

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFŞİN-ELBİSTAN HAVZASI ÇÖLLÖLAR BÖLGESİNDEKİ KUVATERNER  
ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet KORKUT  
505141334**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Jeoloji Mühendisliği Programı**

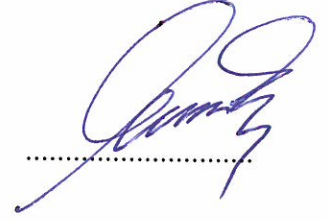
**Tez Danışmanı: Doç. Dr. E.Vural YAVUZ**

**ARALIK, 2017**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505141334 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet KORKUT, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AFŞİN-ELBİSTAN HAVZASI ÇÖLLÖLAR BÖLGESİNDEKİ KUVATERNER ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Doç. Dr. Enver Vural YAVUZ**  
İstanbul Teknik Üniversitesi



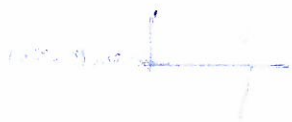
**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Naki AKÇAR**  
Bern Üniversitesi



**Yrd. Doç. Dr. Kayhan DEVELİ**  
İstanbul Teknik Üniversitesi



**Teslim Tarihi** : 17 Kasım 2017  
**Savunma Tarihi** : 28 Aralık 2017



*Aileme,*



## ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bana bilgi ve deneyimlerini aktaran, fikirleri ile yoluma ışık tutan, yapıcı ve yönlendirici tutumuyla bana yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Enver Vural YAVUZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez süresi boyunca İsviçre'de beni bilimsel açıdan yönlendiren ve İsviçre'deki laboratuvarlarda çalışma imkanı sağlayan sevgili Doç. Dr. Naki AKÇAR'a, GIS konusunda bıkmadan, sabırla, yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Cengiz ZABCI'ya, tez dönemi boyunca fikir alışverişinde bulunduğum sevgili meslektaşım Arş. Gör. Müge YAZICI'ya, zemin mekaniği konusunda yardımcı olan Prof Dr. Martin STOLZ laboratuvar çalışmalarında fikirleriyle bana yardımcı olan ve benden desteğini esirgemeyen değerli Fransızca NYFENNEGGER'e, fikir alışverişinde bulunduğum değerli arkadaşım End. Müh. Serkan EREN'e teşekkür borçluyum.

Bugünlere gelmemde emekleri büyük olan, beni yetiştiren, karşılaştığım güçlüklerde, her türlü sıkıntıda ve mutlulukta her zaman yanımda olan ve maddi-manevi beni destekleyen ailem; babam Enver KORKUT'a, annem Elif KORKUT'a, her anımda yanımda hissettiğim, sabrı ve desteğiyle bana güç veren hayat arkadaşım, değerli eşim Gözde OĞUZ KORKUT'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Aralık 2017

Mehmet KORKUT  
(Jeoloji Mühendisi)





## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
SEMBOLLER .....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET .....	xix
SUMMARY .....	xxiii
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı .....	1
1.2 Çalışma Alanı .....	1
1.2.1 İklim ve bitki örtüsü.....	3
<b>2.GENEL JEOLJİ.....</b>	<b>5</b>
2.1 Literatür Çalışması .....	5
2.2 Bölgenin Genel Jeolojisi.....	7
2.3 Bölgenin Stratigrafisi.....	10
2.3.1 Karasal çökeller.....	10
2.3.1.1 Siltli-kumlu-çakıllı birimler .....	10
2.3.1.2 Lehm .....	14
2.3.2 Göl çökelleri.....	14
2.3.2.1 Gıda .....	14
2.3.2.2 Linyit .....	15
2.3.2.3 Taban kili .....	16
2.3.2.4 Temel kireçtaşı .....	16
2.4 Bölgenin Tektonik Yapısı.....	18
2.5 Elbistan Havzası'nın Jeolojik Gelişimi .....	21
<b>3.HİDROJEOLJİ .....</b>	<b>25</b>
3.1 Geçirimsiz Ortam (Gz).....	26
3.2 Yarıgeçirimsiz Ortam (gz) .....	26
3.3 Yarıgeçirimli Ortam (gç).....	27
3.4 Geçirimli Ortam (Gç) .....	27
3.5 Geçirimli Daneli Ortamlar (Gçt) .....	28
<b>4.MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>31</b>
4.1 Doğal Su İçeriği Tayini .....	33
4.2 Tane Boyu Analizi.....	34
4.3 Likit Limit Deneyi .....	37
4.4 Plastik Limit Deneyi.....	38
4.5 Enslin-Neff Deneyi.....	39
4.6 Ödometre Deneyi.....	40
4.7 Laboratuvar Vane Testi .....	41
4.8 Doğrudan (Direk) Kesme Deneyi.....	43

5.BULGULAR.....	45
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	67

## KISALTMALAR

<b>BKB</b>	: Batı-Kuzeybatı
<b>CH</b>	: Yağlı Kil
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetreküp
<b>DGD</b>	: Doğu-Güneydoğu
<b>dk</b>	: Dakika
<b>g</b>	: Gram
<b>G</b>	: Güney
<b>GD</b>	: Güneydoğu
<b>GEO-EAS</b>	: Geostatistical Environmental Assessment Software
<b>GGB</b>	: Güney-Güneybatı
<b>HY</b>	: Sondaj Adı
<b>K</b>	: Kuzey
<b>KB</b>	: Kuzeybatı
<b>KKD</b>	: Kuzey-Kuzeydoğu
<b>km</b>	: Kilometre
<b>km<sup>2</sup></b>	: Kilometrekare
<b>kN</b>	: Kilonewton
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>MH-ML</b>	: Kumlu Silt
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik Arama
<b>Na (PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub></b>	: Sodyum Hegzametafosfat
<b>PB</b>	: Sondaj Adı
<b>sn</b>	: Saniye
<b>UD</b>	: Örselenmemiş Numune
<b>USCS</b>	: Unified Soil Classification System



## SEMBOLLER

°	: Derece
°C	: Santigrat derece
C <sub>U</sub>	: Kayma Direnci
C <sub>UD</sub>	: Örselenmemiş Numune Kayma Direnci
C <sub>R</sub>	: Yeniden Şekillendirilmiş Numune Kayma Direnci
D	: Dane Boyu
D <sub>60</sub>	: Dane Boyu (%60)
D <sub>10</sub>	: Dane Boyu (%10)
F	: Güvenlik Katsayısı
I <sub>P</sub>	: Plastisite İndeksi
S <sub>t</sub>	: Hassasiyet Derecesi
W <sub>L</sub>	: Likit Limit
W <sub>P</sub>	: Plastik Limit



## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 : Jeohidrolik ortam türleri adlaması ve önceki karşılıkları (Öztaş, 1998).....	26
Çizelge 5.1 : Numunelerin doğal su içeriği sonuçları.....	45
Çizelge 5.2 : Ödometre deney sonuçları.....	52
Çizelge 5.3 : Laboratuvar vane testi deney sonuçları.....	53
Çizelge 5.4 : Direk kesme deneyi sonuçları.....	56
Çizelge 5.5 : Hassasiyet derecesi sınıflamaları.....	57





## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Afşin-Elbistan Havzası Çöllolar bölgesinin yer bulduru haritaları.....	2
Şekil 1.2 : Afşin-Elbistan Havzası Çöllolar bölgesinde meydana gelen kütle hareketleri.....	2
Şekil 2.1 : Elbistan Havzası'na ait jeoloji haritası (Staesche, 1972'den değiştirilmiştir).....	11
Şekil 2.2 : Afşin Elbistan Havzası genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Besbelli,2009).....	12
Şekil 2.3 : 719/68 numaralı sondaj logu.....	13
Şekil 2.4 : Çöllolar sektörü üstte siltli-kumlu -çakıllı birimler, altta kireçtaşı (Alabaş, 2010).....	14
Şekil 2.5 : Çöllolar sektörü gidya biriminden bir görünüm (Alabaş, 2010).....	15
Şekil 2.6 : Çöllolar sektörü kömür biriminden bir görünüm.....	16
Şekil 2.7 : Çöllolar sektörü taban kili biriminden bir görünüm (Alabaş, 2010).....	17
Şekil 2.8 : Çöllolar sektörü kireçtaşı biriminden bir görünüm (Alabaş, 2010).....	17
Şekil 2.9 : Bölgenin tektonik tarihçesini anlatan şematik gösterim (Steache,1972).....	20
Şekil 3.1 : Afşin Elbistan Havzası Çöllolar bölgesi hidrojeoloji haritası.....	30
Şekil 4.1 : Sondaj lokasyonu haritası.....	31
Şekil 4.2 : HY-3 kuyusuna ait UD-28 No' lu UD numunesi.....	32
Şekil 4.3 : Tomografi tarama işlemi ve UD-28 numunesi.....	32
Şekil 4.4 : HY-3 UD-28 numunesinin pres makinesinden çıkarılma işlemi.....	33
Şekil 4.5 : Memmert marka etüv ve Rotronic sıcaklık log cihazı.....	34
Şekil 4.6 : HY-5 UD-60 numunesine ait tartma işlemi.....	34
Şekil 4.7 : Retsch AS200 eleme makinesi ve ıslak ve kuru elek serisi.....	35
Şekil 4.8 : Islak eleme aşamaları.....	35
Şekil 4.9 : Hidrometre (çöktürme) analizi.....	36
Şekil 4.10 : Likit limit deneyinde kullanılan araç gereçler.....	37
Şekil 4.11 : Cassagrande deney aleti ile likit limit deneyi.....	38
Şekil 4.12 : Plastik limit deneyi.....	39
Şekil 4.13 : Enslin-Neff deneyi.....	40
Şekil 4.14 : Ödometre deney aletleri.....	40
Şekil 4.15 : Laboratuvar vane testi deney aleti.....	42
Şekil 4.16 : Doğrudan (direk) kesme deney aleti.....	43
Şekil 5.1 : UD-28 tane boyu dağılımı (0,063-8 mm).....	46
Şekil 5.2 : HY-3 UD28 Nolu numuneye ait tane boyu dağılımı grafiği.....	46
Şekil 5.3 : HY-4 UD44 ve UD 46 numunelerin tane boyu dağılımı.....	47
Şekil 5.4 : HY-4 UD-44 ve UD-46 Nolu numunelere ait tane boyu dağılımı grafiği.....	47
Şekil 5.5 : HY-5 UD-59 ve UD-60 Nolu numunelere ait tane boyu dağılımı grafiği.....	48
Şekil 5.6 : UD-59 ve UD-60 numuneleri tane boyu dağılımı.....	48

<b>Şekil 5.7</b> : Fluvial ve göl çökellerine ait karakteristik dane boyu dağılımları (Schindler ve Nievergelt, 1990). .....	49
<b>Şekil 5.8</b> : Numunelerin plastisite kartında gösterimi (Dakshanamurty ve Raman 1973 tarafından önerilen). .....	50
<b>Şekil 5.9</b> : Aktivite şişme potansiyeli grafiği ( Van Der Merwe, 1964). .....	51
<b>Şekil 5.10</b> : Vane yay grafiği. ....	52
<b>Şekil 5.11</b> : UD-44 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.....	53
<b>Şekil 5.12</b> : UD-28 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.....	54
<b>Şekil 5.13</b> : UD-46 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.....	54
<b>Şekil 5.14</b> : UD-59 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.....	55
<b>Şekil 5.15</b> : UD-60 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.....	55
<b>Şekil 5.16</b> : UD-60 numunesi doğrudan (direk) kesme deneyi sonuçları. ....	56
<b>Şekil 5.17</b> : 200 kN yük altında HY-5 UD-60 örselenmemiş numune. ....	57
<b>Şekil 5.18</b> : UD-44 ve UD-60 numaralı örneklerin Skempton ve Northey (1952)'ye göre hassasiyet sınıflaması. ....	58

## AFŞİN-ELBİSTAN HAVZASI ÇÖLLÖLAR BÖLGESİNDEKİ KUVATERNER ÇÖKELLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

### ÖZET

Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan Afşin Elbistan Havzası; yaklaşık 900 km<sup>2</sup>'lik alana ve deniz seviyesinden ortalama 1200 m yüksekliğe sahiptir. Havza tabanında ana kayayı karstik kireçtaşları oluşturmaktadır. Kireçtaşları ise yaklaşık 100 m kalınlığında kil tabakası tarafından örtülmüştür. Killerin üzerinde 20-50 m arasında linyit serisi, Linyitin üzerinde ise gıdya çökelleri yer yer linyit aralanmalı olarak çökeltmiştir. Tüm bu istif Kuvaterner çökelleri tarafından örtülmüştür. Havzada; ekonomik değeri yüksek olan linyit serisi Kışlaköy ve Çöllolar sahalarında açık işletme yöntemi ile çıkarılmaktadır. Çöllolar açık ocak işletmesinde; 6 Şubat 2011 tarihinde güneybatı şevinde ve 10 Şubat 2011 tarihinde kuzeydoğu şevinde olmak üzere iki adet kütle hareketi meydana gelmiştir. Bu iki kütle hareketi arasında ikinci ve büyük olan hareket kuzeydoğu şevinin yenilmesinden kaynaklanmış ve hareket eden malzeme yaklaşık 2 km<sup>2</sup> alan kaplamıştır. İlkinde 1 kişi, ikincisinde ise 10 kişi hayatını kaybetmiştir.

Daha önceki çalışmalarda, Kahramanmaraş ili, Afşin-Elbistan ilçesi, Çöllolar bölgesinde meydana gelen kütle hareketlerinin oluş nedenleri, hareketleri tetikleyen parametrelerin neler olduğu hakkında henüz ortak bir görüş oluşmamıştır. Bölgede yapılacak olan çalışmalarla bu konu açıklığa kavuşturulmak istenmektedir.

Çöllolar bölgesinin bir bölümüne ait çökellerde yapılan çalışmaların mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla farklı lokasyonlarda toplam 6 adet sondaj açılmış ve açılan sondajlardan 10 cm çapında ve 75 cm uzunluğunda 64 adet UD (örselenmemiş) numunesi alınmıştır.

Alınan UD numuneleri tomografi cihazında tam kesit olarak taranmış, tarama sonrasında tüplerin içerisindeki numunelerin fiziksel durumları incelenmiş olup hasar gören ya da görmeyen numuneler tespit edilmiş ve deney yapmaya elverişli olan numuneler ayrılarak gruplandırılmıştır. Bu numuneler içinden seçilen 5 adet UD numunesi bu tez çalışmasında kullanılmıştır.

Seçilen numuneler mekanik bir alet yardımı ile tüplerden çıkarılmış ve numunelerin yerinde su içeriklerini tayin etmek amacıyla doğal su içeriği deneyi yapılmıştır. Bu deneyden elde edilen sonuçlar diğer deneylerde elde edilebilecek sonuçlara katkı sağlaması açısından önemlidir. Deneyler sonucunda numunelerin doğal su içerikleri %28-33 arasında değişmektedir.

Zeminlerin tane boyu dağılımlarını bulabilmek ve dağılımdan elde edilen sonuçlardan zeminin bulunduğu paleo-ortamı yorumlayabilmek amacıyla tane boyu analizleri yapılmıştır. UD-59 numaralı numune homojen, UD-28, UD-44, UD-46 ve UD-60 numaralı numunelerin heterojen dağılım göstermiştir ve ince taneli delta çökelleri ve göl ortamını niteledikleri gözlemlenmiştir. 8-0,063 mm tane boyutuna kadar ıslak ve kuru eleme; 0,063'ten küçük malzeme için hidrometre analizi yapılmıştır.

Atterberg kıvam limitlerine göre; likit limit değerleri %39-86 arasında bulunmuş, plastik limit değerleri ise yaklaşık %29-36 arasında hesaplanmıştır. Daha sonra plastite indisi için %11-50 arasında değerlere ulaşılmıştır. Bu sonuçlar, Raman 1973 tarafından modifiye edilen Cassagrande plastisite abağına yerleştirilerek zemin numunelerinin dahil olduğu gruplar ortaya çıkarılmış, tane boyu dağılımları ve Atterberg limitleri ile numunelerin hangi zemin sınıfına ait olduğu USCS'e (Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi) göre belirlenmiştir. HY-3 sondajına ait 35,90-36,65 m aralığında alınan UD-28 numunesi CH (yağlı kil) olarak, HY-4 sondajına ait 28,07-28,47 m aralığında alınan UD-44 ve 29,22-29,97 m aralığında alınan UD-46 numuneleri ML (kumlu silt), HY-5 sondajına ait 28,25-29,00 m aralığında olan UD-59 ve 3,50-34,25 m derinlikten alınan UD-60 numuneleri CH sembollerinde olup yağlı kil olarak tanımlanmıştır.

Atterberg kıvam limitlerinden numunelerin plastisite indisi-kil yüzdesi grafiği oluşturulup Van der Merwe aktivite abağı yardımıyla aktivite grafiği hazırlanmıştır. Grafiğe göre numunelerden; UD-44 ve UD-46'nın düşük, UD-28'in yüksek, UD-59'un yüksek aktiviteye ve UD-60'm ise çok yüksek aktiviteye sahip oldukları görülmüştür. Bu aktivite değerleri hassasiyet dereceleri ile kıyaslanınca düşük aktiviteye sahip zemin malzemelerinin düşük hassasiyete, çok yüksek aktiviteye sahip numunelerin ise az hassasiyete sahip olduğu görülmüştür.

Gerçekleştirilen Enslin-Neff deneyi, zemin numunelerinin su alma kapasitesini ölçmek amacıyla yapılmıştır. 1 g deney numunesinin alabileceği su miktarları ölçülmüştür. Deneyde ilk artan su içeriği değeri kapilariteyi gösterirken, en son ulaştığı sınır zeminlerin şişebilme özelliğini göstermektedir. Enslin-Neff deney sonuçlarına göre numunelerin su alma kapasitesi %58-83 arasında değişmektedir.

Ödometre deneyi sonucunda numunelerin ıslak başlangıç yoğunlukları 1,7-1,9 g/cm<sup>3</sup>, deney sonundaki ıslak yoğunlukları ise 2,0 g/cm<sup>3</sup>, kuru haldeki başlangıç yoğunlukları 1,2-1,5 g/cm<sup>3</sup> ve deney sonundaki kuru yoğunlukları 1,4-1,6 g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Zeminlerin kayma mukavemetlerinin doğrudan belirlenmesinde uygulanan deneylerden bir tanesi de laboratuvar vane deneyidir. Laboratuvar vane deneyi; arazide yapılan vane deneyine benzer nitelikte olan laboratuvar ortamında yapılan deneydir. Bu deneyde zeminlerin hassaslık dereceleri doğrudan hesaplanabilmektedir. Ancak deney, araziden alınan örselenmemiş numune üzerinde uygulanamamış sadece yeniden şekillendirilmiş numuneler üzerinde uygulamıştır. Bu sebeple sadece kayma mukavemetleri bulunabilmiştir. Deney sonucunda yeniden şekillendirilmiş numunelerin kesme dayanımı değerleri hesaplanırken yoğunluklarının arazideki yoğunluğa eşit ya da yakın olmasına özen gösterilmiştir. Laboratuvar vane deneyinde kullanılan numune kabının hacmi ve ağırlığı bilindiğinden numunelerin yoğunlukları hesaplanabilmiştir. Deneye başlamadan önce numune kabına konulan malzemelerin 1,7-1,8 g/cm<sup>3</sup> arasında değişen yoğunluklara sahip olduğu gözlenmiştir. Bu yoğunluklar hesaplanırken ödometre deneylerinden elde edilen yoğunluklar dikkate alınmıştır. Vane testi kesme dayanımı yay-1 abağı kullanılarak içerdeki açı değerine karşılık gelen kesme dayanımı değerleri hesaplanmıştır. Abaktan elde edilen okumalar sonucunda 5-29 kN/m<sup>2</sup> arasında değişen değerler belirlenmiştir.

UD-44 ve UD-60 numunelerinin hassaslık derecelerinin saptanması için ilk olarak örselenmemiş numunelerin kesme parametreleri ve daha sonra da yeniden şekillendirilmiş numunelerin kesme parametreleri hesaplanmıştır. Örselenmemiş numune kesme gerilmesi ile yeniden şekillendirilmiş numune kesme gerilmeleri oranı

hassasiyet derecesini vermektedir.

Kayma parametrelerinin belirlenmesi amacıyla drenajlı doğrudan (direk) kesme deneyi yapılmıştır. 44 ve 60 nolu numuneler üzerinde uygulanan direk kesme deneyi hesaplarına göre numune kesme parametrelerinden içsel sürtünme açılarının maksimum değerleri kabaca  $12-26^\circ$ , kalıcı değerler ise kabaca  $6-13^\circ$  arasında değişmiştir. Kohezyon değerleri ise maksimum değerlerde  $43-139 \text{ kN/m}^2$ , kalıcı değerlerde ise  $32-85 \text{ kN/m}^2$  arasında bulunmuştur. Hassasiyet dereceleri, UD-44 nolu numunede 200 kN için 1,2, 400 kN için 1,5 ve 800 kN için 1,7 olarak, UD-60 nolu numunede ise 200 kN için 1,9, 400 kN için 1,9 ve 800 kN için 1,4 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sonucunda çalışma alanındaki zeminlerin hassaslık dereceleri, Skempton ve Northey (1952) sınıflamasına göre az hassasiyetli zemin kategorisine girmektedir.

Hassas killer daha çok Kanada ve Norveç’de olduğu gibi buzul çökellerinde görülen killerden oluşmaktadır. Ancak Afşin Elbistan heyelanı malzemesi buzul ortamında çökelmiş bir malzemedir meydana gelmemesine rağmen hassas kil özelliği göstererek, heyelanların oluşumları ve oluşum ortamı farklılıkları açısından dikkat çekmektedir.



# INVESTIGATION OF THE ENGINEERING PROPERTIES OF QUATERNARY SEDIMENTS AT AFSIN-ELBISTAN BASIN COLLULAR REGION

## SUMMARY

Afşin Elbistan basin, which is located in the Southeastern of Turkey, has an area of approximately 900 km<sup>2</sup> and an average altitude of 1200 m above mean sea level. At the base, karstic limestones form the main rock. The karstic limestones are covered by a clay layer with a thickness about 100 m. A series of lignite deposits, which have the thickness of 20-50 m, overlie the clay layer. Above lignite layer, gytja was deposited. This entire sequence is covered by the Quaternary sediments. The lignite series, which are highly profitable, had been excavated in the Kışlaköy and Çöllolar Region by using open pit mining method at the basin formed in the lake environment.

Two landslides, of which the first one occurred on the southwestern slope on February 6, 2011, and the second one occurred on the northeastern slope on February 10, 2011 in Çöllolar open pit mining. The second and the largest landslide of them resulted from the failure of the northeastern slope and the landslide material covered an area about 2 km<sup>2</sup>. In the first landslide 1 person and in the second landslide 10 people lost their lives.

In previous studies, there was not a common opinion about the reasons of mass movements and what parameters triggered these movements in the Kahramanmaraş Province, the Afşin-Elbistan District, the Çöllolar Region. It is desired to clarify this issue by the work to be done in the region.

Totally 6 boreholes were opened at different locations to determine the engineering properties of the Quaternary sediments at the Çöllolar Region. 64 undisturbed (UD) samples which are 10 cm in diameter and 75 cm in length were taken from the drilled holes.

The UD samples were scanned in full section by the tomography device. After the scanning process, the physical conditions of the samples in the tubes were examined to observe whether samples were damaged or not. The samples suitable for the experimental study were separated from other samples. 5 UD samples selected from these samples were used in this thesis study.

The selected samples were removed from the tubes by a mechanical tool, and natural water content test was conducted in order to determine the in-situ water content of the samples. Results obtained from this experiment are important in terms of contribution for further experiments. As a result of the experiment, the natural water content of the samples varies between 28% and 33%.

According to the results of analyses, it was observed that UD-59 samples had homogeneous distribution, yet the UD-28, UD-44, UD-46, UD-60 samples had heterogeneous distribution, and characterized by fine-grained delta sediments and lake environment.

The wet and dry sieve analyses and hydrometer analysis were used to determine grain size distribution. The grains having size from 8 mm to 0,063 mm were tested by using wet and dry sieve analysis, and the other grains having size less than 0,063 mm were tested by using hydrometer analysis.

According to the Atterberg limits, liquid limit values were found between 39% and 86%. The plastic limit results were measured between 29% and 36%. With the results obtained from these two experiments, the plasticity index was measured between 11% and 50% values. The groups in which the soil sample was included were found by putting those samples into the Cassagrande plasticity chart modified by Raman (1973). By using the data of grain size distributions and Atterberg limits obtained from various experiments, soil class of the samples was determined according to the USCS (Unified Soil Classification System).

UD-28 sample taken from the 35,90-36,65 m range from the HY-3 borehole was determined as CH (fat clay). UD-44 sample taken from the 28,47-28,47 m range and UD-46 sample taken from the 29,22-29,97 m range from the HY-4 borehole were resulted in ML (sandy silt), respectively. UD-59 sample taken from the depth of 28,25-29,00 m range and UD-60 sample taken from the depth of 3,50-34,25 m range from HY-5 borehole were defined as CH (fat clay).

Plasticity index-clay percentage graph of samples from Atterberg consistency limits was prepared, and activity graph was prepared with help of Van der Merwe (1964) activity subdivision. According to the graph, UD-44 and UD-46 have low activity, UD-28 has moderate activity, UD-59 has high activity and UD-60 very high activity. By comparing the degrees of sensitivity and activity values, soil samples with low activity have been found to have low sensitivity whereas soil samples with relatively very high activity have been found to have less sensitivity.

The Enslin-Neff test was conducted to measure the water uptake capacity of soil samples. The amount of water that 1 g test sample can be taken was measured. In the experiment, the first increasing water content value indicates the capillarity, where the top value refers to the degree of swelling of the soil. According to Enslin-Neff test results, the water uptake capacity varies between 58% and 83%.

As a result of the oedometer test, the initial wet densities of the samples were 1,7-1,9 g/cm<sup>3</sup>, where final wet densities were 2,0 g/cm<sup>3</sup>. The initial dry densities were 1,2-1,5 g/cm<sup>3</sup>, where final dry densities were determined as 1,4-1,6 g/cm<sup>3</sup>.

One of the tests which is applied to determine the shear strength of the soil is vane test. It enables to calculate the degrees of sensitivity of soils directly. The undisturbed samples were not able to be used for vane test. Hence, laboratory vane experiment was carried out with only reshaped samples obtained from undisturbed samples. Therefore, the only value obtained from vane test is shear strength of soil samples. They had densities ranging between 1,7-1,8 g/cm<sup>3</sup>. When these densities are found, the densities obtained from the oedometer experiments are taken into account. Shear strength was determined from the vane test by using spring-1 abutment. The shear strength values corresponding to the angle on abutment face were determined.

According to the laboratory vane test results, average value is 15 kN/m<sup>2</sup> for remoulded shear strength of UD-28, average value is 15 kN/m<sup>2</sup> for UD-44, average value is 10 kN/m<sup>2</sup> for UD-46, average value is 25 kN/m<sup>2</sup> for UD-59 and average value is 22 kN/m<sup>2</sup> for UD-60 sample.



Direct shear test was applied in order to determine the shear parameters. For the calculation of degree of sensitivity of UD-44 and UD-60 samples, firstly the shear parameters of undisturbed samples were calculated and then the shear parameters of remoulded samples were determined. The ratio between the shear strength of undisturbed and remoulded samples refers to the degree of sensitivity. According to the direct shear test calculations, applied on sample 44 and 60, the peak values of internal shear angles vary between 12 and 26 degrees, and the residual values are ranged from 6 to 13 degrees. The cohesion values were found between 32-139 kN/m<sup>2</sup>.

Based on experiments carried out, sensitivity for sample UD-44 were found as 1,2 for 200 kN, 1,5 for 400 kN and 1,7 for 800 kN. The sensitivity were determined as 1,9 for 200 kN, 1,9 for 400 kN and 1,4 for 800 kN for sample UD-60. These values fall into the class of less sensitive soil according to Skempton and Northey (1952) the classification of the sensitivity of soil. Engineering properties of soil such as internal friction angle, cohesion and index properties of soils show harmony between the Çöllolar field and the Norwegian sediments.

UD-44 and UD-60 were chosen between 5 UD samples. Since these two samples were completely different from each other according to the grain size analysis and atterberg limit. According to the direct shear test, the 200 kN load did not cause any changes in the seating of material. The UD-60 clay sample had previously been subjected to a load more than 200 kN and the 200 kN load showed no effect on the vertical behaviour of the material. On the other hand, 400 kN had caused a change in vertical position.

Sensitive clay deposits mostly consist of clays seen in the glacial environment as in Canada and Norway. However, Afşin-Elbistan basin is one of the distinctive basins in the world which includes sensitive clay even it was not formed in the glacial environment.



## **1. GİRİŞ**

### **1.1 Tezin Amacı**

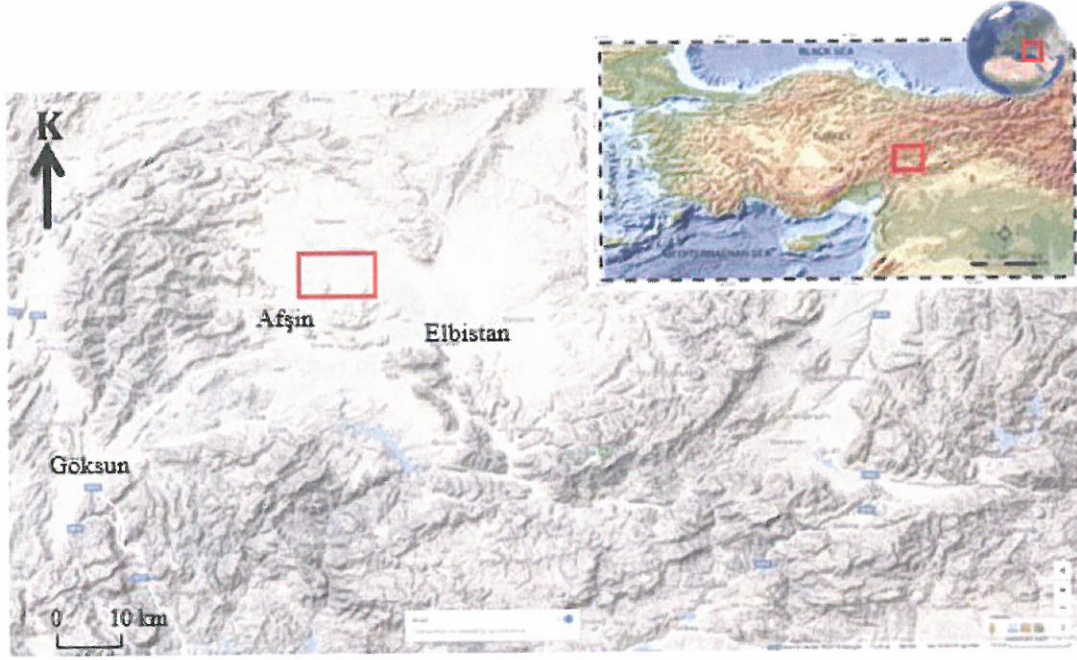
Kahramanmaraş iline bağlı Afşin-Elbistan Havzası, Çöllolar bölgesindeki açık ocak işletmesinde 6 Şubat 2011 tarihinde güneybatı şevinde ve 10 Şubat 2011 tarihinde kuzeydoğu şevinde olmak üzere iki adet kütle hareketi meydana gelmiştir. Daha önceki çalışmalarda, bu bölgede meydana gelen kütle hareketlerinin oluş nedenleri, kütle hareketlerini tetikleyen parametrelerin neler olduğu hakkında henüz ortak bir görüş oluşmamıştır. Bölgede yapılacak olan çalışmalarla bu konu açıklığa kavuşturulmak istenmektedir. Söz konusu iki farklı kütle hareketinin oluş mekanizmaları ve karakteristikleri birbirinden farklı olup, hareketlerin nasıl oluştuğunun ve bunları tetikleyen değişkenlerin neler olduğunun belirlenmesi, ayrıca ileride oluşabilecek yeni heyelanların önlenmesi amacıyla havzada bir araştırma başlatılmıştır.

Çöllolar bölgesindeki Kuvaterner çökellerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, bu tez çalışmasının ana temasını oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda açılan sondajlardan alınan 64 UD numunesinin içerisinden seçilen 5 adet UD numunesi kullanılarak tane boyu analizi, likit limit, plastik limit, ödometre deneyi, laboratuvar vane testi, Enslin-Neff deneyi ve doğrudan (direk) kesme deneyi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, devam eden diğer çalışmanın sonuçlarıyla birleştirilerek hareketin oluş mekanizması ve malzemenin hareketi nasıl etkileyeceği belirlenecektir.

### **1.2 Çalışma Alanı**

Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan Afşin Elbistan Havzası, yaklaşık 900 km<sup>2</sup> alana ve deniz seviyesinden 1200 m yüksekliğe sahiptir. Elbistan iç havzası kuzeyde Anti-Toroslar güneyde ise Doğu Torosların arasında yer almakta ve havzanın 100 km doğusunda Malatya, 73 km güneybatısında Kahramanmaraş bulunmaktadır. Havzaya adını veren Elbistan, batısında bulunan Afşin ile birlikte Kahramanmaraş iline bağlı

Binboğa, Nurhak ve Engizek dağları ile çevrelenen yerleşim yerleridir. Çalışma alanı; Elbistan'a 30 km ve Afşin'e 14 km'lik bir asfalt yolla bağlanmıştır. Şekil 1.1'de, Afşin-Elbistan Havzası'nın yer bulduru haritası gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : Afşin-Elbistan Havzası Çöllolar bölgesinin yer bulduru haritaları.



Şekil 1.2 : Afşin-Elbistan Havzası Çöllolar bölgesinde meydana gelen kütle hareketleri.

Şekil 1.2' de Çöllolar bölgesinde 6 Şubat 2011 tarihinde meydana gelen ilk kütle hareketi 0,43 km<sup>2</sup> alan kaplamıştır. Daha sonra meydana gelen ikinci ve daha büyük kütle hareketi yaklaşık 900 m genişliğinde ve 700 m uzunluğunda olup 2,3 km<sup>2</sup> alan kaplamıştır. Kayan malzeme kabaca 50 milyon metreküp hacminde olup çok kısa sürede kazı alanını doldurmuştur.

### **1.2.1 İklim ve bitki örtüsü**

Büyük bir bölümü Akdeniz bölgesi sınırları içerisinde yer alan, coğrafi alan olarak Doğu Anadolu bölgesinin Yukarı Fırat bölümünün en batı kesiminde bulunan ve deniz etkisinden uzakta olan çalışma alanı karasal iklim etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları nispeten soğuk ve kar yağışlıdır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 9,9°C'dir. Ortalama en yüksek sıcaklık 35,9°C ile en sıcak ay Ağustos ayıdır. Bitki örtüsü tek düze olup, özellikle dere kenarlarındaki söğüt ve selvi ağaçları tipik bitki örtüsünü oluşturur.



## 2. GENEL JEOLJİ

### 2.1 Literatür Çalışması

Afşin-Elbistan Havzası'na yönelik detaylı çalışmalar 1966-1969 yılları arasında Alman firması Otto-Gold ve Maden Tetkik Arama (MTA) işbirliği ile linyit varlığına, oluşumuna ve yayılımına yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sonucunda kalorisi düşük linyit rezervinden bol miktarda bulunmuştur.

Staesche ve Schloemer (1972), Afşin-Elbistan Neojen Havzası ve civarının genel jeolojisini incelemişler ve linyit rezervleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Yapılan jeoloji çalışmasında Kuvaterner birimler ayrı ayrı tanımlamış ve haritalanmıştır.

Özbek ve Güçlüer (1977), Maraş-Elbistan Çöllolar sektöründe yaptıkları hidrojeolojik çalışmalar ile temel kayayı oluşturan kireçtaşlarının akifer özellik taşıdığını saptamışlar ve süreksizlikler ile bu birimden kömür işletme sahasına su gelişi olacağını belirtmişlerdir.

Gürsoy ve diğ. (1981), Çöllolar, Hurman ve Sinekli köyleri arasında kalan alanda yaptıkları çalışmalar neticesinde linyit rezervi tespit etmişlerdir. Linyit damarlarından alınan numuneler Pliyosen yaşında bulunmasına rağmen, gıdya birimi içerisindeki Ostrocod fosillerinden dolayı yaşlarının Pliyosen-Pleyistosen olmasının daha doğru olacağı kanaatine varmışlardır.

Perinçek ve Kozlu (1984), Afşin, Elbistan, Doğanşehir arasında kalan alandaki birimlerin stratigrafisi ve birbirleriyle ilişkilerini incelemişlerdir. Çalışmalar sonucunda Kızıldağ ve Afşin arasındaki alanda bulunan kömür damarlarının kalın olduğunu tespit etmişlerdir.

Kürkçü ve diğ. (1993), Afşin-Elbistan Çöllolar sektörünü jeostatistiksel yöntemlerle tekrardan çalışmışlardır. Bu çalışmanın neticesinde, Taylor yaklaşımını kullanan 'Contur-II ve Reserve-Coal' programları ve kriging yöntemini kullanan 'GEO-EAS' programından elde edilen rezerv miktarları karşılaştırılmış ve önemli bir fark olmadığı gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada jeostatistiksel yöntemlerin hata oranını en aza indirebileceği sonucuna varılmıştır.

Gökmen ve diğ. (1993) tarafından, Afşin-Elbistan Havzası hakkında derlenen bilgilerde, linyit içeren birimlerin temelini Neojenden önce oluşan yaşlı kayaçların oluşturduğu söylenmiştir.

Öztürk (1994) tarafından yapılan bir çalışmada, Afşin-Elbistan açık işletmesinde sert kayaç problemi ve bu problemin işletmeyi nasıl etkileyeceği araştırılmıştır. Bunun yanı sıra işletmede basamaklara göre sert kayaç hacimleri belirlenmiştir. Sert kayaç tabakasının şevdeki pozisyonuna bağlı olarak kazıcıların çalışma teknikleri incelenmiştir. Taşların bertaraf edilmesi için uygulanabilecek yöntemler ortaya konmuş ve bu yöntemler maliyet ve verimlilik açısından karşılaştırılmıştır.

Çöllolar sektörü üzerinde Dağ (1997) tarafından yapılmış 305 adet sondaj verisi jeostatistiksel yöntemler ile değerlendirilerek sektörün blok modeli oluşturulmuş, bir yazılım geliştirilerek açık işletmenin nihai sınırları tespit edilmiş ve üretim planlaması yapılmıştır.

Ural (1999) tarafından Afşin-Elbistan Termik Santrali'nin düşük performansının nedenleri araştırılmıştır. Linyitlerin kalitesini belirleyen sınırlayıcı parametrelerin yetersiz olduğu belirlenmiştir. Kaliteyi belirleyen en önemli iki sınırlayıcı parametrenin Afşin-Elbistan linyitlerinin dayanım özellikleri ve ısı değeri ile kül oranı arasındaki orantı olduğu bilinmektedir. Düzeltilmiş darbe dayanım deneyi adı verilen bir yöntem geliştirilerek linyitlerin dayanımlarını belirleyebilmek amaçlanmıştır ve ayrıca farklı özelliklere sahip linyitlerin harmanlanması gerektiği belirtilmiştir.

Koçak (2000) tarafından Elbistan Linyit Havzası'ndaki C ve E sektörleri değerlendirilerek, iki sektörde bulunan işletilebilir linyit rezervinin 796 milyon ton olduğu ve havzanın batısına doğru çalışmalar yapılırsa daha fazla rezerv bulunabileceği belirtilmiştir.

Ergüder ve diğ. (2000); Kışlaköy açık ocak işletmesi doğu nihai şevlerinde yöredeki fayların doğrultu ve eğimlerinin tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmalar sonucunda mevcut fayların ocak işletme yönünde devam ettiğini belirtmişlerdir.

Kılıç ve Onur (2001) tarafından Kışlaköy açık ocak işletmesinin iç döküm sahasında dinamik duraylılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Deprem etkisi ve üç farklı su durumu dikkate alınarak "Bishop, Carter, Sarma" yöntemleri ile analizler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda deprem katsayısının hesaba katılması ve bütün olasılıklar göz önünde bulundurulduğunda herhangi bir kayma tehlikesinin olmadığı belirlenmiştir.



Akbulut ve diğ. (2007), Kışlaköy açık ocak işletmesinde yaptıkları şev stabilitesi çalışmaları sonrasında, mevcut yeraltı suyu koşullarına göre  $F=1,3$  güvenlik katsayısı için, genel şev açılarını batı şevlerinde  $8^\circ$ , doğu şevlerinde ise bölgelere göre  $9-12^\circ$  arasında olduğunu önermişlerdir. Linyit içinde oluşturulacak basamakların yüksekliğinin 25 m olması durumunda basamak şev açısının  $35^\circ$ , 30 m olması durumunda ise açının  $30^\circ$  olması önerilmiştir. İki veya daha fazla sayıda basamak için yapılan duraylılık analizleri sonucunda; tek basamağın yüksekliğinin 25 m olması durumunda basamak genişliğinin en az 90 m, yüksekliğin 30 m olması durumunda ise basamak genişliğinin en az 100 m olması önerilmiştir.

Gökmenoğlu ve diğ. (2008), Afşin-Elbistan Kömür Havzası'ndaki C ve D sahalarının hidrojeolojisi üzerine yaptıkları araştırmada, yeraltı suyu kaynaklarının kökenini, yüzey sularıyla ilişkisini, beslenimini ve yeraltı su tablasının akiferlere göre konumunu ve yönelimini göstermişlerdir.

Besbelli ve diğ. (2009), Afşin-Elbistan Havzası'nın jeoloji, rezerv ve hidrojeoloji raporlarını hazırlamışlardır.

Mert (2010) tarafından yapılan doktora tezi çalışmasında, öncelikle Afşin-Elbistan Linyit Havzası'na ait jeolojik ve sondaj verileri analiz edilerek tablosal veritabanları hazırlanmış, daha sonra madencilik faaliyetlerinde kullanılan sayısal tematik haritalar oluşturulmuş, konuma bağlı analizleri gerçekleştirme olanağına sahip 'Üretim Takip ve Planlama Bilgi Sistemi' yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılım yardımıyla, linyit üretimiyle eş zamanlı olarak üretim miktarı, ısıl değer, nem, kül gibi kalite verilerinin takip edilmesi ve stok kayıtlarının veritabanı olarak saklanması sağlanmıştır. Ayrıca, geliştirilen bilgi sistemi sayesinde arazi kullanım haritalarının hazırlanabilmesi ve ekrandan tanımlanabilen bir alandaki rezerv-kalite dağılımlarının belirlenmesi sağlanmıştır.

## **2.2 Bölgenin Genel Jeolojisi**

Havza kenarlarında ve havza tabanında bulunan, Mezozoyik ve Paleozoyik'e ait masif kalkerler genel olarak benzer yapıya sahiptirler ve fosil içerikleri yetersiz olduğundan tanımlanmaları da zorluk arz etmektedir. Buna karşılık diğer çökeller fosil bakımından zengin olmaları sebebiyle stratigrafik olarak rahatlıkla tanımlanabilmektedirler. Tersiyerde meydana gelen orojenik olaylar sonucunda, temelde birbirinden fasiyel ve

tektonik oluşum açısından farklı üç formasyon grubu ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan bu gruplar;

- 1- Yoğun tektonik gerilmeye maruz kalmış bulunan denizel Eosen çökelleri,
- 2- Zayıf gerilmeye maruz kalmış denizel Miyosen çökelleri,
- 3- Tüm havzayı dolduran gölsel Pliyosen çökelleridir (Steache, 1972).

Bazal çakılların üzerinde, kalın tabakalı ve yüksek oranda kireç içeriğine sahip yeşil-gri renkte, kısmen plastik özellikler gösteren, ama genel olarak sağlam killer bulunmaktadır. Bunlar yer yer ince kalınlıkta ya da mercek şeklinde kaba kırıntılı malzemeyle kesilmektedir. Pelitik bölüm üzerinde, linyit tabakalarının ilk kısımlarına rastlanmaktadır. Bu bölüm yoğun killi bir ortamdır ve linyit genellikle kil tabakaları tarafından kesintiye uğratılmıştır. Linyit tabakası üzerinde görülen kahverengi, humik gıdya tabakası, yer yer linyit ile daha sonra açık renkli bej, çoğunlukla beyaz renkli gıdya ile ardalanmalı olarak yer almaktadır. Bu bölgede gıdya olarak tanımlanan malzeme, konsolide olmamış, denizel ortamda çökelmiş fosillerin mekanik ayrışmaya uğramasıyla ortaya çıkan çökelleri tarif etmektedir. Bunlar genel olarak kireçli siltik aluvyonlar ile humik koyu kahve-siyah renkli turbalaşmış organik malzemeler arasında geçiş gösteren tabakalardır. Humik ve kireçli gıdya yumuşakça fosilleri açısından çok zengindir ve bunlar yer yer ince katmanlar şeklinde tabakalaşma göstermektedir. Bu ince tabakalaşma suyun drenajında önemli bir yer tutar ve bu tabaka içerisinde suyun iletilmesinde büyük bir rol oynamaktadır (Steache, 1972).

Gıdya biriminin üzerinde birkaç metre kalınlığındaki gölsel karbonat çökelleri bulunur. Bu çökeller, Çöllolar bölgesinin güney ve güneybatısında yoğun olarak gözlenmektedir. Bu bölgede kalınlıklar, havza kenarındaki kalınlıklara nazaran daha fazladır ve yaklaşık 5-7 m'lik bir kalınlığa erişmektedir. Bunlar konsolide olmuş, sağlam poroz bir yapı gösteren, fosilce zengin gri renkli çökellerdir. Gözenekli bir yapıya sahip olmalarına rağmen, gözeneklerin birbirleri ile bağlantıları çok kısıtlıdır ve bu özellikleri dolayısıyla "geçirimsiz" olarak etki yaptıklarından dolayı, alttaki gıdya tabakasının boşluk suyu basıncının yükselmesinde önemli rol oynamaktadır. Gölsel seri çoğunlukla mavimsi-grimsi, kireçli siltli killerle, yer yer de kalkerli konkresyonlarla son bulmaktadır. Gölsel serinin çökmesi büyük bir olasılıkla Pliyosende çok kısa bir süre devam etmiştir. Genel olarak havzada gölsel seri, uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı nehir çökelleri tarafından örtülmektedir. Bu çökeller,

ardalanmalı olarak sıralanmış iri çakıl, ince çakıl, kaba kum, kum ve nadiren silt yatakları olup genellikle çapraz tabakalanmaktadır. Bunlardan kaba taneli olan yataklar genelde çamurlu bir matrix içerisinde bulunmaktadır (Steache, 1972).

Taşınma yönüne bağlı olarak malzemenin dane boyutu havza içlerine doğru hızla azalmaktadır, böylelikle havzanın en derin kısmına doğru, Elbistan'ın kuzeybatısında, Kuvaterner çökelleri kahverengi killi siltler tarafından temsil edilmektedir (Lüttig, 1969).

Genel olarak havza kenar kısımlarında Kuvaterner çökellerinde birbirlerinden genetik olarak farklı iki yüzey şekli dikkati çekmektedir. Bunlar;

1. Çakıl konileri (Akarsu çakılı),
2. Yamaçlarda oluşan birikinti konileridir ya da kanallarıdır.

Her iki kaba daneli çökel de havzadaki göl çökellerini örtmektedir. Bunlar çapraz tabakalanma sebebiyle, yer yer linyit içeren havza çökellerine kadar inebilmekte ve stratigrafik anlamda Pliyosene kadar ulaşabilmektedir.

Çakıl konileri (akarsu çakılları): bunlar ağırlıklı olarak akarsu çökelleridir ve dik yamaçlarda büyük boyutlu tanelerin taşınmasında yerçekimi kuvveti çok önemli bir rol üstlenmektedir. Havzaya bağlanan dar yan yamaçlardan büyük bir hızla akan derelerin havzaya girişi sırasında taşınma kuvveti ani olarak düşmektedir. Eğimdeki ani azalma taşınma için önemli bir faktör olan yerçekimi bileşeninde de ani bir azalmaya sebep olmaktadır. Aynı zamanda akışın meydana geldiği kesitin ani olarak büyümesi de akış hızını belirgin bir şekilde azaltmaktadır. Buna bir de taşıyıcı olan suyun bir kısmının sızma ve buharlaşma yoluyla azalması da eklenince, malzeme havzaya doğru yelpaze şeklinde yayılmaya başlamaktadır. Bu yayılma birkaç yüz metreden birkaç kilometreye kadar uzayabilmektedir. Yayılma aşamasında doğal olarak malzemede bir sınıflama meydana gelmektedir ve kaba taneler hemen, daha ince taneler ise havzaya daha yakın kesimlere çökelmektedir. Düşey olarak da, yatay ortamdaki gibi aynı düzende bir yayılma söz konusudur. Genelde killi ve çamurlu bir matrix içerisinde çökelmiş bulunan daneler (çakıllar) yer yer kil ve çamurdan tamamen arınmış katmanlar halinde birikebilmektedir. Bu katmanlar yüksek tranmisivite (geçirgenlik) değerlerine sahip olduklarından, linyit üretimi sırasında çok büyük sorunlara sebebiyet vermektedir (Steache, 1972). Birikinti konileri (kanalları): bu tip ortamlarda ağırlıklı olarak karşılaşılan diğer bir karasal çökel de, yamaç birikinti

konileridir ya da kanallaradır. Burada taşınma için gerekli ana unsur yerçekimi kuvvetidir. Taşınma mesafesi az olmakla birlikte, malzeme bileşenleri genelde yuvarlaklaşmamış (kısmen köşeli) ve tane boyutu derecelendirilmemiştir. Bu ortamlar genelde killi bir içeriğe sahip olmalarına karşın çakıl konilerine nazaran daha dik bir yamaç açısına sahiptirler.

Elbistan Havzası'na ait jeoloji haritası Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

### **2.3 Bölgenin Stratigrafisi**

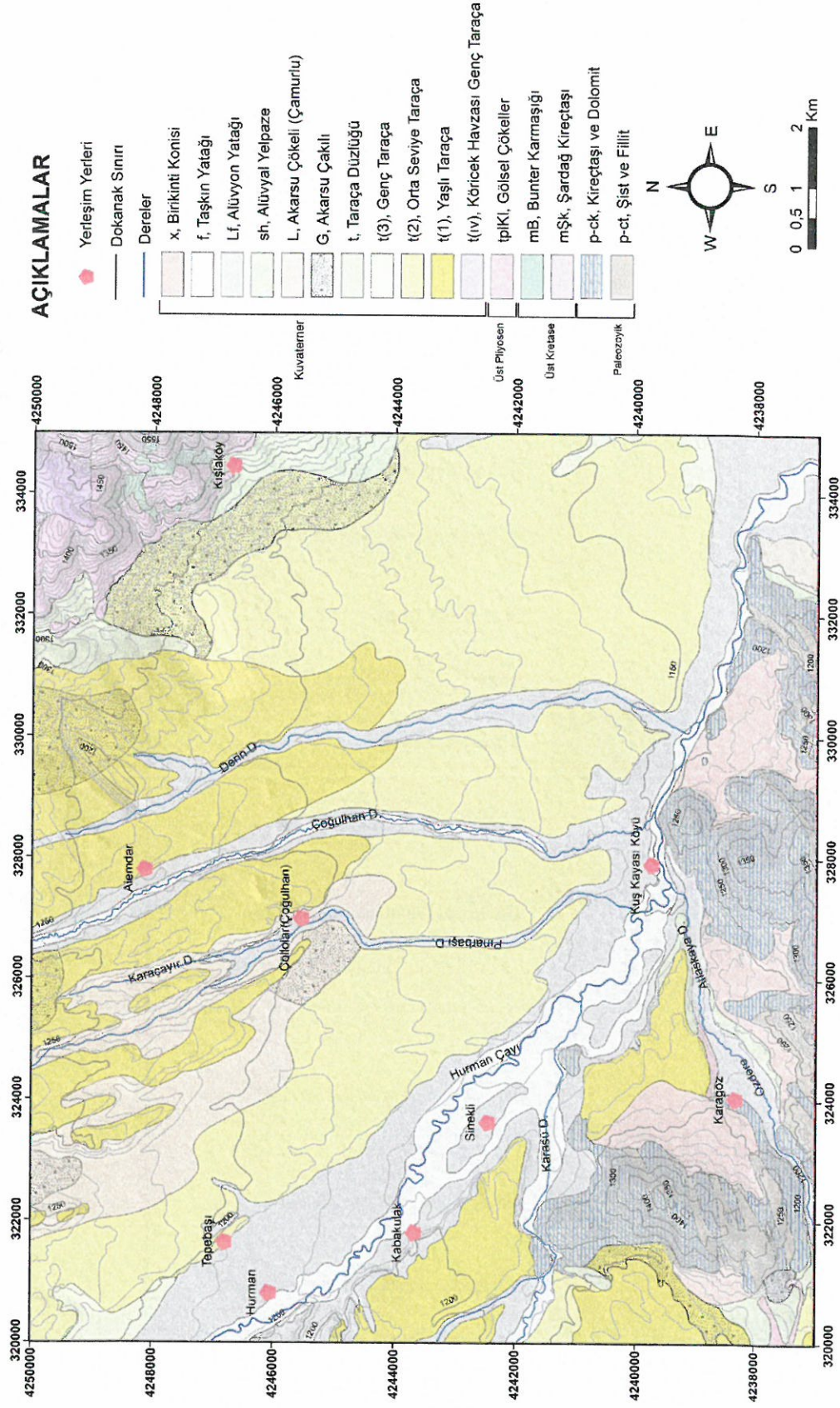
Kömür havzasının yaşı yaklaşık 5.3 milyon yıl önce başlayıp 1.8 milyon yıl önce biten Pliyosen dönemine aittir (Çenet, 2006). Bu havzanın temelini tektonostratigrafik özellikteki istifler oluşturmaktadır. Havzada Permilen-Karbonifer ve Jura - Kretase yaşlı allokton istiflerin; Eosen, Miyosen ve Pliyosen- Pliyo kuvaterner yaşlı istifler tarafından uyumsuz olarak üzerlendikleri gözlenmektedir (Besbelli ve diğ., 2009). Bu çalışmada birimler stratigrafik olarak en üstteki tabakadan en alttaki tabakaya doğru; karasal çökeller, göl çökelleri, taban kili ve temelde kireçtaşı olarak sıralanmaktadır. Şekil 2.2'de, çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti gösterilmektedir. Afşin-Elbistan Havzası Çöllolar bölgesinde açılmış olan 719/68 numaralı sondaj logu bölgesel stratigrafiyi sağlayıcı özellik göstermektedir (Şekil 2.3). Bu sondaj loguna göre temel kayayı oluşturan birimlere 550 m'de girilmiştir. Temel kayaların üzerinde kil ve kil içeren kayalar çökelmiştir. Çökelen bu killi kayalar temel kayalar ile linyit ve gıda serileri arasında yer almaktadır. Göl tabanını oluşturan karbonat içeriği yüksek göl kalkerleri linyit ve gıda serilerini üzerlemiştir. Bu seriler tavan kili olarak tabir edilen killi birimler tarafından örtülmüştür. Karasal çökeller ise tüm istifi uyumsuz olarak örtmüştür.

#### **2.3.1 Karasal çökeller**

Havzada karasal çökeller; siltli, kumlu ve çakıllı birimler ile lehm çökelleri olmak üzere ikiye ayrılır. Bu birimler aşağıda kısaca anlatılmıştır.

##### **2.3.1.1 Siltli-kumlu-çakıllı birimler**

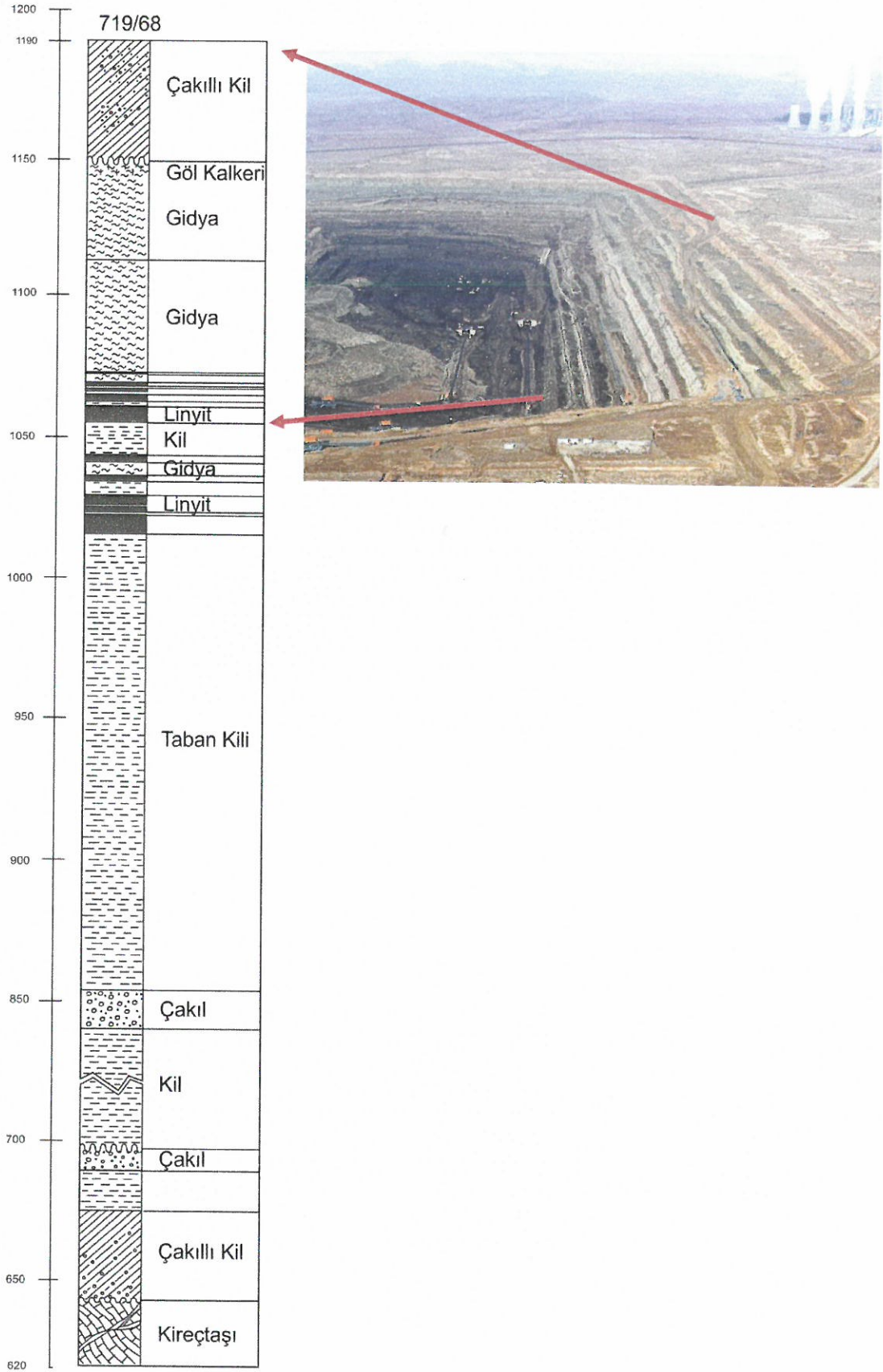
JMO raporuna göre; en genç birimini oluşturan siltli - kumlu çakıllı birimler, yer yer az tutturulmuş çoğunlukla gevşek olan, orta derecede yuvarlaklaşmış, akarsu çakıllarından oluşmaktadır (Şekil 2.4). Bu birim Kuvaterner yaşlıdır (Alabaş,2010)



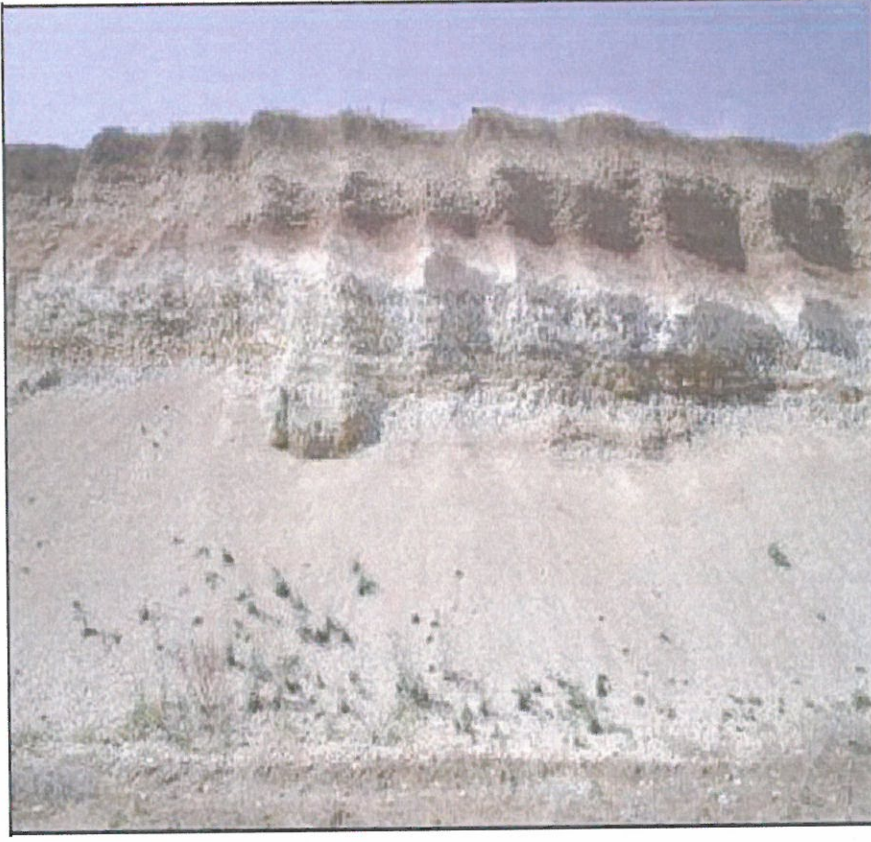
Şekil 2.1 : Elbistan Havzası'na ait jeoloji haritası (Staesche, 1972'den değiştirilmiştir).

MESOZOYİK	S E N O Z O Y İ K				KALINLIK (m)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR	
	ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON				
MESOZOYİK	T E R S İ Y E R	K U V A T E R N E R	H O L E S E N - P L E Y İ S T O S E N		20		<i>Alüvyon</i>	
					20		<i>Konglomeratik yelpaze çökelleri</i>	
					50		<i>Kumtaşı ve çakıltası (Akarsu terasları)</i>	
					100		<i>Çakıltası, konglomera ve kumtaşı</i>	
	T E R S İ Y E R	P L İ Y O S E N			250			<i>Tatlı su karbonat kayaları</i>
								<i>İyi tutturulmamış kumtaşı, silttaşı</i>
								<i>Yeşil renkli kiltası</i>
								<i>Gitya</i>
								<i>Kömür horizonu</i>
								<i>Turkuaz renkli, karbonat yumrulu kiltası</i>
E O S E N	M İ Y O S E N			50-300			<i>Çamurtaşı ve marn ardalanması</i>	
							<i>Karbonatlı kayalar baskın kırıntılı kayalar</i>	
							<i>Konglomera, kumtaşı, çakıltası</i>	
							<i>Kumtaşı, çamurtaşı, marn ardalanması</i>	
				> 50		<i>Mesozoyik ve daha yaşlı kaya topluluğu</i>		

Şekil 2.2 : Afşin Elbistan Havzası genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Besbelli,2009).



Şekil 2.3 : 719/68 numaralı sondaj logu.



**Şekil 2.4 :** Çöllolar sektörü üstte siltli-kumlu -çakıllı birimler, altta kireçtaşı (Alabaş, 2010).

### **2. 3. 1. 2 Lehm**

Kuvaterner yaşlı lehm birimi, geniş bir yayılım göstermektedir. Birim kırmızımsı kahve renkli az çakıllı kumlu killerden oluşmaktadır. Birim içinde yoğun bir şekilde karbonat yumruları gözlenmiştir. Birim yaygın bir şekilde akarsu ortamında çökelmiş olup, havza kenarlarında yamaç molozu çökelleriyle girift bir şekildedir (JMO Raporu).

### **2. 3. 2 Göl çökelleri**

Göl çökelleri; gidya, linyit, taban kili ve temel kireçtaşlarından oluşmaktadır.

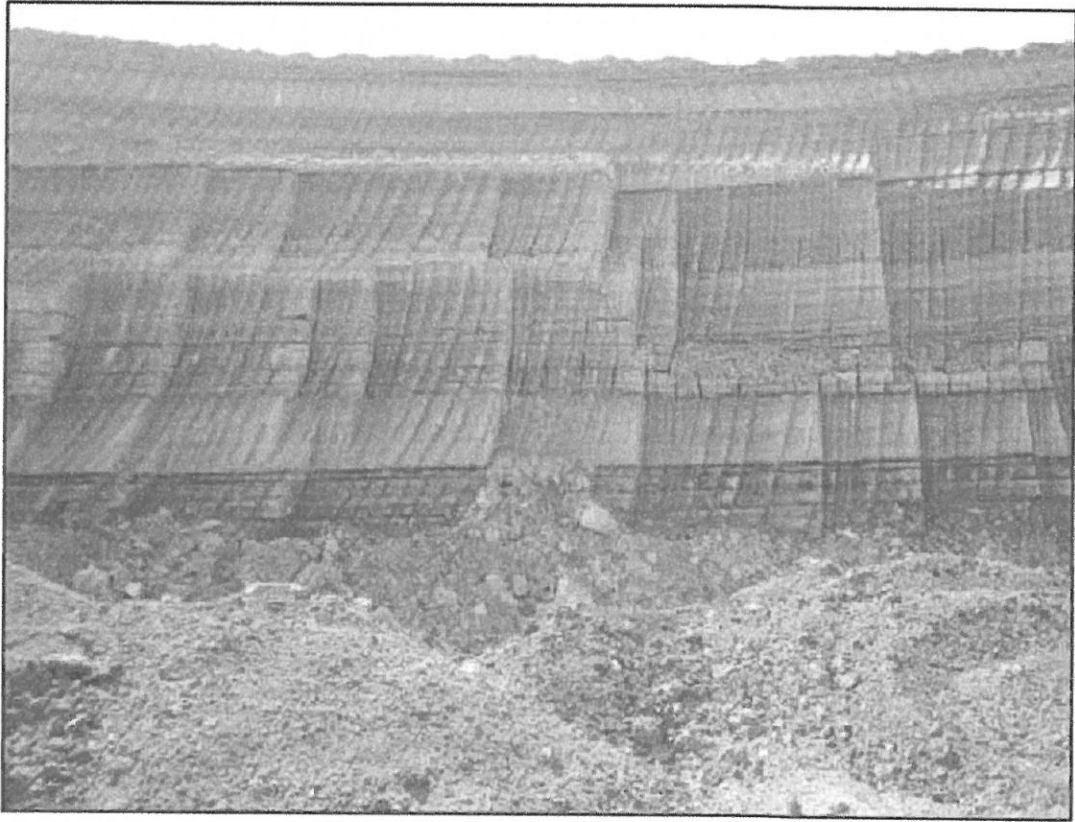
#### **2. 3. 2. 1 Gidya**

Toros dağlarının yükselmesi ve havzanın çökmesiyle Pliyosen'de bir göl oluşmuştur. Gidya denilen ve bol gastropot fosilleri, bitki artıkları ve humuslu oluşları ile karakterize edilen bu formasyon, gölün büyük kısmına çökelmiş kömür ile ara tabakalanmalardır (Şekil 2.5). Üste doğru kömürlü gidya, humuslu gidya, killi ve kalkerli gidya şeklinde sona erer. Üzerine kömür üstü kil ve marnları gelir. Kalınlığı



40-50 m'ye ulaşır. Eğimi 5-10° güneydoğu olup sahanın kuzey ve kuzeydoğusuna doğru incelererek kaybolur (Yörükoğlu, 1991).

Mevcut gidya biriminin porozitesi yaklaşık %50'dir ve bu birim bölgede basınçlı akifer olarak tanımlanabilir. Hidrolik iletkenliği ise yaklaşık  $1 \times 10^{-7}$  m/s'dir (Aydan ve diğ., 1996). Bu durum, gidya biriminin suyu tuttuğunu ve bir noktadan sonra suyu taşıyamayacağı için süreksizlik oluşturabileceğini veya üzerindeki birimin kaymasına sebebiyet verebileceğini göstermektedir



**Şekil 2.5 :** Çöllolar sektörü gidya biriminden bir görünüm (Alabaş, 2010).

### 2. 3. 2. 2 Linyit

Pliyosen-Pliyokuvaterner yaşlı kömürlü istif havzada kendisinden yaşlı tüm birimleri uyumsuz olarak üzerlemektedir. Gerçekte kendisini üzerleyen Pliyokuvaterner-Kuvaterner karasal çökelleri tarafından saklanmışlardır. İstif hakkındaki en önemli bilgiler bundan önce olduğu gibi sondajlardan elde edilmektedir. İstifin kalınlığı hakkındaki önemli bilgilere de bu sondajlar sırasında ulaşılmış ve en fazla 185 m kalınlık belirlenmiştir (Besbelli ve diğ., 2009).

Birim siyah-açık kahve renkli, orta sertlikte olup, orta-ince tabakalanma sunmaktadır. Gri gidya birimi ile geçişli olduğu için linyit horizonu içinde yoğun bir şekilde gidya

ardalanması gözlenmektedir. Bu ardalardan dolayı linyit-gidya sınırı kesin olarak ayrılamamaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : Çöllolar sektörü linyit biriminden bir görünüm.

### 2. 3. 2. 3 Taban kili

Temel kayanın üzerinde uyumlu olarak turkuaz renkli killeri (taban kili) yer almaktadır. Kömürlü zon çıkışında kılavuz katmanlanmayı karbonat yumruları içeren turkuaz renkli kilaşları oluşturmaktadır (Şekil 2.7). Göreceli yüksek alanlarda, turkuaz renkli kilaşları ya çok az kalınlıklarda kesilmiş ya da sondaj hemen kömürden çıkarak doğrudan temel kayalara girmiştir (Besbelli ve diğ., 2009).

### 2. 3. 2. 4 Temel kireçtaşı

Bölgede Paleozoyik yaşlı kireçtaşları, temel kayayı oluşturmaktadır. Başlıca rekristalize kireçtaşından oluşan birim, sınırlı olarak dolomit, çörtlü kireçtaşı ile resifal kireçtaşı ve killi-kumlu kireçtaşı içerir. Kalınlığı yaklaşık 600 m olan kireçtaşları; gri renkli, bol çatlaklı ve belirgin olmayan tabakalanma gösterir (Perinçek ve diğ., 1984). Çöllolar bölgesi kireçtaşı birimi Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.7 :** Çöllolar sektörü taban kili biriminden bir görünüm (Alabaş, 2010).



**Şekil 2.8 :** Çöllolar sektörü kireçtaşı biriminden bir görünüm (Alabaş, 2010).

## 2.4 Bölgenin Tektonik Yapısı

Bölgenin tektonik yapısı Steache (1972), Lüttig (1969) ve Shloemer (1972)'in yaptığı çalışmalar esas alınarak hazırlanmıştır. Bölgenin tektonik tarihçesini anlatan şematik gösterim Şekil 2.9'da gösterilmiştir. Afşin-Elbistan Havzası'nın tektonik tarihçesi, Miyosen çökellerinin yükselmesi ve yeniden yerleşmesi ile başlamaktadır. Havza kabaca bugünkü Akdeniz kıyısının kenarında ve geçerli akarsu sistemi koşullarında oluşmuştur. Yükselme sırasında Hurman Çayı veya Ceyhan Nehri, yükselen çökelleri derin bir şekilde kesmişler ve bu işlem geriye doğru Elbistan Havzası'nın bugün bulunduğu yere kadar gerçekleşmiştir. Bundan dolayı sonuçta ortama dik bir rölyef hâkim olmuştur.

Pliyosen süresince özellikle havzanın güneyinde bulunan Toroslardaki yükselme o kadar büyük boyutlara varmıştır ki, erozyon vadilerinin üst kısımları tekrar bir erozyon geçirmiştir. Aynı zamanda havzanın ötesinde sıkışma eksenini açılarından Orta Alpin dağ oluşumuna ait çapraz kırıklar olarak adlandırabileceğimiz daha eskiden oluşmuş bulunan kırık ve çatlaklarda çökmeler meydana gelmiştir. Kısa süren karasal bir dönem sonrasında, kaba taneli, yüzey durumuna göre kalınlığı çok değişken olan bazal havza çökelleri, havzanın görsel çökellerini çok kısa sürede örtmüşlerdir. Böylece Elbistan havzasının 600 metreyi bulan Pliyosene ait nehir ve göl kökenli sedimanlar oluşmuştur. Kuvaterner sırasında Toroslar, özellikle Güneydoğu Toroslardaki, yükselme aktivitesine ara verdiği için, Ceyhan ve yan kollarının meydana getirdiği erozyon, Elbistan Havzası'nın Pliyosen çökellerine bir daha ulaşamamıştır. Bunun sonrasında, Elbistan Havzası erken Pliyosen zamanında güneyde yükselen Toros dağları dolayısıyla tektonik bir set gölü olarak şekillenmiştir. Bu durum iklim, göreceli çökme ve havza kenarlarından havzaya doğru moloz girişi gibi faktörlere bağlı olarak (Lüttig, 1969) başlangıçta ince kırıntılı ve asılı organojenik çökellerin sedimantasyonu şeklinde söz konusu havza özelinde meydana gelmiş olmalıdır.

Steache (1972)'e göre Pliyosen-Pleistosen dönüşümünde veya erken Pleistosen evresinde göreceli çökme olayının havzada son bulduğu düşünülmektedir. Havza göl sedimanlarıyla kendini doldurmaya devam etmiştir. Jeolojik zaman diliminde göl ortadan kalkmış ve havzaya karasal-akarsu rejimi hâkim olmuştur.

Kuvaternerde sadece karasal-akarsu çökelleri, ağırlıklı olarak teraslar şeklinde, havzayı kaplamış bulunmaktaydı. Bu da bize, bölgenin bu zaman diliminde de

yükselmeye devam ettiğini işaret etmektedir. Bu terasların oluşumu Pleistosenin iklim değişiklikleri tarafından kontrol edilmiştir. Havzanın kuzey tarafındaki teraslar, bölgenin sürekli yükselmesinin sonucu olarak, yöresel olarak nispeten daha dik bir eğim göstermektedir. Toroslardaki yoğun depremler, tektonik hareketlerin günümüze kadar geldiğini ortaya koymaktadır (Steache, 1972).

Çok sınırlı izleme olanaklarına rağmen, sedimanların çökme davranışları ve tektonik yapı hakkında yine de bazı çıkarımlar yapmak mümkün olabilmektedir. Bölgede yüzeylenen, masif kalkerlerde oluşmuş mesozoyik birimlerin, alt ve üst sınırlarında yapılabilen bazı ölçümler sonucu, bunlara ait tabaka eğimlerinin kuzeye doğru olduğu saptanmıştır. Genelde kuzeye doğru dalımlı tabaka durumu, yani yaşlı tabakaların genç tabakalar üzerinde bulunması ve ardalanmalı bir yapı göstermesi genelde stratigrafik sıralama ile de uygunluk göstermektedir.

Gerilmeye maruz kalan masif kalkerler, eğilme-kıvrılma davranışı yerine, kırılma-kesme davranışı sergilemektedir. Arakatmanlar olarak bulunan ve daha yumuşak olan "Renkli Kompleks"e ait kayalar, özellikle de ofiyolitik kayalar bu davranışı kolaylaştırmakta ve süreksizlik yüzeylerinde kaygan bir maddenin oluşmasına neden olmaktadır.

Bu tektonik davranış, genelde güneye doğru yönelmiş kuvvet etkisiyle oluşan ve sıkışma tektoniği sonucu birbiri üzerine bindirerek belli bir miktar ilerleme imkânı bulan kütlelerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Elbistan Havzası'nın bugünkü tektonik görünüşünü etkileyen ikinci büyük olay ise, havzanın ya da havzaya ait farklı bölgelerin çökmesidir. Bu çökme özellikle eski süreksizlik doğrultuları boyunca (KB-GD ya da BKB-DGD) meydana gelmiştir. Bu da eski zayıf zonların tekrar harekete geçtiğini ya da bu zonlar boyunca ötelenmelerin olduğunu ortaya koymaktadır.

Havza kenarına ait tektonik karakter, özellikle Çöllolar bölgesi kuzeydoğusunda ana süreksizlik zonu olarak ortaya çıkmaktadır. Burada bütün çökme miktarını içeren tek bir süreksizlik yerine, birbirine paralel ve birbirlerinin etkisini kısmen de olsa değiştirebilen merdivene benzeyen bir süreksizlik zonu ortaya çıkmıştır. Steache (1972) linyit yatağı ile komşu bulunan bu zon üzerinde yaptığı haritalama çalışmasında, gerçekleşen sondajların da yardımıyla, yaklaşık 11 adet süreksizlik yüzeyi saptamıştır. Yine Çöllolar bölgesi güney sınırı da, Hurman Çayı'na paralel

şekilde uzanan süreksizlik yüzeyleri ile belirlenmiştir. Havza tabanının düzeni ise aynı doğrultuya sahip horst-graben oluşumları tarafından yönlendirilmiştir.

Dönem	Bölüm	Havza			Tektonik Olaylar
		Kuzey Kenar		Güney Kenar	
Kuvaterner	Holosen ve Pleyistosen	↑			Karasal akarsu sedimantasyonu, hafif tektonizma sonucu oluşan taraçalar havza kenarlarında teraslara dikleşmesi  Ceyhan Nehri'nin geriye doğru ilerleyen erozif etkisi dolayısıyla havza ile güney kenarı arasındaki göreceli yükselti farkı
Tersiyer	Orta ve üst Pliyosen	↑	↑	↑	
Belirli Tabakaların Aşınması: Lakün			↑		Üst miyosenden alt pliyosene kadar Torosların yükselmesi, Hurman ve Ceyhan Nehir sistemlerinin geriye havzaya kadar ilerleyen erozyonu: Keskin Morfoloji
Tersiyer	Orta Miyosen		↓		
Lakün					Orta Alpin Kıvrımlanma Evresi
Tersiyer	Eosen (Lut.)		↓		
Lakün					Geç Alpin Evresi
Kretase	Üst Kretase		↓		
	Alt Kretase		↓		
Jura	?		↓		Geç Alpin Evresi Geç Kimmeriden-Erken Kimmeriden
Triyas	?		↓		
Lakün					Fillitleşme içeren Geç Paleozoyik orojenez
Permiyen	?		↓		
Lakün			↓	↑	Geç Paleozoyik kıvrımlanma sürecinde epirojenik hareketler
Karbonifer	Alt Karbonifer		↓		

Şekil 2.9 : Bölgenin tektonik tarihçesini anlatan şematik gösterim (Steach,1972).

Çevrede 300 m'den fazla derinliğe sahip olan havza tabanı, Kışlaköy'ün civarında, 100 m civarında bir derinliğe sahip eşik ile temsil edilmektedir (Lüttig (1969).

Havzanın çökmesinin Pliyosen'de gerçekleşmiş olması mümkündür. Yapılan sondaj çalışmalarında, havza tabanında Paleozoyik ve Mesozoyik zamana ait tabakalar tespit edilmiş olup sonuç olarak havza çökmesi sırasında Miyosene ait çökellerin çoktan taşındığı bulgusuna varılmıştır.

Kızıldağ'ın doğusundaki KKD-GGB yönelimli süreksizlik sistemi, havza sedimentasyonu sonrasında da aktif olarak kalmıştır. Buradaki hareketler düşey yönlüdür ve eski sıkışma tektoniği burada hala geçerliliğini korumaktadır. Pliyosene ait tabakaların kıvrımlanması, küçük bir alanda meydana gelen farklı düşey hareketlerin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Hareketlilik halen devam etmektedir.

## **2.5 Elbistan Havzası'nın Jeolojik Gelişimi**

Bu bölge, büyük ihtimalle Paleozoyik zamanda Devon denizi tarafından örtülmüş bulunmaktadır. Bu denize ait çökeller Elbistanın 100 km batısında yüzeylemektedir. Alt Karbonifer'de meydana gelen taşkınlar kumlu-killi ve hafif bitümlü tabakaların burada çökmesine sebep olmuştur. Üst Karbonifer bu bölge için bir yükselme zamanıdır ve tekrar Permiyen'de denizel kireçtaşları çökmeye başlamışlardır. Fakat büyük bir ihtimalle çökme evresi burada kısa sürmüş ve sadece derin kısımlarda çökme gerçekleşmiştir (Steache, 1972; Lüttig, 1969; Shloemer, 1972).

Erken Triyas'a ait ilk mesozoyik çökme öncesinde bölge yoğun bir dağ oluşumu evresinden geçerek, Karbonifer ve Permiyene ait tabakalar kıvrımlanarak metamorfizmaya uğramışlardır. Bu zaman diliminde KB-GD yönelimli bir sıkışma söz konusudur. Bu orjenez başlangıcında, daha sonra granitik magma tarafından çözülecek olan büyük ultrabasik magmatitler ortaya çıkmışlardır. Triyas ve Üst Kretase arasındaki zaman diliminde bölge, defalarca taşkınlara uğramış ve oluşan tektonik hareketlilik sonucu çok belirgin bir morfolojik yapıya bürünmüştür. Bölge resiflerin istilasına uğramış, zaman zaman yerel olarak taşınma da meydana gelmiştir. Ya Üst Jura ya da Alt Kretase'de tekrar ultrabasik magma ortaya çıkmış ve büyük bir ihtimalle denizaltı lav akıntıları ve kül püskürten volkanlar oluşmuştur. Hem belirginleşen morfolojik yapı ve sürekli tektonik hareketler hem de suyun değişen kimyası, bu zamana kadar oluşan saf kalkerlerin yerine renkli kayaların oluşmasını

sağlamıştır. Daha sonra tektonik hareketler kuvvetlenmiş, bazı bölgeler yükselmiş ve erozyona uğramış, bazı bölgelerde ise konglomera ve kumtaşlarından oluşan birikinti konileri oluşmuştur. Üst Kretase sırasında tekrar resifal oluşumlar ortaya çıkmış ve bunlar daha sonra rudistli (sıcak denizel çökellerde rastlanan resif oluşturan midyeler) kalkerlere dönüşmüştür (Steache, 1972; Lüttig, 1969; Shloemer, 1972).

Bölge daha sonra Orta Eosen'e kadar sakin bir evre geçirmiş, ortamın morfolojisi düzleşmiştir. Bu göreceli sakinlik fazla uzun sürmemiş ve Orta Eosen'den sonra tekrar denizel bir ortam bölgeye hakim olmuş ve bu zamana kadar çökelmiş bulunan sedimanlar kuvvetli bir K-G doğrultulu kuvvete maruz kalmışlardır. Bunun sonucu olarak tüm bölgede kırılma, sıkışma ve yükselme meydana gelmiş ve daha sonra kuvvetli bir erozyona uğramışlardır (Steache, 1972; Lüttig, 1969; Shloemer, 1972).

Alt Miyosen'de bölge tekrar kısa süreli sığ bir deniz ortamına dönüşmüş, ama kısa sürede tekrar kalıcı olarak yükselmiştir. Bu olayı takiben erozyon tekrar başlamıştır. Bu yükselme sırasında başlıcaları KB-GD ve KKD-GGB doğrultulu olan süreksizlikler oluşmuştur. Pliyosen'de Alt Miyosen'deki yükselme sırasındaki süreksizliklerin oluşturduğu çöküntüler Elbistan havzasının birbirinden ayrı olan kısımlarını oluşturmuşlardır. Üst Pliyosen'de geniş bir göl alanı, havza sisteminin büyük bir kısmını kaplamıştır. Bu gölün orta kısmında organik madde içeren, saf kireçli taban çamuru çökelmiş; kenar kısımlarında ise kum, çakıl, kil çökelerek daha sonra torfa dönüşen geniş sazlık alanlar oluşmuştur. Havza ortasının ve kenarlarındaki belirli kısımların zaman zaman yükselmesi sonucunda havzayı kaplayan göl içerisine farklı zaman ve farklı hızlarda su girişi meydana gelmiş ve farklı boyutlarda nehir çökelleri her tarafa yayılmışlardır. Bu duruma rağmen gölün bazı kesimlerine stabil bir fasiyes hakim olmuş ve Elbistan'ın biraz kuzeyinde kalan göl ortası kısımda, kısa süren birkaç sığlaşma zamanı haricinde sürekli olarak taban çamuru çökelmiştir. Kısa süreli taşkın ve kuraklık evreleri geçirmesine rağmen, havzada bulunan geniş sazlık alanlar mevcudiyetlerini korumuşlar ve kalın torf tabakaları oluşturmuşlardır. Bu tabakalar zaman içerisinde linyit yataklarına dönüşmüşlerdir (Steache, 1972; Lüttig, 1969; Shloemer, 1972).

Pliyosen sonu ya da Pleistosen başında göl tamamen kurumuştur. Bu olay ya tektonik hareketler veya erozyon sonucunda göl beslenme miktarının azalmasından ya da iklim değişikliği veya çevrenin ani yükselmesi sonucu gölü besleyen akarsuların taşıdığı moloz miktarının yavaş yavaş gölü doldurması sebebiyle gerçekleşmiştir. Tüm havza,



kenar kısımlarında kaba çakıllar, iç kısımlarına doğru daha ince çakıl ve kum ve merkezinde ise çamurla tamamen dolmuştur. Pleistosen'in devamında yavaş yavaş yükselme gösteren Elbistan bölgesi, yoğun iklim değişikliklerine maruz kalmış ve havzaya akarsular tarafından gerçekleştirilen moloz taşınması devam etmiştir. Akarsu ve derelerin devamlı olarak yataklarını derinleştirmeleri ve değiştirmeleri sebebiyle havzada birbiri üzerinde birçok teras sistemi gelişmiştir. Aynı zamanda çevredeki bazı bölgelerde ortam düzleşmiş ve tamamen tıraş çakılları ile kaplanmıştır. Havzanın çevreye göre göreceli olarak çökmesi Pleistosen zamanında da devam etmiştir. Havzadaki bazı bölgeler çökme esnasında geride kalmış ve çevresi ile birlikte tekrar yükselmiştir. Günümüzde, Karamağara ve Köricek havzalarının, Elbistan havzasına göre 200 ile 500 m arasında daha yüksekte bulunmasının esas sebebi budur. Havza kenarlarındaki durum da aynı şekildedir. Bu bölgelerde, göl çökelleri çoğunlukla yüzeye ulaşmış durumdadır ve hızla erozyona uğramaktadırlar. Ama havzanın büyük bölümünde göl çökelleri hala el değmemiş durumda derinlerde bulunmaktadır (Steache, 1972; Lüttig, 1969; Shloemer, 1972).



### 3. HİDROJEOLOJİ

Hazırlanan hidrojeoloji haritası, farklı formasyonların litostratigrafik birimlerin veya bölgesel olarak baskın kayaç türlerinin farklı 'yeraltısuyu depolayabilme (akifer olma)' kapasitesinin DSİ tarafından kabul edilen yeraltısuyu depolanabilirlik ölçütlerine göre sınıflandırılmasıyla yapılmıştır. Yeraltısuyu depolayabilirlik kapasitesine göre farklılık gösteren formasyon, litostratigrafik birim ya da kayaçlar haritada 3 farklı rengin (mavi, yeşil, kahverengi) açık ve koyu tonlarına göre 6 farklı grup halinde ayrılmıştır. Ayrılan gruplar ve bu gruplara ilişkin renkler aşağıda özetlenmiştir.

#### a) Yeraltısuyu İçeren Formasyonlar

##### a.1) Pekışmemiş formasyonlar (mavi)

\* Yaygın ve zengin akiferler (koyu mavi)

(Yeraltısuyu verimlilik derecesi iyi; özgül debi  $> 2$  lt/sn/m)

\* Mevzii veya irtibatsız akiferler (açık mavi)

(Yeraltısuyu verimlilik derecesi orta;  $0,5$  lt/sn/m  $<$  özgül debi  $< 2$  lt/sn/m)

##### a.2) Pekışmiş formasyonlar (Yeşil)

\* Yaygın ve zengin akiferler (koyu yeşil) : Genellikle su seviyesi derinde

(Yeraltısuyu verimlilik derecesi iyi; özgül debi  $> 2$  lt/sn/m)

\* Mevzii veya irtibatsız akiferler (açık yeşil) : Genellikle bol kaynak içerir

(Yeraltısuyu verimlilik derecesi orta;  $0,5$  lt/sn/m  $<$  özgül debi  $< 2$  lt/sn/m)

#### b) Mevzii Yeraltısuyu İçeren veya Yeraltısuyu İçermeyen Formasyonlar (kahverengi)

##### b.1) Mevzii yeraltısuyu içeren formasyonlar (Açık kahverengi)

(Yeraltısuyu verimlilik derecesi zayıf;  $0,1$  lt/sn/m  $<$  özgül debi  $< 0,5$  lt/sn/m)

##### b.2) Yeraltısuyu içermeyen formasyonlar (Koyu kahverengi)

(Yeraltısuyu verimlilik derecesi pek zayıf; özgül debi  $< 0,1$  lt/sn/m)

Litolojik birimler içerisinde yeraltısuyunun hareketinin gerçekleşmesi ile doğrudan ilgili olan etmenler ortamdaki suyun varlığı ve yerel özgün jeolojik özelliklerdir (Öztaş, 1998). Öztaş (1998), yeraltısuyu ortamlarının kendi jeohidrolik koşullarında ve belirtilen ana jeohidrolik parametrelerinin boyutlarında görülen farklılıklar

ikincil kökenli küçük-büyük boşluklardan kaynaklanabileceği gibi kristalli ya da sıkı çimentolu kayalardaki görünür süreksizlik açıklıklarından ve karstlaşmayla gelişmiş olan ve bazen mağara boyutlarına ulaşabilen erime boşluklarından kaynaklanmaktadır.

Geçirimli ortamlar, uygun bir geometrik konum taşımaları koşuluyla tabanlarından geçirimsiz ve yarıgeçirimsiz bir jeohidrolik ortamla sınırlanmış olmaları halinde topoğrafya yüzeyine açık bulduklarında ‘serbest’ ve derinlerde yeraltında kapalı bulduklarında da ‘basınçlı’ karaktere sahip orta-yüksek yeraltısuyu depolama kapasiteli hidrojeolojik ortamlar (sutaşlılar/akiferler) şekillendirirler.

Yeraltısuyu sağlama potansiyeli bakımından varlığı büyük önem taşıyan geçirimli ortamlara ilişkin jeohidrolik karakteristiklerin, geçirimli ortamı oluşturan jeolojik birimlerin ‘taneli’ veya ‘kaya’ oluşuna göre özellikle çevresel etkileşim bakımından önemli farklılıklar göstermesi nedeniyle ‘geçirimli taneli ortam (Gçt)’ ve ‘geçirimli kaya ortam (Gçk)’ şeklinde iki alt gruba ayrılarak zonlanması ve ayrı ayrı tanımlanması gerekir.

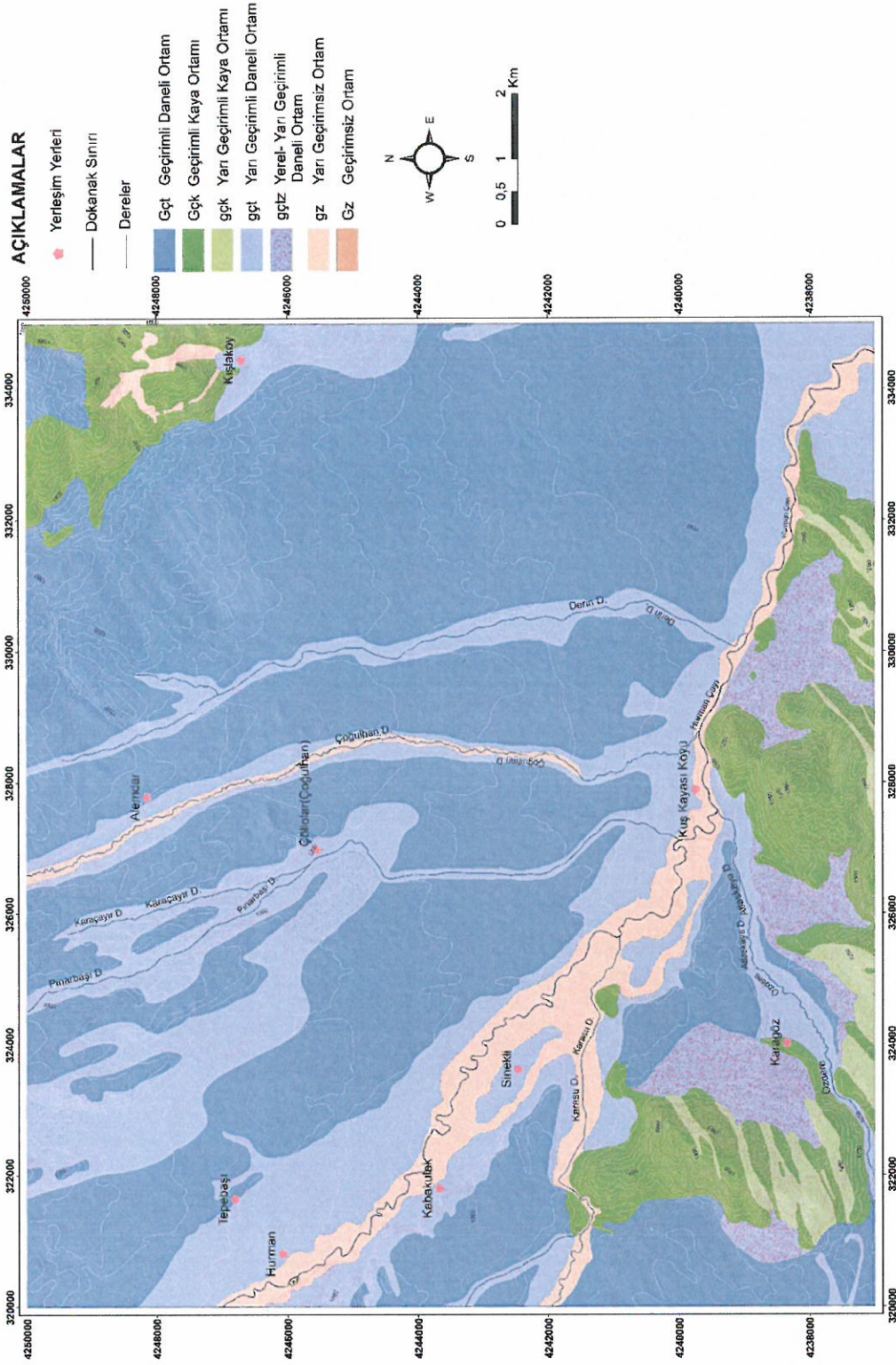
### **3.5 Geçirimli Daneli Ortamlar (Gçt)**

Kendisini oluşturan jeolojik birimlerin çimentosuz/ayrık veya gevşek çimentolu tortul kayaç türünde olduğu geçirimli daneli ortamların (Gçt) bu niteliği; genel olarak çimentosuz veya sıkışmayla, var olması durumunda da gevşek çimentolamayla bir arada tutturulmuş olan kayaç yapıcı malzeme içinde oluşumla eş yaşta oluşmuşlardır. Bununla beraber su etkisi altında eriyerek/çözünerek sonradan serbest hale geçen daneler arasında ortaya çıkan ve birbiriyle ilişkili daneler arası gözenek ve boşlukların mevcudiyetine bağlı olarak kazanılmıştır. Akarsu çakılı (G), taraça düzlüğü (t), yaşlı taraça (t<sub>1</sub>), orta taraça (t<sub>2</sub>), yeni taraça (t<sub>3</sub>) ve Köricek Havzası taraçası (t<sub>iv</sub>) geçirimli daneli ortamlar (Gçt) olarak tanımlanmıştır.

### **3.6 Geçirimli Kaya Ortamlar (Gçk)**

Kendisini oluşturan jeolojik birimlerin kristalin veya ayrık tortul kayaç türünde olduğu geçirimli kaya ortamların (Gçk) bu niteliği; açıklıkları büyük oranda dolgusuz bulunan ilişkili süreksizliklerin varlığından kaynaklanır. Bu süreksizliklerin büyük oranda açık-dolgusuz oluşu ve özellikle eriyebilir kayalarda ihmal edilecek derecede birincil boşlukluluğu oluşturan gözenek ve süreksizlik açıklıklarının zaman içerisinde

karstlaşma nedeniyle giderek genişlemesi ve yer yer mağara boyutlarına ulaşabilen karst boşluklarının şekillenmesi nedenleriyle etkinlik taşımaktadır. Şardağ kireçtaşı (mŞk), kireçtaşı (p-ck) ve dolomit geçirimli kaya ortamı (Gçk) olarak tanımlanmıştır. Steache (1972) tarafından hazırlanan jeolojik harita baz alınarak, litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, su tutma kapasiteleri, kırık ve çatlaklılık durumu dahil olmak üzere birincil ve ikincil boşluk durumları göz önünde bulundurulmuş ve Öztaş (1998)'ın önerdiği standartta birimler, su tutma ve akifer olma özelliği bakımından kendi içlerinde sınıflandırılarak hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.1).

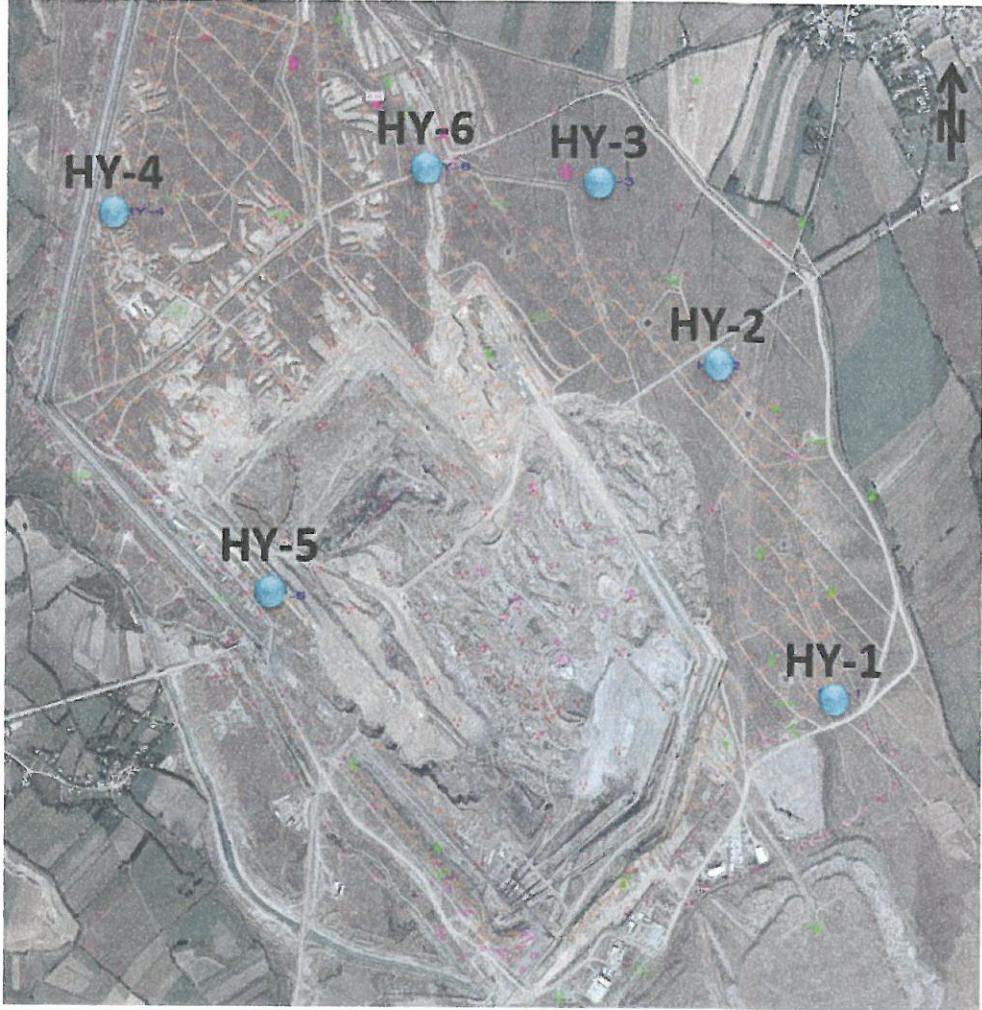


**Şekil 3.1 : Afşin Elbistan Havzası Çöllöler bölgesi hidrojeoloji haritası.**

#### 4. MATERYAL VE METOT

Afşin Elbistan Çöllolar bölgesi Kuvaterner istifinde yapılan çalışmanın bir bölümünü oluşturan bu tez kapsamında 6 farklı sondaj lokasyonundan, 28-45 m arasında değişen farklı seviyelerden, 64 adet örselenmemiş zemin numunesi (UD) alınmıştır. Alınan numunelerden seçilen 5 örnek, istifteki çökellerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin ve bunların birbirleri ile olan ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla deneye tabi tutulmuştur (Şekil 4.1).

Sondaj lokasyonlarından uluslararası standartlara uygun UD numunesi için 10 cm çapında 75 cm uzunluğunda çelik shelby tüpleri kullanılmıştır (Şekil 4.2).



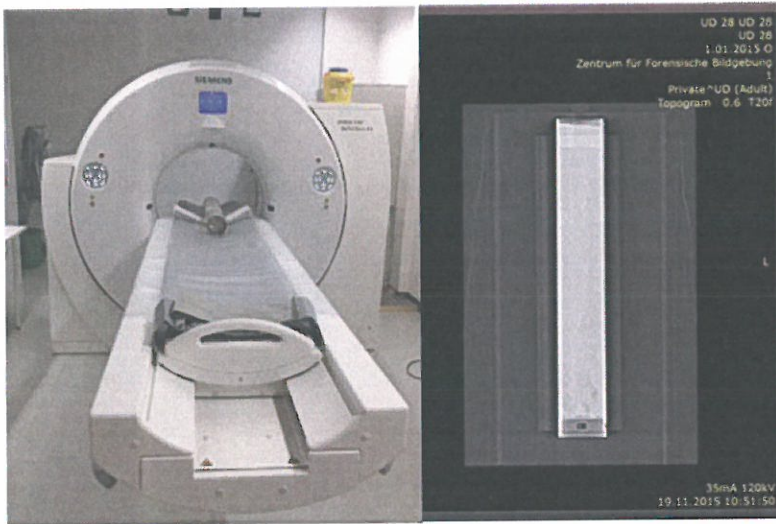
Şekil 4.1 : Sondaj lokasyonu haritası.



**Şekil 4.2** : HY-3 kuyusuna ait UD-28 No' lu UD numunesi.

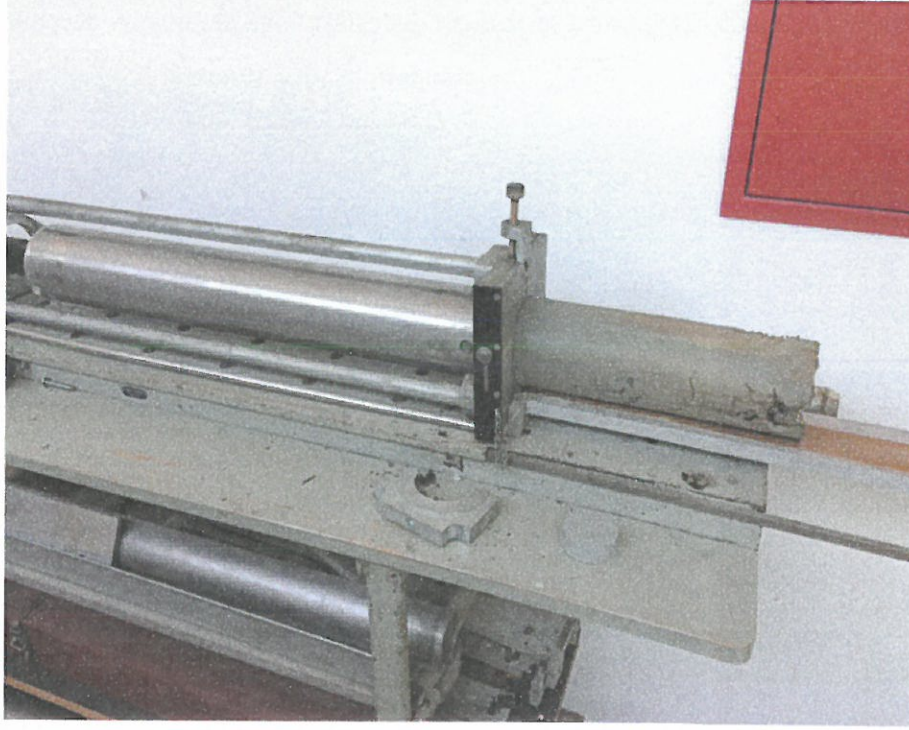
Numune alımı sırasında tüplerin içerisindeki malzemenin örselenip örselenmediğini anlamak amacıyla 64 adet UD numunesi Bern Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsünde Siemens marka bilgisayarlı tomografi (Şekil 4.3) cihazında tam kesit olarak taranmıştır. Taranan numunelerden bu tez kapsamında kullanılmak üzere 5 adet UD numunesi seçilmiştir.

Tomografi cihazında taranan ve daha sonra seçilen UD (örselenmemiş) örnekleri, mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Burgdorf'da bulunan Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Jeoteknik Laboratuvarına götürülmüştür. Tüplerin içerisindeki malzemeler mekanik bir alet yardımı ile tüp içerisinden itilerek çıkarılmıştır (Şekil 4.4).



**Şekil 4.3** : Tomografi tarama işlemi ve UD-28 numunesi.





**Şekil 4.4** : HY-3 UD-28 numunesinin pres makinesinden çıkarılma işlemi.

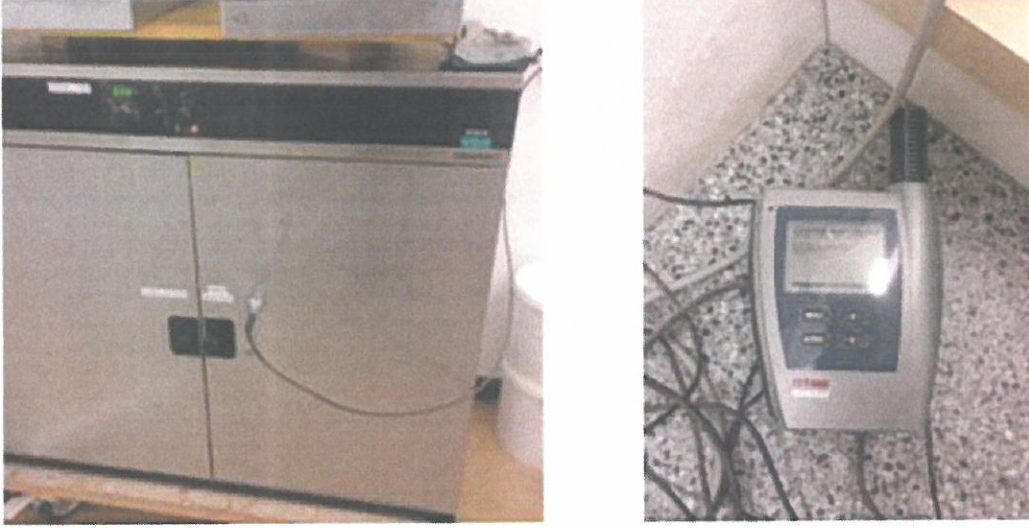
Alınan UD numuneleri üzerinde sırasıyla doğal su içeriği tayini, tane boyu analizi, atterberg limitleri, Enslin-Neff (su alma kapasitesi) testi, ödometre deneyi, laboratuvar vane testi ve drenajlı doğrudan (direk) kesme deneyi yapılmıştır.

#### **4.1 Doğal Su İçeriği Tayini**

Araziden alınan zemin örneklerinin doğal haldeki su içeriğinin belirlenmesi, numunenin yerindeki zemin özelliklerin tanımlanmasında ve yorumlanmasında yardımcı olduğu gibi aynı zamanda yapılacak olan diğer deneylere katkı sağlaması açısından önemlidir. Doğal su içeriği SN 670 903-5b İsviçre Normu ve EN 1097:6 Avrupa standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Deney yapılırken Memmert marka 105-110 0C lik etüv, Rotronic hydrolog marka sıcaklığı ölçüp kontrol eden ve sıcaklık değişimlerini kaydeden log cihazı (Şekil 4.5), paslanmaz çelik numune tepsisi ve mettler pk 36 marka terazi kullanılmıştır.

Öncelikle numune tepsisinin darası alınmıştır. Ardından deney yapılacak olan numuneler uygun miktarda alınarak numune tepsisine eklenmiş ve tartılmıştır (Şekil 4.6). Tartılan numuneler, tepsi ile birlikte önceden 105°C'ye ayarlanmış olan etüve konulmuş ve 24 saat süre geçmesi beklenmiştir. 24 saat sürenin sonunda kuru olan numune tartılarak kaydedilmiş ve tekrar etüve konulmuştur. 1 saat geçtikten sonra

tekrar tartılarak kaydedilen kuru malzeme değerleri kıyaslanmıştır. Kuru numune değerleri % 0,1'den kk olana kadar aynı işlemler tekrarlanmıştır.



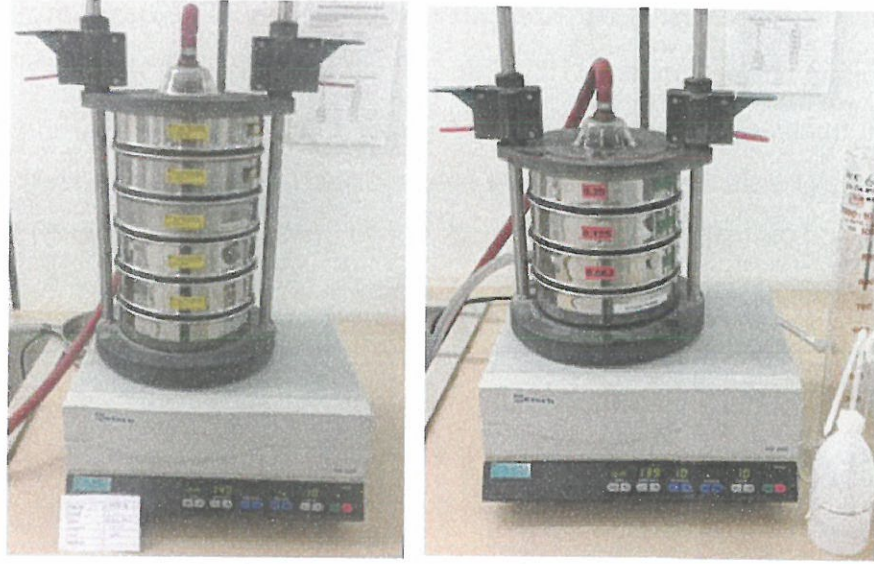
**şekil 4.5 :** Memmert marka etüv ve Rotronic sıcaklık log cihazı.



**şekil 4.6 :** HY-5 UD-60 numunesine ait tartma işlemi.

## 4.2 Tane Boyu Analizi

Zeminlerin tane boylarına göre dağılımı; zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Tane boyu analizi SN 670 004-2b-NA İsviçre Normu ve EN ISO 14688-2:2004 Avrupa standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Standartlara göre tane boyu iri taneli ve ince taneli zeminler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Tane boyu analizi ışlak eleme, kuru eleme ve hidrometre analizi ile belirlenmiştir. Elek analizinde Retsch AS200 marka aralıklı sarsma özelliği olan sallantılı elek makinesi ve 8-0,063 mm aralıklarında değişen elek açıklığına sahip 8 tane elek kullanılmıştır (şekil 4.7).



**Şekil 4.7 :** Retsch AS200 eleme makinesi ve ıslak ve kuru elek serisi.

Hidrometre deneyi için 1000 ml ve 300 ml kalibrasyonu yapılmış beher, deiyonize su, areometre, alarm özellikli kronometre ve kullanılan suyun sıcaklığının ölçülmesi için termometre ve yoğunluğu ölçen hidrometre aleti kullanılmıştır. Elek analizine başlamadan önce numune 0,5 mm elekten geçirilerek 250 g alınır. Geri kalan malzeme ağırlığı bilinen boş kovaya konularak tartılmıştır. İçerisinde numune olan kovaya 4000 ml saf su ve her 1000 ml saf su için 15 ml  $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$  (sodyum hegzametafosfat) eklenmiştir.  $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$  tanelerin birbirinden ayrılmasını sağlayan kimyasaldır. Kovadaki karışım ara ara karıştırılarak 24 saat bekletilmiştir. Deneye başlamak için kovadaki numunenin 24 saat sonunda su ile tamamen ayrılmış olması gerekmektedir. Eğer ayrışmamış ise kovaya 1000 ml saf su ve 15 ml  $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$  ilave edilerek aynı işlem tekrarlanmıştır. Hazır olan kovadaki numune Şekil 4.8'deki gibi 0,5 mm elekten geçirilerek yıkanmıştır.



**Şekil 4.8 :** Islak eleme aşamaları.

Elek üstü malzeme daha önce darası alınan numune tepsisine boşaltılıp kullanılan eleklerle birlikte etüve konularak 105°C’de 24 saat bekletilmiştir. 0,5 mm’den büyük olan kuru numune sırasıyla (8 mm), (4 mm), (2 mm), (1mm) ve (0,5 mm) elekten geçirilerek elek üstü malzeme dağılımı bulunmuştur. Daha önceden ayrılan 250 g’lık numunedan hidrometre (çöktürme) deneyi için 50 g ayrılmıştır. Ayrılan 50 g numune 300 ml saf su ile 15 ml  $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$  karıştırılarak behere konulmuş ve beherin ağzı parafilm ile kapatılarak 24 saat bekletilmiştir. 24 saat bekleyen karışım dibine çöktüğünden numune santrifüje koyulmuş ve 15 dk karıştırılmıştır. Tamamen karışan numune 1000 ml’lik behere boşaltılmış üzerine 1000 ml’lik saf su ve 15 ml  $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$  eklenmiştir. Hidrometre analizi için referans olması amacıyla boş bir behere 1000 ml saf su ve 15 ml  $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$  eklenmiş, beherin içerisine suyun sıcaklığını ölçmek amacıyla termometre ve çöken malzemeyi ölçmek için kullanılan hidrometre konulmuştur. Beher 1 dakika boyunca aşağı ve yukarı yavaşça döndürülmüştür. Bu işlemden sonra kronometre ile 30 sn, 1 dk, 2 dk, 5dk, 15 dk, 45 dk, 2 saat, 5 saat, 24 saat süreyle hidrometre ve termometredeki değerler kaydedilmiştir (Şekil 4.9).

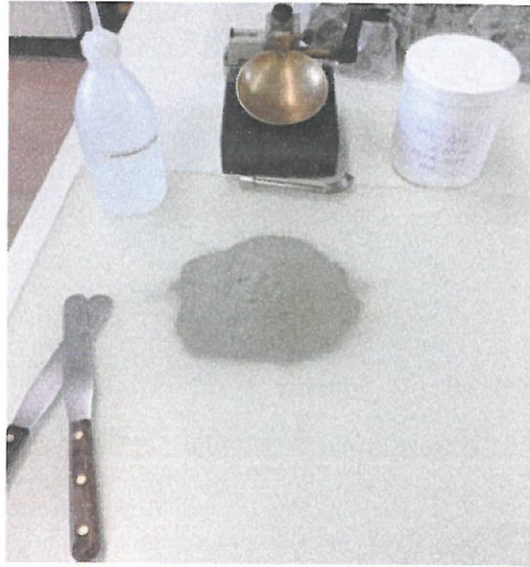
Hidrometre analizinden sonra beherdeki malzeme daha önceden ağırlıkları kaydedilen (0,250 mm), (0,125 mm), (0,063 mm) elek serisine dökülerek 10 dk ıslak eleme yapılmıştır. Islak elemelerde (0,063 mm) elekten geçen su berrak olana kadar deneye devam edilmiştir. Eleme bittikten sonra (0,25 mm), (0,125 mm) ve (0,063 mm) elek üstü malzeme tartılıp değerler kaydedilmiştir.



Şekil 4.9 : Hidrometre (çöktürme) analizi.

### 4.3 Likit Limit Deneyi

Likit limit deneyi zemin malzemesinin plastik halinden akıcı hale geçtiği andaki su içeriği olarak tanımlanır. Deney İsviçre SN 670345a kıvam limitleri normuna uygun olarak yapılmıştır. Likit limit deneyinde Cassagrande likit limit deney cihazı, oluk açma bıçağı, 10 cm boyunda 2 cm genişliğinde ıspatula, cam plaka, piset, 0,01g hassasiyete sahip terazi, deiyonize veya damıtılmış su ve 105°C etüv kullanılmıştır (Şekil 4.10). Tane boyu analizi deneyinde ayrılan 0,5 mm den küçük 200 g'lık malzeme bir ıspatula kullanılarak uniform bir macun haline getirilene kadar cam plakanın üzerinde işlenmiş gerektiğinde deiyonize ya da damıtılmış su ilave edilmiştir.



**Şekil 4.10:** Likit limit deneyinde kullanılan araç gereçler.

Tane boyu analizi deneyinde ayrılan 0,5 mm'den küçük 200 g'lık malzeme bir ıspatula kullanılarak uniform bir macun haline getirilene kadar cam plakanın üzerinde işlenmiş gerektiğinde deiyonize ya da damıtılmış su ilave edilmiştir. Macun haline gelen numuneden yaklaşık 20 g alınarak Cassagrande cihazının haznesine yerleştirilmiş ve oluk açma bıçağı ile ortadan ikiye bölünmüştür (Şekil 4.11). Çevirme kolu saniyede 2 düşüş yapacak şekilde çevrilmiştir. Eğer açılan oluk 10 vuruşta kapanmışsa numune nemi kaybetmeden ağzı kapalı bir kaba alınıp 24 saat beklenmiştir. 24 saat sonunda numune tekrar Cassagrande deney aletine konulmuş ve oluk açılmıştır. Açılan oluk 10 vuruşta kapandıysa deneye başlanmış, kapanmadıysa 10 vuruşta kapanması sağlanıp tekrar 24 saat beklemeye bırakılmıştır. Deney yapılırken vuruş sayısı 10'dan az 40'dan fazla olmayacak şekilde ayarlanmıştır. 10 ile 40 vuruş arasında farklı su içeriği ile 3

deney yapılmıştır. Her deney sonunda Cassagrande deney aleti iyice temizlenmiştir. Yapılan 3 deneyden elde edilen su içerikleri deney f6yüne kaydedilmiş ve vuruş sayısı-su içeriği grafiği hazırlanmıştır. Likit limit değeri grafikte 25 vuruşu karşılık gelen su içeriğidir ve yüzde olarak ifade edilmiştir.



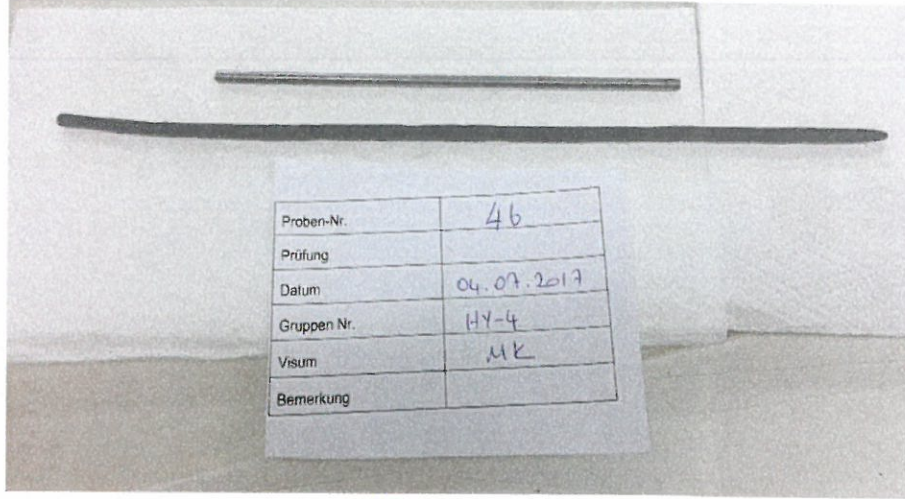
Şekil 4.11 : Cassagrande deney aleti ile likit limit deneyi.

#### 4.4 Plastik Limit Deneyi

Plastik limit deneyinde SN 670345a İsviçre normu kullanılmıştır. Plastik limit deneyi zeminin 3 mm çapında ve 10 cm uzunluğunda cam plaka üzerinde avuç içinde yuvarlanarak silindir şekline getirildiğinde su içeriğinden dolayı çatlamalar ve kırılmaların başladığındaki su içeriği olarak tanımlanır. Deneyde 30x30 cm<sup>2</sup> kesit alanına sahip ve 10 mm kalınlığında pürüzsüz cam ya da mika plaka, etüv (105°C), 3 mm çapında ve 10 cm uzunluğunda metal ya da cam çubuk, su içeriğinin belirlenmesi için 0,01 g hassasiyete sahip terazi ve cam numune kabı kullanılmıştır.

Numune ilk olarak iki elin arasında kabaca bir silindir olacak şekilde yuvarlanmış, daha sonra bir miktar alınarak cam plaka üzerine konulmuş ve avuç içi ile yuvarlamaya devam edilmiştir (Şekil 4.12). Yuvarlanırken uygulanan basınç sabit tutulmuştur. Yuvarlanan zemin numunesi 3 mm çapında olduğu zaman yüzeyde çatlaklar görülmeye başlamış ve numunede kopmalar meydana gelmiş ise zemin plastik kıvama ulaşmış demektir. Eğer zemin numunesi 3 mm çapında olduğu halde hala çatlayıp

kopmalar oluşmuyorsa su içeriği yüksek demektir. Bu durumda örneğin silindir şekli bozularak tekrar yoğurulur ve ideal sonuç elde edilene kadar tekrar silindir şekline getirilir. Deney başarılı olduğunda, su içeriğini belirlemek üzere hazırlanan numuneden bir miktar alınmış, darası alınan cam kaba konulup tartılmıştır. Daha sonra etüve konularak kurutulmuş ve su içeriği hesaplanmıştır.



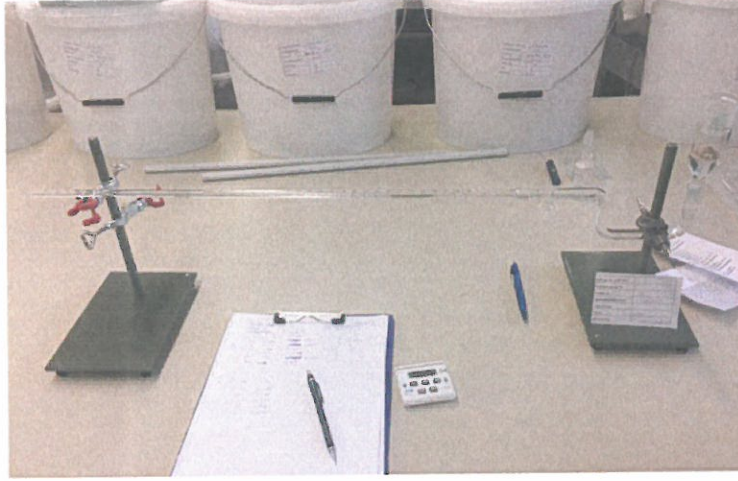
**Şekil 4.12** : Plastik limit deneyi.

#### 4.5 Enslin-Neff Deneyi

Enslin-Neff deneyi; kuru haldeki kil ya da kil içeren numunelerin su alma kapasitenin tanımlanmasında, fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan, uygulaması basit, maliyeti düşük bir deneydir (Demberg,1991). Enslin-Neff deneyi DIN 18132:1995 Alman standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Enslin-Neff su alma testinde 5 adet 5'er gramlık zemin toz numunesi kullanılmıştır. Şekil 4.13'de deneyde kullanılan deney aletleri gösterilmiştir. Deneyde 0,001 g hassasiyetli terazi ve numunelerin tamamen kuru kalmasını sağlamak amacıyla desikatör kullanılmıştır.

Deneye ilk olarak 0,5 mm'den küçük olan 5 g toz numunesi alınıp kurutulularak başlanmıştır. Kurutulan malzemeler desikatöre konularak dışarıdan nem almaması sağlanmıştır. Büret ve cam tüp, içerisinde hava baloncuğu kalmayacak şekilde su ile doldurulmuştur. Kurutulan ve desikatörde bekletilen malzemeden 1 g alınmış, hazneye huni şeklinde dökülmüş ve aynı anda kronometreye basılmıştır. Poroz filtreden dolayı toz numune su almaya başlayacaktır. Numune su almaya başlayınca kılcal borudaki seviye değişimleri 30 sn,1, 2, 4, 8, 15, 30 dk boyunca okunmuş ve kaydedilmiştir. Kuru olan numunenin su alması hızlı olacağından ilk okumalardaki değişim hızlı olmuştur.

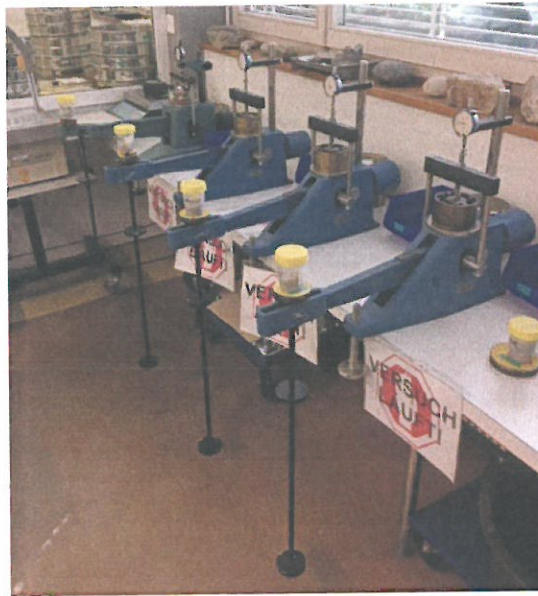
Daha sonra numune yeteri kadar su aldığıında kılcal borudaki değişim duracaktır. Üst üste okunan iki değer birbirini aynısı olduğu zaman ya da 24 saat sonra deney sonlandırılmıştır.



**Şekil 4.13** : Enslin-Neff deneyi.

#### 4.6 Ödometre Deneyi

İnce taneli zemin numunelerinin düşey yükler altında oturma davranışını tanımlamak amacıyla yapılmaktadır. Deney ASTM D2435-04 standartlarına göre yapılmıştır. Deneyde ödometre deney aleti, deformasyon ölçer, hücre gövdesi, poröz taş, poröz filtre kağıdı, ağırlık, etüv, cam kap, kronometre ve numune kesme aletleri kullanılmıştır (Şekil 4.14).



**Şekil 4.14** : Ödometre deney aletleri.



Ödometre deneyinde 5 adet UD numunesinden ikişer tane olmak koşulu ile toplamda 10 adet numune kullanılmıştır. Ödometre deneyinde kullanılacak numunenin derinliğinden düşey gerilme değerleri hesaplanarak numune üzerine uygulanması gereken yükler hesaplanmış ve sırasıyla 30, 60, 125, 250, 500, 400, 500 ve 900 kN olarak belirlenmiştir. Zaman-oturma grafiği için 500 kN yük uygun görülmüştür. Her yük için 24 saat beklenmiştir.

İlk olarak ödometre halkası boş iken tartılmış ve kaydedilmiştir. Örselenmemiş numuneler ödometre halkasına alınırken süreksizlik içermemesine ve örselenmemesine dikkat edilerek alınmıştır. Daha sonra alınan numune halka ile birlikte tartılmış ve kaydedilmiştir. Ödometre hücre gövdesinin altına suya doymuş poroz taş konulmuş, poroz taşın üzerinde ise zemin numunesinin taşa zarar vermemesi için poroz filtre kâğıdı kullanılmıştır. Filtre kâğıdı konulduktan sonra zemin numunesi konulmuş ve onun üzerine tekrar filtre kâğıdı konulmuştur. Bu işlemlerden sonra numune hücre gövdesine vidalarla sabitlenmiş ve hücre numunenin tamamı suda kalacak şekilde saf su ile doldurulmuştur. Hazırlanan numune ödometre deney aletine yerleştirilerek 24 saat konsolidasyon için bekletilmiştir. 24 saatin sonunda 30 kN ile deneye başlanmış, deneye başlama saati ve dakikası kaydedilmiştir. Diğer yükler sırasıyla yüklenmiş 500 kN'de zaman deformasyon değerleri okunmuştur. 900 kN'de deney sonlandırılmıştır. Ödometre deney hücresi sökülerek numune tartılmış ve okunan değer kaydedilmiştir. Daha sonra numune halka içinden çıkarılarak darası daha önceden bilinen cam kaba konulmuş ve 105°C'de sabitlenmiş etüve konularak su içeriği hesaplanmıştır. Halkanın çapı ve ağırlığı bilindiğinden numunenin yoğunluğu da hesaplanabilmiştir. Hesaplanan değerlerden zaman ve deformasyon grafiği hazırlanmıştır.

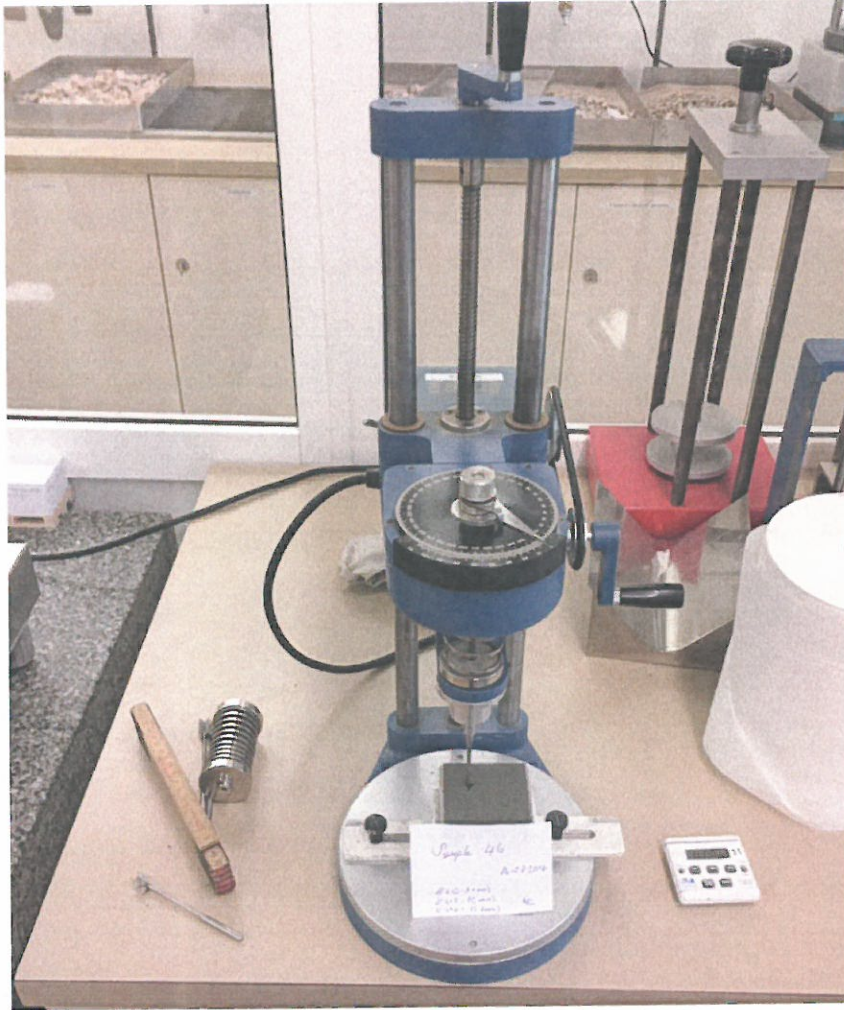
#### **4.7 Laboratuvar Vane Testi**

Laboratuvar vane testi arazide yapılan vane testiyle prensip olarak aynıdır ancak arazi vane deneyinin laboratuvar ortamında kesme dayanımını direk ölçmek için daha küçük ölçekli dizayn edilmiş halidir.

Laboratuvar vane deneyi ASTM D4648 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Deneyde kullanılan kanatlar kesme direncini ölçmeye yarar. Laboratuvar vane deneyinde ana gövde ve taban plakası, vane kanatları (12,7 mm genişliğinde x 12,7 mm uzunluğunda), bir tanesi dönen vane aparatına diğeri ana gövdeye sabitlenmiş

dereceleri işaretlenmiş dereceli ölçek, zemine uygun olarak seçilen yay, örnek kabı, etüv ve kronometre aletlerinden oluşur (Şekil 4.15).

Deney örselenmemiş numunenin çok sert olmasından dolayı yeniden şekillendirilmiş numune üzerinde uygulanmıştır. Deney için toplam 5 UD numunesi alınarak içerisine yavaş yavaş saf su eklenmiş ve karıştırılmıştır. Laboratuvar vane testinde kullanılacak olan kabın boyutları ölçülmüş ve boş iken ağırlığı kaydedilmiştir. Kaba konulacak malzemenin miktarı odometreden hesaplanan yoğunluğa göre ayarlanmış ve yoğunlukların değerlerinin yaklaşık aynı olması sağlanmıştır. Zeminin durumuna göre zemine uygun yay seçilmiştir. Deney, aralarında  $120^\circ$  olan 3 noktada gerçekleştirilmiştir. Her derinlik için 4-8-12 tur olmak üzere ayrı ayrı tur sayısı belirlenmiştir.



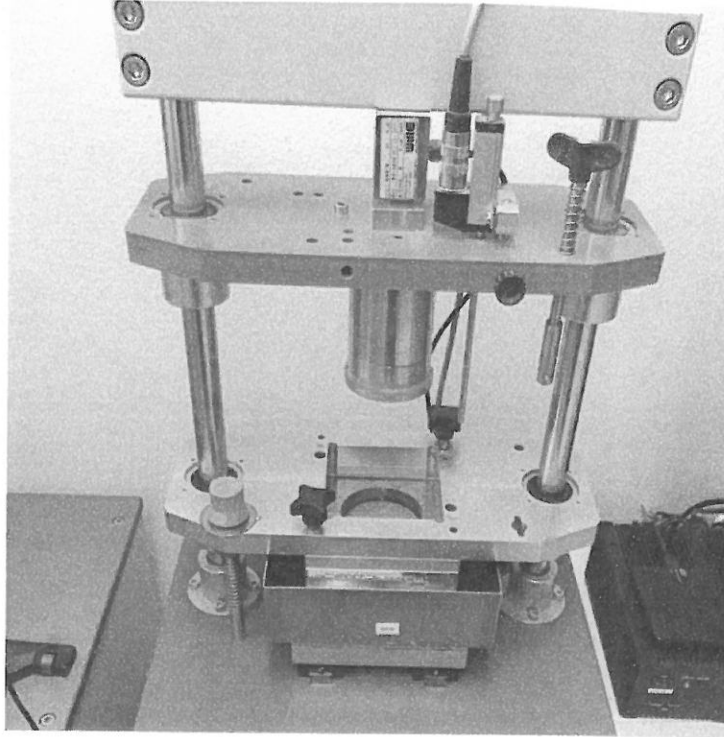
**Şekil 4.15** : Laboratuvar vane testi deney aleti.

Vane kanatları numune içerisindeyken deney aleti çalıştırılmış ve sabit açıölçer ile hareketli açıölçerin beraber sabitlendiği açı değerinden malzemenin kesme açısı

saptanmıştır. Bu açı yay abağında lineer doğru ile karşılaştırarak numunenin kesme direnci bulunmuştur.

#### 4.8 Doğrudan (Direk) Kesme Deneyi

Doğrudan (direk) kesme deneyi zeminlerin kesme direncini ölçerek zeminlerin içsel sürtünme açısı ve kohezyonu gibi kesme parametrelerinin bulunmasında yaygın olarak kullanılan bir deneydir. Direk kesme deneyi 18137-3 Alman standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Deneyde Wille geotechnik marka bilgisayar kontrollü direk kesme aleti (Şekil 4.16), iki parçalı kesme haznesi, kesme deneyi halkası, numuneyi halkadan çıkarma aparatı, vida sıkma anahtarı, filtre kağıdı, cam kap, tartı ,etüv kullanılmıştır.



Şekil 4.16 : Doğrudan (direk) kesme deney aleti.

Deneye ilk olarak numunenin konulacağı halkanın ağırlığı tartılarak başlanmıştır. Numune alma halkası örselenmemiş numuneye yerleştirilmiş ve pres uygulanarak numunenin halka içerisine girmesi sağlanmıştır. Halkanın alt ve üst düzlemlerinin düz olması ıspatula ile sağlanmıştır. Numune ve halkanın ağırlığı tartılmış ve deney föyüne kaydedilmiştir. Kesme kutusu haznesinin tabanına filtre kağıdı ıslatılarak konulmuştur. Filtre kağıdı konulduktan sonra numune halkadan itilerek haznenin içerisine yerleştirilmiş ve üzerine tekrar poroz filtre konulmuştur. Haznenin köşelerinde bulunan vidalar sıkılmış ve hazne deney aletine yerleştirilmiştir. Daha

sonra hazne belirlenen seviyeye kadar su ile doldurulmuş ve 1 saat süre ile numunenin konsolidasyonu sağlanmıştır. 1 saat sonunda bilgisayarda numune üzerine uygulanacak yük, kesme yolu, kesme süresi değerleri atanmış ve deneye başlanmıştır. Haznenin vidaları sökülerek kesme aletinin üst kısmı alt haznedan ayrılarak ana gövdeye sabitlenmiş ve kesme işlemine geçilmiştir. Kesme haznesinin aldığı yol 25 mm olarak girilmiştir. Kesme hızı 1 mm/dk olarak belirlenmiştir. Deney bitince hazne içerisindeki su boşaltılmış ve deney aletindeki yük uygulayan hidrolik baskı kaldırılmıştır. Deney sonunda elde edilen grafikler bilgisayara kaydedilmiştir. Hazne deney aletinden alınarak içerisindeki numune dikkatlice çıkarılmış, darası bilinen cam kaba konulup tartılmıştır. Daha sonra 105°C etüve konulmuş ve elde edilen kuru numune tartılarak su içeriği hesaplanmıştır.

## 5. BULGULAR

Açılan sondajlardan alınan HY-3 sondajına ait UD-28, HY-4 sondajına ait UD-44 ve UD-46, HY-5 sondajına ait UD-59 ve UD-60 nolu UD numunelerin zemin indeks özellikleri ve mühendislik parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda zeminin su içerikleri tane boyu dağılımları, kesme parametreleri ve sergileyebileceği davranışlar kendi aralarında karşılaştırılmış ve sonuçlardaki farklılıkların nedenleri açıklanmıştır. Numunelerin doğal su içeriğine ait sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

**Çizelge 5.1 : Numunelerin doğal su içeriği sonuçları.**

Numune Adı	Kap Ağırlığı (g)	Kap+Islak Numune (g)	Islak Numune (g)	Kap+Kuru Numune (g)	Kuru Numune (g)	Su İçeriği [%]	Ortalama Su İçeriği [%]
UD-28	968	3258	2290	2677	1709	34	34
UD-44	958	3040	2082	2581	1624	28	28
UD-46	970	3012	2041	2503	1532	33	33
UD-59	973	2414	1441	2036	1063	36	36
UD-60	973	2731	1758	2194	1220	44	44

Çizelge 5.1’de verilen sonuçlara göre numunelerin doğal su içerikleri UD-28 numunesi için % 34, UD-44 numunesi için % 28, UD-46 numunesi için % 33, UD-59 numunesi için % 36 ve UD-60 numunesi için %44 olarak hesaplanmıştır.

Alınan numunelerin tane boyu analizleri ıslak eleme, kuru eleme ve hidrometre analiz yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır.

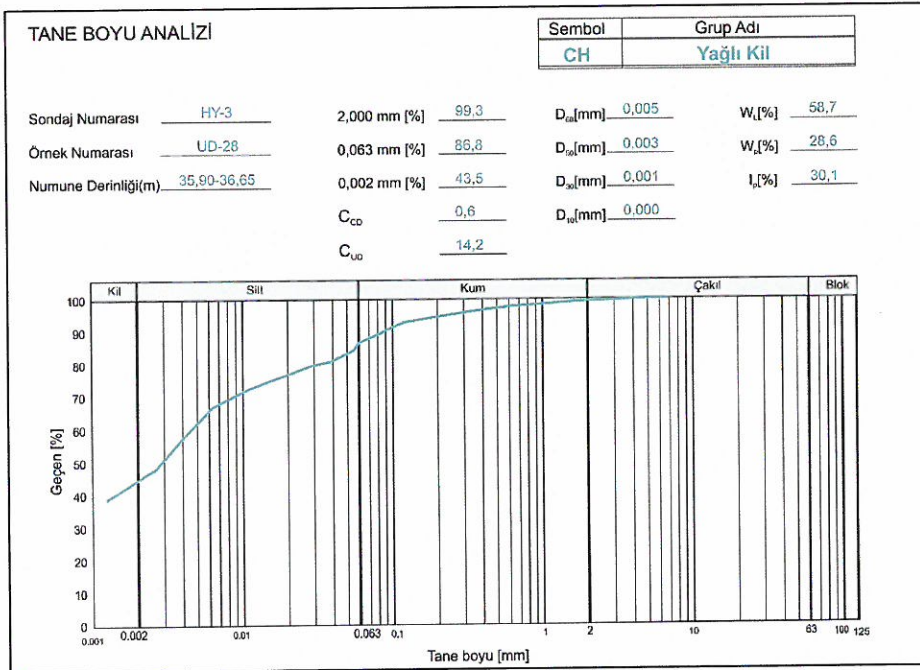
Tane boyu analizlerinden örneklerin uniformluk katsayısı hesaplanmış ve UD-28, UD-44, UD-46, UD-60 numunelerinin heterojen, UD-59 numunesinin ise homojen yapıda olduğu görülmüştür.

Şekil 5.1’de HY-3 UD-28 Numaralı numuneye ait 0,063’den-8 mm’ye olan tane boyu dağılımı gösterilmiştir. UD-28 numaralı örneğe ait tane boyu analizi yapılırken analiz sırasında bir miktar organik maddeye rastlanmıştır. Ancak organik madde içeriği yok denecek kadar az olduğundan birim CH olarak nitelendirilmiştir.



Şekil 5.1 : UD-28 tane boyu dağılımı (0,063-8 mm).

Şekil 5.2’de gösterilen 35,90-36,65 m derinlikten alınan UD-28 numunesine ait değerlere göre 2 mm’ye karşılık elek altı malzeme % 99,3, 0,063 mm için bu değer %86,8 ve 0,002 mm için ise %43,5 olarak bulunmuştur.



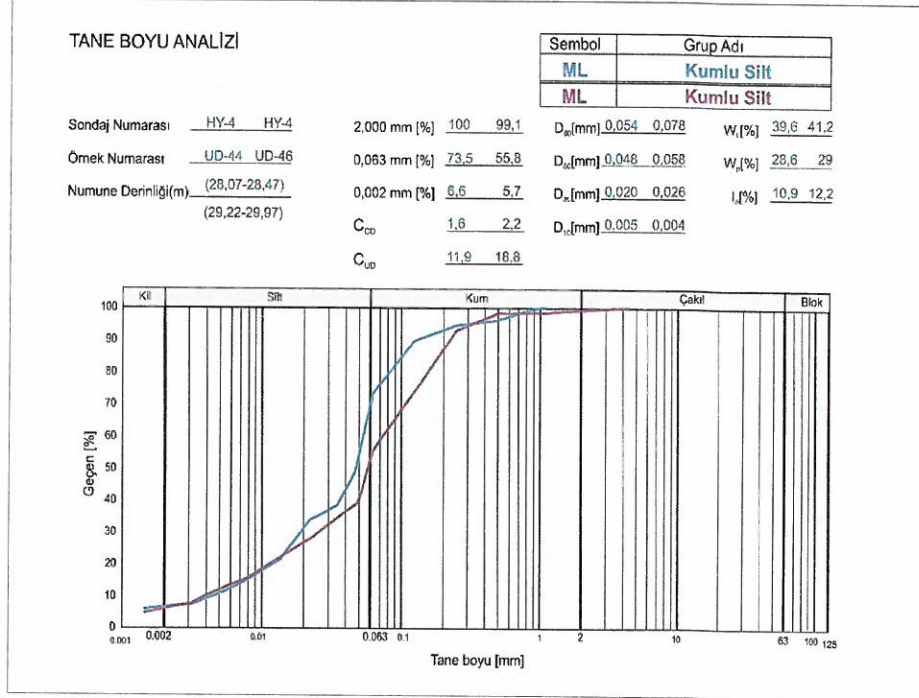
Şekil 5.2 : HY-3 UD28 Nolu numuneye ait tane boyu dağılımı grafiği.

HY-4 UD44 ve UD-46 numaraları örneklerine ait tane boyu analizi yapılmış bunun sonucunda elde edilen tane boyu dağılımı Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.3 :** HY-4 UD44 ve UD 46 numunelerin tane boyu dağılımı.

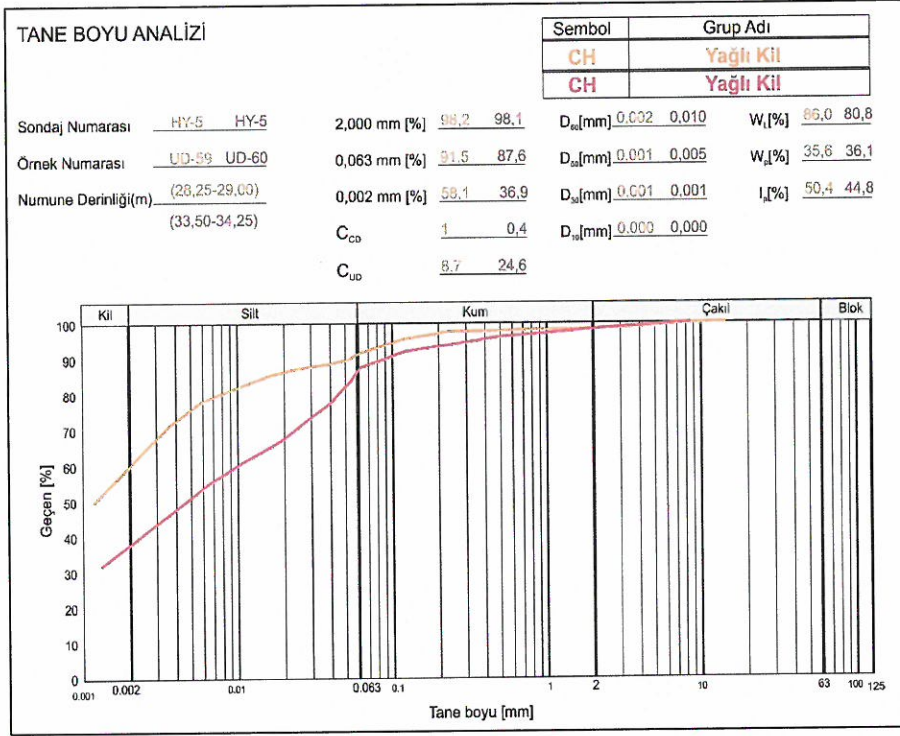
Şekil 5.4'de gösterilen 28,07-28,47 m derinlikten alınan UD-44 numunesine ait değerlere göre 2 mm'ye karşılık elek altı malzeme %100, 0,063 mm için %73,5 ve 0,002 mm için %6,6 olarak bulunmuştur. 29,22-29,97 m derinlikten alınan UD-46 numunesi için ise 2 mm'ye karşılık elek altı malzeme % 99,1, 0,063 mm için %55,8 ve 0,002 mm için %5,7 olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 5.4 :** HY-4 UD-44 ve UD-46 Nolu numunelere ait tane boyu dağılımı grafiği.

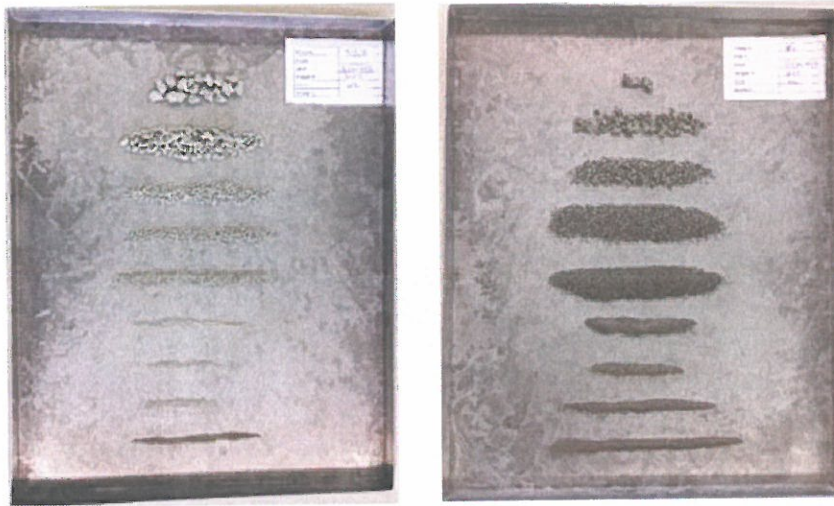
Şekil 5.5'de gösterilen 28,25-29,00 m derinlikten alınan UD-59 numunesine ait değerlere göre 2 mm'ye karşılık elek altı malzeme %98,2, 0,063 mm için %91,5 ve 0,002 mm için %58,1 olarak bulunmuştur. 33,50-34,25 m derinlikten alınan UD-60

numunesi için ise 2 mm'ye karşılık elek altı malzeme %98,1, 0,063 mm için %87,6 ve 0,002 mm için %36,9 olarak bulunmuştur.



**Şekil 5.5 :** HY-5 UD-59 ve UD-60 Nolu numunelere ait tane boyu dağılımı grafiği.

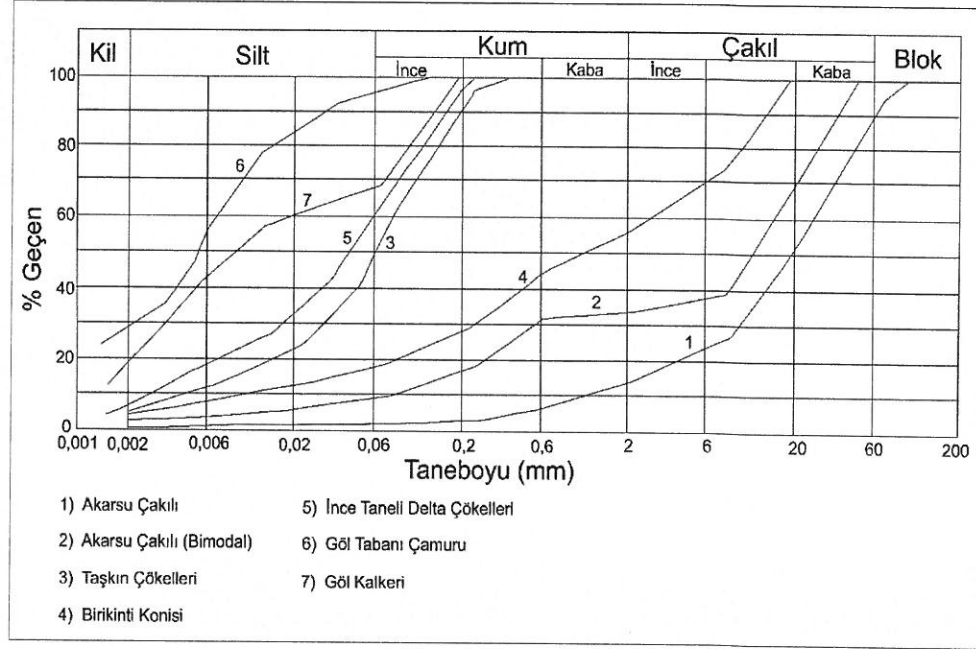
Bir zeminin ağırlıkça geçen yüzdesinin %60'ına karşılık gelen dane çapının ( $D_{60}$ ), %10' una karşılık gelen dane çapına ( $D_{10}$ ) oranı uniformluk katsayısını ifade eder. Buna göre, alınan UD numunelerinden UD-59 homojen yapıya sahipken, diğer UD numunelerinin heterojen yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. UD-59 ve UD-60 numaralı numunelere ait tane boyu analizi deney sonucu Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 5.6 :** UD-59 ve UD-60 numuneleri tane boyu dağılımı.



Elde edilen tane boyu analizlerinden numunelerin buldukları ortamların yorumlanması Şekil 5.7’de verilen Schindler ve Nievergelt (1990) tarafından hazırlanan granülometri eğrilerinden hareketle yorumlanmış ve numunelerin göl tabanı çamuru ve göl kalkerini temsil ettiği görülmüştür.



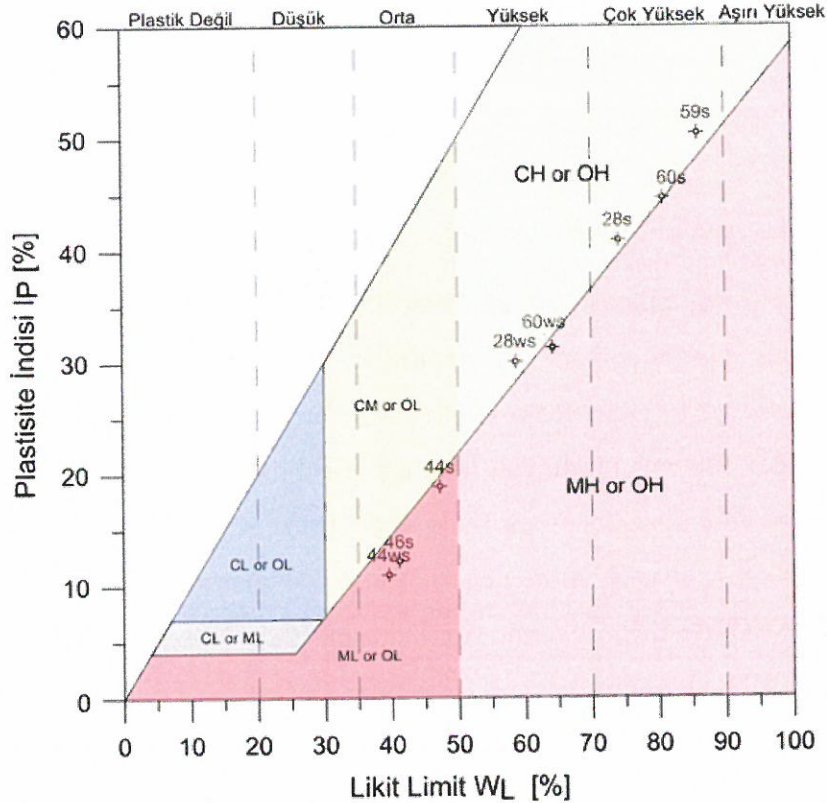
**Şekil 5.7 :** Fluvial ve göl çökellerine ait karakteristik dane boyu dağılımları (Schindler ve Nievergelt, 1990).

Numunelerin kıvam limitlerinin belirlenmesi amacıyla plastik limit değerleri ve Cassagrande deney aleti ile likit limit değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar kullanılarak plastisite indisi bulunmuştur.

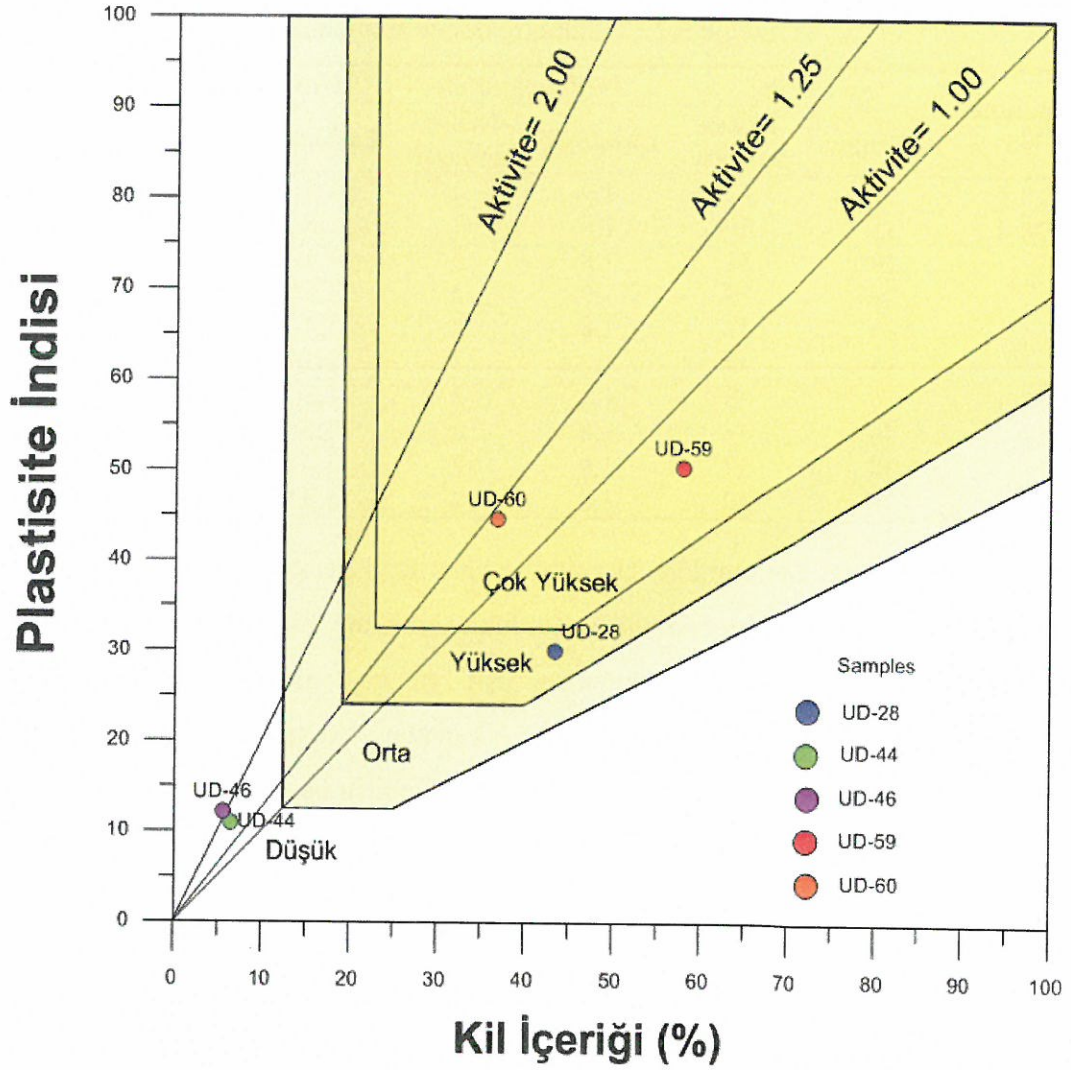
USCS tane boyu sınıflamasına uygun olarak likit limit–plastisite indisi (Cassagrande) grafiği çizilerek plastisite kartı belirlenmiştir. Cassagrande tarafından 1948’de önerilen plastisite kartı, Dumbleton 1968 tarafından modifiye edilmiş daha sonra ise bu kart 1973’de Raman tarafından numunelerin likit limit değerlerine göre şişme potansiyellerine göre düzenlenmiştir (Şekil 5.8) Buna göre UD-28 numunesinin likit limit değeri %58,7, plastik limit değeri %28,6 ve plastisite indisi %30,1 olarak hesaplanmıştır ve birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre CH yağlı kil sınıfında olduğu belirlenmiştir. UD-44 numunesi için likit limit değeri %39,6, plastik limit değeri %28,6 ve plastisite indisi %10,9 olarak hesaplanmıştır ve USCS birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre ML kumlu silt sınıfında olduğu görülmüştür. UD-46 numunesi için likit limit değeri % 41,2, plastik limit değeri %29 ve plastisite indisi %12,2 olarak hesaplanmış ve USCS birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre ML kumlu silt sınıfında

olduğu görülmüştür. UD-59 numunesi için likit limit değeri %86, plastik limit değeri %35,5 ve plastisite indisi %50,4 olarak hesaplanmış ve USCS birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre CH yağlı kil sınıfında olduğu görülmüştür. Aynı şekilde UD-60 numunesi için likit limit değeri %80,8, plastik limit değeri %36,1 ve plastisite indisi %44,8 olarak hesaplanmıştır ve USCS birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre CH yağlı kil sınıfında olduğu görülmüştür.

Atterberg kıvam limitlerinden numunelerin Plastisite indisi-kil yüzdesi grafiği oluşturulup Van der Merwe aktivite abağı yardımıyla aktivite grafiği hazırlanmıştır. Şekil 5.9'daki grafiğe göre numunelerden; UD-44 ve UD-46 düşük aktiviteye, UD-28 orta aktiviteye, UD-59 yüksek aktiviteye ve UD-60 çok yüksek aktiviteye sahip oldukları görülmüştür. Bu aktivite değerleri hassasiyet dereceleri ile kıyaslanınca düşük aktiviteye sahip zemin malzemelerinin düşük hassasiyete, çok yüksek aktiviteye sahip numunelerin ise az hassasiyete sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca UD-28, UD-44, UD-60 numuneleri 0,5 mm elekten geçirilmeden Atterberg kıvam limitleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerin, elekten geçen numunelere göre daha düşük plastisite indisine ve likit limite sahip olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.8 : Numunelerin plastisite kartında gösterimi (Dakshanamurty ve Raman 1973 tarafından önerilen).



Şekil 5.9 : Aktivite şişme potansiyeli grafiği ( Van Der Merwe, 1964).

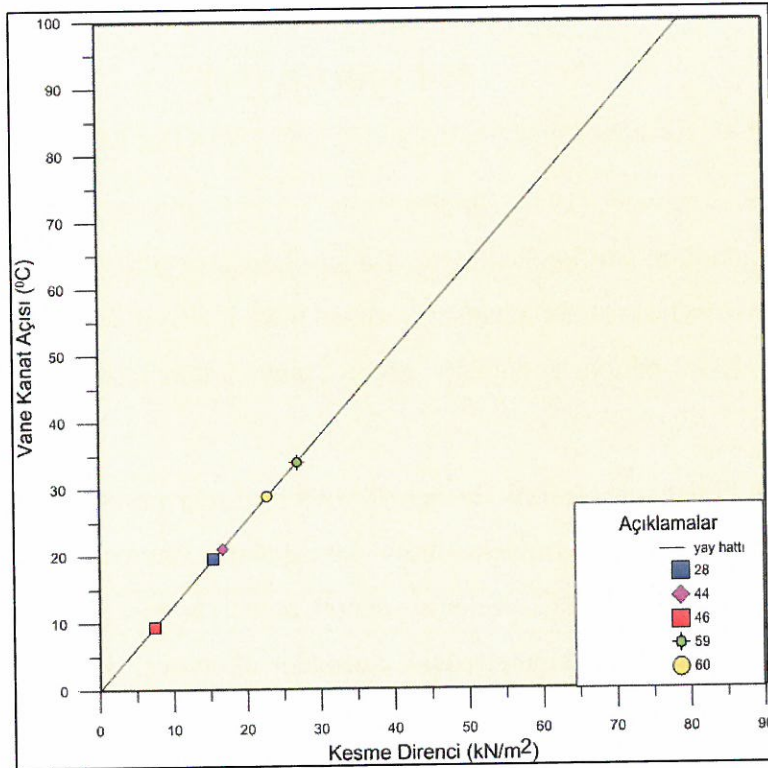
Numuneler ayrıca Bowles (1984) likidite indisi ( $I_L$ ) ve Kumbasar (1999) kıvam indisi ( $I_c$ ) sınıflamasına göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamalara göre  $I_L > 1$  ve  $I_c > 1$  ise çok katı ya da sert,  $0 \leq I_L - I_c \leq 1$  ise plastik,  $I_L < 1$  ve  $I_c < 1$  ise sıvı (çok yumuşak) olarak tanımlanırlar. Elde edilen sonuçlara göre deney numunelerinin plastik olduğu görülmüştür.

Konsolidasyon deneyinde zeminlerin belirli yükler altında yanal olarak genişlemesi önlenerek sadece düşey yöndeki boy kısaltmaları okunmuştur. Her deney numunesinden birbiri arasında kıyaslama yapmak amacıyla ikişer adet alınarak deney yapılmıştır. Çizelge 5.2'de ödometredeki oturmalar okunmuş, deney numunelerinin başlangıç ve deney sonrası ağırlıkları ölçülmüş, hacmi ve ağırlığı bilinen ödometre halkasıyla ıslak ve kuru yoğunluklar hesaplanmıştır. Hesaplamalara göre en yüksek oturma değeri 2,719 mm ile UD-59-1'e ait iken en düşük oturma değeri 1,318 ile UD-28-3'e aittir.

Çizelge 5.2 : Ödometre deney sonuçları.

Numune No	Su içeriği		Islak yoğunluk		Kuru yoğunluk		Oturma mm
	Başlangıç	Deney sonrası	Başlangıç	Deney sonrası	Başlangıç	Deney sonrası	
28-3	31	32	1,9	2	1,5	1,6	1,3
28-4	31	30	1,9	2	1,5	1,6	1,6
44	29	31	1,8	2	1,4	1,6	2
	29	29	1,9	2	1,5	1,6	1,4
46	33	33	1,8	2	1,4	1,5	1,7
	33	34	1,7	2	1,3	1,5	2,5
59-1	36	43	1,8	2	1,2	1,4	2,7
59-2	36	41	1,8	2	1,3	1,4	1,8
60	38	37	1,9	2	1,4	1,4	1,3
	38	40	1,8	2	1,3	1,4	1,7

Numunelerin kesme dayanımları laboratuvar vane testi ile saptanmaya çalışılmıştır. Ödometre deneyinden elde edilen yoğunluklar dikkate alınarak vane testi için kullanılacak malzemenin yoğunluğunun eşit ya da yaklaşık değerde olması hedeflenmiştir. Vane deneyinde vane kanatları örselenmemiş numuneye batmadığından deney sadece yeniden şekillendirilmiş numuneler üzerinde uygulanmıştır. Deney sonucunda elde edilen dereceler, yay grafiğindeki doğru ile keşistirilerek kesme dayanımı  $C_u$  değerleri doğrudan hesaplanmıştır Şekil (5.10).



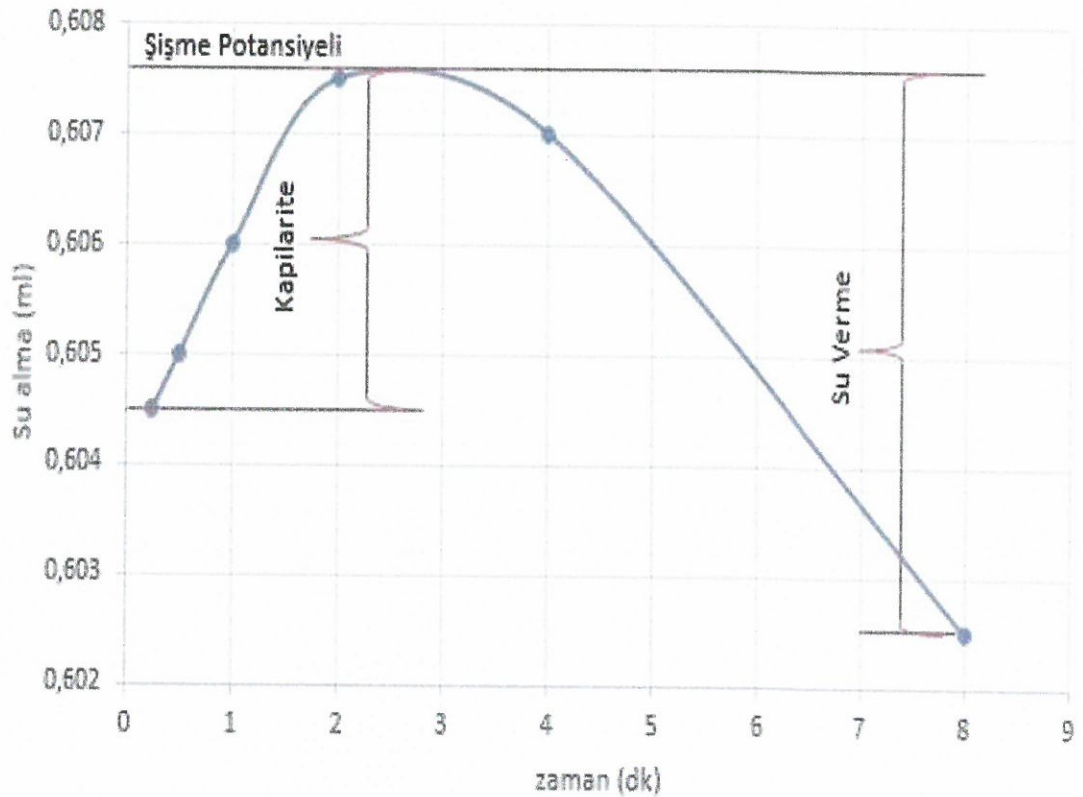
Şekil 5.10 : Vane yay grafiği.

Hesaplanan değerler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 : Laboratuvar vane testi deney sonuçları.

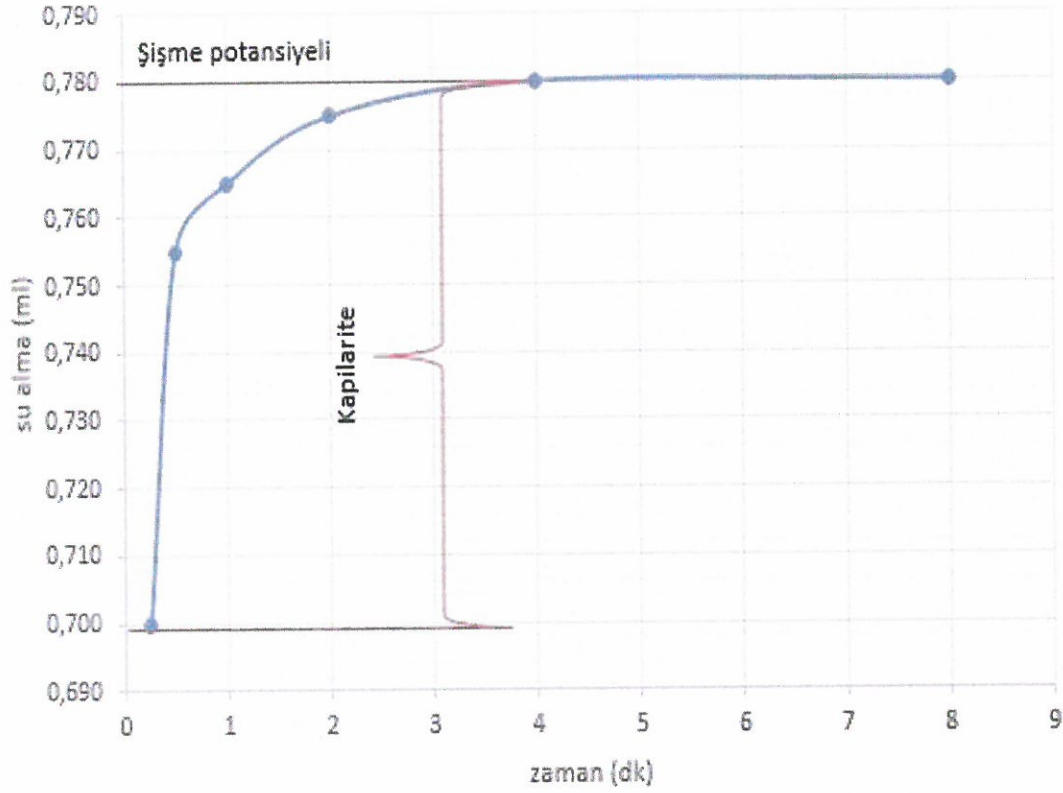
Numune No	Pozisyon	İç Açı Derecesi	Kesme Dayanımı (kN/m <sup>2</sup> )	Su İçeriği	Oedometer		Vane
					Yoğunluk 1(g/cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk 2(g/cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
28	1st	22	17,4	43,3			
	2nd	17,5	13,8	43,3	1,9	1,9	1,8
	3rd	19	15,0	43,3			
44	1st	20	15,8	34,8			
	2nd	20,2	16,0	34,8	1,9	1,8	1,8
	3rd	23	18,2	34,8			
46	1st	10	10,0	36,9			
	2nd	6,5	5,1	36,0	1,8	1,7	1,8
	3rd	11,5	9,1	36,5			
59	1st	30	23,7	51,0			
	2nd	37	29,2	51,0	1,8	1,8	1,7
	3rd	35	27,7	51,0			
60	1st	25	19,8	51,6			
	2nd	31	24,5	52,7	1,9	1,8	1,7
	3rd	30,5	24,1	52,2			

Zeminlerin su alma kapasitelerinin ölçülmesi amacıyla Enslin-Neff testi yapılmıştır. Her deney birden fazla tekrarlanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

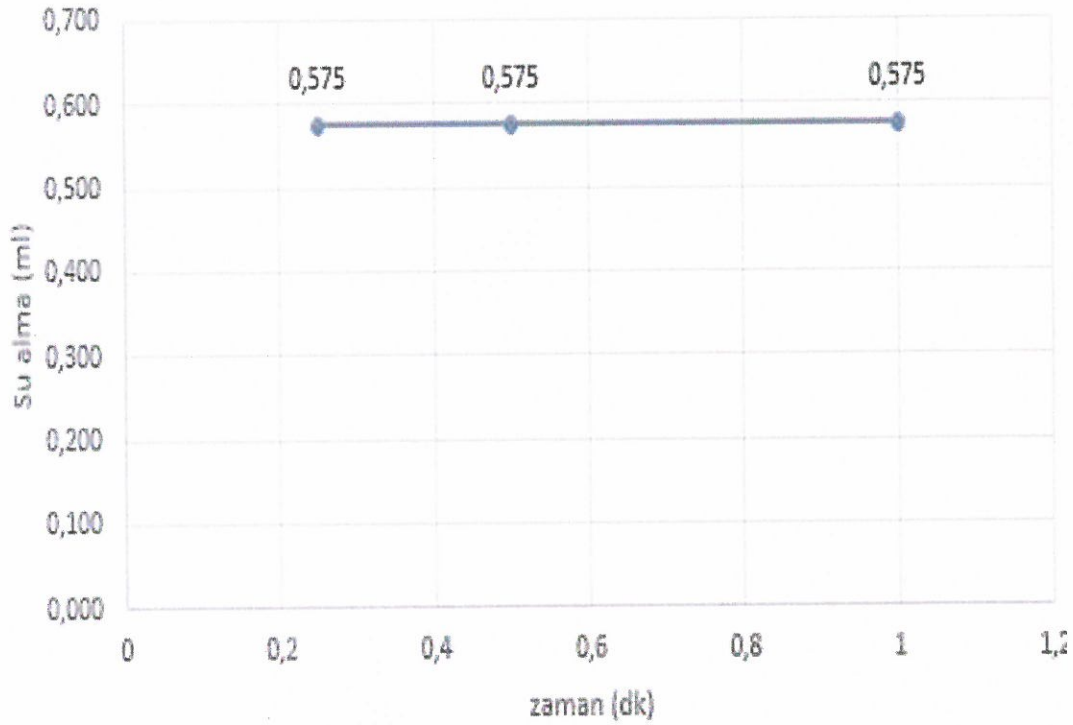


Şekil 5.11 : UD-44 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.

UD-44 numunesi için su alma kapasitesi %78, UD-28 numunesi için ise su alma kapasitesi %60 olarak bulunmuştur (Şekil 5.11, Şekil 5.12).

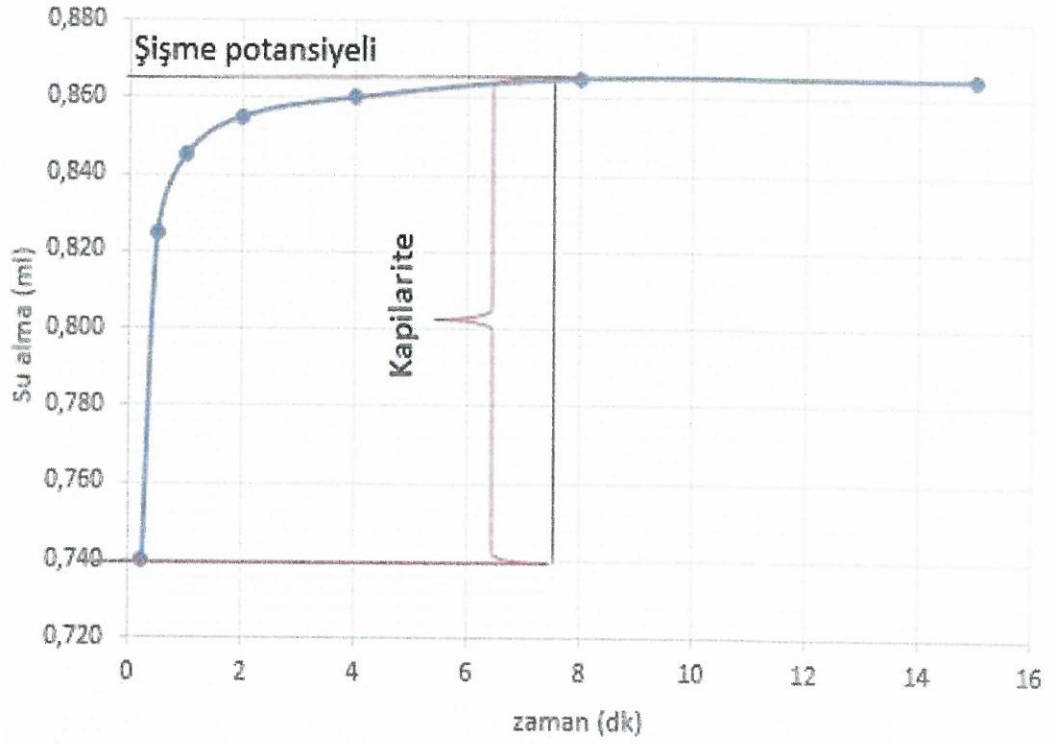


Şekil 5.12 : UD-28 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.

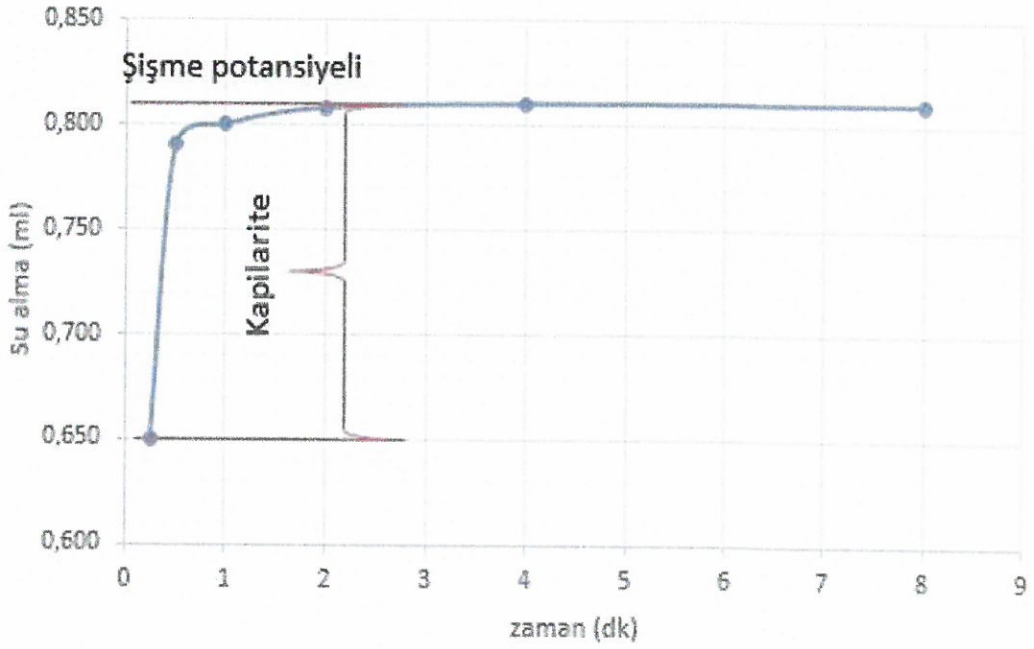


Şekil 5.13 : UD-46 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.

UD-46 numunesinin su alma kapasitesi %58, UD-59 numunesi için bu değer %87 ve UD-60 numunesi için ise %83 olarak belirlenmiştir (Şekil 5.13, Şekil 5.14, Şekil 5.15).



Şekil 5.14 : UD-59 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.



Şekil 5.15 : UD-60 numunesi için Enslin-Neff deney sonucu.

Direk kesme deneyi uzun sürdüğünden deney 5 UD numunesinden farklı 2 adet kullanılarak yapılmıştır. Numuneler HY-4 kuyusundan ve HY-5 kuyusundan alınan UD-44 ve UD-60 örnekleri ile gerçekleştirilmiştir.

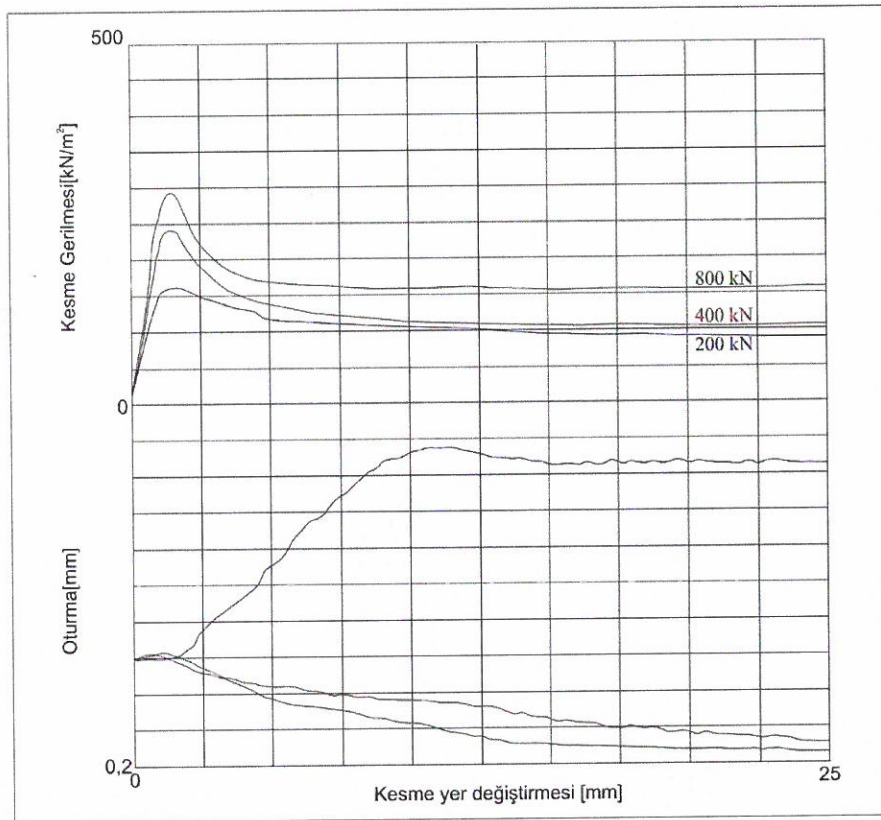
Direk kesme deneyi, kesme parametreleri yardımıyla kohezyon ve içsel sürtünme açısının doğrudan bulunmasını sağlayan deneylerden birisidir. Direk kesme deneyinde

duruk ve rezidüel değerlerera karşılık gelen dayanımlar okunmuştur ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.4'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.4 : Direk kesme deneyi sonuçları.**

Numune No	Su İçeriği (%)		Islak Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )		Kuru Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )		Oturma (mm)	Pik (kN/m <sup>2</sup> )	Yükleme (kN)
	Başlangıç	Deney Sonrası	Başlangıç	Deney Sonrası	Başlangıç	Deney Sonrası			
44UD	31,1	35,5	1,9	2,3	1,4	1,7	3,28	150,7	200
	31,1	36,9	1,9	2,2	1,4	1,6	1,67	309,3	400
	31,1	32,2	1,9	2,3	1,5	1,7	3,11	481,1	800
44R	31,1	32,2	1,9	2,1	1,4	1,6	2,76	121,1	200
	31,1	30,7	1,9	2,2	1,4	1,7	3,27	187,3	400
	31,1	29,2	1,9	2,3	1,4	1,8	3,91	328,7	800
60UD	44,5	47,3	1,8	1,9	1,2	1,3	1,29	162,7	200
	44,5	41,1	1,8	2,0	1,3	1,4	0,98	246,3	400
	44,5	46,4	1,8	1,9	1,2	1,3	1,36	293,9	800
60R	44,5	45,0	1,8	2,0	1,2	1,4	1,96	85,5	200
	44,5	44,3	1,7	2,3	1,2	1,4	3,26	127,0	400
	44,5	54,0	1,7	2,2	1,1	1,4	4,19	211,5	800

HY-5 UD-60 örselenmemiş numunesi üzerinde yapılan direk kesme deneyinde 200 kN, 400 kN ve 800 kN altındaki oturma miktarları Şekil 5.16'da verilmiştir.



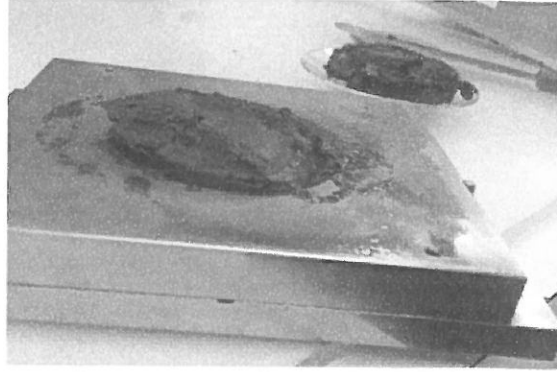
**Şekil 5.16 : UD-60 numunesi doğrudan (direk) kesme deneyi sonuçları.**

Şekilden de anlaşılacağı üzere uygulanan 200 kN'luk yük, malzemenin oturmasında herhangi bir değişikliğe yol açmamıştır. Bu grafik, UD-60 nolu kil numunesinin daha



önce 200 kN'dan daha fazla yüke maruz kalmış olduğunu ve 200 kN'luk yükün malzemenin düşey davranışında herhangi bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Doğrudan (direk) kesme deneyi sonrasında deney numunesinin kesme düzlemi Şekil 5.17'de gösterilmiştir. Deney sonucunda elde edilen maksimum kesme parametreleri örselenmemiş ve yeniden şekillendirilmiş numuneler için ayrı ayrı okunarak Terzaghi (1944) tarafından önerilen denklem 5.1'e göre  $S_t$  hassasiyet formülü ile hesaplanmıştır.



Şekil 5.17 : 200 kN yük altında HY-5 UD-60 örselenmemiş numune.

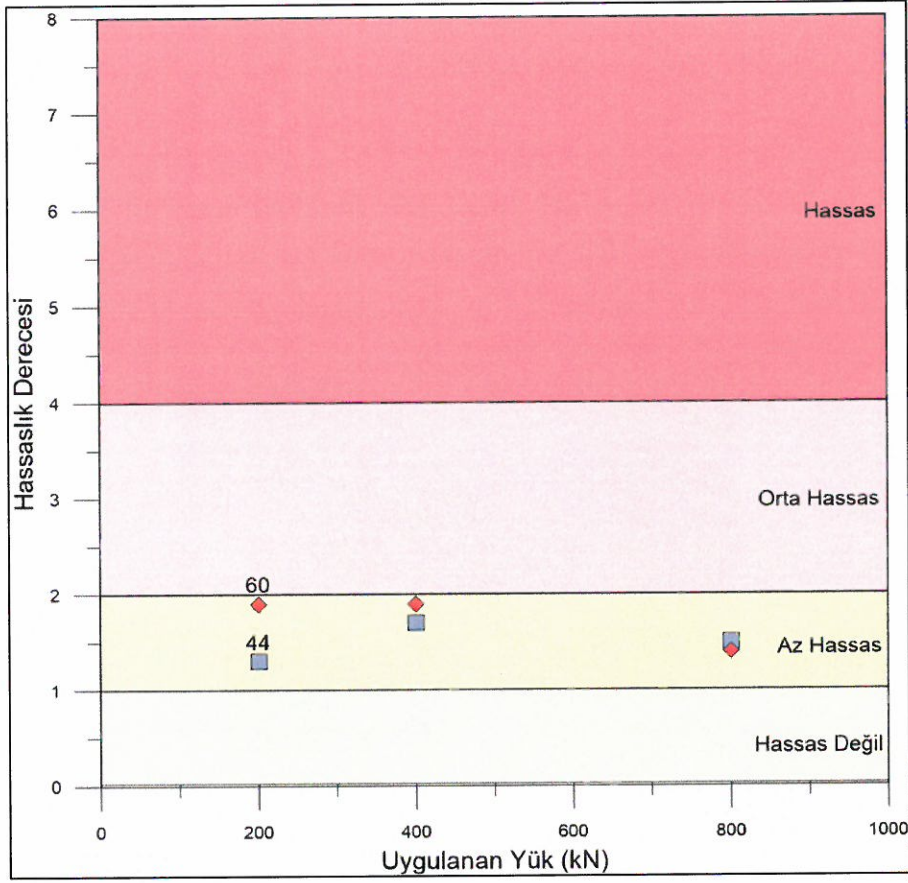
Sonuçlar Çizelge 5.5'te gösterilen hassasiyet sınıflamalarına göre değerlendirilmiştir.

$$S_t = \frac{C_{UD}}{C_R} \quad (5.1)$$

Denklem 5.1'de verilen  $S_t$ :hassasiyet derecesini,  $C_{UD}$ :örselenmiş kesme direncini,  $C_R$ :yeniden şekillenmiş kesme direncini belirtmektedir.

Çizelge 5.5 : Hassasiyet derecesi sınıflamaları.

Skempton ve Northey (1952)		Rosenqvist(1953)		Shannon ve Wilson (1964)		Norsk Geoteknisk Forening (1974)	
St	Hassasiyet	St	Hassasiyet	St	Hassasiyet	St	Hassasiyet
1	Hassas değil	1	Hassas değil	<3	Az	<8	Az Hassas
1-2	Az Hassas	1-2	Az Hassas	3-5	Az- Orta	8-30	Orta- Yüksek
2-4	Orta Hassas	2-4	Orta Hassas	5-7	Orta	>30	Yüksek
4-8	Hassas	4-8	Çok Hassas	7-11	Orta- Yüksek		
>8	Oldukça Hassas	8-16	Az Hızlı	11-14	Yüksek		
>16	Hızlı	16-32	Orta Hızlı	20-40	Çok Yüksek		
		32-64	Çok Hızlı	>40	Oldukça Yüksek		
		>64	Oldukça Hızlı				



**Şekil 5.18 :** UD-44 ve UD-60 numaralı örneklerin Skempton ve Northey (1952)'ye göre hassasiyet sınıflaması.

Elde edilen sonuçlara göre numuneler bütün sınıflama sistemlerine göre az hassasiyete sahiptir. Deney sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde; 200 kN yük altında UD-44 numaralı numune 1,3 hassaslık derecesine sahip iken, yük 800 kN olduğunda bu değer 1,5 olarak bulunmuştur. Buna karşılık UD-60 numaralı numune 200 kN yük altında 1,9 hassaslık derecesine sahip iken 800 kN yük altında 1,4 hassasiyet derecesine düşüş göstermiştir (Şekil 5.18). Bu düşüşün malzemelerin USCS tane boyu analizinde görüldüğü üzere litolojik özelliklerinin farklılığından kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi kapsamında Kahramanmaraş ili, Afşin-Elbistan Havzası, Çöllolar bölgesindeki Kuvaterner çökellerinin mühendislik özelliklerinin kütle hareketleri açısından araştırılması amacıyla yapılmıştır.

Afşin Elbistan Havzası'nın Çöllolar bölgesinde 6 Şubat ve 11 Şubat 2011 tarihlerinde meydana gelen kütle hareketlerinin oluş sebeplerini, hareketi tetikleyen etmenlerin neler olabileceğini saptamak amacıyla bölgede sürdürülen çalışmanın bir bölümü bu tezin konusunu oluşturmuştur.

Bu tez kapsamında; Steache (1972) tarafından bölgede yapılan Afşin-Elbistan havzası jeoloji haritasında birimler yeniden değerlendirilmiştir. Hazırlanan yeni jeolojik haritadan hareketle jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri incelenerek birimlerin su tutma kapasiteleri göz önüne alınarak hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır.

Çalışma alanında heyelanı tetikleyen etmenlerin neler olabileceğinin belirlenmesi adına arazide sondajlar açılıp UD numuneleri alınmıştır.

Numunelerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için deneyler yapılmış olup deneylerin kendi aralarında uyum gösterdiği görülmüştür.

Tane boyu analizleri sonucunda malzemelerin ortam koşulları Schindler ve Nievergelt 1990'a göre yorumlanmıştır. Numunelerden UD-28, UD-59 ve UD-60 göl tabanı çamurunu, UD-44 ve UD-46 numuneleri ise ince taneli delta çökellerini temsil etmektedir. Bu iki farklı ortam sınırı heyelanların oluş mekanizması üzerinde önemli etkiye sahiptir. Çöllolar bölgesindeki göl tabanı çökelleri tane boyu analizlerinden de anlaşıldığı gibi delta çökellerine göre daha ince tanelidir. Dolayısı ile hidrojeolojik olarak iki ortam farklı davranış sergileyebilir. Alınan UD numunelerinden UD-59 homojen yapıya sahipken, diğer UD numunelerinin heterojen yapıya sahip olduğu belirlenmiştir.

Atterberg limitleri ve tane boyu analizleri ile USCS birleştirilmiş zemin sınıflaması yapılmıştır. Buna göre UD-28 CH, UD-59, UD-60 CH (yağlı kil) sınıfında, UD-44 ve

UD-46 numunelerinin ML (kumlu silt) sınıfında olduğu görülmüştür. Atterberg limitleri yardımıyla Van der Merwe (1964)'e göre plastisite indisi-kil içeriği (%) grafiği oluşturulmuştur. Bu sonuçlardan UD-44 ve UD-46 düşük, UD-28 yüksek, UD-59 ve UD-60 numunelerinin çok yüksek şişme potansiyeline sahip oldukları görülmüştür.

Enslin-Neff deneyi ile zemin numunelerinin su alma kapasiteleri test edilmiştir. UD-28, UD-59 ve UD-60 numaralı numunelerde su alma kapasitesi yüksek iken UD-44 ve UD-46 numaralı numunelerin su alma kapasiteleri yoktur.

Su alma kapasitesi ile şişme potansiyeli arasında uyum gözlenmiştir. Şişme potansiyeli yüksek olan malzemenin su alma kapasitesinin de yüksek olduğu gözlenmiştir. Şişme potansiyelinin ve su alma kapasitesinin yüksek olması yüzey ve yeraltısuyu varlığında malzemelerin davranışını olumsuz etkilemektedir.

UD-44 ve UD-60 numuneleri üzerinde doğrudan (direk) kesme deneyi uygulanmıştır. Hesaplamalara göre UD-44 numunesinin; 200 kN için 1,2 değerine, 400 kN için 1,7 değerine ve 800 kN için 1,5 değerine sahip olduğu, UD-60 örneğinin de 200 kN değeri için 1,9, 400 kN değeri için 1,9 ve 800kN değeri içinse 1,4 hassaslık derecesine sahip olduğu görülmüştür. Bu değerler Skempton (1952) sınıflamasına göre az hassasiyetli sınıfa girmektedir. Skempton sınıflamasının seçilmesi ikinci heyelanın morfolojisinin Kanada'da meydana gelen heyelan malzemesi ile benzerlik göstermesinden dolayıdır.

Tane boyu analizinde göl tabanı ortamını temsil eden UD-28, UD-59 ve UD-60 üzerinde yapılan deneyler ile ince taneli delta ortamını temsil eden UD-44 ve UD-46 numuneleri yapılan deneyler ile kıyaslandığında göl tabanını temsil eden UD-44 ve UD-46 düşük şişme potansiyeline sahip olmakla beraber, aynı zamanda düşük kesme direncine ve hassasiyet derecesine sahiptir. UD-28, UD-59, ve UD-60 numaralı örnekler yüksek ve çok yüksek şişme potansiyeline sahiptir ve su alma kapasiteleri şişme potansiyeli ile uyum göstermektedir.

Bu sonuçlara göre hareketleri tetikleyen unsurların başında malzemenin cinsi, yağış ve yeraltısuyu varlığı gelmektedir. Kütle hareketlerinin oluş mekanizmalarını çözebilmek için diğer deneylerden elde edilen sonuçlar birleştirilip deney sonuçları ortamlara göre yorumlanmalıdır. Hareketlerin mekanizması, malzemeyi tanıyarak ve malzemenin nasıl davrandığının anlaşılmasıyla çözülebilir.

Havzadaki yeraltısuyu varlığı hareketi etkileyen diğer etmenlerden birisidir. Havzadaki birimlerin yeraltısuyu ile olan ilişkilerinin daha ayrıntılı araştırılması gerekmektedir.

Daha sonraki çalışmalar ile yeraltısuyunun zemin malzemesi üzerindeki etkisi ve danelerin birbirleriyle olan ilişkisinin açıkça ortaya konulması, havzaya düşen yıllık yağış miktarlarının da (kar ve yağmur) hesaba katılması, kütle hareketlerinin iyileştirilmesinde kullanılacak yöntemlerin belirlenmesine katkı sağlayabilir.

Havzadaki Kuvaterner çökelleri oluşturan ince taneli delta çökelleri ile göl tabanı çökellerinin mühendislik özelliklerinin tespitine yönelik çalışmalar arttırılmalı ve göl tabanı çökellerinin hassasiyet dereceleri göz önüne alınarak farklı su içeriğindeki davranışı daha ayrıntılı incelenmelidir.

5 adet UD numunesi üzerinde yapılan deney sonuçları diğer çalışma sonuçları ile paralel olarak yorumlanıp heyelanın mekanizması ortaya konulacaktır.



## KAYNAKLAR

- Akbulut, İ., Aksoy, T., Çağlan, D., & Ölmez, T.** (2007). Afşin-Elbistan Kışlaköy açık kömür işletmesi şev stabilitesi çalışması. Ankara : MTA Genel Müdürlüğü Raporu (Yayımlanmamış).
- Besbelli, B., Karaca, K., & Gökmenoğlu, O.** (2009). Afşin-Elbistan kömür havzası HB ve HD sektörlerinin jeoloji, rezerv ve hidrojeoloji raporu. Ankara : MTA Genel Müdürlüğü Raporu.
- CEN ISO TS** (2004). *Geotechnical Investigation and Testing-Laboratory Testing of Soil-Part 5:Incremental Loading Oedometer Test* (ISO/TS 17892-5:2004). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/38518.html>
- Çenet, M.** (2006). *Kahramanmaraş Afşin-Elbistan kömür havzasının Paleofloristik yönden incelenmesi*. (Doktora tezi). Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- ASTM** (2004). *Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading* (D 2435-04). Retrieved from <https://compass.astm.org/Standards/HISTORICAL/D2435-04.htm>
- Dağ, A.** (1997). *Döner kepçeli ekskavator açık işletme yönteminde bilgisayar destekli üretim planlaması:Afşin-Elbistan linyit işletmesi Çöllolar sahasına uygulanması*. (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Dakshanamurthy, V., & Raman, V.** (1973). A simple method of identifying and expansive soil. *Soils and Foundations*, 13 (1).
- Demberg, W.** (1991). Über die Ermittlung des Wasseraufnahmevermögens feinkorniger Boden mit dem Gerat nach Enslin-Neff. *Geotechnik*, 14, 125 -131.
- DIN** (2002). *Soil, Investigation and Testing-Determination of Shear Strength-Part 3: Direct Shear Test* (DIN 18137-3). Retrieved from <http://specs4.ihserc.com/Document/Document/Details?docid=NDJSZAAAAAAAAAAAA>
- DIN** (2012). *Soil, testing procedures and testing equipment - Determination of water absorption* (DIN 18132). Retrieved from <http://specs4.ihserc.com/Document/Document/Details?docid=HHFRUEAAAAAAAAAAAA>
- EN** (2013). *Tests for Mechanical and Physical Properties of Aggregates-Part 6:Determination of the Water Content by Drying in A Ventilated Oven* (EN 1097-6:2013). Retrieved from

<https://infostore.saiglobal.com/preview/is/en/2013/i.s.en1097-6-2013.pdf?sku=1641624>

- Ergüder, G., Kızıldağ, G., & Günkel, G.** (2000). Afşin-Elbistan Kışlaköy açık işletmesi doğu nihai şevi jeofizik rezistivite etüdü raporu. Ankara : TKİ Genel Müdürlüğü Raporu.
- Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağlı, M., Öz, D., & Tuncalı, E.** (1993). Türkiye linyit envanteri. s. 269-272, Ankara : MTA Genel Müdürlüğü.
- Gökmenoğlu, O., Besbelli, B., & Karaca, K.** (2008). Afşin-Elbistan havzası C ve D sahalarının hidrojeoloji raporu, 6-24 (Yayınlanmamış).
- Gürsoy, E., Özcan, K., & Yücel, A.R.** (1981). Kahramanmaraş Elbistan D1 sektörü kömür yatağı jeoloji raporu. Ankara : MTA Genel Müdürlüğü Raporu.
- Kılıç, A.M., & Onur, A.H.** (2001). Afşin-Elbistan linyitleri açık işletmesi iç döküm sahası dinamik duraylılık analizi. *Türkiye 17. Uluslar Arası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, s. 11-16.
- Koçak, Ç.** (2000). Afşin-Elbistan linyit havzasının yeniden değerlendirilmesi. *Enerji Dünyası Dergisi*, 32.
- Kürkçü, S.N., Ersoy, M., & Ersun, E.** (1993). Jeostatiksel yöntem kullanılarak Afşin-Elbistan havzası Çöllolar B sektörü rezerv belirleme çalışması. *Türkiye 13. Madencilik Kongresi*, Ankara.
- Lüttig, G.** (1969). Facies Evolution Of The Afsin-Collolar-Kislakoy (Elbistan-Maras) basin. Ankara : MTA Genel Müdürlüğü Raporu (Yayınlanmamış).
- Mert, B.A.** (2010). *Afşin-Elbistan kömür havzasındaki madencilik faaliyetlerinde coğrafi bilgi sistemleri ile küresel konumlama sistemlerinin kullanım olanaklarının araştırılması*. (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Otto, Gold.** (1969). Lignite deposit of Afsin-Elbistan feasibility report. Vol 1, Köln, pp.123.
- Özbek, T., & Güçlüer, S.** (1977). Kahramanmaraş Elbistan Çöllolar-B linyit sektörü faaliyet raporu. Ankara : MTA Genel Müdürlüğü Raporu.
- Öztaş, T.** (1998). Kuyu yeri seçimine yönelik bir hidrojeolojik etüd sistematüğinde jeohidrolojik ve hidrojeolojik ortam kavramlarının önemi, *Jeoloji Mühendisliğı Dergisi*, S. 52, s. 5-16, Ankara.
- Öztürk, T.** (1994). *A.E.L. işletmesi kazı sahasında karşılaşılan sert kayaçların kazı yöntemlerinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Perinçek, D., & Kozlu, H.** (1984). Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin-Elbistan-Doğuşehir Region (Eastern Taurus):In Tekeli, O., Göncüoğlu, M. C., (Eds), *Geology of Taurus Belt*, p.181-198, Ankara.
- Schindler, C., & Nievergelt, P.** (1990). Einführung in Geologie und Petrographie. *Verlag der Fachvereine*, Zurich.
- Skempton, A.W., & Northey, R.D.** (1952). The sensitivity of clay. *Geotechnique*, Vol. 3, No. 1, pp 30 -53.



- SN (1989). *Konsistenzgrenzen*, Schweizer Norm (SN-670 345a). Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich.
- SN (1989). *Mineralische Baustoffe, Schlämmanalyse nach der Aräometermethode* Schweizer Norm (SN 670 816a). Tech. Rept., Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich.
- SN (1992). *Versuche an Böden: Taschenpenetrometer, Taschen und Laborflügelsonde* Schweizer Norm (SN 670 350). Retrieved from <http://shop.snv.ch/Versuche-an-Boeden-Taschenpenetrometer-Taschen-und-Laborfluegelsonde.html>
- SN EN ISO (2004). *Geotechnical Investigation and Testing-Identification and Classification of Soil-Part 2:Principles for A Classification* (EN ISO 14688-2: 2004). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/34082.html>
- Staesche, U., & Schloemer, W. (1972). Geologisches Jahrbuch. In H.D. Lang (Eds.), *Die Geologie des Neogen-Beckens von Elbistan/Türkei und Seiner Umrandung* (1st ed.). Hannover : Schweizerbart.
- Terzaghi, K., Peck, B.R., & Mesri, G. (1948). *Soil mechanics in engineering practice*, Third Edition, New York : Wiley.
- Ural, S. (1999). *Afşin-Elbistan linyitlerinin sınıflandırılarak termik santralin performansı üzerindeki etkilerinin araştırılması*. (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yörükoğlu, M. (1991). Afşin-Elbistan projesi ve TKİ kurumu AEL Müessesesi'nde madencilik çalışmaları. *Madencilik Dergisi*, No:3, Ankara.



## ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad :MEHMET KORKUT  
Doğum Tarihi ve Yeri : 06/03/1987 KIRIKHAN  
E-posta : korkutm@itu.edu.tr

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Akdeniz Üniversitesi, Fakülte, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

### MESLEKİ DENEYİM:

- 2015 yılından itibaren İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

### PROJELER:

- Siirt Madenköy Bakır Madeni Açık Ocak İşletmesinin 3B Jeolojik ve Hidrojeolojik İncelenmesi
- Afşin Elbistan Havzası Obruk Oluşumlarının Araştırılması

