spektral İvme Katsayısı
SM	Siltli kum,
SW	İyi derecelenmiş siltli kum
TGFZ	Tuz Gölü Fay Zonu
USCS	Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi
UTM	Universal Transverse Mercator
T	Bina doğal periyodu
TA ve TB	Spektrum Karakteristik Periyotları
UD	Örselenmemiş örnekler
Q	Tekrarlanma periyodu
Qa	Zemin emniyet gerilmesi (t/m^2)
W	Doğal Su Muhtevası
W_L	Likit limit
z	Derinlik (m)
Z	Zemin sınıfı,
Z(xi)	i lokasyonunda ölçülen değer
X_0	o lokasyonundaki tahmin edilecek değer,

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

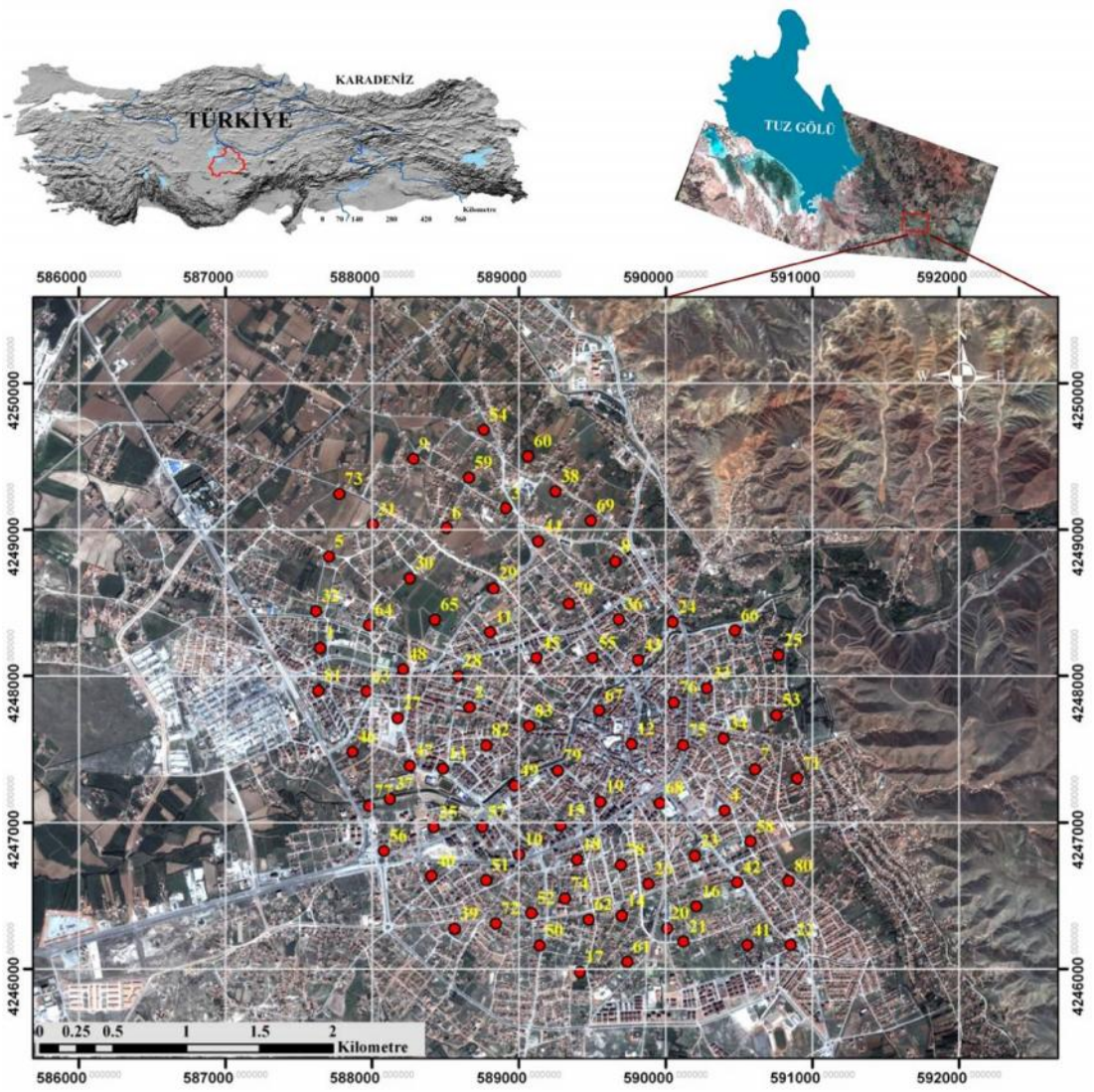
Günümüzde, hızla artan nüfus ve göç yerleşim alanlarının hızlı ve düzensiz gelişmesine neden olmaktadır. Özellikle zayıf zemin koşulları üzerine inşa edilen uygun olmayan binalar doğal afetler sonucunda ciddi hasarlara ve ekonomik kayıplara neden olabilmekte hatta can kayıplarına yol açabilmektedir. Özellikle ülkemizde 1999 Marmara ve 2011 Van depremleri gibi büyük ölçekli depremler sayısız kitlesel kayıplara ve maddi zararlara neden olmuştur. İnsanların günlük yaşantılarının önemli bir bölümünü geçirdikleri üst yapılar, bu yapıları birbirlerine bağlayan yollar, baraj - tünel gibi önemli mühendislik yapılarının ne tür zemin koşulları üzerine inşa edildiğinin bilinmesi oldukça önemlidir. Dolayısıyla çevremizde yer alan yapıların oturacağı zemin koşullarının tasarım ve inşa aşamasında devamlı denetim ve kontrol altında tutulma gereksinimi bulunmaktadır.

Depremlerin neden olduğu zararlar, mevcut yerleşim yeri planlarında zemin özelliklerinin yeterince göz önünde bulundurulmadığını göstermiştir. Bu çalışma kapsamında, Aksaray ili merkez ilçenin zemin özelliklerinin tespit edilmesi ve bu özelliklerin mekânsal dağılımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanındaki zeminlerin özelliklerini tespit edebilmek için 83 adet jeoteknik sondajlardan zemin örneğine ait veriler toplanmış ve bu veriler Coğrafi Bilgi Sistemi teknikleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Çalışma, üst yapıları olumsuz etkileyen zemin özelliklerinin mekânsal dağılımlarını ortaya çıkartarak gelecekte yapılacak veya yapılması düşünülen üst yapıların proje ve tasarım aşamalarında daha verimli çalışmaların gerçekleştirilebilmesine olanak sağlayacaktır. Aynı zamanda zemin açısından zayıf bölgelerin tespit edilmesi, doğal afetler sonucunda olabilecek can ve mal kayıpları için gerekli önlemlerin alınmasına imkan tanıyacaktır. Bu çalışmanın sonuçları, belediye yöneticileri, şehir ve bölge planlayıcıları, mimar ve inşaat mühendisleri tarafından yaygın olarak kullanılabilir.

1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması ve Coğrafi Özellikleri

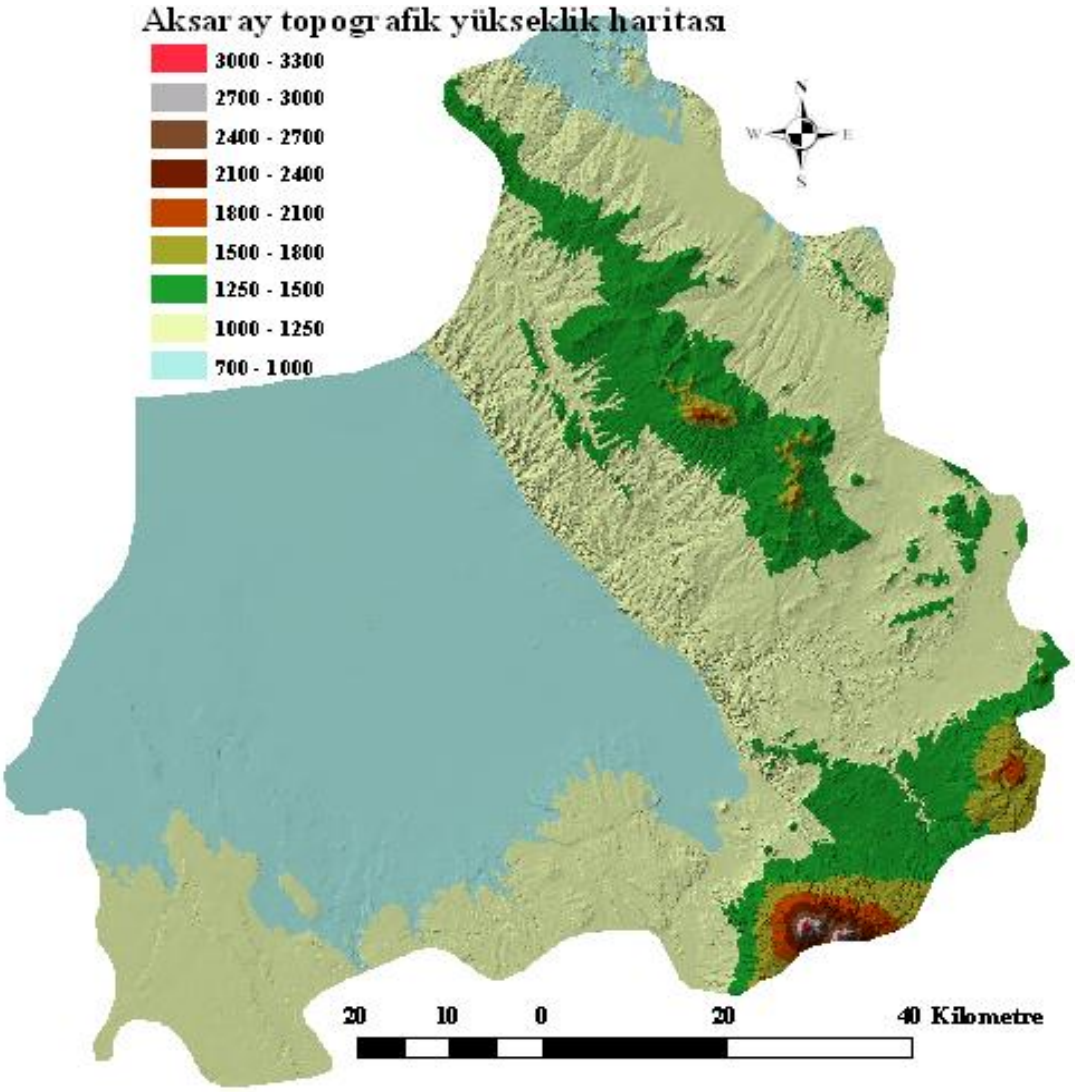
Çalışma alanı, İç Anadolu bölgesinin orta kesiminde yer alan Aksaray il sınırları içerisinde 33^{o} $59^{\prime}$ ve 34^{o} $02^{\prime}$ doğu boylamları ile 38^{o} $23^{\prime}$ ve 38^{o} $21^{\prime}$ kuzey enlemleri arasında yer alır (Şekil 1.1). Doğuda Nevşehir, güneydoğuda Niğde, batıda Konya, kuzeyde Ankara ve kuzeydoğuda Kırşehir illeri ile çevrilidir.



Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.

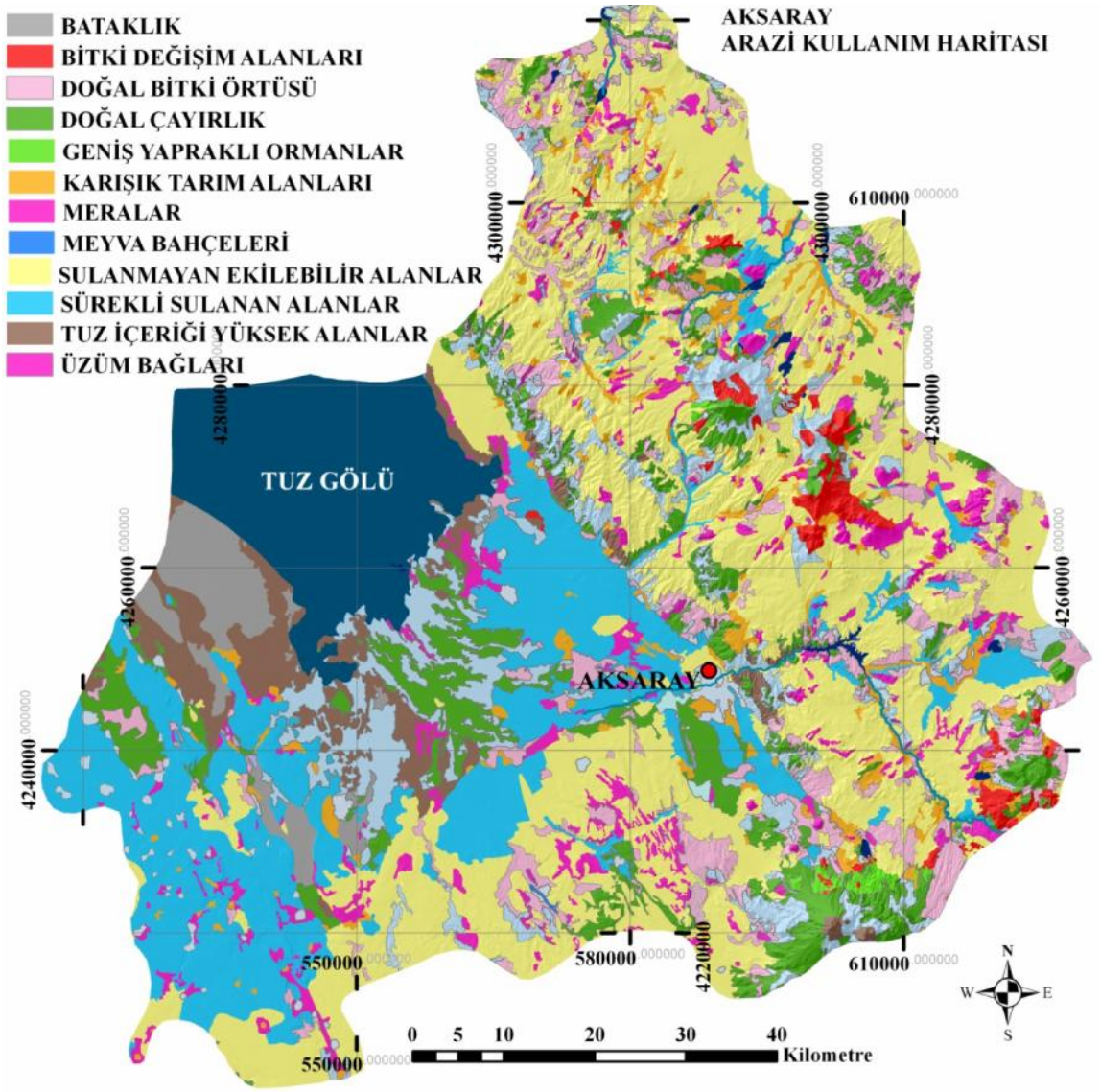
Aksaray'ın yüzölçümü 7798 km^2'dir, denizden yüksekliği ise 900 ile 3300 metre arasında değişir (Şekil 1.2). Aksaray ilini güneyden Hasandağ, kuzeydoğudan Tavşan ve Ekecik Dağları, kuzeyden Tuz Gölü, batıdan Bozdağ ve Balıkdağ ile Karacadağ silsilesi sınırlar (Erol, 1969). Bölgenin en yüksek rakımı 3268 m, en düşük rakımı ise 905 m' dir. Doğu ve kuzeydoğu kısımları Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ)' nun etkisiyle 500-1000 m yükseltili yer yer dar vadilerle çevrili engebeli bir

morfolojiye sahiptir. Batıda Obruk platosunun uzantısı Aksaray ovası bulunur. İnceleme alanının topografik yüksekliği 965 m'dir ve yaklaşık 25 km^2'lik bir alan kaplar. Morfolojik olarak doğu ve kuzeydoğuda yüksek kotlu tepelerle çevrili olan çalışma alanı, batı ve güneye doğru düz bir görünüm sunar. Şehirleşme ve sanayileşme eğimin az olduğu düz ovada kurulmuştur.



Şekil 1.2: Aksaray ilinin yükseklik kot haritası.

Yüksek kotlu tepelerden mevsimsel yağışlarla beslenen ova bölgenin en önemli tarım alanıdır. Morfoloji, arazi kullanımı ve yeraltı suyunun varlığı bölgedeki bitki dağılımını etkileyen en önemli faktörlerdir. Bitki örtüsü genel olarak bozkır şeklinde gelişmekte olup, en önemli bitkiler insanlar tarafından yetiştirilen söğüt, kavak ve meyve ağaçlarıdır. Bu alanın 5713 km^2' si tarım arazisi, çayır, otlak ve meradır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Aksaray ilinin arazi kullanım haritası (ÖÇKB, 2010).

1.3 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve çevresinde önceki dönemlerde gerçekleştirilen jeolojik çalışmalar jeolojik ve zemin – kaya mekaniği çalışmaları olarak iki farklı grupta özetlenmiştir.

1.3.1 Jeolojik çalışmalar

Lahn (1940), Aksaray ve çevresinde yaptığı çalışmalarda Koçhisar-Aksaray Nevşehir arasında bir fayın varlığından söz etmiş, yöredeki kayaçları Hasandağı volkanik masifi, Pliyosen tatlı su çökelleri, jipsli oluşuklar, plütonik kayaçlar ve mermerler olarak gruplandırmıştır.

Okay (1954), Kayseri-Niğde-Tuz Gölü arasında kalan bölgenin jeolojisini incelemiştir. Çalışmasında bölgede yer alan Neojene ait kayaçları sert tüf, gevşek tüf ve beyaz kireçtaşı olarak ayırt etmiştir.

Buchardt (1954), Bölgede ilk kapsamlı jeolojik haritalamayı yapmış olup Kırşehir ve Kızılırmak Nehri arasındaki alanın 1/100000 ölçekli jeolojik haritasını yaparak, ilksel magmadan oluşan Kretase yaşlı gabroların, dolomitlerin ve granitlerin yaşının Kretase Tersiyer sınırında olduğunu ortaya koymuştur.

Ketin (1963), Orta Anadolu Masifinin 1/500000 ölçekli haritasını yapmış ve ofiyolitik kompleks de gabroların kesildiğini ifade etmiştir.

Beekman (1966), Aksaray-Hasandağı arasındaki volkanik kayaçları inceleyerek bu kayaçların dağılımını tüf, tüfit, ignimbirit ve lav üniteleri şeklinde haritalamıştır.

Kadıoğlu (1991), çalışmasında Ağaçören ve çevresinde bulunan magmatik kayaçların jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası ile ilgili çalışmalarda bulunmuş ve Ağacören granitoidini, yaslıdan gence doğru, granit, porfiri granodiyorit ve alkali-feldispat granit olmak üzere üç alt birime ayırmıştır.

Erler ve Bayhan (1995), Orta Anadolu Granitoyidleri üzerinde yaptıkları çalışmada Orta Anadolu Granitoyidlerini 1) Batı kenarda, kuzeyde Sulakyurt'tan Güneyde Aksaray'a kadar uzanan, kuzeyde KD-GB yöneliminden Güneyde KB-GD yönelimine dönen, büyük yüzeyleme alanları olan geniş bir kuşak 2) Doğu kenarda, kuzeyde Sivas' tan güneyde Ulukışla'ya kadar uzanan KD-GB yönelimli metamorfik kayalar içerisinde küçük yüzeylemeler halinde dar bir kuşak 3) Kuzey kenarda Yerköy, Yozgat, Sorgun, Sarıkaya, Osmanpaşa ve Şefaatli arasında batolitik boyutlarda yüzeylemeler olarak ayırmışlardır. Ayrıca araştırmacılar Orta Anadolu Granitoyidleri ile ilgili esas sorunun, oluşum yaşı ve oluşum ortamı olduğunu ifade etmişlerdir.

Göncüoğlu vd. (1997), İnceleme alanı ve çevresinde gözlenen Orta Anadolu Ofiyolitleri'nin genel jeolojik özelliklerini inceleyerek bunların farklı özellikte iki kaya grubundan oluştuğunu belirtmişlerdir. Buna göre ilk grubun Orta Anadolu metamorfikleriyle benzer deformasyon ve metamorfizma özellikleri sunan meta-ofiyolitlerden, ikinci grubun ise kısmen iç düzenini korumuş kümülatlar, izotropik

gabrolar, plajiyogranitler, levha dayk karmaşığına ait diyabazlar, bazaltik yastık lavlar ve epiofiyolitik örtüden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Gevrek (1997), çalışmasında Ihlara ve Derinkuyu yöresinde çökelmiş volkanik klastiklerin sedimantolojisini araştırmış ve volkanik klastiklerin (otoklastik ve piroklastik) petro-fiziksel özelliklerini ve yerleşme mekanizmalarını esas alarak volkanik çıkış merkezlerini araştırmış ve volkano stratigrafi "çıkış merkezi" ile volkanizma dönemine ait önemli bilgiler vermiştir.

Yeşilyurt (1999), çalışmasında Hasandağı batısı (Aksaray) Kuvaterner volkanitlerinin mineralojisi ve petrografisini incelemiş ve Hasandağ volkanitlerinin alt lav birimi ojit-andezit ve bazaltik andezit; üst lav birimi ise başlıca andezit ve bazaltik andezitten oluştuğunu belirtmiştir.

Işık (2000), Ekecik yeniköy-Mamasun (Aksaray), Yeşilhisar (Kayseri) arasının jeolojisi ve gabroyik-granitoyidik kayaçların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiş ve bölgenin jeolojik gelişimi hakkında bulgular sunmuştur.

Güllü (2003), çalışmasında Aksaray İli doğusunda yüzeyleyen magmatik kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiştir. Çalışmasında inceleme alanı içerisinde beş farklı litodem birimi ayırtlamış ve bu birimlerin çarpışma sırası (syn COLG), üst manto-alt kıta kabuğu sınırından türeyen mafik magmanın ürünleri olduğunu belirtmiştir.

Akkuş (2009), çalışmasında Keçikalesi volkanitlerini magmatik petroloji yönünden değerlendirmiş ve Hasandağı volkanitleriyle karşılaştırmıştır. Keçikalesi volkanik birimlerinin genelde bazaltik andezit ve andezit türünde kayaçlardan oluşmuş; orta potasyumlu ve kalkalkalin karakterde olduğunu ifade etmiştir.

Özcan (2009), Aksaray-Doğantarla ve Konya-Kulu bölgelerinde Üst Miyosen yaşlı jeolojik serilerin sedimantolojik ve mineralojik incelenmesini gerçekleştirmiş ve çalışmasında Aksaray-Doğantarla bölgesi paleotoprak ve kalişlerin asidik volkanik kayaçlardan beslenmiş olduğunu ifade etmiştir.

Yılmaz vd. (2012), yazarlar çalışmalarında Selime tüfleri ve Kızılkaya ignimbiritlerinin aşınma potansiyellerini değerlendirmiş ve aşınma oranlarının yılda 2 mm’nin altında olduğunu belirtmişlerdir.

1.3.2 Zemin ve kaya mekaniği çalışmaları

İnceleme alanı ve çevresinde son yıllarda gerçekleştirilen Aksaray il sınırları içerisinde yer alan zeminlere ait bazı önemli araştırmalar aşağıda özetlenmiştir;

Teke (2002), yazar çalışmasında Aksaray ili, Bahçeli Kent Toplu Konut alanının zemin özelliklerini jeoteknik açıdan araştırmıştır. İki aşamada gerçekleştirilen çalışmanın ilk aşamasında 10 adet 15 m derinliğinde açılan zemin sondajlarında, değişik derinliklerde standart penetrasyon testi uygulanmış ve sondajlardan elde edilen örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda zemin özellikleri tanımlanmıştır.

Er (2002), yazar çalışmasında Aksaray ili merkezine ait zemin ve mühendislik jeolojisi verileri bilgisayar ortamında derlenip, ilişkilendirilip, kıyaslanarak örnek bir jeoteknik veri tabanı hazırlamıştır. Çalışmanın ilk aşamasında çalışma alanının parsel ve topoğrafîk harita verileri bilgisayar ortamına aktarılmış, ikinci aşamada ise sondaj, araştırma çukur ve jeoteknik etüd çalışmaları ile ilgili veriler harita koordinatlarına bağlı olarak oluşturulan veri tabanına işlenmiştir. Üçüncü ve son aşamada eldeki veriler birleştirilip yorumlayarak inceleme alanına ait karakteristik zemin profilleri ve dokümantasyon haritaları hazırlamıştır.

Özaydın (2004), yaptığı çalışmada Aksaray katı atık sahasındaki yeraltı suyu kirlenmesini jeoelektrik ve hidrokimyasal yöntemlerle belirlemiştir. Elde ettiği sonuçlara göre katı atık sahası çevresindeki alüvyonun yıllık yağışların etkisi ile beslendiğini, katı atık sahasından sızan suların geçirimli ve yarı geçirimli birimlerden ilk önce düşey daha sonra da yarı geçirimli birimler boyunca yatay olarak akifer birimlere ulaştığını belirlemiştir.

Yıldızhan (2007), Aksaray ili Holosen yaşlı çökellerin jeolojik ve jeoteknik açıdan özelliklerini belirlemiş ve yapılaşma için uygun bölgelerin belirlenmesinde tavsiyelerde bulunmuştur.

Özdemir (2007), yazar çalışmasında Ihlara kasabasının zemin özelliklerini jeofizik ve jeoteknik veriler yardımıyla incelemiş ve tüf ve ignimbirit türü kayaçların bozulması sonucu oluşan zemin parametrelerindeki aşınma miktarlarını da çalışmıştır.

Yalçın (2008), yazar çalışmasında Aksaray il merkezindeki zeminlerin sıvılaşma potansiyellerini araştırmış ve sıvılaşabilir zeminlerin dağılımını tespit etmiştir.

Taşpınar (2015), yazar çalışmasında Ihlara vadisi boyunca Kızılkaya ignimbiritlerinden oluşan yamaçlarda meydana gelen kaya düşmesini iki boyutlu kaya düşme analizleri ile değerlendirmiş ve farklı blok boyutlarına göre değişik kaya düşme modellemeleri gerçekleştirmiştir. Blok düşürme analizlerinden elde edilen; blokların gidebildikleri en uzak mesafe, yatay hız ve toplam kinetik enerji miktarları yorumlanarak, kaya düşmelerinden etkilenebilecek alanlar belirlemiş ve tehlike derecesine göre zon haritası oluşturmuştur.

Kavurmacı (2016), yazar çalışmasında Aksaray il merkezindeki zeminlerin Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemi kullanarak sıvılaşma potansiyellerini incelemiş ve sıvılaşabilir zeminlerin mekânsal dağılımını CBS teknikleri kullanarak belirlemiştir.

2. MATERYAL ve METOT

Bu araştırma kapsamında yapılan çalışmalar önceki yıllarda yapılan ilgili çalışmaların derlenmesi, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1 Önceki Çalışmaların Derlenmesi

Bu kapsamda yapılan çalışmalar, inceleme alanı ve çevresi hakkında ilgili makaleler, yayınlar, tezler, raporlar ve özel şirketler tarafından gerçekleştirilmiş jeolojik ve jeoteknik bütün verilerin toplanması ve incelenmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

2.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, çalışma alanının tanımlanması, mevcut jeolojik haritaların yenilenmesi, örnekleme noktalarının belirlenmesi ve zemin analizleri için uygun örnekleme dönemlerini kapsar.

Bu çalışma kapsamında, inceleme alanında Özdemir ve Öz-El jeoloji büroları tarafından 2014-2015 yılları arasında jeoteknik amaçlı olarak açılan toplam derinliği 1245 metre olan 83 adet araştırma sondajı verileri kullanılmıştır. Araştırma sondajlarında, ince taneli zeminlerin kıvamını ve iri taneli zeminlerin sıkılığını tespit etmek amacı ile her 1.50 m de bir TS 5744/1988 uyarınca Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmıştır. SPT deneylerinin gerçekleştirilmesinde makaralı şahmerdan (donut tipi) kullanılmıştır. Deney esnasında standart tip boyuna yarık örnek alıcının 63.5 kg ağırlığındaki şahmerdanın 0.76 m mesafeden serbest düşmesi sonucu zemine 0.15 m lik bölümler halinde toplam 0.45 m girmesi için gerekli darbe sayısı belirlenmiştir. İlk 0.15 m lik darbe sayısı, oturma kademesi olup, 0.30 ve 0.45 m lik kademelerdeki toplam darbe sayısı zeminin sertlik direnci olarak kayıt edilmiştir. Darbe sayıları üzerinde jeolojik yük düzeltme faktörü, tij düzeltmesi, enerji düzeltmesi, çekme başlığı düzeltmesi ve yeraltı suyu düzeltmesi uygulanmış ve düzeltilmiş darbe sayıları elde edilmiştir. Araştırma sondajlarının açımı esnasında SPT deneyi ile eş zamanlı olarak örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır.

Numunelerin alınması, tanımlanması ve sınıflanmalarında Türk Standartlar Enstitüsü standartları (TS 1500, TS 1900 ve TS 1901) uygulanmıştır.

Araştırma sondajları esnasında alınan numuneler kapsamında zeminin jeoteknik özelliklerini tespit amacı ile su muhtevası, doğal birim hacim ağırlık, elek analizi, hidrometre, atterberg limitleri ve tek eksenli basma dayanımı deneyleri Çözüm Jeoteknik Tic. Ltd. Şti. tarafından TS EN ISO/IEC 17025 standardına uygun olarak akreditasyon şartlarında gerçekleştirilmiştir.

2.4 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında, ilk önce arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler kendi aralarında sınıflandırılmış ve istatiksel açıdan dağılımları incelenmiştir. Sınıflandırılan veriler veri güvenliği açısından kendi içlerinde ve önceki çalışmalardan da faydalanılarak değerlendirilmiş ve veri güvenliği doğrulanmıştır.

Jeolojik veriler göz önünde bulundurularak inceleme alanı ve çevresinin jeolojik haritası ve stratigrafik dikme kesiti yenilenmiş ve ArcGIS yazılımı kullanılarak çizilmiştir. Bölgenin topografik kot haritası da aynı yazılım kullanılarak oluşturulmuştur. Araziden alınan kayaç örnekleri üzerinde yaptırılan ince kesitlerde büro çalışması kapsamında incelenmiş ve jeolojik formasyonların tanımlanmasında kullanılmıştır.

Zemin analizlerinden elde edilen veriler, Coğrafi Bilgi Sistemi'ne (CBS) uygun olarak ArcGIS / ArcMap, Excell gibi yazılım programları kullanılarak değerlendirilmiş ve ilgili grafikler çizilerek sonuçları yorumlanmıştır. Tez kapsamında oluşturulması planlanan CBS tasarımında veri tabanı kapsamında yer alacak özellik veri setleri ve onlara bağlı olan özellik sınıf yapıları belirlenmiştir. Özellik sınıf yapısına bağlı veri tabanı içerisinde oluşturulacak alanlara ait uygun veri türü (string, integer, text,vb.) seçimi yapılarak konumsal ve konumsal olmayan veriler arasındaki bağlantı sağlanmıştır.

Veri tabanının tasarımının ardından, konumsal bilgilerin organize edilmesi amacıyla, farklı veri kaynaklarından gelen konumsal nitelikteki bilgilerin birleştirilmesi koordinat birliğinin sağlanması için gerekli dönüşümler yapılarak tez amaç ve gereksinimlerine uygun sayıda ve detayda katmanlar oluşturulmuştur. Tüm sayısallaştırma işlemleri Universal Transverse Mercator (UTM), International 1909

Spheroid ve European 1950 Datum projeksiyonunda ArcGIS CBS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Tez kapsamında konumsal veri tabanı oluşturulduktan sonra farklı disiplinlerin ve tezin gereksinimlerini karşılayacak şekilde çeşitli tip ve ölçekte tematik zemin haritaları üretilmiştir.

3. BÖLGESEL JEOLOJİ

Bölgesel olarak çalışma alanının temelinde Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak tanımlanan kaya birimler yer alır (Göncüoğlu vd., 1991). Bu kompleks düzenli bir istif sunan Orta Anadolu Metamorfitleri ve bununla birlikte deformasyon ve metamorfizma geçirmiş Metamorfik Ofiyolitli karışık ve ensimatik yay magmatiklerinden oluşan Orta Anadolu Ofiyolitleri ile bu birimleri sıcak dokanakla kesen Orta Anadolu Granitoyitleri'nden meydana gelen kristalen kayalarla temsil edilir (Göncüoğlu vd., 1996).

Metamorfitler felsik ve mafik ortognays, şist, mermer, kuvarsit gibi kayaçlardan oluşmuş olup, genel olarak magmatik katkılı platform çökellerin düşük - orta dereceli basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist - almandin - amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuştur (Atabey, 1989). Kırşehir masifinin doğu uzantısı olan bu birimler bölgedeki yüksek topoğrafyaları oluşturur. Metamorfitler Paleozoyik yaşlı (Atabey, 1989) olup, granit, granodiyorit ve monzonitlerden oluşmuş Orta Anadolu Granitoyitleri tarafından sıcak dokanaklarla kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991). Kıtasal kabuk kökenli çarpışma tipi granitoyitler ve çarpışma sonraki alkalen magmatikleri içeren Orta Anadolu Granitoyitleri'nin sokulum yaşı Üst Kretase'dir (Göncüoğlu vd., 1991). Alterasyonlar sonucu kırılgan bir yapı kazanan birim genelde koyu grimsi - siyahımsı renklerde olup, orta - iri tanelidir (Kavurmacı, 2013).

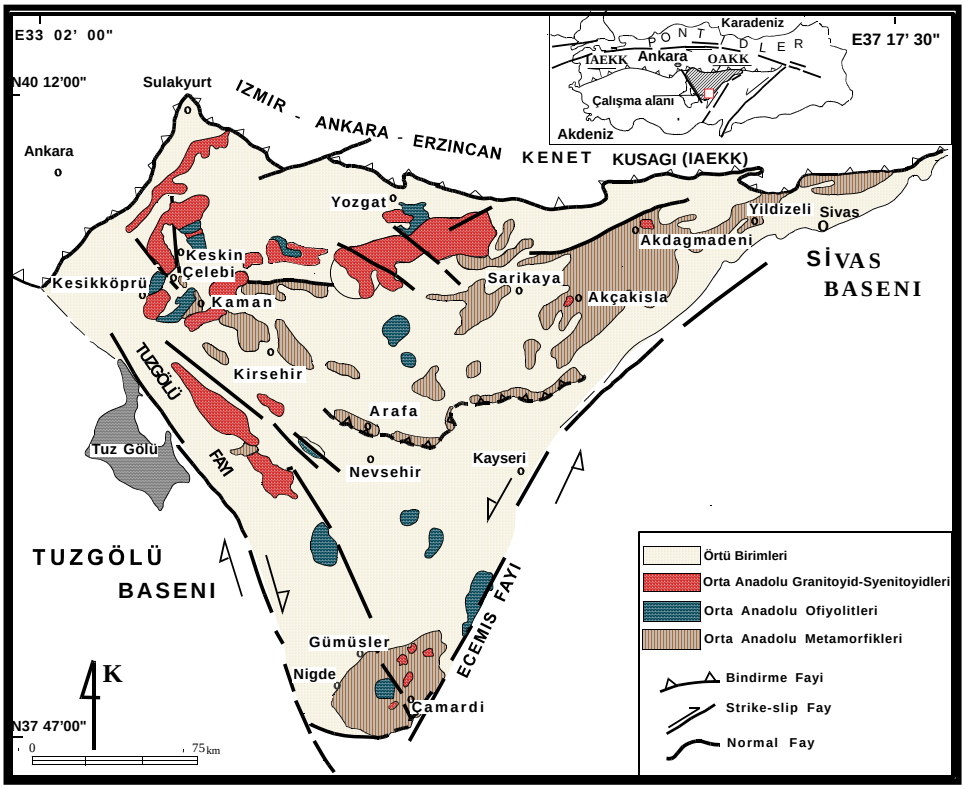
İnceleme alanını kapsayan Tuz Gölü Havzası Geç Kretase - Kuvaterner zaman aralığında gelişmiştir (Arıkan, 1975). Transgresyon Geç Kretase - Orta Eosen süresince meydana gelmiş ve bunu Geç - Orta Eosen'den başlayan ve Oligosen sonlarına kadar devam eden regresyon takip etmiştir (Arıkan, 1975). Havza Geç Kretase'den başlayıp Orta Eosen sonuna kadar denizel ve Geç Eosen - Kuvaterner zaman aralığında karasal nitelikli sedimanter birimlerle doldurulmuştur (Arıkan, 1975).

3.1. Stratigrafi

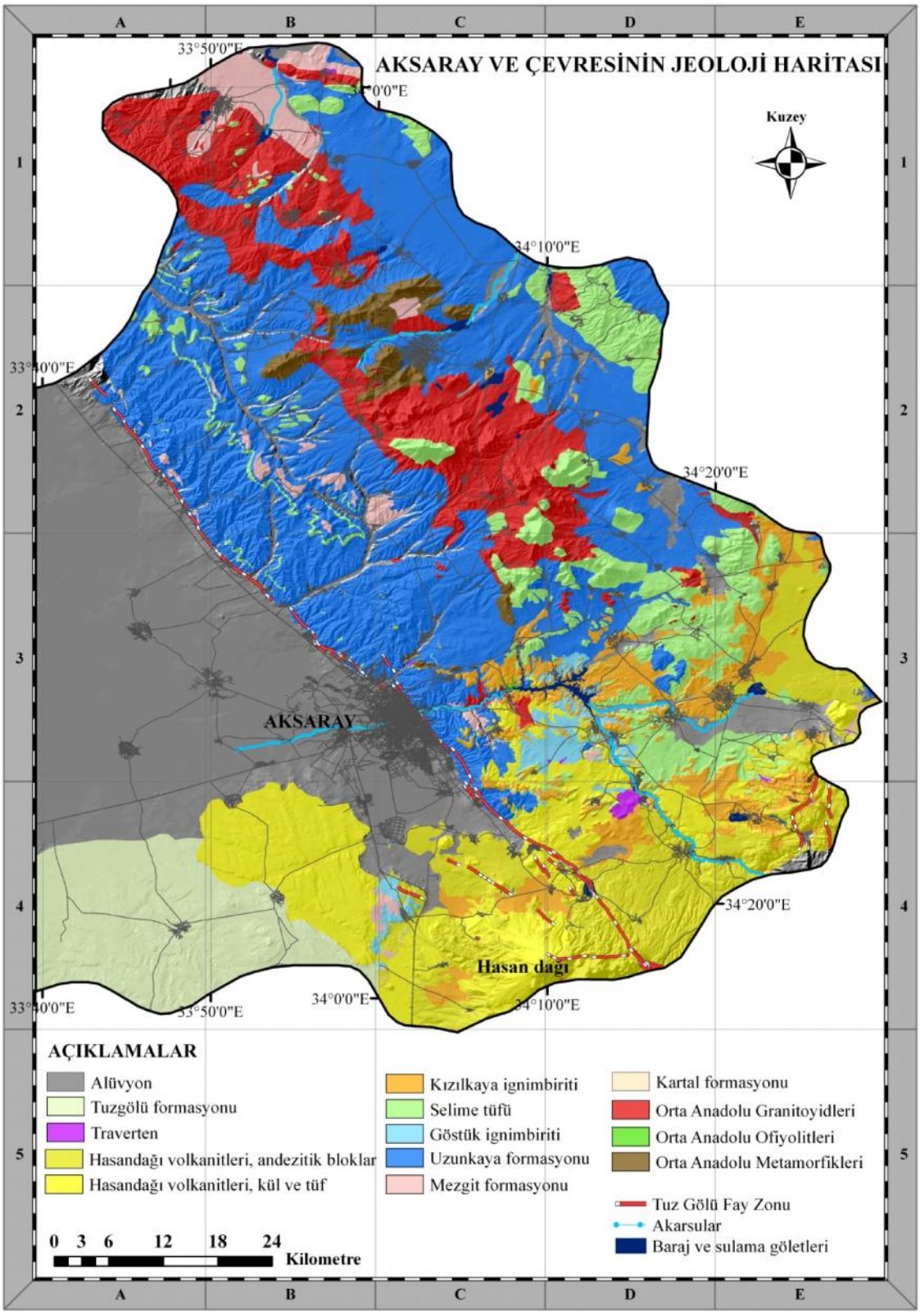
İnceleme alanı ve çevresinde yer alan temele ait birimleri Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı meta-sedimanlar, meta-karbonatlar, ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimler oluşturur. Temel birimlerinin üzerine gelen örtü çökellerini ise Üst Kampaniyen'den Orta Eosen'e kadar filiş ağırlıklı denizel birimler ve Üst Eosen'den günümüze kadar da karasal, gölsel ve volkanik çökeller oluşturur (Ünlütürk, 2000). İnceleme alanı alttan üste doğru Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK), Kartal formasyonu, Mezgit formasyonu, Uzunkaya formasyonu, Göstük ignimbiriti, Selime tüfleri, Kızılkaya ignimbiritleri, Hasandağı külleri, Traverten ve alüvyon formasyonlarından oluşur.

3.1.1. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK)

Orta Anadolu'da, Ankara - Sivas - Ulukışla arasında kalan ve kabaca üçgen biçimli bir alanda yüzeyleyen Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) genel olarak metamorfik kaya topluluğu ve bunları sıcak dokanakla kesen farklı intrüzif kayalardan oluşan bir topluluktur (Göncüoğlu vd., 1991) (Şekil 3.1), (Şekil 3.2).



Şekil 3.1: Basitleştirilmiş Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın jeoloji haritası (Göncüoğlu vd., 1991'ten alınmıştır).



Şekil 3.2: İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (ÖÇKB, 2010'dan değiştirilerek çizilmiştir).

Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde oldukça düzenli bir istif sunan ve Orta Anadolu Metamorfitleri olarak adlandırılan birim alttan üste doğru meta kırıntılıların hakim olduğu seyrek metakarbonat ile felsik ve mafik ortognayslar içeren Gümüşler metamorfitleri, metakarbonat - metakırıntılı ardalanmasından oluşan Kaleboynu metamorfitleri ve kalınca bir metakarbonat istifi ile temsil edilen Aşıgediği metamorfitlerinden meydana gelir (Göncüoğlu vd., 1996).

İnceleme alanının çevresinde gözlemlenen Kaleboynu metamorfik kütleleri gnays, şist, mermer, kuvarsit gibi kayaçlardan oluşmuş olup, genel olarak magmatik katkılı platform çökellerin düşük - orta dereceli basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist - almandin - amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuştur (Atabey, 1989). Birim Paleozoyik yaşlı (Atabey, 1989) olup, granit, granodiyorit ve monzonitlerden oluşmuş Orta Anadolu Granitoyitleri tarafından kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991). Alterasyonlar sonucu breşimsi ve kırılgan bir yapı kazanan birim genelde koyu grimsi - siyahımsı renklerde olup, orta - iri tanelidir (Şekil 3.3) (Kavurmacı, 2013).

Temel birimlerinin üzerine Üst Kampaniyen'den günümüze kadar farklı dönemlerde çökelmiş denizel, karasal ve gölsel örtü çökelleri gelir. Bu çökellerden ilki Kartal formasyonudur.



Şekil 3.3: Orta Anadolu Granitoyitlerinden bir görünüm.

3.1.2. Kartal formasyonu

Tuz Gölü Havzası'nın doğu kısmında geniş mostralar veren ve temelin üzerine ilk gelen birim olan Kartal Formasyonu ilk kez Turkish Gulf Oil (1961) tarafından adlandırılmıştır (Göncüoğlu vd., 1996). Birim bordo - kırmızı renkli, kalın tabakalı,

kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıltaşı, kumtaşı, miltaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Egemen litoloji çamur matriks içerisindeki çakıltaşlarıdır. Çakıldan bloğa kadar değişik boyutlarda gözlemlenen çakılların kökeni andezit, monzonit, gabro, serpantin, kırmızı çört, granit ve az miktarda metamorfik kayaç parçalarıdır (Göncüoğlu vd., 1996). Çakıl boyları 0.5 - 20 cm arasında değişmekte, ancak çoğunluğunu 2 - 7 cm arasında boyutları olan çakıllardan oluşmaktadır (Akıl, 2008). Çakıl tanelerinin yuvarlaklığı oldukça iyidir.

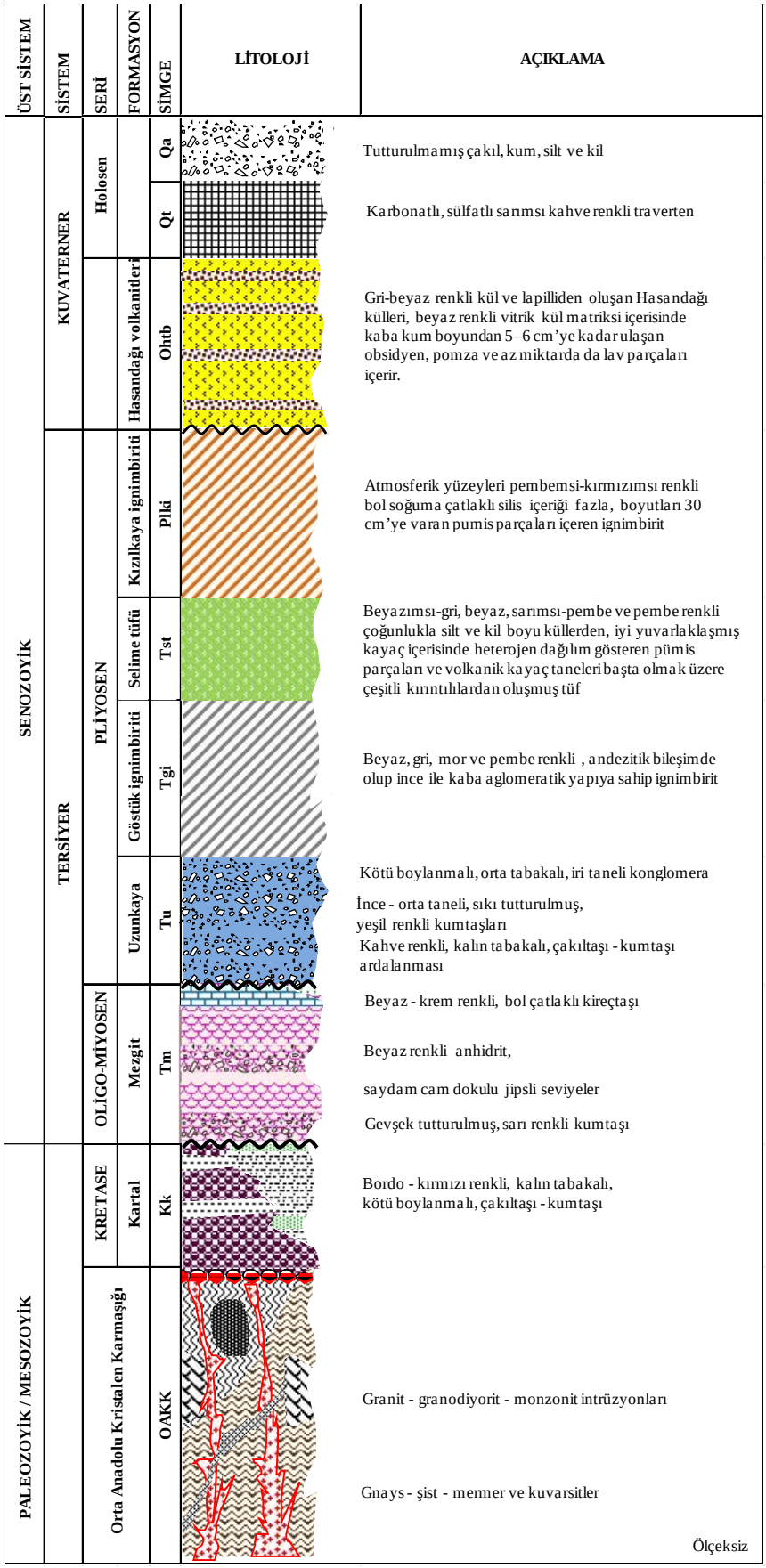
Alt seviyelerde kötü boylanmalı çakıltaşları ile karakteristik birim üste doğru çapraz tabakalı miltaşı ara seviyeleri içeren gevşek tutturulmuş kötü boylanmalı kumtaşı - çamurtaşı ardalanımına geçer (Şekil 3.4). Bordo renkli çamurtaşı seviyeleri az dayanımlı kırıklı ve dağılgan olup, içerisinde yer yer çakıltaşı ve kumtaşı mercekleri gözlemlenir. Hakim litoloji çamurtaşıdır. Birim içerisinde gevşek tutturulmuş, kötü boylanmalı kumtaşlarında küçük ölçekli teknemsi çapraz tabakalanmalar, tane yönlenmeleri sık görülür.

Kartal formasyonu geniş bir kıyı düzlüğünde çökelmiş olan akarsu çökellerinin zaman zaman deniz etkisi altında kalmasıyla oluşmuştur (Öney, 1999). Kartal formasyonu üzerine uyumsuz olarak Mezgit formasyonu gelir (Şekil 3.5).

3.1.3. Mezgit formasyonu

Karasal çakıltaşı, kumtaşı ve yer yer jipsli seviyelerle temsil edilen birim, çalışma alanında en yaygın gözlenen litostratigrafi birimini oluşturmaktadır. Birimin karasal çakıltaşlarla temsil edilen alt seviyeleri en iyi Dorukini Köyü güneyinde mostra verirken, jipsli seviyeleri ise en iyi Aksaray-Ihlara yolu üzerinde Kireçlik Mevkii'nde gözlenmektedir (Güllü, 2003). Formasyon tabanda koyu gri-koyu kahve renklidir. Çakıl-blok boyutundaki malzemelerden oluşan çakıltaşlarla granit, gabro ve diyabaz çakılları içermektedir. Tabanda gözlenen bu konglomeralar orta-iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, derecelenmesiz ve iyi çimentolanmıştır (Yıldız vd., 2002).

Dış görünümü kırmızı-kirli sarı- kahverengi olan Mezgit formasyonunun orta seviyelerini oluşturan çakıltaşlar ise çoğunlukla magmatik çakıllarının yanı sıra Eosen yaşlı kireçtaşlarına ait çakıllarda içermektedir. Orta seviyeleri oluşturan bu konglomeralar, orta-iri taneli, gevşek tutturulmuş olup kötü boylanmalıdır (Güllü, 2003).



Şekil 3.4: İnceleme alanı ve çevresinin stratigrafik dikme kesiti (Güllü, 2003'den değiştirilerek çizilmiştir).

Birimin içerisinde kaba taneli, gevşek çimentolu olarak gözlenen kumtaşı seviyeleri de yine aynı kökenli kayalardan türeyen malzemelerden oluşmuştur. Mezgit formasyonu içerisinde gözlenen evaporitli seviyeler ise beyaz-yeşilimsi beyaz anhidrit ile ince-orta tabakalı jipslerden meydana gelmektedir (Güllü, 2003).



Şekil 3.5: Mezgit formasyonu içinde gözlenen tabakalı jips seviyeleri (Güllü, 2003).

Tabandan tavana doğru litoloji özellikleri dikkate alındığında yüksek enerjili akarsu ortamından, göl ortamına geçişi temsil ettiği düşünülen birimin içerisinde yaş verisi sağlayacak herhangi bir fosil bulgusuna rastlanılmamıştır (Yıldız vd., 2002). Ancak içerisinde Eosen kirectaşı çakıllarını bulundurması ve Alt Pliyosen yaşlı Uzunkaya formasyonu tarafından açılı uyumsuz olarak örtülü olması, birimin yaşının Oligo-Miyosen olabileceğini göstermektedir (Yıldız vd., 2002).

3.1.4. Uzunkaya formasyonu

Birim, bölgede Hamamboğazı derenin her iki yamacında ve Dorukini Köyü civarında, Mezgit formasyonunun üzerinde açılı uyumsuz olarak gözlenmektedir (Güllü, 2003).

Sarımsı yeşilimsi ve açık kahverengi alacalı renklerde gözlenen birim tabanda orta-iri taneli konglomeralarla başlayıp üst seviyelerde volkanik malzemeli tüf, tüfit, çapraz tabakalı kumtaşları ve akarsu fasiyesinde gelişmiş kum, kil ve silt bantlı çökeller ile devam eder. Konglomera seviyeleri blok boyutunda malzemenin yoğun olduğu çok kalın, oldukça kötü boylanmalı ve kütle akması tarzında gelişmiş bir içyapı sunar. Gevşek tutturulmuş taneler oldukça dağılgandır. Üst seviyelerde

gözlenen iri kumtaşı, ince taneli silt ve kil ardalanması Melendiz nehrinin yüksek ve düşük enerji dönemlerini temsil eder (Güllü, 2003).

Birimin Mezgit formasyonu ile olan dokanağı yer yer tektoniktir. Bu tektonik hat, eski bir fay sarplığını yansıtmaktadır. Birim, bu fay sarplığı önünde alüvyal yelpaze tarzında gelişmiş ve oldukça kalın çökeller halinde depolanmıştır (Güllü, 2003). Selime (Aksaray) dolaylarında benzer litoloji ve stratigrafik düzeylerde Alt Pliyosen yaşlı omurgalı fosiller tanımlandığından, birimin Alt Pliyosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Yıldız vd., 2002).

3.1.5. Göstük İgnimbiriti

Bu formasyon en iyi Göstük yöresinde görüldüğünden Göstük İgnimbiriti olarak ilk kez Beekman (1966) tarafından isimlendirilmiştir. Dış görünüşü beyaz, gri, mor ve pembe renkli olan andezitik bileşimde olup ince ile kaba aglomeratik yapıya sahip ignimbirit ile temsil edilir. İgnimbirit, pumis elemanlarının zenginliğinden dolayı küçük peri bacaları oluşturması bakımından karakteristiktir ve bu özelliği ile diğer birimlerden ayırt edilmesi de çok kolaydır.

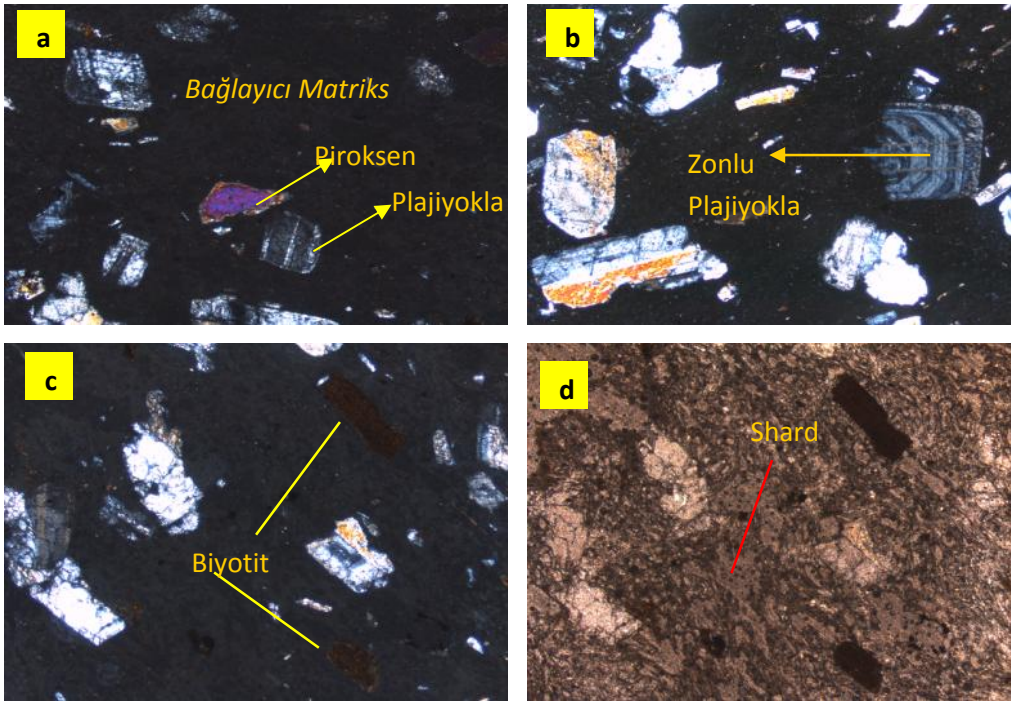
Göstük İgnimbiriti tabanında beyaz renkli ve ince taneli vitrik tüfle başlar. Üste doğru ignimbirit özelliği kazanarak devam eder. Alttaki tüf seviyesi yaklaşık 1.5 ile 3 m arasında değişen kalınlığa sahiptir. Litolojik özellikleri dolayısıyla yörede oldukça önem kazanmış olan bu birim kolay oyulması nedeniyle depo olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kolay kesilip işlenmesi ve yeraltı sularının etkisiyle çeşitli renkte desenler kazanması sebebiyle de binalarda yapı ve kaplama (süsleme) taşı olarak da kullanılmaktadır.

İnceleme alanından alınan ignimbiritlerden hazırlanan ince kesitler Nikon marka binoküler polarizan mikroskop altında incelenmiştir. İgnimbiritleri %28 fenokristal ve %73 hamur fazı oluşturmaktadır. Genel olarak ötaksitik doku özelliği gösteren ignimbiritler hakim olarak plajiyoklaz+biyotit+ piroksen+obsidiyen±opak mineral ana bileşenlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.6).

3.1.6. Selime Tüfü

Selime Tüfü, beyazımsı-gri, beyaz, sarımsı-pembe ve pembe renkli çoğunlukla silt ve kil boyu küllerden, iyi yuvarlaklaşmış kayaç içerisinde heterojen dağılım gösteren pümis parçalarından, kuvars parçacıklarından ve genellikle volkanik kayaç taneleri başta olmak üzere çeşitli kırıntılılardan oluşmuştur (Şekil 3.7). Birimin kalınlığı 0.5

m, ile 60 m, arasında değişir. Nevşehir ili çevresinde geniş yayılımlar gösteren Selime Tüfü, farklı araştırmacılar tarafından Cemilköy İgnimbiriti olarak da isimlendirilmiştir (Pasquare vd. 1988).



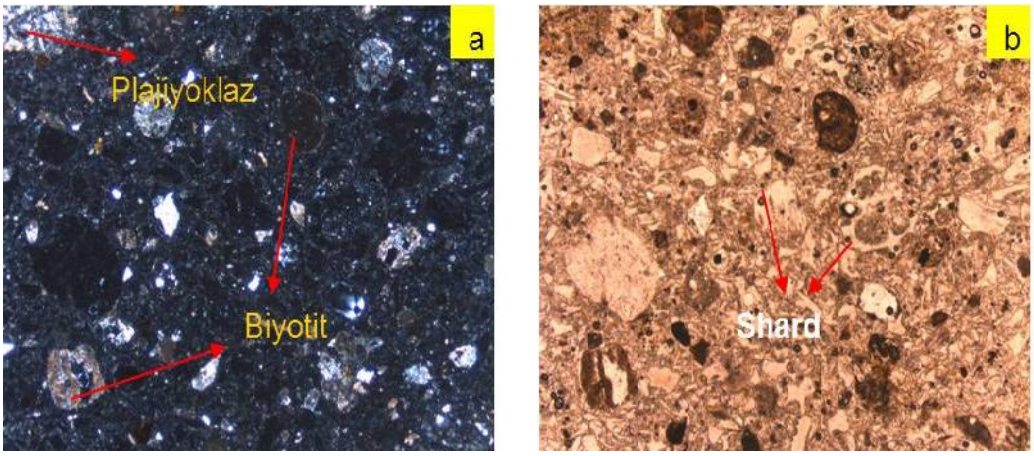
Şekil 3.6: a-b) İgnimbiritlerde gözlenen piroksen, plajiyoklas ve zonlu plajiyoklasların fotomikrograf görüntüleri, c-d) İgnimbiritlerde gözlenen biyotitlerin ve bağlayıcı matriksi oluşturan shardların fotomikrograf görüntüleri.



Şekil 3.7: Selime Tüfünün makroskopik ve içerisindeki pümislerin görünümü.

Hasandağı'nın kuzeyinde kuzeye doğru incelip Aksaray'ın doğusundaki kristalin temele kadar gelerek orada gözden kaybolan tüfit, tüf ve Selime Tüfü içerisinde çok sık görülen pümis mercekleri heterojen bir dağılım gösterirler (Şekil 3.8). Selime Tüfü muhtemelen, volkanizma sonucu ortaya çıkan piroklastik malzemelerin gölsel bir havzada çökelmesi sonucu oluşmuşlardır. Petrografik incelemeler sonucunda vitrik tüf olarak adlandırılan birim esas olarak plajiyoklaz + biyotit + litik bileşen +

pumis + shard ± opak mineral bileşenlerinden oluşmaktadır. Hakim olarak vitrofirik dokunun gözlendiği tüflerde kaynaklaşmanın olmadığı (non-welded) önemli bir ayrıntı olarak gözümüze çarpmaktadır.



Şekil 3.8: a-b) Tüflerde gözlenen biyotitlerin, plajiyoklasların ve bağlayıcı matriksi oluşturan shardların fotomikrograf görüntüleri.

Pliyosende ortaya çıkan türbülanslı rejime sahip sellenmeler ve meteorik kökenli yağış sularının zaman zaman çökelme ortamını etkilemesi sonucu, ince-orta taneli, gevşek tutturulmuş kırıntılı taneler, Selime tüfü içerisinde kötü boylanmalı, köşeli, heterojen bir dağılım gösterirler. Pumis parçacıkları ortalama 2 cm – 3 cm arasında değişen çaplardadır ve gaz boşluklu görünüm verirler.

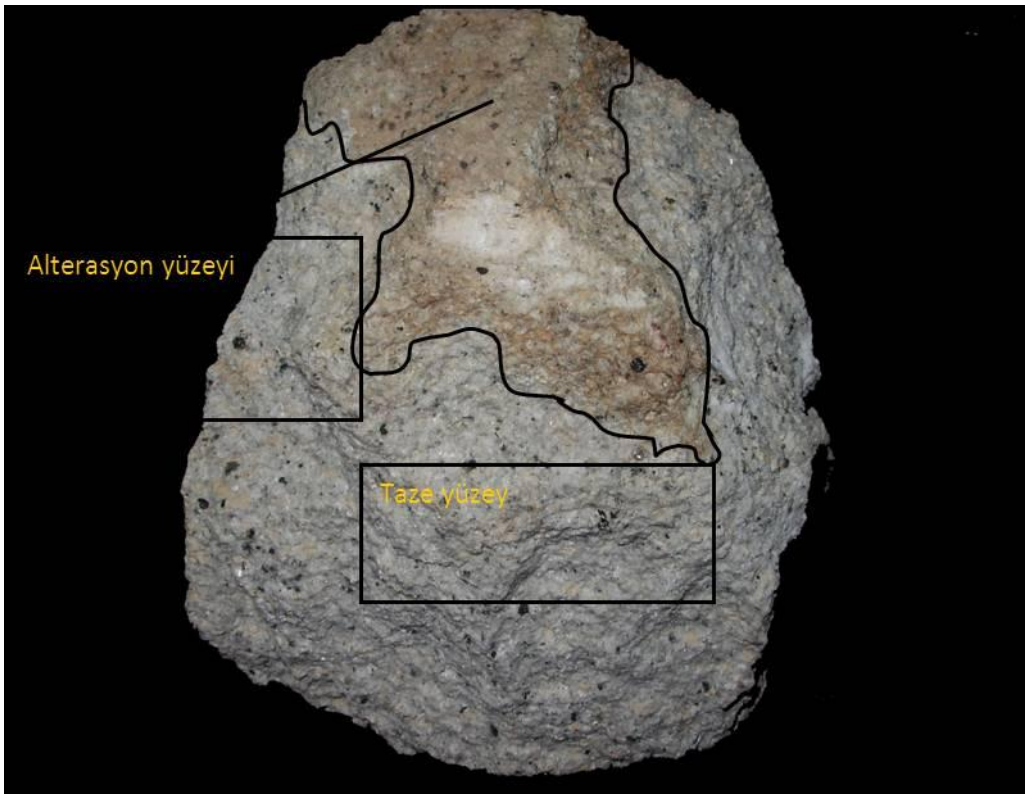
3.1.7. Kızılkaya ignimbiriti

İlk defa Beekman (1966) tarafından adlandırılan birim, bölgede en iyi Gücünkaya Köyü civarında gözlenmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Kızılkaya ve Selime tüfleri arasındaki dokanak ilişkisi.

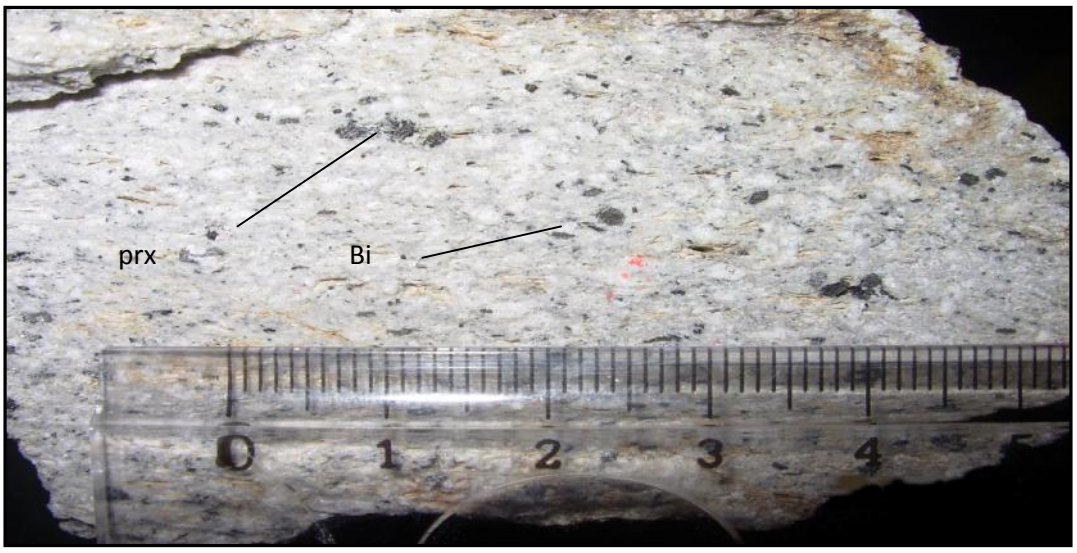
Atmosferik yüzeylerinde pembemsi-kırmızımsı renkte gözlenen ignimbiritlerin taze yüzeyleri ise pembemsi-beyazımsı gri renklerdedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: İgnimbiritlerde gözlenen günlenmeye bağlı renk değişimi.

Topoğrafyada mesa morfolojisi oluşturmasıyla karakteristik olan ignimbiritlerin alt seviyelerinde, boyutları 30 cm'ye varan pumis parçaları gözlenmektedir (Şekil 3.11). Orta seviyeleri, pembemsi gri renkte, andezit ve bazalt çakıllarıyla kaynaklı birimin üst seviyelerinde zayıf kaynaklanmış volkanik çakıllar gözlenmektedir. Bölgede sütunsu bir yapıda gözlenen ignimbiritlerin kırık - çatlak düzlemleri boyunca alınan ölçümlerde hakim kırık-çatlak düzlemlerinin K5D-82GD, K88D-88GD ve K61B-89°GB yöneliminde oldukları gözlenmiştir. Birim içerisinde genel olarak her yönde kırık ve çatlakların varlığı, bu kırık ve çatlakların soğumaya bağlı olarak geliştiğinin göstergesidir (Yıldız vd., 2002).

İgnimbiritler içerisinde gözlenen biyotit minerallerinden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayininde birimin 4.9-5.5±0.2 my aralığında oluştuğu bulunmuştur (Batum, 1978).



Şekil 3.11: Makroskobik olarak ignimbiritlerin görüntüsü.

3.1.8. Hasandağı Volkanitleri

İlk kez Beekman (1966) tarafından isimlendirilmiştir. Birim üstten alta doğru andezit, andezit-bazalt birleşimindeki lavlar ve bunların farklı boyuttaki piroklastiklerinden oluşur. Piroklastikler sarımsı yeşilimsi tüf ve aglomeralardan meydana gelmiştir.

Çökelmeden önceki eski topografya çukurlarını dolduran birim formasyonu oluşturan kayaç türleri birbiriyle düşey ve yanal geçişlidir. Topografya yüzeyine bağlı olarak genellikle yatay, yer yer eğimli bir görünüm sunar. Hasandağı külleri gölsel ve volkanizma ürünü olan birimlerin ardalanmasından oluşmuştur. Gri-beyaz renkli kül ve lapilliden oluşan Hasandağı külleri, beyaz renkli vitrik kül matriksi içerisinde kaba kum boyundan 5–6 cm'ye kadar ulaşan obsidiyen, pomza ve az miktarda da lav parçaları içerir. Hasandağı külleri, Belisırma ve Ihlara civarında Kızılkaya ignimbiritlerinin üzerinde yer almaktadır.

3.1.9. Traverten

Bünyesinde erimiş karbondioksit bulunan yeraltı sularının akifer içerisindeki hareketleri esnasında temasta bulundukları kayaçlardan çözdükleri kalsiyum karbonatı akışkanın yer yüzeyine ulaşması çok ince katmanlar halinde çökeltmeye başlaması sonucu oluşmuşlardır.

Bölgedeki genç volkanizmaya bağlı olarak ısınan CO_2'ce zengin sıcak sular kayaçlarda iyi gelişmiş kırık sistemleri boyunca yüzeye çıkmakta ve traverten

çökeltmektedir (Şekil 3.12). İnceleme alanında eski ve yeni su çıkış noktalarını işaret eden travertenler genelde beyazımsı, açık kahve, sarı renkli ve boşluklu yapıya sahiptir. Alterasyon sonucu ortaya çıkan demir zenginleşmesine bağlı olarak kırmızı renk tonları içerdikleri de gözlemlenmiştir.



Şekil 3.12: Yaprakhisar ve çevresinde çökelen travertenlerin görüntüsü.

Travertenlerin morfolojisi göz önüne alındığında oluşumun tabaka traverten tipinde geliştiği görülmektedir. Orta - iri kristalli kalsit ve aragonit minerallerinden oluşan travertenler üzerinde gözlemlenen boşluklu yapılar yer yer rekristalize kalsitlerce doldurulmuştur. İnceleme alanı ve çevresinde travertenler KB - GD yönünde uzanan fay hattına bağlı olarak birden fazla noktada açığa çıkan Ziga ve Yaprakhisar sıcak suları tarafından çökeltilmiştir.

3.1.10. Tuzgölü formasyonu

Tuz Gölü ve yayılım alanı boyunca topoğrafyanın düz olduğu alanlarda çökelim gösteren birim en altta tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil fasiyesi ile başlar, karbonatlı, sülfatlı ve jipsli seviyeler içeren alüvyon yelpazesi çökelleri ile devam eder. Birim; Ulu vd. (1994), tarafından Tuzgölü formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Mevsimler değişikliklere bağlı olarak gelişen farklı enerjili akarsular tarafından çökelme havzasına taşınan değişik boyutlardaki alüvyon malzemeler tuzlu göl ortamında buharlaşmanın etkisiyle çökelmişlerdir. Topoğrafyanın düz oluşu, yağışın az olması gibi etkenler buharlaşmanın etkisini artırmıştır. Formasyon genel olarak beyaz - gri - yeşil renkli yatay katmanlı jips ara katkılı killerden oluşur (ÖÇKB, 2010). Çakıl ve kumlar kötü boylanmış olup, iyi yuvarlaklaşmıştır. Çakıllar genelde tane destekli ve kum matriks içerir (Kavurmacı, 2013).

Tuz Gölü yayılım alanı içerisinde hakim litoloji kil olup, killer içerisinde heterojen dağılım gösteren karbonatlı kum seviyeleri ve yer yer sarımsı - bej renkli bol kırık çatlaklı ince tabakalı marnlı seviyelerde gözlemlenir (Kavurmacı, 2013). Formasyon içerisinde göl seviyesinde meydana gelen ani değişikliklerin neden olduğu kumul yapıları da göze çarpar. Ulu vd. (1994) tarafından birimin yaşı Pliyo - Kuvaterner olarak kabul edilmiştir.

3.1.11. Alüvyon

Dönemsel olarak değişik enerji düzeylerine sahip akarsuların yüksek kotlardan diğer birimlerin aşınması sonucu getirdiği gevşek, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil boyu malzemeden oluşmuş alüvyon kötü boylanmalı, kahverengi, yeşilimsi, gri renklidir. Melendiz akarsuyu ve yan kolları boyunca çökelen birim, Aksaray'ın batı kesimleri ile KB - GD uzanımlı fay sistemleri arasında geniş yayılım gösterir. Alüvyon içerisinde kil içeriği bölgesel olarak farklılıklar içerir. İnceleme alanı ve çevresinde gerçekleştirilen jeofizik ve sondaj çalışmalarından alüvyon kalınlığının 20 m ile 50 m arasında olduğu belirlenmiştir. Stratigrafik ilişkilerine göre alüvyonun yaşı Holosen olup, oluşumu halen devam etmektedir.

3.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanı sınırları içerisinde önemli olarak sınıflandırılan birimler alüvyon ve alüvyon konisidir. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar akarsu vadilerinde ve çevrelerinde, tutturulmamış çakıl, kum, silt, kil ve bitkisel toprak şeklinde gözlenir.

Sondajlarda ve araştırma çukurlarında yapılan gözlemlerde, zemin genelde; 10 metre derinliğe kadar, kahverengi - gri rengin egemenliğinde, ağırlıklı olarak kil, kumlu-siltli kil, killi-siltli ince kum, killi kumlu silt, çakıllı kum ve çakıllardan oluşan heterojen bir profil gösterir. Jeolojik birimler zemin içerisinde çok sık yanal ve düşey olarak değişir. Zemin içerisinde özellikle siltler baskındır. Bütün bunlar bize zeminin çökelim ortamının türbilanslı ve yüksek enerjili taşkın sular tarafından oluşturulduğunu göstermektedir.

Aksaray il merkezinin zemin profilinin genelde; 0 m.- 0,8 m. bitkisel toprak, 0,8 m. – 1,30 m. kil, 1,30 m. – 3,0 m. kumlu killi silt, 3,0 m. – 4,2 m. 4,2 m. – 5,2 m. arası silt, 5,2 m. – 7,5 m. arası siltli ince kum ve 7,5 m.' den sonrada çakıl seviyeleri şeklinde geliştiği gözlenmektedir. İnceleme alanında en üstte yer alan nebati bitkisel

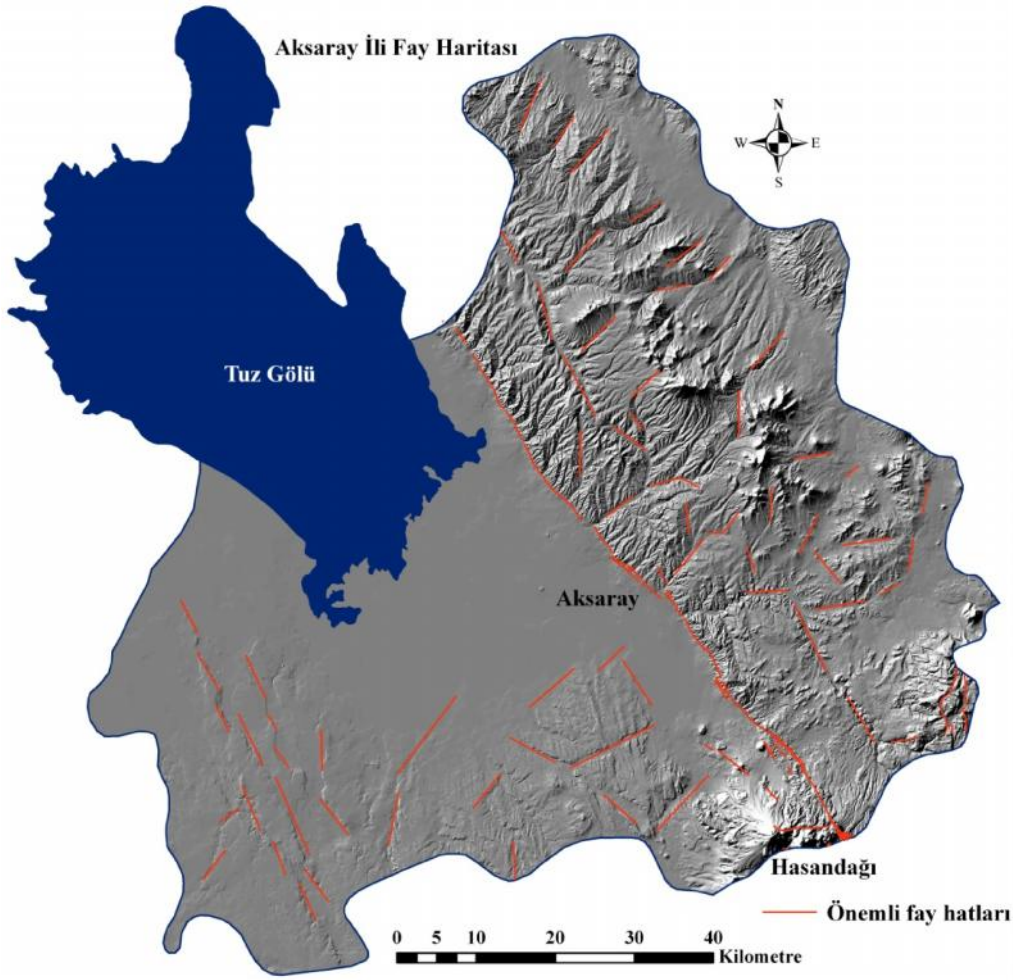
toprak açık renkli, yaklaşık 0.5 m. – 1m. arasında değişen kalınlığa sahiptir. Killer genelde açık kahverengi renkli, orta kohezyonlu, pasif, yumuşak, orta sıkışabilirlik sınıfına girmektedir. İnceleme alanında killi seviyelere genelde yüzeyden 1,5 m. derinlikte rastanılmaktadır. Açılan araştırma kuyularında killi birimlerin genelde 1 m. veya 1.5 m. arasında kalınlıklara sahip oldukları gözlenmektedir. Killer, zemin içerisinde diğer birimlerin içeresin de düşey ve yanal geçişli olarakta sık sık mercekler veya kısa bantlar şeklinde gözlenmektedirler. Siltler inceleme alanında genelde açık kahverengi - gri renk tonlarının karışımında gözlenir. İnceleme alanının sıvılaşma potansiyelini önemli ölçüde artıran siltler zemin içerisinde üst yapılarının temelini taşıyan ilk seviyelerdir. İnceleme alanında yeraltı suyu seviyesinin yüzeye yakın olması da sıvılaşma riskini artıran en önemli özelliklerden birisidir. İnceleme alanında gözlenen kumlar genelde açık gri renk tonlarında görülmektedir. Genelde kumların boylanma sabiti normaldir. Kumlar inceleme alanında genelde ince gevşek kum seviyeleri şeklinde gözlenmektedirler. Çoğu zaman değişik oranlarda kil ve silt karışımları içerdikleri gözlenen kumlar inceleme alanının sıvılaşma riskini artırıcı diğer bir jeolojik birimdir. İnceleme alanında genelde 7.5 m.'den sonra görülmeye başlanan grimsi siyahımsı renkli iri köşeli volkanik çakıllar çoğu zaman araştırma kuyularının son metreleri ihtiva ederler.

3.3. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının tektonik yapısında, Tuz Gölü Havzası ve temeli oluşturan Kırşehir Masifi etkili olmuştur. Bölgenin en önemli tektonik unsuru TGFZ 'dur. TGFZ'nun yaşı ve karakteri hakkında farklı araştırmacılar tarafından değişik görüşler ileri sürülmüştür. Görür ve Derman (1978), Uygun vd. (1982), Görür vd. (1984), Çemen vd. (1999) fay zonunun yaşının Üst Kretase olduğunu belirtmişken; Arıkan (1975) fayın yaşını Eosen; Dellaloğlu ve Aksu (1984) ise Miyosen olarak kabul etmiştir. Şengör vd. (1985) ile Şaroğlu vd. (1987) bu fayın yüksek açılı ters fay olduğunu ileri sürmüşler, Derman vd. (2000) ise bu fayın önce normal bir fay olarak başladığını Eosen'de sol yönlü doğrultulu atım kazandığını daha sonra da tekrar normal bir fay karakteri kazandığını belirtmişlerdir. Toprak ve Göncüoğlu (1993), Dirik ve Göncüoğlu (1996), Çemen vd. (1999) ise fay zonunun neotektonik dönemde yüksek açılı normal fay bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olduğunu ifade etmişlerdir. Kürçer vd. (2012) ise çalışmasında TGFZ'nun K25-60B doğrultulu, 65-85 GB'ya eğimli, çok küçük oranda sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip (yan yatım açısı;

75-85), yüzeyde yüksek açılı normal faylardan oluşan bir fay zonu olduğunu savunmuştur.

İnceleme alanında TGFZ'na paralel gelişen KB - GD gidişli birbirlerine paralel doğrultu atımlı fay sistemleri ve ana fayı farklı açılarla kesen D - B gidişli düşey bileşenli fay sistemleri gelişmiştir (Şekil 3.13). Düşey bileşenli faylar inceleme alanının graben özelliği kazanmasını sağlamıştır. KB-GD ve KB-GD yönlü fay ve çatlak hatlarının kesişmesi ile bölgedeki merkezi volkanizmalar meydana gelmiş, bunun sonucunda da cüruf konileri oluşmuştur. Genç birimlerin örtü şeklinde bölgeyi kaplamaları bahsi geçen tektonik yapılarında örtülmesine neden olmuştur.



Şekil 3.13: İnceleme alanı ve çevresinin fay haritası.

İnceleme alanında yer alan diğer önemli bir tektonik unsur Tuz Gölü Fay Zonunu dik konumda kesen Sultanhanı fayıdır (Yıldız vd., 2002). Fayın doğrultusu GB-KD dır ve inceleme alanını çift yönlü kesme kuvvetleri etkisinde bırakmıştır. Bölge için önemli diğer bir yapısal unsurda KB-GD doğrultulu Ihlara Vadisi boyunca uzanan Ihlara fayıdır (Yıldız vd., 2002). Halen aktif olarak fay hattı boyunca karbondioksit gazı ve sıcak su çıkışları gözlenir.

İnceleme alanında yer alan Orta Anadolu Metamorfikleri'ne ait mermerler, Orta Anadolu Granitoyidleri, bazalt ve andezitler gibi jeolojik birimler tektonizma etkisi sonucu gelişen kırık ve çatlaklı yapılardan dolayı geçirimli hidrojeolojik özellik kazanmışlardır. Bu kırık sistemleri bölgede gelişen soğuk ve sıcak-mineralli su kaynakları için de hidrolik dolaşım yollarını oluşturmalarından dolayı çok önemlidir.

4. İNCELEME ALANININ AFET DURUMU VE DEPREMSELLİĞİ

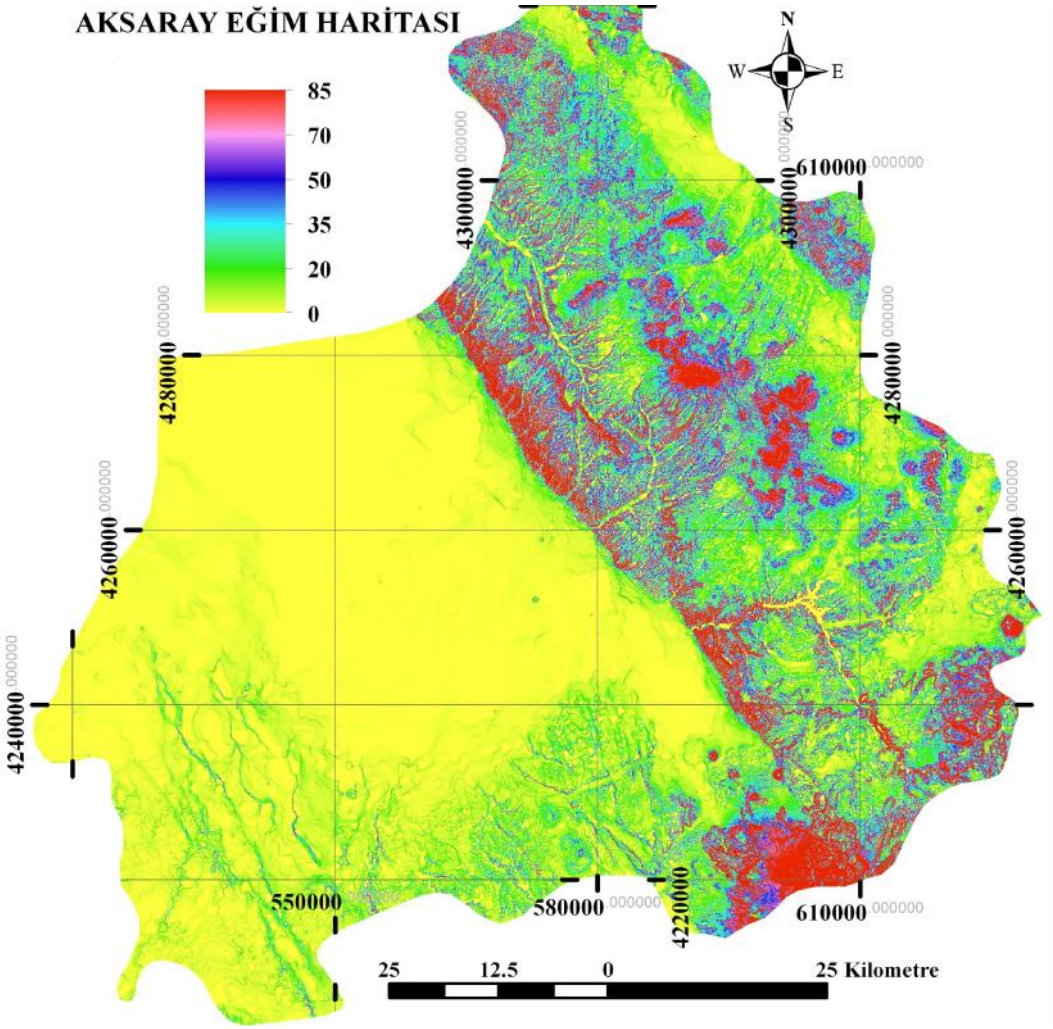
4.1. Afet Durumu Verileri

Aksaray il merkezi genç diri faylardan Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ) üzerinde inşa edilmiştir. TGFZ inceleme alanının doğusunda topografyada yüksek eğimli yamaçlar ve fay sarplığı olarak izlenir. Bu tepeler Pliyosen yaşlı gevşek dokulu kum ve çakıllardan oluşur. İnceleme alanı ve çevresinde en yaygın gözlenen kütle hareketleri Kılıçaslan tepesi ve çevresi boyunca gözlenen küçük ölçekli heyelanlar ve krip hareketleridir. Bu genç birimlerden özellikle fiziksel dayanımı zayıf olan kum ve çakıllar atmosferik şartlar altında ayrışarak çatlaklı, kırıklı bir yapı kazanabilmekte ve eğimin yüksek olduğu yerlerde akarak tehlike yaratmaktadır.

İnceleme alanının doğu ve güneydoğusunda yer alan yüksek kotlu tepeler bölgenin beslenme alanını inceleme alanında geniş bir alanı kaplayan Aksaray şehir merkezi ise boşalım eksenini oluşturur. Bu nedenle yeterli geçirgenlik kazanmış birimlerde muhtemel yeraltı suyu hareketi şehir merkezine doğru olmaktadır. Yüksek kotlu tepelerde yamaç eğimleri 65^0-75^0'yi bulabilmektedir (Şekil 4.1).

Yamaç ve tabaka eğiminin aynı yönde oluşu erozyonu hızlandıran faktörlerdir. Bölgede yüzeyleyen kaya türlerinin gevşek dokulu ve çok zayıf çimentolu olması uygun yamaç eğimi ve zeminin suya doygun olması durumunda bölgede muhtemel kütle akması veya heyelan riskini açığa çıkarmaktadır. İnceleme alanının doğusunda yamaç eğimi aniden azalır. Yüksek eğimli topografya ve gevşek zemin, şehir merkezine doğru muhtemel sel baskını/çamur akması gibi tabii afet riskini oluşturmaktadır.

İnceleme alanı ve çevresinde yer alan en önemli akarsular Melendiz ve Karasu'dur. Melendiz dağının kuzeydoğu eteklerinden doğan Melendiz çayı küçük debili akarsularında karışması ile birlikte kuzeybatıya doğru akışını sürdürür. Melendiz çayı hem bölgedeki erozyonu hızlandırmış, hem de taban kotunun daha da derinleşmesini sağlamıştır (Sıvacı, 1995).



Şekil 4.1: Aksaray ve çevresinin eğim haritası.

2014 tarihli Afet İşleri Genel Müdürlüğü etüt raporunda su baskını olayının etkili olmadığı belirtilmiştir. Fakat çok aşırı yağışlar sonucunda yamaç sellenmesi ve kuru derelerin taşmasıyla su baskınları meydana gelebilmektedir. Yeraltı suyundan ve meteorolojik etkenlere bağlı olarak oluşabilecek yüzeysel sulardan kaynaklanan problemlerin ortadan kaldırılabilmesi için etüt alanından suyun drenaj veya aşırı pompalama yöntemi ile uzaklaştırılması gerekmektedir.

4.2. İnceleme alanının depremselliği

İnceleme alanı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına (2014) göre 4. ve 5. derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 4.1). İnceleme alanında sadece Tuz Gölü fayı değil Hamamboğazı ve Uluırmak faylarıda yer alır. Bu iki fay Tuz Gölü fayına yaklaşık dik konumlu olup KD-GB doğrultuludur (Yıldız vd., 2002). İnceleme alanındaki Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı birimlerin Tuz Gölü fayı ile bu faya dik

konumlu Hamamboğazı ve Uluırmak fayları tarafından kesilmeleri bu fayların günümüzde de genç ve diri faylar olduklarını işaret etmektedir.

İnceleme alanı diri faylardan oluşan TGFZ üzerinde bulunmaktadır. TGFZ yaklaşık 200 km uzunluğunda, 2 - 25 km genişliğinde, Kuzeybatı (KB) gidişli, aktif, sağ yanal doğrultu atım bileşenli normal bir fay zonudur (Kürçer, 2014). Sultanhanı, Hamamboğazı ve Uluırmak fay zonları bölgede aktif olan diğer tektonik unsurlardır. Bu faylar TGFZ' na dik konumlu olup KD-GB doğrultuludur (Kavurmacı, 2016). Kürçer (2014) yaptığı çalışmada Hasandağ ve Altunhisar dolaylarında meydana gelen depremlerin odak derinliklerinin TGFZ ve çevresinde meydana gelen depremlerin ortalama odak derinliğinden daha fazla olduğunu ve bu durumun bu bölgedeki depremlerin bir kısmının volkanik kökenli depremler olabileceğine vurgu yapmıştır. Kürçer (2014) aynı zamanda TGFZ segmentleri üzerinde yaptığı çalışmasında TGFZ' nun azami M=6.11–6.80 büyüklüğünde deprem üretebileceğini açıklamıştır (Kavurmacı, 2016).

İnceleme alanında meydana gelen aletsel dönem (1900 sonrası) depremleri, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem izleme Merkezi'nden derlenmiştir. Çalışma alanı ve çevresinde 1924-2016 yılları arasında magnitüd > 3 olan 23 deprem kayıt edilmiştir (Kavurmacı, 2016) (Çizelge 4.1).

Bölgede inceleme alanı ve çevresinde aletsel dönemde kaydedilen depremlerin en büyüklerinden birisi 1924 yılında kayıt edilen M=5.2 büyüklüğündeki Eskil (Aksaray) depremidir (Kavurmacı, 2016). 19 Nisan 1938 Kırşehir-Keskin depremi ise inceleme alanında aletsel dönemde gözlenen diğer büyük depremlerden birisidir. 19.04.1938 günü 10:59:20'de (GMT) meydana gelen maksimum şiddeti Io = IX, magnitüdü Ms = 6.8, episantırı 39.44 K, 33.79 D olarak saptanan bu deprem 149 kişinin ölümüne, 211 kişinin yaralanmasına ve 3860 civarında yapının yıkılmasına veya ağır hasar görmesine neden olmuştur. Depremin maksimum şiddet alanı Kırşehir'in Akpınar, Köşker kasabaları civarındadır. Bu deprem Aksaray kenti içerisinde çok şiddetli hissedilmiş, yapılarda çatlaklara ve baca yıkılmalarına neden olmuştur.

Son yıllarda kayıt edilen en büyük depremler ise 2001 yılında Ulukışla (Aksaray) ve 2002 yılında Taşpınar (Aksaray) depremleridir (Kavurmacı, 2016). Her iki depremin de büyüklüğü 4.1'dir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.1: İnceleme alanı ve çevresinde 1924-2016 yılları arasında meydana gelen M ≥ 3 olan deprem kayıtları.

No	Tarih	Zaman	D	M	Yer
1	15.01.2015	12:02	4.4	3.0	ACIPINAR(AKSARAY)
2	07.05.2013	20:37	1.5	3.6	ESKIL (AKSARAY)
3	06.12.2011	13:05	9.7	3	SEVINCLI (AKSARAY)
4	05.08.2011	13:54	9.3	3	AKHISAR (AKSARAY)
5	13.06.2011	11:30	5	3.9	ATAKOY (AKSARAY)
6	31.12.2010	10:24	5	3	TOPAKKAYA (AKSARAY)
7	04.08.2010	11:32	5	3.2	TOPAKKAYA (AKSARAY)
8	04.05.2010	12:34	8	3.2	KARATAS (AKSARAY)
9	21.01.2009	08:23	5	3.8	ESKIL (AKSARAY)
10	08.01.2009	22:58	7.5	3.3	ESKIL (AKSARAY)
11	01.10.2007	00:35	10	3.4	YESILOVA (AKSARAY)
12	19.08.2007	23:07	5	3.6	SAGLIK (AKSARAY)
13	06.01.2007	10:34	16.9	3	AKSARAY
14	30.08.2006	02:59	5	3.4	BAGLI (AKSARAY)
15	23.10.2004	14:20	10	3	INCESU (AKSARAY)
16	08.08.2004	18:58	15	3.1	ESKIL (AKSARAY)
17	11.07.2004	17:25	6	3.1	GULAGAC (AKSARAY)
18	01.11.2003	19:40	10	3.7	GULAGAC (AKSARAY)
19	07.03.2002	06:12	10	4.1	TASPINAR (AKSARAY)
20	11.03.2001	19:21	4	4.1	ULUKISLA (AKSARAY)
21	18.07.1999	10:51	0	3.6	ULUKISLA (AKSARAY)
22	11.03.1994	08:15	0	3.8	ULUKISLA (AKSARAY)
23	13.12.1924	18:53	30	5.2	ESKIL (AKSARAY)

D=derinlik (km), **M**= magnitüd

İnceleme alanının deprem riskinin tahmini için Poisson yöntemi kullanılmıştır. Sismik risk değerlendirmesi için magnitüd-frekans ilişkisi belirlenmiş, sismik risk değerleri ve tekrarlanma periyodu hesaplanmıştır. Magnitüdün fonksiyonu olarak depremlerin oluş frekansı incelendiğinde, genellikle doğrusal bir ilişki izlediği görülür ve bu ilişki,

$$\log N(m) = a - bM \tag{4.1}$$

Eşitliği ile ifade edilir. Burada M; magnitüdü, N; magnitüdü M veya daha büyük olan depremlerin oluş sıklığını, a ve b regresyon katsayılarını gösterir (Şekil 4.3).

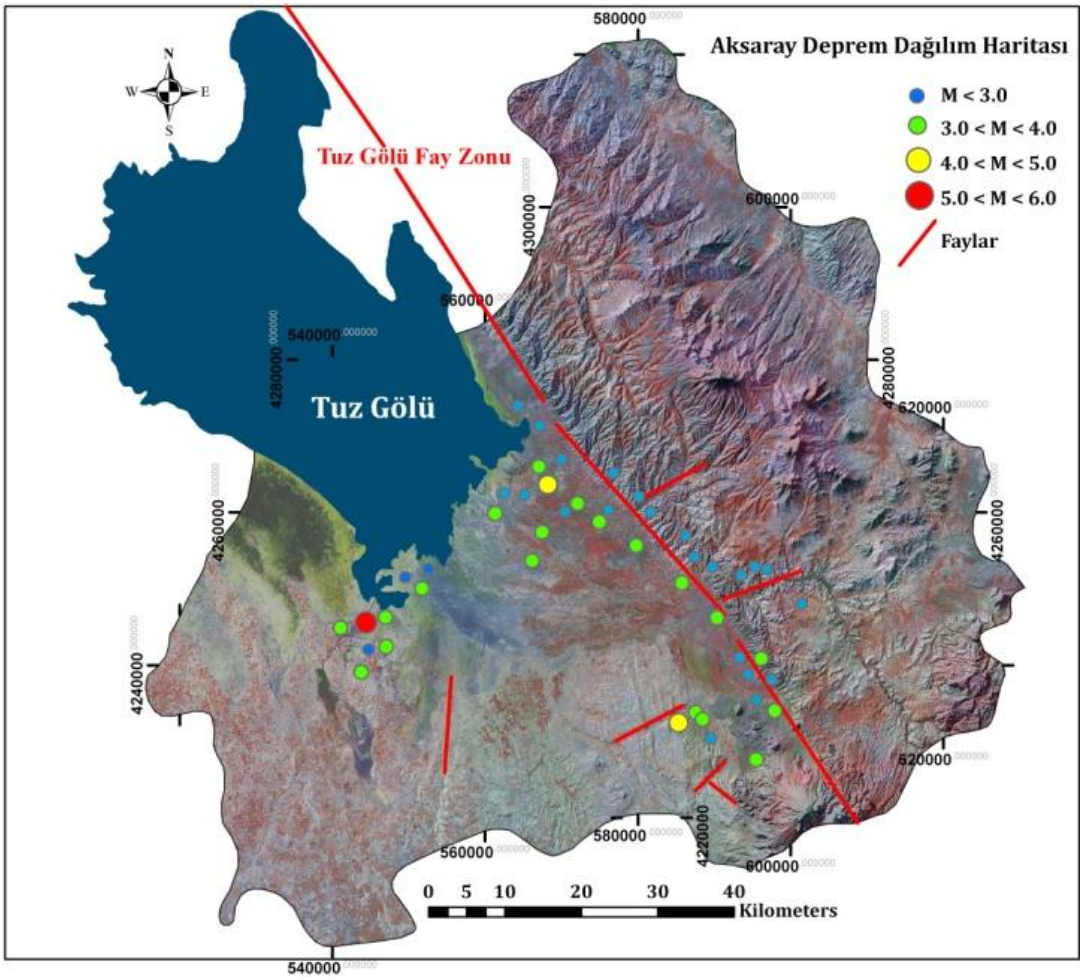
T yıllık bir gözlem aralığı için verilen herhangi bir M magnitüdlü depremin T yıl içinde oluşma riski,

$$R(m) = 1 - e^{-N(m)*T} \tag{4.2}$$

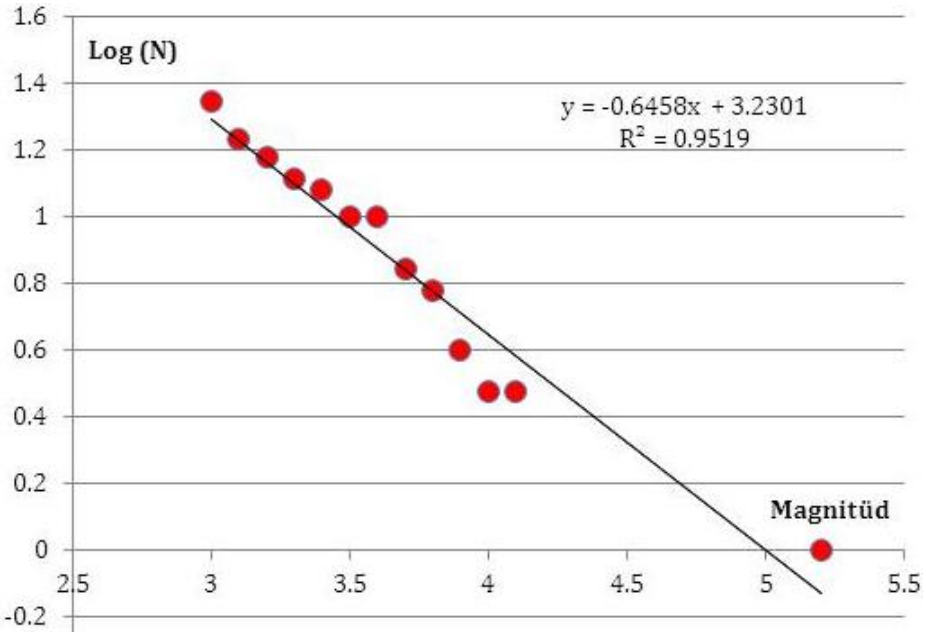
ve tekrarlanma periyodu,

$$Q = 1 / N(m) \tag{4.3}$$

eşitliği ile hesaplanır.



Şekil 4.2: Aksaray ilinde 1924-2016 yılları arasında meydana gelen depremlerin dış merkez dağılım haritası (Kavurmacı, 2016'dan alınmıştır).



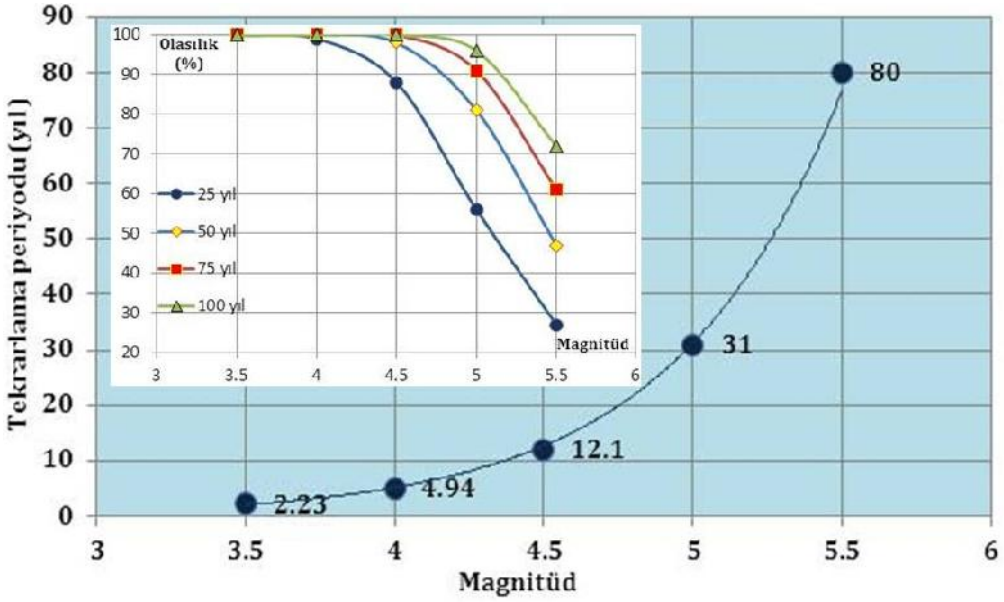
Şekil 4.3: Kümülatif frekanslardan magnitüd - frekans bağıntısı (Kavurmacı, 2016'dan alınmıştır).

Magnitüdü 4 olan bir depremin dönüş periyodu 4.94 yıl, magnitüdü 5 olan bir depremin dönüş periyodu 31 yıl, magnitüdü 5.5 olan bir depremin dönüş periyodu ise 80 yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Magnitüdü 4 olan bir depremin 25 yılda olma ihtimali %99, magnitüdü 5.5 olan bir depremin 50 yıl içerisinde olma ihtimali ise %47'dir (Şekil 4.4) (Kavurmacı, 2016).

Çizelge 4.2: (1924-2016) gözlem aralığında 3.0≤ M ≤5.5 için hesaplanan sismik risk ve tekrarlanma periyodu değerleri (Kavurmacı, 2016'dan alınmıştır).

Mag./Per.	25yıl %	50yıl %	75yıl %	100yıl %	Q (YIL)
3,5	100	100	100	100	2.23
4	99	100	100	100	4.94
4,5	88	98	100	100	12.1
5	56	81	91	96	31
5,5	27	47	61	72	80

Q= tekrarlanma periyodu



Şekil 4.4: Çeşitli magnitüd büyüklüklerine ait dönüş periyotları ve aşılma olasılıkları (Kavurmacı, 2016'dan alınmıştır).

Yapı tasarımı için alınması gereken maksimum yer ivmesi (A_0) genel kabullere göre 0,1 g. ise de inceleme alanındaki zemin büyütmesi yapı projelerinde büyütme faktörü göz önüne alınmalıdır.

4.2.1. Elastik deprem yüklerinin tanımlanması

Spektral İvme Katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanı olarak %5 sönüm oranı için elastik Tasarım İvme Spektrumunun yerçekimi ivmesi g'ye bölünmesine karşı gelen Spektral İvme Katsayısı A(T) denklem 4.4 ile verilmiştir.

$$A(T) = A_0 \, I \, S(T) \qquad (4.4)$$

Etkin Yer İvmesi Katsayısı A_0

Denklem 4.4 de yer alan etkin yer ivme katsayısı, A_0, Çizelge 4.3'de tanımlanmıştır. İnceleme alanı 4. ve 5. deprem bölgesi içerisine girmektedir.

Çizelge 4.3: Deprem bölgelerinin etkin yer ivme katsayıları.

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10
5	<0.10

Bina Önem Katsayısı (I)

Denklem 4.4 de yer alan bina önem katsayısı Çizelge 4.4'den tanımlanmıştır.

Çizelge 4.4: Bina önem katsayıları (I).

Bina Tanımlamaları	I
1-Deprem sonrası kullanım gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar **a-**Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tasisleri, Ulaşım istasyonları ve terminalleri, Enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b-** Toksik, patlayıcı, parlayıcı v.b. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	**1.5**
2-İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar **a-**Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri v.b. **b-**Müzeler	**1.4**
3- İnsanların kısa süreli yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları v.b.	**1.2**
4-Diğer binalar (Yukarıdaki tanımlara girmeyen binalar) Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları v.b.	**1.0**

Spektrum Katsayısı S(T)

Denklem 4.4.'de yer alan Spektrum katsayısı S(T), yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T ye bağlı olarak denklem 4.5.'den hesaplanır.

$$S(T) = 1+1.5\ T / T_A \qquad (O< T < T_A) \qquad (4.5)$$

$$S(T) = 2.5 \qquad (T_A< T < T_B)$$

$$S(T) = 2.5\ (T_B/T)^{0.8} \qquad (T > T_B)$$

Denklem 4.5.'de verilen Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A ve T_B), yerel zemin sınıflamasına bağlı olarak Çizelge 4.5'den tespit edilir. İnceleme alanında açılan araştırma kuyuları ve çukurlarından elde edilen veriler değerlendirildiğinde inceleme alanının genel olarak D grubu zeminler içerdiği ve genel olarak Z3 yerel zemin sınıfına sahip olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 4.5: Yerel zemin sınıfı.

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (Saniye)	T_B (Saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

İnceleme alanında açılan araştırma sondajlarından elde edilen veriler kullanılarak yaklaşık 15 metre yüksekliğinde 5 katlı bir bina için inceleme alanının genel depremselliğine ait ortalama parametreler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6: İnceleme alanının depremselliğine ait ortalama hesaplamalar.

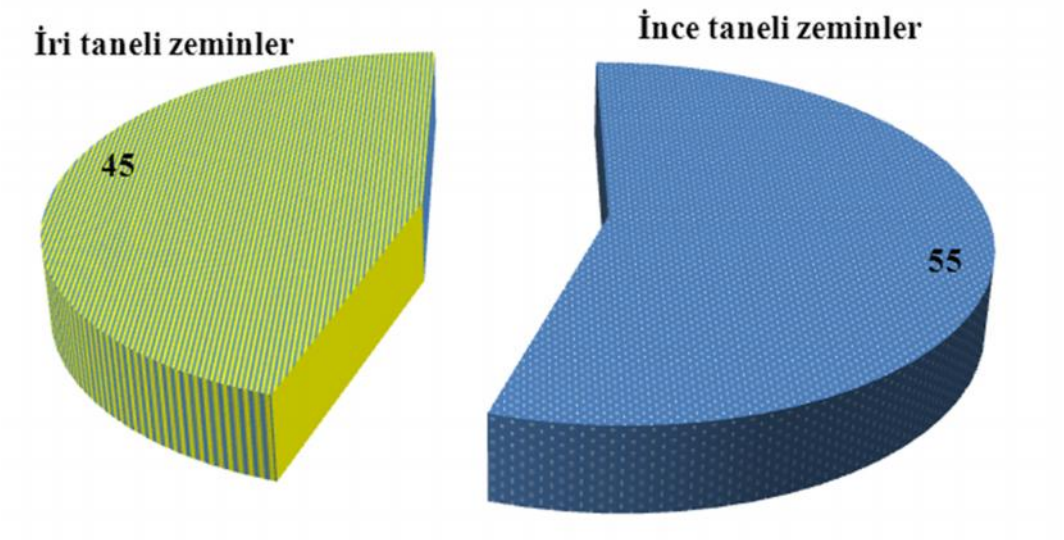
Zemin Grubu	-	D
Yerel Zemin Sınıfı	-	Z3
Etkin Yer İvme Katsayısı	A_0	0.12
Bina Önem Katsayısı	I	1
Spektrum Katsayısı	S(T)	1.83
Spektrum Karakteristik Periyotları	T_A	0.15
	T_B	0.60
Bina Doğal Periyodu	T	0.75
Spektral İvme Katsayısı	A(T)	0.18

Çizelge 4.6. incelendiğinde çalışma alanı ve çevresi için etkin yer ivme katsayısı 0.12, spektrum katsayısı 1.83, spektrum karakteristik periyotları (T_A; T_B) 0.15-0.60, spektral ivme katsayısı 0.18 olarak hesaplanmıştır.

5 ZEMİNLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Zeminler farklı şekillerde tanımlanabilir veya sınıflandırılabilirler. Renklerine göre, kohezyon içerip içermediklerine göre veya tane boyu oranlarına göre sınıflandırılabilirler. Zemine ait mühendislik özelliklerinin zemin bilimleriyle uğraşanlar tarafından kolay anlaşılabilmesi için bazı sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir. Zeminlerin öncelikle sınıflandırılması zemin çalışmaları açısından farklı disiplinler arasındaki uyum ve koordinasyonu sağlayacak, bilgi ve tecrübe alışverişi kolaylaşacaktır. Zeminlerin sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan sınıflandırma sistemleri; Dane çapına göre sınıflandırma, Üçgen sınıflandırma (Feret Üçgeni Sınıflandırması), AASHTO (The American Association of State Highvvay and Transportation Officials) sınıflandırması ve Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS) olarak sıralanabilir. Bu çalışma kapsamında zeminler USCS zemin sınıflama sistemi kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Araştırma sondajlarından alınan zemin örneklerinin laboratuvar analiz sonuçları, inceleme alanındaki zeminlerin % 55'sının ince taneli zeminler, % 45'nin ise iri taneli zeminler olduğunu göstermektedir (Şekil 5.1, Çizelge 5.1).



Şekil 5.1: İnce ve iri taneli zeminlerin oranları.

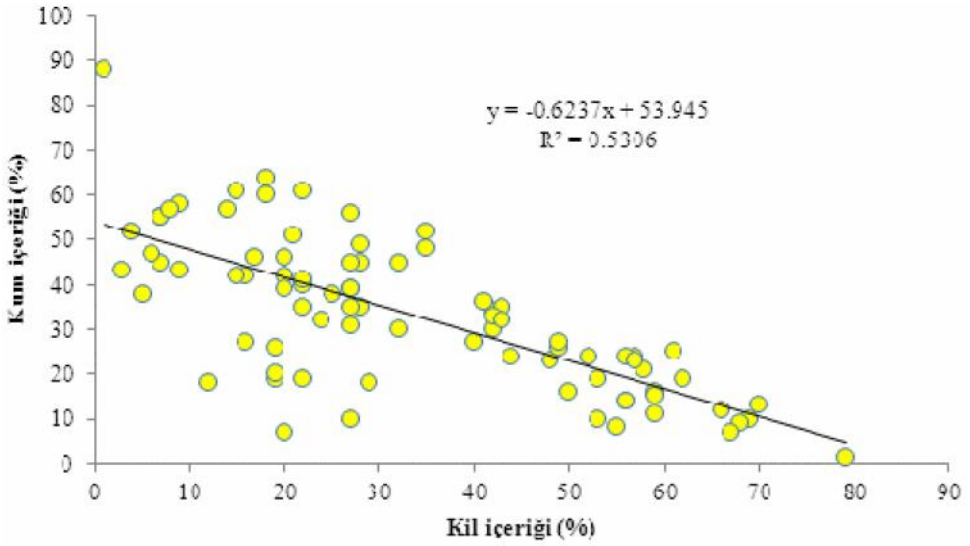
Çizelge 5.1: İnceleme alanındaki örneklerin zemin sınıflaması ve ince-iri taneli malzeme oranları.

Örnek	İnce Taneli Malzeme Oranı			İri Taneli Malzeme Oranı (%)			Zemin sınıfı	Zemin tanımı
n	% Kil	% Silt	% Toplam	Kum %	Çakıl %	% Toplam	(USCS)	
1.	19	51	70	26	4	30	ML	Killi kumlu silt
2.	56	16	72	14	14	28	CH	Kumlu siltli kil
3.	59	27	86	11	3	14	CL	Kumlu siltli kil
4.	27	19	46	39	15	54	SC	Çakıllı siltli killi kum
5.	19	61	80	19	1	20	MH	Kumlu killi silt
6.	22	38	60	35	5	40	ML	Killi kumlu silt
7.	7	3	10	55	35	90	SW	Çakıllı Kum
8.	22	12	34	19	47	66	GC	Killi çakıl
9.	42	15	57	34	9	43	CL	Siltli kumlu kil
10.	27	2	29	56	15	71	SC	Çakıllı killi kum
11.	15	15	30	61	9	70	SM	Killi siltli kum
12.	9	23	32	58	10	68	SM	Çakıllı siltli kum
13.	9	4	13	43	44	87	GW	Kumlu çakıl
14.	22	36	58	40	2	42	ML	Killi siltli kum
15.	43	20	63	35	2	37	CL	Siltli kumlu kil
16.	69	21	90	10	0	10	CL	Kumlu siltli kil
17.	7	3	10	45	45	90	SW	Çakıllı kum
18.	48	13	61	23	16	39	CL	Siltli çakıllı kumlu kil
19.	20	30	50	42	8	50	SM	Killi siltli kum
20.	53	25	78	10	12	22	CL	Kumlu çakıllı siltli kil
21.	14	19	33	57	10	67	SM	Çakıllı killi siltli kum
22.	57	10	67	24	9	33	CL	Siltli kumlu kil
23.	61	11	72	25	3	28	CL	Siltli kumlu kil
24.	27	19	46	39	15	54	SC	Çakıllı siltli killi kum
25.	32	15	47	45	8	53	SC	Siltli killi kum
26.	59	17	76	16	8	24	CL	Kumlu siltli kil
27.	56	18	74	24	2	26	CL	Siltli kumlu kil
28.	12	3	15	18	67	85	GW	Killi kumlu çakıl
29.	27	63	90	10	10	20	ML	Kumlu killi silt
30.	16	29	45	42	13	55	SM	Çakıllı killi siltli kum
31.	66	22	88	12	0	12	CL	Kumlu siltli kil
32.	59	26	85	15	0	15	CL	Kumlu siltli kil
33.	25	30	55	38	7	45	SM	Killi siltli kum
34.	7	3	10	55	35	90	SW	Çakıllı kum
35.	17	13	30	46	24	70	SW	Siltli killi çakıllı kum
36.	8	15	23	57	20	77	SW	Siltli çakıllı kum
37.	53	16	69	19	12	31	CL	Çakıllı siltli kumlu kil
38.	27	35	62	31	7	38	ML	Killi kumlu silt
39.	5	7	12	38	50	88	GW	Kumlu çakıl
40.	18	8	26	64	10	74	SC	Çakıllı killi kum
41.	41	14	55	36	9	45	CH	Siltli kumlu kil
42.	20	25	45	46	9	55	SM	Killi siltli kum

Çizelge 5.1: (devam) İnceleme alanındaki örneklerin zemin sınıflaması ve ince-iri taneli malzeme oranları.

Örnek	İnce Taneli Malzeme Oranı			İri Taneli Malzeme Oranı (%)			Zemin sınıfı	Zemin tanımı
n	% Kil	% Silt	%	Kum %	Çakıl %	% Toplam	(USCS)	
43.	32	35	67	30	3	33	MH	Kumlu killi silt
44.	68	23	91	9	0	9	CH	Siltli kil
45.	22	11	33	61	6	67	SC	Siltli killi kum
46.	22	14	36	41	23	64	SW	Killi çakıllı kum
47.	35	17	52	48	0	48	SC	Siltli killi kum
48.	67	26	93	7	0	7	CL	Siltli kil
49.	20	24	44	39	17	56	SM	Çakıllı killi siltli kum
50.	70	17	87	13	0	13	CL	Kumlu siltli kil
51.	35	11	46	52	2	54	SC	Siltli killi kum
52.	18	22	40	60	0	60	SM	Killi siltli kum
53.	19	46	65	20	15	35	ML	Killi kumlu silt
54.	6	45	51	47	2	49	SM	Siltli kum
55.	20	72	92	7	1	8	MH	Killi silt
56.	1	7	8	88	4	92	SM	Kum
57.	3	52	55	43	2	45	ML	Kumlu silt
58.	4	41	45	52	3	55	SM	Siltli kum
59.	21	12	33	51	16	67	SC	Siltli çakıllı killi kum
60.	28	19	47	45	8	53	SC	Siltli killi kum
61.	28	19	47	35	18	53	SC	Siltli killi kum
62.	28	21	49	49	2	51	SC	Siltli killi kum
63.	79	19	98	1	1	2	CL	Siltli kil
64.	24	39	63	32	5	37	MH	Killi kumlu silt
65.	52	21	73	24	3	27	CL	Siltli kumlu kil
66.	44	30	74	24	2	26	CL	Kumlu siltli kil
67.	16	32	48	27	25	52	ML	Killi çakıllı kumlu silt
68.	27	22	49	35	16	51	SC	Siltli killi kum
69.	50	28	78	16	6	22	CL	Kumlu siltli kil
70.	56	29	85	14	1	15	CL	Kumlu siltli kil
71.	58	20	78	21	1	22	CL	Kumlu siltli kil
72.	62	19	81	19	0	19	CL	Kumlu siltli kil
73.	15	37	52	42	6	48	SM	Killi siltli kum
74.	42	27	69	30	1	31	CL	Siltli kumlu kil
75.	42	21	63	33	4	37	CL	Siltli kumlu kil
76.	55	37	92	8	0	8	CL	Siltli kil
77.	29	53	82	18	0	18	ML	Kumlu killi silt
78.	57	20	77	23	0	23	CL	Siltli kumlu kil
79.	27	12	39	45	16	61	SC	Çakıllı killi kum
80.	40	28	68	27	5	32	CL	Kumlu siltli kil
81.	43	25	68	32	0	32	CL	Siltli kumlu kil
82.	49	25	74	26	0	26	CL	Siltli kumlu kil
83.	49	13	62	27	11	38	CL	Siltli kumlu kil

İnceleme alanında yer alan zeminlerin kil, silt, kum ve çakıl yüzdelerinin en az, en çok ve ortalama değerleri sırası ile kil için % 1-79-33.3, silt için % 2-72-23.4, kum için % 1-88-33.1 ve çakıl için % 0-67-10.2'dir (Şekil 5.2).

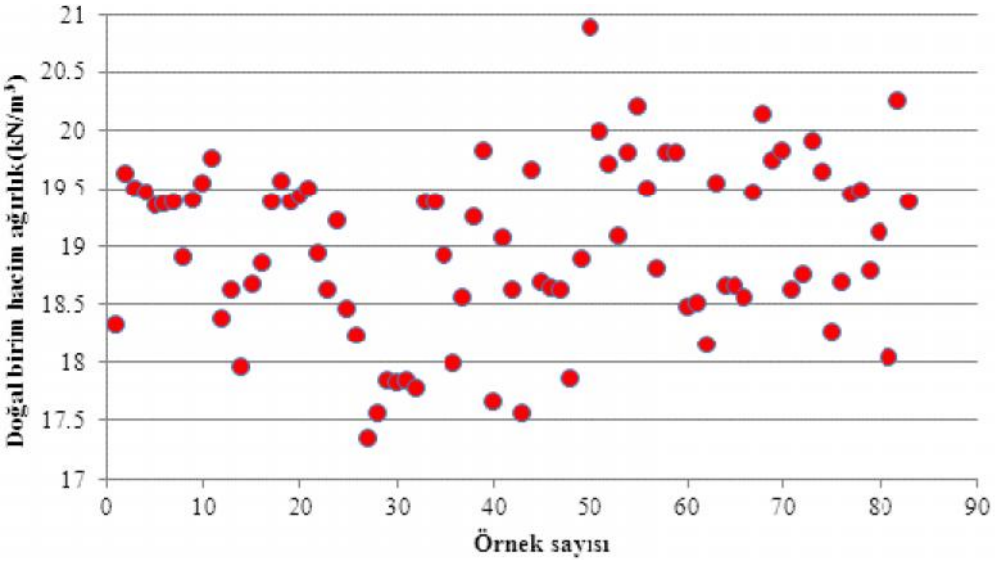


Şekil 5.2: İnceleme alanındaki kum ve kil yüzdelerinin karşılaştırılması.

Zeminlerinin su içeriği en düşük % 5.67, en yüksek % 42.11, ortalama % 23.02'dir. Zeminlerin likit limit değerleri % 29-61 arasında değişir (Çizelge 5.2). Plastik limit değerleri ise % 17 – 36 arasında dağılım gösterir. Zeminlerin plastisite indisi ise % 6-33 arasındadır. Çalışma alanında gözlenen yeraltı su seviyesi en az 1.5 m. en çok ise 12.2 m.dir. Doğal birim hacim ağırlık değerleri ise 17.3 ile 20.8 kN/m^3 arasında değişim gösterir (Şekil 5.3).

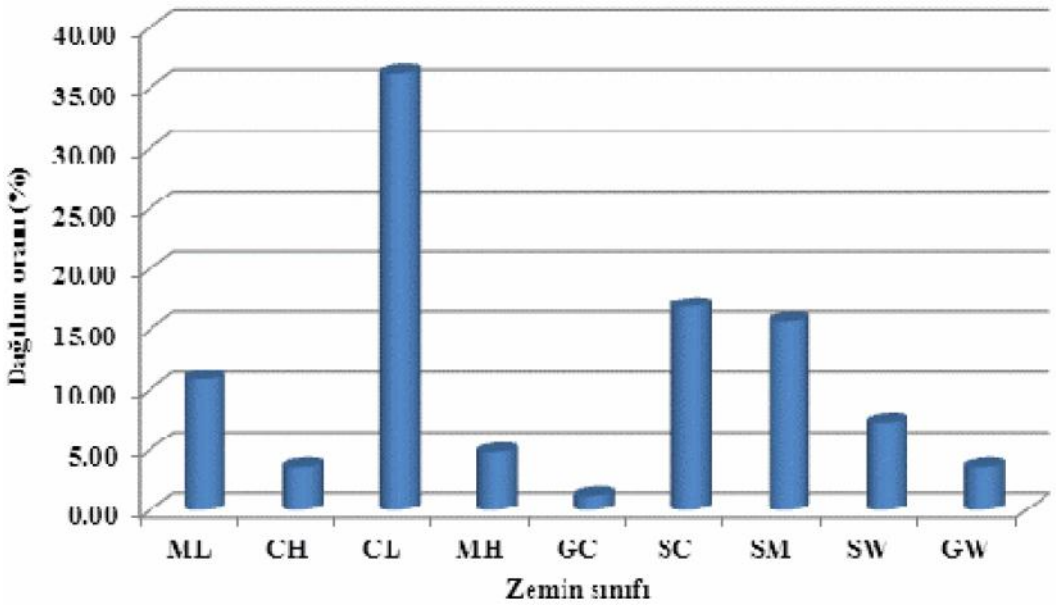
Çizelge 5.2: İnceleme alanında yer alan zeminlerin istatiksel değerleri.

Parametre	Birim	En az	En çok	Ortalama	Std sapma
Kil	**%**	1.00	79.00	33.31	19.73
Silt	**%**	2.00	72.00	23.41	14.08
Kum	**%**	1.00	88.00	33.17	16.90
Çakıl	**%**	0.00	67.00	10.23	12.99
Yeraltı su seviyesi	**metre**	1.50	12.23	5.71	1.70
Doğal birim hacim ağırlık	**kN/m^3**	17.34	20.88	18.99	0.73
Su içeriği	**%**	5.67	42.11	23.02	8.49
Likit Limit	**%**	29.00	61.00	39.25	6.98
Plastik Limit	**%**	17.00	36.00	22.15	4.11
Plastisite İndisi	**%**	6.00	33.00	17.18	5.60
Taşıma gücü	**kg/cm2**	0.21	2.27	0.71	0.38



Şekil 5.3: Doğal birim hacim ağırlık değerlerinin dağılımı.

İnce taneli zeminlerin geneli düşük plastisiteli kil sınıfında yer alır. Birleşik zemin sınıflamasına göre 83 örnekten 3'ü yüksek plastisiteli inorganik kil (CH), 30 örnek düşük plastisiteli kil (CL), 14 örnek killi kum (SC), 13 örnek siltli kum (SM), 6 örnek iyi derecelenmiş siltli kum (SW), 13 örnek kötü derecelenmiş siltli kum (SM), 3 örnek iyi derecelenmiş siltli çakıl (GW), 9 örnek killi silt (ML) ve 4 örnek inorganik kumlu silt (MH)'dan oluşmaktadır (Şekil 5.4, Çizelge 5.3).



Şekil 5.4: İnceleme alanında genel zemin sınıflarının dağılımı.

Çizelge 5.3: İnceleme alanındaki zeminlerin mühendislik özellikleri.

Örnek	Koordinat		Yass	D	W	F	K	LL	PL	PI	LC	A	S	Z	T
n	x	y	metre	kN/m3	%	%	%						cm		kg/cm^2
1.	587647	4248190	4.50	18.33	42.11	70	30	41	30	11	1.11	0.58	0.24	ML	0.44
2.	588664	4247786	4.00	19.63	13.66	72	28	53	27	26	1.51	0.46	6.90	CH	0.61
3.	588911	4249146	4.10	19.5	29.14	86	14	36	17	19	0.36		7.74	CL	0.45
4.	590403	4247081	4.40	19.46	18.53	46	54	-	-	-	-	-		SC	0.38
5.	587707	4248815	5.30	19.34	47.59	80	20	61	36	25	0.53		1.76	MH	0.50
6.	588508	4249011	4.50	19.36	22.7	60	40	36	26	10	1.33	0.45	0.22	ML	0.37
7.	590609	4247362	4.50	19.37	13.06	10	90	-	-	-	-	-		SW	0.60
8.	589657	4248781	4.10	18.9	25.71	34	66	-	-	-	-	-		GC	0.60
9.	588283	4249482	3.80	19.4	25.85	57	43	34	20	14	0.58	0.33	0.91	CL	0.60
10.	589001	4246780	5.70	19.54	26.42	29	71	-	-	-	-	-		SC	0.38
11.	588804	4248298	4.00	19.75	36.36	30	70	-	-	-	-	-		SM	1.52
12.	589768	4247535	3.60	18.38	27.89	32	68	-	-	-	-	-		SM	0.32
13.	588484	4247367	4.00	18.62	13.08	13	87	-	-	-	-	-		GW	0.70
14.	589702	4246364	4.50	17.95	36.15	58	42	33	27	6	0.53	0.27		ML	0.37
15.	589286	4246979	6.20	18.67	32.64	63	37	38	23	15	0.36	0.35	1.14	CL	0.58
16.	590210	4246427	6.00	18.85	36.95	90	10	40	22	18		0.26	6.90	CL	0.29
17.	589417	4245979	7.00	19.37	13.06	10	90	-	-	-	-	-		SW	0.60
18.	589397	4246748	5.20	19.55	27.15	61	39	31	20	11	0.35	0.23	0.61	CL	0.48
19.	589555	4247141	4.50	19.37	30.81	50	50	-	-	-	-	-	0.06	SM	0.21
20.	590011	4246277	6.30	19.42	29.14	78	22	38	17	21	0.42	0.40	3.27	CL	0.33
21.	590122	4246187	6.80	19.49	28.78	33	67	-	-	-	-	-	0.04	SM	1.62
22.	590852	4246165	4.30	18.94	26.95	67	33	32	23	9	0.56	0.16	7.05	CL	0.33
23.	590200	4246771	4.30	18.63	30.63	72	28	33	18	15	0.16	0.25	1.61	CL	0.57
24.	590048	4248367	6.40	19.21	18.53	46	54	-	-	-	-	-	4.41	SC	0.38
25.	590770	4248141	4.80	18.45	25.87	47	53	-	-	-	-	-	4.41	SC	0.32
26.	589884	4246581	4.40	18.23	36.74	76	24	48	26	22	0.51	0.37	5.97	CL	0.42
27.	588175	4247711	4.40	17.34	32.16	74	26	39	23	16	0.43	0.29	4.62	CL	0.38
28.	588586	4248000	4.50	17.55	9.31	15	85	-	-	-	-	-	0.15	GW	0.34
29.	588828	4248596	2.50	17.84	32.62	90	20	42	28	14	0.67	0.52	0.61	ML	0.33
30.	588258	4248666	4.00	17.81	22.96	45	55	-	-	-	-	-	0.20	SM	0.21
31.	588006	4249033	3.50	17.84	27.93	88	12	34	17	17	0.36	0.26	7.74	CL	0.82
32.	587618	4248442	3.90	17.77	42	85	15	33	21	12	0.75	0.20	0.87	CL	0.82
33.	590283	4247916	4.20	19.37	22.35	55	45	-	-	-	-	-		SM	0.24
34.	590396	4247572	4.20	19.37	13.06	10	90	-	-	-	-	-		SW	0.60
35.	588420	4246967	4.60	18.91	25.39	30	70	-	-	-	-	-	0.07	SW	0.34
36.	589682	4248385	10.00	17.98	29.11	23	77	-	-	-	-	-	0.00	SW	0.53
37.	588121	4247161	6.23	18.56	15.44	69	31	38	17	21	1.07	0.39	14.45	CL	0.64
38.	589250	4249260	6.98	19.24	12.68	62	38	42	26	16	1.83	0.59	8.89	ML	1.02
39.	588563	4246274	6.98	19.82	14.21	12	88	-	-	-	-	-	6.77	GW	0.77
40.	588406	4246636	6.23	17.66	19.24	26	74	-	-	-	-	-	0.93	SC	0.93
41.	590558	4246163	5.48	19.07	28.86	55	45	48	22	26	0.73	0.63	10.08	CH	0.61
42.	590489	4246591	4.73	18.63	12.06	45	55	-	-	-	-	-	10.08	SM	1.18

Çizelge 5.3: (devam) İnceleme alanındaki zeminlerin mühendislik özellikleri.

Örnek	Koordinat		Yass	D	W	F	K	LL	PL	PI	LC	A	S	Z	T
n	x	y	metre	kN/m3	%	%	%						cm		kg/cm^2
43.	589813	4248109	6.23	17.56	17.83	67	33	47	27	20	1.45	0.62	4.80	MH	0.99
44.	589132	4248918	6.75	19.65	31.43	91	9	57	24	33	0.77	0.48	9.50	CH	1.25
45.	589120	4248123	8.25	18.69	26.15	33	67	-	-	-	-	-	5.90	SC	0.73
46.	587867	4247483	6.98	18.64	11.21	36	64	-	-	-	-	-		SW	0.78
47.	588257	4247387	5.48	18.63	23.23	52	48	-	-	-	-	-	2.60	SC	0.78
48.	588212	4248045	6.00	17.85	24.43	93	7	40	23	17	0.91	0.25	1.70	CL	0.88
49.	588972	4247252	6.98	18.89	18.53	44	56	-	-	-	-	-	2.00	SM	0.78
50.	589142	4246161	6.75	20.88	26.83	87	13	45	23	22	0.82	0.34	1.30	CL	1.04
51.	588778	4246607	6.75	19.98	15.38	46	54	-	-	-	-	-	0.72	SC	0.48
52.	589086	4246381	6.98	19.7	16.8	40	60	-	-	-	-	-	2.50	SM	0.69
53.	590757	4247732	1.50	19.09	8.8	65	35	34.5	21	13.5				ML	0.92
54.	588761	4249681	6.98	19.8	19	51	49	-	-	-	-	-	0.98	SM	1.26
55.	589503	4248124	6.00	20.2	25.9	92	8	54.2	25.6	25.6	0.28	0.38	1.43	MH	0.76
56.	588080	4246805	8.48	19.5	24.48	8	92	-	-	-	-	-		SM	0.80
57.	588751	4246969	6.75	18.8	24.7	55	45	36.5				5.00		ML	0.77
58.	590579	4246872	5.48	19.8	10.8	45	55	-	-	-	-	-		SM	0.79
59.	588660	4249354	8.25	19.81	38.59	33	67	-	-	-	-	-	1.80	SC	0.52
60.	589063	4249499	5.00	18.48	12.32	47	53	-	-	-	-	-	1.80	SC	0.89
61.	589739	4246049	7.25	18.5	13.83	47	53	-	-	-	-	-	3.79	SC	0.54
62.	589476	4246337	6.75	18.14	28.65	49	51	-	-	-	-	-	0.41	SC	0.40
63.	587962	4247894	5.00	19.54	20.5	98	2	39	17	22	0.84	0.27	4.97	CL	0.63
64.	587981	4248346	5.25	18.65	18.89	63	37	38	19	23	0.76	0.33	1.77	MH	0.70
65.	588428	4248383	4.50	18.65	7.4	73	27	38	21	17	1.80	0.32	1.78	CL	1.95
66.	590474	4248311	6.75	18.56	25.86	74	26	36	20	16	0.63	0.36	1.34	CL	0.54
67.	589548	4247766	12.23	19.46	23.83	48	52	29	23	6	0.86	0.38	0.43	ML	0.64
68.	589962	4247132	6.75	20.13	17.47	49	51	-	-	-	-	-	1.09	SC	0.64
69.	589491	4249061	4.50	19.74	21.26	78	22	37	20	17	0.92	0.34	1.80	CL	0.67
70.	589342	4248491	4.50	19.82	5.67	85	15	33	17	16	1.70	0.28	1.66	CL	0.95
71.	590897	4247301	6.00	18.62	14.29	78	22	39	21	18	1.37	0.31	3.83	CL	0.50
72.	588843	4246310	9.75	18.76	37.88	81	19	-	-	-	-	-	5.98	CL	1.04
73.	587776	4249243	8.25	19.91	27.95	52	48	-	-	-	-	-	2.24	SM	0.90
74.	589315	4246481	7.50	19.64	30.11	69	31	34	17	17	0.22	0.40	-	CL	0.87
75.	590120	4247528	5.25	18.26	22.79	63	37	31	23	8	1.03	0.20	0.25	CL	0.66
76.	590056	4247820	5.25	18.68	19.61	92	8	40	20	20	1.01	0.36	2.88	CL	1.84
77.	587979	4247113	5.25	19.45	21.07	82	18	36	25	11	1.35	0.45	0.34	ML	0.58
78.	589696	4246710	6.00	19.48	13.29	77	23	37	18	19	1.25	0.33	2.64	CL	0.77
79.	589266	4247354	5.00	18.78	14.8	39	61	-	-	-	-	-	10.70	SC	2.27
80.	590839	4246600	5.25	19.11	23.08	68	32	36	18	18	0.71	0.48	1.23	CL	0.71
81.	587635	4247899	6.75	18.03	35.63	68	32	38	22	16	0.14	0.37	0.50	CL	0.67
82.	588778	4247526	8.48	20.24	16.13	74	26	36	19	17	1.17	0.35	1.80	CL	0.71
83.	589070	4247657	6.75	19.38	24.23	62	38	45	25	20	1.03	0.40	3.92	CL	0.71

D: doğal birim hacim ağırlık, W: yeraltı su seviyesi, F: ince tane yüzdesi, K: iri tane yüzdesi, LL: likit limit, PL: plastik limit, PI: plastisite indisi, LC: kıvam indisi, A: aktivite, S: oturma miktarı, Z: zemin sınıfı, T: taşıma gücü

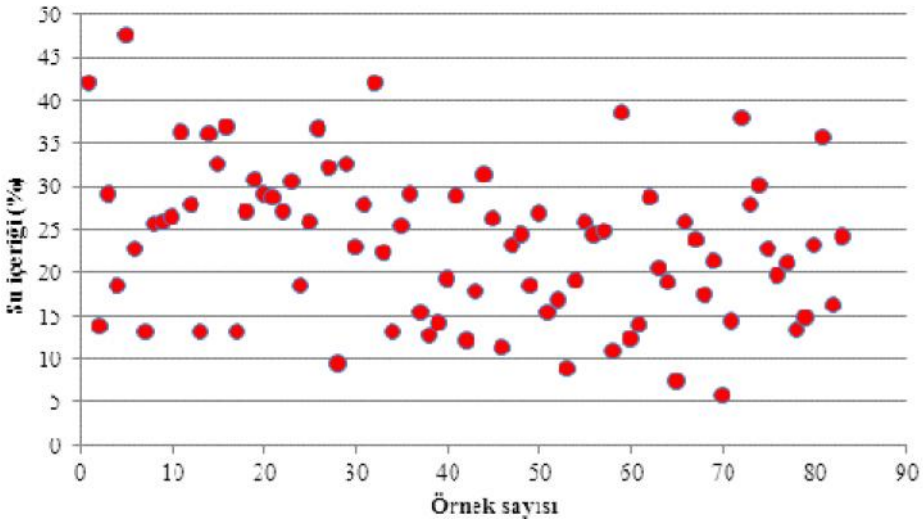
5.1. Su İçeriği

Su içeriği zemindeki suyun ağırlığının katı taneciklerin ağırlığına oranıdır. Genellikle yüzde olarak ifade edilir. Zeminin su içeriği tane boşlukları arasında bulunan su miktarı ve tanelerin çevresini saran hidroskobik nem oranını temsil eder. Zeminler genel olarak su içeriklerine göre ayrışmamış-tamamen ayrışmış ve kuru-çok ıslak değerlendirme aralığında 5 farklı grupta sınıflandırılabilir (Çizelge 5.4)

Çizelge 5.4: Su içeriğine göre zeminin tanımlanması Anonim1900-1/T1 (2007) ve Aonymous D2216 (1988).

Su içeriği (%)	Zemin Tanımı
0 - 20	Ayrışmamış - kuru
20 - 40	Az ayrışmış - az kuru
40 - 70	Orta derece ayrışmış - orta ıslak
70 - 90	Çok ayrışmış - ıslak
90 - 100	Tamamen ayrışmış - çok ıslak

Zeminlerin deneysel analiz sonuçları incelendiğinde zemin örneklerinin genelde su muhtevalarının düşük olduğu gözlenmiştir. İnceleme alanının ortalama su muhtevası % 22.75 olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.5). Su içeriği değerlerine göre (5) numaralı örnek orta derece ayrışmış - orta ıslak zemin, (6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 35, 36, 41, 44, 45, 47, 48, 50, 55, 56, 62, 63, 66, 67, 69, 72, 73 74, 75, 77, 80, 81,83) numaralı örnekler az ayrışmış – az kuru zemin, geriye kalan zemin örnekleri ise (7, 4, 13, 17, 24, 28, 34, 37, 38,40, 42, 43, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 64, 68, 70, 71, 76, 78, 79, 82) ayrışmamış-kuru zemin olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 5.5).



Şekil 5.5: İnceleme alanının su içeriği değerlerinin dağılımı.

Çizelge 5.5: İnceleme alanındaki zeminlerin su içeriklerine göre zemin tanımları.

Su içeriği (%)	Zemin Tanımı	Örnek No
0 - 20	Ayrışmamış - kuru	7, 4, 13, 17, 24, 28, 34, 37, 38,40, 42, 43, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 64, 68, 70, 71, 76, 78, 79, 82
20 - 40	Az ayrışmış - az kuru	6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 35, 36, 41, 44, 45, 47, 48, 50, 55, 56, 62, 63, 66, 67, 69, 72, 73 74, 75, 77, 80, 81,83
40 - 70	Orta derece ayrışmış - orta ıslak 5	
70 - 90	Çok ayrışmış - ıslak	
90 - 100	Tamamen ayrışmış - çok ıslak	

İnceleme alanının su içeriği değerlendirmesi yapıldığında zeminlerin genelde az ayrışmış – az kuru olduğu söylenebilir.

5.2. Kıvam İndisi

Kıvam indisi likit limit ile zeminin su içeriği farkının plastisite indisine oranıdır. Leonards (1962) zeminleri genel olarak kıvam indisine göre viskoz sıvı, plastik ve katı değerlendirme aralığında 3 farklı grupta sınıflandırmıştır (Çizelge 5.6) Zeminlerin kıvamının belirlenmesinde kullanılan kıvam indisi LC = (ω_n - PL) / (LL –PL) eşitliği ile hesaplanmıştır ve sınıflama değerleri Çizelge 5.6'de verilmiştir. Laboratuvar sonuçları incelendiğinde zemin örneklerinin % 65'nin kıvam indisi değerleri 0 ile 1 arasında değerler almıştır. İnceleme alanındaki zeminler genel olarak kıvam indisi değerlerine göre Plastik Zeminler sınıfına girer.

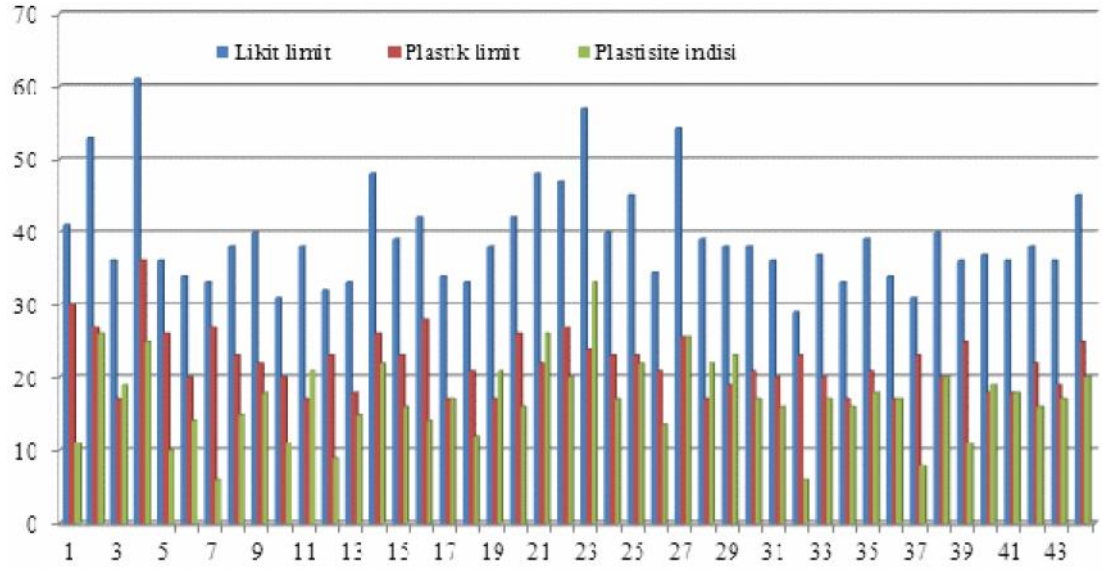
Çizelge 5.6: Kıvam indisine göre zeminlerin kıvamı (Leonards, 1962).

Likitlik İndisi (LC)	Zeminin Kıvamı	Örnek No
LC>1	Viskoz sıvı	1, 2, 6, 37, 38, 43, 65, 70, 71, 75, 76, 77, 78, 83,
0<LC<1	Plastik	3, 5, 9, 14, 15, 18, 20, 22, 26, 27, 29, 31, 32, 41, 44, 48, 50, 55, 63, 64, 66, 67, 69, 74, 80,81
LC<0	Katı	

Kıvam indisi değerine göre (1, 2, 6, 37, 38, 43, 65, 70, 71, 75, 76, 77, 78, 83) numaralı örnekler Viskoz Sıvı Zemin, (3, 5, 9, 14, 15, 18, 20, 22, 26, 27, 29, 31, 32, 41, 44, 48, 50, 55, 63, 64, 66, 67, 69, 74, 80, 81) numaralı örnekler ise Plastik Zemin olarak sınıflandırılır. Zemin örnekleri içerisinde kıvam indisine göre katı zemin olarak sınıflandırılan zemin türü bulunmamaktadır.

5.3. Plastisite İndisi

PI = LL-PL (%) eşitliği ile hesaplanır. Zemin örneklerine ait likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerlerinin dağılımı Şekil 5.6 da verilmiştir. Zeminler genel olarak plastisite indisi değerlerine göre plastik değil, az plastik, plastik ve çok plastik aralığında 4 farklı grupta sınıflandırılabilir. Zeminlerin plastisite derecesine göre sınıflandırılmaları Çizelge 5.7' de verilmiştir.



Şekil 5.6: İnceleme alanına ait zeminlerin likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerlerinin dağılımı.

Laboratuvar sonuçları incelendiğinde zemin örneklerinin % 68'nin plastisite indisi değerlerinin % 15 – 40 arasında değerler aldığı görülmektedir. İnceleme alanındaki zemin genel olarak plastisite indisi değerlerine göre Plastik ve Orta Kuru Dayanımlı Zeminler olarak tanımlanabilir. Plastisite indisi değerlerine göre (1, 6, 9, 14, 15, 18, 22, 23, 29, 32, 53, 67, 75, 77) numaralı örnekler Az Plastik ve Düşük Kuru Dayanımlı Zeminler, (2, 3, 5, 15, 16, 20, 26, 27, 31, 37, 38, 41, 43, 44, 48, 50, 55, 63, 64, 66, 69, 70, 71, 74, 76, 78, 80, 81, 82, 83) numaralı zemin örnekleri ise Plastik ve Orta Kuru Dayanımlı Zemin olarak sınıflandırılabilir.

Çizelge 5.7: Plastisite indisine göre zeminin tanımlanması.

Plastisite indisi PI (%)	Plastisite derecesi	Kuru dayanım	Örnek No
0-5	Plastik değil	Çok düşük	_
5-15	Az plastik	Düşük	1, 6, 9, 14, 15, 18, 22, 23, 29, 32, 53, 67, 75, 77
15-40	Plastik	Orta	2, 3, 5, 15, 16, 20, 26, 27, 31, 37, 38, 41, 43, 44, 48, 50, 55, 63, 64, 66, 69, 70, 71, 74, 76, 78, 80, 81, 82, 83
>40	Çok plastik	Yüksek	_

5.4. Aktivite (A)

Aktivite zeminin plastisite indisinin kil yüzdesine oranıdır. İnceleme alanındaki killer genel olarak aktivite değerlerine göre aktif olmayan killer, aktif killer ve normal killer olarak 3 farklı grupta sınıflandırılabilir (Çizelge 5.8). İnceleme alanındaki örnekler üzerinde yapılan incelemelerde (1, 2, 6, 9, 14, 15, 18, 20, 22, 23, 26, 27, 29, 31, 32, 37, 38, 41, 43, 44, 48, 50, 55, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83) numaralı örneklerin aktif olmayan killer (Kaolinit) ve 57 numaralı örneğin ise normal killer (İllit) sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Çizelge 5.8: Killlerin aktivite değerine göre sınıflaması (Şekercioğlu, 2001).

Aktivite (A) Değeri	Sınıflama	Örnek No
<0,75	Aktif olmayan killer (Kaolinit)	1, 2, 6, 9, 14, 15, 18, 20, 22, 23, 26, 27, 29, 31, 32, 37, 38, 41, 43, 44, 48, 50, 55, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83
0,75-1,25	Aktif killer (Montmorillonit)	-
>1,25	Normal killer (İllit)	57

İnceleme alanının atterberg limitleri deney sonuçlarına göre bir tanımlaması yapılacak olursa; zemin genel olarak az ayrışmış az kuru orta dayanımlı aktif olmayan plastik zemin olarak adlandırılabilir.

5.5. Likit Limit

Zeminin viskoz bir sıvıdan plastik kıvama dönüştüğü su içeriğidir. Zemin içerisinde su içeriğinin oranı zeminin plastik ve likit davranabilme özelliklerini belirler. Zeminin su içeriği artarsa zemin likit (sıvı) özellik gösterir. Zeminin likitlik indisi artarsa zemin akıcı bir özellik kazanır ve kesme direncini kaybeder. Su içeriğinin

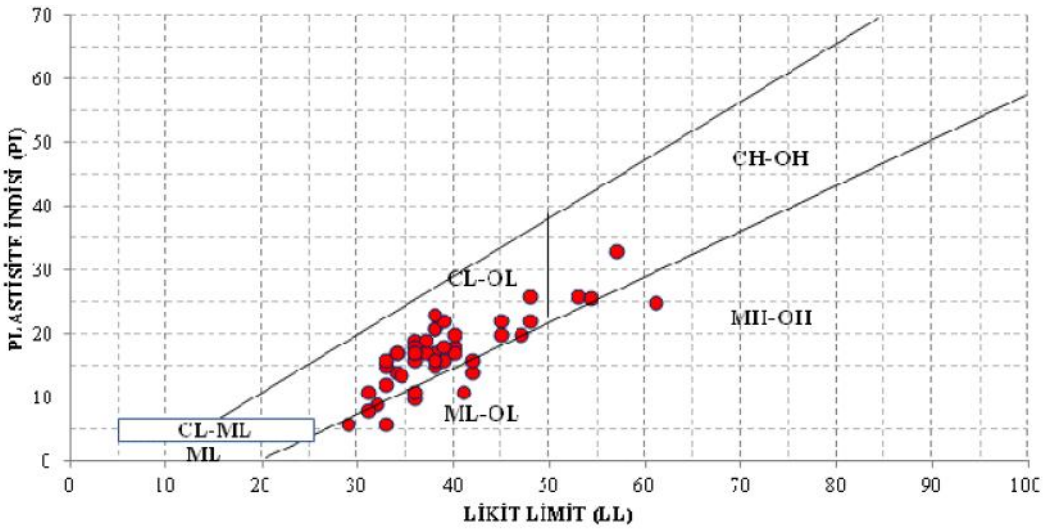
zemin içerisinde düşmesi zemine kesme direnci kazandırır. Likitlik ve plastik davranma özelliği arasındaki su içeriğine likit limit denir W_L ile gösterilir.

Zeminler genel olarak likitlik ve sıkışma indisi değerlerine göre düşük sıkışabilirlik, orta sıkışabilirlik ve yüksek sıkışabilirlik değerlendirme aralığında 3 farklı grupta sınıflandırılabilir (Çizelge 5.9)

Çizelge 5.9: İnceleme alanındaki zeminlerin sıkışabilirlik dağılımı (Sovers, 1979).

Likit limit (%)	Sıkışma indisi(Cc)	Zemin Tanımı	Örnek No
0-30	0-0,19	Düşük sıkışabilirlik	67
31-50	0.20-0.39	Orta sıkışabilirlik	1, 3, 6, 9, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 26, 27, 29, 31, 32, 37, 38, 41, 43, 48, 50, 53, 57, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83
>51	>0.40	Yüksek sıkışabilirlik	2, 5, 44, 55

Likit limit değerlerine göre; (67) numaralı örnek Düşük Sıkışabilir Zemin, (1, 3, 6, 9, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 26, 27, 29, 31, 32, 37, 38, 41, 43, 48, 50, 53, 57, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83) numaralı örnekler Orta Sıkışabilir Zemin, (2, 5, 44, 55) numaralı örnekler ise Yüksek Sıkışabilir Zemin olarak tanımlanabilir. Örneklerin yaklaşık % 89'nin likit limit değerleri % 31 – 50 değerler aralığındadır. Laboratuvar sonuçları incelendiğinde ince taneli zemin örnekleri genel olarak likit limit değerlerine göre Orta Sıkışabilir Zeminler sınıfına girer.



Şekil 5.7: Atterberg limitleri sınıflandırma tablosu.

5.6. Standart Penetrasyon Testi (SPT) Değerleri ve Taşıma Gücü Değerleri

Araştırma sondajlarına ait en önemli veri standart penetrasyon testi (SPT) verileridir. SPT testi zemin araştırmalarında yaygın olarak kullanılan bir arazi deneyidir. Test kum türü zeminlerin sıkılığını ve ince taneli zeminlerin kıvamını tespit etmek amacıyla yapılır. Çakıllı zeminlerde tane boyuna endeksli olarak doğru sonuçlar vermez. SPT deneylerinin gerçekleştirilmesinde makaralı şahmerdan (donut tipi) kullanılmıştır. Deney 63.5 kg ağırlığındaki şahmerdanın 0.76 m yükseklikten dış çapı 5 cm olan standart tip numune alıcının üzerine serbest düşmesi sonucunda numune alıcının zemine 15 cm lik 3 kademe şeklinde girmesi temeline dayanır. Her 15 cm lik kademenin zemine girmesine neden olan vuruş sayıları belirlenir. İlk 15 cm lik vuruş sayısı muhtemel örselenmeler nedeniyle oturma kademesi olarak hesaplama dışında tutulur. 30 cm lik son iki kademenin vuruş sayılarının toplamı zeminin mukavemet direncini temsil eder. SPT testi 15 m lik bir araştırma sondajında genel olarak her 1.50 m de bir uygulanır. Test uygulanmadan önce kuyu temeli örselenmiş zeminlerden temizlenmelidir. Test yapıldıktan sonra aynı derinlikten örselenmemiş zemin örnekleri alınmıştır. Numunelerin alınması, tanımlanması ve sınıflanmalarında Türk Standartlar Enstitüsü standartları (TS 1500, TS 1900 ve TS 1901) uygulanmıştır. SPT uygulamasında kullanılan ekipman, litoloji ve hidrojeolojik faktörler gibi birçok etkenin test sonuçlarını etkilediği düşünüldüğünden arazide elde edilen vuruş sayıları üzerinde düzeltme katsayıları uygulanır. Yeraltı suyu düzeltmesi, jeolojik yük düzeltmesi, tij uzunluğu düzeltmesi, çakma başlığı düzeltmesi, enerji düzeltmesi gibi düzeltme faktörleri en çok kullanılan düzeltme çeşitleridir. Taşıma gücü hesaplamaları yapılmadan önce SPT vuruş sayıları üzerinde mutlaka düzeltme katsayıları uygulanmalıdır. Farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen formüllerle beraber kullanılan SPT değerleri zeminin taşıma gücü hesaplamasında kullanılır.

İnceleme alanında açılan her birisi 15 metre derinliğindeki jeoteknik sondajlar sırasında gerçekleştirilen SPT deney sonuçları Çizelge 5.10 da verilmiştir. Ortalama ham SPT değerleri 5, 10 ve 15. metreler için sırasıyla 9, 11 ve 14 dür. 5 m derinlikte ölçülen en büyük SPT deneyi 17 iken en küçük değer 4.5 olarak hesaplanmıştır. 10 m derinlikte ölçülen en büyük ve en küçük değerler ise sırasıyla 19.3 ile 6.3 olarak bulunmuştur. 15 metre derinlikte ölçülen en büyük ve en küçük SPT değerleri 21 ve

8 dir. Genel olarak SPT deneyleri derinlikle artma eğilimi gösterir. Düzeltilmiş SPT deney sonuçları ham SPT değerlerini yaklaşık 0.7 oranında azaltacaktır.

İnceleme alanında SPT deney sonuçlarına göre hesaplanan bu taşıma gücü değerleri farklı araştırmacıların geliştirdikleri değişik formüllere ve temel boyutlarına göre farklı değerler alabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan taşıma gücü değerleri Aksaray Belediyesi tarafından tavsiye edilen Terzaghi tarafından geliştirilen taşıma gücü formülüne göre hesaplanmıştır. Taşıma gücünün hesaplanmasında güvenlik katsayısı 3 alınmıştır. Terzaghi'ye göre zemin sınır taşıma gücü, kohezyonlu zeminlerden elde edilen örselenmemiş (UD) örnekler üzerinde yapılan kesme kutusu deneyi sonucunda bulunan kohezyon (C) ve içsel sürtünme açısı (ø) değerleri kullanılarak hesaplanır.

$$q=k_1*C*N_c+\gamma*D_f*N_q+k_2*N\gamma*B*\gamma \qquad (5.1)$$

Burada; k_1 ve k_2 temel tabanı şekline bağlı katsayılar, N_c, N_q ve N_γ Terzaghi taşıma gücü katsayıları, D_f temel derinliği ve B temel genişliği, C kohezyon ve γ doğal birim hacim ağırlıktır.

Meyerhof, Terzaghi tarafından verilen taşıma gücü bağıntısını farklı şekilde önermiştir**.** Meyerhof'un bağıntısı aşağıdaki şekliyle verilebilir;

$$qa=1{,}2\ N\ [1+Df/3B] \qquad Df \leq B \leq 1{,}2 \text{ m. ise} \qquad (5.2)$$

$$qa=0{,}8N[B+0{,}3/B]^2\ [1+(Df/3B)] \qquad B \geq 1{,}2 \text{ m. ise} \qquad (5.3)$$

Df>B ise[1+(Df / 3B)] =1,97 olarak alınır.

qa= Zemin emniyet gerilmesi (t/m^2)

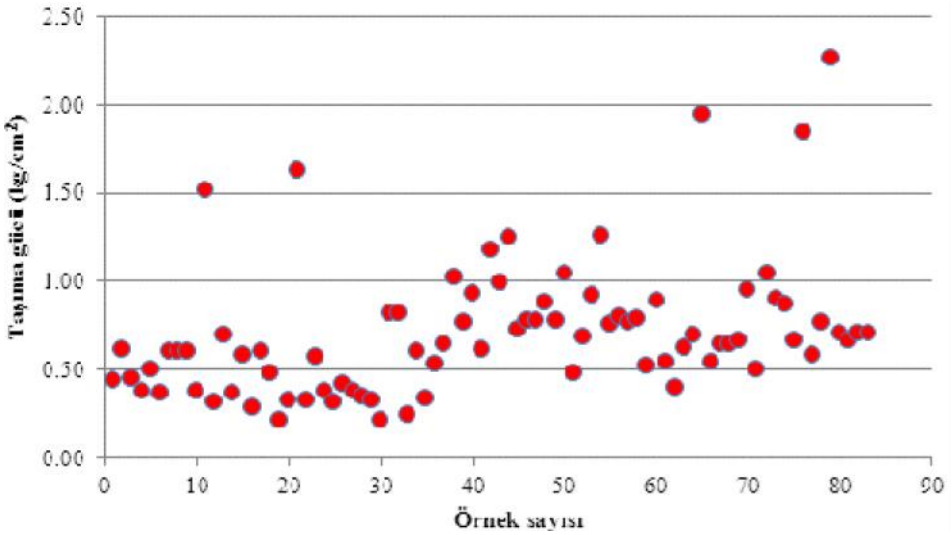
N= Düzeltilmiş ortalama SPT darbe sayısı ($N=C_N*N'$)

Df.- B= Temel derinliği ve temel genişliği (metre)

Zemin etüt raporlarından elde edilen taşıma gücü değerleri 0.21 ile 2.27 kg/cm^2 aralığındadır ve inceleme alanının ortalama taşıma gücü değeri 0.71 kg/cm^2 olarak bulunmuştur (Şekil 5.7).

Çizelge 5.10: İnceleme alanındaki sondajlara ait ham SPT deney sonuçları.

n	Sondaj sayısı	Sondaj derinliği	OrtN30 (5 m)	OrtN30 (10 m)	OrtN30 (15 m)	n	Sondaj sayısı	Sondaj derinliği	OrtN30 (5 m)	OrtN30 (10 m)	OrtN30 (15 m)
1.	2	15	8	9	10	**43.**	3	15	15	13	16
2.	2	15	8	14	11	**44.**	2	15	-	11	17
3.	2	15	7	13	-	**45.**	2	15	8	7	16
4.	2	15	7	17	17	**46.**	2	15	-	13	11
5.	2	15	6	18	-	**47.**	3	15	9	13	16
6.	2	15	12	16	12	**48.**	3	15	8	12	14
7.	2	15	11	17	18	**49.**	2	15	13	9	13
8.	2	15	-	-	-	**50.**	3	15	12	19	12
9.	2	15	11	8	11	**51.**	3	15	10	8	12
10.	2	15	-	-	-	**52.**	3	15	9	8	11
11.	2	15	12	10	18	**53.**	2	15	8	14	16
12.	2	15	8	17	-	**54.**	3	15	13	11	17
13.	2	15	8	14	18	**55.**	3	15	12	9	18
14.	2	15	12	11	14	**56.**	3	15	11	9	15
15.	2	15	16	7	9	**57.**	3	15	12	10	16
16.	2	15	7	11	15	**58.**	2	15	7	16	19
17.	2	15	11	17	21	**59.**	2	15	9	12	9
18.	2	15	9	13	16	**60.**	3	15	9	10	12
19.	2	15	8	14	17	**61.**	3	15	6	14	17
20.	2	15	6	9	13	**62.**	2	15	7	9	13
21.	2	15	7	9	14	**63.**	3	15	6	11	12
22.	2	15	6	9	12	**64.**	3	15	7	12	12
23.	2	15	12	17	16	**65.**	2	15	8	9	13
24.	2	15	7	11	12	**66.**	3	15	8	7	13
25.	2	15	7	8	11	**67.**	2	15	10	12	16
26.	2	15	8	8	12	**68.**	3	15	8	12	13
27.	2	15	7	6	9	**69.**	2	15	6	13	14
28.	2	15	9	8	11	**70.**	2	15	8	9	14
29.	2	15	9	12	17	**71.**	3	15	9	7	13
30.	2	15	6	8	9	**72.**	3	15	13	18	19
31.	2	15	7	12	12	**73.**	3	15	8	13	18
32.	2	15	15	13	16	**74.**	2	15	6	13	16
33.	2	15	6	7	8	**75.**	3	15	12	11	15
34.	2	15	11	7	9	**76.**	3	15	15	17	21
35.	2	15	6	8	15	**77.**	3	15	7	8	11
36.	2	15	9	10	11	**78.**	2	15	8	7	12
37.	3	15	5	11	13	**79.**	3	15	11	16	14
38.	3	15	17	11	18	**80.**	2	15	10	12	13
39.	3	15	9	10	11	**81.**	3	15	7	8	13
40.	3	15	8	14	16	**82.**	3	15	7	11	14
41.	2	15	13	10	15	**83.**	3	15	9	12	15
42.	2	15	9	11	18						



Şekil 5.7: İnceleme alanında zeminlerin taşıma gücü değerleri.

Meyerhof bağıntısı kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri Terzaghi tarafından önerilen yöntemle hesaplanan taşıma gücü değerlerinden yaklaşık olarak 0.2 oranında daha fazla çıkmaktadır.

5.7. Sıvılaşma Riskinin Hesaplanması

İnceleme alanının sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde Tokimatsu, K. and Yoshimi, Y., 1983 yöntemi kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, zeminin devirsel gerilme direnci (τ_l/σ_o') depremden kaynaklanan devirsel gerime oranı (τ_d/σ_o') ile kıyaslanarak sıvılaşma potansiyeli emniyet katsayısı ile ifade edilmektedir. Başka bir deyişle, devirsel gerilme oranı devirsel gerilme direncinden büyük ise incelenen zemin seviyesinde uygulanan senaryo deprem şartlarında sıvılaşma beklenmelidir. Yöntemde kullanılan devirsel gerilme oranı;

$$\frac{\tau_d}{\sigma_o'} = 0.1(M-1)\frac{\alpha_{max}}{g}\frac{\sigma_o}{\sigma_o'}(1-0.015z) \qquad (5.4)$$

Bu bağıntıda,

M = senaryo deprem büyüklüğü,
α_{max} = maksimum yatay yer ivmesi (cm/s^2)
g = yerçekim ivmesi (981 cm/s^2)
σ_o = toplam gerilme (kgf/cm^2)
σ_o' = efektif gerilme (kgf/cm^2)
z = derinlik (m)

Devirsel gerilme direnci ise;

$$\frac{\tau_l}{\sigma_o'} = aC_r\left[\frac{16\sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_a}}{C_s}\right)^n\right] \tag{5.5}$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Burada a, C_r, C_s ve n birer katsayı olup değerleri sırasıyla 0.45, 0.57, 80 ve 14'dür. N_a ise ince tane yüzdesine göre düzeltilmiş SPT-N değeridir. İnce tane düzeltmesinden önce SPT-N değeri örtü kalınlığı düzeltmesine tabi tutulur. Bunun için ham SPT-N değeri (N)

$$N_1 = \frac{1.7}{\sigma_o' + 0.7} N \tag{5.6}$$

bağıntısı ile 1 kgf/cm^2'lik efektif örtü yüküne göre düzeltilmiş olur. Burada N_1, örtü yüküne göre düzeltilmiş SPT-N değeri ve σ_o'' de efektif gerilmedir. Yapılan bir diğer düzeltme ise enerji düzeltmesidir. Bu inceleme sırasında kullanılan şahmerdan düzeneği halka tipi ve otomatik olup (trip system) tijlere iletilen net enerji teorik olarak iletilmesi gereken enerjinin yaklaşık % 60'ı civarındadır. Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yönteminde dikkate alınan şahmerdan düzeneği vasıtası ile tijlere iletilen net enerji yaklaşık % 63-72 arasındadır. Bu durumda, bu incelemede kullanılan sistemle elde edilen SPT-N değerlerine enerji düzeltmesi uygulanmamıştır. Devirsel derilme direnci formülündeki N_a değeri ise;

$$N_a = N_{1(60)} + \Delta N_f \tag{5.7}$$

şeklinde ifade edilir. Burada ΔN_f ince tane düzeltme katsayısı olup Çizelge 5.11 yardımıyla belirlenir:

Çizelge 5.11: İnce tane yüzdesi düzeltmesi.

İnce Tane Yüzdesi (FC)	==========aN_f
0 – 5	0
6 – 10	İnterpolasyonla
> 10	0.1 FC + 4

Sıvılaşma hesaplarında zemin etüdü amaçlı açılan araştırma kuyularında her 1.5 m. de bir yapılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sonuçları, incelenen zeminin doğal

birim hacim ağırlığı, zeminin suya doygun birim hacim ağırlığı, ince tane yüzdeleri ve yeraltı suyu derinliği kullanılmıştır.

Aksaray ilinin tektonik konumu da göz önüne alındığında sıvılaşma riskini ortaya çıkaracak bir yapıya sahiptir. İnceleme alanı içerisinde yapılan SPT deney sonuçları incelendiğinde SPT deneyinden elde edilen vuruş sayılarının oldukça düşük olması da oluşabilecek bir sıvılaşma riskine dikkat çekmektedir. İnceleme alanı içerisinde daha önceden yapılmış olan jeoteknik incelemeler kapsamında kuyularda ortalama 4 m.- 4.5 m de yeraltı suyuna rastlanıldığı gözlenmiştir. Bunlara bağlı olarak inceleme alanının sıvılaşma potansiyelinin incelenmesinde senaryo deprem olarak 6 ve 6.5 (Ms) büyüklüğü esas alınmıştır. Aksaray belediyesi tarafından Aksaray'ın dördüncü derece deprem kuşağında yer almasından dolayı 0.1 g'lik maksimum yatay yer ivmesi alınması tavsiye edilmiştir. Fakat $a_{mak}=2.18\ e^{0,0218\ (33,3M_w - Re + 7.8427\ Sa + 18.9282\ Sb)}$ formülü kullanıldığında a_{mak} =684 Gal (0.684 g) olarak bulunmuştur (Ulusay vd., 2004). İnceleme alanının sıvılaşma analizi hesaplamalarında ortalama a_{mak}= 0.4 g değeri kullanılmıştır.

Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısının (F_L) hesaplanmasında güvenlik katsayısı zeminin sıvılaşması için gereken tekrarlı gerilim oranının depremden kaynaklanan tekrarlı gerilim oranına bölünmesi ile hesaplanır.

$$F_L= (\tau_{av}/\sigma_0')_L / (\tau_{av}/\sigma_0')_d \qquad \text{veya} \qquad FL= CSR_L / CSR_E \qquad (5.8)$$

Güvenlik katsayısı 1'in altında olan değerler muhtemel sıvılaşma potansiyeline sahip alanlar, güvenlik katsayısı 1'in üzerinde olan yerler ise muhtemel sıvılaşma potansiyeline sahip olmayan alanlar olarak yorumlanır.

İnceleme kapsamında, toplam 83 adet zemin etüdü maksadı ile açılmış araştırma kuyuları verileri sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Sıvılaşma hesaplarında zemin etüdü amaçlı açılan araştırma kuyularında her 1.5 m. de bir yapılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sonuçları, incelenen zeminin doğal birim hacim ağırlığı, zeminin suya doygun birim hacim ağırlığı, ince tane yüzdeleri ve yeraltı suyu derinliği kullanılmıştır.

İnceleme kapsamında arazide uygulanan SPT deney sonuçları ham olarak alınmış üzerinde efektif örtü kalınlığı düzeltmesi ve ince tane oranı düzeltmesi gibi sıvılaşma analizlerinde önemli bir yer teşkil eden düzeltmeler uygulanmıştır. SPT verilerinin az

olması nedeni ile veriler ince tane oranına göre seçilmemiş eldeki bütün verilerin sıvılaşma analizleri çıkarılmıştır. İnceleme alanında özellikle silt (ML) ve kum (SM) türü zeminlerin oldukça fazla olması inceleme alanının sıvılaşma riskini arttırmaktadır. İncelenen araştırma kuyularında rastlanılan yeraltı suyu ortalaması 4.1 m.'dir. Yeraltı suyunun yüzeye oldukça yakın olması da inceleme alanının sıvılaşma riskini artırıcı diğer bir özelliktir. Sıvılaşma analizlerinde son iki 15 cm.'lik kesimin toplamı olan N_{30} ortalama değeri kullanılmıştır.

İnceleme kapsamında ince tane oranı (İTO) elek analizi sonucunda 200 nolu eleğin altından geçen malzemenin yüzde değeri olarak alınmıştır. Zeminlerin sınıflandırılması USCS formatına uygun olarak yapılmıştır.

Sıvılaşma analizleri hakim zemin grubu silt ve kum türü zeminler için gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanında örneklenen zeminlerin ortalama sıvılaşma parametre değerleri Çizelge 5.12.'de verilmiştir. İnceleme alanının genelinde sıvılaşma güvenlik katsayısının derinlikle değişim değerleri ortalama 0.48 ile 0.75 arasında değer almıştır, bu sonuç inceleme alanının yüksek sıvılaşma potansiyeline sahip olduğunu gösterir. Sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde güvenlik katsayısı değerlerinin (F_L) 1'in oldukça altında çok düşük değerler aldığı görülmektedir (Çizelge 5.12, Çizelge 5.13). İnceleme alanının ağırlıkça silt ve kum ağırlıklı sıkılaşmamış gevşek alüvyonlardan oluşması, alüvyonda yapılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sonuçlarının çok düşük olması ve bölgedeki yeraltı suyunun yüzeye çok yakın olması sıvılaşma riskinin yüksek çıkmasının nedenleri olarak gösterilebilir. Güvenlik katsayısı değerlerinin % 90'ı 0.4 - 0.8 aralığında değişir. İnceleme alanının sadece % 10'luk bir kesiminin sıvılaşma riski taşımadığı da tespit edilmiştir.

Çizelge 5.12: İnceleme alanındaki sondajların ortalama sıvılaşma analizi değerleri.

H (m)	σ_v (kN/m^2)	σ_v' (kN/m^2)	rd	N_m	$N_{1,60}$	$N_{1,60,f}$	D_{50}	R	L	FL
3	56.54	56.54	0.98	5	6.90	13.28	1.06	0.39	0.32	0.63
4.5	85.61	70.61	0.97	3	3.70	9.44	1.11	0.26	0.38	0.68
6	114.68	84.68	0.95	7	7.89	14.47	1.09	0.32	0.42	0.75
7.5	142.94	97.94	0.94	9	9.44	16.32	1.12	0.31	0.45	0.69
9	170.41	110.41	0.93	8	7.90	12.75	1.17	0.23	0.47	0.48
10.5	197.87	122.87	0.89	16	14.98	21.20	1.25	0.32	0.47	0.68
12	225.34	135.34	0.85	17	15.16	19.40	1.29	0.28	0.46	0.59

Çizelge 5.13: Sıvılaşma analizi sonucu güvenlik katsayılarının değerleri.

	Deprem büyüklüğü			Deprem büyüklüğü	
n	**6.5**	**6.0**	**n**	**6.5**	**6.0**
1.	0.9	0.82	**43.**	0.7	0.63
4.	0.98	0.92	**45.**	0.83	0.76
5.	0.54	0.49	**46.**	0.63	0.57
6.	0.75	0.68	**47.**	0.79	0.71
7.	0.77	0.7	**49.**	0.98	0.93
10.	0.93	0.85	**51.**	0.99	0.89
11.	0.84	0.77	**52.**	0.7	0.64
12.	0.88	0.80	**53.**	0.77	0.7
14.	0.81	0.73	**54.**	0.76	0.69
17.	0.77	0.7	**55.**	0.79	0.72
19.	**1.1**	**1**	**56.**	0.61	0.56
21.	0.75	0.69	**57.**	**1.11**	0.92
24.	0.85	0.77	**58.**	0.96	0.87
25.	0.73	0.67	**59.**	**1.67**	**1.51**
29.	0.74	0.67	**60.**	0.82	0.74
30.	0.78	0.71	**61.**	0.63	0.57
33.	0.63	0.58	**62.**	0.77	0.69
34.	0.95	0.86	**64.**	0.72	0.65
35.	0.74	0.68	**67.**	0.78	0.71
36.	**1.31**	**1.19**	**68.**	0.6	0.55
38.	0.78	0.71	**73.**	**1.23**	**1.11**
40.	0.75	0.68	**77.**	0.64	0.58
42.	0.7	0.64	**79.**	0.75	0.69

6. ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde inceleme alanında yer alan zeminlerin mühendislik ve hidrojeolojik özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak değerlendirilmiş ve bu özelliklere ait bazı etken faktörlerin inceleme alanındaki konumsal dağılımları haritalanarak belirlenmeye çalışılmıştır.

6.1. Yeraltı Suyu Özellikleri

İnceleme alanında mevsimsel yağışlara bağlı olarak yüksek kotlarda oluşan episodik akarsuların dışında akarsu ağı bulunmamaktadır. Bölgenin en önemli akarsu kaynağı konumunda bulunan Melendiz akarsuyu ise Mamasun barajı tarafından tutulur. Eskiden sulama amacı ile kurulan baraj günümüzde Aksaray ilinin su ihtiyacını karşıladığından dolayı sulama suyu olarak kullanılmamaktadır. Dolayısıyla inceleme alanı ve çevresinde yeraltı suyunun beslenimi mevsimsel yağışlardan karşılanır. Aksaray il merkezinin yanal ve düşey yönde heterojen yapı gösteren ve farklı geçirimlilik özelliklerine sahip olan alüvyon birim üzerinde kurulması yeraltı sularının bölgesel olarak farklı su seviyeleri göstermelerine neden olmuştur. İnceleme alanında yeraltı su seviyesi genel olarak 1.5 m ile 12.2 m arasında değişim gösterir ve bu seviye ekolojik şartlara göre sürekli değişir.

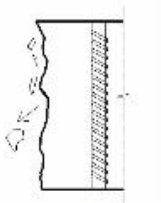
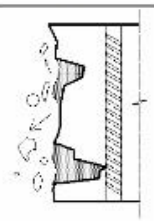
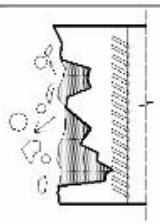
Üst yapıların temellerinin zeminle çevrili olması yeraltı suları ile sürekli olarak etkileşim halinde olmalarını gerektirir. Özellikle binanın tüm yüklerini zemine aktaran kısımlarının devamlı su ile etkileşim halinde bulunması zaman içerisinde temel donatılarına zarar vererek binanın dayanım gücünün azalmasına neden olabilir (Şekil 6.1). Yeraltı suyunun korozyon özellikleri, suyun fiziksel ve kimyasal karakteristiği ile yakından ilişkilidir. Özellikle yeraltı sularının pH, CO_2, Cl^- ve SO_4^- içerikleri suyun korozyon özelliklerini etkileyen önemli parametrelerdir.

Yeraltı suyunun beton malzemenin içine nüfuz etmesi sonucunda bu parametreler betonun kimyasal yapısının bozulmasını hızlandırdığı gibi aynı zamanda donatı korozyonunu da artırmaktadır (Şekil 6.2). Kimyasal reaksiyonlar sonucu betonun

çözülmesi porozite oranını hızla artırır. Porozitenin artması beton içerisine giren yeraltı suyunun ve dolayısıyla korozif iyonların miktarının da artmasına neden olur. Suyun donatı ile temas ettiği noktalarda binanın statik ve dinamik tüm yükleri karşılayan ve aktaran bölümlerin donatılarında korozyon başlar (Şimşek, 2005). Geçen zamanla doğrusal olarak hasar oranı bu süreklilik içinde artar ve binanın güvenilirliğini yitirmesi ile son bulur. Yeraltı suyunun beton ve donatı üzerine yapacağı hidrostatik basınç bu süreci artıracak diğer bir etkendir.



Şekil 6.1: Yeraltı suyunun bina içerisinde oluşturduğu hasarlar (Şimşek, 2005).

 1.	**Suyun hidroliz ve çözücülük reaksiyonları** ile beton yüzeyler aşınır. Beton kalitesine bağlı olarak parça atmalar gözlenebilir.
	Betonun dayanımı azalır, boşluk sayısı dolayısıyla geçirimliliği artar.
 2.	**Kalsiyum klorid, kalsiyum oksalad, magnezyum ve kalsiyum içeren suların** etkisi ile sertleşmiş çimento hamuru arasında yer değiştirmeler gözlenir. Daha büyük parçalar yüzeyden ayrılır ve kesitleri azalır.
	Betonun dayanımı azalır, boşluk sayısı dolayısıyla geçirimliliği artar.
 3.	**Beton yüzeyinde oluşan sülfat saldırısı,** alkali reaksiyonları ve donatı yüzeyinde oluşan korozyon etkisinin oluşması.
	Beton içi stresler artar ve betonun bozularak çatlar, parça atar. Mukavemeti azalır ve rijitliğini kaybeder. Suyun donatıya ulaşması ile birlikte donatı korozyona uğrar. Bunun sonucunda taşıyıcı sistemin dayanımı büyük ölçüde düşer. Beton üzerinde en büyük hasarı veren kimyasal reaksiyon sülfat saldırısıdır.

Şekil 6.2: Kimyasal iyonların beton yüzeyinde oluşturduğu etkiler (Şimşek, 2005).

Yeraltı suyunda CO_2 gazının varlığı beton dayanımına etki eden en önemli parametrelerden birisidir. İnceleme alanı ve çevresinde yer alan yeraltı suları Hasandağ volkanizmasının neden olduğu genç magmatik intrüzyonlar nedeni ile CO_2 açısından oldukça zengindir. Çalışma alanında, yeraltı suyundan CO_2 gazı üreten birde CO_2 üretim tesisi bulunmaktadır.

Beton temas sularının zararlı etkinlik derecesinin sınır değerlerini belirlemek amacı ile Türk Standartları Enstitüsü tarafından TS 3440 yönetmeliği yayınlanmıştır (Çizelge 6.1). Bu yönetmelik, yeraltı suyunda pH, CO_2, amonyum, magnezyum ve sülfat parametrelerinin beton üzerindeki etkilerine göre sınır değerlerini belirler. TS 3440'a göre bu parametrelerin etkinlik dereceleri zayıf, kuvvetli ve çok kuvvetli olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 6.1: Beton temas sularının zararlı etkinlik derecesi sınır değerleri (TS 3440'a göre).

	İncelenen Özellik	**Zararlı Etkinlik Derecesi**			**Standart No**
		Zayıf	Kuvvetli	Çok kuvvetli	
1	pH değeri	6,5-5,5	5,5-4,5	4,5'dan küçük	TS-3440
2	Kireç Çözücü (CO_2) mg /L	15-30	30-60	60'dan büyük	TS-3440
3	Amonyum (NH_4^+) mg/L	15-30	30-60	60'dan büyük	TS-3440
4	Magnezyum (Mg^{+2}) mg /L	100-300	300-1500	1500'den büyük	TS-3440
5	Sülfat (SO_4^{-2}) mg /L	200-600	600-3000	3000'den büyük	TS-3440

Jeoteknik etüt kapsamında açılan jeoteknik araştırma sondajları açıldıktan 3 gün sonra etüdü hazırlayan firmalar tarafından yeraltı sularından numune alınmış ve Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarında suların pH, karbondioksit (CO_2), sülfat (SO_4), magnezyum (Mg) ve amonyum (NH_4) değerlerinin tespitine yönelik analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2 incelendiğinde suların tamamının TS 3440'a göre pH, amonyum ve magnezyum içeriği açısından zayıf zararlı etkinlik derecesine sahip olduğu belirlenmiştir. CO_2 içeriği açısından ise sadece 11-13-25-26-29-35-38-42-43-44-45-46-55-61-62-63-64-67-68-70-72-73-74-76-77-78-79-80 numaralı kuyular zayıf zararlı etkinlik derecesine sahiptir. Su örneklerinin geri kalanları CO_2 açısından kuvvetli veya çok kuvvetli zararlı etkinlik derecesine sahip olarak sınıflandırılabilir.

Çizelge 6.2: Yeraltı sularındaki korozif parametrelerin analiz sonuçları.

n	pH	CO_2 mg/l	NH_4 mg/l	Mg mg/l	SO_4 mg/l	n	pH	CO_2 mg/l	NH_4 mg/l	Mg mg/l	SO_4 mg/l
1	7.45	40.95	0.49	93.1	53.2	**43**	7.41	24	0.725	55.42	335.0
2	7.4	34.95	0.32	106.8	38.2	**44**	8.52	4	0.08	30	40.3
3	7.58	30.96	0.3	108.8	38.1	45	7.41	10	0	53.3	139.7
4	6.68	93	4.04	108.8	441.1	**46**	7.18	26	0	84.9	280.4
5	7.21	61	1.45	94	546.0	**47**	7.49	35	0.312	62.71	221.2
6	7.15	37	0.29	44	108.0	**48**	7.33	61.9	0.23	618	266.3
7	7.6	35	1.5	66	354.0	**49**	7.23	49.9	0.032	45.21	253.4
8	7.5	53	0.32	68	306.0	**50**	7.68	38.5	0.21	81.6	290.2
9	7.2	34	0.12	40	238.0	**51**	7.11	47.9	0.2	37.43	18.2
10	6.85	50.4	0.212	71	106.0	**52**	7.06	38	0.13	50.7	232.1
11	7.8	13	0.55	54.5	451.9	**53**	7.44	57.9	1.14	41.32	288.9
12	7.51	41.5	0.77	45.8	223.6	**54**	6.32	43.9	0.06	60.6	155.0
13	7.3	29	0.352	46	249.2	**55**	7.61	27	0.23	49.9	384.3
14	7.1	37.5	1.67	73.5	223.8	**56**	6.32	209.7	0.06	65.3	440.6
15	7.28	90.9	0.11	121	390.2	**57**	7.28	35	0.14	58.2	218.7
16	7.54	47.9	0.01	35.7	142.0	**58**	7.61	44.9	0.13	97.9	404.9
17	7.7	53.9	0.199	51.04	261.0	**59**	7.05	74.9	0.06	50.8	350.8
18	7.57	46.4	0.062	61.7	228.5	**60**	6.85	69.9	0.2	38.7	121.2
19	7.31	76.9	2.43	111	558.0	**61**	6.99	17	0.01	46	231.6
20	6.32	209.7	0.06	65.3	440.6	**62**	7.55	25	0.28	61.5	251.0
21	7.28	88.9	0	45.69	249.5	**63**	7.62	27	0.44	57.7	198.8
22	7.54	65.9	0.19	64.2	174.5	**64**	7.6	16	0.22	102	270.9
23	7.36	124.9	0.088	202.2	592.2	**65**	7.36	44.9	0.21	138.4	364.9
24	7.74	33	0	107.9	138.9	**66**	7.18	41	0.1	58.1	229.7
25	7.54	28	0.64	103.05	269.6	**67**	8.07	18	0.06	63	496.0
26	7.46	15	0.33	62.7	356.3	**68**	7.22	28	0.13	252	2220.4
27	6.83	84.9	0.1	68.05	191.2	**69**	7.26	40	0.29	176.1	1035.9
28	7.24	56.9	0.21	31.11	377.9	**70**	7.11	27	0.11	81.9	355.2
29	7.9	13	0.67	68.05	372.9	**71**	7.35	35	0.47	123.8	321.1
30	7.73	51.9	0.027	82.64	226.0	**72**	7.58	20	0.04	91.2	292.9
31	7.7	44.9	3.38	76.32	348.4	**73**	7.37	10	0.01	30	5.4
32	7.14	42.9	0.81	59.3	75.2	**74**	6.58	21	0.17	36.3	196.8
33	7.29	40	0.087	57.36	97.8	**75**	7.01	43.9	0.01	73.89	430.4
34	7.41	35	0.17	50.55	149.9	**76**	7.26	23	0.75	44.6	1015.5
35	7.66	29	1.42	93.82	190.1	**77**	7.14	20	0.03	72.7	384.1
36	6.95	35	0.19	95.76	354.8	**78**	7.07	25	0.58	80.1	299.2
37	6.85	55.9	0.383	78.26	507.7	**79**	7.67	12	0.44	61	400.8
38	7.46	15	0.082	58.33	278.5	**80**	8.02	5	0.1	24.2	17.9
39	6.88	40	1.43	49.58	306.7	**81**	6.99	79.9	0.16	72.2	632.1
40	6.94	61.9	0.423	87.01	695.5	**82**	7.09	44.9	0.22	57.7	664.3
41	7.24	42.9	0.268	68.05	331.7	**83**	7.06	32	0.69	79	467.1
42	7.12	26	0	41.8	159.3						

	Zayıf zararlı		Kuvvetli zararlı		Çok kuvvetli zararlı

Yeraltı suyuna rastlanılan kuyulardan alınan su örneklerinin laboratuvar analiz sonuçlarına göre sülfat konsantrasyonu 5.4 - 2220.4 mg/l aralığında değişir. SO_4 içeriği açısından ise sadece 68 numaralı su örneği çok kuvvetli zararlı etkinlik derecesine sahip diğerleri ise zayıf veya kuvvetli zararlı etkinlik derecesine sahip olarak tanımlanabilir. Çalışma alanında bulunan yeraltı suları CO_2 ve SO_4 içeriği açısından üst yapıların temelleri için risk içermektedir.

6.1.1. CBS kullanılarak yeraltı suyu özelliklerinin haritalanması

Çalışma kapsamında yeraltı suyu verileri ArcGIS yazılımı (explatory spatial data analysis) araçları kullanılarak jeoistatiksel açıdan değerlendirilmiş ve su özelliklerinin haritalanmasında Kriging interpolasyon yöntemi tercih edilmiştir. Kriging, verilerin birbirine bağımlı olması ilkesinden yola çıkarak ölçülmüş değerlerden ölçülmemiş noktaların tahmin edilebilmesi için kullanılan bir interpolasyon tekniğidir (Aldworth, 1998, Kavurmacı ve Üstün, 2016) (Şekil 6.3). Veriler arasındaki mesafenin fonksiyonuna bağlı olarak örneklenmemiş bir noktadaki değeri hesaplamak aşağıda verilen eşitlikle mümkündür;

$$Z(x_o)=\sum_{i=1}^{N} \lambda_i Z(x_i) \qquad (6.1)$$

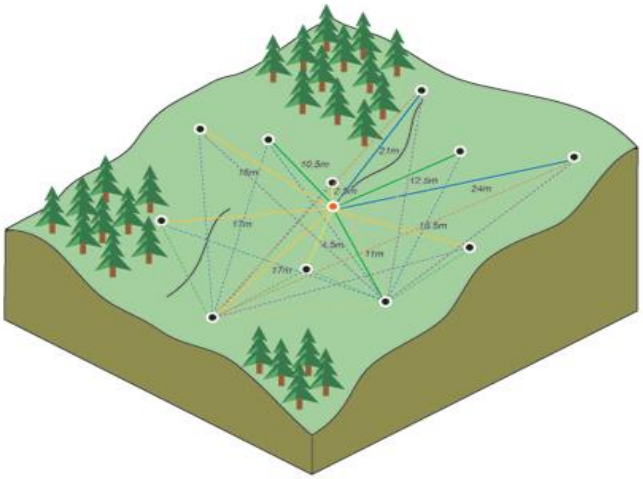
Eşitlikle $Z(x_i)$: i lokasyonunda ölçülen değer, λ_i: i lokasyonunda ölçülen değer için ağırlık katsayısı, X_0: o lokasyonundaki tahmin edilecek değer, N: ölçülmüş değerler sayısıdır.

Bu yöntem mekansal değişimleri açıklamak için variogramlar kullanır. En büyük özelliği ise, su kalitesini değerlendirirken, kalite sürekliliği, etki mesafesi ve yönü gibi değişkenleri bir fonksiyon şeklinde ifade etmesidir. Diğer bir deyişle variogram γ(h), inceleme alanında su kalitesinin uzaklıkla nasıl değiştiğini gösteren bir eğridir ve aşağıdaki eşitlik ile gösterilir (Oliver, 1990);

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^{n} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 \qquad (6.2)$$

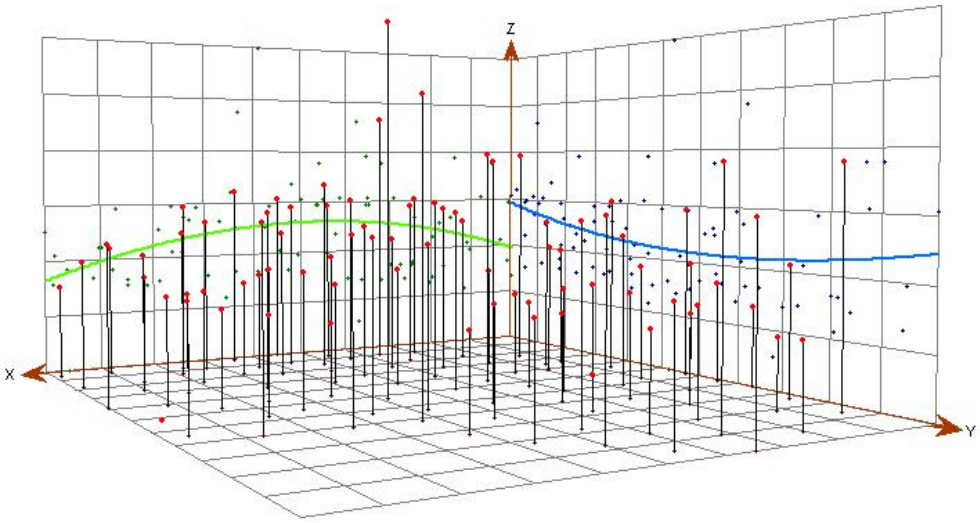
γ(h): semi-variogram değeri, h: noktalar arası uzaklık (lag mesafesi), $z(x_i)$ ve $z(x_i+h)$: x noktasındaki değer ve bu noktadan h mesafedeki değer.

Bölgesel değişken, yeraltı suyu özelliği açısından yoğun ve düşük bölgeler şeklinde geçişli bir yapı sergiliyorsa, variogram belirli bir uzaklıktan sonra artışını durdurur ve belirli bir değerde sabit kalır. Bu değere Tepe değeri (C), variogramın bu değeri aldığı uzaklığa da yapısal uzaklık (a) denir. Bu uzaklık kovaryansın sıfır olduğu ve fiziksel olarak bir örneğin etki zonu anlamına gelir. Etki zonu dışında örneklerin birbiriyle korelasyonu yoktur ve birbirlerinden bağımsızdırlar (Tercan ve Saraç, 1998). Variogram her zaman pozitif değerler aldığından seçilecek fonksiyonun da pozitif tanımlı bir fonksiyon olması gerekmektedir (Clark, 1979).

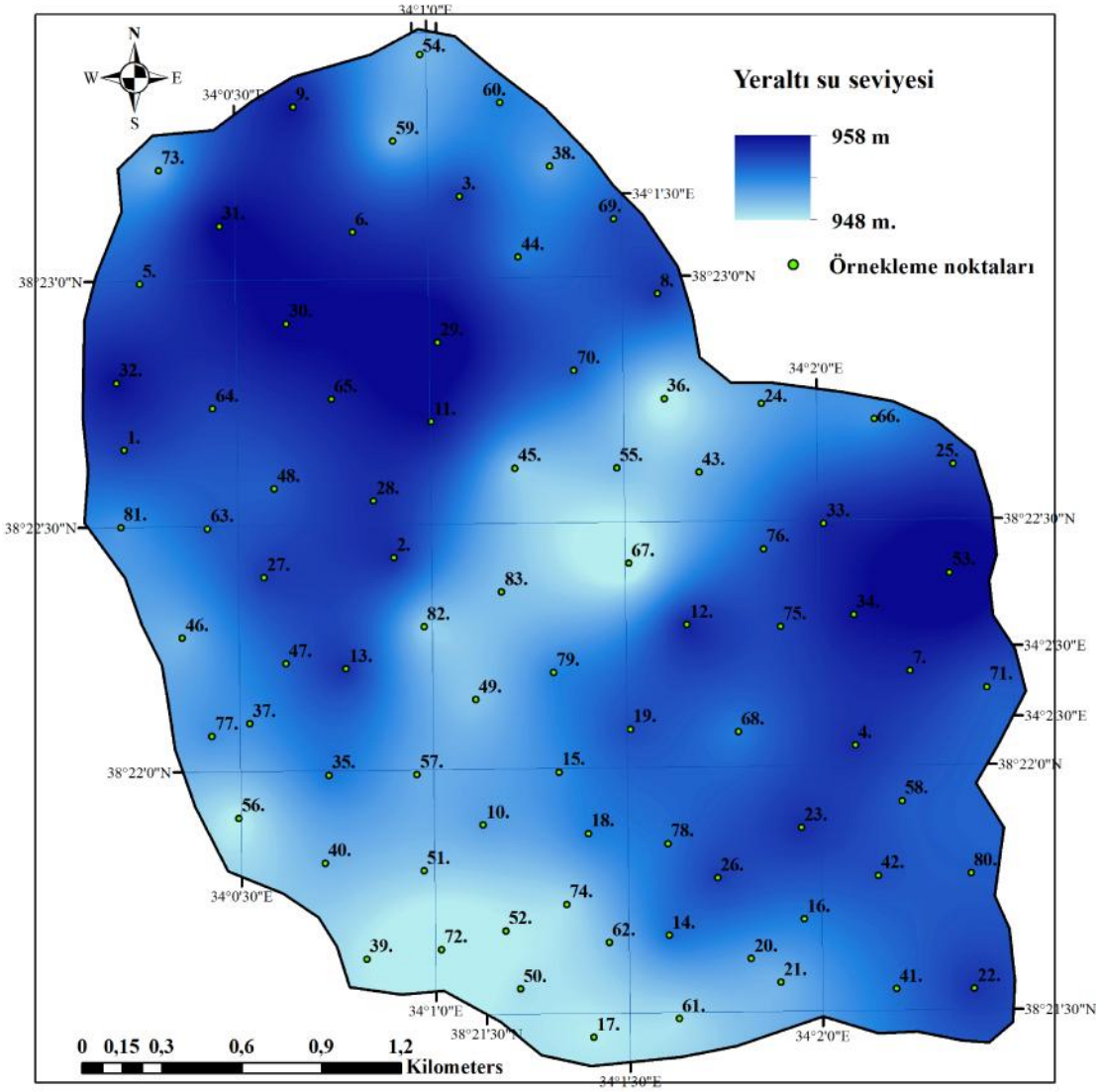


Şekil 6.3: İnterpolasyon yönteminin gösterimi (Esri, 2012).

Bu çalışmada her bir örnekleme noktası için yeraltı suyu değerleri kullanılarak verilerin trend analizleri incelenmiş ve ayrı ayrı deneysel variogramlar oluşturulmuştur (Şekil 6.4). Daha sonra deneysel variogramlara uygun teorik modeller belirlenmiştir. Her bir su kalite haritası için tepe değerli modeller (küresel model, exponential (üssel) model, gauss modeli ve linear modeli) test edilmiştir. Exponential (üssel) model hataların ortalama karekökü değerine göre su kalite haritası için en uygun model olarak belirlenmiştir. Exponential (üssel) model kullanılarak Kriging interpolasyon yöntemi ile inceleme alanı için 3×3 metre aralıklarla noktasal veri değeri tahminleri yapılmış ve inceleme alanının yeraltı suyu özelliklerinin konumsal dağılım haritaları ve yeraltı suyu seviye haritası hazırlanmıştır (Şekil 6.5). Dağılım haritalarının R^2 ve ortalama karesel hata değerleri pH, CO_2, SO_4 ve Mg değerleri için sırasıyla 0.96, 0.98, 0.97, 0.94'tür. Çizilen haritalar kullanım amacına uygun olarak yeniden sınıflandırılmıştır.



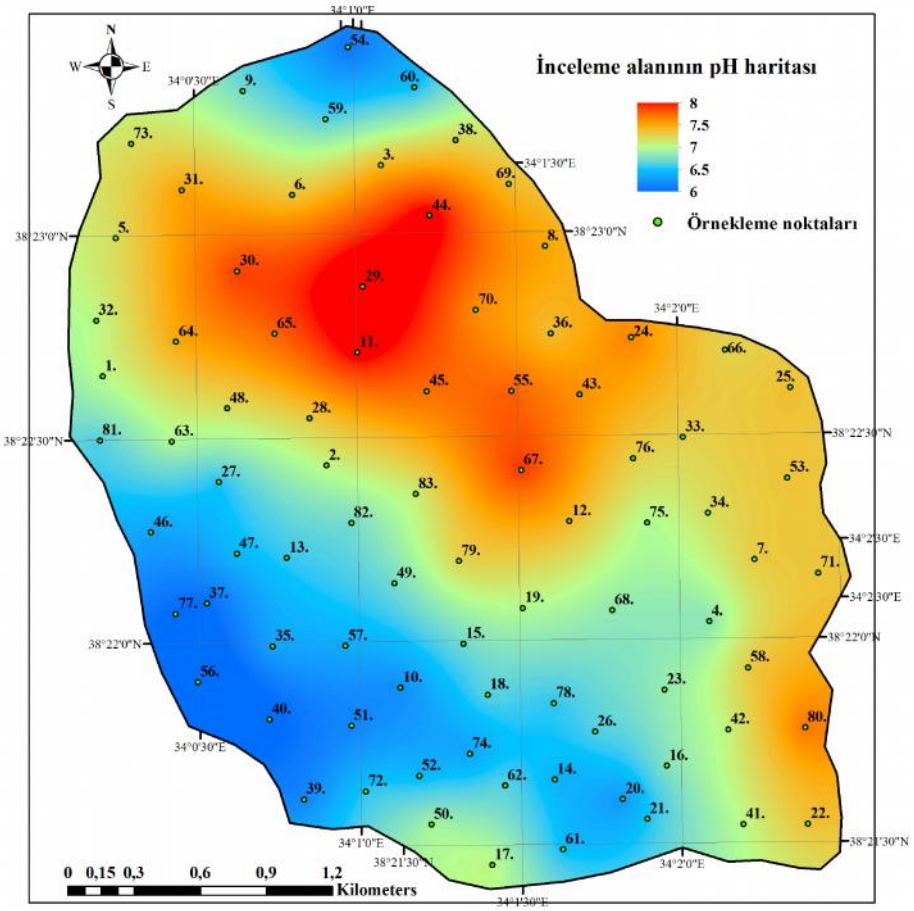
Şekil 6.4: Yeraltı suyu seviyesinin trend analizi.



Şekil 6.5: İnceleme alanında yeraltı su seviyesinin konumsal dağılımı.

Şekil 6.5’de verilen inceleme alanındaki yeraltı suyunun dağılım haritası incelendiğinde su seviyesinin kuzeybatı ve güneydoğuda yüzeye daha yakın olduğu görülmektedir. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu bu bölgeler sıvılaşma riski açısından da risk içermektedir.

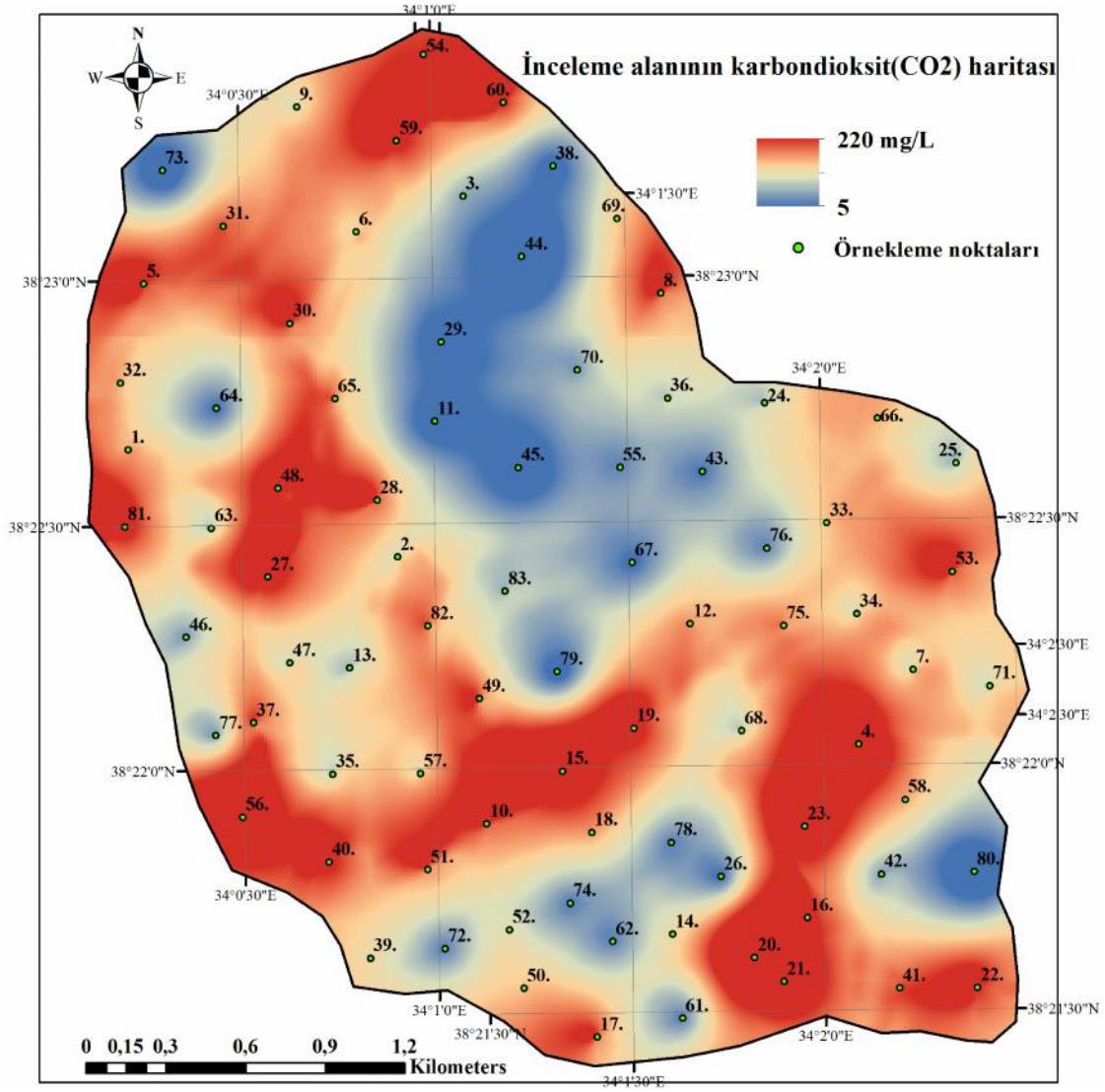
Yeraltı sularının pH dağılım haritası incelendiğinde daha yüksek pH değerlerinin çalışma alanının kuzeyinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 6.6). Bu bölge daha çok bazik sulardan oluşmakta olup çökeltme özelliği yüksektir. İnceleme alanının güneybatı bölgesi daha asidik sular içerir ve bu bölgede inşa edilen üst yapıların temelleri için korozyon riski yüksektir.



Şekil 6.6: İnceleme alanında yeraltı su seviyesinin pH dağılımı.

Asitli suların pH değerleri 7 den küçüktür. Asitli sular beton bünyesindeki sertleşmiş çimentoya ve agrega içindeki karbonat esaslı taneciklere çözücü ve ayrıştırıcı olarak etki yapar. Asitli suların beton üzerindeki etkileri, pH değerlerinin 6.5 veya daha küçük olması halinde göz önünde bulundurulur. Su içerisinde bulunan asitler kimyasal yapılarına uygun tuzları oluşturarak, çimento bileşimindeki kalsiyumun çözünmesine neden olurlar.

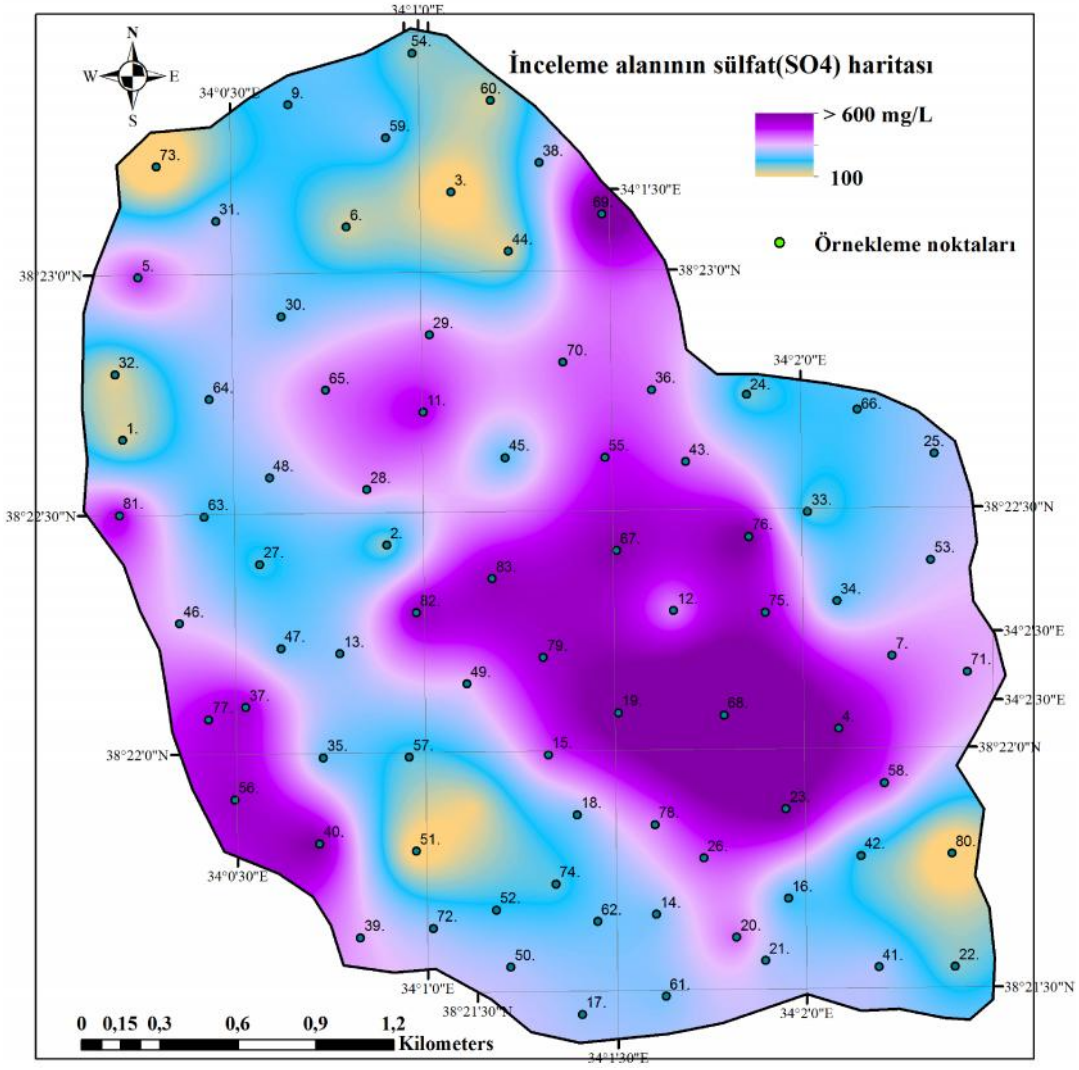
Bina temellerine olumsuz etki eden diğer bir faktörde CO_2 dir. Suyun içerisinde bulunan CO_2 su ile tepkimeye girerek karbonik asit oluşturur ve beton içerisindeki agreganın çözülmesini hızlandırır. Yeraltı sularının CO_2 içeriklerinin dağılımına bakıldığında % 85'nin beton korozyonu için sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. CO_2 içeriği düşük sular genel olarak inceleme alanının kuzeydoğusunda yer alır (Şekil 6.7). pH değerlerinin kuzeydoğuda daha yüksek olduğu değerlendirildiğinde pH ve CO_2 değerleri için çizilen konumsal dağılım haritalarının birbirlerini destekledikleri görülmektedir. İnceleme alanının güney ve güneybatısında pH değerlerinin düşük olması yeraltı suyundaki yüksek CO_2 varlığının bir sonucudur.



Şekil 6.7: İnceleme alanında yeraltı suyundaki CO_2 konsantrasyonu dağılımı.

Sülfatın betona etkisi, çimento ile sülfat iyonları arasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar yoluyla olur. Bu etki genelde genişleme ve mukavemetin zaman içinde giderek düşmesi ve bu olayla birlikte kütle azalması şeklinde meydana gelir (Şimşek, 2005). Sülfatlar, sertleşmiş çimentoda bulunan trikalsiyum alüminat ile birleşerek trikalsiyum sulfoalüminat hidratı oluşturur. Bu bileşik, molekülünde 31 molekül hidrat suyu bulundurduğundan betonda şişmelere ve kabarmalara neden olur (Şimşek, 2005). Şişme sonucu basınca maruz kalan beton yüzeyinde çatlaklar oluşmaya başlar ve betonun gözenekliliği artar. Gözenekliliğin artması betonun mukavemetinin düşmesine neden olur.

Sülfat dağılım haritası incelendiğinde sülfat içeriğinin genel olarak iç bölgelerde yüksek değerler aldığı ve güneydoğuya doğru sülfat içeriğinin arttığı gözlenmiştir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8: İnceleme alanında yeraltı suyundaki SO_4 konsantrasyonu dağılımı.

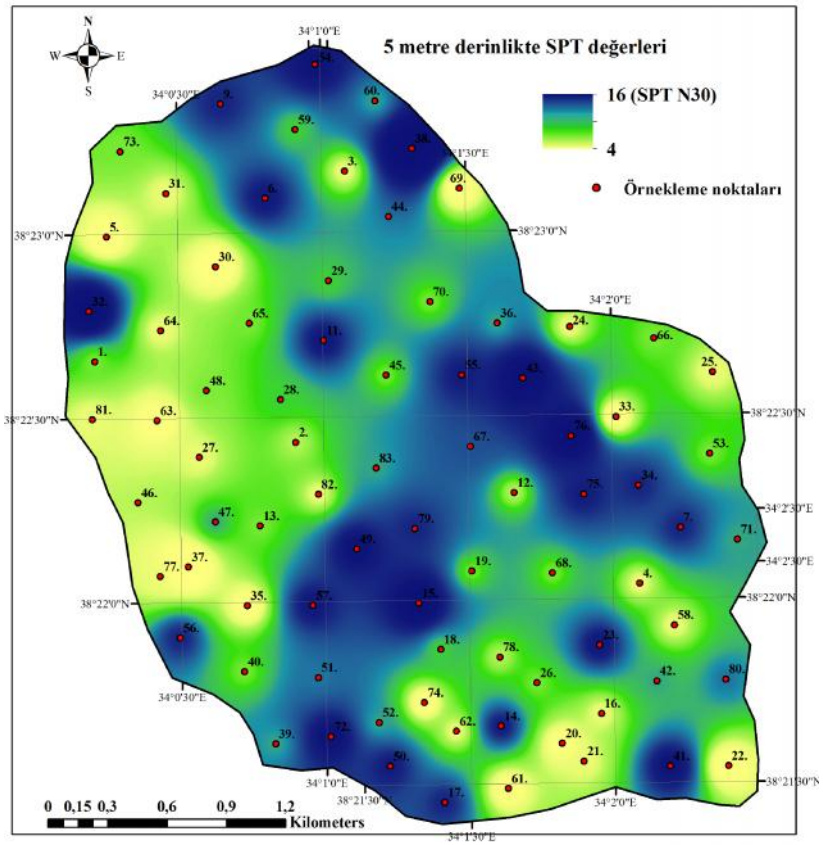
Hidrojeolojik verilere göre çizilen dağılım haritalarının bütünleştirilmiş değerlendirilmesi yapılacak olursa en güvenli bölge inceleme alanının kuzeydoğusu olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı yeraltı suyu açısından oldukça riskli olarak tanımlanabilir. Özellikle taşıma gücü açısından zayıf zemin koşullarına sahip olan çalışma alanında yeraltı su seviyesi yüksek olan bölgelerde radye temel tipi tercih edilmelidir. Radye temel su yalıtımları için en uygun temel tipidir. İnceleme alanında uygulanacak temel sistemlerinde yapılacak su yalıtımı tüm temeli hatta bodrumu yatay ve düşey düzlemde saracak şekilde membran kaplanarak yapılmalıdır.

6.2. SPT ve sıvılaşma değerlerinin haritalanması

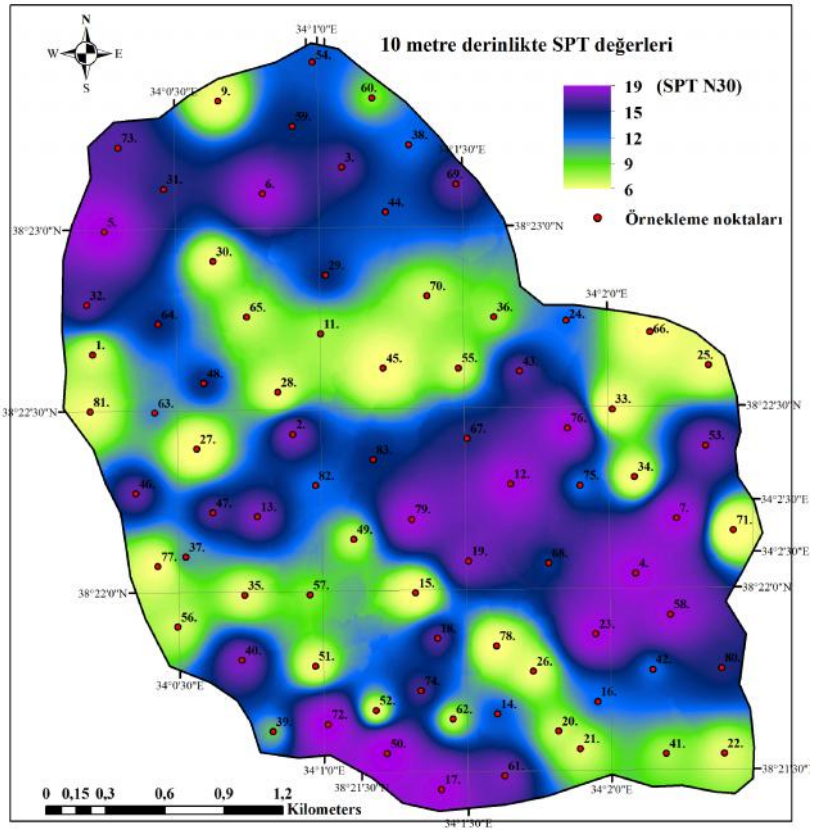
SPT ve sıvılaşma değerlerinin haritalanmasında yine ArcGIS yazılımının ArcMap uygulaması kullanılmıştır. Tematik haritaların oluşturulmasında Kriging interpolasyon yöntemi tercih edilmiştir.

Taşıma gücü değerlerinin değişik araştırmacılar tarafından önerilen metotlarla farklı değerler alması ve farklı temel boyutlarına göre değişebilmesi bu değerlerin direk olarak haritalanmasına olanak tanımamaktadır. Bundan dolayı bu bölümde zeminin taşıma gücünü temsilen 5 ve 10 metre derinliklerdeki SPT N_{30} değerleri haritalanmıştır (Şekil 6.9, Şekil 6.10).

SPT haritalarının hazırlanmasındaki ilk aşama her bir sondaj noktası için derinlikle SPT verilerinin veri tabanına işlenmesidir. SPT verilerinin mekansal dağılımının belirlenmesinde QQplot, yarıvariogram ve kovaryans grafikleri gibi jeoistatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Her sondajın farklı derinliklerinden alınan SPT verileri kullanılarak Kriging enterpolasyon yöntemiyle verilerin dağılım analizleri yapılmış ve her biri için ayrı ayrı deneysel variogramlar oluşturulmuştur. Kriging ölçülmüş değerlerden yola çıkarak ölçülmemiş noktaların tahmin edilmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. Sonraki aşamada deneysel variogramlara uygun Gauss, Lineer, Expotansiyel, Küresel, Parabolik gibi farklı teorik modeller test edilmiş ve çalışma alanında SPT değerleri için 3×3 metre aralıklarla mekansal dağılım tahmin haritaları yapılmıştır. Oluşturulan haritalar diğer verilerden elde edilen haritalarla karşılaştırılabilmek için yeniden sınıflandırılmıştır. Üretilen tematik SPT haritaları yapılaşmada yer seçimi ve imar planlarının revize edilmesinde kullanılabilir.



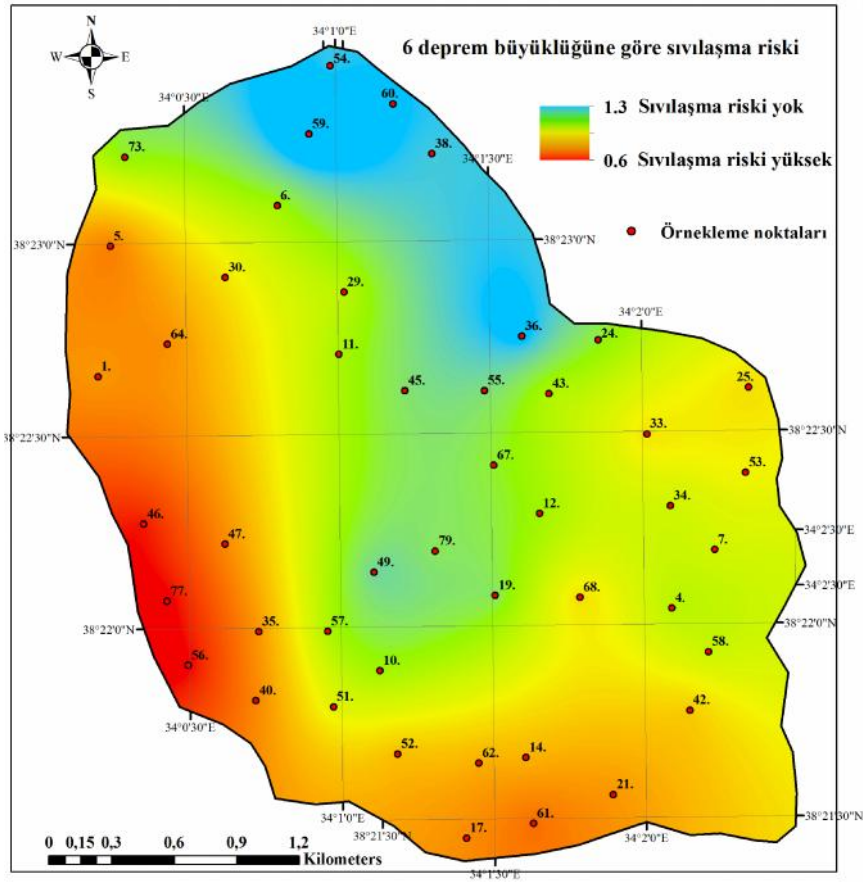
Şekil 6.9: 5 metre derinlikte SPT N_{30} değerlerinin dağılımı.



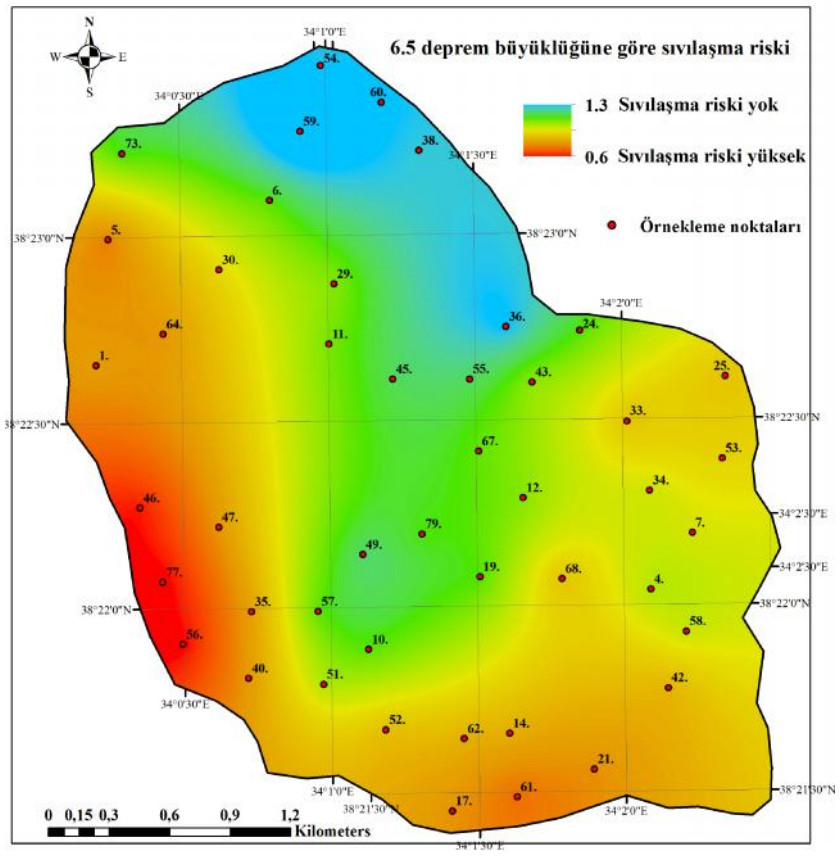
Şekil 6.10: 10 metre derinlikte SPT N_{30} değerlerinin dağılımı.

5 metre derinlikteki SPT N_{30} vuruş değerleri 4 ile 16 arasında değişim gösterir. SPT N_{30} değerleri genel olarak inceleme alanının kuzeydoğu, merkez ve güneybatı bölgelerinde daha yüksektir. Alüvyonun heterojen yapısından dolayı yanal ve düşey yönde çok sık değişim gösteren SPT N_{30} değerleri, dağılım haritasında kendi içerisinde birçok küçük konverjan kapanım oluşmasına neden olmuştur. Bu kapanımlar 10 metre derinlikteki SPT N_{30} değerlerinin dağılım haritasında çok daha belirgin bir hale gelmiştir. Buda alüvyonun derinlikle heterojen özelliğinin arttığına ve kısa kalınlıklara sahip ardalanmalı özellik gösteren farklı litolojilerden oluştuğunu göstermektedir.

İnceleme alanının farklı deprem büyüklüklerine göre hazırlanan sıvılaşma risk haritaları Şekil 6.11 ve Şekil 6.12 de verilmiştir. Senaryo deprem büyüklüğü olarak 6 ve 6.5 deprem magnitüdü seçilmiştir. İnceleme alanının 4. derece deprem bölgesinde olmasına ve aletsel dönem içerisinde 4.5 magnitüdünden daha büyük bir deprem kaydedilmemesine rağmen Kürçer vd. (2014) tarafından yapılan araştırmada bölgenin 6.5 büyüklüğünde deprem üretebilecek fay hatlarına sahip olduğu ve tarihsel dönemde 6.7 büyüklüğünde depremlerin olduğu belirtilmiştir.



Şekil 6.11: 6 büyüklüğünde depreme göre sıvılaşma riskinin dağılımı.



Şekil 6.12: 6.5 büyüklüğünde depreme göre sıvılaşma riskinin dağılımı.

Sıvılaşma risk haritaları incelendiğinde inceleme alanının kuzeydoğu kesimlerinin sıvılaşma açısından risk içermediği ve güvenli olduğu tespit edilmiştir. Sıvılaşma riski batı, güney ve güneydoğu bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Yeraltı suyu ve CO_2 dağılım haritaları sıvılaşma risk haritalarıyla uyumlu çıkmıştır. Özellikle CO_2'nin inceleme alanındaki yoğun ve uzun süreli varlığı yeraltı suyunu asitikleştirerek zemin mukavemetlerinin düşmesine neden olmuş olabilir. CO_2'nin zemini oluşturan jeolojik unsurların üzerinde yaptığı olumsuz etki aynı zamanda inceleme alanında hesaplanan taşıma gücü değerlerinin çok düşük çıkmasının da nedeni olabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Aksaray ilinin zemin özellikleri 83 adet araştırma sondajından elde edilen jeoteknik ve hidrojeolojik veriler kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi teknikleri yardımıyla değerlendirilmiştir.

İnceleme alanı sınırları içerisinde önemli olarak sınıflandırılan birimler alüvyon ve alüvyon konisidir. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar akarsu vadilerinde ve çevrelerinde, tutturulmamış çakıl, kum, silt, kil ve bitkisel toprak şeklinde gözlenir.

Sondajlarda ve araştırma çukurlarında yapılan gözlemlerde, zemin genelde; 10 metre derinliğe kadar, kahverengi - gri rengin egemenliğinde, ağırlıklı olarak kil, kumlu-siltli kil, killi-siltli ince kum, killi kumlu silt, çakıllı kum ve çakıllardan oluşan heterojen bir profil gösterir.

İnceleme alanı genel olarak D grubu zeminler içerir ve Z3 yerel zemin sınıfına sahiptir. Çalışma alanı ve çevresi için etkin yer ivme katsayısı 0.12, spektrum katsayısı 1.83, spektrum karakteristik periyotları (T_A; T_B) 0.15-0.60, spektral ivme katsayısı 0.18 dir.

Magnitüdü 4 olan bir depremin dönüş periyodu 4.94 yıl, magnitüdü 5 olan bir depremin dönüş periyodu 31 yıl, magnitüdü 5.5 olan bir depremin dönüş periyodu ise 80 yıldır. Magnitüdü 4 olan bir depremin 25 yılda olma ihtimali %99, magnitüdü 5.5 olan bir depremin 50 yıl içerisinde olma ihtimali ise %47'dir.

İnce taneli zeminlerin oranı % 55, iri taneli zeminlerin oranı ise % 45'dir. İnceleme alanı Atterberg Limitleri deney sonuçlarına göre az ayrışmış az kuru orta dayanımlı aktif olmayan plastik zemin olarak tanımlanmıştır.

Zeminin ortalama taşıma gücü değeri 0.71 kg/cm^2 dir. Sıvılaşma güvenlik katsayısı değerlerinin % 90'ı 0.4 - 0.8 arasında değişim gösterir. İnceleme alanının sıvılaşma riski çok yüksektir. Sıvılaşma riski batı, güney ve güneydoğu bölgelerinde yoğunlaşmıştır.

İnceleme alanında yeraltı su seviyesi 2 ile 12 metre arasında değişir. Yeraltı suları CO_2 ve SO_4 içeriği açısından üst yapıların temelleri için risk içermektedir. İnceleme

alanının güneybatı bölgesi asidik sular içerir ve bu bölgede inşa edilen üst yapıların temelleri için korozyon riski yüksektir.

CO_2'nin inceleme alanındaki yoğun ve uzun süreli varlığı yeraltı suyunu asitikleştirerek zemin mukavemetlerinin düşmesine neden olmuştur. CO_2'nin zemini oluşturan jeolojik unsurların üzerinde yaptığı olumsuz etki aynı zamanda inceleme alanında hesaplanan taşıma gücü değerlerinin çok düşük çıkmasının da en önemli nedenidir.

Zemin ve hidrojeolojik özellikler açısından yüksek risk içeren alanlar şehrin kuzeybatı, batı ve güney bölgelerinde yoğunlaşmıştır.

İnceleme alanı IV. ve V. Derece deprem bölgesinde yer almasına rağmen, imar sınırları içerisinde kalan alanda yapılacak binalarda "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" esaslarına titizlikle uyulması önerilir.

Zemin özelliğine dikkat etmeksizin yapılan binaların tespit edilmesi, hasarlı olduğu belirlenen binaların sağlamlaştırılması, çok katlı binaların yapımından kaçınılması ve sıvılaşma riski taşıyan alanlarda zemin özelliklerinin iyileştirilmesi çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

İzinsiz kat ve konut inşaatı belirlenmeli, zemin özelliklerine ve deprem riskine bağlı olarak imar durumu yeniden düzenlenmelidir**.**

Yerleşimin yoğun olduğu kesimlerdeki yapıların kat sayılarının temel tipini ve zemin özelliklerinin belirlenip, yaşayan insan sayısına ve kritik yapılaşmaya (hastahane, benzin istasyonu v.b.) bağlı olarak risk alanlarının tespit edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Akıl, B., 2008. İnönü - Eskişehir Fay Sistemi'nin Günyüzü (Eskişehir) - Yeniceoba (Konya - Türkiye) arasındaki bölümünün yapısal evrimi; Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara 151 s.

Akkuş, M., 2009. Keçikalesi (Aksaray) volkaniklerinin petrolojisi ve jeokimyası, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 140 s.

Aldworth J., 1998. Spatial Prediction, Spatial Sampling, and Measurement Error. Ph.D. Thesis, Iowa State University, Iowa, USA.

Anonymous D2216-05 1988. Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass. American Society for Testing and Materials (ASTM), Soil and Rock, Building stones.Section 4, V. 04,08

Arıkan, Y., 1975. The geology and petroleum prospects of the Tuz Gölü Basin. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 85, 17 - 44.

Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoğlu, H. ve Canpolat, M., 1988. Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir) - Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi, MTA Raporu, Derleme No. 8523, (yayımlanmamış).

Batum, J., 1978. Nevşehir Güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Yöresi Volkanitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi. Yerbilimleri Derg., C.4, S.1-2, 59-69.

Beekman, P. H., 1966. Hasandağı-Melendizdağı Bölgesindeki Pliosen ve Kuvaterner Volkanizma Faaliyetleri. MTA Dergi, Ankara, 66, s; 88 - 104.

Buchardt, W.S., 1954. Geology of Central Anatolia: MTA Rap., 2675 (yayımlanmamış), Ankara

Clark I., 1979. Practical Geostatistics. London, Britain, Applied Science Publishers.

Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. ve Dirik, K., 1999. Structural evolution of the Tuz Gölü Basin in Central Anatolia, Turkey. The J. Geol., 107/6: 693-706.

Dellaloglu, A.A. ve Aksu, R., 1984. Kulu-Şereflikoçhisar-Aksaray dolayının jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Rapor No. 2020.

Er, B., 2002. Aksaray ili merkezinin zemin ve mühendislik jeolojisi özelliklerini değerlendirerek örnek bir jeoteknik veri tabanının hazırlanması. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde, 57 s.

Erler, A. ve Bayhan, H., 1995. Orta Anadolu Granitoidlerin genel değerlendirilmesi ve sorunları. Yerbilimleri, 17, 49-67.

Erol, O., 1969. Tuzgölü Havzasının jeolojisi ve jeomorfolojisi. Tübitak Raporu (Yayınlanmamış).

Esri, 2015. ArcMap 10.1 Help File. Online, http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/ Accessed October 25, 2015

Gevrek, A.İ, 1997. Aksaray doğusu Ihlara Derinkuyu yöresindeki volkanik lastiklerin sedimantolojisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 178 s.

Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., ve Olgun, E., 1991. Orta Anadolu Masifi batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rapor No: 2909.

Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L., Çemen, İ., 1996. Tuzgölü havzası batı kısmının temel jeolojik sorunları, TPAO Rapor No: 3753 (Yayınlanmamış).

Göncüoğlu, M.C., Yalınız, K., Parlak, O. ve Floyd, P. A., 1997. Orta Anadolu Ofiyolitlerinin Genel Jeolojik özellikleri (Ç. Ü. Jeo. Müh. Egtm. 20. Yılı Sempozyumu Bildiri Özleri, Adana, 1997) 59-60 s .

Görür, N. ve Derman, A.S., 1978. Tuz Gölü-Haymana Havzasının stratigrafik ve tektonik analizi, TPAO Rapor No. 1514.

Görür, N., Oktay, F., Seymen, I., ve Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of Tuzgölü basin complex, central Turkey, In Dixon, J.E., and Robertson, A.H.F., eds. The geological evolution of the eastern Mediterranean Spec. Publ. Geol. Soc., 17, 81-96.

Güllü, B., 2003. Mamasun Yöresi (Aksaray) Magmatik Kayalarının Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, 164s.

Işık, F., 2000. Ekecekyeniköy-Mamasun (Aksaray), Yeşilhisar (Kayseri) arasının jeolojisi ve gabroyik-granitoyidik kayaçların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 161 s.

Kadıoğlu, Y.K., 1991. Geology, petrography and geochemistry of Ağaçören (Aksaray) magmatic rocks. O.D.T.U., Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 141 s.,

Kavurmaci, M.M, 2013. Şereflikoçhisar havzası yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrokimyasal açıdan incelenmesi ve bölgedeki tuzlusu girişiminin çevresel etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 232 s.

Kavurmaci, M., ve Üstün, A. K. 2016. Assessment of groundwater quality using DEA and AHP: a case study in the Sereflikochisar region in Turkey, Environmental monitoring and assessment, 188(4), 1-13.

Kavurmacı, M., 2016. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Sıvılaşma Riskinin Değerlendirilmesi: Aksaray Örneği, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Doi: 10.5505/pajes.2016.62534

Ketin, İ., 1963. 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Kayseri Paftası İzahnamesi. M.T.A. Yayını, 83 s

Kürçer, A., Gökten, Y.E., ve Yeleser, L., 2012. Tuz Gölü Fay Zonu'nun paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 4 Nisan 2012, Ankara.

Kürçer, A. ve Gökten YE., 2014. "Tuz Gölü Fay Zonunun Neotektonik Dönem Özellikleri, Depremselliği, Geometrisi ve Segment Yapısı". MTA Dergisi, 149, 19-69.

Lahn, E., 1940. Niğde Vilayetinin Aksaray Kazasında Yapılan Maden Ara ştırmalarına Dair Rapor, MTA Rap. No: 1207, Ankara.

Leonards, G.A., 1962. Founddation Engineering, Mc Garw Hill Book Comp. New York, 1136 s.

Meyerhof, G.G., 1951. "The ultimate bearing capacity of foudations". Geotechnique, 2(4), 301-332.

Okay, A.C., 1954. Kayseri-Niğde Tuz Gölü arasında jeolojik etüt MTA Rap., No: 2252, Ankara

Oliver, M.A., 1990. "Kriging: A method of interpolation for geographical information systems". International Journal of Geographic Information Systems, 4: 313–332.

ÖÇKB, 2010. Tuz Gölü özel çevre koruma bölgesi su kaynakları yönetim planı sonuç raporu, Özel çevre Koruma Kurulu Başkanlığı yayınları, 279 s., Ankara.

Öney, A., 1999. Tuz Gölü doğusu ve Peçeneközü Havzasının hidrojeolojik etüt raporu, DSİ V. Bölge Müdürlüğü, Ankara.

Özaydın, C.M., 2004. Aksaray katı atık sahasındaki yeraltı suyu kirlenmesinin jeoelektrik ve hidrokimyasal yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 115 s.

Özcan, S., 2009. Aksaray-Doğantarla ve Konya-Kulu bölgelerinde üst miyosen yaşlı jeolojik serilerin sedimantolojik ve mineralojik incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 119 s.

Özdemir, N., 2007. Ihlara kasabasının zemin özelliklerinin jeolojik-jeoteknik-jeofizik yömtemlerle incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde, 56 s.

Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L. ve Zanchi, A., 1988. Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. Tectonophysics,146(1), 217-230.

Sıvacı, E. R., 1995. Melendiz Çayının Epipelik, Epifitik ve Epilitik Diyatomelerinin Mevsimsel Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Sivas.

Sowers, G.B. ve Sowers, G.F., 1979. Introductory Soil Mechanics and Foundations, Mc Millan.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri. MTA rapor no: 8174, 394 s.

Sekercioglu, T., 2001. Yapıştırma bağlantılarının dinamik yükler altındaki davranışlarının incelenmesi. Doktora tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye 140 s.

Şengör, A., Görür, N., ve Saroğlu, F., 1985. Strike-Slip faultinf and related basin formation ın zones of tectonic escape: Turkey as case study, in Bittle, K.T. and Christe-Blick, N. (eds.), strike slip formation and sedimentation. Soc. Economic Paleontologist and Mineralogists, Special Publication, 37, 227-265.

Şimşek, Z., 2005. Yapı Yeraltı Kabuğunda Su ve Nem Sorunlarının Geçirimsiz Malzeme ile Giderilmesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi.

Teke, M., 2002. Aksaray ili, Bahçeli kent toplu konut alanı zeminlerinin jeoteknik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde, 112s.

Taşpınar, M., 2015. Ihlara Vadisi (Aksaray) boyunca kaya düşmelerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 69 s.

Tercan, A.E. ve Saraç, C., 1998. "Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeoistatistiksel yöntemler". TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 48, Ankara, Türkiye.

Terzaghi, K., 1943. ''Theoretical Soil Mechanics'' Wiley, New york. ve Peck, R.B., 1948.''Soil Mechanics İn Engineering Practive'' Wiley, 729s., New York.

Tokimatsu, K. ve Yoshimi, Y., 1983. "Empricial corralation of soil liquefaction based on SPT-N value and fines content", Soil and Foundations, 23(4), 56-74.

Toprak, V. ve Göncüoğlu, M.C., 1993. Tectonic control on the development of Neogene-Quaternary Central Anatolian volcanic province, Turkey. Geological Journal., 28, 357-369.

Ulu, Ü., Bulduk, A. K, Saçlı, L., Ekmekçi, E., Taşkıran, M. A., Karakaş, M., Adır, M., Öcal, H., Sözeri, Ş., Arbaş, A. ve Karabıyıkoğlu, M., 1994. İnlice-Akkise ve Cihanbeyli-Karapınar alanının jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 9720, Ankara.

Uygun, A., 1981. Tuzgölü havzasının jeolojisi, evaporit oluşumları ve hidrokarbon olanakları. TJK İç Anadolu sempozyumu, 66-71.

Ünlütürk, H., 2000. Tuz Gölü Haymana Havzası'nın yeniden değerlendirilmesi, TPAO rapor no; 4082, Ankara.

Yalcin, A., Gokceoglu, C. ve Sönmez, H. 2008. Liquefaction severity map for Aksaray city center (Central Anatolia, Turkey). Natural Hazards and Earth System Sciences, 8(4), 641-649.

Yeşilyurt, F.İ., 1999. Hasandağ batısı (Aksaray) kuvaterner volkanitlerinin mineralojisi ve petrografisi / Mineralogy and petrography of quaternary volcanics of the western portion of Hasandağ (Aksaray), Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üni., Fen Bil. Ens., Ankara, 149 s.

Yıldız, M., vd., 2002. "Aksaray civarının jeolojisi ve Aksaray belediyesi Bahçeli kent toplu konut alanı zemin özelliklerinin jeofizik ve jeoteknik değerlendirmesi" (Yayınlanmamış rapor), Aksaray

Yıldızhan, F., 2007. Aksaray ili holosen yaşlı çökellerin jeolojik-jeoteknik incelenmesi, Niğde Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 98 s.

Yilmaz, H. M., Yakar, M., Mutluoglu, O., Kavurmaci, M. M., Yurt, K., 2012. Monitoring of soil erosion in Cappadocia region (Selime-Aksaray-Turkey). Environmental Earth Sciences, 66(1), 75-81.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı **:** Dilek COŞKUN

Doğum Tarihi ve Yeri: 17.05.1990 / Mersin

E-posta adresi **:** dcoskun50@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans **:** Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 2012

Yüksek Lisans **:** Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 2016

Doktora **: -**

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

-SALINI IMPREGILO S.P.A - Jeoloji Mühendisi- ÇETIN HES Barajı Projesi SİİRT
Eylül 2015 – Mart 2016

-SALINI IMPREGILO S.P.A- İSG Mühendisi - ÇETIN HES Barajı Projesi SİİRT
Temmuz 2015 – Eylül 2015

-HESDEN SU YAPILARI DENETİM LTD. ŞTİ. - Jeoloji Mühendisi - ANKARA
Eylül 2013 – Eylül 2014

-TÜRKİYE PETROLLERİ ANONİM ORTAKLIĞI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ANKARA Haziran – Temmuz 2011

-DEVLET SU İŞLERİ XVII. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ VAN
Haziran – Temmuz 2010