

**T.C.**  
**NİĞDE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AKSARAY İLİ HOLOSEN YAŞLI ÇÖKELLERİN**  
**JEOLOJİK – JEOTEKNİK İNCELENMESİ**

**FATOŞ YILDIZHAN**

**MAYIS 2007**

**T.C.  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AKSARAY İLİ HOLOSEN YAŞLI ÇÖKELLERİN  
JEOLOJİK – JEOTEKNİK İNCELENMESİ**

**FATOŞ YILDIZHAN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Danışman**

**Yrd. Doç. Dr. Ali YALÇIN**

**HAZİRAN 2007**

## ÖZET

### AKSARAY İLİ HOLOSEN YAŞLI ÇÖKELLERİN JEOLJİK-JEOTEKNİK İNCELENMESİ

YILDIZHAN, Fatoş

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ali YALÇIN

Mayıs 2007, 98 sayfa

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde gerek yerleşim alanları gerekse diğer mühendislik yapılarının inşa edileceği alanlar belirlenirken, bu alanlarla ilgili detaylı mühendislik çalışmaları istenilen ölçüde yapılmamaktadır. Çalışmalar daha çok problem ortaya çıktıktan sonra yapılmakta ve oluşan zararları karşılama şeklinde yürütülmektedir. Problemin çözümüne yönelik olarak, jeolojik ve jeoteknik amaçlı arazi ve laboratuvar çalışmaları yapıp, değişik bilgileri içeren farklı türde haritalar hazırlanmalı ve elde edilen bu veriler çerçevesinde gerekli değerlendirmeler yapılarak; uygun yerleşim alanları, nereye ne tür yapılaşmanın uygun olacağı ve mühendislik açısından riskli alanların nereler olduğu tespit edilmelidir. Bu tez çalışmasında, gerek genç-gevşek gölsel çökeller ve volkanitler üzerinde bulunan, gerekse aktifliği ve kinematik özellikleri tartışmalı olan Tuz Gölü Fay Zonu içinde yer alan Aksaray ili inceleme alanı olarak seçilmiştir. Bu çalışmada Aksaray ilinin, jeolojik özelliklerinin genel bir değerlendirilmesi yapıp, farklı bölgelerde yapılan 16 sondaj çalışmasından elde edilen verilerin jeolojik-jeoteknik özellikleri incelenmiştir. Bu veriler yardımıyla Aksaray ilinin farklı bölgelerine ait zeminlerin jeoteknik analizleri gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar çerçevesinde gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Jeoteknik, Gölsel çökeller, Tuz gölü fay zonu, Aksaray

## **SUMMARY**

### **INVESTIGATION OF GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL OF HOLOCENE SEDIMENTS IN AKSARAY PROVINCE**

**YILDIZHAN, Fatoş**

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor : Assistant Professor Dr. Ali YALÇIN

May 2007, 98 pages

In developing countries like Turkey, there is no detailed engineering analysis done in order to determine the areas for residences and other engineering structures. Generally, these studies have been done after some problems are faced to compensate losses. But, in the planning of settlement areas it's aimed that the urban areas are planned according to the site choosing criteria to avoid problems. Therefore, geological and geotechnical field and laboratory studies need to be carried out, and thus, maps are required for land use planning in urban areas. At the end of evaluation of all digital data for the study area, different kinds of maps containing different data are prepared to create suitable residential areas by conducting geological and geotechnical laboratory researches. Geological and geotechnical studies conducted before determining the probable settlement and development area are very important for a healthy expansion of the cities. In this study, Aksaray province has been selected as the application area because of the fact that the city of Aksaray, located in the Tuzgölü Fault Zone that has uncertainties in its activity and characteristics was established in a young lake deposits and volcanic. In this project, some information has been provided about the geological-geotechnical characteristics of the districts and planning areas. These data have been gathered by field investigation, 16 borehole measurements. By using the data, geotechnical analyses of soils from each borehole were carried out and the evaluations were made.

Keywords: Geotechnical, Lake deposits, Tuzgölü Fault Zone, Aksaray

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında değerli katkılarını esirgemeyen ve baőlangıcından sonuna kadar her konuda bana yardımcı olan, tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ali YALÇIN'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarım sırasında her konuda bana destek ve yardımcı olan kardeőim Songül YILDIZHAN'a ve hayatımda büyük yerleri olan, beni bugünlere getiren sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ.....	x
KISALTMA ve SİMGELER.....	xi
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması.....	1
1.2.1. Coğrafi konum.....	1
1.2.2. Morfoloji ve bitki örtüsü.....	1
1.3. Bölgenin Türkiye Jeolojisindeki Yeri.....	3
1.4. Önceki Çalışmalar.....	3
BÖLÜM 2 JEOLJİ.....	7
2.1. Genel Jeoloji.....	7
2.2. Stratigrafi.....	7
2.2.1. Metamorfik kayalar.....	7
2.2.1.1. Tamadağ metamorfiti.....	7
2.2.1.2. Bozçaldağ metamorfiti.....	10
2.2.2. Mağmatik kayalar.....	11
2.2.3. Sedimanter örtü birimleri.....	11
2.2.3.1. Karapınar formasyonu.....	11
2.2.3.2. Mezgit formasyonu.....	12
2.2.3.3. Uzunkaya formasyonu.....	13
2.2.4. Kızılkaya ignimbiriti.....	13
2.2.5. Eski ve yeni alüvyon çökeller.....	14
2.3. Yapısal Jeoloji.....	14
2.4. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	15
BÖLÜM 3 AFET DURUMU.....	18

3.1. Depremsellik.....	18
3.2. Kütle Hareketleri.....	18
3.3. Sel Taşkınları.....	20
<b>BÖLÜM 4 MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI.....</b>	<b>21</b>
4.1. Büro Çalışmaları.....	21
4.2. Arazi İncelemeleri.....	21
4.2.1. Standart penetrasyon testi (SPT).....	21
4.2.2. Örnek alımı.....	26
4.3. Laboratuvar İncelemeleri.....	26
4.3.1. Su içeriğinin belirlenmesi.....	26
4.3.2. Doğal birim hacim ağırlığının belirlenmesi.....	27
4.3.3. Elek analizi.....	27
4.3.4. Atterberg limitleri (kıvam limitleri).....	29
4.3.4.1. Likit limitin belirlenmesi.....	30
4.3.4.2. Plastik limitin belirlenmesi.....	33
4.3.4.3. Plastisite indisinin belirlenmesi.....	33
4.3.5. Tek eksenli (serbest) basınç deneyi.....	34
4.3.6. Üç eksenli basınç deneyi.....	35
<b>BÖLÜM 5 ÇALIŞMA ALANININ JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN</b>	<b>39</b>
<b>BELİRLENMESİ.....</b>	<b>39</b>
5.1. Sondaj Verilerinin Değerlendirilmesi.....	39
5.2. Laboratuvar Verilerinin Değerlendirilmesi.....	45
5.3. Laboratuvar Verilerine Göre Taşıma Güçlerinin Hesaplanması.....	48
5.4. Zeminlerin Şişme Potansiyellerinin Belirlenmesi.....	49
5.5. Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyellerinin Belirlenmesi.....	51
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>61</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>64</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>64</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1</b> Aksaray ilinde oluşan depremlere ait B.Ü. Kandilli Rasathanesi verileri.....	20
<b>Çizelge 4.1</b> Kohezyonlu zeminlerin sıklığı.....	25
<b>Çizelge 4.2</b> Kohezyonlu zeminlerin kıvamı.....	25
<b>Çizelge 4.3</b> Plastisite indisine (Ip) göre, plastisite derecesinin sınıflandırılması....	34
<b>Çizelge 4.4</b> Serbest basınç mukavemetine (qu) bağlı olarak zeminlerin kıvamı.....	35
<b>Çizelge 4.5</b> Zemin cinsine ve deney koşullarına göre tipik kayma direnci açıları (ø) (31).....	36
<b>Çizelge 5.1</b> Sondaj kuyularına ait YAS ve taşıma güçleri.....	43
<b>Çizelge 5.2</b> Sondaj kuyuları ve zeminlerin mühendislik özellikleri.....	46
<b>Çizelge 5.3</b> Su içeriğine göre zemin sınıflaması (30).....	47
<b>Çizelge 5.4</b> Plastisite derecesinin plastisite indisine (Ip) göre sınıflandırılması (30).....	47
<b>Çizelge 5.5</b> Likit limit değerine göre zeminlerin sıkışabilirliği .....	47
<b>Çizelge 5.6</b> Kıvam indisine göre sınıflama.....	48
<b>Çizelge 5.7</b> Sondaj noktalarına ait kayma parametreleri ve taşıma güçleri.....	49
<b>Çizelge 5.8</b> Lokasyon noktalarına ait şişme dereceleri.....	51
<b>Çizelge 5.9</b> Tij, kuyu çapı ve iç tüp düzeltme faktörleri (47,48).....	54
<b>Çizelge 5.10</b> Farklı büyüklükteki depremler için düzeltme katsayıları (49).....	55
<b>Çizelge 5.11</b> (42) tarafından önerilen sıvılaşma potansiyeli sınıflaması.....	57
<b>Çizelge 5.12</b> (52) tarafından önerilen sıvılaşma potansiyeli sınıflaması.....	57
<b>Çizelge 5.13</b> SPT verilerine göre sıvılaşma potansiyelleri.....	59

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil.1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.....	2
Şekil 1.3. Türkiye'nin tektonik birlikleri [2].....	4
Şekil 2.1. Çalışma alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası.....	8
Şekil 2.2. Çalışma alanı ve çevresinin stratigrafik dikme kesiti.....	9
Şekil 2.3. Çalışma alanının genel jeoloji haritası.....	17
Şekil 3.1. Türkiye deprem bölgeleri haritası.....	19
Şekil 4.1. Kohezyonlu zeminlerde v-w ilişkisi ve kıvam limitleri.....	30
Şekil 4.2. Likit limitin belirlenmesi.....	31
Şekil 4.3. Casagrenda grafiği (Kartı).....	32
Şekil 4.4. Plastik limitin elde edilmesi.....	33
Şekil 5.1. Çalışma alanı ve lokasyon noktaları.....	40
Şekil 5.2. Yeraltı suyunun temel altında ve üstünde olması durumu.....	42
Şekil 5.3. Şişme potansiyelini sınıflama abağı (38).....	50
Şekil 5.4. Devirsel direnç grafiği (46,48).....	56

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

<b>Foto 4.1.</b> Standart Penetrasyon Testinin (SPT) yapılışı.....	22
<b>Foto 4.2.</b> Elek analizinde kullanılan eleklerin dizilişi.....	28
<b>Foto 4.3.</b> Casagrenda aletinde likit limitin belirlenmesi.....	31
<b>Foto 4.4.</b> Üç eksenli basınç deneyinin yapılışı.....	37

## KISALTMA VE SİMGELER

A	Aktivite
$A_0$	Başlangıçtaki en kesit alanı
$A_f$	Kırılma anındaki en kesit alanı
$a_{max}$	Maximum yer ivmesi
B	Temel genişliği
c	Kohezyon
cm	Santimetre
$C_N$	Örtü gerilimi düzeltme katsayısı
CD	Konsolidasyonlu drenajlı deney
CU	Konsolidasyonlu drenajsız deney
$C_B$	Düzeltilme faktörü
$C_U$	Drenajsız kayma direnci
$C_w$	Yer altı suyu düzeltme faktörü
CL	Düşük plastisiteli kil
CRR	Devirsel direnç oranı
CSR	Devirsel gerilme oranı
D	Çap
$D_f$	Temel derinliği
$D_r$	Rölatif sıkılık
$D_w$	Yer altı su seviyesi
ER	Tij enerji oranı
$F_L$	Güvenlik faktörü
g	Yer çekim ivmesi
H	Yükseklik
$H_0$	Başlangıçtaki yükseklik

$H_f$	Kırılma anındaki yükseklik
$I_p$	Plastisite indisi
$k_d$	Sabit sayı
$L_I$	Sıvılaşma indeksi
$m$	Metre
$mm$	Milimetre
$ML$	Düşük plastisiteli silt
$M_w$	Moment magnitüdü
$M_s$	Yüzey magnitüdü
$N$	Darbe (vuruş) sayısı
$N_1$	Düzeltilmiş darbe sayısı
$N_{60}$	Düzeltilmiş SPT-N değeri
$N_t$	Tij uzunluğu
$N_q$	Kuyu çapı
$N_{\ddot{o}}$	Örnekleyici düzeltmesi
$P_{max}$	Kırılma anındaki en büyük yük
$\%P$	Elek için geçen yüzde
$q_a$	Taşıma gücü
$q_u$	Serbest basınç mukavemeti
$R_e$	Merkeze uzaklık
$r_d$	Gerilim azaltma faktörü
$SPT$	Standart Penetrasyon Testi
$SK$	Sondaj kuyusu
$SC$	Killi kum
$SM$	Siltli kum
$S_A$	Araziye ait sabitler (Kaya ve zemine ait arazi sabitleri)

$S_B$	Araziye ait sabitler (Kaya ve zemine ait arazi sabitleri)
UD	Örselenmemiş numune
UU	Konsolidasyonsuz drenajsız deney
USCS	(Unified Soil Classification System) Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemi
V	Hacim
YASS	Yer altı su seviyesi
W	Ağırlık
w	Su içeriği (muhtevası)
$W_1$	Toplam ağırlık
$W_2$	Kuru ağırlık
$W_L$	Likit limit
$W_p (P_L)$	Plastik limit
$W_{su}$	Suyun ağırlığı
z	Tabii zemin kodu altındaki derinlik
$\sigma$	Toplam örtü gerilmesi
$\sigma_1$	Düşey basınç
$\sigma^l$	Efektif örtü gerilmesi
$\sigma_3$	Çevre basıncı, hidrostatik basınç, yanal basınç
$\phi$	İçsel sürtünme açısı
$\Delta H$	Kırılma anındaki düşey boy kısalması
$\gamma$	Doğal birim hacim ağırlığı
$\gamma_k$	Kuru birim hacim ağırlığı
$\gamma_n$	Yaş birim hacim ağırlığı

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

### 1.1 Çalışmanın Amacı

Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'na yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, Aksaray ili merkezine ait Holosen yaşlı çökellerin, zemin ve mühendislik jeolojisi verileri elde edilerek gerekli değerlendirmeler sonucunda jeolojik ve jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### 1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması

#### 1.2.1 Coğrafi konum

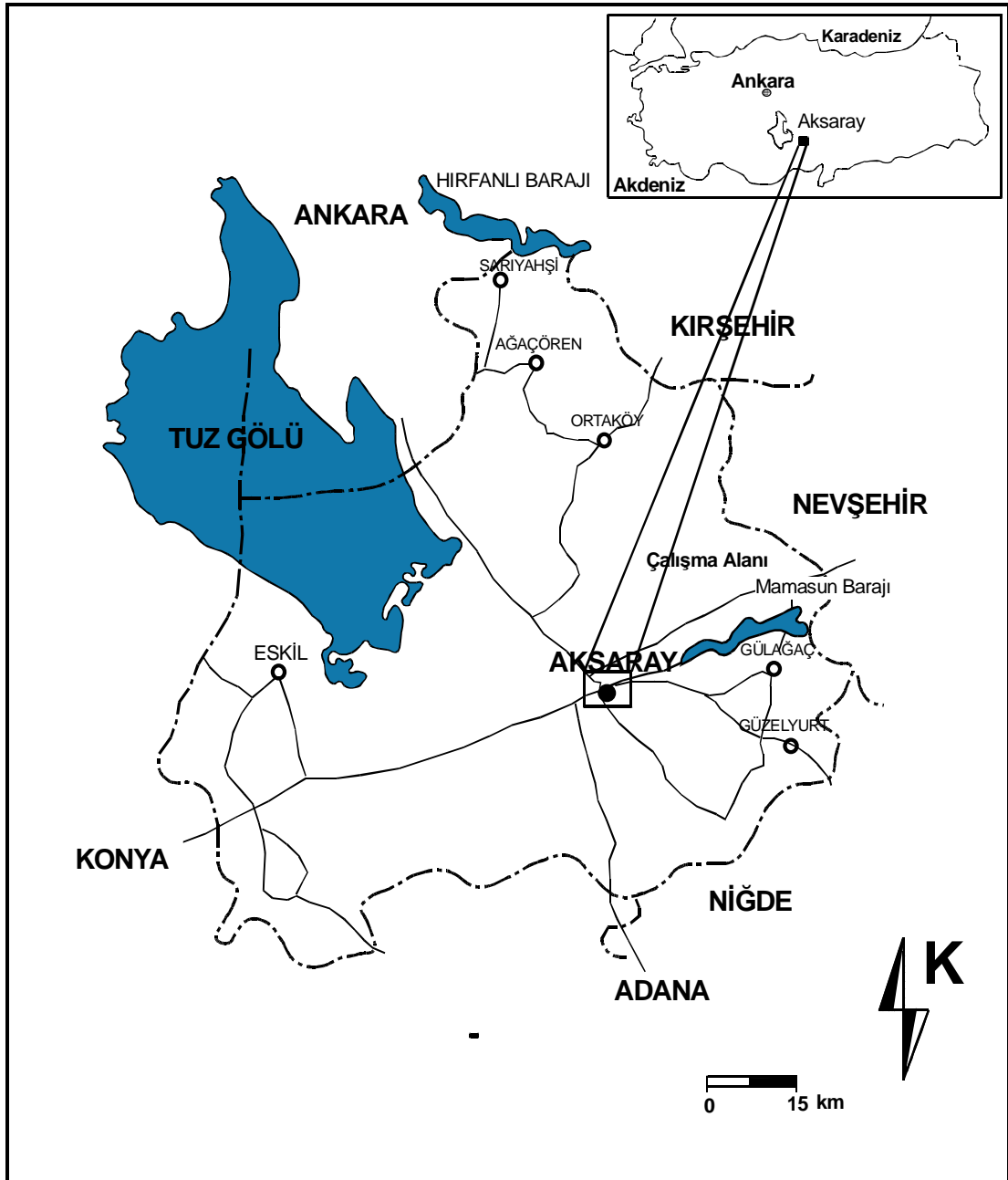
Çalışma alanı İç Anadolu Bölgesinde Aksaray il sınırları içerisinde yer almaktadır. Tuz Gölünün güney doğusunda yer alan Aksaray ili, 30°-35° doğu meridyeni ile 38°-39° kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Aksaray ilinin kuzeydoğusunda Kırşehir ve Nevşehir, kuzeybatısında Ankara, güneydoğusunda Niğde, güneyinde Adana, güneybatısında Konya yer almaktadır (Şekil 1.1). Türkiye 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalarından Aksaray L31-b2, L31-b3, L32-a1, L32-a4 paftalarında yer almaktadır

Çalışma alanına en yakın yerleşim alanları Gülağaç, Güzelyurt, Ortaköy, Eski, Ağaçören, Sarıyahşi ilçeleri olup ulaşım karayolu ile sağlanmaktadır.

#### 1.2.2 Morfoloji ve bitki örtüsü

Çalışma alanı yüzey şekilleri itibariyle çok fazla engebeli olmayıp, ova karakterindeki alanlardan oluşmaktadır. Çalışma alanının güneydoğusunda 3268 m yüksekliğe sahip sönmüş bir volkanik dağ olan Hasandağı ve kuzeyinde ise 2137 m yüksekliğe sahip Ekeçik dağı yer almaktadır. Önemli akarsuları ise Ulurmak, Melendiz çayı ve Karasu ırmağıdır.

Aksaray ilinin denizden ortalama yüksekliği 965m dir. Aksaray ili ve çevresinde tipik karasal iklim hakim olup, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Aksaray'ın yıllık ortalama sıcaklığı 9,5 °C ve yıllık ortalama toplam yağış ise 345,4 mm'dir [1]. Doğal bitki örtüsü açısından oldukça fakir olan Aksaray'ın genel bitki örtüsü bozkırdır.

Bölgenin ekonomisi tarım, büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık üzerine yoğunlaşmış olup, günümüzde sanayisi hızla gelişmektedir. Bölgede yer alan Ihlara Vadisi ve Peribacaları ise temel turizm bileşenlerini oluşturmaktadır..

### **1.3 Bölgenin Türkiye Jeolojisindeki Yeri**

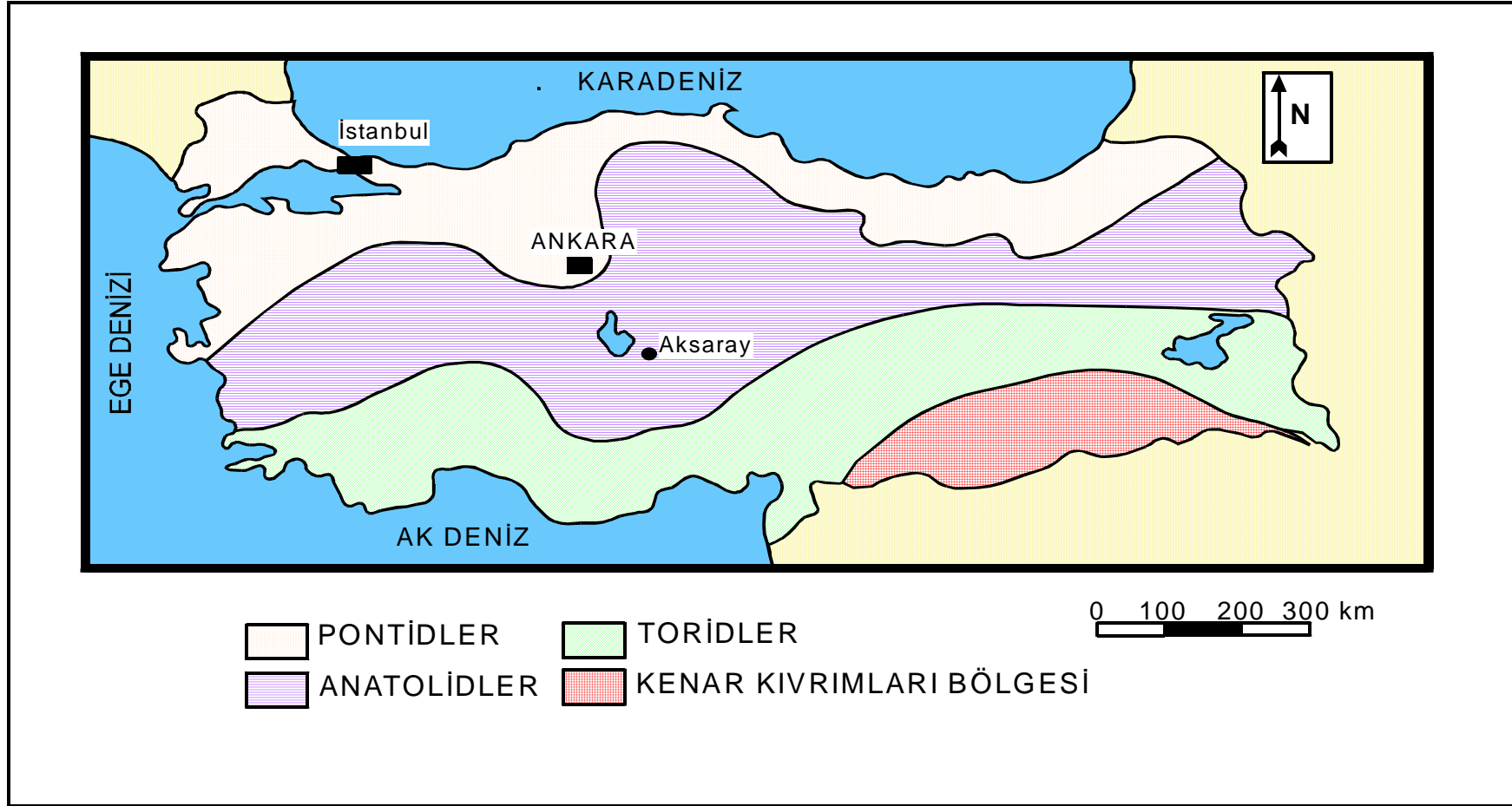
Çalışma alanı, [2] tarafından Türkiye'nin tektonik üniteleri olarak Pontid, Anatolid, Torid ve Kenar Kıvrımları olarak yapılan sınıflama dikkate alındığında Anatolidler kuşağında yer almaktadır (Şekil 1.2).

### **1.4 Önceki Çalışmalar**

[3], Aksaray ve Ürgüp yakınlarında yer alan riyolitik tüflere “peperitler” adı verilmiş söz konusu tüflerin üst kesiminde, yer yer daha sert ve kompakt kayaların bulunduğu işaret edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, Hasandağı'nın kuzey yamacında yer alan parazit konilerden inen lav nehirleri de tanımlanmış olup, genç tuf vadilerini dolduran lav nehirleri çok genç koniciklere dikkati çekmiştir.

[4], a göre tüfler, Aksaray dolaylarında yüksekliği 1150 – 1200 metreye varan bir plato meydana getirirler. Bu bölgede tüflerin, kıvrımlı Oligosen jips tabakaları ve daha yaşlı diyoritler üzerinde yer aldıkları ifade edilmiştir. Aksaray'ın kuzeyindeki tüflerin Miyosen marnları ve Tuz Gölü Havzası'nın kumtaşlarını örtükleri belirtilmiştir.

[5], Kırıkkale ve Kırşehir civarında yüzeyleyen doloritlerin granitik kayalar tarafından kesildiğinden, aynı doloritler içerisinde de granitik ksenolitlerin varlığından bahsedilmiştir.



Şekil 1.2 Türkiye'nin tektonik birlikleri [2].

[6], Orta Anadolu'da, Niğde – İncesu, Kızılırmak ve Tuz Gölü civarında yaptığı çalışmalarda, Üst Kretase yaşlı birimlerin varlığından bahsederek bölgenin genel jeolojisi ortaya konulmuştur.

[7], bölgede ilk kapsamlı jeolojik haritalamayı yapmış olup Kırşehir ve Kızılırmak Nehri arasındaki alanın 1/100 000 ölçekli jeolojik haritasını yaparak, ilksel magmadan oluşan Kretase yaşlı gabroların, doloritlerin ve granitlerin yaşının Kretase – Tersiyer sınırında olduğunu ortaya koymuştur.

[8], Kırşehir masifi ve Niğde masifinde yer alan magmatik ve metamorfik kayaları “Orta Anadolu Masifi” olarak tanımlamıştır.

[9], özellikle sünger taşı istifinin üstündeki kompakt tüf setlerini, sertleşme durumları farklılık gösteren kaynaşmış tüflere tipik örnekler olarak göstermiştir. Üst tabakanın en dikkate değer özellikleri kolonsu eklemeleri ve dik erozyon kayalıkları olup, burada sözü edilen üst tabaka, [4] gibi yazarlar tarafından “trakit”, “breşlenmiş lav” veya “lav” adları altında anılmaktadır.

[10], Acıgöl civarında diyabazik kayaçların bulunduğunu belirtmiş, Eosen'in tabanında çakıl taşı ile başladığını, üste doğru marn ve kireçtaşı ile devam ettiğini, Oligo – Miyosenin karasal ve lagüner fasiyesteki çakıltaşı – kumtaşı – kil – marn – jipsli kalkerli marn ve jips ile temsil edildiğini öne sürmüştür.

[11], Kırşehir masifinde granitlerin gabroları kestiğini gözlemlemiş ve bunların ofiyolitler içine nüfuz ettiğini belirtmiştir.

[12], Orta Anadolu masifinin 1/500 000 ölçekli haritasını yapmış ve ofiyolitik komplekste gabroların kesildiğini ifade etmiştir.

[13], Aksaray – Gelveri ve Çınarlı bölgesindeki volkanik kayaçları ayırtlamış, ignimbirit oluşumuna sebep olan patlamaları, Tuz Gölünün doğusundaki KB–GD gidişli fay zonuna bağlamış, ilk ignimbirit oluşumundan sonra depolanan Karakaya tüfit ve kalkerlerinin oluşumuna Toros Orojenik Kuşağının önündeki blok faylanmasının sebep olduğunu ileri sürmüştür.

[14], volkanitlerde yaptığı çeşitli jeokimyasal araştırmalar sonunda, hafif alkali karakteri belirgin Kuvaterner bazaltları dışındaki tüm volkanitlerin kalkalkali seriye dahil olduklarını tespit etmiştir. Bu volkanitlerin Arap – Afrika levhası ile Anadolu levhası arasındaki kıta / kıta bindirmesi sonucunda meydana gelen volkanizmanın ürünü olduğunu ileri sürmüş, Üst Miyosen’de başlayarak yakın jeolojik geçmişe kadar devam eden volkanizma sonucu türemiş olan Neojen – Kuvaterner volkanitlerini göz önünde bulundurarak on bir grupta toplamıştır.

[15], Kırşehir masifinin metamorfizmlerini alta Kalkanlıdağ Formasyonu, ortada Tamadağ Formasyonu üstte Bozçaldağ Formasyonu olmak üzere üçe ayırmıştır. Bu formasyonların genel olarak psamatik, ortakuvarsitik, pelitik, yarıpelitik kumlu killi ve çörtlü karbonat çökellerinden oluştuğunu ileri sürmüştür.

[16], Nevşehir ve Niğde illeri arasındaki volkanik kayalarda petrokimyasal çalışma yaparak, volkanik kayaların çoğunlukla Kalkalkali, sadece Kuvaterner yaşlı bazaltik lavların bir kısmının hafif alkali özellikler taşıdıkları sonucuna varmışlardır.

[17], Kaman (Kırşehir) çevresinde yer alan gabroların, plajiyoklaz hornblend, ojit ve nadiren olivin içerdiğini belirtmişlerdir. Kayaların kimyasal analizleri sonuçlarına göre gabroların, subalkali – toleyitik magmadan kristalleştikleri ve bunların ofiyolitik dizilimin bir üyesi olabileceğini belirtmişlerdir.

[18], Ortaköy (Aksaray) yöresinde yaptıkları çalışmada Paleozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerin yer aldığını belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında Üst Kretase – Paleosen yaşlı Baranadağ plütonunun; granitoid, diyorit ve gabro – diyorit olmak üzere üç üyeden meydana geldiklerini ileri sürmüşlerdir.

## BÖLÜM 2

### JEOLOJİ

#### 2.1 Genel Jeoloji

Çalışma alanı, Türkiye'nin tektonik birliklerinden Anatolidler kuşağında yer almaktadır. Çalışma alanında Orta Anadolu kristalen karmaşığına ait metamorfik ve mağmatik kayalarla, bunlar üzerine uyumsuz olarak gelen sedimanter ve volkanik kayalar bulunmaktadır. Burada en yaşı birim Paleozoyik yaşı Orta Anadolu metamorfiklerine ait Tamadağ ve Bozçaldağ metamorfittir. Bu metamorfittler Orta Anadolu granitoyitlerine ait Üst Kretase – Erken Paleosen (?) yaşı gabro ve granit bileşimli magmatikler tarafından sıcak dokanaklarla kesilmektedir. Mermer, gnays ve kuvarsitlerden oluşmuş bu birim Paleosen – Eosen yaşı Karapınar Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenir. Karapınar Formasyonu da, Oligo – Miyosen yaşı Mezgit Formasyonu tarafından açılı uyumsuz olarak örtülür. Alt Pliyosen yaşı Uzunkaya Formasyonu, Mezgit Formasyonu ile uyumsuz ilişki içerisindedir. Orta - Üst Pliyosen yaşı Kızılkaya ignimbiritleri alttaki birimleri uyumsuz olarak örter. Yine tüm bu birimleri, Holosen yaşı açık sarı renkli boşluklu traverten, çakıl, kum, silt ve killerden oluşan alüvyon örtmektedir (Şekil 2.1).

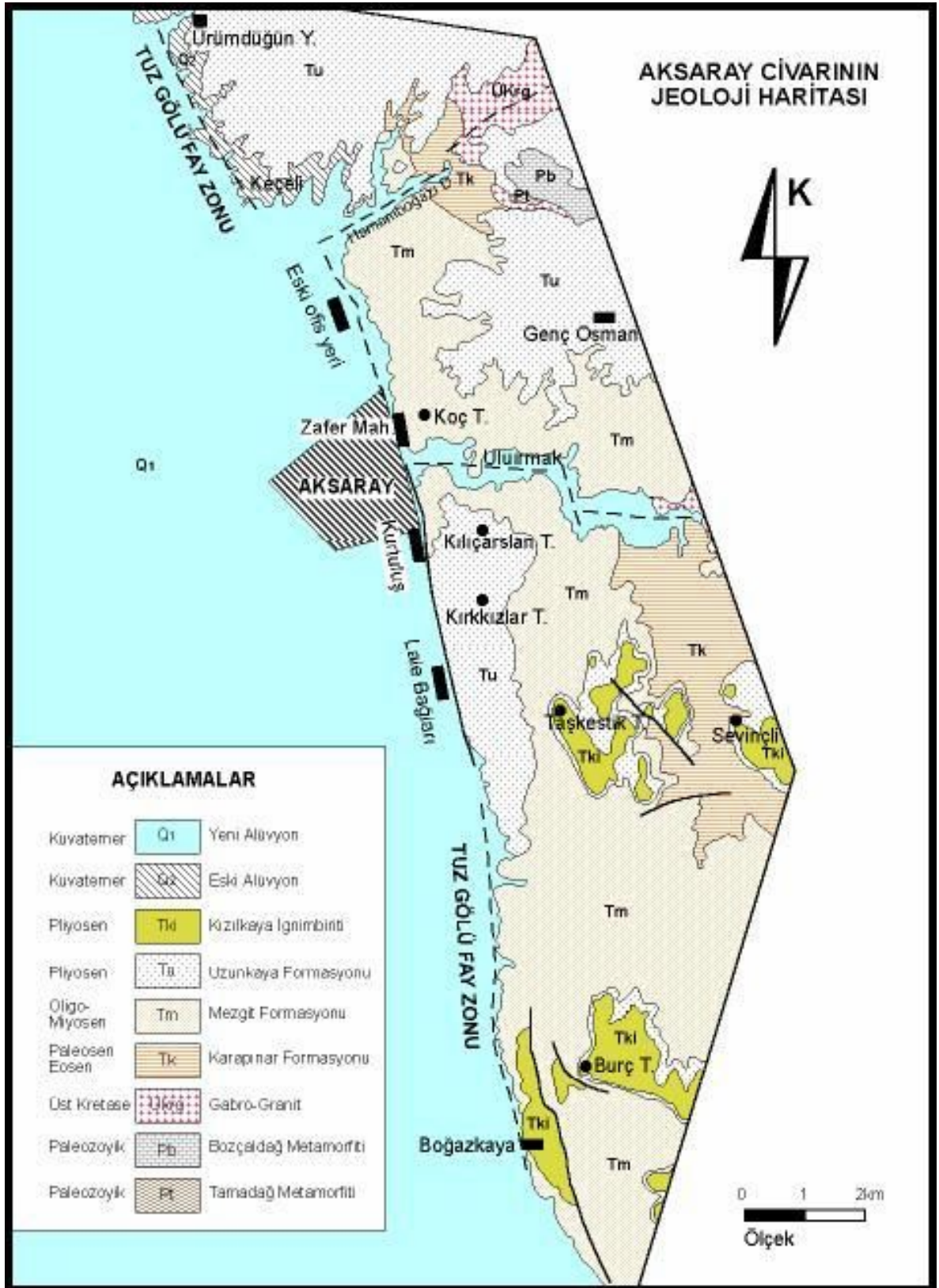
#### 2.2 Stratigrafi

Çalışma alanı ve çevresi metamorfik ve sedimanter kayalardan meydana gelmiştir. Stratigrafik olarak en altta metamorfik kayalar, üzerine volkano-sedimanter kayalar ve volkanik kayalar tüm bu kayaların üzerine ise Holosen yaşı alüvyon çökeller gelmektedir (Şekil 2.2).

##### 2.2.1 Metamorfik kayalar

###### 2.2.1.1 Tamadağ metamorfiti

Tamadağ metamorfittleri, çalışma alanında Aksaray'ın kuzeydoğusunda yer alan Hamamüstü Tepe'nin yaklaşık 1 km doğusunda yüzeylenmektedir.



Şekil 2.1 Çalışma alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası [19]

ÜST SİSTEM		SERİ	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
S E N O Z O Y I K	GÜNCEL	ALT PLİYOSEN	Alüvyon	Qal		Yamaç molozları ve güncel oluşuklar
			Kızıl kaya	Aplk		UYUMSUZLUK Kaynaşmış tuf ve tüfitlerden oluşan ignimbiritler
	OLİGO-MİYOSEN	Uzun kaya	Aplu		Orta-iri taneli konglomeralarla başlayıp çapraz tabakalı kumtaşı içeren ve üst seviyelerinde kumtaşı-çakıltaşı ardalanmasıyla temsil edilen akarsu fasiyesinde gelişmiş çökeller	
			Mezgit	OIMm		UYUMSUZLUK Tabanda iri taneli blok boyutundaki konglomeralarla başlayıp kumtaşı-çamurtaşı ardalanmalı yer yer içerisinde tabakalı jipsler ve masif anhidritler bulunduran göl çökelleri
	M E S O Z O Y I K	ÜST KRETASE	Sarı kaya Granitoidleri/ Ultramafik kayalar	Ükrpx		Kümülat dokusu özelliği gösteren piroksenitler
				Ükrs		Mafik damar kayaları
Mamasın Gabroikleri/ Güçünkaya Granitoidleri			Ükrm		Mermer	
PALEOZOYİK	Bozçaldağ	Pmb	Pmt		Şist	
			Tamadağ		S-Tipi Biotit-Muskovit Granitler	

Şekil 2.2 Çalışma alanının ve çevresinin stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz) [20]

Bu birim Orta Anadolu'da en iyi Tamadağ (Kırşehir) da izlenebildiği için Tamadağ metamorfiteeri olarak adlandırılmıştır [15]. Tamadağ metamorfiteeri olarak tanımlanan birim genel olarak yer yer amfibolit arakatkılı metapelitik ve metakarbonat düzeyler içeren şist ve gnayslarla temsil edilmektedir. Açık ve koyu renkli bantların aralanmasından oluşan birim koyu yeşil ve yeşilimsi siyah renklidir. Birimin üst seviyelerinde karbonat oranı artmaktadır. Tamadağ metamorfiteerinin ayırtman litolojisini oluşturan metakarbonatlar, önem sırasına göre mermerler, kalkşistler ve yer yer geniş alanlarda izlenebilen vollastanit şistler şeklindedir [20].

Çok evreli kıvrımlanma sonucu birkaç kez katlanmış olan birimin görünür kalınlığı 1250–1750 m arasındadır [20]. Tamadağ metamorfiteeri üzerine uyumlu olarak Bozçaldağ metamorfiteeri gelmektedir. Genel istifde Bozçaldağ metamorfiteeriyle yanal – düşey geçişli olduğu bilinen birim, çalışma alanı içerisinde sonraki dönemde gelişen sıkışmalı tektonik rejim nedeni ile Bozçaldağ metamorfiteeri üzerine itilmiş olarak gözlenmektedir [20].

Kaleboynu metamorfiteeri [21] ile birebir eşdeğer olarak düşünülen birime değişik araştırmacılar [15, 21, 22] tarafından Pre-Mesozoyik yaşı verilmiştir.

### **2.2.1.2 Bozçaldağ metamorfiteeri**

İnceleme alanında oldukça küçük bir alanda yüzeyleyen metamorfiteeri kayalardan mermerler ile temsil edilen, Bozçaldağ metamorfiteeri kuzeyde Mermerlik tepe ile kuzeybatıda Hamamüstü tepenin bir kısmında gözlenmektedir. İlk defa Seymen [15] tarafından Bozçaldağ Formasyonu olarak isimlendirilmiş olan Bozçaldağ metamorfiteeri, kalın tabakalı, gri-boz renkli iri kalsit kristallerinden oluşan mermerler ile temsil edilmektedir.

Mermerler bol kırıklı ve çatlaklı yapıya sahiptir. İçerisinde karstik boşluklar gelişmiştir. Karstlaşmanın yaygın gözleendiği yerlerde aragonit minerali kristalleşmiştir. Hidrotermal çözeltiler etkisiyle tektonik hatlarda cevherleşmeler meydana gelmiştir. Genel stratigrafik istifte Tamadağ metamorfiteeriyle yanal ve düşey geçişler gösteren birim bölgede Tamadağ metamorfiteeri üzerine tektonik dokanaklıdır [20].

Birimin yaşı Pre-Mesozoyik olarak düşünölmekte olup, Niğde Masifine ait Açığıediğı metamorfitlerinin eşdeğeri olarak düşünölmektedir [21].

## **2.2.2 Magmatik kayalar**

Çalışma alanında gabro, granodiyorit, granit bileşimli magmatik kayalar Hamamboğazı dere ve yakın civarında, Gençosman Köyü güneyin de ve Ulurmak Deresi boyunca yüzeilenmektedir [19]. Gabrolar koyu yeşil, siyahımsı yeşil renklidir. İri, orta taneli bileşenlere sahiptir. Hornblend en yaygın koyu renkli bileşendir. Plajiyoklaslar orta taneli ve açık renkli bileşenleri oluşturur [19].

Granitoyitler, granodiyorit, granit ve siyenit bileşimlidir. Genelde gri renklerde gözlenir. Orta iri taneli bileşenlerden oluşur. Biyotit, hornblend kuvars, plajiyoklaz ve ortaklas mineralleri ana bileşenleri teşkil eder. Granitoyitler içerisinde oval-yuvarlağımsı şekilli mafik mikrogranöler dokulu değışik boyutlarda olabilen anklavlar yeralmaktadır [19].

Magmatik kayalar bol çatlaklı bir yapıya sahiptir. Çalışma alanında yüzeiylenen metamorfik ve magmatik birimler Tersiyer yaşlı sedimanter ve volkanik örtü birimleri tarafından uyumsuz olarak örtölmektedir.

## **2.2.3 Sedimanter örtü birimleri**

### **2.2.3.1 Karapınar formasyonu**

Çalışma alanında Hamamboğazı dere ve Ulurmak dere içerisinde magmatik kayalar üzerine ilk olarak gelen litostratigrafi birimidir. Karapınar Formasyonu üzerine Oligo-Miyosen yaşlı Mezgit Formasyonu yer alır. Birimin altında Kretase yaşlı granitoyitler, üzerinde Oligo-Miyosen yaşlı kırıntıların yer almasından dolayı birimin yaşının Paleosen- Eosen olduğı düşünölmektedir. Bordo, kırmızımsı bordo renkli seviyeler ile sarı, sarımsı yeşil renkli kumtaşı ve evaporit içeren seviyeler Karapınar Formasyonu olarak tanımlanmıştır [19].

Birim içerisinde iri blok boyutunda ince kum boyutuna kadar değişen büyüklüklerde birleşenler yer almaktadır. Bileşenler tamamen metamorfik ve magmatik kayalardan kaynaklanmaktadır.

Granit, gabro, mikaşist, gnays, kuvarsit ve mermer çakılları yuvarlatılmıştır ve ince kum boyu çimentoyla bağlanmıştır. Birim kötü boylanmalı olup tanelerde derecelenme gözlenmez. Birim içerisinde düzenli bir içyapı gelişmemiştir. Birimin taban seviyeleri muhtemelen eski bir fay sarplığı önünde kütle akması tarzında alüvyal yelpaze sistemi içerisinde gelişmiştir [19].

### **2.2.3.2 Mezgit formasyonu**

[6] tarafından Mezgit grubu olarak adlandırılan bu formasyon, karasal kırmızı renkli çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve kiltaşından oluşmaktadır. Birimin çakıltaşı ve kumtaşı düzeyinin üzerine kalın tabakalı jipsler gelmektedir. Birim genelde sarı ve kahverengi tonlarıyla karakteristiktir. Çakıltaşı içerisinde tabandaki daha yaşlı birimlere ait gabro, ofiyolit, granit, diyabaz, bazalt ve Lütesiye yaşlı kireçtaşı çakılları yer almaktadır. Çakıllar gevşek tutturulmuş ve kötü boylanmalıdır. Birim akarsu ve göl ortamında teşekkül etmiştir.

Mezgit Formasyonu fosil içermemektedir. Tabanda Eosen yaşlı kireçtaşı çakılları içermesi, üzerine Alt Pliyosen yaşlı Uzunkaya Formasyonunun gelmesi gibi veriler dikkate alındığında birimin yaşının Oligo - Miyosen olduğu ifade edilebilir.

Formasyonun görünür kalınlığı 350 – 400 m kadardır. Mezgit Formasyonunun doğu dokanağı genç tektonizmadan etkilenmiş, dokanak yer yer faylanmış, fay düzlemleri ve kayma çizikleri oluşmuştur. İnce taneli kumtaşlarında sık klivaj düzlemleri gelişmiştir. Dokanak boyunca çakıltaşı ve kumtaşı tabakaları 40 – 45<sup>0</sup> B-GB yönünde eğim kazanmıştır. Tabakaların eğimi Tuz Gölü Fayına doğru azalmaktadır [19].

### **2.2.3.3 Uzunkaya formasyonu**

[13] tarafından Karakaya Formasyonu olarak isimlendirilen, birim çalışmalarda Uzunkaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Alttaki Mezgit Formasyonu üzerine açılı uyumsuzlukla gelmektedir.

Selime (Aksaray) dolaylarında benzer litoloji ve stratigrafik düzeylerde Alt Pliyosen yaşlı omurgalı fosiller tanımlandığından, birimin Alt-Pliyosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir.

Birimin sarımsı yeşilimsi ve açık kahverengi alacalı renklerde gözlenmektedir. Birimin taban seviyeleri blok boyutunda malzemenin yoğun olduğu çok kalın, oldukça kötü boylanmalı ve kütle akması tarzında gelişmiş bir içyapı sunar [19].

Gevşek tutturulmuş taneler oldukça dağılgandır. Üst seviyelerine doğru yüksek ve düşük enerji dönemlerine ait iri çakıltası ve ince taneli kumtaşı araldanması gözlenir.

Uzunkaya Formasyonu'nun, Mezgit Formasyonu ile olan dokanağı yer yer tektonik ilişkilidir. Bu tektonik hat eski bir fay sarplığını yansıtmaktadır. Birim eski bir fay sarplığı önünde alüvyal yelpaze tarzında gelişmiş ve oldukça kalın çökeller halinde depolanmıştır. Serbest haldeki kum ve çakıllar günümüzde kum ocağı olarak işletilmektedir [19].

### **2.2.4 Kızılkaya İgnimbiriti**

İgnimbirit ile temsil edilen birim ilk defa [13] tarafından isimlendirilmiştir. Genel olarak beyaz ve açık gri dış görünüm renkli olup, bozunma yüzeyleri pembemsi renk olup, riyodasit ile andezitik bileşimlidir. Çalışma alanında yataya yakın konumlu mesa tepeler şeklinde görünüşleri ile karakteristiktir. Taşkestik tepe, Kanlıkaya tepe, Ortasay tepe, Boztepe ve Kayabaşı tepe, Akhisar ve Boğazkaya Köyü yörelerinde yüzeylenmektedir. Düşey yönde gelişen soğuma çatlaklıkları nedeniyle sütunsu bir yapıya sahiptir. Taban seviyelerinde iriliği 30–40 cm'ye varan süngertaşı parçaları içerir. Üste doğru süngertaşı parçalarının oranı azalmaktadır.

Birim, genç tektonizmadan oldukça etkilenmiştir. KB-GD gidişli Tuz Gölü Fayının doğrultusuna paralel konumlu eğim atımlı normal faylarla kesilmiştir. Fay düzlemi B-GB yönünde eğimlidir. Basamak şeklinde fay topoğrafyası, özellikle Boğazkaya Köyü civarında tipik olarak izlenmektedir [19].

Kızılkaya ignimbiriti, dış etkenler nedeniyle pek çok yerde pembemsi - kırmızı renkte görülür. Düşey yönlü gelişen soğuma çatlakları zaman zaman kaya blokları düşmesine sebep olmaktadır. Kaya bloklarının düşmesi sonucu, Akhisar Köyü (Aksaray) bulunduğu yerden başka bir yere taşınmıştır. Halen günümüzde de kaya bloklarının düşme tehlikesi vardır.

### **2.2.5 Eski ve yeni alüvyon çökelleri**

Holosen yaşlı eski alüvyon çökelleri, çalışma alanında Aksaray merkez, Kurtuluş, Lalebağları ve Boğazkaya Köyüne kadar uzanan bir hat boyunca devam etmektedir. Alüvyon malzemeleri akarsu ve derelerin vadilerinde başta sular olmak üzere çeşitli etkenlerle taşınarak vadi içinde depolanmıştır. İçerisinde volkanik parçalara da rastlanılan alüvyonların dere yataklarındaki kalınlıkları düşüktür. Güncel alüvyonlar ise tutturulmamış kum ve çakıl boyu malzemedir oluşmaktadır. Aksaray ovasında, Hamamboğazı ve Ulurmak vadilerinin içerisinde geniş bir alanda yüzeylemektedir.

### **2.3 Yapısal Jeoloji**

Çalışma alanının tektonik yapısında, Tuz Gölü havzası ve temeli oluşturan Kırşehir Masifi etkili olmuştur. Bölge Tuz Gölü Fay Zonu'nun 600 m doğusunda yer almaktadır. [23], göre çalışma alanı Anatolid-Torid kuşağında yer alır. Üst Kretase boyunca bu kuşağın üzerinde bir okyanus bulunmaktadır. Kuzeye doğru Pontitlerin altına dalan ve gittikçe daralan bu okyanusal kesimde deniz dibi yayılması ürünü olan ofiyolitler, Kampaniyen-Maestrichtiyen döneminde güneye doğru giderek Anatolid-Torid platformunun Jura'dan beri süre gelen karbonat çökelleri üzerine gelmiştir.

Bu kuşak, Tuz gölü havzasının tabanını oluşturan Kırşehir masifinin devamı niteliğinde olup, Mamasun barajı çevresinde yer alan ofiyolit ve ultramafitlerle Bozdağlar birliğinde görülen ve Bozkır napları adı verilen aynı türden kayalar, üstledikleri çökel

istifini büyük bir yük altında bırakarak, çökellerde yüksek basınç metamorfizmasına sebep olmuşlardır [24].

Çalışma alanının ve yakın civarının belirgin yapısal hatlarını kıvrımlı yapılar, faylar ve uyumsuzluklar oluşturmaktadır. Kıvrımlar Pliyosen öncesi yaşlı birimlerde belirgin olarak gözlenmektedir. Antiklinal ve senklinalden oluşan kıvrım çiftlerinin kıvrım eksen gidişi yaklaşık K-G doğrultusudur. Kıvrım eksen gidişleri ile KB-GD yönlü Tuz Gölü Fay Zonu doğrultusu 20-30° lik açıyla kesişmektedir [19].

Geç Kretase'de gelişmiş olan Tuz Gölü havzasının kuzeyinden başlayarak KB-GD yönünde Hasandağı'na kadar devam eden genç bir morfolojiye sahip Tuz Gölü Fayı'nın uzunluğu 180 km'dir [25].

Tuz Gölü Fayı birçok çalışmacı tarafından tanınmış ve genel olarak sağ yönlü doğrultu atılımlı bir fay olarak kabul edilmiştir. Sağ yönlü karakterini belirleyen özellikler ise genelde belirtilmemiştir. Tuz Gölü Fayı'nın doğrultusuna dik olarak Ulurmak ve Hamamboğazı fayları gelişmiştir. Fayların doğrultusuna paralel kuzeye eğimli fay düzlemleri boyunca kuzey bloklar düşmüş, güney bloklar yükselmiştir [19].

#### **2.4 Çalışma Alanının Jeolojisi**

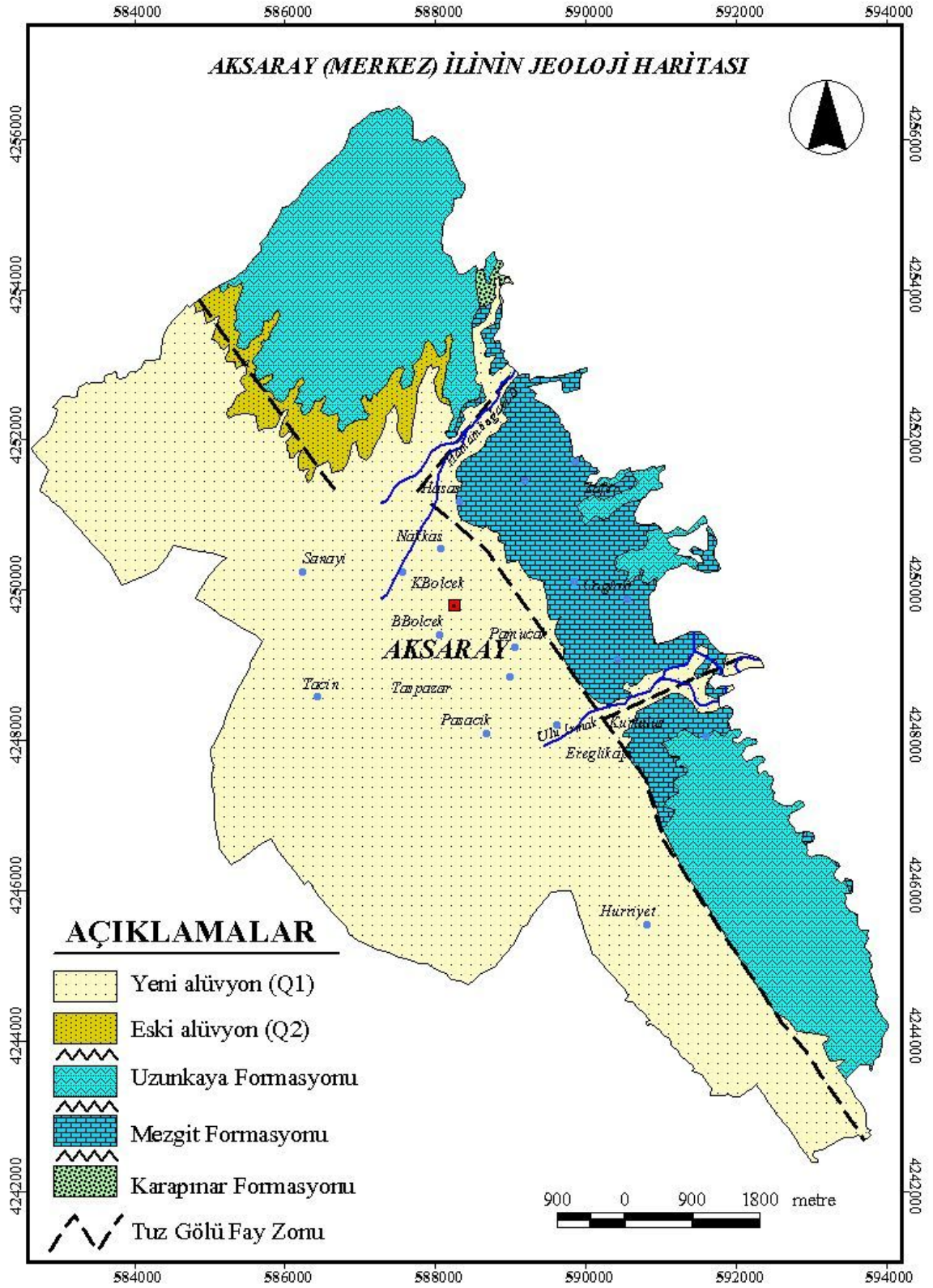
Çalışma alanı, Holosen yaşlı eski ve yeni alüvyonlar üzerinde yer almaktadır (Şekil 2.3). Yakın çevresinde Neojen yaşlı volkanik fasiyesler bulunmaktadır. Volkanik fasiyes, kalsiyum karbonat ve volkanik küllerin karışımından oluşmaktadır.

Genel olarak çalışma alanında ortalama 0-0,50 m arası bitkisel toprak; 0,50-3,50 m arasında değişen kalınlıklarda siltli - çakıllı - ince kum, siltli- kil, ince çakıllı - killi - kum, killi - siltli - çakıllı - ince kum, kumlu - kil, kumlu - siltli - kil, siltli - killi - kum, çakıllı - kumlu - kil seviyeler içermektedir.

3,50-5,50 m arası ise genel olarak yine değişen kalınlıklarda çakıllı - kum, siltli - kum, killi - silt, siltli - killi - kum, siltli - çakıllı - ince kum, ince kumlu - kil, killi- siltli - kum seviyeler görülmektedir.

5,50–8,0 m arası da gözlenen birimler ise değişen kalınlıklardaki kumlu – siltli - kil, siltli - kum, siltli - kil, kumlu - silt, killi - kum, çakıllı - kum, çakıllı – siltli - kum seviyeler içermektedir.

8,0–10,0 m arasındaki seviyeler ise siltli - ince kum, çakıllı - kum, siltli - kil, killi – akıllı - kum, killi – siltli - kum, kumlu – siltli - kil, siltli - kumlu - kil, killi malzemeler içermektedir.



**Şekil 2.3** Çalışma alanının genel jeoloji haritası

## BÖLÜM 3

### AFET DURUMU

#### 3.1 Depremsellik

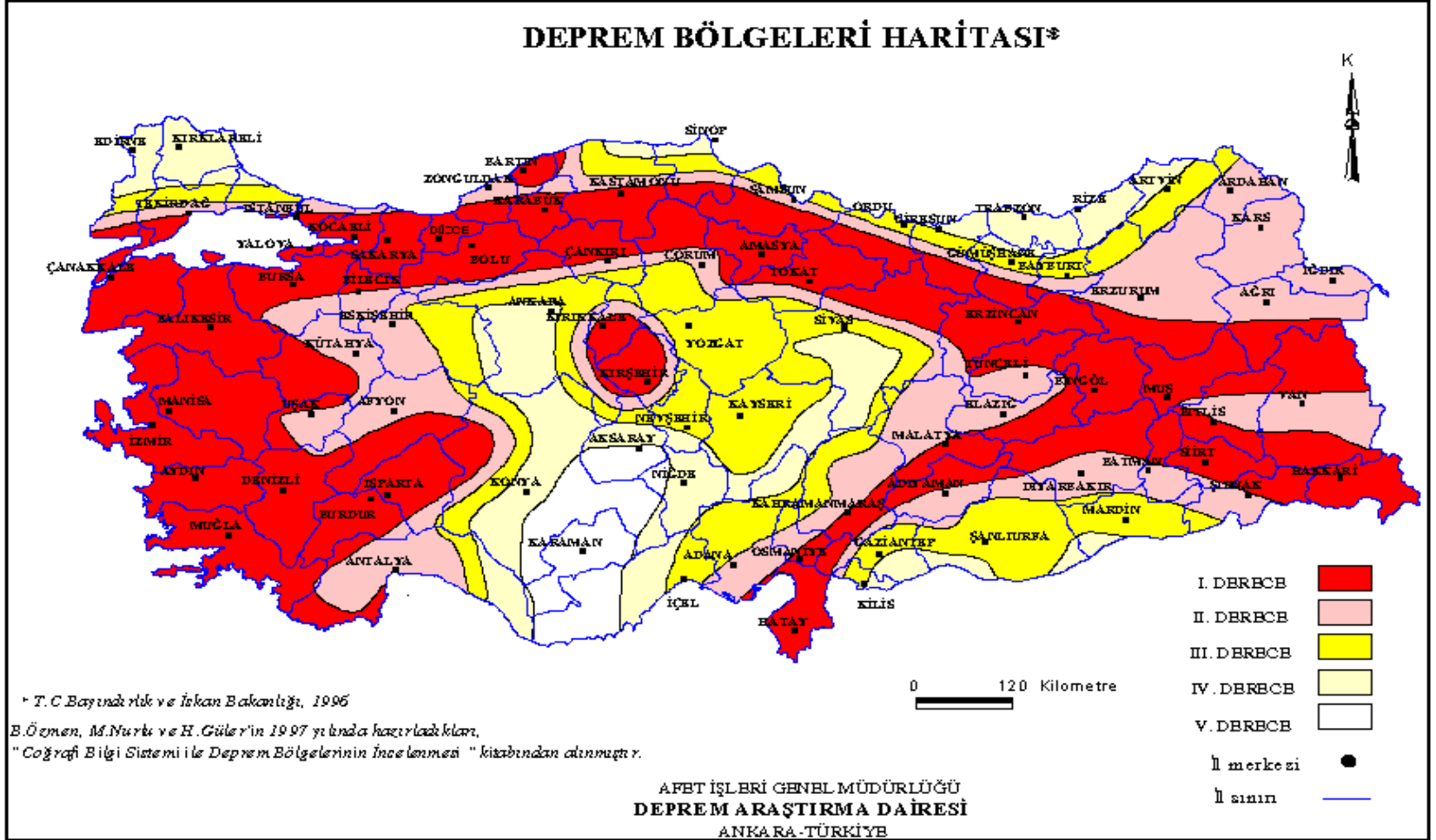
Çalışma alanı genç diri faylardan oluşan Tuz Gölü Fay Zonu üzerinde bulunmasına rağmen, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın Türkiye deprem bölgeleri haritasına (1996) göre 4. ve 5. derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 3.1). Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı birimlerin Tuz Gölü Fayı ile bu faya dik konumlu Hamamboğazı ve Ulurmak fayları tarafından kesilmeleri bu fayların günümüzde de genç ve diri faylar olduklarını işaret etmektedir.

Afet İşleri Genel Müdürlüğü Sismoloji Şube Müdürlüğü verilerinden alınan Aksaray ili sınırları içerisinde son 100 yılda oluşan depremlerin listesi Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi incelleme alanı tektonik olarak çok fazla hareketli bir bölge değildir.

#### 3.2 Kütle Hareketleri

Çalışma alanı önemli bir topografik eğim içermeyen düzlük bir alandan oluşmaktadır. Ancak çalışma alanı çevresinde kütle hareketleri olarak kaya düşmeleri yaygın olarak görülmektedir. Bu kaya düşmeleri daha çok Hasandağı ve Melendiz dağı volkanizması sonucu şekillenmiş Güzelyurt, Gülağaç ve merkez ilçeye bağlı köy ve kasabalarda gözlenmektedir.

Aksaray'ın doğu ve güneydoğusu tüf, ignimbirit, andezit ve bazalt gibi genç volkanik kayalar ve volkanizma ürünleriyle kaplıdır. Bu genç kayalardan özellikle fiziksel dayanımı zayıf olan tüf ve ignimbiritler atmosferik şartlar altında ayrışarak çatlaklı, kırıklı bir yapı kazanabilmekte ve eğimin yüksek olduğu yerlerde düşerek tehlike yaratmaktadır. Ayrıca çalışma alanı içerisinde yer almamasına karşın eğimin yüksek olduğu Hasandağı çevresindeki Gülağaç ve Güzelyurt ilçelerinde heyelanlar görülmektedir.



Şekil 3.1 Türkiye deprem bölgeleri haritası

**Çizelge 3.1** Aksaray ilinde oluşan depremlere ait B.Ü. Kandilli Rasathanesi verileri

Tarih	Saat (GMT)	Enlem	Boylam	Derinlik (Km)	Büyükük
20.12.2004	03:41	39.03	33.81	3	3.6
12.11.2004	11:24	38.41	33.95	5	2.8
11.07.2004	17:25	38.40	34.23	8	3.0
24.05.2004	02:23	38.95	33.72	8	3.3
02.11.2003	03:36	38.38	34.37	5	3.3
01.11.2003	19:40	38.43	34.35	5	3.8
18.07.2002	13:37	38.74	33.82	32	3.4
11.03.2001	19:21	38.55	33.78	12	4.0
18.07.1999	10:51	38.56	33.74	0	3.6
02.03.1997	21:07	38.61	34.19	8	3.4
11.03.1994	08:15	38.51	33.67	0	3.8
11.12.1993	05:21	38.51	33.45	8	3.3
17.07.1988	23:40	38.99	33.84	10	2.7
13.12.1924	18:53	38.00	33.50	0	4.9

### 3.3 Sel Taşkınları

Aksaray'ın doğusunda dağ şeridi boyunca Tuz Gölü Fayı'na dik konumlu yaklaşık D-B yönlü dereler yer almaktadır. Derelerin akış yönü Aksaray ovasına doğrudur. Nevşehir yokuşu ile Zafer Mahallesi arasında, Kurtuluş Mahallesi ile Lalebağları ve Boğazkaya Köyü arasında bu dereler oldukça fazla sayıda gelişmiştir. Bu yöreler heyelan, sel taşkını ve çamur akması gibi doğal afet tehlikesi altındadır. Çok aşırı yağışlar, yüksek eğimli topografya ve gevşek zemin, Aksaray ovasına doğru olası sel taşkını-çamur akması gibi doğal afet tehlikesini doğurmaktadır.

## BÖLÜM 4

### MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI

Aksaray ili Holosen yaşlı çökellerin, jeolojik - jeoteknik özelliklerinin araştırılması, büro çalışmaları, arazi incelemeleri, laboratuvar incelemeleri olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

#### 4.1 Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarında, çalışma alanıyla ilgili rapor, makale, yayın, tez çalışmaları ve diğer bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Yapılan araştırmalar ve incelemeler sonucunda, genel bir veri tabanı oluşturulmuştur.

#### 4.2 Arazi İncelemeleri

Çalışma alanında, belli bölgelerde de birebir zemin özelliklerinin belirlenmesi için Standart Penetrasyon Testleri yapılmış, örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınmıştır.

##### 4.2.1 Standart penetrasyon testi (SPT)

Yaygın olarak kullanılan arazi deneylerinden biri olan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), 50 mm dış çaplı, 35 mm iç çaplı ve 650 mm boya sahip özel standart ucun, kaplama borusu çakılmış sondaj çukuru tabanından itibaren zemine çakılması ile yapılır. Penetrometre olarak tanımlanan bu tüp, ortadan ikiye ayrılacak ve üst ucu sondaj tijlerine bağlanabilecek yapıdadır.

1920 sonlarında geliştirilen bu deney İngiltere, Japonya ile Kuzey ve Güney Amerika ülkelerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. SPT 1958 yılında ASTM D 1586 ile standart bir deney haline getirilmiştir. Bu standartlara göre deney şöyle yapılmaktadır:

Penetrometre tijlerin ucuna takılarak sondaj kuyusuna indirilir. Daha sonra 63.5 kg kütlesi olan şahmerden 760 mm yükseklikten kılavuz bir milden serbest düşmeye bırakılır. Penetrometrenin zemine 15 cm'lik kısmının çakılması için gerekli şahmerdanın serbest düşüm sayısı belirlenir. Bu serbest düşüm sayısına (N) standart penetrasyon sayısı denir. Bu işlem ikinci 15 cm'lik (30 cm) ve üçüncü 15 cm'lik (45 cm) kısmın çakılması içinde uygulanır (Foto 4.1).



**Foto 4.1** Standart Penetrasyon Deneyinin (SPT) yapılışı

Deney sırasında herhangi bir 15 cm batma için gerekli düşüş sayısının 50'yi ya da toplam düşüş sayısının 100'ü geçmesi halinde çakma işlemine son verilir ve durum sondaj logunda belirtilir. Daha sonra penetrometre yukarı çekilir ve içindeki örselenmiş örnek kavanoza veya torbaya konarak zemin tanımlaması ve indeks deneyler için zemin mekaniği laboratuvarına gönderilir. SPT (N) sayısı SPT kaşığının son 30 cm çakılması için gerekli vuruş sayısı olarak belirlenir. İlk 15 cm'lik batma için gerekli vuruş sayısı kaydedilir. Ancak sondaj kuyusu dibindeki 15 cm kalınlıktaki zeminde örselenmelerin olabileceği dikkate alınarak SPT (N) sayısı olarak sadece son 30 cm'lik çakma için gerekli düşüş sayısı alınır.

Türkiye'deki uygulamaya göre deney, her 1,5 m de bir yapılmaktadır. Deney sırasında standardın tutturulmasında bazı aksaklıklar olabileceğinden ya da deneyi yapan teknik elemanların yeterli hassasiyeti göstermemelerinden bazı hatalı sonuçlarla karşılaşılabilir.

SPT (N) değeri belirlenirken aşağı da belirtilen faktörler etkili olmaktadır:

- Sondaj kuyusunun açılış biçimi,
- Sondaj kuyusunun temizlenmesi,
- Sondaj kuyusunun çapı,
- Kullanılan sondaj sıvısı,
- Şahmerdanın elle ya da otomatik olarak kullanılması,
- Şahmerdanın tipi ve düşüş yüksekliğinin tam olarak ayarlanamaması,
- İp halat ile makaralar arasındaki sürtünme,
- Kılavuz çubuğu ile şahmerdan arasındaki sürtünme,
- Düşüşler arasında geçen süre,
- SPT kaşığı içinin yağlanması.

Sıralanan bu faktörlerden dolayı elde edilen deney sonuçlarında bazı farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak ya da en aza indirebilmek için çeşitli araştırmacıların [26] yaptığı çalışmalar sonucunda SPT yapılırken aşağıdaki hususların da sağlanması gerektiği ortaya çıkmıştır.

1. Sondaj kuyusunun açılmasında döner (rotary) türden ve yıkamalı sondaj yapılması, sondaj kuyusu çapının 20–25 cm civarında sondaj sıvısının aşağı ve yukarı hareket edebilmesinin sağlanması,
2. SPT kaşığının kaplama borusu içinde olması durumunda kaplama borusunun çapı 35 mm olmalı.
3. Şahmerdan etkinliği % 60 olmalı.
4. Kullanılan kılavuz boruları düzgün ve düşey konumda olmalı.
5. Şahmerdan dakikada 30–40 düşüş yapabilmelidir.

SPT'nin yapıldığı zemin derinliklerindeki yatay basınçların farklı, deneyin yapılışındaki izlenen yol, kılavuz çubuğunun durumu ve yeraltı suyu bulunması halinde SPT (N) değerlerinin, aynı tür zemin olsa bile, farklı olarak elde edilmesine neden olmaktadır. SPT'nin yeraltı su seviyesi (YASS) altında yapılması halinde ince kum veya siltli kum zeminlerde boşluk suyu basıncı azalacağından efektif gerilmelerde artış meydana gelecektir [27]. Bunun için elde edilen SPT (N) değerinde bir düzeltme gereklidir [28].

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N - 15) \quad (4.1)$$

Deneyin yapıldığı derinliklerdeki yatay toprak basınçlarının farklı olmasını dikkate alabilmek için ise şu düzeltme yapılmaktadır [27].

$$N_1 = C_N N \quad (4.2)$$

Burada  $N_1$ , SPT ile elde edilen SPT (N) değerini  $C_N$  ise düzeltme faktörünü göstermekte olup aşağıdaki eşitlikten en büyük değeri 2 olmak kaydı ile hesaplanabilir.

$$C_N = 0.77 \log\left(\frac{2000}{p_0}\right) \quad (4.3)$$

SPT (N) sayısı üzerinde yapılan düzeltmelerden bir tanesi de sondaj kuyusunun çapı ile ilgilidir. Sondaj kuyusunun çapı 115 mm ise düzeltme yapmaya gerek yoktur. Sondaj kuyusu çapının 150 mm olması halinde  $C_B=1,05$ ; 200 mm için ise  $C_B=1,15$  olarak alınmaktadır.

SPT deneyinde elde edilen N değerine bağlı olarak, gerekli görülen düzeltmeler de yapıldıktan sonra kohezyonsuz zeminlerin sıklığı (Çizelge 4.1), kohezyonlu zeminlerin kıvamı (Çizelge 4.2) hakkında bilgi sahibi olunur. Ayrıca zemin emniyeti gerilmesinin elde edilmesi ve sıvılaşması potansiyelinin belirlenmesinde de SPT (N) değeri kullanılmaktadır.

**Çizelge 4.1** Kohezyonlu zeminlerin sıklığı [29]

SPT(N) Değeri	Sıklık - Gevşeklik	Rölatif Sıklık (Dr)
<4	Çok gevşek	0 – 15
4 – 10	Gevşek	15 – 35
10 – 30	Orta sıkı	35 – 65
30 – 50	Sıkı	65 – 85
>50	Çok sıkı	85 – 100

**Çizelge 4.2** Kohezyonlu zeminlerin kıvamı [29]

SPT(N) Değeri	Kıvam	Drenajsız Yaklaşık Kayma Direnci (kpa) (Cu)
< 2	Çok yumuşak	< 20
2 – 4	Yumuşak	20 – 40
4 – 8	Orta sert	40 – 75
8 – 15	Sert	75 – 150
> 15	Çok sert	> 150

## 4.2.2 Örnek alımı

Zeminin mühendislik özelliklerinin ve yapısının belirlenebilmesi için amaca göre uygun olarak örnek alınması gerekir. Örnek'den elde edilmesi beklenen bilgiler daha sonra laboratuvar deney sonuçlarına göre değerlendirilir. Örselenmiş ve örselenmemiş olmak üzere iki şekilde örnek alınmaktadır.

Örselenmemiş örnek, zeminin arazideki durumunu mümkün olduğu kadar temsil eden, yapısı ve su içeriğini korumuş zemin örneğidir. Makaslama dayanımı, konsolidasyon veya permeabilite deneyleri için alınır ve muhafaza edilirler. Araştırma çukurlarında zemine tüp itilerek veya sondaj sırasında özel örnek alıcılar ile alınırlar.

Örselenmiş örnek ise, doğal yapısı bozulmuş, sondajlar ilerlerken veya araştırma çukurlarından alınmış numunelerdir. Bazen koruma şekline bağlı olarak doğal su içeriği muhafaza edebilir. Esas olarak sınıflandırma ve tanımlama için kullanılırlar.

Kavanoz, plastik torba veya tüp içinde korunurlar. Örselenmemiş örnekler, araştırma çukur, kuyu ve galerileri içinde zemine içi ve dışı yağlı bir taraftaki ağzı keskin hale getirilmiş ince ceperli çelik tüp itilerek alınırlar. Su içeriğini korumak için çelik tüpün her iki ucu parafin ile kapatılır.

## 4.3 Laboratuvar İncelemeleri

### 4.3.1 Su içeriğinin belirlenmesi

Örselenmiş veya örselenmemiş örnek olarak laboratuvara getirilen numuneden bir miktar alınır ve tartılır ( $w_1$ ). Daha sonra etüve konularak, 12 ile 24 saat arasında bekletilerek kurutulur. Bu süre zeminin cinsine, ıslaklığına ve büyüklüğüne bağlıdır. Kuruduktan sonra yine tartılır ( $w_2$ ). Buradan su ağırlığı bulunur.

$$w_{su} = w_1 - w_2 \quad (4.4)$$

Su içeriği ( $w$ ), su ağırlığının kuru ağırlığa oranıdır ve % ile ifade edilir.

$$w = \frac{w_{su}}{w_2} \quad (4.5)$$

#### 4.3.2 Doğal birim hacim ağırlığının belirlenmesi

Bir cismin birim hacminin ağırlığına, o cismin birim hacim ağırlığı veya doğal birim hacim ağırlığı denir. Zemin ağırlığının, buna karşılık gelen hacme oranı olarak tanımlanır.

$$\gamma = \frac{w}{v} = \text{Ağırlık/Hacim} \quad (4.6)$$

Birim hacim ağırlığının birimi;  $\text{gr/cm}^3$ ,  $\text{t/m}^3$ ,  $\text{kN/m}^3$  olabilir. Zemin kuru ise kuru birim hacim ağırlık ( $\gamma_k$ ), zemin için de su varsa yaş (ıslak) birim hacim ağırlık ( $\gamma_n$ ) olarak tanımlanır.

Doğal birim hacim ağırlığını belirlemede kullanılan yontemlerden birisi de, silindirik örnek yontemidir. Bu yontemde, orselenmemiş örnek laboratuvarında numune tüpünden çıkarılarak alt ve st yüzeyleri düzgün kesilip belli boyda silindirik zemin rneği elde edilir. Bu rneğin ağırlığı tartılarak belirlenir. Hacmi ise silindirin hacmi olarak hesaplanır. Buradan da ağırlığın hacme oranından doğal birim hacim ağırlığı bulunur.

#### 4.3.3 Elek analizi

Sınıflandırma sistemlerinin hepsinde, zemindeki tanelerin büyüklüğü ile bunların kuru ağırlık olarak zemindeki yüzdelerinin bilinmesi gerekir. Bu bilgilerin elde edilmesi için tane büyüklüğü analizi veya mekanik analiz yapılır. Mekanik analiz; elek analizi ve ıslak analiz olmak üzere iki aşamada yapılır. Genel olarak bir zemin, hem iri hem de ince taneler içerir. Elek analizi zeminin iri taneli kısmına yönelik iken, ıslak analiz ince taneli kısma yöneliktir.

Elek analizi için farklı çaplardan oluşan elek takımı kullanılır. Elekler, genellikle kare gözlüdürler ve her eleğin bir adı vardır. İri gözlü elekler inch (1inch = 2,54cm) olarak adlandırılırken, ince gözlü elekler bir sayı (rakam) ile adlandırılır. Elek analizi için bir miktar yaş zemin alınır, etüvde kurutulur, tanelenir. Böylece hazırlanmış zeminden belli bir miktar (birkaç yüz gramdan, birkaç kilograma kadar değişir) zemin bir dizi elekten elenir. Elek dizisinde; elekler üstten aşağıya, iri gözlüden, ince gözlüye doğru sıralanır (Foto 4.2).



**Foto 4.2** Elek analizi için kullanılan eleklerin dizilişi

Ağırlığı belli zemin, dizinin en üstündeki eleğe boşaltılır. Eleme elle veya genellikle bir sarsma makinası ile yapılır. Eleme sonunda, her elek üstünde kalan zemin miktarı tartılarak belirlenir. Her bir elek için, geçen yüzde (%P) aşağıdaki bağıntıyla belirlenir.

$$\%P = (\text{Elekten geçen zemin miktarı} / \text{Elemeye tabi tutulan tüm zemin}) \cdot 100 \quad (4.7)$$

Elek analizi sonucu elemeye tabi tutulan zeminin tane dağılım eğrisi elde edilir. Tane dağılım eğrisi (granülometri eğrisi); yatay ekseninde tane çapı (mm) ve düşey ekseninde geçen yüzdeleri olmak üzere çizilen bir eğridir. Yatay eksen logaritma olup; tane çapı genellikle soldan sağa doğru büyür. Bu değerler işaretlenir ve birleştirildiğinde tane çapı dağılım eğrisi elde edilir.

#### **4.3.4 Atterberg limitleri (kıvam limitleri)**

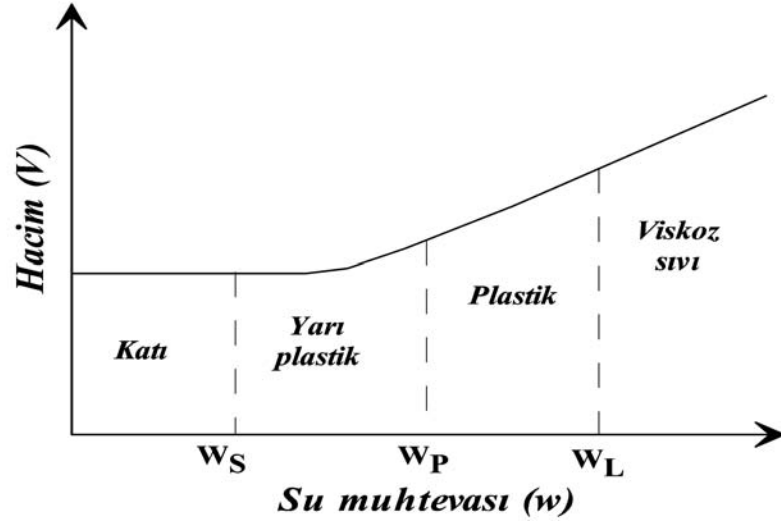
Kıvam ile kohezyonlu zeminlerde, zeminin sertlik ve yumuşaklık durumu belirtilir. Zeminin su muhtevasına bağlı olan bu durumlar kabaca, yumuşak, orta sert, sert gibi adlar alırlar. İnce taneli (kohezyonlu) zeminler, su katılıp yoğrulduklarında, plastiklik özelliği gösterirler.

Plastiklik veya plastisite, ince taneli zeminlerin bir özelliği olup kırılmadan şekil verebilmeyi ifade etmektedir.

İnce taneli zeminler, su muhtevalarına göre çeşitli durumlarda olabilirler. Böylece kuru bir zemine gittikçe artan miktarda su katıldığında, zemin sırasıyla katı, yarı katı, plastik ve likit duruma sahip olur ve hacmi bir miktar artar. (Şekil 4.1).

Likit durumda, zemin bir sıvı gibi yavaşça akabilir. Plastik durumda; kırılma, çatlama olmaksızın zemine istenilen şekil kolayca verilebilir. Yarı katı durumda zemine istenilen şekil zorlukla verilir, zemin çatlar. Katı durumda, zemine şekil verilemez, şekil verilmek istendiğinde kırılır.

İlk kez 1911'de Ziraatçı bilim adamı İsveçli Dr. A. Atterberg tarafından zeminlerin farklı su muhtevaları için kıvam limitleri tanımlanmıştır [29]. İşte bu sınır su muhtevalarına, Atterberg limitleri veya kıvam limitleri denir. Kıvam limitleri, kohezyon limiti, yapışma limiti, büzülme (rötre) limiti, plastik limit ve likit limit olmak üzere 5'e ayrılmıştır. Bunlardan likit limit, plastik limit, rötre (büzülme) limiti mühendislik alanlarında oldukça yaygın biçimde kullanılmaktadır.



Şekil 4.1 Kohezyonlu zeminlerde V - w ilişkisi ve kıvam limitleri

#### 4.3.4.1 Likit limitin ( $w_L$ ) belirlenmesi

Likit limit, plastik ve likit durumları birbirinden ayıran sınır su muhtevasıdır. Başka bir deyişle, zeminin kendi ağırlığı altında akabildiği en düşük su muhtevasıdır. Bir zemine ait likit limit yaygın olarak kullanılan iki yöntemle (deneyle) belirlenebilmektedir. Bunlar casagrande yöntemi ve düşen koni penetrasyon yöntemi olarak adlandırılırlar. Bunlardan daha çok casagrande yöntemi kullanılır.

Casagrande yöntemi ile likit limitin belirlenmesinde tanelenmiş kuru numune 40 nolu elekten geçirilerek elenir. Elenen numuneden bir miktar alınarak porselen kaba konur. Su serpilerek spatula yardımı ile yoğrulur. Yoğrulmuş numune casagrande aletinin tasına konularak spatula ile üst yüzeyi düzleştirilir.

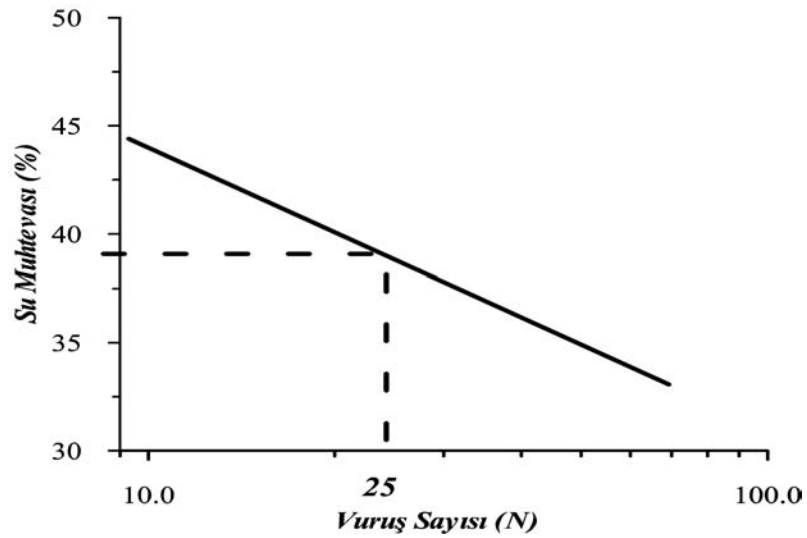
Yarık açma bıçağı ile bir seferde numune ikiye bölünür. Daha sonra alet kolu çevrilerek yarığın 1cm kapanıncaya kadarki vuruş sayısı kaydedilir (Foto 4.3).

Bu işlem birkaç kere değişik su muhtevalarında tekrarlanır. Zemin numunesinden bir miktar alınarak yaş ağırlığı tartılır. Etüvde kurutulduktan sonra ki ağırlığı tartılarak kuru numune ağırlığı belirlenir. Yaş ağırlıktan kuru ağırlık çıkarılarak su muhtevası belirlenir.



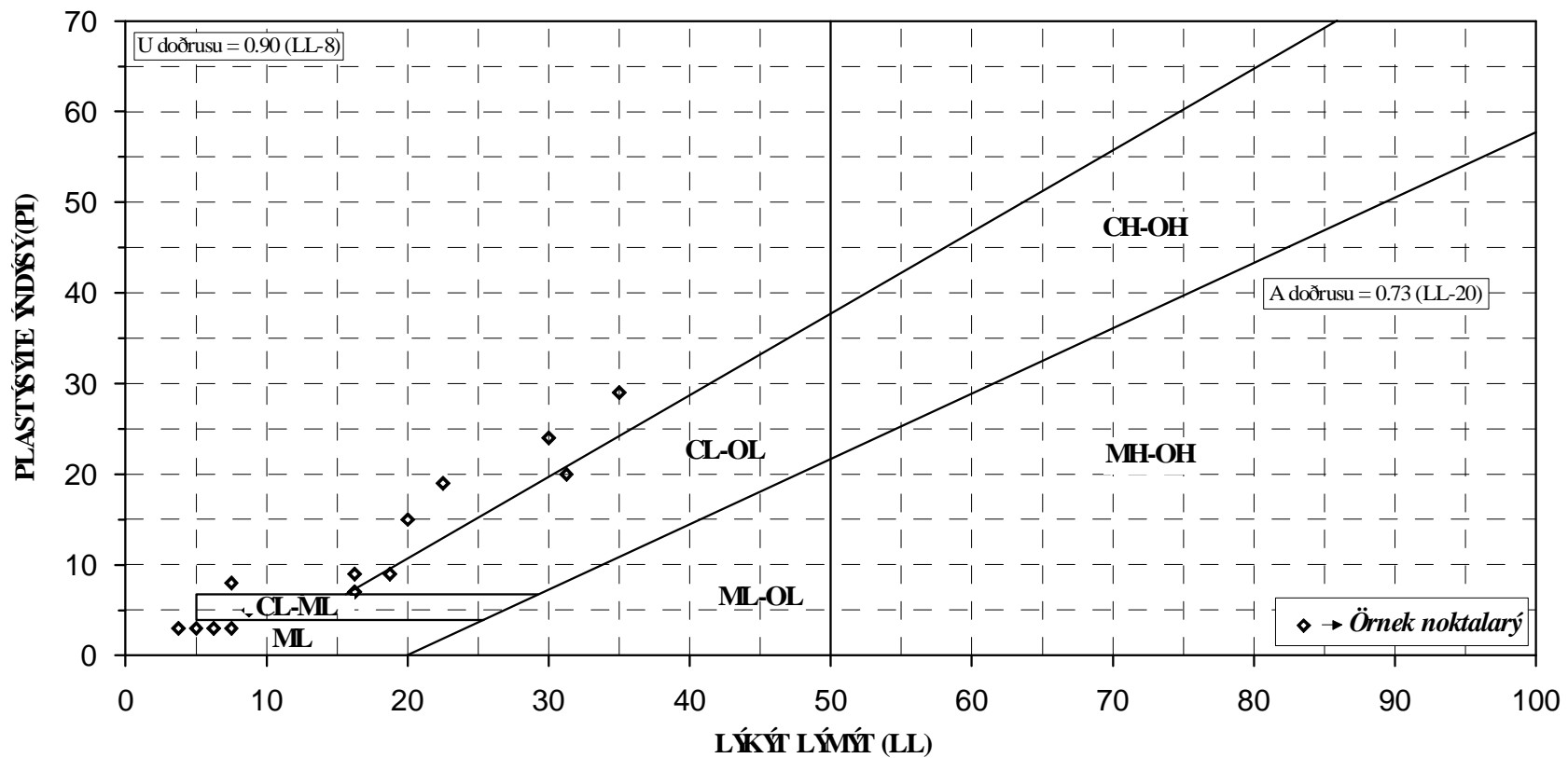
**Foto 4.3** Casagrande aletinde likit limitin belirlenmesi

Zeminlerin likit limiti bu deneyde 25 vuruşa karşılık gelen özel bir su içeriğidir. Bu yöntemle 25 vuruşa karşılık gelen su içeriğini tek bir denemede bulabilmek mümkün olmadığı için en az dört tane vuruş sayısı ( $N$ ) ve dört tane de su içeriği ( $w$ ) bulunur. Yatay ekseninde  $\log(N)$  ve düşeyde  $w$  olacak şekilde hazırlanan grafiğe elde edilen sonuçlar işaretlenir ve 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği, o zeminin likit limiti olarak kaydedilir (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2** Likit limitin belirlenmesi

### ATTERBERG LİMYTLERİ SINIFLANDIRMA TABLOSU



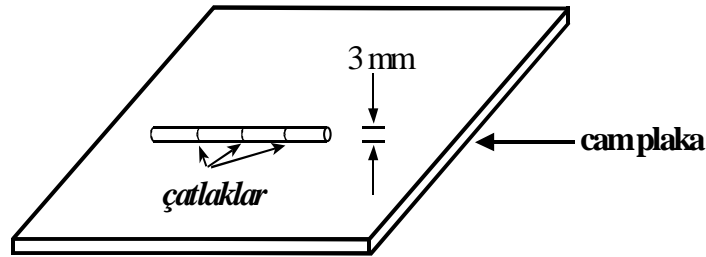
Şekil 4.3 Casagrande grafiği (kartı)

Casagrande deneyi yapılan kilin, likit limiti ile plastisite indisi bir grafik üzerinde noktalanmış ve Casagrande plastisite indisi grafiği (kartı) elde edilmiştir (Şekil 4.3).

Casagrande grafiğine göre  $I_p - W_L$  noktası U doğrusunun yukarısında çıkıyorsa deneyinde bir hata olduğunu gösterir. Yine bu grafiğe göre A doğrusunun altında kalan kısım siltli, üst kısımdaki alana düşen kısım ise kil zemin olduğunu gösterir.

#### 4.3.4.2 Plastik limitin ( $W_p$ ) belirlenmesi

Plastik ve yarı katı durumları birbirinden ayıran sınır su muhtevasıdır. Diğer bir deyişle, zeminin el altında cam bir yüzey üzerinde, çubuk haline getirilirken, çubukların çapları, 3 mm olduğunda, kopmaların meydana geldiği durumdaki su muhtevasıdır. Bu su muhtevası o zeminin plastik limitidir. Eğer zemin makarnasının çapı 2 mm'ye düştüğü halde ufalanma meydana gelmiyorsa, zemin plastik kabul edilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Plastik limitin elde edilmesi

#### 4.3.4.3 Plastisite indisinin ( $I_p$ ) belirlenmesi

Bir zeminin plastisite indisi, likit limit ve plastik limit arasındaki farktır. Plastisite, kil minerallerinin ve organik maddenin zemin içerisindeki varlığı ile oluşur. Genel anlamda zeminlerin hacim değişimine uğramadan ve kırılıp dağılmadan geri dönmeyen deformasyona uğrama özelliğidir. [30]'a göre, plastisite indisine ( $I_p$ ) bağlı olarak plastisite derecesinin sınıflandırılması Çizelge 4.3 de göstermiştir.

**Çizelge 4.3** Plastisite indisine (Ip) göre, plastisite derecesinin sınıflandırılması

Plastisite İndisi	Plastisite Derecesi	Kuru Dayanım
0 – 5	Plastik değil	Çok düşük
5 – 15	Az plastik	Düşük
15 – 40	Plastik	Orta
> 40	Çok plastik	Yüksek

#### 4.3.5 Tek eksenli (serbest) basınç deneyi

Üç eksenli basınç deneyinin özel bir hali olan tek eksenli basınç deneyi, örselenmemiş zemin örneklerinin alınabildiği kohezyonlu zeminler için uygun olan bir deneydir. Örselenmemiş silindirik (D=3.8cm, H=7.6cm) zemin örneği, yanal basınç olmaksızın ( $\sigma_3=0$ ), düşey yönde gerilmeye ( $\sigma_1$ ) tabi tutulur. Tek eksenli basınç deney aleti, biri sabit, diğeri düşey yönde hareket ettirilebilen iki yuvarlak plakadan oluşur. Zemin örneği bu iki plakanın arasına yerleştirilir. Daha sonra sabit hızla bir yük uygulanır. Uygulanan yük bir ringte (halka şeklinde çelik kaskak) meydana gelen esnemenin mikrometre ile ölçülmesi sonucu belirlenir. Zemin numunesi basınç altında sıkıştırılırken boyunda meydana gelen kısalmada diğeri bir mikrometre ile ölçülür. Kırılma anındaki en büyük yük olan  $P_{max}$ , zemin örneğinin kırılma anındaki  $A_f$  en kesit alanına bölünmesiyle serbest basınç mukavemeti ( $q_u$ ) bulunur. Serbest basınç dayanımına bağlı olarak zeminlerin kıvamı bulunabilir (Çizelge 4.4).

$$q_u = \sigma_1 = \frac{P_{max}}{A_f} \quad (4.8)$$

Tek eksenli basınç deneyinde şartlar konsolidasyonsuz ve drenajsız şartlara karşılık geldiğinden, deney süresince numunenin içinden su çıkmaz ve su çıkışının olmaması da deney süresince numune hacminde bir değişimin olmadığını gösterir.

Kırılma sırasında zemin örneğinin en kesit alanı,  $A_f$ , aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V = sabit = A_0 \cdot H_0 = A_f \cdot H_f \quad H_f = H_0 - \Delta H \quad (4.9)$$

$$A_f = \frac{A_0}{1 - \frac{\Delta H}{H_0}} \quad (4.10)$$

$A_0$ ,  $H_0$ ; sırasıyla zemin örneğinin başlangıçtaki en kesit alanı ve yüksekliğidir.

$\Delta H$ ; kırılma anında zemin örneğinin düşey boy kısılmasıdır.

Tek eksenli basınç deneyi, çabuk sonuç vermesi, sonuçların yaklaşık olması ve deneyin ekonomik olmasından dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Tek eksenli basınç deneyinde, kohezyon ( $c_u$ ), serbest basınç mukavemetinin yarısına eşittir.

$$c_u = \frac{q_u}{2} \quad (4.11)$$

Deney sırasında numunenin taşıdığı yük azalmaya başladığı zaman ya da boy kısılmasının % 30 olmasından sonra deneye son verilir.

**Çizelge 4.4** Serbest basınç mukavemetine ( $q_u$ ) bağlı olarak zeminlerin kıvamı [29]

Kıvam	$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Çok yumuşak	0.25'den küçük
Yumuşak	0.25 – 0.50
Yumuşak – orta sert	0.50 – 1.0
Orta sert	1.0 – 2.0
Sert	2.0 – 4.0
Çok sert	4.0'den büyük

#### 4.3.6 Üç eksenli basınç deneyi

Zemin mekaniğinde yarım sonsuz bir ortamı dikkate aldığımızda, zemin kütlelerinin herhangi bir derinliğinden zemin numunesinin çıkarılması halinde, numune üzerinde bulunan yatay ve düşey gerilmeleri kaldırılmış olmaktadır. Laboratuvar da deneye tabi tutulacak numuneler üzerinde mümkün olduğunca arazi koşullarının sağlanmasına gayret gösterilir.

Üç eksenli basınç deneyi ile arazi koşullarına uygun yatay ve düşey gerilmeler numune üzerine uygulanabilmektedir.

Üç eksenli basınç deneyi, gelişmiş bir kayma direnci deneyi olup, kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminler için uygundur. Deney için silindirik zemin örnekleri kullanılıp, örneklerde boy/çap oranı 2/1'dir. Tipik örnek boyutları 76/38 mm, 100/50 mm vb. dir. Silindirik örneğin üzerine çevreden su girmesini önlemek için örnek lastik kılıf zarla çevrilir. Numune ve onu çevreleyen kılıf zarın dışında ise şeffaf ve daha büyük bir silindir bulunur. Bu silindir basınca dayanıklı yapıya sahiptir. Drenaj koşullarını kontrol etmek için zemin örneğinin alt ve üstüne birer geçirimli taş yerleştirilir.

Hücreye su gönderilerek sabit bir basınç (hidrostatik basınç,  $\sigma_3$ ) uygulanır. Hücre basıncı sabit tutulurken, sabit bir hızla düşey hareket sıfırdan başlatılıp gittikçe artan bir yük uygulanarak zemin örneği kırılır (Foto 4.4). Uygulanan düşey yük, yük halkasından belirlenirken, zemin örneğinin eksenel boy kısalması da bir deformasyon saati ile ölçülür. Deney, değişik hücre basınçları altında (0.5, 1, 1.5 vb.  $\text{kg/cm}^2$ ) birkaç kez tekrarlanır. Deneylere ait Mohr daireleri çizilerek, bunların ortak teğeti (zarfı) belirlenir. Bu grafikten, kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) parametreleri belirlenmektedir. Kayma direnci açısının deney koşullarına göre tipik kayma direnci parametreleri Çizelge 4. 5'de verilmiştir.

**Çizelge 4.5** Zemin cinsi ve deney koşullarına göre tipik kayma direnci açıları, ( $\phi$ ) [31].

ZEMİNİN CİNSİ		DENEY KOŞULLARI		
		UU Deneyi	CU Deneyi	CD Deneyi
ÇAKIL	Orta Büyüklükte	40-55	-	40-55
	Kumlu	35-50	-	35-50
KUM	Kuru ve Gevşek	28.5-34	-	-
	Suya Doygun Gevşek	28.5-34	-	-
	Kuru ve Sıkı	35-46	-	43-50
	Suya Doygun ve Sıkı	33-44	-	43-50
SİLT-SİLTİLİ KUM	Gevşek	20-22	-	27-30
	Sıkı	25-30	-	30-35
KİL		0 (doygunsu)	14-20	20-42



**Foto 4.4** Üç eksenli basınç deneyinin yapılışı

Üç eksenli deney aletinde drenaj ve konsolidasyon koşulları açısından, başlıca üç çeşit deney yapılabilir.

#### **1- Konsolidasyonsuz – Drenajsız Deney (UU)**

Drenaj suyu vanaları kapatılarak, deney sırasında zemin örneğinden su çıkışına izin verilmez. Hücre basıncı uygulandıktan sonra, hızlı bir yükleme ile zemin örneği kırılır. Deney sırasında, zemin örneği için de oluşan boşluk suyu basıncı ölçülmez. Daha çok killi zeminler için uygun bir deneydir. Sadece  $c_u$  belirlenir ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) daima sıfıra eşittir.

## **2-Konsolidasyonlu- Drenajsız Deney (CU)**

Hücre basıncı uygulandıktan sonra, zemin örneği bu basınç altında konsolidasyona tabii tutulur. Yani hacimce bir miktar azalma yapılması sağlanır. Bu safhada, sıkışmaya olanak sağlamak üzere drenaj vanaları kapatılarak drenajsız koşul sağlanır ve zemin örneği kesilir. Boşluk suyu basıncı ölçülerek içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) ve kohezyon ( $c$ ) bulunur.

## **3-Konsolidasyonlu - Drenajlı Deney (CD)**

Zemin örneği önce hücre basıncı altında konsolidasyona tabii tutulur. Sonra örnek içinde ek boşluk suyu basıncı oluşmayacak şekilde gayet yavaş düşey yükleme yapılarak drenaja izin verilir. Drenaj suyu hacim bölümlü bir cam boruda toplanır. Boşluk suyu basıncı oluşmayacağı için daha çok kumlu zeminlerde uygulanmaktadır ( $c_u = 0, \phi \neq 0$ ).

## BÖLÜM 5

### ÇALIŞMA ALANININ JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu bölümde çalışma alanı içerisinde birebir yapılan ve hazır yapılmış olan zemin sondaj verilerinden yola çıkılarak, bölgenin jeoteknik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

#### 5.1 Sondaj Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma alanı içerisindeki mahallelerde yapılan zemin sondajlarından elde edilen verilerden yola çıkılarak, hangi birimlerin kesildiği, hangi seviyelerde yer altı suyuna rastlanıldığı tespit edilmiştir (Şekil 5.1). Sondaj kuyularına ait kuyu logları hazırlanarak ekte verilmiştir (Ek1-Ek16).

Kohezyonsuz zeminler üzerine inşa edilecek temellerin izin verilebilir taşıma gücü, Meyerhof ve Bowles tarafından önerilen bağıntılarla hesaplanmıştır [32].

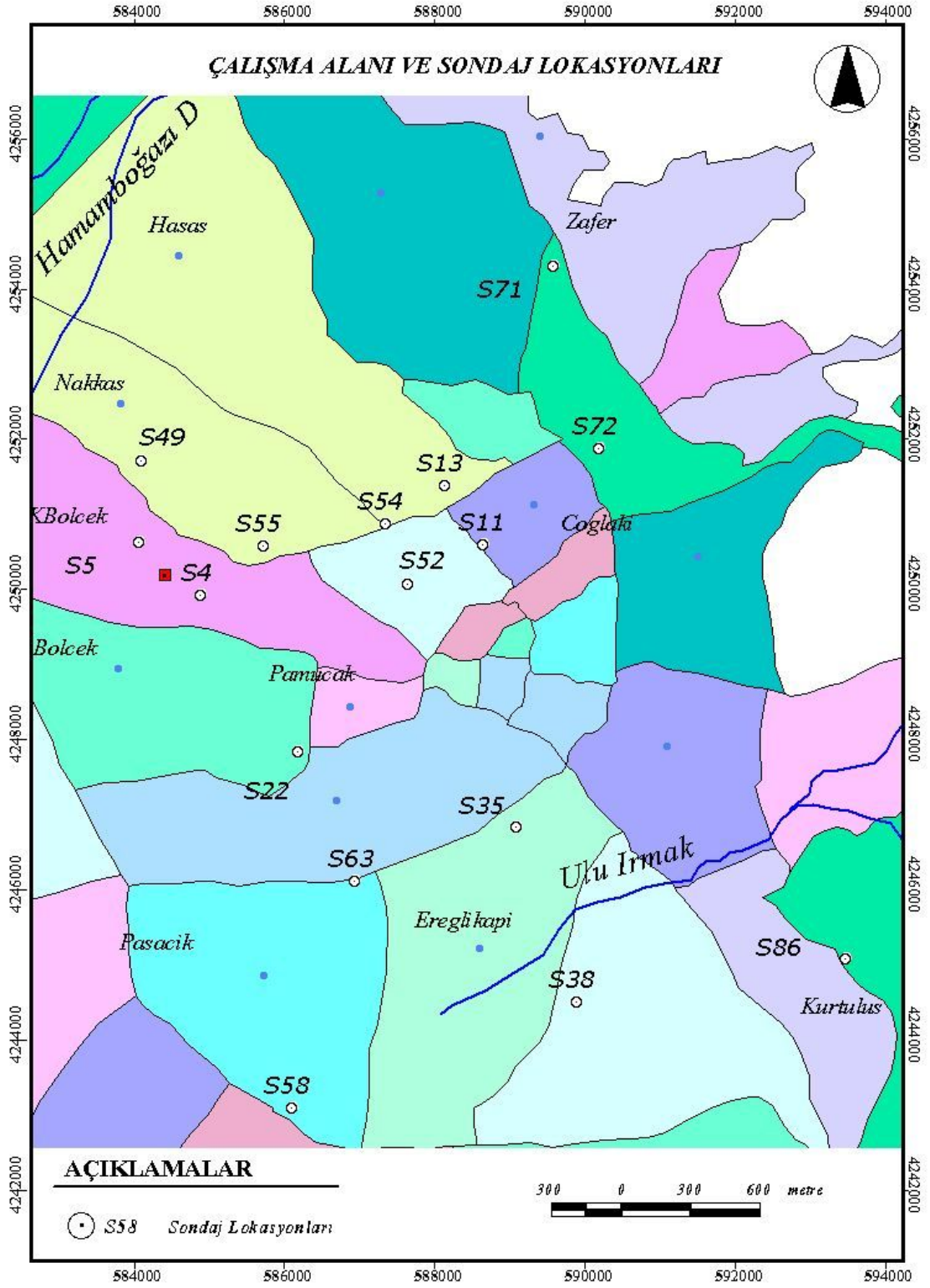
Meyerhof 2.54 cm oturmaya izin verebilecek şekilde SPT-N değerlerine bağlı olarak farklı temel boyutuna göre izin verilebilir taşıma gücü için aşağıdaki bağıntıları önermiştir [32, 33, 34].

$$q_a = 12Nk_d \quad B \leq 1.22 \text{ m} \quad (5.1)$$

$$q_a = 8N \left( \frac{B + 0.305}{B} \right)^2 k_d \quad B > 1.22 \text{ m} \quad (5.2)$$

$q_a$ 'nın birimi  $\text{kN/m}^2$ , dir.

$k_d = 1 + 0.33 \left( \frac{D_f}{B} \right) \leq 1.33$  sabit sayı olup, Meyerhof tarafından önerilmiştir.



**Şekil 5.1** Çalışma alanı ve lokasyon noktaları

Bu hesaplamalarda yeraltı su seviyesinin durumu Şekil 5.2' de gösterildiği gibi ve  $D_f + D > D_w$  olması durumunda, hesaplanan taşıma gücü, yeraltı suyu düzeltme faktörü ( $C_w$ ) ile çarpılmalıdır [35,36].

$$C_w = 0.5 + 0.5 \left( \frac{D_w}{D_f + B} \right) \quad (5.3)$$

Burada;

$C_w$  : Yer altı suyu düzeltme faktörü

$D_w$  : Yeraltı suyu seviyesi

$D$  : Temel tabanından incelenecek zeminin tabanına kadar olan mesafe

$B$  : Temel genişliği

Uygulamada, her sondajda temelin tabanından itibaren temel genişliği kadar veya  $B + D_f$  kadar bir derinlikten elde edilen düzeltilmiş SPT-N değerlerinin ortalaması alınır.

N darbe sayıları için ayrıca örtü gerilim düzeltmesi ( $C_N$ ) yapılır. Örtü gerilim düzeltmesinin amacı, SPT deneylerinden elde edilen N darbe sayılarının zeminin rölatif yoğunluğunun yanı sıra deney derinliğindeki efektif gerilmelere de bağlı olarak değişeceğinden, aynı rölatif yoğunluğa sahip bir zemin, farklı derinliklerde farklı N değeri verecektir. Bu nedenle örtü gerilim düzeltmesi yapılmaktadır. Örtü gerilme düzeltmesi için aşağıdaki bağıntı önerilmiştir [37].

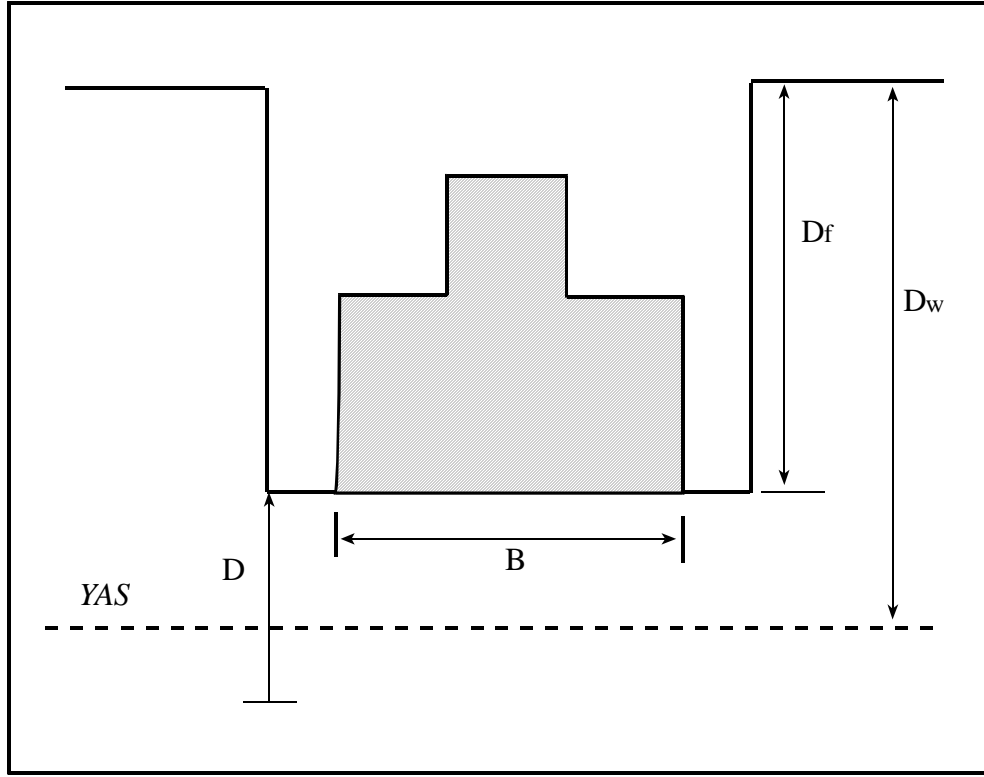
$$C_N = \frac{170}{70 + \sigma'} \quad (5.4)$$

Burada,

$C_N$  : Örtü gerilme düzeltmesi

$\sigma'$  : Efektif örtü gerilmesi ( $\text{kN/m}^2$ )

Düzeltilmiş darbe sayısı  $N_1=C_N N$  bağıntısından hesaplanabilir. Yapılan bu değerlendirmeler sonucunda zeminlerin taşıma gücü Çizelge 5.1’ de verilmiştir.



**Şekil 5.2** Yer altı suyunun temelin altında ve üstünde olması durumu

Her sondaj noktasında yapılan Standart Penetrasyon Testine (SPT) göre, ortamın taşıma gücü belirlenmiştir. Taşıma gücü sonuçlarına bakıldığında % 18,75’nin  $0-1 \text{ kg/cm}^2$  arasında, % 56,25’nin  $1-1,5 \text{ kg/cm}^2$  arasında, % 25’nin  $1,5-2,0 \text{ kg/cm}^2$  arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.1).

Çalışma alanındaki zemin sondajlarından elde edilen YASS ait verilere bakıldığında, % 20’lik kısmının temel seviyesinde olduğu, % 80’lik kısmının ise temel seviyesinin altında olduğu görülmüştür (Çizelge 5.1). Çalışma alanındaki yapıların ortalama temel seviyeleri  $3,0-3,5 \text{ m}$  arasında değişmektedir.

**Çizelge 5.1** Sondaj kuyularına ait YAS ve taşıma güçleri

Sondaj No	Koordinatlar			YAS (m)	Derinlik (m)	SPT (N <sub>ort</sub> )	N <sub>1</sub> (Düzeltilmiş darbe sayısı)	Taşıma Gücü (q <sub>a</sub> -kg/cm <sup>2</sup> )
	X	Y	Z					
SK-22	588880,4	4249135,0	950,0	4,5	3,5-3,95	12,75	10,96	1,25
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-35	589817,5	4248814,8	968,0	6,5	3,5-3,95	11,75	9,05	1,23
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-38	590075,4	4248059,9	968,0	3,0	3,5-3,95	8,8	8,74	0,86
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-13	590075,4	4248059,9	968,0	3,0	3,5-3,95	15,75	11,97	1,76
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-4	588458,9	4249808,8	971,0	4,5	3,5-3,95	15,5	12,9	1,47
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-5	588194,2	4250036,1	972,0	5,0	3,5-3,95	11,7	8,7	1,04
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-49	588207,1	4250389,1	975,0	6,5	3,5-3,95	14,2	10,9	1,48
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-52	589351,2	4249860,1	983,0	6,5	3,5-3,95	15,6	12,3	1,67
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			

Çizelge 5.1 Devam

Sondaj No	Koordinatlar			YAS (m)	Derinlik (m)	SPT (N <sub>ort</sub> )	N <sub>1</sub> (Düzeltilmiş darbe sayısı)	Taşıma Gücü (q <sub>a</sub> -kg/cm <sup>2</sup> )
	X	Y	Z					
SK-54	589253,7	4250118,4	986,0	7,5	3,5-3,95	17,75	13,0	1,91
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-55	588728,7	4250022,7	975,0	5,5	3,5-3,95	12,0	9,4	1,18
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-58	588849,9	4247607,8	962,0	4,5	3,5-3,95	13,5	10,9	1,25
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-63	589125,0	4248579,3	963,0	3,5	3,5-3,95	13,0	11,80	1,22
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-71	589125,0	4248579,3	963,0	-	3,5-3,95	10,0	6,7	0,87
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-72	590171,2	4250440,6	1072	-	3,5-3,95	18,8	12,6	1,64
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-11	589675,1	4250025,3	990,0	9,0	3,5-3,95	9,6	6,72	1,09
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			
SK-86	591230,6	4248245,8	1018	5,0	3,5-3,95	7,6	6,4	0,77
					4,5-4,95			
					6,0-6,45			
					7,5-7,95			
					9,0-9,45			

## 5.2 Laboratuvar Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma alanındaki sondaj kuyularından alınan örselenmemiş (UD) numuneler üzerinde, zemin tanımlama ve zeminin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla doğal su muhtevası, elek analizi, Atterberg limitleri (likit limit, plastik limit, plastisite indisi) deneyleri yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçları ve tane boyu dağılım eğrileri kullanılarak zeminlerin Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine (USCS) göre sınıflandırılması yapılmıştır. Bu sınıflama yapılırken ilk olarak malzemenin %50'den fazlasının 200 nolu eleğin üstünde mi altında mı olduğuna bakılıp, böylece malzemenin iri veya ince tane oranları belirlenmiştir. Daha sonra zeminin LL ve PI parametreleri kullanılarak zeminler sınıflandırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

3,0 – 3,5 m aralığında alınan UD numuneleri üzerinde yapılan doğal su içeriği deneyleri sonucunda, birimlerin su içeriğinin % 6,48–40,79 arasında değiştiği, elek analizi sonuçlarına göre ise, iri malzeme yüzdesinin 0,29–42,96, ince malzeme yüzdesinin de 22,89–93,84 arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Kıvam limitlerinin belirlenmesi için yapılan likit limit ve plastik limit deney sonuçlarına göre likit limitin % 24–48, plastik limitin ise % 18–26 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu iki limit değerinin farkını veren plastisite indisi değerinin ise % 3–29 aralığında değerler içerdiği bulunmuştur. Kıvam indisinin ( $I_c=(LL-w)/PI$ ) ise % -1,11–3,92 arasında değerler içerdiği görülmüştür.

Bu hesaplamalar sonucunda Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine (USCS) göre zeminlerin sınıflandırılması yapılmış ve toplamda zeminlerin % 31,25'i SM, % 6,25'i SC, % 31,25'i ML ve % 31,25'i de CL olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 5.2** Sondaj kuyuları ve zeminlerin mühendislik özellikleri

Sondaj No	Koordinatlar			Derinlik (m)	Numune Tipi	Doğal Su İçeriği (%)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Kıvam indisi (Ic)	Zemin Sınıflaması USCS
	x	y	z				#4 Kalan %	#200 Geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)		
SK-22	588880,4	4249135,0	950,0	3,0-3,5	UD	17,40	30,74	22,89	26	23	3	2,86	SM
SK-35	589817,5	4248814,8	968,0	3,0-3,5	UD	6,48	42,96	25,02	30	24	6	3,92	SM
SK-38	590075,4	4248059,9	968,0	3,0-3,5	UD	40,79	0,59	59,99	33	26	7	-1,11	ML
SK-13	590075,4	4248059,9	968,0	3,0-3,5	UD	23,81	0,50	76,69	23	20	3	-0,27	ML
SK-4	588458,9	4249808,8	971,0	3,0-3,5	UD	24,20	4,35	51,57	27	22	5	0,56	ML
SK-5	588194,2	4250036,1	972,0	3,0-3,5	UD	19,67	4,99	47,39	33	26	7	1,90	SM
SK-49	588207,1	4250389,1	975,0	3,0-3,5	UD	36,15	2,07	76,93	38	19	19	0,09	CL
SK-52	589351,2	4249860,1	983,0	3,0-3,5	UD	33,41	1,80	82,05	45	25	20	0,57	CL
SK-54	589253,7	4250118,4	986,0	3,0-3,5	UD	19,20	11,97	39,60	35	26	9	1,75	SM
SK-55	588728,7	4250022,7	975,0	3,0-3,5	UD	18,23	2,60	34,27	24	21	3	1,92	SM
SK-58	588849,9	4247607,8	962,0	3,0-3,5	UD	21,99	0,29	80,62	25	22	3	1,00	ML
SK-63	589125,0	4248579,3	963,0	3,0-3,5	UD	24,50	4,46	54,48	33	24	9	0,94	ML
SK-71	589125,0	4248579,3	963,0	3,0-3,5	UD	13,58	22,88	26,62	26	18	8	1,55	SC
SK-72	590171,2	4250440,6	1072,0	3,0-3,5	UD	14,72	1,77	93,84	36	21	15	1,41	CL
SK-11	589675,1	4250025,3	990,0	3,0-3,5	UD	32,09	1,16	78,66	44	20	24	0,49	CL
SK- 86	591230,6	4248245,8	1018,0	3,0-3,5	UD	36,22	0,52	87,38	48	19	29	0,40	CL

Ayrıca zeminlerin su içeriği Çizelge 5.3'e göre sınıflandırılmış ve elde edilen su içeriği değerlerine göre % 43,75'i ayrışmamış – kuru, % 50'si az ayrışmış – az kuru ve % 6,25'i ise orta derece ayrışmış – orta ıslak zemin grubunda yer almaktadır.

**Çizelge 5.3** Su içeriğine göre zemin sınıflaması [30]

<b>Su İçeriğine Göre Zemin Sınıflaması</b>	
<b>W<sub>n</sub> (%)</b>	<b>Zemin Tanımı</b>
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

Laboratuvar sonuçlarından elde edilen plastisite indisine göre Çizelge 5.4' de yapılan sınıflamada ise zeminlerin % 25'i plastik olmayan, % 43,75'i az plastik ve % 31,25'i ise plastik grubuna düşmektedir.

**Çizelge 5.4** Plastisite derecesinin plastisite indisine göre sınıflandırılması [30]

<b>Plastisite İndisi PI (%)</b>	<b>Plastisite Derecesi</b>	<b>Kuru Dayanım</b>
0 – 5	Plastik değil	Çok düşük
5 – 15	Az plastik	Düşük
15 – 40	Plastik	Orta
> 40	Çok plastik	Yüksek

Zeminlerin likit limit sonucuna (Çizelge 5.5) göre sıkışabilirlikleri değerlendirilmiş ve % 43,75 oranında düşük sıkışabilirlik ve % 56,25 oranında ise orta sıkışabilirlik değerlerine sahip olduğu ortaya konmuştur.

**Çizelge 5.5** Likit limit değerine göre zeminlerin sıkışabilirliği

<b>Likit Limit</b>	<b>Sıkışma İndisi</b>	<b>Tanım</b>
0 – 30	0,0 – 0,19	Düşük sıkışabilirlik
31 – 50	0,20 – 0,39	Orta sıkışabilirlik
> 51	>0,40	Yüksek sıkışabilirlik

Kıvamlılık indisi ( $I_c$ ) değerlerine göre yapılan analizlerde ise zeminlerin % 12,5'i akışkan, % 6,25'i çok yumuşak, % 12,5'i yumuşak, % 12,5'i yarı sert, % 12,5'i sert ve % 43,75'i ise yarı katı veya çok sert sınıfına girdiği ortaya konulmuştur (Çizelge 5.6)

**Çizelge 5.6** Kıvam indisine göre sınıflama [38]

Kıvam İndisi ( $I_c$ )	Sınıflama
< 0.05	Çok yumuşak
0.05 - 0.25	Yumuşak
0.25 - 0.75	Sıkı
0.75 - 1.00	Sert
>1.00	Çok sert

### 5.3 Laboratuvar Verilerine Göre Taşıma Güçlerinin Hesaplanması

Çalışma alanında yapılan sondaj kuyularından alınan örselenmemiş (UD) numuneler, kayma parametrelerinin ( $c$  ve  $\phi$ ) belirlenmesi amacı ile üç eksenli basınç deneylerine tabii tutulmuştur. Elde edilen laboratuvar sonuçlarına göre sondaj noktalarının taşıma güçleri bulunmuştur (Çizelge 5.7).

Taşıma gücü hesaplanırken aşağıda yer alan [39] taşıma gücü formülü kullanılmıştır. Gevşek ve yumuşak zeminlerde bölgesel göçmeler meydana gelebileceğinden  $c$  ve  $\phi$ 'nin  $2/3$ ' ü alınmıştır [39].

$$q_a = K_1 \cdot C \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + K_2 \cdot N_\gamma \cdot B \cdot \gamma \quad (5.5)$$

Hesaplamalar dikdörtgen (radye) temel tipine göre yapılmış ve her sondaj kuyusu için temel genişliği ( $B$ ), temel uzunluğu ( $L$ ), temel derinliği ( $D_f$ ) ve temel tipi katsayıları ( $K_1$ ,  $K_2$ ) aşağıda verilen değerler kullanılmıştır.

$$B = 10\text{m} \quad K_1 = 1 + 0,2 \cdot B/L \quad (5.6)$$

$$L = 15\text{m} \quad K_2 = 0,5 - 0,1 \cdot B/L \quad (5.7)$$

$$D_f = 3\text{ m}$$

Laboratuvar verileri ( $c$  ve  $\phi$ ) kullanılarak elde edilen taşıma güçlerinin % 46,7'sinin 0–1 kg/cm<sup>2</sup> arasında, % 33,3'nün 1–1,5 kg/cm<sup>2</sup> arasında, % 20'sinin ise 1,5–2,0 kg/cm<sup>2</sup> arasında değerler aldığı görülmüştür (Çizelge 5.7).

**Çizelge 5.7** Sondaj noktalarına ait kayma parametreleri ve taşıma güçleri

Sondaj No	Kohezyon ( $c$ ) (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme Açısı ( $\phi$ )	DBHA (kN/m <sup>3</sup> )	Taşıma Gücü ( $q_a$ -kg/cm <sup>2</sup> )
SK-22	-	-	-	-
SK-35	27,8	8	19,0	0,92
SK-38	18,6	7	16,93	1,03
SK-13	19,7	4	18,24	0,62
SK-4	41,0	7	19,40	1,18
SK-5	26,0	7	20,87	0,92
SK-49	19,5	4	19,01	0,63
SK-52	80,02	3	18,53	1,52
SK-54	28,03	10	19,20	1,13
SK-55	28,5	10	19,71	1,15
SK-58	25,6	3	19,84	0,67
SK-63	12,4	7	18,63	0,63
SK-71	29,1	11	19,29	1,15
SK-72	86,5	3	19,24	1,63
SK-11	77,1	5	18,05	1,57
SK-86	27,8	6	18,56	0,85

#### 5.4 Zeminlerin Şişme Potansiyellerinin Belirlenmesi

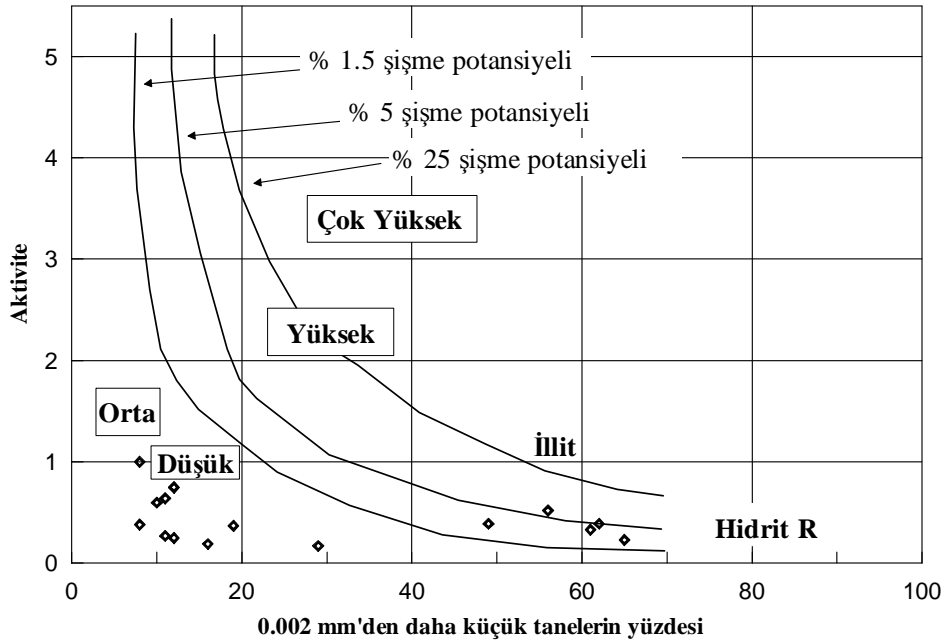
Killi veya suya doygun olmayan zeminlerin su emerek hacminin artması veya su emdiği halde hacminin artmasının engellenmesi durumunda basınç artışı oluşturmasına şişme özelliği denir [40].

Şişme potansiyeli, laboratuvarında belli şartlarda sıkıştırılmış veya doğal (bozulmamış) bir zemin örneğinin belirli yük altında, sıfır yanal deformasyon durumunda suya doygun duruma gelinceye kadar uğradığı düşey şişme miktarının, örneğin ilk kalınlığına oranı olarak tanımlanabilir [40]. Şişme potansiyeli zeminin içerdiği kil içeriğine bağlıdır.

Çalışma alanından alınan örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan elek analizi deneyi sonuçlarına her sondaj noktasının kil yüzdesi bulunmuş ve aktivite (A) Formül (5.8) kullanılarak bulunmuştur.

$$A = PI / \%P (< 0,002 \text{ mm}) \quad (5.8)$$

Kil yüzdeleri ve aktivite sonuçları, şişme potansiyelleri abağına göre değerlendirilmiş ve buradan şişme dereceleri bulunmuştur (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Şişme potansiyelini sınıflama abağı [38]

Elde edilen şişme derecelerine göre, incelenen zeminlerin % 75'i düşük derece, % 18,75'i orta derece, % 6,25'i yüksek derecede şişen killer grubuna girmektedir (Çizelge 5.8).

**Çizelge 5.8** Lokasyon noktalarına ait şişme dereceleri

Sondaj No	% P (0,002 mm)	Aktivite (A)	Şişme Potansiyeli
SK-22	8	0,38	Düşük
SK-35	10	0,60	Düşük
SK-38	19	0,37	Düşük
SK-13	16	0,19	Düşük
SK-4	29	0,17	Düşük
SK-5	11	0,64	Düşük
SK-49	49	0,39	Orta
SK-52	61	0,33	Orta
SK-54	12	0,75	Düşük
SK-55	12	0,25	Düşük
SK-58	11	0,27	Düşük
SK-63	12	0,75	Düşük
SK-71	8	1,0	Düşük
SK-72	65	0,23	Düşük
SK-11	62	0,39	Orta
SK-86	56	0,52	Yüksek

### 5.5 Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyellerinin Belirlenmesi

Dünyada ilk kez 1953 yılında Japon araştırmacılar Mogami ve Kubo tarafından ortaya atılan sıvılaşma sözcüğü [41], mühendislik açısından önemini 1964 Niigata (Japonya) depremi ile kazanmıştır. Sıvılaşma riski değerlendirilirken; bölgenin jeolojisi, depremselliği, olası deprem odaklarının uzaklığı ile oluşturacakları yer ivmesi ilişkileri, ilgili zemine ait granülometri değerleri ve SPT değerlerinden faydalanılmaktadır. Zemin sıvılaşması; belirli granülometrik sınır değerleri arasında kalan suya doygun kumlu siltli nadiren çakıllı zeminlerde, dinamik kuvvetlerin etkisiyle gelişmektedir. Sıvılaşmanın oluşabilmesi için zemindeki yeraltı suyunun da yüzeye yakın olması, bunun yanında, gevşek tutturulmuş bir zeminin olması ve SPT değerlerinin düşük olması da gevşek zeminin sıvılaşmasında etkili olan koşullardır. Sıvılaşma olayının başlangıç enerjisi, yer hareketlerinden gelmektedir. Bu yüzden deprem odaklarının, sıvılaşma riski incelenen bölgeye uzaklıkları önemlidir. Sıvılaşma olayı, pek çok depremde gelişmesine karşın ülkemizde, mühendislik anlamında, 1992 Erzincan depreminden sonra önem kazanmıştır. 1999 Marmara depremiyle gelişen sıvılaşma olayları da bu olgunun önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi mühendislik jeolojisinin önemli konularındandır. Depremlere bağlı olarak meydana gelen sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesinde birçok yöntem geliştirilmiştir [42]. SPT-N değerlerine bağlı olarak yapılan sıvılaşma analizleri en fazla kullanılan ve yaygın olan yöntemdir. SPT değerlerine bağlı olan sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü ( $F_L$ ), devirsel direnç oranının (CRR- cyclic resistance ratio) depremlerin ürettiği devirsel gerilme oranına (CSR- cyclic stress ratio) oranıdır. Sıvılaşma analizi hesaplamalarında [43] tarafından geliştirilen metot, belirsizlikleri asgariye indirerek daha doğru sonuçlara ulaşabilirliği sağladığı için tercih edilmektedir. Bu yöntemle göre işlem adımları şu şekildedir;

- a- Zemin özellikleri; ince tane oranı (silt+kil) % 50'den fazla olan zeminler sıvılaşmaz kabul edilmektedir.
- b- Yeraltı su seviyesi; zeminin yeraltı su seviyesinin altında olması durumunda sıvılaşmadan söz edilmektedir.
- c- Deprem kaynaklı devirsel gerilme oranı (CSR); zemin özelliklerinin ve yeraltı suyu koşulunun sağlanması durumunda [43]'ün önerdiği sadeleştirilmiş yöntemine göre sıvılaşma analiz yapılır. Sıvılaşma yapılacak seviyedeki toplam gerilme ( $\sigma$ ), efektif gerilme ( $\sigma'$ ) ve gerilim azaltma faktörü ( $r_d$ ) hesaplanır. Gerilim azaltma faktörü [44] tarafından önerilen aşağıdaki formül ile bulunmaktadır.

$$r_d = \frac{(1.000 - 0.4113z^{0.5} + 0.04052z + 0.001753z^{1.5})}{(1.000 - 0.4177z^{0.5} + 0.05729z - 0.006205z^{1.5} + 0.001210z^2)} \quad (5.9)$$

Burada  $z$  tabii zemin kotunun altındaki derinlik (m) değeridir. Bu değerlerin hesaplanmasından sonra, devirsel gerilme oranı (CSR) [43] tarafından önerilen aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$CSR = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma}{\sigma'} r_d \quad (5.10)$$

Burada;

- CSR : Devirsel gerilme oranı  
 $\sigma$  : Toplam örtü gerilmesi  
 $\sigma'$  : Efektif örtü gerilmesi  
 $a_{\max}$  : Maksimum yer ivmesi (gal)  
 $g$  : Yerçekimi ivmesi (gal)  
 $r_d$  : Gerilim azaltma faktörü

Maksimum yer ivmesinin belirlenmesinde, Türkiye’de meydana gelen deprem verileri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda aşağıdaki formül önerilmiştir [45].

$$M_W = 0.6789M_S + 2.0402 \quad (5.10)$$

$$a_{\max} = 2.18e^{0.0218(33.3M_W - R_e + 7.8427S_A + 18.9282S_B)} \quad (5.11)$$

Burada;

- $M_W$  : Moment magnitüdü  
 $M_S$  : Yüzey magnitüdü  
 $a_{\max}$  : Maksimum yer ivmesi  
 $R_e$  : Merkeze uzaklık  
 $S_A, S_B$  : Araziye ait sabitler (Kaya ve zemine ait arazi sabitleri)

Yapılan bu çalışmaya göre üretilen eş ivme haritasına göre Aksaray ilinin merkezinden geçen Tuz Gölü Fay Zonu’nu etkisiyle maksimum yer ivmesi kaya ortamlar için 300 gal olarak belirlenmiş, bu değer zeminler için 1.186 katsayısı ile yumuşak zeminler için ise 1.511 katsayısının çarpımı ile elde edilen değere eşittir.

- d- Devirsel direnç oranı (CRR); SPT deneyinden elde edilen SPT-N değerlerine enerji oranı ( $N_{60}$ ) ve örtü gerilim düzeltmesi ( $C_N$ ) uygulandıktan sonra düzeltilmiş standart penetrasyon ( $N_1$ )<sub>60</sub> değeri elde edilir.

Şahmerdan tipi ve serbest bırakılış yöntemi, en üstteki tijin üzerinde yer alan ve darbenin uygulandığı metal bloğun tipi ve sondaj tijlerinin uzunluğu elde edilen N darbe

sayısı değerlerinde farklılıklara neden olur. Bunun standart hale getirilebilmesi için “enerji oranı” (ER) kavramı geliştirilmiştir. Tij enerji oranı % 60 olarak önerilmiş ve halen bu oran kullanılmaktadır [38,46].

$$N_{60} = N \frac{ER}{60} N_t N_\varphi N_\delta \quad (5.12)$$

Burada,

$N_{60}$  : Düzeltilmiş SPT-N değeri,

$N$  : Sondaj sırasında belirlenen darbe sayısı

ER : Tij enerji oranı (Türkiye’ de kullanılan Donut tipi şahmerdan için enerji oranı (ER) 45’tir)

$N_t$  : Tij uzunluğu

$N_\varphi$  : Kuyu çapı

$N_\delta$  : Örnekleyici düzeltmesidir.

Tij uzunluğu, kuyu çapı ve iç tüpün kullanılması durumunda Çizelge 5.9’daki koşullara göre düzeltme yapılır [47,48].

**Çizelge 5.9** Tij, kuyu çapı ve iç tüp düzeltme faktörleri [47,48].

		Düzeltilme Faktörü
Tij uzunluğu	> 10	1.0
	6–10	0.95
	4–6	0.85
	3–4	0.75
Standart (iç tüpü olan) örnekleyici kullanılmış ise		1.0
İç tüpü olmayan örnekleyici kullanılmış ise		1.2
Kuyu çapı	65–115 mm	1.0
	150 mm	1.05
	200 mm	1.15

SPT için diğer bir düzeltme de örtü gerilim düzeltmesidir. Düzeltme için N değerleri  $C_N$  düzeltme katsayısıyla çarpılır [37].

$$C_N = \frac{170}{70 + \sigma'} \quad (5.13)$$

Burada,  $\sigma'$  : Efektif gerilmedir (kPa).

Sonuçta her bir seviye için düzeltilmiş SPT  $(N_1)_{60} = C_N * N_{60}$  değerleri hesaplanır.

Büyüklüğü 7.5 olan bir deprem sırasında depremin neden olacağı devirsel direnç oranı (CRR) için düzeltilmiş standart penetrasyon direnci değeri  $(N_1)_{60}$  arasında Şekil 5.4'deki grafik önerilmiştir [46,48].

Bu grafik  $M=7.5$  büyüklüğündeki bir deprem için geçerli olup, büyüklüğü 7.5'ten farklı depremler için grafikten belirlenen CRR değeri, Çizelge 5.10'daki verilen düzeltme katsayısı ile çarpılır [49].

**Çizelge 5.10** Farklı büyüklükteki depremler için düzeltme katsayıları [49]

Deprem Büyüklüğü	$M=M_x$ için CRR
5.25	1.5
6	1.32
6.75	1.13
7.5	1
8.5	0.89

- e- Güvenlik faktörü ( $F_L$ ); bu değer depremin neden olduğu devirsel direnç oranının (CRR) devirsel gerilme oranına (CSR) bölünmesi ile hesaplanır.

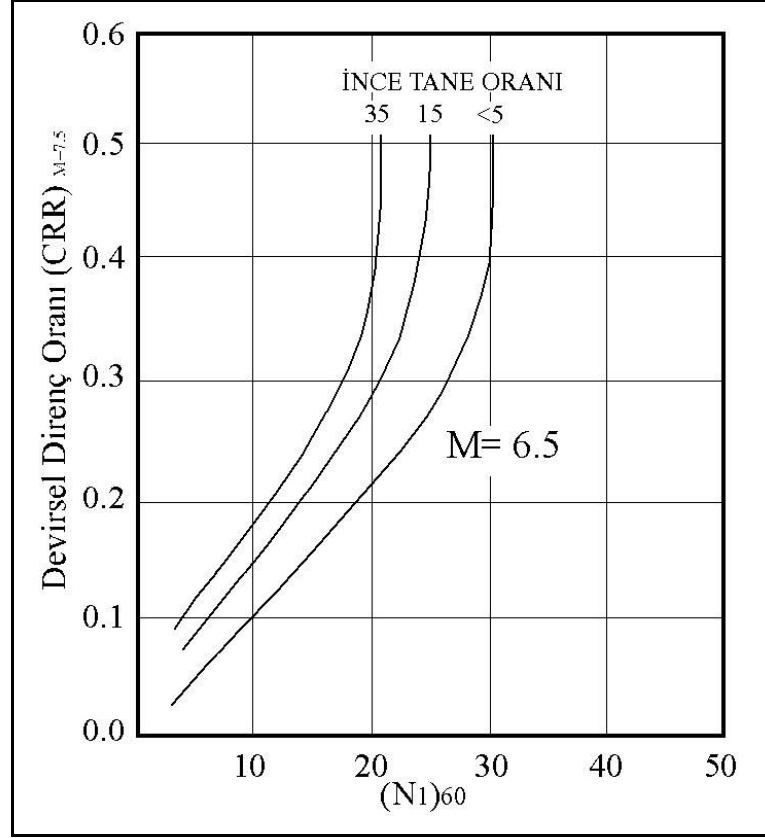
$$F_L = \frac{CRR}{CSR} \quad (5.14)$$

Burada,

$F_L$  : Güvenlik faktörü

CRR : Devirsel direnç oranı

CSR : Devirsel gerilme oranı



Şekil 5.4 Devirsel direnç grafiği [46,48]

Zemin tabakalarının güvenlik faktörü ( $F_L$ ), 1.2'den büyük ise sıvılaşmayan, 1.0 ile 1.2 arasında ise düşük sıvılaşma özelliğinde ve 1.0'dan küçük olduğu durumda da sıvılaşabilir özellikte olduğunu göstermektedir [50,51].

Sıvılaşma potansiyeli sadece güvenlik faktörü ile değerlendirilebilecek bir durum olmayıp,  $F_L$ 'nin direkt olarak etkilemediği zemin sıvılaşmaları da temellerde ciddi zararlara yol açmıştır. Bu durumda sıvılaşmanın ciddi tehlike ve zarara sebep olduğu durumlar şunlardır;

- Sıvılaşan tabaka kalınlığı fazladır,
- Sıvılaşan tabaka yüzeye yakındır,
- Sıvılaşan tabakanın  $F_L$  değeri 1.0'dan çok düşüktür.

[42] yapmış oldukları bir çalışmada sıvılaşma şiddetini belirlemek için sıvılaşma indeksine ( $L_v$ ) göre sıvılaşma potansiyeli sınıflaması yapmışlardır (Çizelge 5.11).

**Çizelge 5.11** [42] tarafından önerilen sıvılaşma potansiyeli sınıflaması

Sıvılaşma İndeksi ( $L_1$ )	Sıvılaşma Potansiyeli
0	Çok düşük
$0 < L_1 \leq 5$	Düşük
$5 < L_1 \leq 15$	Yüksek
$15 > L_1$	Çok yüksek

Bu sıvılaşma potansiyel sınıflamasında sıvılaşmanın olmadığı bir sınıf aralığı tanımlanmamıştır. [52] tarafından yapılan bir çalışmada ise bu eksiklik giderilerek yeni bir sınıflama yapılmış ve sıvılaşma olmayan değerde tanımlanmıştır (Çizelge 5.12).

**Çizelge 5.12** [52] tarafından önerilen sıvılaşma potansiyeli sınıflaması

Sıvılaşma İndeksi ( $L_1$ )	Sıvılaşma Potansiyeli
0	Sıvılaşmaz ( $F_L \geq 1.2$ ise)
$0 < L_1 \leq 2$	Düşük
$2 < L_1 \leq 5$	Orta
$5 < L_1 \leq 15$	Yüksek
$15 > L_1$	Çok yüksek

Yeryüzünden itibaren 20 m'lik dilim içerisinde bulunan doymuş gevşemiş zeminlerde, güvenlik faktörünün ( $F_L$ ) 1.0'dan küçük olması bu zeminlerin sıvılaşma özelliği gösterebileceğinin işaretidir. Ancak, güvenlik faktörünün ( $F_L$ ) 1.0'dan büyük olması bu tür zeminlerin sıvılaşmaz olduğunu da göstermez. Jeolojik, sismolojik özelliklerin yanında dane dağılımı ve SPT-N değerleri gibi zemine ait özellikler sıvılaşma potansiyeli değerlendirilmesi için gerekli olan verilerdir. Bu yüzden, limit denge durumu ( $F_L=1.0$ ) sıvılaşma değerlendirmesi için iyi bir gösterge değildir. Yüzeyden 20 m'lik dilim içerisindeki bütün katmanların  $F_L$  değeri 1.0'dan büyük ise, [42]'ye göre bu alanların sıvılaşma potansiyeli çok düşük olarak değerlendirilmektedir. Diğer taraftan, [50] ve [51] tarafından yapılan çalışmalarda,  $F_L= 1.2$  değeri sıvılaşır-sıvılaşmaz arasındaki sınır değer olarak kabul edilmiştir. Bunun yanı sıra, güvenlik faktörü 1.25 ve 1.5 değerleri arasında olan zeminler ise sıvılaşma özelliği göstermeyen zeminler olarak kabul edilmektedir [53]. Bu değerlendirmelerden de görüldüğü gibi, bir zeminde sıvılaşma olgusundan bahsetmemek için güvenlik faktörü en az 1.2 değerinde olması gerekmektedir.

Yeryüzünde meydana gelebilecek zararların boyutu sıvılaştırılabilir tabakanın  $F_L$  değeri, derinliği ve kalınlığı ile yakından ilgilidir. Sıvılaştırma potansiyeli değerlendirilmesinde, [42]'nin önerdiği sıvılaştırma indeksi ( $L_I$ ), sıvılaştırılabilir zeminin  $F_L$  değeri, derinliği ve kalınlığı parametrelerini içermektedir. Sıvılaştırma indeksi;

$$L_I = \int_0^{20} F(z) W(z) dz \quad (5.15)$$

$$W(z) = 10 - 0.5z, \quad z < 20 \text{ için}, \quad (5.16)$$

$$W(z) = 0, \quad z > 20 \text{ için} \quad (5.17)$$

$$L_I = F(z) \left( 10z - \frac{z^2}{4} \right) \Big|_0^{20} \quad (5.18)$$

$$L_I = 100F(z) \quad (5.19)$$

$$F(z) = 0, \quad F_L \geq 1.2 \text{ için}, \quad (5.20)$$

$$F(z) = 2 \times 10^6 e^{-18.427F_L}, \quad 1.2 > F_L \geq 1.2 \text{ için}, \quad (5.21)$$

$$F(z) = 1 - F_L, \quad F_L < 0.95 \quad (5.22)$$

Buradaki  $z$ ; yüzeyden itibaren derinlik değeridir. Yapılan bu değerlendirmeler sonucunda SPT değerlerine göre sıvılaştırma analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.13'de verilmiştir.

**Çizelge 5.13** SPT değerlerine göre sınıflama potansiyelleri

SK. NO	YAS (m)	Derinlik (m)	SPT			İnce Mlz. Oram (%)	F <sub>L</sub>	L <sub>I</sub>	Sınıflama Potansiyeli
			N <sub>15</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>45</sub>				
SK-22	4,5	3,5-3,95	10	12	10	23	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		4,5-4,95	-	-	-	Çakıl	-	-	Sıvılaşmaz (SPT)
		6,0-6,45	1	2	3	85	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		7,5-7,95	3	3	4	85	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	10	12	14	73	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
SK-35	6,5	3,5-3,95	6	9	12	35	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		4,5-4,95	3	3	5	35	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		6,0-6,45	3	5	8	43	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		7,5-7,95	3	4	4	85	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	-	-	-	Çakıl	-	-	Sıvılaşmaz (SPT)
SK-38	3,0	3,5-3,95	2	2	1	85	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		4,5-4,95	2	4	4	90	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		6,0-6,45	3	4	5	80	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		7,5-7,95	4	5	7	90	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	5	6	6	80	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
SK-13	3,0	3,5-3,95	7	9	9	65	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		4,5-4,95	5	7	8	35	1,01	1,65	<b>Düşük potansiyel</b>
		6,0-6,45	-	-	-	Dolgu	-	-	Sıvılaşmaz (SPT)
		7,5-7,95	-	-	-	Dolgu	-	-	Sıvılaşmaz (SPT)
		9,0-9,45	-	-	-	Dolgu	-	-	Sıvılaşmaz (SPT)
SK-4	4,5	3,5-3,95	-	-	-	Çakıl	-	-	Sıvılaşmaz (SPT)
		4,5-4,95	4	4	6	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		6,0-6,45	4	6	8	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		7,5-7,95	7	11	14	35	1,07	0,54	<b>Düşük potansiyel</b>
		9,0-9,45	7	11	10	35	0,71	29	<b>Çok yüksek potansiyel</b>
SK-5	5,0	3,5-3,95	3	8	10	43	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		4,5-4,95	10	6	3	70	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		6,0-6,45	4	3	5	43	1,00	1,99	<b>Düşük potansiyel</b>
		7,5-7,95	4	4	7	62	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	6	7	7	80	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
SK-49	6,5	3,5-3,95	8	8	9	73	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		4,5-4,95	10	12	9	38	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		6,0-6,45	9	10	10	85	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		7,5-7,95	2	2	4	80	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	2	8	8	23	0,77	23	<b>Çok yüksek potansiyel</b>
SK-52	6,5	3,5-3,95	10	15	20	80	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		4,5-4,95	10	12	11	43	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		6,0-6,45	3	5	7	78	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		7,5-7,95	4	5	6	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	6	6	5	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
SK-54	7,5	3,5-3,95	5	10	12	38	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		4,5-4,95	7	14	16	38	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		6,0-6,45	-	-	-	Çakıl	-	-	Sıvılaşmaz (SPT)
		7,5-7,95	7	9	10	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	6	6	7	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)

**Çizelge 5.13 Devam**

SK-55	5,5	3,5-3,95	6	9	5	33	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		4,5-4,95	8	7	3	43	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		6,0-6,45	3	4	3	80	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		7,5-7,95	10	9	10	65	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	3	4	8	65	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
SK-58	4,5	3,5-3,95	13	13	10	33	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		4,5-4,95	6	10	4	70	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		6,0-6,45	6	6	14	45	1,03	1,14	<b>Düşük potansiyel</b>
		7,5-7,95	2	3	3	65	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	3	5	6	65	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
SK-63	3,5	3,5-3,95	6	8	8	45	1,23	0	<b>Sıvılaşmaz (<math>F_L &gt; 1.2</math>)</b>
		4,5-4,95	5	9	12	23	1,09	0,38	<b>Düşük potansiyel</b>
		6,0-6,45	2	2	4	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		7,5-7,95	7	11	13	70	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	2	2	4	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
SK-71	>8,5	3,5-3,95	4	5	5	23	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		4,5-4,95	3	4	4	78	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		6,0-6,45	3	5	7	78	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		7,5-7,95	-	-	-	Çakıl	-	-	Sıvılaşmaz (SPT-YAS)
		9,0-9,45	-	-	-	Çakıl	-	-	Sıvılaşmaz (SPT-YAS)
SK-72	>9,5	3,5-3,95	17	8	12	90	-	-	Sıvılaşmaz (İnce-YAS)
		4,5-4,95	-	-	-	Çakıl	-	-	Sıvılaşmaz (SPT-YAS)
		6,0-6,45	11	14	15	65	-	-	Sıvılaşmaz (İnce-YAS)
		7,5-7,95	12	9	12	70	-	-	Sıvılaşmaz (İnce-YAS)
		9,0-9,45	-	-	-	Çakıl	-	-	Sıvılaşmaz (SPT-YAS)
SK-11	9,0	3,5-3,95	7	8	7	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce-YAS)
		4,5-4,95	4	7	8	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce-YAS)
		6,0-6,45	6	3	4	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce-YAS)
		7,5-7,95	4	3	5	43	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
		9,0-9,45	2	2	1	33	-	-	Sıvılaşmaz (YAS)
SK-86	5,0	3,5-3,95	2	2	2	85	-	-	Sıvılaşmaz (İnce-YAS)
		4,5-4,95	2	3	5	85	-	-	Sıvılaşmaz (İnce-YAS)
		6,0-6,45	4	2	5	85	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		7,5-7,95	3	4	6	65	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)
		9,0-9,45	2	4	5	78	-	-	Sıvılaşmaz (İnce)

Sondaj çalışmaları sonucunda elde edilen kuyu loglarının değerlendirilmesi ile yapılan sıvılaşma analizleri sonucunda, sıvılaşma potansiyeli taşıyan zonların % 62,5'inin düşük potansiyelli, % 25'inin çok yüksek potansiyelli ve % 12,5'inin ise sıvılaşma potansiyeli olmayan seviyeler olarak ortaya konmuştur. Bu zonların dışındaki alanlarda sıvılaşma için gerekli koşullar sağlanamamaktadır.

dikkate alındığında bazı yerlerde yeraltı suyunun temel seviyesinde olduğu görülmüştür.

- ✓ Laboratuvar sonuçlarına göre çalışma alanındaki zeminlerin su içeriğinin % 6,48–40,79 arasında değiştiği görülmüştür. Su içeriklerine göre zemin tanımı yapılmış ve % 43,75'nin ayrışmamış-kuru, % 50' sinin az ayrışmış-orta ıslak zemin grubunda yer aldığı tespit edilmiştir.
- ✓ Çalışma alanından alınan numunelerin elek analizi sonuçlarına bakıldığında, iri malzeme yüzdesinin 0,29–42,96 arasında, ince malzeme yüzdesinin ise 22,89–93,84 arasında değiştiği belirlenmiştir. İri ve ince taneli malzeme sonuçlarının ortalamaları alındığında, iri malzeme oranının % 8,35; ince malzeme oranının % 58,62 olduğu tespit edilmiştir. Buda çalışma alanındaki zeminlerin çoğunlukla ince taneli malzemedan (kil-silt) oluştuğunu göstermektedir.
- ✓ Çalışma alanındaki zeminlerin Atterberg deney sonuçları incelendiğinde likit limitin % 24–48 arasında değişmektedir. Likit limit sonuçlarına göre zeminlerin sıkışabilirliklerine bakıldığında % 43,75'nin düşük sıkışabilirlikte, % 56,25'nin ise orta sıkışabilirlikte olduğu görülmüştür.
- ✓ Plastik limitin ise % 18–26 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Likit limit ve plastik limit farkı olan plastisite indisinin ise % 3–29 arasında değerler aldığı belirlenmiştir. Plastisite indisi sonuçlarına göre çalışma alanındaki zeminlerin % 25'i plastik olmayan, % 43,75'i az plastik ve % 31, 25'i ise plastik zemin grubuna girmektedir.
- ✓ Kıvam indisi (Ic) ise % -1,11-3,92 arasında değerler almaktadır. Kıvam indisi değerlerine göre ise zeminlerin % 12,5'i akışkan, % 6,25' i çok yumuşak, % 12, 5' i yumuşak, % 12,5' i yarı sert, % 12,5' i sert ve % 43,75'i ise yarı katı veya çok sert sınıfına girmektedir.
- ✓ Elek analizi ve Atterberg sonuçları dikkate alınarak yapılan zemin sınıflamasına göre (USCS) toplamda zeminlerin, % 31,25'i SM, % 6,25'i SC, % 31,25'i de CL olarak tanımlanmıştır.

- ✓ Çalışma alanındaki zeminlerin laboratuvar verilerine göre taşıma gücü hesaplanmış ve % 46,7'sinin 0–1 kg/cm<sup>2</sup> arasında, % 33,3'nün 1–1,5 kg/cm<sup>2</sup> arasında, % 20'sinin ise 1,5–2 kg/cm<sup>2</sup> arasında değerler aldığı görülmüştür. Buna göre % 53,3'den fazlasının taşıma gücünün 1 kg/cm<sup>2</sup>'den büyük olduğu belirlenmiştir.
- ✓ Çalışma alanındaki zeminlerin laboratuvar sonuçlarına göre şişme dereceleri belirlenmiştir. Buna göre zeminlerin % 75'i düşük derece şişen, % 18,75'i orta derece şişen, % 6,25'i yüksek derece şişen killer grubuna girmektedir.
- ✓ Bu çalışmada son olarak, sondaj çalışmaları ile elde edilen kuyu loglarının değerlendirilmesi sonucunda her bir seviyeye ait sıvılaşma potansiyeli analizi yapılmıştır. Her bir zon için yapılan analizler sonucunda; seviyelerin % 62,5'inin düşük potansiyelli, % 25'inin çok yüksek potansiyelli ve % 12,5'inin de sıvılaşma potansiyeli olmayan sınıfta yer aldığı ortaya konulmuştur.

Yapılan tüm bu değerlendirmeler sonucunda, Aksaray ilinin zemin özellikleri açısından yeni ve eski alüvyonal malzemelerle kaplı olduğu, bu genç çökellerinde Tuz Gölü Fay Zonu tarafından kesildiği belirlenmiştir. Dolayısıyla buradaki zemin koşulları dikkatle değerlendirilmeli, gerek yapılarının modellenmesi gerekse geniş yerleşim alanlarının belirlenmesinde bu alüvyonal malzeme göz önünde bulundurulmalıdır. Bu özelliklere ilave olarak Aksaray il merkezinde yeraltı su seviyesi de yer yer 3 m ye kadar çıkmaktadır. Dolayısıyla su seviyesinin bu kadar yüzeye yakın olması bu genç çökellerin dayanımını daha da azaltmakta ve son on yıllık periyotta gündemimize iyice giren zemin sıvılaşma riskini de beraberinde getirmektedir. Aksaray ili için gerek yeni yerleşim alanlarının belirlenmesi, gerekse mevcut alanlarda yapılaşmalar gerçekleştirirken sıvılaşma potansiyelleri detaylı bir şekilde araştırılmalıdır. Sıvılaşma analizleri yapılırken de zemine ait belirsizliklerin minimum olduğu ve literatürde elde edilmiş son analiz yöntemleri kullanılarak yapılmalıdır. Yoksa birçok bilinmeyen göz ardı edilerek yapılan analizler yanlış değerlendirmelerle sonuçlanabilir. Bunun sonrasında zeminin diğer tüm jeolojik-jeoteknik özellikleri bir bütün içinde analiz edilerek karar verilmelidir.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Aksaray il merkezinin büyük bir kısmında yüzeyleyen Holosen yaşlı çökellerin jeolojik-jeoteknik değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda, ilk olarak inceleme alanının genel jeolojik çalışması yapılmış, bölgedeki birimlerin mühendislik özelliklerinin tespiti için arazide ölçüm, deney ve gözlemler yapılmıştır. Ayrıca araziden alınan zemin örneklerinin laboratuvar çalışmaları ile mühendislik özellikleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak yapılan bu arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen verileri şu şekilde sıralayabiliriz;

- ✓ Aksaray il merkezine ait yapılan genel jeoloji çalışmaları sonucunda 5 birim ayırtlanmıştır. Bu birimlerin stratigrafik dizilimi aşağıda sunulmuştur.
  - Yeni alüvyon (Kuvaterner)
  - Eski alüvyon (Kuvaterner)
  - Uzunkaya Formasyonu (Pliyosen)
  - Mezgit Formasyonu (Oligo-Miyosen)
  - Karapınar Formasyonu (Paleosen-Eosen)
- ✓ Çalışma alanında 16 adet sondaj lokasyonunda yapılan arazi deney verileri ve alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçları kullanılarak jeolojik ve jeoteknik özellikleri ortaya konmuştur.
- ✓ Sondaj kuyularında yapılan SPT (Standart Penetrasyon Testi) sonuçlarına göre taşıma güçleri bulunmuştur. Taşıma gücü sonuçlarına bakıldığında, % 18,75' nin 0-1,0 kg/cm<sup>2</sup> arasında, % 56,25' nin 1-1,5 kg/cm<sup>2</sup> arasında, % 25' nin 1,5-2,0 kg/cm<sup>2</sup> arasında değerler aldığı görülmüştür. Buna göre incelenen alandaki temel zeminlerin % 81,25' nin taşıma gücü 1 kg/cm<sup>2</sup>' den büyüktür.
- ✓ Çalışma alanındaki her sondaj kuyusunun yeraltı su seviyesi belirlenmiş ve yer altı su seviyesinin 3–9 m arasındaki derinlikte değiştiği görülmüştür. Çalışma alanındaki temel derinlikleri ortalama 3–3,5 m arasında değişmektedir. Bu derinlik

## KAYNAKLAR

- [1] Elhatip, H., Aksaray ilindeki su kaynakları ve çevre sorunları, Aksaray, 2002.
- [2] Ketin, İ., Anadolu'nun tektonik birlikleri, MTA Bülteni, 66, 20-34, 1966.
- [3] Hamilton, W. J., Researches in Asia Minor, Pontus and Armenia, London, 2, 1842.
- [4] Chaput, E., Voyages d' études géologiques et géomorphologiques en Turquie, Mem. Inst. Franc. D' Archeol., İstanbul II, 312 pp, 1936.
- [5] Baykal, F., Kırıkkale - Kalecik ve Keskin-Bala mıntıklarında jeolojik etütler, MTA Enst., Derleme Rap. No:1448, 1941.
- [6] Tromp, S. W., Niğde - İncesu - Tuz gölü arasında derleme, No. 1456 M.T.A. Enstitüsü, Ankara, 1942.
- [7] Buchardt, W. S., Orta Anadolu'da yapılan 1/100000 ölçekli jeolojik harita çalışmaları hakkında rapor, M.T.A. Enst. Der. Rap. No:1275 (Yayınlanmamış), 1954.
- [8] Oktay, A. C., Kayseri, Niğde ve Tuz gölü arasındaki bölgenin jeolojisi, MTA Raporu No: 2252, 1954.
- [9] Westereld, J., Phases of neogene and quaternary volcanism In Asia Minor, Congr. Geol. Internat. XX Sess. Sec. 1, Mexico, 1956.
- [10] Savosa, A., Aksaray-Acıgöl-Yeşilhisar (Nevşehir) bölgesinin jeolojisi ve petrol imkanları, MTA Rap. No: 2842, 1961.
- [11] Ayan, M., Contribution a l'etude petrographique et geologique de la region situee an North-East de Kaman, M.T.A.Yayını, No.15, Ankara, 332 s., 1963.
- [12] Ketin, İ., 1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası, Kayseri Paftası İzahnamesi, MTA Yayını s., 83, 1963.

- [13] Beekman, P. H., Hasandağı-Melendizdağı bölgesindeki Pliyosen ve Kuvaterner volkanizma faaliyetleri, MTA Dergi, 66. Ankara, 88-104, 1966.
- [14] Batum, J., Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi, Yerbilimleri Dergisi, 4(1-2), 59-69, 1978.
- [15] Seymen, İ., Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması, Türkiye Jeoloji Bülteni, 24(2), 101- 108, 1981.
- [16] Ercan, T., Yıldırım, T., Akbaşlı, A., Türkiye 7. petrol kongresi bildiri özetleri, Ankara, 1987.
- [17] Önen, A. P. ve Unan, C., Kaman (Kırşehir) kuzeydoğusunda bulunan gabroların minerolojisi, petrografisi ve jeokimyası, Türkiye Jeoloji Bülteni, 31(1), 23-28, 1988.
- [18] Baş, H. ve Koçak, K., Ortaköy (Niğde) yöresinin jeolojisi., S.Ü. Araştırma Fonu, Proje No 88/40, Konya, 1989.
- [19] Yıldız, M., Yeken, T., Onak, A., Aksaray civarının jeolojisi ve Aksaray belediyesi bahçeli kent toplu konut alanı zemin özelliklerinin jeofizik ve jeoteknik değerlendirmesi, (yayınlanmamış rapor), Aksaray, 2002.
- [20] Güllü, B., Mamasun yöresi (Aksaray) magmatik kayalarının jeolojik, petrografik ve jeokimyasal incelemesi, Yüksek lisans tezi, Aksaray, 2003.
- [21] Göncüoğlu, M. C., 1977. Geologie des westlichen massive: Bonn University, Ph. D. Thesis, 181s. Ankara (Yayınlanmamış), 1977.
- [22] Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşcu, İ., Erler, A. ve Olgun, E., Orta Anadolu masifinin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1-Güney Kesim: TPAO Rapor No. 2909, 140 s.,(Yayınlanmamış) 1991.
- [23] Şengör, A. M. C. and Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181-241, 1981.

- [24] Göçmez, G., Aksaray sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi, Aksaray, 1997.
- [25] Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Herece, E., Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri, Türkiye İnşaat Mühendisleri IX. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, I, 231-245, 1987.
- [26] Seed, H. B. and Whitman, R. V., Desing of earth retaining structures for dynamic loads, Proceedings, ASCE specialty conference on lateral stresses in the ground and desing of earth retainning structures, 103-47, 1970.
- [27] Whitlow, R., Basic soil mechanics, Fourth Edition, Prentice Hall, Prenti ve Education Limited, 479-486, 2001.
- [28] Terzaghi, K., and Peck, R. B., Soil mechanics in engineering practice, John Wiley, New York, 1948.
- [29] Aytekin, M., Deneysel zemin mekaniği kitabı, Teknik Yayınevi, Ankara, 2004.
- [30] Leonards, G.A., (Editor), Foundation engineering, Mc Graw Hill Book Comp, 1336 p., USA, 1962.
- [31] Bishop, A. W., and Henkel, D.J., The measurement of soil properties in the triaxial test, Edward Arnold Publishers Ltd., London, UK, 1974.
- [32] Cernica, J.N., Geotechnical engineering soil mechanics, Wiley, Inc, New York, 1995.
- [33] Meyerhof, G.G., Penetration test and bearing capacity of cohesionless soils, J. Soil Mech. and Foundation Div., ASCE, 82,1-19, 1956.
- [34] Meyerhof, G.G., Ultimate bearing capacity of footings on sand layer overlying clay, Geotech. Journal, 2, 2, 1974.

- [35] Peck, R.B., Hanson, W.E. and Thornburn, T.H., Foundation engineering, Wiley, New York, 1974.
- [36] Craig, S., Soil mechanics, Chapman-Hall, London, 1993.
- [37] Tokimatsu, K. and Yoshimi, Y., Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT-N value and fines content, Soils Found, 23(4), 56–74, 1983.
- [38] Ulusay, R., Uygulamalı jeoteknik bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 2001.
- [39] Terzaghi, K. and Peck, R.B., Soil mechanics in engineering practice, 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley and Sons, New York, 1967.
- [40] Şekercioğlu, E., Yapıların projelendirilmesinde mühendislik jeolojisi, Jeoloji Müh. O. Yayınları, No:28 Ankara, 1998.
- [41] Ulusay, R., Zemin sıvılaşması, Mavi Gezegen-Popüler Yerbilimleri Dergisi, 2, 47-56, 2000.
- [42] Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S. and Sato, H., Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. In: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Microzonation, Seattle, 3, 1319–1330, 1982.
- [43] Seed, H.B. and Idriss, I.M., Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. J Soil Mech Found Div, ASCE, 97 (SM9), 1249–1273, 1971.
- [44] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H., Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils, J Geotech and Geoenviron Eng, 817–833, 2001.

- [45] Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H. and Gokceoglu, C., An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey, *Eng Geol*, 74, 265–291, 2004.
- [46] Seed, H.B., Tokimatsu, K., Hander, L.F. and Chung, R.M., Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations, *J Geotech Eng Div ASCE* 111(2), 1425–1445, 1984.
- [47] Skempton, A.W., Standart Penetration test procedures and the effects in sand of overburden pressure, relative density, particle size, aging and over consolidation, *Geotechnique*, 36(3), 425-447, 1986.
- [48] Day, R.W., Jeoteknik deprem mühendisliği el kitabı, çeviri, Mollamahmutoğlu, M., Kayabalı, K., Gazi Kitabevi, Ankara, 2004.
- [49] Kramer, S. L., *Geotechnical earthquake engineering*, Prentice Hall, New Jersey, 79–82, 1996.
- [50] Tosun, H. and Ulusay, R., Engineering geological characterization and evaluation of liquefaction susceptibility of foundation soils at a dam site, southwest Turkey. *Environ Eng Geosci* 3(3), 389–409, 1997.
- [51] Ulusay, R. and Kuru, T., 1998 Adana-Ceyhan (Turkey) earthquake and a preliminary microzonation based on liquefaction potential for Ceyhan town, *Natural Hazards*, 32, 59-88, 2004.
- [52] Sonmez, H., Modification to the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction-prone area (Inegol-Turkey), *Environ Geology*, 44(7), 862–871, 2003.
- [53] Seed HB, Idriss IM., *Ground motions and soil liquefaction during earth-quakes*, Earthquake Engineering Research Institute University of California, Berkeley, 1982.

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-1

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ: B.BÖLCEK MH.		Derinlik (m): 9,45m.		Sayfa No:									
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 588800,46		YERALTI SUYU DURUMU											
SONDAJ METH. : 9,45m.		KOORDİNAT Y: 4249135,04		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA								
BAŞ. TARİHİ : 20.03.2006				4,5-5m.			VAR								
BİTİŞ TARİHİ : 20.03.2006															
ZEMİN KOTU : 950m.															
SONDÖR :															
Sonda Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
					15	30	45								
1	1,5m SPT			UD									Bitkisel Top.		
2													Kahve renkli siltli-çakıllı-ince kum		
3	3m.SPT				10	12	10								
4	4,5m.SPT				ÇAKILDAN DOLAYI YAPILMADI								gri renkli çakıllı-kum		
5					1	2	3								
6	6m.SPT												grimsi-yeşil renkli, organik, yapışkan. Yumuşak ince kumlu-siltli-kil		
7	7,5m.SPT				3	3	4								
8													açık kahve renkli siltli-ince-orta kum		
9	9m.SPT				10	12	14								
10															
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ-			AYRIŞMA DERECESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)					
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)			RQD(%)										
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Çok Katı N: 14-30 Çok Katı N:30 Sert		N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı			0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi			W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.		< 1 Masif 1-3Az ÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış					

|

|

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-2

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ:EREĞLİKAPI MH.		Derinlik (m): 10m.	Sayfa No:		
MAKİNE TİPİ	: BASKILI ZEMİN	KOORDİNAT X: 589817,53 KOORDİNAT Y: 4248814,81		YERALTI SUYU DURUMU			
SONDAJ METH.	:10m.			DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA
BAŞ. TARİHİ	:21.02.2006			6,5-7m.			VAR
BİTİŞ TARİHİ	:21.02.2006						
ZEMİN KOTU	:950m.						
SONDÖR	:						

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
					15	30	45								
1	1,5m SPT													Bitkisel	
2														Griimsi kahve renkli siltli-ince çakıllı-kum	
3	3m.SPT			UD	6	9	12								
4														yeşilimsi gri renkli yumuşak killi-silt	
5	4,5m.SPT				3	3	5								
6														griimsi-yeşil renkli,yumuşak siltli ince kum	
7	6m.SPT				3	5	8								
8														kahve renkli ,yumuşak, yapışkan, siltli-kil	
9	7,5m.SPT				3	4	4								
10														kahve renkli siltli ince kum	
	9m.SPT				ÇAKILDAN DOLAYI YAPILMADI										

ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT			KAYA NİTELİĞİ		AYRIŞMA DERESESİ(W)	ÇATLAK SIKLIĞI (# m)
İnce Taneli(Kohezyonlu)	İri Taneli(Kohezyonsuz)		RQD (%)			
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı		0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi		W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış	< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-3

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ:EREĞLİKAPI		Derinlik (m): 9,50m.		EK:							
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 590075,49		YERALTI SUYU DURUMU									
SONDAJ METH. :9,50m.		KOORDİNAT Y: 4248059,98		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA						
BAŞ. TARİHİ :14.03.2006				3-,3,5m			VAR						
BİTİŞ TARİHİ :14.03.2006													
ZEMİN KOTU :950m.													
SONDÖR :													
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %		
Muh. Borusu	Darbe Sayısı												
15	30	45											
1	1,5m SPT											Bitkisel	
2												kahve renkli yumuşak, yapışkan, siltli-kil	
3	3m.SPT			UD	2	2	1						
4												yeşilimsi-gri renkli,organik siltli-killi-kum	
4,5m.SPT					2	4	4						
5												kahvemsigri renkli,organik siltli-kil	
6	6m.SPT				3	4	5						
7												kahve renkli killi-siltli-ince kum	
7,5m.SPT					4	5	7						
8												kahvemsigri renkli, siltli-kil	
9	9m.SPT				5	6	6						
10													
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ-			AYRIŞMA DERECESİ		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)			
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)			RQD(%)								
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 14-30 Çok Katı N:30 Sert	N: 0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı				0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi			W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ay r. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.	< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış				

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-4

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ:HASAS MH.		Derinlik (m): 6,00m.		Sayfa No:									
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 589507,82		YERALTI SUYU DURUMU											
SONDAJ METH. : 6,00m.		KOORDİNAT Y: 4250282,49		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA								
BAŞ. TARİHİ : 24.02.2006				7,5-8m.			VAR								
BİTİŞ TARİHİ : 24.02.2006															
ZEMİN KOTU : 950m.															
SONDÖR :															
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
					15	30	45								
1	1,5m SPT			UD									Bitkisel Top.		
2													Kahve renkli , seyrek ince çakıllı-killi-kum		
3	3m.SPT				7	9	9								
4	4,5m.SPT				5	7	8						gri renkli ince çakıllı kum		
5															
6	6m.SPT				DOLGUDAN DOLAYI YAPILMADI										
7	7,5m.SPT														
8															
9	9m.SPT														
10															
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ-			AYRIŞMA DERESESİ(W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)					
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)			RQD(%)										
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Katı N: 14-30 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı			0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi			W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.		< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış						

6,00 metre'den sonra yaklaşık 1,00 m.kadar çakıl ve kum dolgusundan dolayı ilerleme sağlanamadı.

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-5

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ: B.BÖLCEK		Derinlik (m): 9,45m.	Sayfa No:		
MAKİNE TİPİ	: BASKILI ZEMİN	KOORDİNAT X: 588458,99 KOORDİNAT Y: 4249808,82		YERALTI SUYU DURUMU			
SONDAJ METH.	: 9,45m.			DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA
BAŞ. TARİHİ	: 2002.2006			5-5,5m.			VAR
BİTİŞ TARİHİ	: 20.02.2006						
ZEMİN KOTU	: 950m.						
SONDÖR	:						

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
15	30	45													
1	1,5m SPT			UD	ÇAKILDAN DOLAYI YAPILMADI								Bitkisel Top.		
2													Açık Kahve renkli killi-siltli-çakıllı-ince kum		
3	3m.SPT														
4	4,5m.SPT				4	4	6						grimsi yeşil renkli yapışkan, organik, siltli-ince kumlu-kil		
5															
6	6m.SPT				4	6	8						grimsi yeşil renkli gevşek killi-siltli-ince çakıllı-iri kum		
7															
8	7,5m.SPT				7	11	14								
9	9m.SPT				7	11	10								
10															

ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT				KAYA NİTELİĞİ	AYRIŞMA DERECESİ(W)	ÇATLAK SIKLIĞI (# m)
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)		RQD(%)		
N: 0-2	Ç.Yumuşak	N: 0-4	Çok Gevşek	0-25	Ç.Zayıf	W1TazeAyrışma
3-4	Yumuşak	N: 10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2Az Ayrışmış
5-8	Orta Katı	N: 31-50	Sıkı	50-75	Orta	W3OrtaDer. Ayr.
N: 9-13	Çok	N: >50	Çok Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış
Katı	N: 14-30			90-100	Çok İyi	W5Tam Ayrış.
Katı	N:30	Sert				< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış

TEMEL SONDAJ LOGU

EK - 6

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ:K.BÖLCEK		Derinlik (m): 9,45m.		Sayfa No: Ek									
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 588194,23		YERALTI SUYU DURUMU											
SONDAJ METH. :9,45m.		KOORDİNAT Y: 4250036,17		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA								
BAŞ. TARİHİ : 17.01.2006				4,5-5,m.			VAR								
BİTİŞ TARİHİ : 17.01.2006															
ZEMİN KOTU :950m.															
SONDÖR :															
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh.Borusu	Darbe Sayısı									
					15	30	45								
1	1,5m SPT			UD										Bitkisel Top.	
2					YAPILMADI									Kahve renkli kumlu-kil	
3	3m.SPT				3	8	10								
4	4,5m.SPT				10	6	3							kahvemsigri renkli siltli-kum	
5														gri renkli çakılı-kum	
6	6m.SPT				4	3	5								
7														gri renkli siltli-kum	
8	7,5m.SPT				4	4	7								
9	9m.SPT				6	7	7							kahve renkli ince kumlu-killi-silt	
10														kahve renkli siltli-kil	
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ				AYRIŞMA DERECESİ(W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)				
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)			RQD(%)										
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Katı N: 14-30 Çok Katı N:30 Sert		N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı			0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi				W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.		< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış				

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-7

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ:NAKKAŞ MH.		Derinlik (m): 9,50m.		Sayfa No:							
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KORDİNAT X: 588207,17		YERALTI SUYU DURUMU									
SONDAJ METH. :9,50m.		KORDİNAT Y: 4250389,14		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA						
BAŞ. TARİHİ : 07.06.2006				6,5-7			VAR						
BİTİŞ TARİHİ : 07.06.2006													
ZEMİN KOTU :950m.													
SONDÖR :													
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %		
Muh. Borusu	15	30	45										
1													Bitkisel Top.
2	1,5m SPT												Kahve renkli siltli-kil
3	3m.SPT			UD	8	8	9						
4	4,5m.SPT												Açık kahve renkli siltli-ince çakıllı-ince-orta kum
5													gri renkli ince çakıllı-ince-orta kum
6	6m.SPT				9	10	10						
7													yeşilimsi-gri renkli,yumuşak,yapışkan ,organik, siltli-kil
8	7,5m.SPT				2	2	4						
9	9m.SPT				2	8	8						koyu gri renkli,gevşek ince çakıllı-kum
10													yeşilimsi-koyu gri renkli, siltli-ince kum
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ				AYRIŞMA DERECESİ(W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)		
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)		RQD(%)		AYRIŞMA DERECESİ(W)							
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Çok Katı N:14-30 Çok Katı N:30 Sert		N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı		0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi		W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.				< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış			

TEMEL SONDAJ LOGU

EK - 8

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ: NAKKAŞ		Derinlik (m): 9,45m.	Sayfa No:
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN	SONDAJ METH. : 9,45m.	KOORDİNAT X: 589351,26		YERALTI SUYU DURUMU	
BAŞ. TARİHİ : 16.03.2006	BİTİŞ TARİHİ : 16.03.2006	KOORDİNAT Y: 4249860,15		DERİNLİK	TARİH SAAT AÇIKLAMA
ZEMİN KOTU : 950m.	SONDÖR :			6,5-7	VAR

Sonda Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karat Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
15	30	45													
1	1,5m SPT											Bitkisel Top.			
2												Kahve-kızıl renkli siltli-kil			
3	3m.SPT			UD	10	15	20								
4												sarımsı kahve renkli siltli-kum			
5	4,5m.SPT				10	12	11								
6												kahve renkli kumlu-siltli-kil			
7	6m.SPT				3	5	7								
8															
9	7,5m.SPT														
10															
9	9m.SPT														
10															

ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT				KAYA NİTELİĞİ	AYRIŞMA DERECESİ(W)	ÇATLAK SIKLIĞI (# m)
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)		RQD(%)		
N: 0-2 Ç.Yumuşak	N: 3-4 Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	N: 5-10 Gevşek	0-25 Ç.Zayıf	W1TazeAyrışma	< 1 Masif
N: 5-8 Orta Katı	N: 9-13 Orta Katı	N: 11-30 Orta	N: 31-50 Sıkı	25-50 Zayıf	W2Az Ayrışmış	1-3AzÇatlaklıKırıklı
N: 14-30 Çok Katı	N: 30 Sert	N: >50 Çok Sıkı		50-75 Orta	W3OrtaDer.Ayr.	10-Kırıklı
				75-90 İyi	W4 Ayrışmış	50ÇokÇat.-Krk
				90-100 Çok İyi	W5Tam Ayrış.	>50 Parçalanmış

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-9

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ: NAKKAŞ MH		Derinlik (m): 10,00m.		Sayfa No: Ek								
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 589253,74		YERALTI SUYU DURUMU										
SONDAJ METH. :10,00m.		KOORDİNAT Y: 4250118,48		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA							
BAŞ. TARİHİ : 22.09.2006							YOK							
BİTİŞ TARİHİ : 22.09.2006														
ZEMİN KOTU :950m.														
SONDÖR :														
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması	
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi
Muh. Borusu	Darbe Sayısı													
15	30	45												
1	1,5m SPT													Bitkisel Top.
2														Kahve renkli, ince kumlu-siltli-kil
3	3,5m.SPT			UD	5	10	12							
4	4,5m.SPT				7	14	16							Açık Kahve renkli, siltli-az killi-ince-orta taneli kum
5														
6	6m.SPT				Çakıldan dolayı yapılamadı									Çakıllı-Kum
7	7,5m.SPT				7	9	10							
8														Kırmızımsı-kahve renkli, yumuşak, yapışkan,siltli-kumlu-kil
9	9m.SPT				6	6	7							
10														
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ-		AYRIŞMA DERECESİ(W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)					
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)			RQD(%)									
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Katı N: 14-30 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı	0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi		W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.		< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış								

TEMEL SONDAJ LOGU

EK - 10

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ:NAKKAŞ		Derinlik (m): 9,50m.		EK:	
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 588728,72		YERALTI SUYU DURUMU			
SONDAJ METH. :9,50m.		KOORDİNAT Y: 4250022,79		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA
BAŞ. TARİHİ : 13.03.2006				5-5,5m.			VAR
BİTİŞ TARİHİ :13.09.2006							
ZEMİN KOTU :950m.							
SONDÖR :							

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deneyi Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karat Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
					15	30	45								
1	1,5m SPT			UD									Bitkisel Top.		
2													Açık kahve renkli Siltli Kil		
3	3m.SPT				6	9	5						Kahve renkli Siltli-Kum		
4	4,5m.SPT				8	7	3						Kahve renkli Siltli-Kil		
5															
6	6m.SPT				3	4	3						Grimsi-kahve renkli Çakıllı-Kum		
7															
8	7,5m.SPT				10	9	10								
9	9m.SPT				3	4	8								
10															

ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT				KAYA NİTELİĞİ	AYRIŞMA DERESESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI (# m)																	
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)		RQD(%)																			
N: 0-2 Ç.Yumuşak	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-8 Orta Katı	N: 9-13 Çok Katı	N:0-4 Çok Gevşek	N:5-10 Gevşek	N:11-30 Orta	N:31-50 Sıkı	N: >50 Çok Sıkı	0-25 Ç.Zayıf	25-50 Zayıf	50-75 Orta	75-90 İyi	90-100 Çok İyi	W1TazeAyrışma	W2Az Ayrışmış	W3OrtaDer.Ayr.	W4 Ayrışmış	W5Tam Ayrış.	< 1 Masif	1-3AzÇatlaklı	3-10 Kırıklı	10-50ÇokÇat.-Krk	>50 Parçalanmış



TEMEL SONDAJ LOGU

EK-12

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ: PAŞACIK MH.		Derinlik (m): 9,45m.											
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 589125.08		YERALTI SUYU DURUMU											
SONDAJ METH. : 9,45m.		KOORDİNAT Y: 4248579.31		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA								
BAŞ. TARİHİ : 22.02.2006				3,5-4,m.			VAR								
BİTİŞ TARİHİ : 22.02.2006															
ZEMİN KOTU : 950m.															
SONDÖR :															
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karat Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
					15	30	45								
1														Bitkisel Top.	
2	1,5m SPT													Kahve renkli siltli-kil	
3	3m.SPT			UD	6	8	8								
4	4,5m.SPT				5	9	12							kahve renkli siltli-ince kum	
5														grimsi-kahve renkli seyrek çakıllı-siltli-kum	
6	6m.SPT				2	2	4							kahve renkli yapışkan az kumlu-kil	
7	7,5m.SPT				7	11	13							gri renkli ince çakıllı-kum	
8															
9	9m.SPT				2	2	4							kahve renkli seyrek çakıllı-kumlu-kil	
10															
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ-			AYRIŞMA DERECESESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)					
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)			RQD(%)										
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Katı N: 14-30 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı			0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi			W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.		< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış						

TEMEL SONDAJ LOGU

EK- 13

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ:ŞİFAHANE		Derinlik (m): 8,50m.		YERALTI SUYU DURUMU							
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 589973.46		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA						
SONDAJ METH. :8,50m.		KOORDİNAT Y: 4251222.36					YOK						
BAŞ. TARİHİ : 09.03.2006													
BİTİŞ TARİHİ :09.03.2006													
ZEMİN KOTU :950m.													
SONDÖR :													
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %		
Muh. Borusu	Darbe Sayısı												
15	30	45											
1	1,5m SPT												Bitkisel Top.
2													Kızıl renkli seyrek ince çakıllı-kumlu-kil
3	3m.SPT			UD	4	5	5						
4	4,5m.SPT												kızıl renkli ince kumlu-kil
5													
6	6m.SPT												kızıl renkli siltli-kil
7													
8	7,5m.SPT												kumlu-iri blok boyutunda çakıl
9	9m.SPT												
10													8,50 metreden sonra yaklaşık 1,00 metre çakıl ve kum dolgusundan dolayı ilerleme sağlanamadı.
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ			AYRIŞMA DERECESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)			
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)			RQD(%)								
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Katı N: 14-30 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı			0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi			W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.		< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış				

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-14

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ:ŞİFAHANE				Derinlik (m): 9,50m.									
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 590171.28 KOORDİNAT Y:4250440.61				YERALTI SUYU DURUMU									
SONDAJ METH. :9,50m.						DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA						
BAŞ. TARİHİ : 21.12.2006									YOK						
BİTİŞ TARİHİ : 21.12.2006															
ZEMİN KOTU :950m.															
SONDÖR :															
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
					15	30	45								
1	1,5m SPT			UD									Bitkisel Top.		
2													kızıl-Kahve renkli, ince iri çakıllı-kumlu-kil		
3	3,5m.SPT				17	8	12						kızıl-kahve renkli az killi-siltli- kum		
4	4,5m.SPT				ÇAKILDAN DOLAYI YAPILMADI								kızıl-kahve renkli iri blok boyutunda çakıllı-kum		
5													Kızıl-Kahve renkli killi-kum		
6	6m.SPT				11	14	15						kızıl-kahve renkli blok boyutunda çakıllı-kum		
7	7,5m.SPT				12	9	12						kızıl-kahve renkli killi-kum		
8													kızıl-kahve renkli blok boyutunda çakıllı-kum		
9	9m.SPT				ÇAKILDAN DOOLAYI İPTAL EDİLDİ								kızıl-kahve renkli killi-çakıllı-kum		
10															
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ			AYRIŞMA DERECESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)					
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)			RQD(%)										
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Katı N: 14-30 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı			0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi			W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.		< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış						

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-15

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ: HASAS MH.		Derinlik (m): 9,50m.	
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 589675.12		YERALTI SUYU DURUMU	
SONDAJ METH. : 9,50m.		KOORDİNAT Y: 425002.33		DERİNLİK	TARİH
BAŞ. TARİHİ : 08.08.2006				9,00m	SAAT
BİTİŞ TARİHİ : 08.08.2006					AÇIKLAMA
ZEMİN KOTU : 950m.					VAR
SONDÖR :					

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin DeneYleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre DeneY Seviyeleri	Vane DeneYi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
					15	30	45								
1	1,5m SPT													Bitkisel Top.	
2														Kahve renkli Siltli-kil	
3	3,5m.SPT			UD	7	8	7								
4	4,5m.SPT				4	7	8							Kahve renkli, Kumlu-siltli-kil.	
5															
6	6m.SPT				6	3	4							Kahve renkli, Siltli-kum	
7															
8	7,5m.SPT				4	3	5							Killi-siltli-kum	
9															
10	9m.SPT				2	2	1								

ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT				KAYA NİTELİĞİ	AYRIŞMA DERECESESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI (# m)
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)		RQD(%)		
N: 0-2	Ç.Yumuşak	N: 3-4	Yumuşak	0-25	Ç.Zayıf	W1TazeAyrışma
N: 5-8	Orta Katı	N: 9-13	Orta Katı	25-50	Zayıf	W2Az Ayrışmış
N: 14-30	Çok Katı	N: 31-50	Sıkı	50-75	Orta	W3OrtaDer.Ayr.
N: 30	Sert	N: >50	Çok Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış
				90-100	Çok İyi	W5Tam Ayrış.
						< 1 Masif 1-3Az ÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış

TEMEL SONDAJ LOGU

EK-16

MÜTEAHHİT		SONDAJ YERİ: KILIÇASLAN		Derinlik (m): 9,50m.											
MAKİNE TİPİ : BASKILI ZEMİN		KOORDİNAT X: 589250,56		YERALTI SUYU DURUMU											
SONDAJ METH. : 9,50m.		KOORDİNAT Y: 4249168,38		DERİNLİK	TARİH	SAAT	AÇIKLAMA								
BAŞ. TARİHİ : 04.01.2006				4,5-5,m.			VAR								
BİTİŞ TARİHİ : 04.01.2006															
ZEMİN KOTU : 950m.															
SONDÖR :															
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deneyi Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karat Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı									
					15	30	45								
1	1,5m SPT				YAPILMADI								Bitkisel Top.		
2													Çok yapışkan kil		
3	3m.SPT				2	2	2								
4	4,5m.SPT			UD	2	3	5								
5													Çakıllı kum		
6	6m.SPT				4	2	5								
7													Siltli kil		
8	7,5m.SPT				3	4	6						Kum		
9	9m.SPT				2	4	5						Organik kil		
10															
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ-			AYRIŞMA DERECESESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)					
İnce Taneli(Kohezyonlu)		İri Taneli(Kohezyonsuz)			RQD(%)										
N: 0-2 Ç.Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-13 Katı N: 14-30 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı			0-25 Ç.Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi			W1TazeAyrışma W2Az Ayrışmış W3OrtaDer.Ayr. W4 Ayrışmış W5Tam Ayrış.		< 1 Masif 1-3AzÇatlaklıKırıklı 3-10 Kırıklı 10-50ÇokÇat.-Krk >50 Parçalanmış						