



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**ZEMİN SIVILAŞMASI VE
İSKENDERUN'DA BAZI
ÖRNEK ALANLAR**

Adem TOKTANIŞ

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

AĞUSTOS 2023



**ZEMİN SIVILAŞMASI VE İSKENDERUN'DA
BAZI ÖRNEK ALANLAR**

Adem TOKTANIŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2023

Adem TOKTANIŞ tarafından hazırlanan “ ZEMİN SIVILAŞMASI VE İSKENDERUN’DA BAZI ÖRNEK ALANLAR” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Semir ÖVER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Semir ÖVER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Murat ÖRNEK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ALTAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 24/08/2023

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .

Doçent Dr. Ersin BAHÇECİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ☒ Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- ☒ Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ☒ Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ☒ Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- ☒ Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ☒ Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Adem TOKTANIŞ

24.08.2020

**ZEMİN SIVILAŞMASI VE İSKENDERUN'DA
BAZI ÖRNEK ALANLAR**
(Yüksek Lisans Tezi)

ADEM TOKTANIŞ

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AĞUSTOS 2023

ÖZET

Sıvılaşma deprem sırasında zeminin yer değiştirmesine neden olan önemli bir faktördür. Bu olay binalarda zararlı durumların ortaya çıkmasına neden olur. Su ile doymuş kum ve silt içeren zeminlerin, deprem anında ortaya çıkan ve tekrar eden dinamik kuvvetlerin tesiri ile, bünyesindeki suyun harekete geçmesi sonucu viskoz bir davranış göstererek, zemin meteryalleri ile suyun birlikte yüzeye doğru yükselmesi olayına sıvılaşma olayı denir. Gerek arazide gerekse laboratuvar da ön görülen çalışmalar, temiz kumlarda, kumlu, siltli zeminlerde ve plastik özellik olmayan siltli zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin varlığını ortaya koymuştur. Bu araştırmada, zemin sıvılaşması ve Hatay ili İskenderun ilçesi Konarlı Mıntıkası, Aşkarbeyli mıntıkası ve Arsuz ilçesindeki uygulamalar amaçlanmıştır. İnceleme alanında yapılan tüm sondajlarda da benzer derinliklerde aynı seviyelerden geçilmiştir. Temel zemini laboratuvar sonuç belgelerinde birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre tanımlanmıştır. YASS farklı derinliklerde tespit edilmiştir. Çalışmalarımızda zeminde sıvılaşma riski olan ve olmayan sonuçlar vardır.

Anahtar Kelimeler : İskenderun, Sıvılaşma Potansiyeli, Dinamik Kayma Gerilme Oranları,
Magnitüd-Sıvılaşma İlişkisi, Sıvılaşma Faktörü

Sayfa Adedi : 89

Danışman : Prof. Dr. Semir ÖVER

**SOIL LIQUIDATION AND IN İSKENDERUN
SOME EXAMPLE AREAS
(M. Sc. Thesis)**

ADEM TOKTANIŞ

İSKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE

August 2023

ABSTRACT

Liquefaction is an important factor that leads to soil displacement during an earthquake. This incident causes harmful circumstances to emerge in the buildings. This event leads to the emergence of damaged situations in the structures. Liquefaction is the phenomenon in which soils containing sand and silt, saturated with water, show a viscous behavior as a result of the action of the water in it, with the effect of the dynamic forces that arise during the earthquake and repetitively, and that the soil materials and water rise to the surface together. Predicted studies, both in the field and in the laboratory, have revealed the existence of liquefaction potential in clean sands, sandy, silty soils and silty soils without plastic properties. In this research, soil liquefaction and applications in Konarlı District, Aşkarbeyli District and Arsuz District of İskenderun District of Hatay Province were aimed. In all soundings made in the study area, the same levels were passed at similar depths. The foundation soil is defined according to the unified soil classification system in the laboratory result documents. Ground water level has been detected at different depths. In our studies, there are results with and without the risk of liquefaction in the ground.

Key Words : Iskenderun, Liquefaction Potential, Dynamic Shear Stress Ratios,
Magnitude-Liquefaction Relationship, Liquefaction Factor

Page Number : 89

Supervisor : Prof. Dr. Semir ÖVER

TEŞEKKÜR

Yüksek Linsans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Semir ÖVER'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında en büyük destekçim olan ve sabırlarını esirgemeyen eşim Huda TOKTANIŞ'a sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	VI
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Hatay/ İskenderun Yörelerinin Jeolojisi.....	4
1.1.1. Mesozoyik, Ofiyolit, Paleosen, Eosen, Neojen birimler.....	5
1.2. Hatay'ın Tektonik Yapısı.....	7
1.3. Hatay ve Civarının Depremselliği	9
1.4. Hatay Yöresinin Yeraltı Suyu Durumu.....	10
2. YAPILMIŞ OLAN ARAŞTIRMALAR	12
2.1. Zemin Sıvılaşmasının Anlamı ve Oluşma Sistemi ...	12
2.2. Sıvılaşma Terimi ile Alakalı Açıklamalar	14
2.3. Sıvılaşabilirliğe Tesir Eden Etgenler	15
2.3.1. Zemin özelliklerinin sıvılaşmaya etkisi.....	15
2.3.2. Jeolojik etkenlerin sıvılaşma potansiyeline tesiri	26
2.3.3. Yer hareketlerinin sıvılaşmaya etkisi.....	28
2.3.4. Kayma dalga hızının (Vs) sıvılaşmaya etkisi	30
2.4. Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirmeleri.....	30

	Sayfa
2.4.1. Doğada yapılan deneyler	30
2.4.2. Laboratuvar deneyleri.....	33
2.4.3. Sıvılaştırılabilirliğin belirlenmesi	34
3. METERYAL ve METOT HESAPLANMASI.....	37
3.1. Veriler.....	37
3.2. Sayısal Hesaplamalar.....	38
3.2.1. Sondaj araştırmaları, arazi deneyleri ve labaratuvar deneyleri.....	39
3.2.2.Deney sonuçlarına ilişkin düzeltmeler ve taşıma gücünün hesaplanması	51
3.2.3. Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi.....	54
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	61
4.1. Çalışma Lokasyonlarına Bağlı Elde Edilmiş Bilgiler	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
KAYNAKLAR.....	68
EKLER.....	78
DİZİNLER.....	89

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1 İskenderun ve civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	6
Çizelge 2.1 Yer ivmesi ve relatif sıklığa bağlı olarak sınılaşma potansiyeli.....	16
Çizelge 2.2 Siltli ve killi kumların sınılaşabilirliği.....	24
Çizelge 2.3 Deprem sırasında sınılaşabilecek zeminlerin tahmini hassaslıkları	27
Çizelge 3.1 Ayrı ayrı mıntıka ve sondaj bilgileri.....	37
Çizelge 3.2 Arazi den alınan numunelerin deney sonuçları ve çeşitli parametreler ...	41
Çizelge 3.3 İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:3 deki lokasyonda yapılan sondajı derinlik tablosu.....	45
Çizelge 3.4 İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:1,2,4 ve 7 deki lokasyonlarda yapılan sondaj derinlik Tablosu	46
Çizelge 3.5 İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:5 deki lokasyonda yapılan sondaj derinlik tablosu.....	47
Çizelge 3.6 İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:6 deki lokasyonda yapılan sondaj derinlik tablosu.....	48
Çizelge 3.7 İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:9 deki lokasyonda yapılan sondaj derinlik tablosu.....	49
Çizelge 3.8 İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:8 deki lokasyonda yapılan sondaj derinlik tablosu.....	50
Çizelge 3.9 SPT deney sonuçları.....	51
Çizelge 3.10 Deney numunelerine göre sınılaşma analizleri.....	56
Çizelge 4.1 Hatay ili ve civarında tarihsel dönemde meydana gelen depremler	65

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Suyu doymuş kumlu zeminin sıvılaşma olgusu.....	13
Şekil 2.2 Zemin tanecikleri; okların uzunluğu zemin parçaları arasındaki bağlantı kuvveti ile doğru orantılıdır. Su basıncı azaldıkça bağlantı kuvveti artmaktadır.....	13
Şekil 2.3 Büyüklüğü 7.5 depremler için temiz kum içindeki % ince tane oranına bağlı CSR-SPT eğrileri.....	18
Şekil 2.4 Kumlu bir zeminde artan silt içeriğine bağlı olarak çevrimsel mukavemetin artışı.....	19
Şekil 2.5 Sabit boşluk oranına ve kuru örneklerde artan silt içeriği ile çevrimsel mukavemetin azalması.....	20
Şekil 2.6 Kumlu zeminlerde plastisite indeksi çevrimsel mukavemet ilişkisi.....	21
Şekil 2.7 Deprem manyitüdüne göre sıvılaşabilirliğin maksimum mesafesi.....	29
Şekil 2.8 Üniformluk sayısı 6'dan küçük olan numuneler için çizilen granülometri eğrileri	32
Şekil 2.9 Üniformluk sayısı 6'dan büyük olan numuneler için çizilen granülometri eğrileri.....	32
Şekil 2.10 Sınır periyodik gerilme oranları SPT-N değerleri ilişkisi	36
Şekil 3.1. Düzeltilmiş SPTN değerlerine göre, $M \geq 6$ ve 7,5 ve 8,25 için Dinamik Kayma Direnç Oranını değerlerinin belirlenmesi.....	55
Şekil 3.2. Düzeltilmiş SPTN' değerlerine göre, Dinamik Kayma Gerilme Oranı	59
Şekil 3.3. Lokasyonların silt içeriğine göre dağılımını göstermektedir.....	60

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.....	3
Harita 1.2. Bölgenin jeoloji haritası.....	4
Harita 1.3. Hatay'ın tektonik durumu	7
Harita 1.4 İskenderun ilçesindeki inceleme alanı ve çevresinin genel jeolojik haritası.	9
Harita 1.5. 18 Ağustos 1822 deprem yoğunluğu dağılımı haritası	10
Harita 1.6 Şubat 2023'de meydana gelen depremler ve artçılarının dağılımları	11
Harita 3.1. Lokasyonların sıra no' ya göre Hatay/İskenderun ilçesi ve Arsuz ilçesi yerleri	38
Harita 4.1. Türkiye tehlike deprem haritası.....	63
Harita 4.2 Hatay' da belli başlı büyük depremler.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
amax	Depremi oluşturduğu en büyük yatay yer ivmesi
CN	Derinlik düzeltme katsayısı
Cw	Su düzeltmesi
d	Tane çapı
d50	Ortalama tane boyutu
d60/d10	Üniformluk katsayısı
Dr	Relatif sıklık İnce dane oranı yerçekimi ivmesi
FC	ince tane oranı
g	yer çekimi ivmesi
h	Derinlik
hs	Yeraltı suyu seviyesi
Ip	Plastisite indeksi
N	Standart penetrasyon sayısı
N'	Derinlik düzeltmesi yapılmış penetrasyon sayısı
N''	Yeraltı suyu düzeltmesi yapılmış penetrasyon sayısı
m	Metre
cm	Santimetre
t	Ton
m²	Metrekare
rd	Efektif gerilme azaltma katsayısı
U	Boşluk suyu basıncı
Vs	Kayma dalgası hızı
qnet	Zemin taşıma gücü
σ_{vo}'	Efektif düşey gerilme
σ_{vo}	Göz önüne alınan derinlikteki toplam düşey gerilme

Simgeler	Açıklama
----------	----------

γ	Zeminin hacimsel kütlesi
τ_{av}	Ortalama çevrimsel kayma gerilmesi
γ_s	Suyun yoğunluğu

Kısaltmalar**Açıklama**

CPT	Konik penetrasyon testi
DKDO	Dinamik kayma direnç oranı
DKGO	Dinamik kayma gerilme oranı
GF	Sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü
LL	Likit limit
SPT	Standart penetrasyon testi

1. GİRİŞ

Deprem esnasında zeminin sıvılaşabilir bir hali oluşabilmekte ve bu hal yıkımsal zararlara sebep olmaktadır. Türkiye gibi çoğu ülkelerde büyük ve hasar verici depremlemler ile meydana gelen olaylarda sıvılaşma potansiyelinin tesiri çok etkiliyici boyutta olmuştur. 1964 Niigata (Japonya), 1964 Alaska (ABD), 1999 Kocaeli, (Türkiye), 1999 Chi – Chi (Tayvan) depremleri sıvılaşmaya örnek teşkil eden depremlerdir. Zeminin sıvılaşabilir olmasının bir örneği olan 1964 Niigata depremi öncesine kadar yer deprem ilişkisinin önemi bilinmemekteydi. Sözkonusu depremden itibaren Japonya’da, Büyük Alaska depreminden itibaren ise ABD ve dünyada, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminden ve 6 - 20 Şubat 2023 Kahramanmaraş – Hatay depremlerinden sonra ise Türkiye’de deprem-zemin ilişkisi daha iyi kavranmış ve zemin araştırmaları önemli bir ivme kazanmıştır.

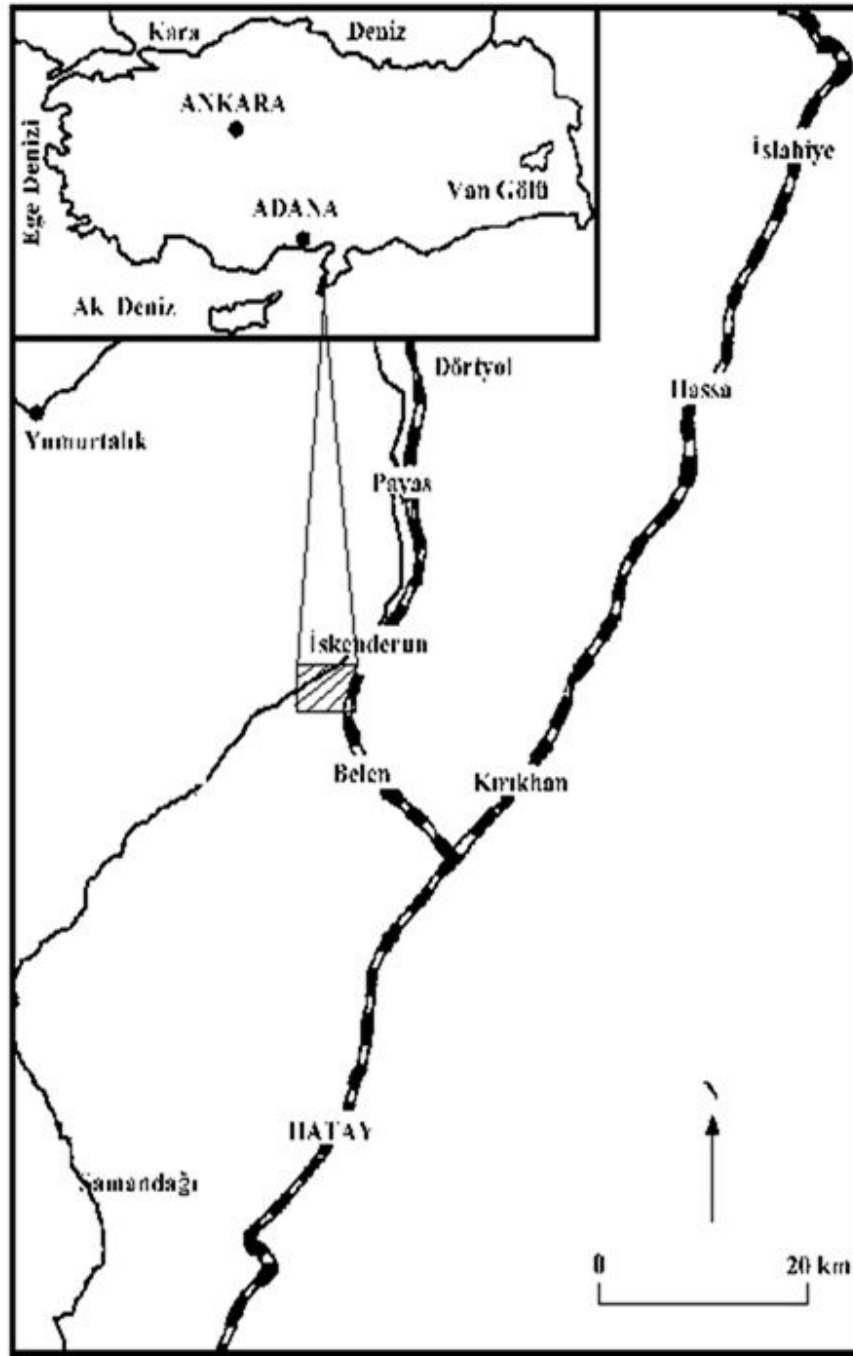
Sıvılaşma, ilk olarak Terzaghi (1925) tarafından “suya doymuş zeminin ani sarsıntı nedeniyle tane ağırlığının suya aktarılması” şeklinde tanımlanmıştır. Böylece hidrostatik basınç artarak su ile zemin beraber hareket edecektir (Castro, 1969). Sismik yer sarsıntıları, sıvılaşma olayını tetikleyen en önemli faktörlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Deprem esnasında meydana gelen cisim dalgaları (P ve S) ile yüzey dalgaları (Raigleigh ve Love) zeminin ani sarsıntısı sırasında etkin bir şekilde sıvılaşmayı oluşturmaktadır. Sıvılaşma sonucunda oluşacak şekil değiştirmelerinin oranı, zeminin meteryallere ayrışmasına, derinliğine, kalınlığına, eğimine, sıvılaşan tabakanın alanına ve bu alan üzerine uygulanan yükün dağılımının yanı sıra sıvılaşmaya neden olan depremin süresine bağlıdır (CDMG, 1992). Zemin sıvılaşması; özellikle yeraltındaki suyun seviyesel olarak büyük olduğu (örneğin İskenderun körfez bölgesi) dere ve deniz kenarları gibi yerlerde, su ile doymuş yapılaşmaya elverişsiz zeminlerde, boşluktaki suyu anidan arttıran olaylar sonucunda, tahliyesinin doğal yollar ile mümkünatının olmadığı, bundan dolayı da efektif gerilmelerin azalması durumunda meydana gelmektedir (Derinöz, 2004).

Sıvılaşma durumunda zeminlerde karşılaşılan şekil değişiklikleri, konutlara veya diğer yapılara zarar verecek ölçüde gerçekleşebilir (Aksu ve Toz, 2002). Böyle yerlere gevşek zemin

tanımlaması yapılır. Sıvılaşabilirliği sağlamaya yönelik gevşeme, yerin gözenek boşluk oranı, bu boşluklardaki kil veya diğer parçacık miktarına ve boşluktaki derenajın kısıtlı olmasına bağlıdır. Bu etkiler göz önüne alındığında zeminde sıvılaşan bir hareketlilik olma durumu ortaya çıkacaktır. Yerin yapısında sıvılaşma durumlarının oluşmasını sağlayan hareketler, sismik dalgalar (S, P dalgaları) ve en önemlisi de makaslama dalgalarıdır (S ve Yüzey dalgaları) (Youd, 1992). Bu dalgalar boşlukları doldurarak su basıncı kuvveti ile tanelerin birbirini ayırması durumu oluşturur ki buda dayanıksız bir zemine neden olur.

Kum barındıran siltli ve sadece kum tarzı yerlerdeki katmanların, herhangi bir deprem esnasında sıvılaşabilirliğini belirlemek için saha ve laboratuvar deneyleri yapılmaktadır. Bu deneylerin sonucunda elde edilen değerler sıvılaşma gibi potansiyelin belirlenmesinde kullanılır. Bunların kullanılması için gerekli eşitlikler bulunmuştur. Depremler yönünden tehlike içerisinde olan Hatay ve sahil semtlerinde (örneğin İskenderun yöresinde), sıvılaşma durumlarına ciddi bir bakış açısı gerekmekte ve semtlerde yapılacak yapılarda sıvılaşma potansiyelinin göz önüne alınarak değerlendirilmesi çok önem arz etmektedir.

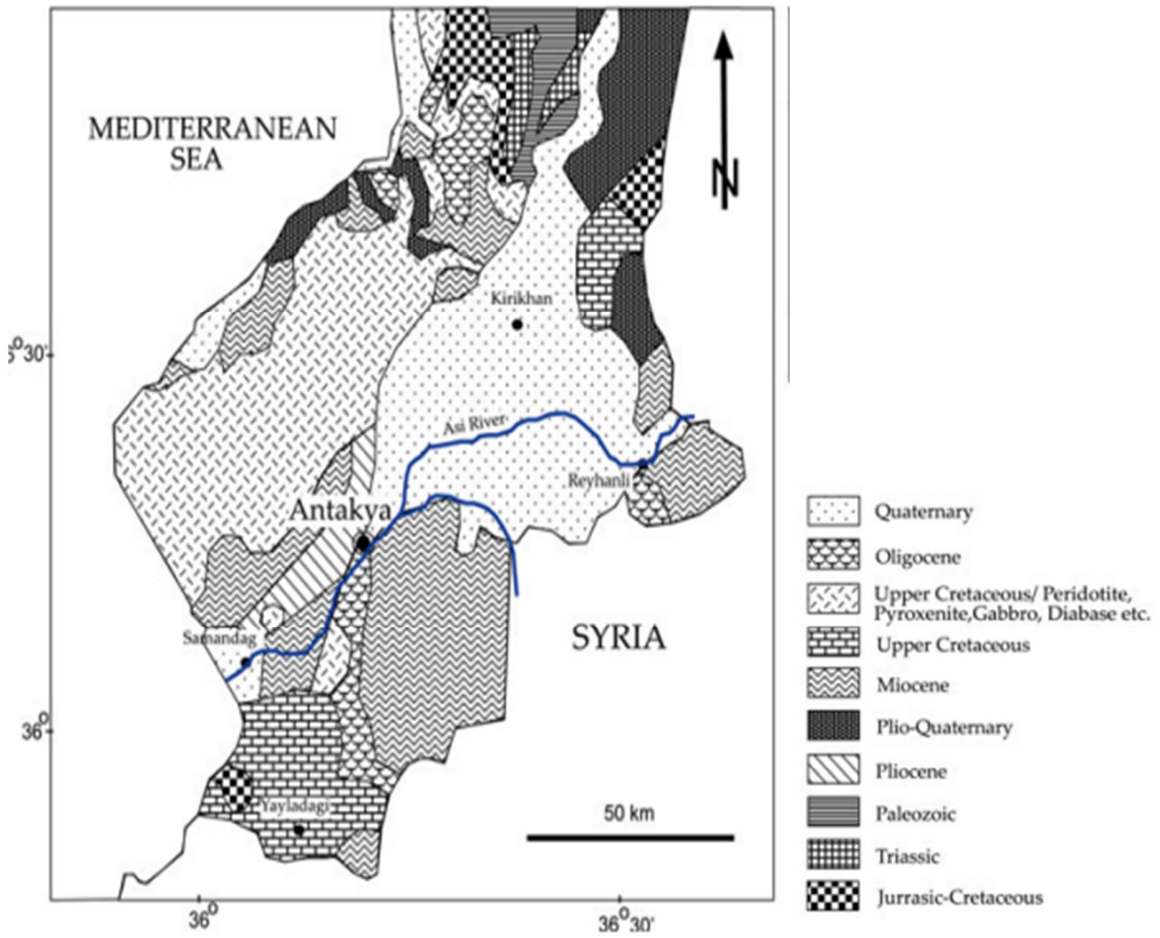
Çalışmamızın hedefi, Hatay İskenderun ilçesi Konarlı Mıntıkası, Aşkarbeyli mıntıkası, Arsuz ilçesi Micana Mıntıkası; zemin etüt uygulamaları ile jeofiziksel verilere göre sıvılaşma durumunu ortaya koymaktır (Harita 1.1).



Harita 1.1. inceleme alanı yer bulduru haritası (Över ve diğerleri, 2011)

1.1. Hatay/ İskenderun Yörelerinin Jeolojisi

Volkanik kökenli magmetik ayrıca metamorfik kayaçların yanı sıra sedimanter kayaçlar da yer almaktadır. Hatay’da Palezoyik yaşlı kayaçlardan Kuvaterner yaşlı kayaçlara kadar birimler yer almaktadır (Över, Büyüksaraç, Bektaş ve Filazi, 2011) (Harita 1.2).



Harita 1.2. Hatay’ın basitleştirilmiş jeolojik haritası (Över ve diğerleri, 2011)

1.1.1. Mesozoyik, Ofiyolit, Paleosen, Eosen, Neojen birimler

İskenderun'un doğusunda ve kuzey doğusunda yani çalışma alanımızın Aşkarbeyli mıntıkasında, paleozoyik birimler yoğunluklu olarak görülmektedir. Bu birimlerin temel yapısı olan Kuvarsitler, Kuvaterner'in olduğu yere yetişecek düzeyde görünürler (Atan, 1969; Aslaner, 1973; Selçuk, 1981; Pişkin, 1986; Özkoçak, 1993). Mesozoyik birimler ise karbonat serisinden oluşmaktadır. Yine bu birim de çalışma alanımızın Aşkarbeyli taraflarında görülmektedir. Yani Paleozoyik gibi yaşlı birimler İskenderun'un kuzey ve kuzeydoğusunda görülmektedir. Ayrıca, Akdeniz kıyısı boyunca da kendini göstermektedir. Bunlar Akdeniz kıyısında serpantinli birim tarafından örtülmüştür. Karbonat serisi griden siyaha kadar çeşitli renklere bürünmektedir. Okyanus tabanı malzemesi olan Ofiyolitik yapı sedimanter karmaşığını üzerindedir. İnceleme alanımızda sadece Aşkarbeyli sınırlarında bulunmaktadır. Hatay ofiyoliti üç çeşit farklılık belirtmektedir: serpantinleşme, az çok iodenjitin meydana gelmesi ve güçsüz metamorfizma oluşumu (okyanus tabanı tipinde) (Sinewing, 1975). Serpantinli sedimanter karmaşığının üzerinde yer alan Paleosen kireç taşlarının kalınlığı birkaç yüz metreye varmaktadır. Kalınlığın altında ise killi yapı mevcuttur. Bej renkli kırılğan ve sert bir yapıya sahip olan paleosen yamaçlarda görülmektedir. Eosen yani almacık kireç taşı karbonatça zengin bir yapıya sahip ancak kil bakımından fakirdir. Kırılmaları genellikle tektonik faaliyetlerden oluşmuştur. Karstlaşmış bir yapıya sahiptir (Saydam ve Ark., 2005). Çalışma alanının sınırları içinde sadece güney kesimde dar bir alanda yayılım gösteren neojen birimi genelde killi-kumlu malzemeden oluşmaktadır.

Bölgede oldukça yaygın olarak Kuvaterner yaşlı üniteler örtü birimi olarak hakimdir. Çakıl kum ve killerden oluşan alivyonlar genelde dere yataklarında derelerin kıyıya açıldığı yerlerde görülmektedir. Yani tamamen heterojen bir yapıya sahiptir. Kıyıya yakın bölgelerde genelde denizel etkiler göstermektedir (Çizelge 1). Öte yandan Kuvaterner'de deniz seviyesinde görülen değişimlere bağlı olarak akım enerjisinin kırılması ile daha çok homojen boylarda gözlenen malzeme burada diyajenez geçirerek konglomeratik bir yapı kazanmıştır (Parrot, 1974; Parrot, 1977; Sinewing, 1975).

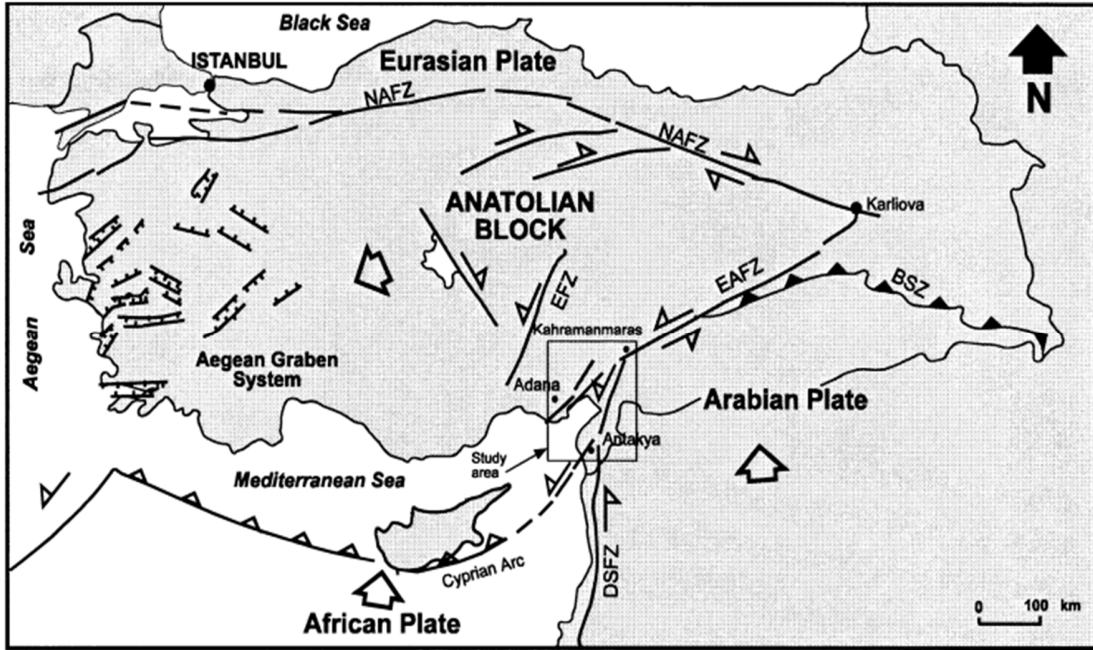
Çizelge 1. 1. İskenderun ve civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Ölçeksiz)

Ust Sistem	Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Simge	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERN				Qal		Alüvyon; kum, kil, çakıl
							Açısal Uyumsuzluk
	NEOJEN	MİYÖSEN	Üst	Nurzeytin	Tnm		Kumtaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn
			Orta	Tepelhan	Tmt		Kumtaşı, killi kireçtaşı, kilaşı, marn
				Sofular	Tms		Resifal kireçtaşları
				Balyataşı	Tmb		Açısal Uyumsuzluk
			Orta-Üst	Kışlak	Tek		Ofiyolit ve kireçtaşı çakılları içeren konglomera ve kumtaşı
				Okçular	Teo		killi kireçtaşı, marn
				Germav	KTg		Kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, killi kireçtaşı
				Besni	Kb		Açısal Uyumsuzluk
							Kumtaşı, killi kireçtaşı
							Kireçtaşı, killi kireçtaşı
	PALEOJEN	EOSEN	Orta-Üst				Nonkonformite
							Harzbugit, dunit, serpantin, gabro vb.
	KRETASE	ÜST	Maastrichtiyen	Kızıldağ Ofiyoliti	Kha		Harzbugit, dunit, serpantin, gabro vb.

(Kozlu 1982 ve 1997; Çuhadar 1991).

1.2. Hatay'ın Tektonik Yapısı

Doğu Akdeniz bölgesinin en doğu kısmında, Türkiye'nin en güneyinde yer alan Hatay şehri, Tektonik açıdan, Anadolu bloğunun Akdeniz ile birleştiği yerin güney doğusu ile Doğu Anadolu fay zonunun Akdeniz ile birleştiği yerin yani fay zonu istikametinin güneydeki ucunda yer almaktadır. Ayrıca Ölü Deniz fay zonunun ise en kuzey segmenti yani Akdeniz'in kuzeydoğu ucunda bulunmaktadır (Harita 1.3). Levha sınır fay özelliğindeki bu faylar Arabistan ve Afrika levhaları ile Anadolu bloğunun göreceli hareketleri sonucunda meydana gelmiş ve aktif özelliklerini sürdürmektedirler (Över, Özden, Ünlügenç, 2004). Levhaların göreceli hareketleri sonucunda levha sınır fayları boyunca Anadolu, batı - güneybatıya doğru hareket etmektedir. Bu hareket Kuzey Anadolu fayı boyunca yaklaşık senede 2.5 cm, Doğu Anadolu Fayı boyunca ise yaklaşık 1 cm dir (McKenzie, 1972; McClusky ve diğerleri, 2000; Över ve diğerleri, 2004).



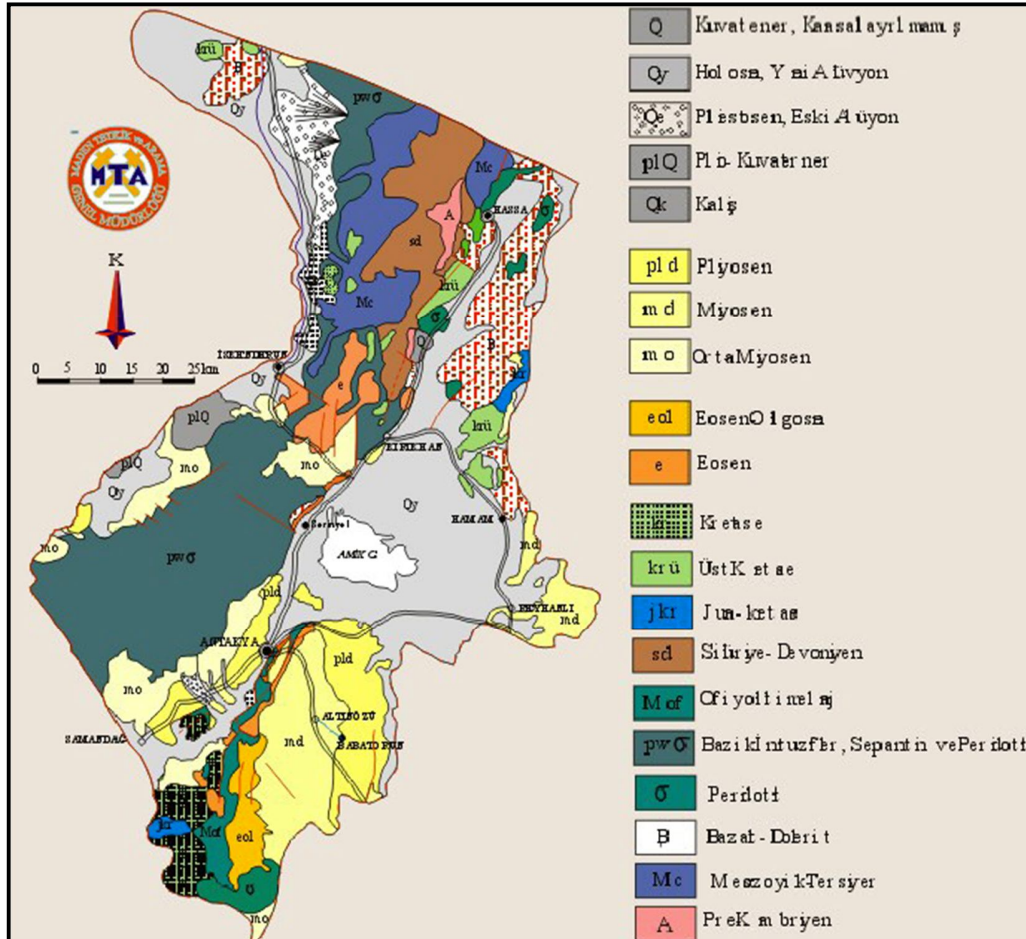
Harita 1.3. Hatay'ın tektonik yapısı (Över ve diğerleri 2004)

Çalışma alanında etkin olan faylar; Doğu Anadolu fay zonunun devamı olan Amanos Fayı (Arabistan levhası ile Anadolu bloğu); güneyde Akabe Körfezinden Antakya'ya kadar uzanan Ölü Deniz Fayı (Arabistan ile Afrika levhası) ve Güneyde Kıbrıs'tan Antakya'ya kadar uzanan Kıbrıs-Antakya Transform fayıdır (Anadolu ile Afrika levhası). Çalışma alanında etkin olan Doğu Anadolu Fay Zonu yaklaşık 500 kilometre uzunluğundadır. Devamı ise güneybatısında bulunan Kahramanmaraş şehrinden sonra birçok çalışmalara göre değişiklikler göstermektedir (Över ve Ark., 2001). Jackson ve Mc Kenzie (1984) bu fayın İskenderun körfezine doğru, Perinçek ve Çemen (1990) ile Şaroğlu ve Ark. (1992) ise Antakya'ya doğru olduğunu ortaya koyarken, Westaway ve Arger (1996) ile Koçyiğit ve Beyhan (1998), Adana yöresinin doğusundan Kıbrıs'a doğru bir hat çizdiğini vurgulamaktadırlar.

Karasu rifti diye bilinen çökerek oluşmuş yöre, batısında Amanos dağları ile sınırlanmıştır (Lybérís ve Ark., 1992). Kuzey kuzeydoğu - güney güneybatı istikametli Amanos fayı; Kahramanmaraş - Antakya arasında Doğu Anadolu Fayının en güney segmentine denk düşmektedir (Perinçek ve Çemen, 1990; Över ve diğerleri, 2004).

Ölüdeniz Fayı, güneyde ölüdenizinden, kuzeyde amik ovasına kadar, uzanan yaklaşık 1000 kilometre uzunluğunda olup Afrika ile Arabistan arasındaki göreceli hareketi oluşturmaktadır (Mc Kenzie, 1972, McKenzie, 1978; Jackson ve McKenzie, 1988; Lybérís ve Ark., 1992; Över ve diğerleri, 2004). Arabistan levhasına farklı özellik yükleyen bu fay zonu, aslında, doğrultu atımlı bir fay olarak bilinmektedir (Nur ve Ben-Avraham, 1978; Lovelock, 1984; Hempton, 1987; Ambraseys ve Barazangi, 1989). Hatay şehrinin güney kısmında her iki tektonik olgunun tesirleri de görülmektedir. Bunlar ek olarak Antakya ve civarında etkin olan diğer önemli fay ise, Över ve diğerleri, (2014) tarafından tanımlanan Kıbrıs Antakya Transform Fayıdır. Sismik açıdan aktif olan bu faylar (Mc Kenzie, 1972, Mc Kenzie, 1978; Jackson ve Mc Kenzie, 1984) Amik Ovası civarında (Antakya) birleşerek üçlü eklem noktasını oluşturmaktadırlar (Över ve diğerleri, 2004). Bu hareketler Amik Havzasının şekillenmesinde önemli rol oynamaktadırlar.

Bölgenin tektoniği Hatay ve civarında yoğunluklu olarak normal faylar oluşmaktadır. Az sayıda doğrultu atınlı faylar da gözlenmiştir (Över ve diğerleri, 2004).

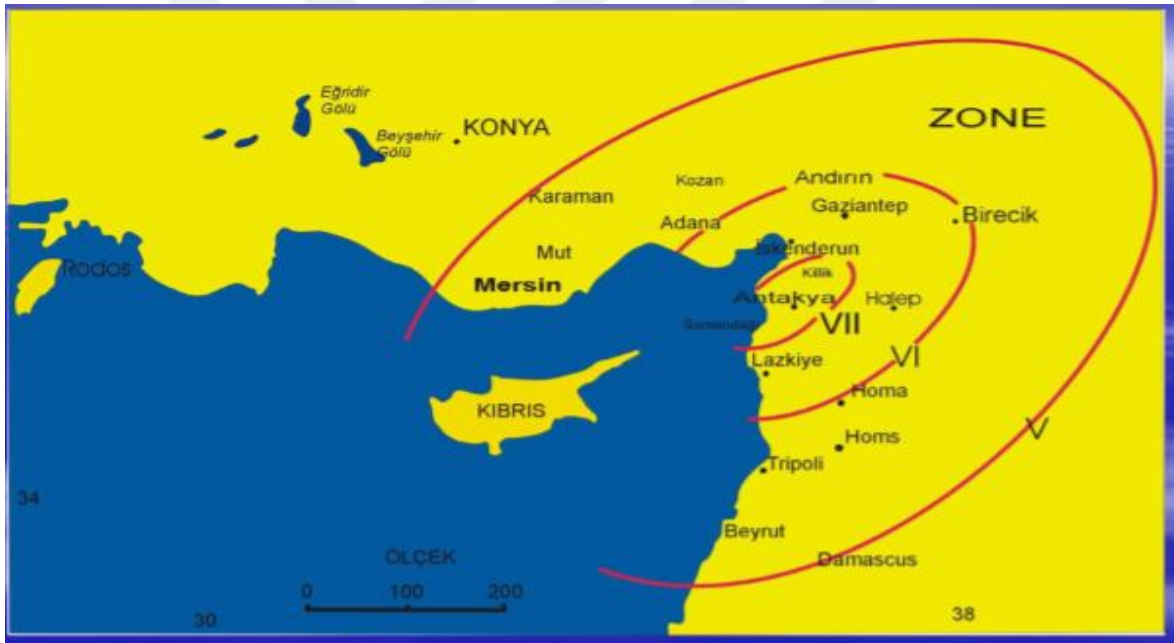


Harita 1.4. İskenderun ilçesindeki inceleme alanı ve çevresinin genel jeolojik haritası (MTA, 2001)

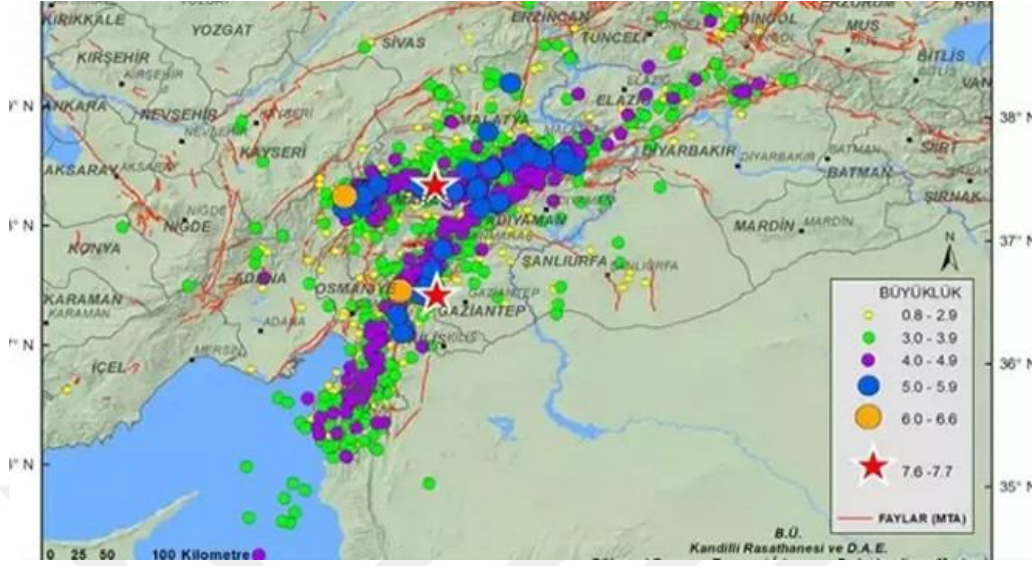
1.3 Hatay ve Civarının Depremselliği

Hatay ili ve civarında tektonik faaliyetlere bağlı olarak, Arabistan-Afrika-Avrasya levhalarının çarpışması ve kuzey-güney yaklaşmaları sonucu, 62 tarihsel deprem olmuştur. Bu depremler M.Ö. 148 – M.S. 1873 ara dönemlerinde gerçekleşmiş, etkileri ise VI - X arasındadır (Saydam ve Ark., 2005; Anonymous, 2006c, Anonymous, 2006d). Bu depremlerin içerisinde yıkıcı olanlar, Antakya'yı son olarak çok etkileyen ve büyüklüğü 7.0' dan fazla olan, 13 Ağustos 1822

ve 3 Nisan 1872’de ayrıca bu depremlerden sonra yaşadığımız 6 Şubat 2023’de meydana gelen depremlerdir (Ambraseys ve Barazangi, 1989) (Harita 1.5). İskenderun ve civarında ise 1872 yılından bu yana, 6 ve 20 Şubat 2023 yılında yıkıcı etkisi olan Kahramanmaraş ve Hatay merkezli önemli depremler meydana gelmiştir. Yapılan çalışmalara göre Kuzey Anadolu fayı Doğu Anadolu Fayına göre daha aktif hareket etmektedir. Son yüzyılda Doğu Anadolu Fayı Şubat 2023 depremlerine kadar geçen süre çok sakin geçmiştir. Bu süre zarfında biriken gerilme 7.7, 7.6 ve 6.3 büyüklüğünde deprem silsilesi yaklaşık 400 km’lik yüzey kırığı oluşturarak başta Kahramanmaraş ve Hatay olmak üzere 11 çevre ili olumsuz etkileyerek 50000’den fazla insanın ölmesine neden olarak afete dönüşmüştür. 6 ve 20 Şubat 2023’de meydana gelen depremler ve artçılarının dağılımı Harita 1.6’ da verilmiştir.



Harita 1.5. 18 Ağustos 1822 deprem yoğunluğu dağılımı haritası (Ambraseys ve Barazangi, 1989).



Harita 1.6. Şubat 2023'te meydana gelen depremler ve artçıların dağılımları. (Afad,2023)

1.4. Hatay Yöresinin Yeraltısıyu Durumu

Bölgenin yeraltı su sistemi içinde, genelde Paleosen yani Alan kireç taşı formasyonu, Eosen yani Almacık kireçtaşı formasyonu yer almaktadır. Paleosen ise kırılğan ve çatlaklı yapıya sahiptir. Yağmur suları bu çatlaklar vasıtasıyla yeraltı suyunu oluşturmaktadır. Eosen tarafından oluşan akifer kaynaklarda aynı şekilde Paleosen'deki yeraltı suyunu oluşturmaktadır. Paleosen ve Eosen kireçtaşı olup birbirine göre farklılıklar göstermektedir (Saydam ve Ark., 2005). Kireçtaşlarının yoğunluğundan ve Paleosen'in kırılğan yapısından dolayı suda yoğun miktarda kireç bulunmaktadır.

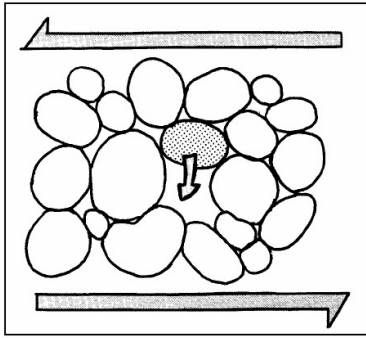
2. YAPILMIŞ OLAN ARAŞTIRMALAR

2.1. Zemin Sıvılaşmasının Anlamı ve Oluşma Sistemi

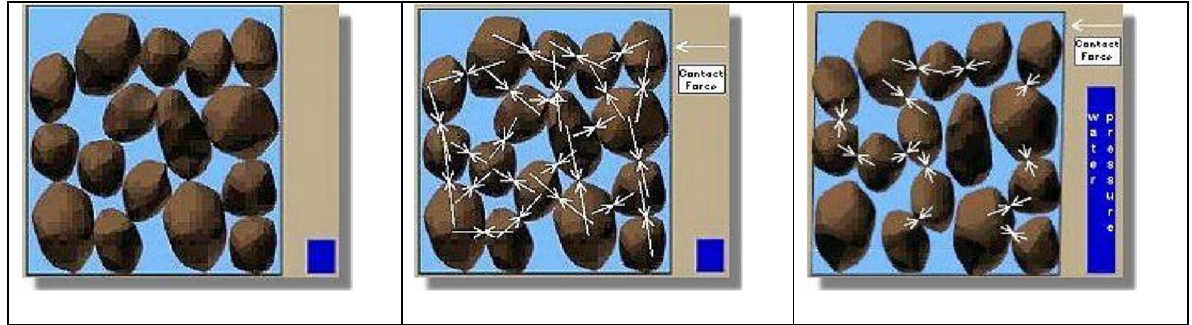
Deprem anında sismik dalgalar neticesiyle oluşan zararlara başlıca sebep; su ile doymuş, sıkı olmayan veya bir miktar sıkı olan, kum ve silt içerikli zeminlerin sıvılaşmasıdır. Deprem esnasında zemindeki yükün etkisi ile boşluk kanallarına aşırı derecede suyun dolarak boşluktaki suyun basınçsal etki oluşturmaları ve sonuç olarakta efektif gerilmelerin zayıflamasıdır (Castro ve Ark., 1982). Zeminde boşluk suyu basıncının etkisi ile oluşan mukavemetsel kaybı önce, Hazen (1920) sıvılaşabilir (liquefiable) durum diye ifade ederken, sıvılaşma (liquefaction) kelimesini bilimsel dalda, ilk Terzaghi (1925) dile getirmiştir. Terzaghi (1925)'e göre *“sıvılaşma, su ile doymuş olan zeminin çökmesi esnasında zemini oluşturan katı tanelerin kütlelerinin zemini saran suya aktarılması esnasında oluşur. Bu olayın sonucu olarak yerin herhangi bir derinliğinde hidrostatik su basıncı yükselerek, basınç büyüklüğü suya batan zeminin birim ağırlığına yaklaşır.”*

Sıvılaşmanın oluşmasını sağlayan durumlar, deprem esnasında oluşan sismik dalgalar (cisim ile yüzey dalgaları) ve en önemlisi makaslama dalgalarıdır (S, Love ve Raigleight) (Youd, 1992). Dalgalar su ile doymuş tanemsi katmanlardan ilerlerken boşluk suyu basıncının artmasına neden olur ki bu durum da tanemsi yapıyı bozacaktır. Böylece, mukavemetini yitiren zemin sıvılaşma eğilimi gösterecektir (Şekil 2.1). Sıvılaşma olayının daha net kavranabilmesi amacıyla, depremden önceki mevcut zemin durumunun net kavranmış olması gerekmektedir. Çünkü depremden önceki zeminin iyi tanınması deprem sonrası oluşacak durumu belirleyebilir. Sıvılaşma tekrar değinecek olursak, tanemsi meteryaller birbirlerine temas durumundadır (Şekil 2.1 ve 2.2). Bu durumdaki tanemsi meteryaller birbirine kuvvet uygularlar. Boşluklarında ise su ve hava vardır. Boşluktaki su, deprem sırasında sıkışarak boşluklarda basınç oluşturmaktadır (Şekil 2.2). Böylelikle, su ile doymuş ve kohezyonsuz zeminlerin tanelerinde hareketlenmeler görülecektir. Boşluk suyu basıncı artacaktır ve taneleri birbirinden uzaklaştırma eylemi görülecektir. Böylelikle boşluk suyu yükleri (zeminin kendi ağırlığı ve üzerindeki yapı yükleri)

üşlenir. Deprem esnasında tanemsi meteryallerin aralarında bulunan suyun, yüzeye çıkması için gereken zamanın olmadığı durumlarda, zeminin depremden önceki haline yani denge haline ulaşmadan (tanemsi meteryallerin arasındaki temasılık meydana gelmeden) boşluktaki su basıncında hızlı artmalar olur (Şekil 2.2). Boşluktaki su basıncındaki hızlı yükselmeler, tanemsi meteryallerin temasını engelleyerek tanemsi maddeleri ayırır sonuç olarak zemin dayanımsızlaşır. Sanki bir viskoz kıvamında davranış sergiler. Bu şartlarda boşluklu zemin, depremden önceki sahip olduğu katı malzemeli yapısını kaybeder ve geçici olmak şartıyla sıvımsı bir özellikle yüzeye doğru hareketlenir (Şekil 2.2). Buna sıvılaşma denmektedir.



Şekil 2.1. Suyu doymuş kumlu zeminin sıvılaşma olgusu (Atak ve Ark., 2003).



Şekil 2.2. Zemin tanecikleri; okların uzunluğu zemin parçaları arasındaki bağlantı kuvveti ile doğru orantılıdır. Su basıncı azaldıkça bağlantı kuvveti artmaktadır (Anonymous, 2006).

2.2. Sıvılaşma Terimi ile Alakalı Açıklamalar

Ön Sıvılaşma (Initial Liquefaction): Devamlı yük durumunda boşluktaki su basıncı yükselerek efektif çevre basıncına denk gelmesine ön sıvılaşma denir. Yani, boşluk suyu basıncı devrede değilken, taneleri bir arada tutan sürtünme kuvveti ve yerçekimi etkisi sonucu oluşan kuvvetin; deprem veya herhangi bir titreşim sonucunda boşluk suyu basıncına eşit olması halidir. Ön sıvılaşma terimi; zemindeki meteryallerde oluşacak deformasyonlar hakkında bilgi sağlamazken, zemindeki meteryallerin yüklenme etkisinde nasıl davrandığını tanımlamada ve sıvılaşmadan sonra zeminlerin nasıl bir davranış içinde olduğunu belirlemede kullanılır (Seed ve Ark., 1975).

Gerçek sıvılaşma: Zemin tanelerini bir arada tutan kuvvetin yani boşluk suyu basıncının etki göstermeden önceki zemin halinin; boşluktaki su basıncının tekrar eden yüklenmelerin etkisinde devamlı artması durumuna bağlı olarak değişiklik göstermesi sonucunda, efektif çevre basıncının sıfıra yakın olması ve sonuç olarak zemin kayma mukavemetinin yok olması ve aşırı deformasyonlar ile akmaların meydana geldiği andır (Seed ve Ark., 1975).

Sınırlı Ön Sıvılaşma – Çevrimsel Hareketlilik (Cyclic Mobility): Tekrarlanan yüklenmeler durumunda boşluk suyu basıncının efektif gerilmeye eşit olması esnasında yani bir ön sıvılaşmanın oluşması esnasında bir boşluktaki su basıncının ani azalması ile deformasyonların tamamlanması ve zemindeki meteryallerin tekrarlanan yüklenmeler ile hareketsiz bir noktaya ulaşması olayına sınırlı sıvılaşma yada çevrimsel hareketlilik denmektedir (Seed ve Ark., 1975). Kumlu zeminlerde görülmektedir.

Kum kayması: boşluk suyu basıncının fazla olmasından dolayı kumlu suyun fışkırması durumudur (Wang ve Law, 1994).

2.3. Sıvılaşılabirirliğe Tesir Eden Etgenler

Zeminin sıvılaşma potansiyelini belirleyen ölçütler, zeminin özellikleri, jeolojik şartlar ve yer hareketleri olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilir. Sıvılaşmaya sebep olan faktörler aşağıda detaylı olarak ele alınmıştır.

2.3.1. Zemin özelliklerinin sıvılaşmaya etkisi

Relatif Sıkılık:

Zeminin titreşimini sağlayan kuvvetler, aynı zamanda zeminin taneleri arasında bir sürtünmeye ve sıkışmaya neden olacaktır. Bunun yanı sıra mevcut zemini bir arada tutan sıkışıklılık durumundan dolayı kaynaklanan içsel sürtünme kuvveti de mevcuttur. İşte tam bu aşamada relatif sıkılık devreye girecektir (Altun, 2004). Relatif sıkılık ise formülatik bir eşitlikle bulunmaktadır. Bu eşitlikten elde edilen değer zeminin sıkışıklılık durumunu belirleyecektir. Zeminin sıkışmışlık halini yansıtan rölatif sıkışmışlık-sıkılık (Dawrick 1975) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$\mathbf{D_r} = (\mathbf{e}_{\max} - \mathbf{e}) / (\mathbf{e}_{\max} - \mathbf{e}_{\min})$$

Eşitliğinden bulunmaktadır.

e_{max} (maksimum boşluk oranı) yerin maksimum boşluk durumundaki boşluk oranı, e_{min} (minimum boşluk oranı) yerin minimum boşluk durumundaki boşluk oranı, e yerin rölatif sıkışıklılığının bulunmak istendiği ana ait boşluk oranıdır. Birimsiz olarak gösterilen Dr , ondalık veya yüzdelik bir terimdir.

Zemin ne kadar yoğun olursa, zemindeki su miktarı da o kadar azalacak demektir. Bu durum da sıvılaşma riskini azaltacaktır (Feritto, 1997).

Bazı araştırmacılar relatif sıkılık değerinde %75 gibi bir sınır koymuşlardır. Bu sınıra göre relatif sıkılık değeri %75 altındaki zeminlerde, sıvılaşma görülmekte iken; %75 üstündeki zeminlerde sıvılaşma görülmemektedir. Bu durum, Kishida (1969) 1964 Niigata depreminde (%75 den büyük) ve Wang ve Law(1994) (%75 den küçük) depreminde kendini göstermiştir. Relatif sıkılık değeri arttıkça yani mevcut zeminin içsel sürtünme açısı arttıkça ters orantılı olarak boşluk miktarı azalmakta ve boşluk suyu azalmaktadır. Yani sıvılaşma eğilimi azalmaktadır. Bu durumda yerin ivme değeri, relatif sıkılık ayrıca sıvılaşabilirliğe göre birbiri ile durumları Çizelge 2.1’de verilmiştir. Deprem esnasında cihazlar ile ölçülen max yer ivmesinin relatif sıkılığa bağlı olarak sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yer ivmesi ve relatif sıkılığa bağlı olarak sıvılaşma potansiyeli (Şekercioğlu, 1998)

Maksimum Yer İvmesi, a_{max} (g)	Sıvılaşma Riski		
	Yüksek	Orta	Düşük
0.10	$D_r < 0.33$	$0.33 < D_r < 0.54$	$D_r > 0.54$
0.15	$D_r < 0.48$	$0.48 < D_r < 0.73$	$D_r > 0.73$
0.20	$D_r < 0.60$	$0.60 < D_r < 0.85$	$D_r > 0.85$
0.25	$D_r < 0.70$	$0.70 < D_r < 0.92$	$D_r > 0.92$

İncemsi meteryal oranı:

Laboratuvar (Lee ve Seed, 1967; Chang ve Ark., 1982; Koester, 1994) ile sahada (Mogami ve Kubo, 1953; Robertson ve Campenella, 1985; Holzer ve Ark., 1989) yapılan araştırmalarda temiz veya temiz olmayan kum barındıran yerlerin sıvılaşabilirliği saptanmıştır.

Bunun yanında, plastik özellik göstermeyen silt meteryallerinde sıvılaşmaya yatkın olduğundan bahsedilmiştir (Dobry ve Alvarez, 1967; Okusa ve ark, 1980; Garga ve McKay, 1984).

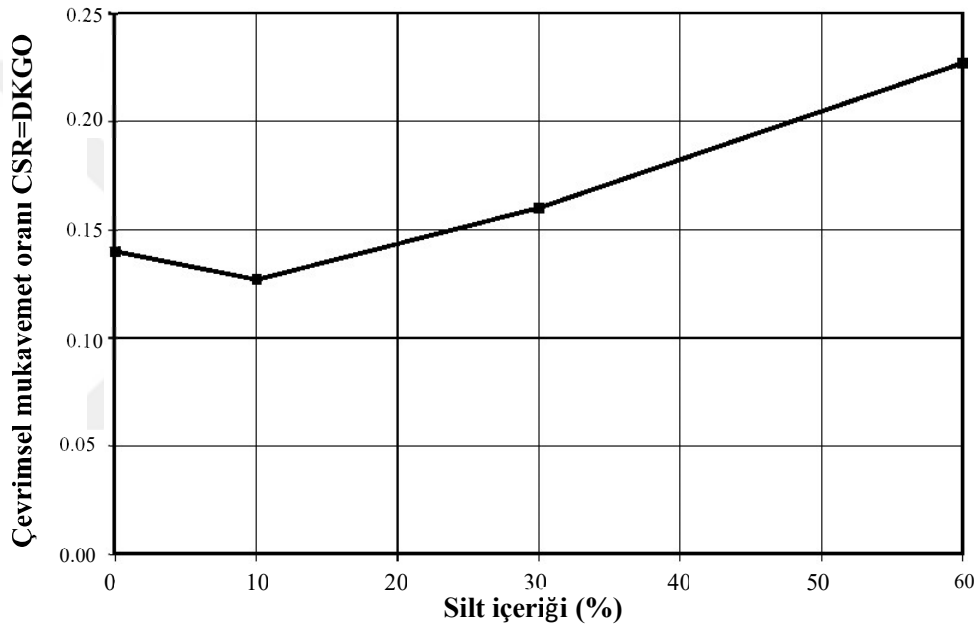
Bu durum şu şekilde de izah edilebilir. Silt su ile karşılaştığında hacmi genişleyecektir. Bu durum boşluk miktarının artmasına ve su ile dolmasına neden olacaktır. Yani boşluk suyu rahat hareket ederek boşlukları dolduracaktır. İlerleyen zamanlarda silt malzemesinin tekrar hacim değiştirmesi ile, küçülmesi ile, boşluk suyu basıncı artacak ve sıvılaşma eğilimini gösterecektir. Kısacası siltli zeminler sıvılaşabilir zeminlerdir.

Plastik özellik göstermeyen incemsi tane oranı:

Plastik özellik göstermeyen incemsi tane oranının sıvılaşmaya tesiri konusunda bilim alanında kaideye değer uyuşma sağlanamamıştır (Polito, 1999). Incemsi tanelerin oranı arttıkça sıvılaşma zorlanmaktadır. Buna etki olan durumu ise şöyle açıklayabiliriz. Zemindeki boşlukların, yani kılcal boşlukların, ince taneler ile tıkanması, zemindeki sıvılaşmaya sebep olan zemin suyunun kılcal kanallarda ilerleyemeyişine neden olacaktır ki, buda gerilmeye neden olacaktır. Su, kılcal boşlukta rahat yayılamadığından, zeminin yerçekiminden dolayı ve kendi ağırlığından dolayı, sürtünme kuvvetinden dolayı, sıvılaşmaya karşı mukavemet artacaktır. Ancak şunu da söylemek mümkündür. Belli bir ince tane değerinden sonra sıvılaşma artmaktadır. Bu durumu, saha ve laboratuvar araştırmalarında, kumlu yerdeki plastik olmayan incemsi meteryal oranı desteklemektedir. Yani plastik olmayan ince tane oranı arttıkça zeminin sıvılaşmaya karşı direnci artmaktadır. Ancak belli bir değerden sonra, bu direnç düşmektedir. Tarihsel depremlerde meydana gelen sıvılaşmalar bu durumu desteklemektedir. Örnek verecek olursak 1964 Niigata/Japonya depreminde, incemsi meteryallerin miktarı %10'dan düşük olduğu kum barındıran yerlerde sıvılaşabilirliğinin fazla olduğunu belirtmiştir (Okashi, 1970). Ek olarak, Fei (1991), 1976 Tangshan/Çin depreminde, silt içeren yerlerin sıvılaşabilirliğine karşı direncinin, yükselen incemsi meteryal oranı ile yükseldiğini belirtmiştir. Tokimatsu ve Yoshimi (1983)

Labaratuvar ortamlarında yapılan çalışmalarda silt içeriği arttıkça kumlu zeminlerde çevrimsel mukavemet oranında ($CSR=DKGO$) artmaktadır. Chang ve Ark. (1982) boşlukları sabit bir oran olan numunelerle yapmış oldukları çalışmalarında silt içeriğinin artması durumunda CSR 'nin başta azalma sonrasında sistematik bir şekilde arttığını belirtmişlerdir.

Şekil 2.4'de çevrimsel mukavemet oranı (CSR), başka bir deyişle dinamik kayma gerilmesi oranı ($DKGO$) ile silt içeriği yüzdesinin birbirine göre göreceli durumunu görmekteyiz.

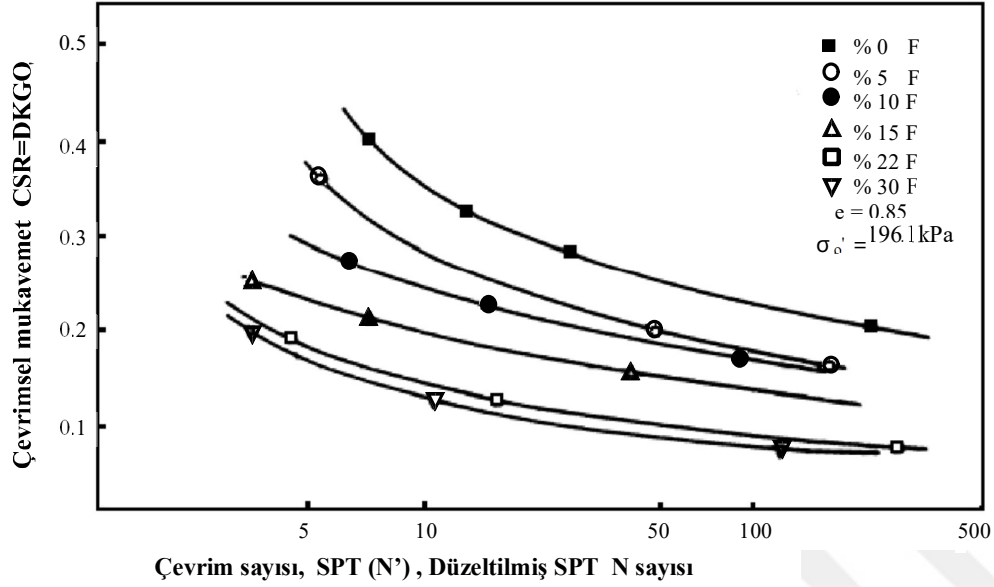


Şekil 2.4. kumlu bir zeminde artan silt içeriğine bağlı olarak çevrimsel mukavemetin artışı (Chang ve Ark., 1982).

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi silt ihtivasının %10 değeri kritiktir. Bu değer altındaki silt içeriği dinamik kayma direncinde azalma, bu değerden itibaren lineer artış görülmektedir. Dinamik kayma direncinin benzer davranışı Dezfulian (1982) çalışmasında da gözlenmiştir.

Öte yandan Shen ve Ark. (1977), Tronsco ve Verdugo (1985) ve Vaid (1994) boşluksal oran ve kuru yoğunluğun sabit olduğu örneklerle yapmış oldukları çalışmalarda silt içeriğinin artması durumunda çevrimsel mukavemetin azaldığını vurgulamaktadırlar. Şekil 2.5'e

bakışımızda zeminin silt içeriğinin %30 artması durumunda çevrimsel mukavemet ise (CSR=DKGO) kuma kıyasla %60 lık bir eksilmeye sebebiyet vermektedir (Tronsco ve Verdugo, 1985).



Şekil 2.5. sabit boşluk oranına ve kuru örneklerde yükselen silt içeriği ile çevrimsel mukavemetin azalması (Tronsco ve Verdugo, 1985).

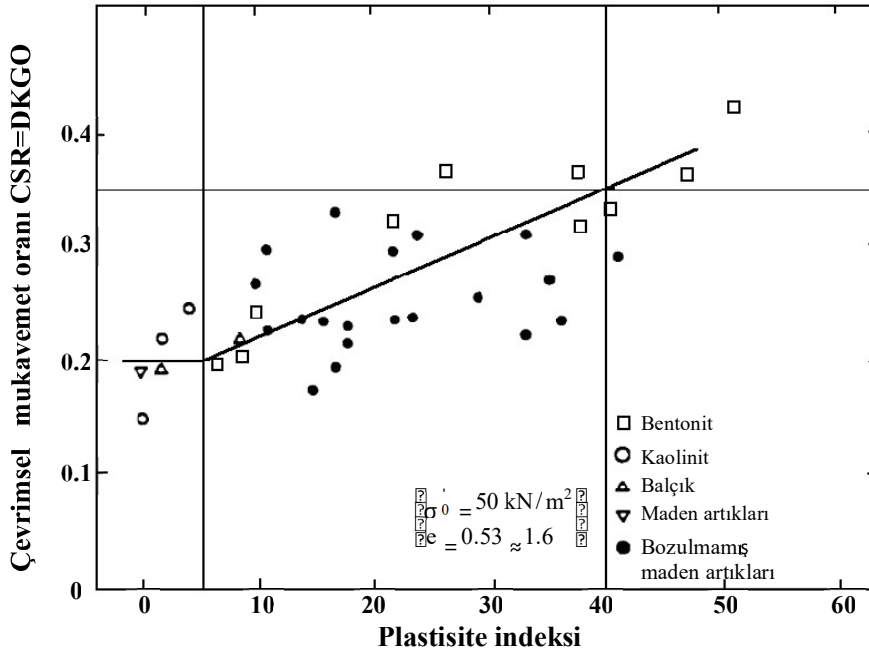
Şekil 2.5'te görüldüğü gibi, düzeltilmiş SPT (N') değeri arttıkça, dinamik kayma direnç oranı (DKGO) düşmektedir.

Öte yandan, zeminlerin tamamında geçerli olmayan ve zemindeki boşluksal oranın değişmemesi esnasında birtakım zeminlerin çevrimsel mukavemet ifadeleri değişmez bir değer olmaktadır (Polito, 1999). Shen ve Ark. (1977), Kuerbis ve Ark. (1988) ve Vaid (1994) boşluk oranı değişmeyen kumlu yer örneklerinde kumlu zeminin çevrimsel mukavemetinin, silt içeriği artmasıyla arttığını kaydetmişlerdir. Tek başına ince tane oranı ile alakalı verilerin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılamayacağı, yukarıdaki verilerden anlaşılmaktadır.

İnce tane oranı ve plastisite:

Zeminin elek analizi sonucunda 200 nolu elek altında kalan malzemenin incelenmesi ve labaratuvar deneylerine maruz kalması sonucu elde edilen malzeme değerlerinin, plastik ve plastik olmayan durumlarında sıvılaşmaya katkısı farklılık göstermektedir (Polito, 1999). Eğer ki zemin değerlerinde plastik durum söz konusu ise sıvılaşmaya karşı direnç durumu plastik olmayan zemine göre fazladır. Tam tersi durumunda ise sıvılaşmaya eğim artmaktadır.

Seed ve Ark. (1983) zeminlerde %20 den fazla kil bulunması durumunda sıvılaşma riskinin azaldığını belirtmişlerdir. Küresel anlamda oluşmuş depremleri araştıran Tokimatsu ve Yoshimi (1983) te farklı olmayan sonuçlara ulaşarak bu kanıyı desteklemiştir. Şekil 2.6'dan da anlaşılabacağı gibi plastisite indeksindeki yükseliş çevrimsel mukavemet terimlerindeki yükselişi de aynı anda oluşturmaktadır (Ishihara ve Koseki 1989).



Şekil 2.6. kumlu zeminlerde pastisite indeksi çevrimsel mukavemet ilişkisi (Ishihara ve Koseki 1989).

Laboratuvar örnekleri üzerindeki deneyler; yerin incemsi meteryallerinin plastisite değerindeki yükselişi ile yerin sıvılaşılabirliliğe gösterdiği direnç yükselişinin doğrusal olduğunu göstermektedir (Ishihara ve Koseki 1989). Benzer şekilde, Yasuda ve Ark. (1994) 'ta aynı tanıyı koymuştur. Ancak, Koester (1994), zemin pastisite indeksi, plastiksel ince taneli zeminlerde, sıvılaşma dayanımına yön veren bir etken değildir.

Tane boyutu karakteristiği:

Zeminlerde sıvılaşma yatkınlığı, zeminin tanemsi meteryallerinin boyutuna, şekillerine ve zemin çeşidine dayalıdır. Boşluk suyunun hareketine ise tane boyu ve tanelerin dağılımı etkimektedir (Ferritto, 1997). Kaba kumların ince taneli zeminlere göre, titreşim esnasında boşluktaki su daha rahat hareket etmektedir. Boşluk suyu basıncında herhangi bir sıkışma meydana gelmediğinden sıvılaşma eğilimi, iri taneli zeminlerde azalacaktır. İnce taneli (kum, silt, kumlu siltli zeminler gibi) zeminlerde ise bu durum tam tersidir (Ferritto, 1997; Turoğlu, 2004). Kramer (1996)' da belirttiği gibi, kil barındıran yerler, sıvılaşma olayındakine benzer şekilde gerilme-yumuşama (strain-softening) hareketi gösterdiklerinden kumlu zeminlerdeki gibi sıvılaşma gösteremezler. Diğer taraftan tamamen tekdüze taneli zeminler, tekdüze taneli olmayan zeminlere göre daha çok sıvılaşma potansiyeli göstermektedir (Kramer, 1996). Değişik hacimlerdeki yani heterojen karışımli zeminlerin boşlukları zemin malzemesi ile dolu olduğundan boşluk suyu miktarı az olacak ve boşluklarda su hareketi kısıtlanacaktır. Bu durum sıvılaşma eğilimini azaltarak deprem esnasında hasarı minimize edecektir. Homojen karışımli bir zeminde ise boşluk dağılımlarıda homojen olacağından, boşluktaki su kanallar vesilesiyle hareket edecek ve sıvılaşmaya daha yatkın bir zemin olacaktır. Bu durum heterojen zeminler yani karışık tane boyutundaki zeminler, homojen yani tekdüze zeminlere göre daha sıvılaşmaya mukavemetli olduğunu göstermektedir.

Tane şekillerine göre ise, çeşitli şekiller barındıran taneler, köşemsi şekilleri olan tanelere oranla, birleşmeleri daha hızlı eğilim gösterdiklerinden sıvılaşma potansiyeli daha çoktur. Köşemsi şekilli tanelerin olduğu zeminler belirli seviyedeki konsolidasyon basıncına kadar

sıvılaşma potansiyeline karşı daha etkili iken, basıncın artması sonucunda ince köşelerin kırılması ve bu kırılan meteryallerin incemsi taneleri oluşturmasından dolayı sıvılaşma potansiyelini yükseltmektir (Kramer, 1996). Sıvılaşma eğilimi gösteren bulgular altta belirtilmiştir (Wang ve Law, 1994);

- Ortalama tane boyutu $d_{50} = 0.02-1.00$ mm
- İnce tane ($d < 0.005$ mm) içeriği $< \%10$
- Üniformaluk katsayısı (d_{60}/d_{10}) < 10
- Pastisite indeksi, $I_p < 10$

Killi zeminlerin genişleme ve yumuşama özelliği olduğundan kumlu zeminlerden farklı özellik gösterecektir. Kum tanelerinin arasında kil tanelerinin olması durumunda su kil ile birleşerek, kilin genişleme ve yumuşamasına sebep olacaktır. Silt, kil ve kumdan oluşan zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde yapılan çalışmalarda Andrews ve Martin (2000), Seed ve Ark. (1984 ve 1985) çalışmalarını tekrardan ele almışlardır (Çizelge 2.2). Zemindeki büyük meteryallerin (siltli ve killi), daha büyük meteryalleri, birbirinden ayırabilecek veya zeminin davranışını kontrol edebildiği durumlarda, sıvılaşma olayının meydana gelmesi silt veya kil içerikli meteryalin elastik özellik göstermesi veya plastisitesinin en az $\%10$ en fazla $\%12$ aralıklarında bulunmalıdır (Çetin ve Unutmaz, 2004). Az plastisiteli silt ve siltli kumlar dan oluşan yerler, sıvılaşma potansiyelinin olması yani boşluktaki su kuvvetlerinin suyu drene etmeye çalışması ancak drenenin hızlı gerçekleşmesine engel olacak şekilde zeminde geçirimsizlik olması, tehlikeli yerler durumunda nitelendirilmektedir (Çetin ve Unutmaz, 2004).

Çizelge 2.2. Siltli ve killi kumların sıvılaşabilirliği (Andrews ve Martin, 2000).

	Likit limit ¹ < 32	Likit limit ¹ ≥ 32
Kil içeriği (< 0.002 mm) $< \%10$	Sıvılaşabilir	İleri çalışma gerekir (plastik kil harici boyutlu tane olduğu düşünülerek- Mika gibi)
Kil içeriği (< 0.002 mm) $\geq \%10$	İleri çalışma gerekir (plastik olmayan kil boyutlu tane olduğu düşünülerek – maden veya ocak atığı gibi)	Sıvılaşmaz
¹ Casagrande tipi darbe aleti ile belirlenen likit limit değerleri		

Zeminin drenaj koşulları (boşluk suyu basıncı, gözeneklilik, geçirgenlik):

Çevrimsel yüklemelerde, tanelerin arasındaki boşlukta bulunan su basıncının dağılma hızı sıvılaşma potansiyelini belirleyen en etkin durumlardan birisidir (Wong ve Ark., 1974).

Boşluktaki su basıncını hızlı ilerlemesi durumunda, tanelere, hızın verdiği kuvvet ile çarpmanın etkisi ve boşlukların su ile dolması ile basıncın etkisi düşünüldüğünde, taneleri bir arada tutan kuvvet dayanamayacak ve tanelerin arası açılmaya başlayacaktır. Bu durumda sıvılaşma eğilimi artacaktır. Yani boşluk suyu basıncının hızlı ilerlemesi ile sıvılaşma eğilimi doğru orantılıdır. Boşluktaki su basıncının dağılma hızının, drene olduğu en uzun hat boyunun bir fonksiyonu olmasından dolayı, zeminin detaylı geometrisinin bilinmesi etkiliyici düzeyde önemlidir (Ferritto, 1997). Yoshimi ve Kuwabara (1973), sıvılaşmanın olduğu esnada çeşitli tabakaların sıkışma potansiyelliliği ve su geçirme özellikleri arasındaki ilişkileri inceleyen detaylı çalışmalarında, sıvılaşma potansiyelinin, üst tabakalara kıyasla, alttaki sıvılaşmış olan tabakadan üst tabakaya daha kolay geçirimlilik ile aktarılacağını belirtmişlerdir.

Geçirgenlik, boşluklu meteryallerin, boşluklarından su geçirme miktarları diyebiliriz. Geçirgenlik özelliğinin artması sıvılaşma potansiyelini arttıracaktır. Bunun en sebebi meteryalin oluşturduğu boşluklarda suyun dolaşımının artması bunun sonucunda ise suyun meteryalleri birbirinden ayırarak zeminin katımsı halini ortadan kaldırmasıdır (Lade ve Yamamuro 1998, 1999).

Gözeneklilik ise danelerin birbirlerine göre oluşan aralarındaki boşluk oranlarıdır. Gözenekliliğin fazla olması sıvılaşma potansiyelini arttıracaktır, bunun sebebi ise tanemsi meteryallerin ve yer altı suyu ile daha rahat hareket etmesidir (Lade ve Yamamuro 1998, 1999).

Sıvılaşma özelliği gösteren zeminin ve yeraltı su seviyesinin derinliği:

Yerin altında bulunan yüzeye yakın suların, depremler ile birden bire az bir zamanda hareketlenmesi sonucunda meteryallerdeki boşluklardan faydalanarak kaçma girişimi olayına neden olacaktır. Ancak su bu kısa zamanda oluşan gerilmeler etkisi ile birden bire boşlulardan drene olamayacaktır. Bu durum boşluk suyu basıncına neden olacak ve bu basınç ise meteryallerin birbirleri ile temasına engel olacak düzeye etki gösterecektir. Bunun sonucunda zemin gerekli taşıma kapasitesini yitirmekle kalmayacak katımsı özelliklerini kaybedecektir. Sonuç olarak sıvımsı viskoz bir kıvamda zemin yüzeye doğru harekete geçecektir. Bu durum sıvılaşma potansiyeline artı bir durum olarak değerlendirilmektedir. Eğer yerin altındaki su, yeteri kadar derinde olsaydı, bu anlattıklarımız olmayacak ve zemin katımsı halini koruyacaktır.

Derinöz, 2004 yılında yaptığı çalışmada 15 metre derinliğin altında sıvılaşmanın olmadığını rapor etmiştir. Bilindiği üzere sıvılaşma efektif gerilmeye bağlı olmaktadır. Burdan çıkaracağımız anlam, 15 metreden daha derinde sıvılaşma potansiyelinin olmadığıdır. Ya da tamtersi olmaktadır ancak yüzeyde etkisini göstermemektedir. Ayrıca sıvılaşma olayı yeraltı su derinliğine de bağlıdır. Bu durum, Wang ve Law, 1994 yılı çalışmalarında, yerin altındaki su kotunun yüzeyden 5 metre daha derinde mevcut olduğu bölgelerde sıvılaşmanın olmadığını, yer altı su seviyesi 3 metreden daha az olan yerlerde sıvılaşma olduğunu belirtmiştir.

2.3.2. Jeolojik etkenlerin sıvılaşma potansiyeline tesiri

Kramer (1996)da yaptığı çalışmaya göre, zemin oluşumunun sıvılaşmaya hassaslığı üzerinde etkisi büyüktür. Nehir, ırmak ve göl yatakları, sedimantasyon etkisiyle meydana gelen dolmuş malzemler, enkaz malzemeleri, aşınma sonucu oluşan meteryallerin oluşturduğu dolgusal malzemeler, rüzgâr sonucu aşınma ve taşınma ile oluşan meteryallerin oluşturduğu dolgular tarzındaki suya doymuş zeminlerin sıvılaşma potansiyeli çok yüksektir. Zemin, jeolojik süreç içerisinde oluşurken homojen yani tek düze bir yapı içerisinde oluşur. Olası bir deprem

esnasında bu tekdüze yapı gevşer. Gevşek zemin ise sıkılaşma eğilimine uğradığında boşluktaki su basıncının yükselmesine, zeminin ise dayanımının azalmasına sebep olur.

Sıvılaşma belirli hidrolojik ve jeolojik ortamlarda meydana gelmektedir. Çizelge 2.3'te görüldüğü gibi erken oluşmuş gevşek yapıdaki çökmüş meteryaller sıvılaşma potansiyelinin yüksek olduğu durumları oluşturmaktadır. Yaklaşık olarak 10.000 sene önce; deltalardaki, akarsulardaki ve kıyı kesimlerdeki meteryallerin çökelerek birikmesi sonucu oluşmuş birikinti çökellerinin olduğu yerler sıvılaşma potansiyelinin en çok görüldüğü yerlerdir (Strahler, 1974; Forbes, 1985; Bradshaw ve Ark, 1989; Coates, 1990; Erinç 2000). Bazı inşaat faaliyetlerinde bunlar yol, baraj, kanal gibi çalışmalarda sıkıştırılmamış zemin sıvılaşma riski taşımaktadır. Sıkıştırılarak boşluğun düşürülmesi sıvılaşma riskini azaltacaktır. Yeraltı suyunun yüzeyden en çok 10 metre derinlikte olması durumunda sıvılaşma potansiyeli yüksek olmaktadır.

Zeminin jeolojik yapısı ve topografik yapısı sıvılaşma riskini belirleyen etkenlerden bazılarıdır. Sıvılaşma potansiyeline tesir eden durumlar; çökelme şartları, tabakanın yaşı, jeolojikselsel geçmiş, yeraltı su seviyesi, tanelerin büyüklük dağılımı, zeminin eğimi, zeminin yoğunluğudur (Siyahi ve Ark., 2003). Farklı partiküller için sıvılaşabilirliğe etkide bulunan bu varyantlar arasındaki durumlar Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Deprem sırasında sıvılaşabilecek zeminlerin tahmini hassaslıkları (Youd ve Hoose, 1977; Youd ve Perkins, 1978).

Zemin tipi	Zemindeki kohezyonsuz bileşenin genel dağılımı	Zeminlerin doygun olduklarında yaşlarına göre sıvılaşma hassaslıkları			
		<500 yıl	Holosen	Pleistosen	Pleistosen öncesi
a) Kıtas al Bölge					
Nehir yatağı	Bölgesel değişken	Çok yüksek	Yüksek	Düşük	Çok düşük
Sel ovaları	Bölgesel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
Alüvyon ova ve yelpazesi	Yaygın	Orta	Düşük	Düşük	Çok düşük
Deniz taraçası ve ovası	Yaygın	-	Düşük	-	Çok düşük
Delta ve delta yelpazesi	Yaygın	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
Gölssel	Değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
Kolüvyon	Değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
Talus	Yaygın	-	Düşük	-	Çok düşük
Kum tepelikleri	Yaygın	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
Lös	Değişken	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Bilinmiyor
Buzul etkisi	Değişken	Düşük	Düşük	Çok düşük	Çok düşük
Tüf	Seyrek	Düşük	Düşük	Çok düşük	Çok düşük
Tempra	Yaygın	Yüksek	Yüksek	?	?
Yerinde oluşan zemin	Seyrek	Düşük	Düşük	Çok düşük	Çok düşük
Sebka	Bölgesel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
b) Kıyıs al Bölge					
Delta	Yaygın	Çok yüksek	Yüksek	Düşük	Çok düşük
Esturin	Bölgesel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
Kumsal yüksek dalga enerjisi	Yaygın	Orta	Düşük	Çok düşük	Çok düşük
Kumsal düşük dalga enerjisi	Yaygın	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
Gölssel	Bölgesel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
Sahil	Bölgesel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
c) Y apay					
Sıkıştırılmamış dolgu	Değişken	Çok yüksek	-	-	-
Sıkıştırılmış dolgu	Değişken	Düşük	-	-	-

2.3.3. Yer hareketlerinin sıvılaşmaya etkisi (deprem magnitüdü ve deprem ivmesi)

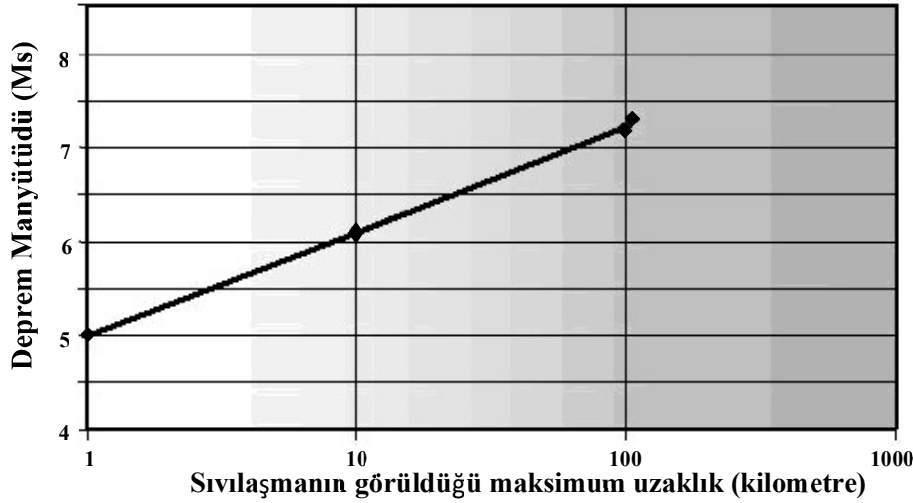
Zeminin sismik geçmişinin sıvılaşmaya etkisi son derece önemlidir (Ferritto, 1997). Sıvılaşma potansiyeli ve oturmalar, etki eden dinamiksel yüklerin doğallığına, değerinin büyük oluşuna, türüne bağlıdır. Kumların kuru olduğu durumlarda dikey titreşimlere kıyasla yatay titreşimler çok daha fazla oturmalara neden olmaktadır (Prakash ve Gupta, 1967). Zeminin sıvılaşma süresi yapının zarar görmesini derinden etkilemektedir. İri kumların sıvılaşma süresi ince kumların sıvılaşma süresine göre daha kısadır. Çünkü iri kumların arasında boşluk suyu daha rahat ve hızlı hareket edeceğinden boşluk suyu basıncı artacak ve taneleri birbirinden ayırarak sıvılaşma eğilimi gösterecektir. Oysa ince taneli zeminlerde bu durum tam tersidir. Çok yönlü deprem kuvvetlerinde yani sarsıntılarda boşluk suyu basıncı daha hızlı artmaktadır. Yani boşluk suyu daha hızlı dağılmaktadır. Bu durum sıvılaşma olayının hızını arttırmaktadır. Seed (1976)'da, çeşitli gerilmeler ya da sarsıntıların olduğu şartlarda boşluktaki su basıncının bir yöndeki sarsıntıya oranla daha cabuk arttığı, boşluktaki su basıncının en yüksek gerilme değeri, çok yönden gelen sarsıntıdan ve ya tek yönden gelen sarsıntıdan oluştuğu, ancak tek yönde gelen sarsıntıdan %10 daha azında, bu değere çok yönlü sarsıntıda ulaşıldığına, çalışmalarında değinmiştir.

Deprem büyüklüğü ve ivmenin etkileri göz önüne alınacak olursa deprem magnitüdü zelzele esnasında oluşan enerji ile ilişkili olduğundan, şiddetli bir zelzelede görünen enerji de büyük olacaktır. Bu da titreşimi arttırarak sıvılaşma etkisini arttıracaktır. İvme ise deprem esnasında zemine etki eden en önemli dinamik parametredir. Bu parametrenin artış göstermesi hasarın da artışını beraberinde getirmektedir. İvmenin artması durumunda tanemsi meteryallerin konumlarını kaybetmesi ve yeraltındaki suyun boşluklar vesilesi ile yolunu bulması ve suyun akışkan hale geçmesi hallerinin, hızlanmasından dolayı sıvılaşma potansiyeli artmaktadır (Lade ve Yamamuro 1998,1999).

Çevre basıncının belirli bir seviyesinde, sıvılaşma direnci yerin relatif sıkılığına göre artış göstermektedir. Ayrıca zemin sıkılığının değişmez sabit olduğu bir anda iken sıvılaşma direnci

çevre basıncının artması ile artmaktadır (Kramer, 1996). Birçok araştırmacıya göre zemindeki kesme direnci söz konusu olan zeminin sıvılaşma riskine etkileyici düzeyde tesir etmektedir. Zemindeki çevresel basınç yüksek ise sıvılaşma riskide yüksek demektir. Bu da küçük bir sarsıntıda zeminde sıvılaşma olabileceğini ortaya koymaktadır (Castro 1969; Kramer ve Seed, 1988).

Ayrıca, bir bölgede sıvılaşma riski, o bölgenin depremselliği ile sıvılaşmaya neden olan depremlerin sürekliliğine bağlıdır (Siyahi ve Ark., 2003). Deprem odaklarının, sıvılaşma gözlenen yerlere olan uzaklığı son derece önemlidir. Ne kadar yakın olursa deprem o kadar sıvılaşmaya etki eder. Deprem odağının, sıvılaşan zemine olan yakınlığının sıvılaşmaya etkisi doğru orantılıdır. Yani odak sıvılaşma alanına ne kadar yakınsa o denli sıvılaşma potansiyeli yüksek olur. Uzak odaklı depremin sıvılaşmaya etkisi göreceli olarak düşüktür (Ündül ve Gürpınar, 2003). Youd ve Perkins (1978) geçmiş zamanlarda meydana gelmiş elli yedi depremi araştırarak grafiksel bir çalışma ile deprem manyitüdü ve sıvılaşmaların görüldüğü mesafeleri ortaya koymuştur (Şekil 2.7). Sonuç olarak sıvılaşma potansiyeline, depremin 5 ve üzerindeki büyüklüklerde episantrından 100 km'ye kadar uzaklıktaki mevkilerde karşılaşılmaktadır.



Şekil 2.7. Deprem manyitüdüne göre sıvılaşabilirliğin maksimum mesafesi (Youd ve Perkins, 1978).

2.3.4. Kayma dalga hızının (V_s) sıvılaşmaya etkisi

Kayma dalgasından kastımızın S dalgasıdır. Bu dalga hızının artmasına bağlı olarak sıvılaşma potansiyelini belirleyebiliriz. Bu dalga suyun içerisinde ilerleyememektedir. Bu yüzden eğer yer altı suyu varsa S dalgasının hızından bahsedemeyiz bu durumda bize sıvılaşma potansiyelinin varlığını söylemektedir. Hız yüksekse suyun olmadığını söyleyebiliriz (Lade ve Yamamuro 1998,1999).

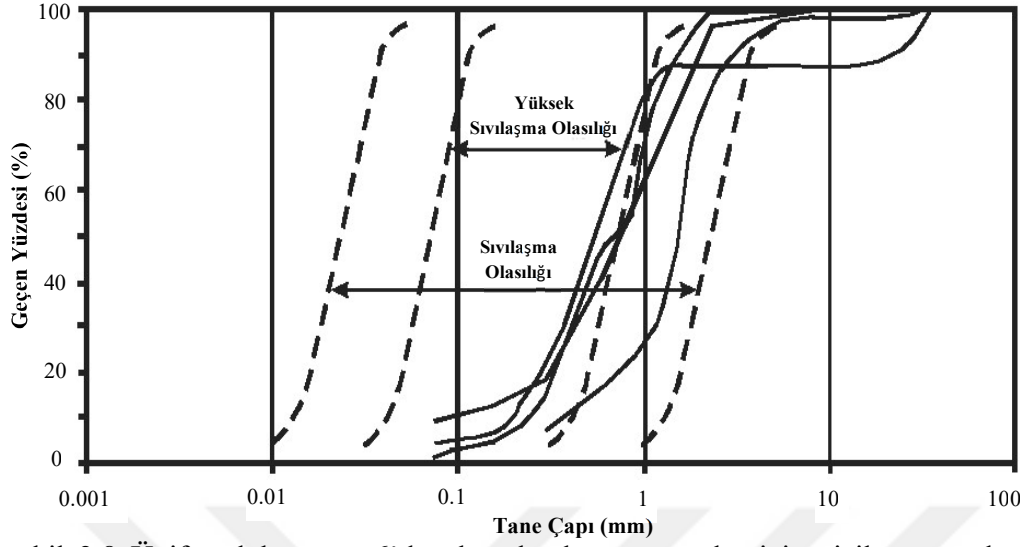
2.4. Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirmeleri

Sıvılaşma riskinin belirlenmesi, zemin değerleri ile birlikte depremsel değerlerin hesaplarda detaylı bir şekilde kullanılması ile gerçekleşmektedir. İlgili bilgiler aşağıda başlıksal olarak verilmiştir.

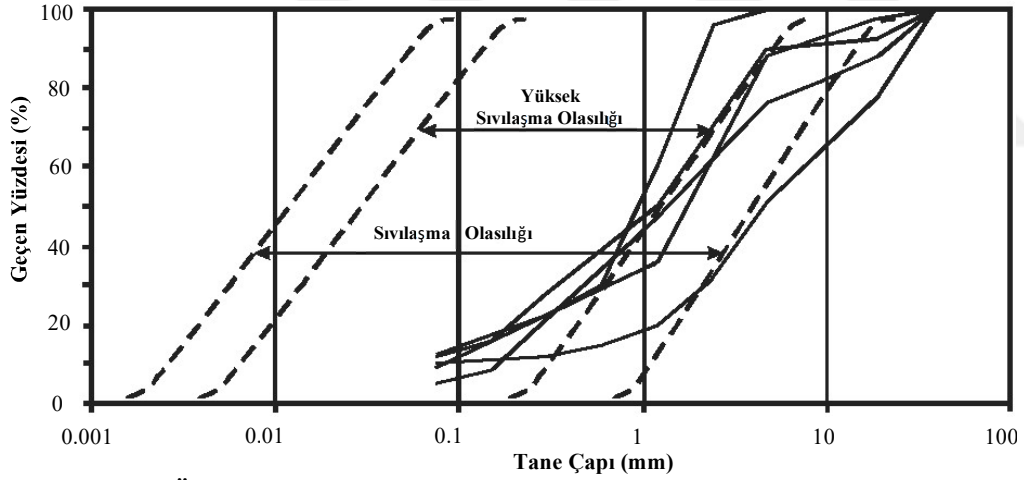
2.4.1. Doğada yapılan deneyler

Doğada yapılan deneyler, mevcut yeri doğal yapısında test imkânı sunar. Birde hacimsel olarak büyük deneyler yapılabilmektedir. Yeryüzünden derine doğru inerken her an inceleme yapılabilmektedir. Sıvılaşma ile ilgili parametrelere sıvılaşmaya neden olmuş eski depremler üzerinde çalışmalar yapılarak formüller geliştirilmiştir (Wang ve Law, 1994).

Arazide sondaj yapılarak elde edilen örneklerin deneysel olarak incelenmesi sonucunda bir takım granülometri eğrileri çizilmiştir. Bu eğriler ile önceden gerçekleşmiş depremlerin oluşturduğu sıvılaşma alanlarındaki bilinen granülometri eğrilerin karşılaştırılması, tarzında çalışılmıştır. Anonymous (1971)'e göre, Sekil 2.10'da, ünlformluk sayısı 6'dan az olan örneklerde, 2.11'de ise ünlformluk sayısı 6'dan çok olan örneklere granülometrik yönden bakılarak yorumlar yapılmıştır.



Şekil 2.8 Üniormluk sayısı 6'dan küçük olan numuneler için çizilen granülometri eğrileri (Anonymous, 1971)



Şekil 2.9'da Üniormluk sayısı 6'dan büyük olan numuneler için çizilen granülometri eğrileri (Anonymous, 1971)

Şekil 2.8'e göre, üniormluk sayısı 6'dan az olan yerlerde tane çapı 0.03 - 0.3 mm aralığından 0.15 - 1.15 milimetre aralıklarına doğru logaritmik şekilde yükselirken, geçen tanesal yüzde ise %100 seviyesine gelmektedir. Belirlenen aralık büyük miktarda sıvılaşma potansiyeli barındıran zeminleri kastetmektedir. Ayrıca Şekil 2.8'de tanesal çapın 0.01 milimetre ile 1 milimetre aralıklarından 0.1 milimetre ile 10 milimetre aralıklarına doğru logaritmik şekilde yükselişinde, benzer şekilde, geçen tanesal meteyal kütlesi %100 seviyesine varmakta ve bu aralıkta yer alan zeminler sıvılaşabilir olarak nitelendirilmektedir. Benzer değerlendirmeleri

Şekil 2.9’da üniformalık sayısı 6’dan büyük zeminlere yapılmaktadır. Şekil 2.8 ve 2.9’a aynı anda bakıldığında, üniformalık değeri 6’dan yüksek olan yerlerin üniformalık sayısı 6’dan az olan yerlere nazaran çok fazla sınırlanma potansiyeli vardır.

2.4.2. Laboratuvar deneyleri

Zeminlerin, deprem esnasında nasıl bir davranış sergileyeceği, bazı zemin parametreleri ve alınan numunelerin incelenmesi ile elde edilen değerlerin belirlenmesi gibi çalışmalar laboratuvar ortamlarında gerçekleştirilmektedir. Olası bir deprem esnasında yapılarda meydana gelecek hasarların büyük bir kısmı tabiki yerel zemin koşullarından kaynaklıdır. İşte bu yüzden yerel zemin koşulları laboratuvar ortamında incelenmektedir. Bu incelemeler ile deprem sonrasında statik dayanımlarının bulunması gerekir. Zeminlerin deprem sırasındaki ve deprem sonrasında deformasyonlarını laboratuvarsal deneyler ile ortaya koymak mümkündür.

Deneysel bulgulara düzeltme işlemlerinin yapılması:

a) Jeolojik gerilme düzeltmesi; SPTN, vuruş sayısı, deneyin yapıldığı zemindeki efektif gerilmeyle zeminin rölatif yoğunluğuna bağlıdır. Yoğunluk değeri aynı olan kum malzemesi, bulunduğu derinliklere göre, N değerleri verir bu değerler birbirinden farklıdır. Doğal olarak N değerlerinde düzeltmelere başvurulur. C_N düzeltme hesapları için kullanılan kat sayısıdır. N' terimi düzeltilmiş vuruş sayısıdır. Bağntı aşağıda mevcuttur.

$$N' = C_N * N \quad (1)$$

Seed ve Idriss (1971)’de (C_N) değerini aşağıdaki bağntı ile bulmuştur. Derinlik düzeltme katsayısıdır. σ_{vo}' ise efektif düşey gerilmedir ton/m² birimindedir

$$C_N = 0.85 \log (145/\sigma_{vo}')$$

b) SPT deneyinde vurma işlemi sırasında zemindeki mevcut suyun, vuruşun olduğu zaman zarfı içerisinde, uzaklaşması mümkün olmayacaktır. Buda boşluktaki suyun negatif basınç oluşturmaya sebep olacaktır. İşte bu nokta da veriler sağlıklı olmayacaktır. Bir

yeraltı suyu düzeltmesi yapılmalıdır bu düzeltme için aşağıdaki bağıntı kullanılır (Ulusay, 2001).

$$N'' = 15 + 0.5*(N-15) \quad (3)$$

Zeminin kaldırma kapasitesinin belirlenmesi:

Peck ve Ark., (1974)'de bulduğu bağıntı, kumlu zeminler içindir. Bu bağıntıda vuruş sayılarının düzeltilmesi sonucu bulunan en az SPT-N'' sayısı kullanılarak hesaplama yapılır. İlgili bağıntı aşağıdadır.

$$q_{net} = 0.11 * N'' * C_w \quad (4)$$

q_{net} birimi, kilogram / santimetre kare dir ve zeminin kaldırma kapasitesine temsil eder, $C_w=0.50$ bu ise su düzeltmesi diye tanımlanır (Ulusay, 2001)

2.4.3. Sıvılaşabilirliğin belirlenmesi

Seed ve Idriss (1971), Seed ve Ark. (1985) ve Youd ve Ark. (2001) yaptığı çalışmalarda elde ettikleri veriler ile birtakım yöntemler geliştirmişlerdir. Bizde bu yöntemlerin ışığında sıvılaşma potansiyelini belirleyeceğiz. İlk başta deprem esnasında zeminde oluşacak dinamik kayma gerilme oranları (DKGO) bir bağıntı ile bulunmaktadır bu bağıntı aşağıdadır.

$$DKGO = \left(\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} \right) = 0,65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) r_d \quad \text{Seed ve Idriss (1971)} \quad (5)$$

İlgili bağıntıdaki a_{max} , depremin zemin yüzeyinde meydana getirdiği en fazla yeryüzüne paralel yer ivmesi (TBDY 2018'den direk alınır), g (m/s^2) ise yerin oluşturduğu çekim ivmesi, τ_{av} ortalama çevrimsel kayma gerilmesi (zeminde sıvılaşmanın başlayabilmesi için gerekli periyodik sınır kayma gerilmesi) (t/m^2), değerlendirilen derinlikteki toplam düşey gerilme (zeminde oluşabilecek ortalama kayma gerilmesi) σ_{v0} (t/m^2), efektif düşey gerilme

(aynı zeminde belirli bir depremin meydana getireceği ortalama kayma gerilmesi) σ_{vo}' (t/m^2) ve efektif gerilme azaltma katsayısı r_d ' dir. Liao ve Whitman (1986) efektif gerilme azaltma katsayısını derinliğe bağlı olarak aşağıdaki şekilde açıklamışlardır.

$$r_d = 1.0 - 0.00765 \cdot h \quad (h \leq 9.15 \text{ m}) \quad (6)$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot h \quad (9.15 \text{ m} < h \leq 23.00 \text{ m}) \quad (7)$$

h metre biriminde derinliği ifade eder

Değerlendirilen yerdeki toplam düşey gerilme σ_{vo} bağıntı [8], efektif düşey gerilme σ_{vo}' ise bağıntı [9] elde edilmiştir.

$$\sigma_{vo} = \gamma \cdot h \quad (8)$$

$$U = \gamma_s \cdot h - (h - h_s) \cdot \gamma_s$$

$$\sigma_{vo}' = \sigma_{vo} - U = \gamma \cdot h - (h - h_s) \gamma_s \quad (9)$$

Burada;

γ - zeminin hacimsel kütlesi (ton/m^3)

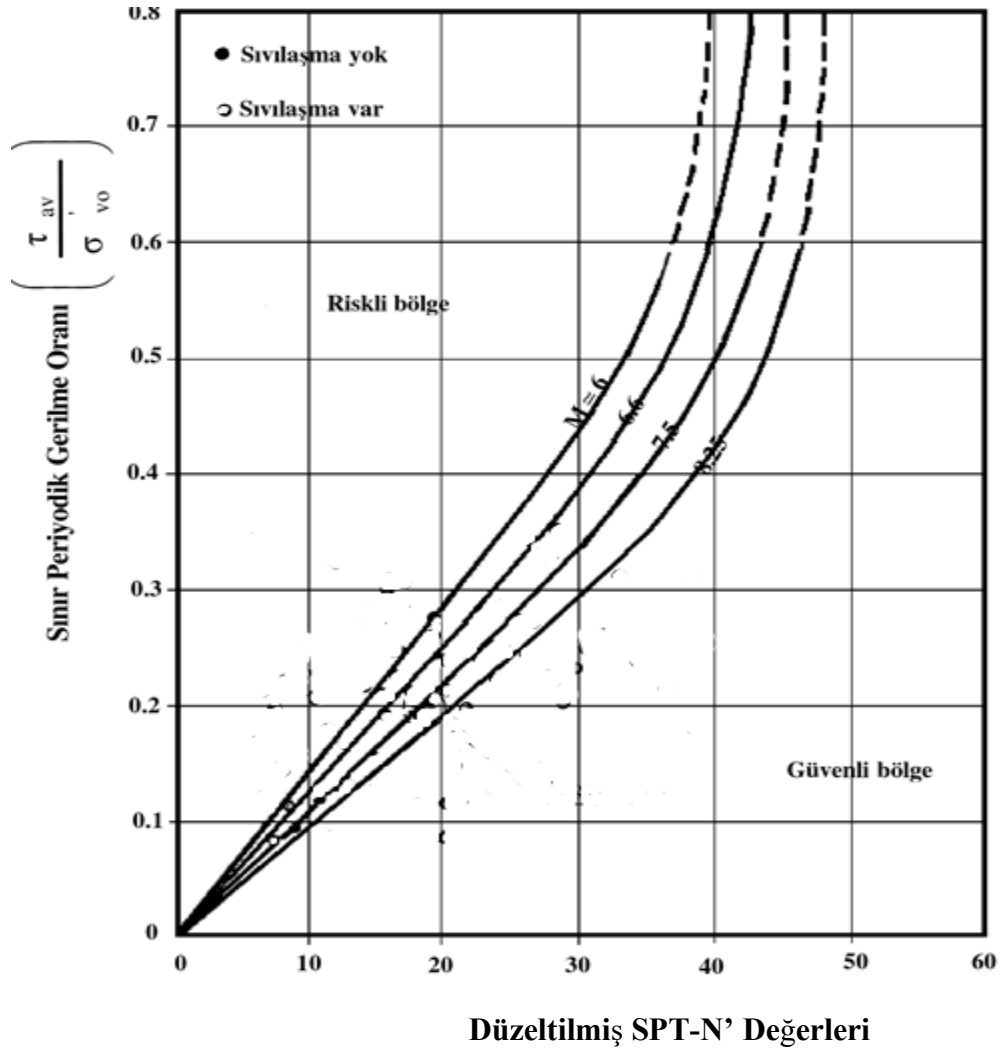
γ_s - suyun yoğunluğu (ton/m^3)

U – boşluk suyu basıncı (ton/m^2)

h – numune alınan derinlik, birimi metredir

h_s – yeraltısuyu seviyesi, m'dir.

Seed ve Idriss (1981)' de bir grafik belirlemiştir. Bu grafiksel şekil sıvılaşma mukavemetini değerlendirmeye yardımcı olmaktadır. Şekile baktığımızda büyüklükleri $m=6; 6,6; 7,5; 8,25$ olan depremlerden herhangi biri için, düzeltilmiş SPT N' verilerine göre dinamik kayma direnç oranı ($DKDO = (\tau_{av}/\sigma_{vo}')$) elde edildiğini görürüz. Eldeki bu sonuç ile de depremde oluşan dinamik kayma gerilme oranı ($DKGO$) karşılaştırılır ve sıvılaşabilirliğe karşı güvenlik faktörü (F) bulunur. Silt ve kum tabakaları için güvenlik faktörünün $F > 1$ sıvılaşma potansiyeli yoktur, $F \leq 1$ sıvılaşma potansiyeli vardır.



Şekil 2.10. Sınır periyodik gerilme oranları SPT-N değerleri ilişkisi (Seed ve Idriss 1981)

3. METERYAL VE METOT

3.1. Veriler

İnceleme alanı Hatay ili, İskenderun İlçesi, İskenderun Belediyesi ve Arsuz Belediyesi sınırları içerisinde, Çizelge 3.1’de verilerin toplandığı 4 ayrı lokasyona ait sondaj bilgileri verilmiştir. Lokasyonların konumları harita 3.1’de gösterilmiştir. Verilerin eldesi için zemin sondajı çalışması, Aguer ile yapılmış olup standart penetrasyon testi her 1,5 m de uygulanmıştır. Zemin etüt sondajında kullanılan tijler 54 mm BW tip, Samplerler yarıklı ikiye ayrılabilen tip, darbe filanşı, augerler 89 milimetre ve karotiyer NWG tip olmakla birlikte standartlar Amerikan standardıdır.

9 adet sondaj bilgileri ayrı ayrı yerlerden alınmıştır. Bu sondaj bilgilerinden elde edilen numuler labaratuvar ortamlarında incelenmiştir. İlgili sondaj bilgileri aşağıda çizelge 3.1’ de olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. ayrı ayrı mıntika ve sondaj bilgileri

AYRI AYRI MINTIKA VE LOKASYONLARA AİT SONDAJ BİLGİLERİ							
No	il / İlçe	Mıntika	Ada	Lokasyon (Parsel)	Lokasyon Alanı (m ²)	Sondaj Sayısı	Sondaj Derinliği(m)
1	Hatay/İskenderun	Konarlı	299/1	6	197	2	20
2	Hatay/İskenderun	Konarlı	911	13	477,53	2	20
3	Hatay/İskenderun	Konarlı	1144	55	465	3	25
4	Hatay/İskenderun	Konarlı	801	10	210	2	20
5	Hatay/İskenderun	Aşkarbeyli	-	3195	277,48	2	15
6	Hatay/Arsuz	Micana	-	5743	550	3	20
7	Hatay/İskenderun	Konarlı	830	20	221	2	20
8	Hatay/İskenderun	Aşkarbeyli	-	2761	419,98	2	15
9	Hatay/Arsuz	Micana	114	18	535,41	3	20



Harita 3.1. lokasyonların sıra no' ya göre Hatay/İskenderun ilçesi ve Arsuz ilçesi yerleri (Tapu Kadastro Genel Müd. Resmî Sitesi)

3.2. Sayısal Hesaplamalar

Depremlerin sebep olduğu sıvılaşma potansiyeli matematiksel yöntemler ile ortaya çıkarılmaktadır. İlgili potansiyelin ortaya çıkarılmasında 2 metot vardır (Çetin ve Unutmaz, 2004);

- 1) “Örselenmemiş” numunelerin laboratuvarda teste tabi tutulması.
- 2) Arazi çalışmaları ile test sonucu elde edilen veileri kullanarak bağıntıların oluşturulması ve kullanılmasıdır.

Örneklerin alımı esnasında oluşan kuvvetler nedeni ile boşluktaki suyun hareket etmesi sonucunda zarar görmüş örneklerin laboratuvarda teste tabi tutulması pek kolay değildir. Tekrarlı basit kayma ve üç eksenli dinamik testlerin ekonmik olmayışı ve projelerde uygulanması kısıtlı olduğundan başvurulanan test yöntemi değildir (Çetin ve Unutmaz, 2004).

Genelde arazide yapılmış deneyler yağın olarak kullanılmaktadır. NCEER (1997), dört çeşit arazi deneyini kullanabileceğimizi belirtmiştir. Bu deneyler ile sıvılaşma potansiyeli belirlenmektedir.

- 1) Standart Penetrasyon Deneyi (SPT),
- 2) Konik Penetrasyon Deneyi (CPT),
- 3) Arazi Kayma Dalga Hızının Ölçülmesi (V_s)
- 4) Becker Penetrasyon Deneyi'dir.

1 numaradaki SPT deneyi en çok ve uzun zamandır kullanılan bir deneydir. Bu deneyden elde edilen değerler çeşitli bağıntılar yardımı ile matematiksel hesaplarda kullanılmaktadır.

3.2.1. Sondaj araştırmaları, arazi deneyleri ve laboratuvar deneyleri

Harita 3.1.'de sıra no 1 ve 2 ve 4 ve 7 de yapılan sondajlarda, derine doğru zemindeki değişimi görebilmek için 2 adet 20 metre olmak üzere toplam 40 metre zemin sondajları yapılmıştır. Bu sondajlarda yüzey baz alınarak yerin altına doğru; 0-0,50 metre dolgu, 0,50-8,00 metre ince çakıllı siltli kum (çakıllar yuvarlak ve oval formda 30 – 70 mm. boyutta, deniz çakılı özellikte ve ultrabazik kökenlidirler.), 8,00-20,00 m siltli kum Seviyeleri geçilmiştir. Yapılan diğer sondajlarda da aynı benzer bilgilere ulaşılmıştır. Bu durum arazide yataylamasına değişikliklerin olmadığını göstermektedir.

Harita 3.1.'de 3 nolu mınıtkada kuvarterner yaşlı alüvyonal oluşumlar görülmüştür. Görülen alüvyonların, yerin altına doğru kesitsel detayı için, 3 tane 25'er metre derinliklerinde zemin sondajları çalışılmıştır. Bu çalışmada yeryüzünden dip istikametinde: 0-1,00 m nebati toprak, 1,00-4,00 m kumlu silt, 4,00-25,00 m siltli kil-killi siltli kum seviyeler gözlemlenmiş, gözlemlene sonucunda sel çökellerinin olduğu kanısına varılmıştır. 1,00 m' den itibaren yer alan Kumlu Silt ve bunun devamındaki Siltli Kil, civarda daha yüksek kotlarda yer alan Pliyo-Kuvarterner yaşlı çakıl taşları ile Miyosen yaşlı Kilitaşı Silttaşı-Kumtaşından oluşmuş birimlerin; aşınma, ayrışma, taşınma ve çökme ürünü olarak değerlendirilmiştir.

5 nolu lokasyonda yüzeyden derine doğru: 0-0,50 m bitkisel toprak, 0,50-15,00 m az killi siltli kumlu çakıl (blok boyutlu) belirlenmiştir. Zemin sınıflama sistemine göre iri taneli zeminler grubuna girmektedir. Tane çapı dağılımına göre SM yani kumlu silt olarak tanımlanmıştır. 15 Metre derinlikte 2 adet sondaj kuyusu açılmıştır.

6 nolu lokasyonda yüzeyden derine doğru: 0-0,60 m bitkisel toprak, 0,60-2,00 m siltli kahve renkli kum, 2,00-20,00 m siltli çakıllı kum seviyeleri geçilmiştir. Toplamda 3 adet 20 metre derinlikte sondajlar açılmıştır.

8 nolu noktada yüzeyden derine doğru: 0-0,50 m bitkisel toprak, 0,50-15,00 m siltli kumlu çakıl, seviyeleri geçilmiştir. Toplamda 2 adet 15' er metre sondaj açılmıştır.

9 noktada yüzeyden derine doğru: 0-1,00 m bitkisel toprak, 1,00-6,00 m çakıllı siltli kumlar, 6,00-20,00 m kumlu killi yer almaktadır. Toplamda 3 adet 20 şer metre sondaj yapılmıştır.

Mıntıkalarındaki sondaj yapılan mevkilerde, yerinde dayanımsal parametreler, sondaj kuyuları sayesinde Standart Penetrasyon Deneyi ile belirlenmiştir. Tüm lokasyonlarda 1,5 metrede bir SPT deneyi yapılmıştır.

Bu deney, dinamik bir yerinde kesme deneyi olan SPT tespit sırasında penetrometre denilen çelikten yapılmış bir uç 63,5 kg' lık bir şahmerdan 76 cm mesafeden serbestçe düşürülerek çakılmaktadır. Uçun zemine ilk, ikinci ve üçüncü 15cm (6inç) penetrasyonu için gerekli darbe sayılarından son ikisinin toplamı SPT-N sayısı olarak isimlendirilmektedir. Zeminin sıkılık veya kıvamı ile ve dayanım parametreleri ile de direkt anlamlı bir ilişkileri vardır. Bu değerlere, taşıma gücü ve oturma hesaplarında kullanılabilmeleri için iki ayrı düzeltme faktörü uygulanır.

- 1- Deneyin yapıldığı derinliğe bağlı olan derinlik düzeltmesi
- 2- Suyu doymuş incemsi kum ve siltli zeminlerde yapılan boşluktaki su basıncının tesirini elimine eden yeraltı suyu düzeltmesi

Lokasyonlardan alınan doğallığı bir noktada örselenerek bozulmuş numunelerin birleştirilmiş zemin sınıflandırması ile sınıflama işlemi için; eleksel analiz testi, kıvam limitleri ve doğal su miktarı testleri uygulanmıştır. Örneklerin gevşek olması, kum barındırması durumlarından dolayı birim hacim ağırlık deneyi ve üç eksenli basınç deneyi gerçekleştirilememiştir. SPT-N sonuçlarına göre gerekli hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.2 numunelerin elek analizi sonuçlarını vermektedir. 10 nolu eleğin 2 mm göç açıklığı olduğu, kumların ise 0,075-2 mm arasındaki malzeme olduğu ve atterberg limitlerinin ise 200 nolu yani 0,075 mm açıklıklı elekten geçen malzeme ile belirlendiği kesinlikle unutulmamalıdır. Ayrıca zemin tipinde S, kum; M, silt; G, çakıl; C, kil demektir. 1 ile 7 nolu analizler için zemin tipi SM verirken 8 ve 9 nolu analizler için zemin tipi GM vermiştir (çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Arazi den alınan numunelerin deney sonuçları ve çeşitli parametreler

NO:1 ELEK NUMUNE LABARATUAR SONUÇLARI (LOKASYON 6)									
Sondaj kuyusu ve deney no'su	Derinlik	Doğal birim hacim ağırlığı	Su İçeriği	10 Nolu elekten geçen	200 nolu elekten geçen	Atterberg limitleri			Zemin Tipi
	(m)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	LL	PL	PI	
SK-1 D1	1,5	1,816	27,1	87,59	25,36		NP		SM
SK-1 D2	3		23,4	84,2	18,59		NP		SM
SK-1 D3	4,5		28,6	81,87	15,08		NP		SM
SK-1 D4	6		26	86,75	21,58		NP		SM
SK-2 D1	1,5		27,3	82,81	17,64		NP		SM
SK-2 D2	6		25,5	86,69	23,61		NP		SM
SK-2 D3	9		24,7	86,39	16,1		NP		SM
SK-2 D4	18		28,2	83,36	20,49		NP		SM

Çizelge 3.2. Arazi den alınan numunelerin deney sonuçları ve çeşitli parametreler devam

NO:3 ELEK NUMUNE LABARATUAR SONUÇLARI (LOKASYON 55)									
Sondaj kuyusu ve deney no'su	Derinlik	Doğal birim hacim ağırlığı	Su İçeriği	10 Nolu elekten geçen	200 nolu elekten geçen	Atterberg limitleri			Zemin Tipi
	(m)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	LL	PL	PI	
SK-1	1,5	1,55	27,3	85,26	19,45		NP		SM
SK-2	3		25,7	82,72	15,31		NP		SM
SK-3	4,5		24,4	84,07	21,42		NP		SM
NO:2 ELEK NUMUNE LABARATUAR SONUÇLARI (LOKASYON 13)									
Sondaj kuyusu ve deney no'su	Derinlik	Doğal birim hacim ağırlığı	Su İçeriği	10 Nolu elekten geçen	200 nolu elekten geçen	Atterberg limitleri			Zemin Tipi
	(m)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	LL	PL	PI	
SK-1 D1	1,5	1,824	25,9	83,97	15,41		NP		SM
SK-1 D2	3		27,4	86,5	21,77		NP		SM
SK-1 D3	4,5		24,8	88,1	23,52		NP		SM
SK-1 D4	6		28	81,7	18,84		NP		SM
SK-2 D1	1,5		23,5	84,88	20,46		NP		SM
SK-2 D2	6		26,4	87,4	17,01		NP		SM
SK-2 D3	9		23,9	84,09	24,03		NP		SM
SK-2 D4	15		28,9	85,21	19,9		NP		SM
NO:4 ELEK NUMUNE LABARATUAR SONUÇLARI (LOKASYON 10)									
Sondaj kuyusu ve deney no'su	Derinlik	Doğal birim hacim ağırlığı	Su İçeriği	10 Nolu elekten geçen	200 nolu elekten geçen	Atterberg limitleri			Zemin Tipi
	(m)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	LL	PL	PI	
SK-1 D1	1,5	1,811	23,5	82,05	18,77		NP		SM
SK-1 D2	3		26,6	85,62	20,75		NP		SM
SK-1 D3	4,5		24,9	88,34	23,95		NP		SM
SK-1 D4	6		28,7	83,36	21,22		NP		SM
SK-2 D1	1,5		25,8	84,47	17,62		NP		SM
SK-2 D2	6		27	90,35	24,05		NP		SM
SK-2 D3	9		223,8	86,52	23,01		NP		SM
SK-2 D4	15		26,1	83,79	15,53		NP		SM

Çizelge 3.2. Arazi den alınan numunelerin deney sonuçları ve çeşitli parametreler devam

NO:5 ELEK NUMUNE LABARATUAR SONUÇLARI (LOKASYON 3195)									
Sondaj kuyusu ve deney no'su	Derinlik	Doğal birim hacim ağırlığı	Su İçeriği	10 Nolu elekten geçen	200 nolu elekten geçen	Atterberg limitleri			Zemin Tipi
	(m)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	LL	PL	PI	
SK-1 D1	3	1,8	15,1	43,59	15,08		NP		SM
SK-1 D2	4,5		14,7	46,42	24,56		NP		SM
SK-1 D3	6		13,1	40,41	16,41		NP		SM
SK-1 D4	7,5		12,3	45,28	21,58		NP		SM
SK-2 D1	3		18	40	19,24		NP		SM
SK-2 D2	4,5		16,1	50,1	17,58		NP		SM
SK-2 D3	6		17,5	48,58	22,24		NP		SM
SK-2 D4	7,5		16,2	49,37	23,25		NP		SM
NO:6 ELEK NUMUNE LABARATUAR SONUÇLARI (LOKASYON 5743)									
Sondaj kuyusu ve deney no'su	Derinlik	Doğal birim hacim ağırlığı	Su İçeriği	10 Nolu elekten geçen	200 nolu elekten geçen	Atterberg limitleri			Zemin Tipi
	(m)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	LL	PL	PI	
SK-1	3	1,8	25,3	87,72	23,58		NP		SM
SK-2	4,5		23,8	82,45	22,49		NP		SM
SK-3	6		27,2	90,48	18,11		NP		SM
NO:7 ELEK NUMUNE LABARATUAR SONUÇLARI (LOKASYON 20)									
Sondaj kuyusu ve deney no'su	Derinlik	Doğal birim hacim ağırlığı	Su İçeriği	10 Nolu elekten geçen	200 nolu elekten geçen	Atterberg limitleri			Zemin Tipi
	(m)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	LL	PL	PI	
SK-1 D1	1,5	1,8	23,7	85,16	19,59		NP		SM
SK-1 D2	3		26,4	87,57	22,03		NP		SM
SK-1 D3	4,5		27,1	53,48	20,23		NP		SM
SK-1 D4	6		25,3	89,54	18,48		NP		SM
SK-2 D1	1,5		28,9	88,98	24,6		NP		SM
SK-2 D2	6		24,2	81,78	16,87		NP		SM
SK-2 D3	9		26,6	80,55	21,76		NP		SM
SK-2 D4	18		27,8	86,66	17,14		NP		SM

Çizelge 3.2. Arazi den alınan numunelerin deney sonuçları ve çeşitli parametreler devam

NO:8 ELEK NUMUNE LABARATUAR SONUÇLARI (LOKASYON 2761)									
Sondaj kuyusu ve deney no'su	Derinlik	Doğal birim hacim ağırlığı	Su İçeriği	10 Nolu elekten geçen	200 nolu elekten geçen	Atterberg limitleri			Zemin Tipi
	(m)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	LL	PL	PI	
SK-1 D1	1,5	1,5	23,7	44,53	20,04		NP		GM
SK-1 D2	3		26,4	48,69	24,56		NP		GM
SK-1 D3	4,5		27,1	41,89	17,61		NP		GM
SK-1 D4	6		25,3	46,49	19,38		NP		GM
SK-2 D1	1,5		28,9	43,37	16,69		NP		GM
SK-2 D2	6		24,2	49,74	23,61		NP		GM
SK-2 D3	9		26,6	40,16	15,67		NP		GM
SK-2 D4	12		27,8	45,66	22,18		NP		GM
NO:9 ELEK NUMUNE LABARATUAR SONUÇLARI (LOKASYON 18)									
Sondaj kuyusu ve deney no'su	Derinlik	Doğal birim hacim ağırlığı	Su İçeriği	10 Nolu elekten geçen	200 nolu elekten geçen	Atterberg limitleri			Zemin Tipi
	(m)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	LL	PL	PI	
SK-1	1,5	1,74	14,4	41,2	16,35		NP		GM
SK-2	3		16,9	49,33	25,42		NP		GM
SK-3	4,5		13,8	43,64	21,75		NP		GM

Çizelge 3.3. İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:3 deki lokasyonda yapılan sondaj derinlik tablosu

SONDOAJ LOGU PARSEL 55																
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					Muh. Borusu	SPT			Prestionelre Deney Seviyeleri Vane Deneyi	Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (m)
						Darbe Sayısı										
						15	30	45								
1,5		1		SPT		2	6	6							0,00-1,00 m Nebati Toprak	
						5	7	7							1,00-4,00 m Kumlu Silt	
3.0		2		SPT		4	6	9								
						4	5	6							4,00-25,00 m Siltli Kil-Killi Silt kum	
4,5		3		SPT		7	8	8								
						3	5	6								
6,0		4		SPT												
7,5		5		SPT		6	7	8								
9,0																
12,0		6		SPT		2	4	7								
15,0																
20,0																
25,0																
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT										KAYA NİTELİĞİ		AYRIŞMA		ÇATLAK SIKLIĞI		
İnce Taneli (Kohezyonlu)					İri Taneli (Kohezyonlu)					RQD (%)		DERECESİ (W)		(1 M)		
N: 0-2 Çok Yumuşak										0-25 Çok Zayıf		W1 Taze(Ayrışmamış)		< 1 Masif		
N:3-4 Yumuşak					N:0-4 Çok Gevşek					25-50 Zayıf		W2 Az Ayrışmış		1-3 Az Çatlaklı Kırıktı		
N:5-8 Orta Katı					N:5-10 Gevşek					50-75 Orta		W3 Orta Derecede Ay		3-10 Kırıktı		
N:9-13 Katı					N:11-30 Orta					75-90 İyi		W4 Ayrışmış		10-50 Çok Çatlaklı		
N:14-30 Çok Katı					N:31-50 Çok Sıkı					90-100 Çok İyi		W5 Tamamen Ayr.		>50 Parçalanmış		
N:>30 Sert					N:>50 Çok Sıkı											

Çizelge 3.5. İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:5 deki lokasyonda yapılan sondaj derinlik tablosu

SONDAJ LOGU PARSEL 3195																
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					Muh. Borusu	P			Presiometre Deney Seviyeleri	Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %			Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (m)
						15	30	45								
		1	1,5	SPT												
3,0		2	3	SPT		9	10	10								
4,5		3	4,5	SPT		10	11	14								
6,0		4	6,0	SPT		15	15	17								
7,5		5	7,5	SPT		18	18	22								
9,0		6	9	SPT												
10,5		7	10,5	SPT												
12		8	12	SPT												
13,5		9	13,5	SPT												
15,0		10	15,0	SPT												
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT										KAYA NİTELİĞİ		AYRIŞMA		ÇATLAK SIKLIĞI		
İnce Taneli (Kohezyonlu)				İri Taneli (Kohezyonlu)				RQD (%)		DERECESİ (W)		(1 M)				
N: 0-2 Çok Yumuşak																
N:3-4 Yumuşak				N:0-4 Çok Gevşek				0-25 Çok Zayıf		W1 Taze(Ayrışmamış)		<1 Masif				
N:5-8 Orta Katı				N:5-10 Gevşek				25-50 Zayıf		W2 Az Ayrışmış		1-3 Az Çatlaklı Kırılgı				
N:9-13 Katı				N:11-30 Orta				50-75 Orta		W3 Orta Derecede Ayr.		3-10 Kırılgı				

Çizelge 3.7. İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:9 deki lokasyonda yapılan sondaj derinlik tablosu

SONDAJ LOGU PARSEL 18															
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması	
					Muh. Bonusu	SPT			Presiyometre Deney Seviyeleri Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi			Çatlak Sıklığı (m)
						Darbe Sayısı									
							15	30							
		1	1,5	SPT		4	6	12						0,0-1 M BİTKİSEL TOPRAK	
3,0		2	3	SPT		5	7	12						1,0-6,0M ÇAKILLI SİLTİLİ KUMLAR	
4,5		3	4,5	SPT		5	9	9							
6,0		4	6,0	SPT		6	9	12							
7,5		5	7,5	SPT		5	8	13						6,0-20M KUMLU KİLLER	
9,0		6	9	SPT		7	10	14							
10,5															
12,0		7		SPT											
20,0		8		SPT											
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT									KAYA NİTELİĞİ		AYRIŞMA DERECESESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (1 M)		
İnce Taneli (Kohezyonlu)				İri Taneli (Kohezyonlu)				RQD (%)							
N: 0-2 Çok Yumuşak				N: 0-4 Çok Gevşek				0-25 Çok Zayıf		W1 Taze(Ayrışmamış)		< 1 Masif			
N: 3-4 Yumuşak				N: 5-10 Gevşek				25-50 Zayıf		W2 Az Ayrışmış		1-3 Az Çatlaklı Kırıklı			
N: 5-8 Orta Katı				N: 11-30 Orta				50-75 Orta		W3 Orta Derecede Ay		3-10 Kırıklı			
N: 9-13 Katı				N: 31-50 Çok Sıkı				75-90 İyi		W4 Ayrışmış		10-50 Çok Çatlaklı			
N: 14-30 Çok Katı				N: >50 Çok Sıkı				90-100 Çok İyi		W5 Tamamen Ayr.		>50 Parçalanmış			
N: >30 Sert															

Çizelge 3.8. İlgili çizelgede (çizelge 3.1.) no:8 deki lokasyonda yapılan sondaj derinlik tablosu

SONDAJ LOGU PARSEL 2761																
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					Muh. Bonusu	SPT			Prestimetre Deney Seviyeleri Vane Deneyi Seviyeleri	Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi			Çatlak Sıklığı (m)	
						Darbe Sayısı										
						15	30	45								
		1	1,5	SPT		13	10	20							0,00-0,5M NEBATI TOPRAK	
3,0		2	3	SPT		40	40	25							0,5-15M Siltli KumLU ÇAKIL	
4,5		3	4,5	SPT		36	25	12								
6,0		4	6,0	SPT		39	17	12								
7,5		5	7,5	SPT		42	50	5								
9,0		6	9	SPT		35	45	10								
10,5																
12,0		7	12	SPT		45	8	5								
15,0		8	15	SPT		26	50	50								
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT					KAYA NİTELİĞİ				AYRIŞMA				ÇATLAK SIKLIĞI			
İnce Taneli (Kohezyonlu)					İri Taneli (Kohezyonlu)				RQD (%)				DERECESİ (W)		(1 M)	
N: 0-2 Çok Yumuşak																
N:3-4 Yumuşak					N:0-4 Çok Gevşek				0-25 Çok Zayıf				W1 Taze(Ayrışmamış)		<1 Masif	
N:5-8 Orta Katı					N:5-10 Gevşek				25-50 Zayıf				W2 Az Ayrışmış		1-3 Az Çatlaklı Kırıklı	
N:9-13 Katı					N:11-30 Orta				50-75 Orta				W3 Orta Derecede Ayr.		3-10 Kırıklı	
N:14-30 Çok Katı					N:31-50 Çok Sıkı				75-90 İyi				W4 Ayrışmış		10-50 Çok Çatlaklı	
N:>30 Sert					N:>50 Çok Sıkı				90-100 Çok İyi				W5 Tamamen Ayr.		>50 Parçalanmış	

3.2.2. Deney sonuçlarına ilişkin düzeltmeler ve taşıma gücünün hesaplanması

Arazide uygulanan SPT deneyi sonucu elde edilen veriler laboratuvar ortamında değerlendirilerek eşitlik numaraları sırası ile 1., 2., 3., 4., 6., 7., 8., 9.' daki eşitlikler (Bölüm 2) kullanılarak zemine ait parametreler hesaplanmıştır (çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. SPT deney sonuçları

ÇİZELGE 3.1' DEN NO 1, LOKASYON NO 6 YERALTI SU SEVİYESİ 1,5 METRE,								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	Derinlik (h, m)	Düşey gerilme (ton/m ²)	Efektif düşey gerilme (ton/m ²)	Düzeltilme katsayısı CN	SPT-N'	SPT-N''	Q _{emn} (ton/m ²)
SK1,D1	16	1,5	2,55	2,55	1,49	23,87	15,5	0,85
SK1,D2	17	3	5,25	3,75	1,35	22,94	16	0,88
SK1,D3	15	4,5	7,95	4,95	1,25	18,7	15	0,83
SK1,D4	12	6	10,65	6,15	1,17	14	13,5	0,74
SK2,D1	15	1,5	2,55	2,55	1,49	22,37	15	0,83
SK2,D2	16	6	10,65	6,15	1,17	18,67	15,5	0,85
SK2,D3	14	9	16,05	8,55	1,04	14,63	14,5	0,8
SK2,D4	12	18	32,25	15,75	0,82	9,83	13,5	0,74
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 3, LOKASYON NO 55 YERALTI SU SEVİYESİ 1,5 METRE,								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	Derinlik (h, m)	Düşey gerilme (ton/m ²)	Efektif düşey gerilme (ton/m ²)	Düzeltilme katsayısı CN	SPT-N'	SPT-N''	Q _{emn} (ton/m ²)
SK1	12	1,5	2,3	2,3	1,53	18,36	13,5	0,74
SK2	13	3	4,625	3,125	1,42	18,42	14	0,77
SK3	14	4,5	6,95	3,95	1,33	18,62	14,5	0,8
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 2, LOKASYON NO 13 YERALTI SU SEVİYESİ 1,5 METRE,								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	Derinlik (h, m)	Düşey gerilme (ton/m ²)	Efektif düşey gerilme (ton/m ²)	Düzeltilme katsayısı CN	SPT-N'	SPT-N''	Q _{emn} (ton/m ²)
SK1,D1	10	1,5	2,55	2,55	1,49	14,92	12,5	0,69
SK1,D2	14	3	5,25	3,75	1,35	18,89	14,5	0,8
SK1,D3	14	4,5	7,95	4,95	1,25	17,45	14,5	0,8
SK1,D4	12	6	10,65	6,15	1,17	14	13,5	0,74
SK2,D1	15	1,5	2,55	2,55	1,49	22,37	15	0,83
SK2,D2	12	6	10,65	6,15	1,17	14	13,5	0,74
SK2,D3	15	9	16,05	8,55	1,04	15,67	15	0,83
SK2,D4	13	15	26,85	13,35	0,88	11,45	14	0,77

Çizelge 3.9. SPT deney sonuçları devam

ÇİZELGE 3.1' DEN NO 4, LOKASYON NO 10 YERALTI SU SEVİYESİ 1,5 METRE,								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	Derinlik (h, m)	Düşey gerilme (ton/m ²)	Efektif düşey gerilme (ton/m ²)	Düzeltilme katsayısı CN	SPT-N'	SPT-N''	Qemn (ton/m ²)
SK1,D1	14	1,5	2,56	2,56	1,49	20,86	14,5	0,8
SK1,D2	14	3	5,275	3,775	1,35	18,85	14,5	0,8
SK1,D3	13	4,5	7,99	4,99	1,24	16,17	14	0,77
SK1,D4	12	6	10,705	6,205	1,16	13,96	13,5	0,74
SK2,D1	15	1,5	2,56	2,56	1,49	22,35	15	0,83
SK2,D2	16	6	10,705	6,205	1,16	18,61	15,5	0,85
SK2,D3	17	9	16,135	8,635	1,04	17,7	16	0,88
SK2,D4	16	15	26,995	13,495	0,88	14,02	15,5	0,85
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 5, LOKASYON NO 3195 YERALTI SU SEVİYESİ 0 METRE								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	Derinlik, m	düşey gerilme	Efektif düşey gerilme ton/m ²	Düzeltilme katsayısı CN	SPT-N'	SPT-N''	Qemn ton/m ²
SK1,D1	20	3	5,3	5,3	1,221528 3	24,43	17,5	0,96
SK1,D2	25	4,5	8	8	1,069536 3	26,74	20	1,1
SK1,D3	32	6	10,7	10,7	0,962186 6	30,79	23,5	1,29
SK1,D4	40	7,5	13,4	13,4	0,879123 7	35,16	27,5	1,51
SK2,D1	22	3	5,3	5,3	1,221528 3	26,87	18,5	1,02
SK2,D2	26	4,5	8	8	1,069536 3	27,81	20,5	1,13
SK2,D3	35	6	10,7	10,7	0,962186 6	33,68	25	1,38
SK2,D4	44	7,5	13,4	13,4	0,879123 7	38,68	29,5	1,62
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 6, LOKASYON NO 5743 YERALTI SU SEVİYESİ 2 METRE,								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	Derinlik (h, m)	Düşey gerilme (ton/m ²)	Efektif düşey gerilme (ton/m ²)	Düzeltilme katsayısı CN	SPT-N'	SPT-N''	Qemn (ton/m ²)
SK1	14	3	5,28	4,28	1,3	18,21	14,5	0,8
SK2	17	4,5	7,98	5,48	1,21	20,56	16	0,88
SK3	17	6	10,68	6,68	1,14	19,31	16	0,88

Çizelge 3.9. SPT deney sonuçları devam

ÇİZELGE 3.1' DEN NO 7, LOKASYON NO 20 YERALTI SU SEVİYESİ 1,5 METRE,								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	Derinlik (h, m)	Düşey gerilme (ton/m ²)	Efektif düşey gerilme (ton/m ²)	Düzeltilme katsayısı CN	SPT-N'	SPT-N''	Q _{emn} (ton/m ²)
SK1,D1	14	1,5	2,55	2,55	1,49	20,88	14,5	0,8
SK1,D2	20	3	5,25	3,75	1,35	26,98	17,5	0,96
SK1,D3	17	4,5	7,95	4,95	1,25	21,19	16	0,88
SK1,D4	10	6	10,65	6,15	1,17	11,67	12,5	0,69
SK2,D1	15	1,5	2,55	2,55	1,49	22,37	15	0,83
SK2,D2	14	6	10,65	6,15	1,17	16,33	14,5	0,8
SK2,D3	17	9	16,05	8,55	1,04	17,76	16	0,88
SK2,D4	12	18	32,25	15,75	0,82	9,83	13,5	0,74
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 8, LOKASYON NO 2761 YERALTI SU SEVİYESİ YOK								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	Derinlik (h, m)	Düşey gerilme (ton/m ²)	Efektif düşey gerilme (ton/m ²)	Düzeltilme katsayısı CN	SPT-N'	SPT-N''	Q _{emn} (ton/m ²)
SK1,D1	100	1,5	2,55	2,55	1,49	149,16	57,5	3,16
SK1,D2	55	3	5,25	5,25	1,23	67,38	35	1,93
SK1,D3	37	4,5	7,95	7,95	1,07	39,66	26	1,43
SK1,D4	100	6	10,65	10,65	0,96	96,39	57,5	3,16
SK2,D1	30	1,5	2,55	2,55	1,49	44,75	22,5	1,24
SK2,D2	32	6	10,65	10,65	0,96	30,85	23,5	1,29
SK2,D3	55	9	16,05	16,05	0,81	44,69	35	1,93
SK2,D4	15	12	21,45	21,45	0,71	10,58	15	0,83
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 9, LOKASYON NO 18 YERALTI SU SEVİYESİ 2 METRE,								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	Derinlik (h, m)	Düşey gerilme (ton/m ²)	Efektif düşey gerilme (ton/m ²)	Düzeltilme katsayısı CN	SPT-N'	SPT-N''	Q _{emn} (ton/m ²)
SK1	19	1,5	2,37	2,87	1,45	27,51	17	0,94
SK2	20	3	4,98	3,98	1,33	26,55	17,5	0,96
SK3	19	4,5	7,59	5,09	1,24	23,49	17	0,94

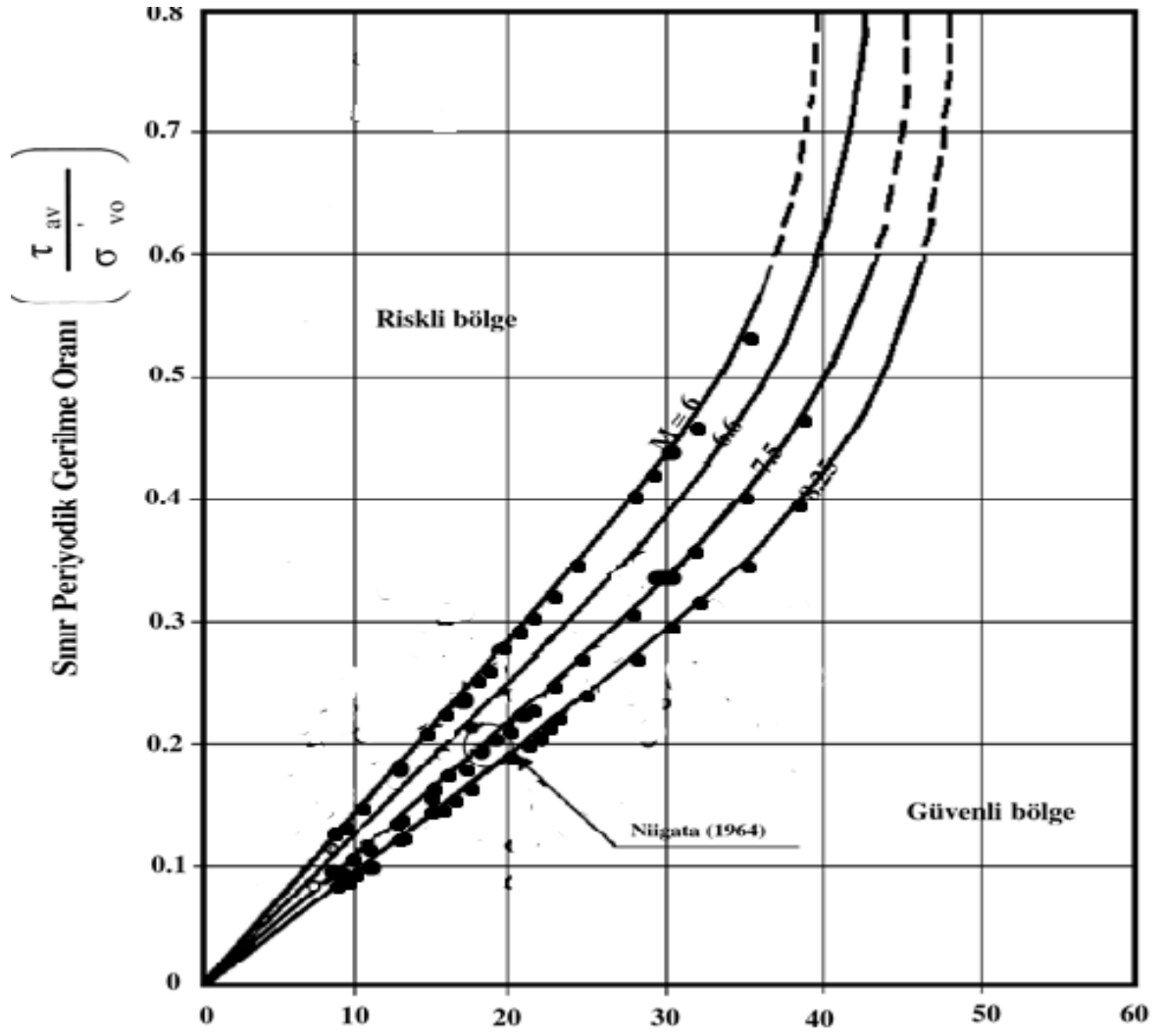
3.2.3. Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi

Sıvılaşma riskinin ortaya konulmasında birçok araştırmacının geliştirdiği metotlar olmasına rağmen, ençok Seed ve Idriss (1971) tarafından önerilen eşitlik (5 nolu eşitlik) ve eğriler (şekil 3.1) kullanılarak sıvılaşma faktörü hesaplanmıştır (çizelge 3.10). a_{max} 1. Derece deprem bölgesine ait etkin yer ivme kat sayısıdır ($0.4=a_{max}$ DEPREM YÖNETMELİĞİ). Ayrıca Sınır Periyodik Gerilme Oranı yani Dinamik Kayma Direnç Oranı diğer bir deyişle Çevrimsel Direnç Oranı aşağıdaki Şekil 3.2.'den, $m=6$ ve $7,5$ depremler için bulunmuş olup, alınan bu değer sonucunda F sıvılaşma güvenlik kat sayısı elde edilmiştir. F sıvılaşma güvenlik kat sayısı eğer 1 den küçük ise sıvılaşma olduğu, 1'den büyük ise olmadığı görüşü hakimdir. Bu görüşün ışığında ve matematiksel denklemlerin sonucunda, aşağıdaki çizelge 3.8 oluşturulmuştur.

$$DKGO = \left(\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} \right) = 0,65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \text{rd} \quad \text{Seed ve Idriss (1971)} \quad [5]$$

$$F = \frac{DKDO}{DKGO} = \frac{\text{dinamik kayma direnç oranı,}}{\text{sınır periyodik gerilme oranı}} \div \frac{\text{dinamik kayma gerilme oranı}}$$

Bu çizelgede $m=6$ ve üzeri deprem durumu incelenmiştir. Şekil 3.3 ten bakılarak $M=6$ ve $7,5$ ' e karşılık gelen, sınır periyodik gerilme oranı (DKDO) belirlenmiştir. Eşitlikler yardımıyla, dinamik kayma gerilme oranı (DKGO), belirlenmiş olup F değeri hesaplanmıştır. F değerine bağlı olarak sıvılaşma potansiyeli belirlenmiştir. Bu hesaplamalar çizelge 3.8' de toparlanmıştır. Burda bir noktaya da değinmek gerekir. $M=6$ ve $7,5$ 'e göre depremde elde edilen dinamik kayma direnç oranı (DKDO) düşünüldüğünde (bu değer sabittir.), şekil 3.2' ye bakarsak, sıvılaşma durumu; artan silt içeriğine göre ilk %10 luk kısımda (DKGO' nun azaldığı) azalacağı, ancak sonraki kısımlarda (DKGO' nun arttığı) sıvılaşma durumunun artacağı, F güvenlik katasayısı eşitliğinden görülmektedir.



Düzeltilmiş SPT-N' Değerleri

Şekil 3.1. düzeltilmiş SPTN değerlerine göre, $M \geq 6$ ve 7,5 ve 8,25 için Dinamik Kayma Direnç Oranını değerlerinin belirlenmesi Seed ve İdris (1981)

Çizelge 3.10. deney numunelerine göre sıvılaşma analizleri

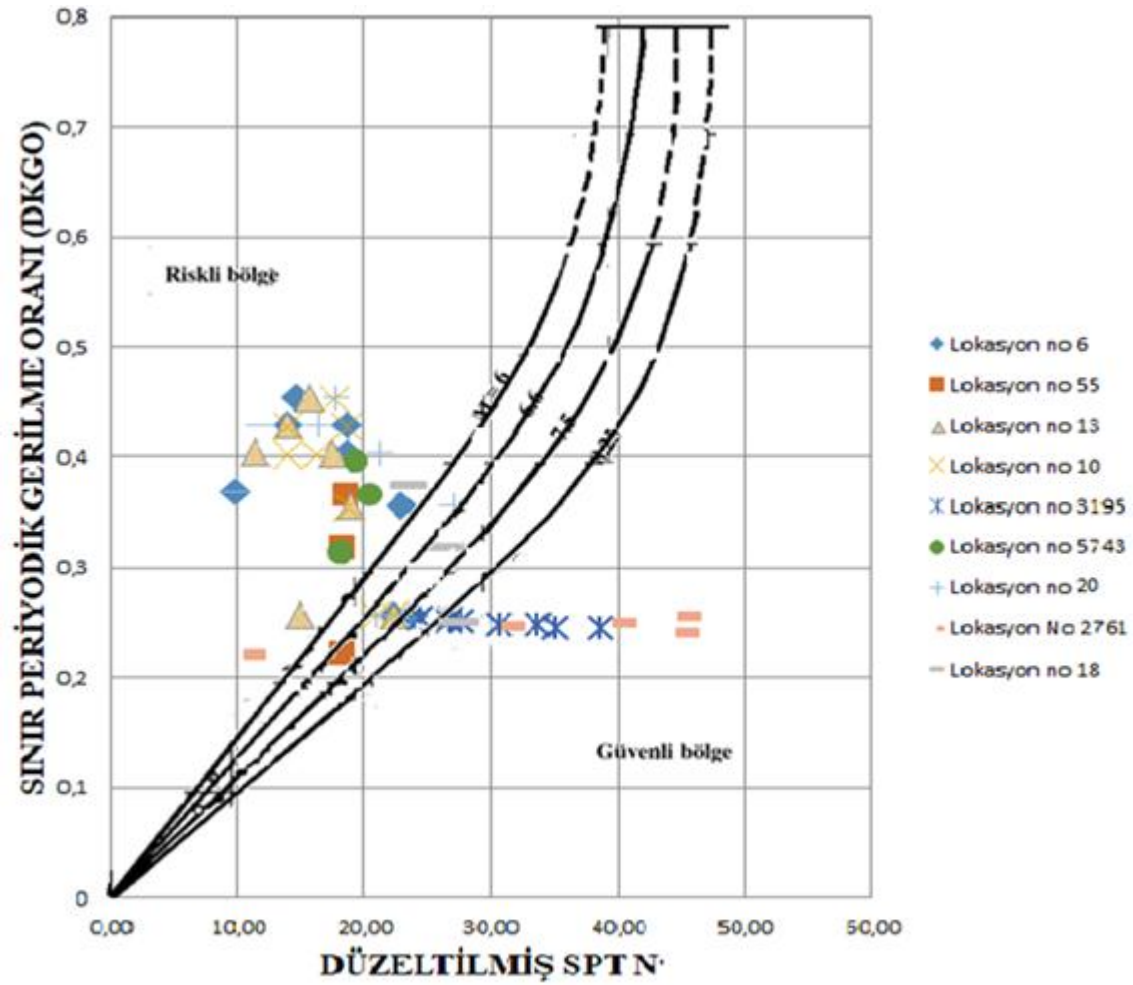
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 1, LOKASYON NO 6								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	efektif gerilme azaltma katsayısı r_d	a_{max}	DKGO	DKDO, $m=6$ tablodan	F değeri $m=6$ için	DKDO, $m=7,5$ tablodan	F değeri $m=7,5$ için
SK1,D1	16	0,99	0,4	0,26	0,32	1,25	0,16	0,62
SK1,D2	17	0,98	0,4	0,36	0,31	0,87	0,15	0,42
SK1,D3	15	0,97	0,4	0,4	0,25	0,62	0,14	0,35
SK1,D4	12	0,95	0,4	0,43	0,2	0,47	0,125	0,29
SK2,D1	15	0,99	0,4	0,26	0,31	1,21	0,14	0,54
SK2,D2	16	0,95	0,4	0,43	0,25	0,58	0,15	0,35
SK2,D3	14	0,93	0,4	0,45	0,21	0,46	0,13	0,29
SK2,D4	12	0,69	0,4	0,37	0,13	0,35	0,125	0,34
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 3, LOKASYON NO 55								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	efektif gerilme azaltma katsayısı r_d	a_{max}	DKGO	DKDO, $m=6$ tablodan	F değeri $m=6$ için	DKDO, $m=7,5$ tablodan	F değeri $m=7,5$ için
SK1	12	0,85	0,4	0,22	0,25	1,13	0,125	0,56
SK2	13	0,83	0,4	0,32	0,25	0,79	0,127	0,4
SK3	14	0,8	0,4	0,37	0,25	0,68	0,13	0,36
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 2, LOKASYON NO 13								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	efektif gerilme azaltma katsayısı r_d	a_{max}	DKGO	DKDO, $m=6$ tablodan	F değeri $m=6$ için	DKDO, $m=7,5$ tablodan	F değeri $m=7,5$ için
SK1,D1	10	0,99	0,4	0,26	0,21	0,82	0,1	0,39
SK1,D2	14	0,98	0,4	0,36	0,26	0,73	0,13	0,37
SK1,D3	14	0,97	0,4	0,4	0,25	0,62	0,13	0,32
SK1,D4	12	0,95	0,4	0,43	0,20	0,47	0,125	0,29
SK2,D1	15	0,99	0,4	0,26	0,31	1,21	0,14	0,54
SK2,D2	12	0,95	0,4	0,43	0,20	0,47	0,125	0,29
SK2,D3	15	0,93	0,4	0,45	0,21	0,46	0,14	0,31
SK2,D4	13	0,77	0,4	0,4	0,15	0,37	0,127	0,31

Çizelge 3.10. deney numunelerine göre sıvılaşma analizleri devam

ÇİZELGE 3.1' DEN NO 4, LOKASYON NO 10								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	efektif gerilme azaltma katsayısı r_d	a_{max}	DKGO	DKDO, $m=6$ tablodan	F değeri $m=6$ için	DKDO, $m=7,5$ tablodan	F değeri $m=7,5$ için
SK1,D1	14	0,99	0,4	0,26	0,28	1,09	0,13	0,51
SK1,D2	14	0,98	0,4	0,35	0,26	0,73	0,13	0,37
SK1,D3	13	0,97	0,4	0,4	0,22	0,55	0,127	0,32
SK1,D4	12	0,95	0,4	0,43	0,20	0,47	0,125	0,29
SK2,D1	15	0,99	0,4	0,26	0,31	1,21	0,14	0,54
SK2,D2	16	0,95	0,4	0,43	0,26	0,61	0,16	0,37
SK2,D3	17	0,93	0,4	0,45	0,25	0,55	0,18	0,4
SK2,D4	16	0,77	0,4	0,4	0,20	0,50	0,16	0,4
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 5, LOKASYON NO 3195								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	efektif gerilme azaltma katsayısı r_d	a_{max}	DKGO	DKDO, $m=6$ tablodan	F değeri $m=6$ için	DKDO, $m=7,5$ tablodan	F değeri $m=7,5$ için
SK1,D1	20	0,98	0,4	0,25	0,33	1,30	0,22	0,87
SK1,D2	25	0,97	0,4	0,25	0,35	1,39	0,26	1,04
SK1,D3	32	0,95	0,4	0,25	0,43	1,73	0,34	1,37
SK1,D4	40	0,94	0,4	0,25	0,55	2,24	0,49	2
SK2,D1	22	0,98	0,4	0,25	0,35	1,38	0,23	0,91
SK2,D2	26	0,97	0,4	0,25	0,38	1,51	0,265	1,06
SK2,D3	35	0,95	0,4	0,25	0,32	1,29	0,39	1,57
SK2,D4	44	0,94	0,4	0,25	0,60	2,45	0,58	2,37
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 6, LOKASYON NO 5743								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	efektif gerilme azaltma katsayısı r_d	a_{max}	DKGO	DKDO, $m=6$ tablodan	F değeri $m=6$ için	DKDO, $m=7,5$ tablodan	F değeri $m=7,5$ için
SK1	14	0,98	0,4	0,31	0,25	0,80	0,13	0,41
SK2	17	0,97	0,4	0,37	0,28	0,77	0,18	0,49
SK3	17	0,95	0,4	0,4	0,28	0,71	0,18	0,45

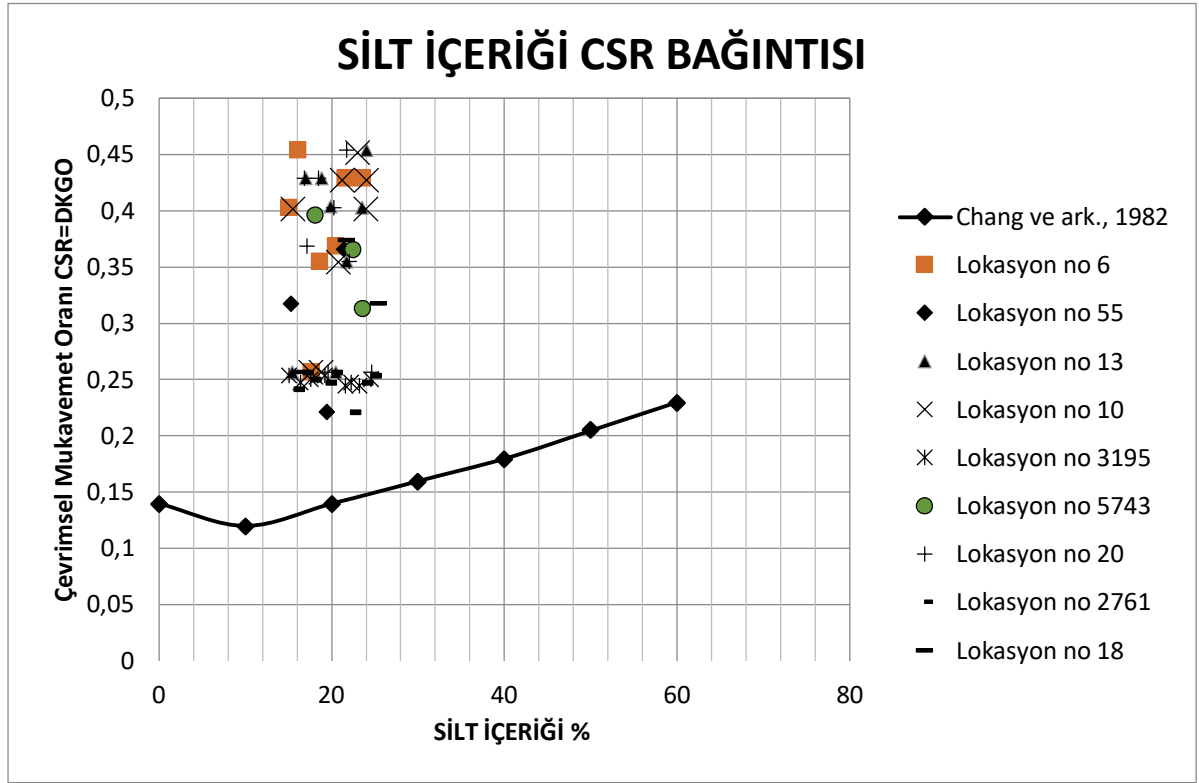
Çizelge 3.10. deney numunelerine göre sıvılaşma analizleri devam

ÇİZELGE 3.1' DEN NO 7, LOKASYON NO 20								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	efektif gerilme azaltma katsayısı r_d	a_{max}	DKGO	DKDO, $m=6$ tablodan	F değeri $m=6$ için	DKDO, $m=7,5$ tablodan	F değeri $m=7,5$ için
SK1,D1	14	0,99	0,4	0,26	0,28	1,09	0,13	0,51
SK1,D2	20	0,98	0,4	0,36	0,36	1,01	0,22	0,62
SK1,D3	17	0,97	0,4	0,4	0,29	0,72	0,18	0,45
SK1,D4	10	0,95	0,4	0,43	0,15	0,35	0,1	0,23
SK2,D1	15	0,99	0,4	0,26	0,30	1,17	0,14	0,54
SK2,D2	14	0,95	0,4	0,43	0,21	0,49	0,13	0,3
SK2,D3	17	0,93	0,4	0,45	0,25	0,55	0,18	0,4
SK2,D4	12	0,69	0,4	0,37	0,14	0,38	0,125	0,34
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 8, LOKASYON NO 2761								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	efektif gerilme azaltma katsayısı r_d	a_{max}	DKGO	DKDO, $m=6$ tablodan	F değeri $m=6$ için	DKDO, $m=7,5$ tablodan	F değeri $m=7,5$ için
SK1,D1	100	0,99	0,4	0,26	TABLODA GÜVENLİ BÖLGE ŞEKİL 3.3	SIVILAŞMA YOKTUR.	TABLODA GÜVENLİ BÖLGE ŞEKİL 3.3	SIVILAŞMA YOKTUR.
SK1,D2	55	0,98	0,4	0,25				
SK1,D3	37	0,97	0,4	0,25				
SK1,D4	100	0,95	0,4	0,25				
SK2,D1	30	0,99	0,4	0,26				
SK2,D2	32	0,95	0,4	0,25				
SK2,D3	55	0,93	0,4	0,24				
SK2,D4	15	0,85	0,4	0,22				
ÇİZELGE 3.1' DEN NO 9, LOKASYON NO 18								
Sondaj kuyusu ve deney no'su	SPT-N	efektif gerilme azaltma katsayısı r_d	a_{max}	DKGO	DKDO, $m=6$ tablodan	F değeri $m=6$ için	DKDO, $m=7,5$ tablodan	F değeri $m=7,5$ için
SK1	19	0,99	0,4	0,21	0,38	1,48	0,218	0,85
SK2	20	0,98	0,4	0,32	0,35	1,1	0,22	0,69
SK3	19	0,97	0,4	0,37	0,32	0,85	0,218	0,58



Şekil 3.2. düzeltilmiş SPTN' değerlerine göre, Dinamik Kayma Gerilme Oranı değerlerinin Seed ve İdris (1981) den değiştirilmiş grafik üzerinde yerleri

Şekil 3.2' de görüldüğü üzere, lokasyonların ilgili grafikte düzeltilmiş SPT N' ile hesaplanmış DKGO değerlerinin durumu görülmektedir. 3195 ve 2761 nolu lokasyonlarının dışında kalan alanın tümü sıvılaşma riski taşıyan bölgede yer almaktadır.



Şekil 3.3. Lokasyonların silt içeriğine göre dağılımını göstermektedir (Chang ve Ark., 1982 den değiştirilmiştir)

Kumlu yerlerde sadece ince tane oranına bağlı bilgilerin değerlendirilmesi ile sınıvlaşma riskinin belirlenmesinin yeterli olmadığı görülmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

4.1. Çalışma Lokasyonlarına Bağlı Elde Edilmiş Bilgiler

Çalışılan lokasyonların tamamında kuvaterner yaşlı alüvyonlara rastlanmıştır. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar genelde farklı oranlarda silt, kum meteryallerinden oluşmuştur. Sondaj çukurlarından bazılarında 20 metre 2 adet, toplamda 40 metre sondaj çalışmaları yapmış bulunmaktayız. Bu sondajlarda yer yüzünden yerin altına istikamette: 0-0,50 metre dolgu, 0,50-8,00 metre İnce Çakıllı Siltli Kum (Çakıllar yuvarlak ve oval formda 30 – 70 mm. boyutta, deniz çakılı özellikte ve ultrabazik kökenlidirler.), 8,00-20,00 m Siltli kum (Kumlar iri ve köşelidir. Yeşil ve gri renkli olan bu zemindeki kumlar, köken olarak ultrabaziktir.) seviyeleri geçilmiştir. Diğer lokasyonlardaki sondaj çalışmalarında da bahsedilen aynı derinlikler geçilmiştir. Sadece Arsuz bölgesinde farklı derinlikte farklı türler karşılaşılmış ancak genel anlamda lokasyonlardaki toprakların, yüzey kısımlarında bitkisel dolgu esaslı malzemelerden, derinlerde ise silt ve kumun farklı oranlardan meydana geldiği görülmüştür. Yani benzer zemin cinsi bulunmaktadır. Gözlemlerimiz sonucunda lokasyonlarda yanall olarak değişimlerin olmadığı görmektediriz.

Granülometrik değerler ile sınırlanan, su ile doymuş kumlu siltli bazen çakıllı yerlerde, kuvvetsel etkenler ile boşluk suyu basıncının artması sonucu sıvılaşma potansiyeli oluşmaktadır. Sıvılaşma potansiyelin varlığından bahsetmek için yeraltı suyunun yeryüzüne yakınlığı ve yerin sıkı olmayan boşluklu bir yapıda olması ve SPT değerlerinin düşük olması gibi gerekmektedir (Ündül ve Gürpınar, 2003).

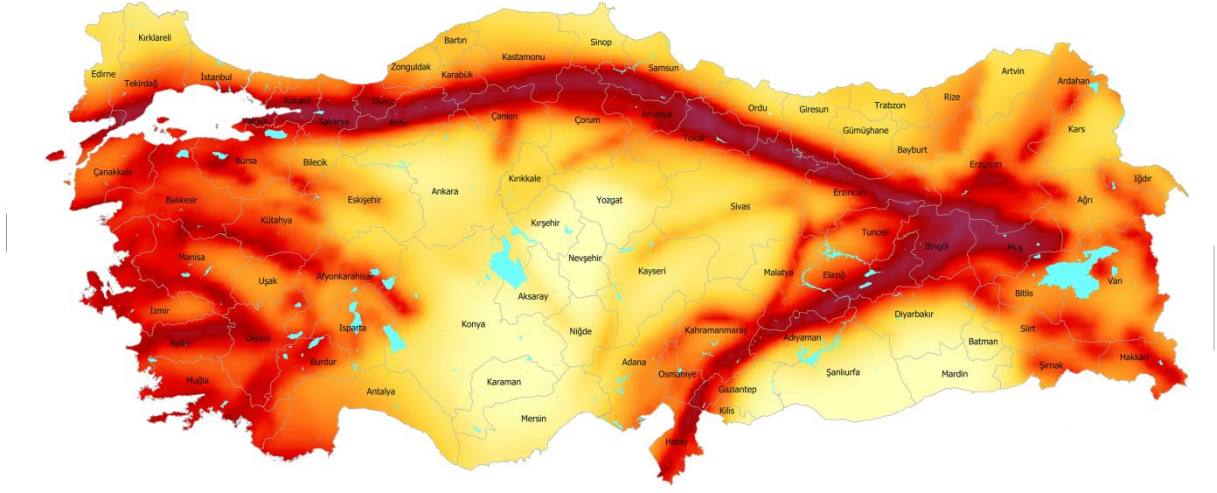
Tüm zemin etüt kuyulardan alınan numunelerin elek analiz sonuçları çizelge 3.2' de verilmiştir. Deney sonuçları ile lokasyonlardaki gözlemlerimiz büyük bir uyumluluk içinde olduğu görülmüştür. Elek analizi testinden elde ettiğimiz sonuçlar, genelde %15,31–%25,36 aralığında olmak üzere çeşitli miktarda silt barındıran kumların bulunduğu lokasyonlarımıza göre jeo-teknik parametreler;; Zemin sınıfı SM (siltli kum), doğal su içeriği %12,3–28,9, kıvam limitleri non plastik, doğal birim hacim ağırlığı ortalama 1.80 g/cm³.

Çeşitli çalışma gerçekleştirenlerin laboratuvar (Lee ve Seed, 1967; Chang ve Ark., 1982; Koester, 1994) ve arazi (Mogami ve Kubo, 1953; Robertson ve Campenella, 1985; Holzer ve Ark., 1989) şartlarında yaptığı deneylerde kumlu zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin olduğu kararına varılmıştır. Demek ki lokasyonlarımızda sıvılaşma riski vardır. Çalışılmış olan lokasyonlarımızda silt malzemesinin elastik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Dobry ve Alvarez (1967), Okusa ve Ark. (1980), Garga ve McKay (1984) çalışmalarında elastik özellik gösteren silt zeminlerin sıvılaşma potansiyeli taşıdıklarını ortaya koymuşlardır. Sıvılaşma potansiyeli açısından düşük plastisiteli silt ve siltli kumların sıvılaşma riski çok yüksektir. Bunun sebebi ise boşluktaki suyun basınçsal kuvvet etkisi ile akışkan hale geçmesi ancak geçirimsizliğin son derece düşük olması bu akışkanlığın önlenmesine sebep olmaktadır. Bu durumu ise sıvılaşma potansiyelini arttırmaktadır yani düşük plastisiteli silt ve siltli kumlar sakıncalı zeminlerdir. (Çetin ve Unutmaz, 2004).

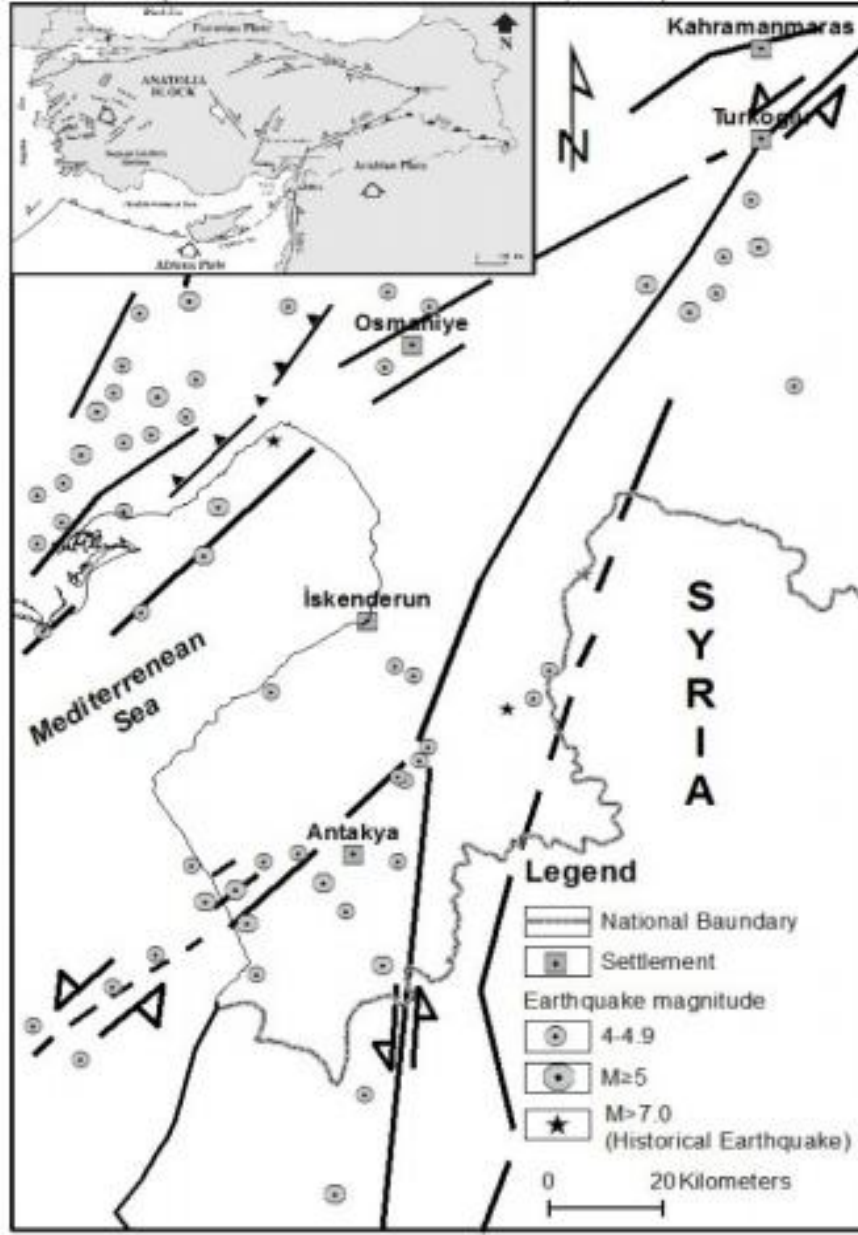
Efektif düşey gerilme ile sıvılaşmanın oluşumu tahkik edilmektedir. Bu güne kadar ki sıvılaşma durumlarına bakıldığında 15 metreden daha derinlerde sıvılaşma olayının olduğu görülmemiştir (Derinöz, 2004). Buna göre sıvılaşma ya yüzeye ulaşmamaktadır ya da bu derinlikte sıvılaşma meydana gelmemektedir.

Tez çalışmasına konu olan, Konarlı ve Micana bölgelerinde sıvılaşma potansiyeli olduğu, Aşkarbeyli 'de ise sıvılaşma potansiyelinin olmadığı; saptanmıştır (şekil 3.8.).

İnceleme lokasyonlarında yüzeylerde tektoniksel anlamda yapısal değişikliklere veya deformasyonlara rastlanmamıştır. Diğer taraftan, AFAD 2019 Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre lokasyon alanlarımız son derece tehlike arzeden koyu renkli bölgedir (harita 4.1). TBDY 2018 deprem yönetmeliğini göz önünde tutarak yapılacak olan yapılarda muhakkak bu yönetmelik uygulanmalıdır. Lokasyonlarımızda 1900 - 2023 seneleri arasında oluşan ve büyüklük bakımından 4.0'dan büyük depremler çizelge 4.1'de verilmiştir. Lokasyonlarımız ve etrafı tektonik olarak faaldir. Bu durum deprem riskini ortaya koymaktadır.



Harita 4.1. TÜRKİYE DEPREM TEHLİKE haritası (Afad 2019)



Harita 4.2. Hatay’da belli başlı tarihsel büyük depremler (Över ve diğerleri, 2011)

Çizelge 4.1 Hatay ili ve civarında tarihsel dönemde meydana gelen depremler (Anonymous, 2006). Değiştirilmiş

Tarih	Koordinat	Şiddet	Lokasyon
M. O. 69	36.25°K-	IX	Antakya, Suriye
245	36.25°K-36.10°D	X	Antakya
334	36.25°K-36.10°D	IX	Antakya, Beyrut, Kıbrıs
14.09.458	36.25°K-36.10°D	IX	Antakya ve Suriye'nin kuzeyi
10. 09. 506	36.25°K-36.10°D	IX	Antakya, Samandağ
524	37.20°K-35.90°D	VIII+	Anazarba, Ceyhan-Adana
29. 05. 526	36.25°K-36.10°D	IX	Antakya, Samandağ
29. 11.529	36.25°K-36.10°D	IX	Antakya
561	37.20°K-35.90°D	VIII+	Anazarba, Ceyhan-Adana, Antakya
30. 09. 587	36.25°K-36.10°D	IX	Antakya (60 000 ölü)
08. 04. 859	36.25°K-36.10°D	IX	Antakya, Lazkiye
867	36.25°K-36.10°D	IX	Antakya
10.08.1114	36.25°K-36.10°D	IX	Ceyhan, Antakya, Maraş (Tsunami)
1268	36.50°K-35.50°D	IX	Kozan, Ceyhan (60 000 ölü)
13.08.1822	37.35°K-35.80°D	X	Antakya, İskenderun (20 000 ölü)
02.04.1872	36.40°K-36.20°D	IX	Antakya, Samandağ (1 800 ölü)
06.02.2023	37.288°K-37.043°D	IX	Gaziantep merkezli (50 000 ölü)
06.02.2023	38.089°K-37.239°D	IX	Kahramanmaraş Elbistan merkezli (50 000 ölü)
20.02.2023	36.113°K-36.082°D	VIII	Hatay-Samandağ (6 ölü)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceleme alanında süren çalışmalar neticesinde bulunan sonuçlara göre çalışmalarımızın sonuç ve önerileri aşağıda toparlanmıştır.

- Tez kapsamında elde edilen sonuçlar, 06-20 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen Kahramanmaraş – Hatay depremlerinden önce olup, İskenderun ve Arsuz ilçelerindeki, inceleme alanlarda sıvılaşma potansiyel riskini ortaya koymuştur. Bu çalışmamız; İskenderun’da inşaat faaliyetlerinin yürütülmesi konusunda, pozitif bir bilgi olarak kullanılması, insan hayatı için son derece önemlidir. İnşaatların projelendirilmesinde kesinlikle sıvılaşma durumu göz önünde tutulmalıdır. Nitekim 06-20 Şubat 2023 tarihlerindeki depremlerin meydana getirdiği sıvılaşma, tez çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçları gözler önüne sermiştir.
- Hatay ili ile alakalı, zemin sıvılaşması konusunda yapılan tez çalışmaları mevcuttur. Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar, başka kaynaklar ile de örtüşmektedir. Elde ettiğimiz veriler tamamıyla, Hatay ili İskenderun ilçesi zemin etüt rapor kaynaklıdır. Bu raporların ışığında çalışmalarımız gün yüzüne çıkmıştır.
- Hatay ili İskenderun civarında elde ettiğimiz veriler ve laboratuvar sonuçları, bir başka çalışmalara da kaynak olacak şekilde düzenlemiş bulunmaktayız. Elde ettiğimiz sonuçlar çalışma alanlarında gerçekleştirilecek inşaat faaliyetleri açısından son derece önemli bilgiler sunmaktadır. İnşaat tasarımları açısından ön fikir vererek projelendirmeye katkı sağlayabilir.
- Zemin sıvılaşması; deprem veya yer hareketleri esnasında konut veya inşaat yapılarına zarar verici bir durum olduğundan, çalışmamız ileri düzeyde araştırmalara da öncülük edebilir. Bunlar, yapı temel güçlendirme çalışması, zemin iyileştirme çalışması, mevcut yapıların olası bir zemin titreşiminde gördüğü zararda sıvılaşmanın etkisi gibi konulardır.
- İnceleme alanı silt ve kumların değişik yüzdelerinden oluşmuş kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşmuştur. Gronülometrik analize göre %15,31–%25,36 arası silt içeren siltli kumdan oluşmuştur. Zemin tanımlaması ile ilgili parametreler ise şunlardır; Zemin sınıfı SM (siltli kum), doğal su içeriği %12,3–28,9, kıvam limitleri non plastik, ortalama doğal birim hacim ağırlığı 1.80 g/cm³.
- Yeraltı su seviyesi çok düşük olduğundan yapılacak olan temel çalışmalarının başlamadan önce suyun temelden drene edilerek uzaklaştırılması gerekmektedir.
- Çalışma alanlarımızın en büyük doğal afet riski 1. Dereceden deprem bölgesinde yer almasıdır. Deprem sonuçlarına bağlı olarak gerçekleşecek olan sıvılaşma

olayıdır. Zemin etüt raporlarına göre, İnceleme alanında toprak ve kayaların kayması, çığ ve sel baskını tarzında doğal afetler beklenmemektedir. Ancak olası bir depremde zemin sıvılaşmasından dolayı sahil kesimlerinde deniz suyunun iç kesimlere doğru ilerleyeceği, sahil kıyı şeridindeki yerleşim yerlerinin deniz suyunun ilerlemesi ile yaklaşık 50 cm civarında su altında kalması öngörülmektedir. Zaman içerisinde bu deniz suyu tekrar çekilecektir.

- Sıvılaşma potansiyeli $m=6$ ve daha büyük depremler için hesaplanmıştır. Sıvılaşmayı belirleyen sıvılaşma faktörü Micana ve Konarlı lokasyonlarında 1'den küçük olup sırasıyla 0.22 ve 0.86 olarak hesaplanmıştır. Aşkarbeyli 'de ise sıvılaşma faktörü 1'den büyüktür ($F=1,59$). Bu değerler bize Micana ve Konarlı'da zeminin sıvılaşabilir olduğunu ($F<1$), Aşkarbeyli 'de ise zeminin sıvılaşabilir potansiyeline sahip olmadığını ($F>1$) göstermektedir. Bu durum, Aşkarbeyli'nin diğer lokasyonlara göre kıyıdan biraz daha uzak ve zemin sıvılaşmasını sağlayacak etkenlerin olmaması ile açıklanabilir.
- Jeoteknik parametreler açısından incelediğimizde; zemin taşıma gücü Aşkarbeyli 'de $0,83\text{kg/cm}^2$, Micana ve Konarlı lokasyonlarında ise $0,69\text{kg/cm}^2$ 'dir. Sıvılaşma riski düşük ya da olmayan Aşkarbeyli 'de zemin taşıma gücü sıvılaşma riski yüksek Micana ve Konarlı'da hesaplanan zemin taşıma gücünden yüksektir. Yapılaşma çalışmalarından önce kesinlikle zemin ıslahı gerekmektedir. Bunun için ilgili mühendislik hizmetleri alınmalıdır.
- İnceleme alanı 1. Derece deprem bölgesi olduğundan yapılacak olan bütün inşaatlar kesinlikle'' Afet Bölgesinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'' maddelerine göre yapılmalıdır

KAYNAKLAR

- AKSU, O. ve TOZ, G., 2002. Zemin Sıvılaşmasına Yönelik Fotogrametrik Uygulamalar. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi/D Mühendislik 1 (2)*: 7-13.
- ALTUN, S., 2004. Suya Doygun Kumların Drenajsız Koşullardaki Davranışının Tekrarlı Yükler Altında Burulmalı Kesme Deney Aleti İle İncelenmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi*, 6 (1): 139-152.
- AMBRASEYS, N.N., ve BARAZANGI, M., 1989. The 1759 Earthquake İn The Bekaa Valley: *Implications For Earthquake Hazard Assessment in The Eastern Mediterranean Region. Journal Geophysics Research*, 94: 4007-4013.
- ANDREWS, D. C. A. ve MARTIN, G. R., 2000. Criteria For Liquefaction Of Silty Soils. 12th World Conference On Earthquake Engineering, Proceedings, Auckland, New Zealand.
- ANONYMOUS, 1971. Supplement For Design Standart For Port And Harbour Structures. Japan Port And Harbour Association.
- ANONYMOUS, 2006a. Why Does Liquefaction Occur? Explanation. On-Line: [Http://www.Ce.Washington.Edu/~Liquefaction/Html/Why/Why1.Html](http://www.ce.washington.edu/~liquefaction/html/why/why1.html). Accessed At 08 August, 2006.
- ANONYMOUS, 2006b. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara, Türkiye, On-Line: [Http://www.Deprem.Gov.Tr/Linkhart.Htm](http://www.deprem.gov.tr/linkhart.htm). Accessed At 03 August, 2006.
- ANONYMOUS, 2006c. Yerel Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Ağlarının Kurulması Projesi “Matnet”. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara, Türkiye, On- Line: [Http://Angora.Deprem.Gov.Tr/Matnetrapor.Htm](http://angora.deprem.gov.tr/matnetrapor.htm). Accessed At 05 August, 2006.
- ANONYMOUS, 2006d. Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü Sınırları İçindeki Alanların Depremselliği. M.T.A. Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü. On-Line: [Http://www.Mta.Gov.Tr/Mta/Bolge/Adana/Deprem.Htm](http://www.mta.gov.tr/mta/bolge/adana/deprem.htm). Accessed At 05 August, 2006.
- ASLANER, M. 1973. İskenderun-Kırıkkhan Sahasındaki Ofiyolitlerin Jeoloji Ve Petrografisi. MTA Yayınları No: 150, Ankara.
- ATAK, V.O., AKSU, O., ÖNDER, M., AYDAN, Ö. ve TOZ, G., 2003. Zeminlerde Sıvılaşmaya Ve Faylanmaya Bağlı Yer Değiştirmelerin Yön Ve Büyüklüklerinin Fotogrametrik Yöntemlerle Belirlenmesi, Küçükçekmece Ve Yakın Çevresi Teknik Kongresi 8-10 Kasım, 2003, ‘Deprem Ve Planlama’, İstanbul, Türkiye.

- ATAN, O.J.R., 1969. Eğribucak-Karacaören (Hassa)-Ceyhanlı-Dazevleri (Kırıkhan) Arasındaki Amanos Dağlarının Jeolojisi. MTA Yayınları. No: 139, Ankara.
- BONITA, J.A., 2000. The Effects Of Vibration On The Penetration Resistance And Pore Water Pressure in Sands. Ph.D. Dissertation, Faculty Of The Virginia Polytechnic Institute And State University, Blacksburg, VA, 349 P.
- BRADSHAW M.J., ABBOTT, A.J. and GELSTHORPE, A.P., 1989. The Earth's Changing Surface. Hodder And Stoughton, London, Sydney, Auckland, Toronto.
- BRAY J., SANCIO R.B., DURGUNOGLU T.; ONALP A., YOUNG, T.L., STEWART J.P., SEED R. B., CETIN K. O, BOL E., BATURAY M.B., CHRISTENSEN C., ve KARADAYILAR, T., 2004. Subsurface Characterization At Ground Failure Sites in Adapazari, Turkey. *Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering, ASCE*, 130 (7): 673-685.
- CASAGRANDE, A., 1936. "Characteristics Of Cohesionless Soils Affecting The Stability Of Slopes And Earth Fills. Journ. Of The Boston Society Of Civil Engineers, Jan. 1936. (Originally Published In "Contributions To Soil Mechanics, 1925-1940", Boston Society Of Civil Engineers, Oct. 1940).
- CASTRO, G. 1969. Liquefaction Of Sands, Harvard Soil Mechanics Series, No.87, Harvard University, Cambridge, Massachusetts.
- CASTRO, G. ve POULOS, S.J., 1977. Factors Affecting Liquefaction And Cyclic Mobility. *Journal Of The Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 103 (6): 501516.
- CASTRO, G., 1969. Liquefaction Of Sands. Ph.D. Dissertation, Harvard Soil Mech. Series, No. 81. Pierce Hall, Harvard University, 231 P.
- CASTRO, G., POULOS, S.J., FRANCE, J.W., and ENOS, J.L., 1982. Liquefaction Induced By Cyclic Loading. Report Submitted To The National Science Found., Washington D.C., 80 P.
- CDMG, 1992. Draft Guidelines; Liquefaction Hazard Zones. California Division Of Mines And Geology, Sacramento, California.
- CHANG, N.Y., YEH, S.T., ve KAUFMAN, L.P., 1982. Liquefaction Potential Of Clean And Silty Sands. *Proceedings Of The 3rd International Earthquake Microzonation Conference, Seattle, USA*, 2: 1017-1032.
- COATES, D.R., 1990. Geomorphic Controls Of Groundwater Hydrology in Groundwater Geomorphology, The Role Of Subsurface Water In Earth-Surface Process And Landforms. Edited By Charles G. Higgins. *Geological Society Of America, New York, Special Paper 252*, 341-349.

- ÇETİN, K.Ö. ve UNUTMAZ, B., 2004. Zemin Sıvılaşması Ve Sismik Zemin Davranışı. TMH – Türkiye Mühendislik Haberleri, 430 2004/2: 32-37. DAS, B.M., 1993. Principles Of Soil Dynamics, PWS-Kent Publ. Co. Boston, MA.
- DELALOYE, M., ve WAGNER, J.J., 1984. Ophiolites And Volcanic Activity Near The Western Edge Of The Arabian Plate, in: *The Geological Evolution, Of The Eastern Mediterranean. Edited By J.E. Dixon And A. H. F. Robertson, Geol. Soc. London, Spec. Publ, 17: 225-233.*
- DELALOYE, M., De SOUZA, H.; WAGNER, J. and HEDLEY, L., 1980. Isotopic Ages On Ophiolites From The Eastern Mediterranean, in: *Int. Symp. On Ophiolitesda. Edited By A. Panayiotou, Lefkoşe, 292-295.*
- DERİNÖZ, N., 2004. Hakkari Barajı Ve HES Projesi Zemin Sıvılaşma Riskinin Belirlenmesi. *TMH – Türkiye Mühendislik Haberleri, 431 2004/3: 33-38.*
- DEWEY, J.F., HEMPTON, M.R., KIDD, W.S.F., ŞAROGLU, F., and ŞENGÖR, A.M.C., 1986. Shortening Of Continental Lithosphere : The Neotectonics Of Eastern Anatolia - A Young Collision Zone. In: *Collision Tectonics. Edited By M.P. Coward And A.C. Ries, Geology Society Of London, 19: 3-36.*
- DEZFULIAN, H., 1982. Effects Of Silt Content On Dynamic Properties Of Sandy Soils. *Proceedings Of The Eighth World Conference On Earthquake Engineering, San Francisco, USA, 63-70.*
- DOBRY, R., ve ALVAREZ, L., 1967. Seismic Failures Of Chilean Tailings Dams. *Journal Of The Soil Mechanics And Foundations Division, ASCE, 93(6): 237-260.*
- ERİNÇ, S., 2000. Jeomorfoloji I. Der Yayınları, İstanbul.
- FEI, H.C., 1991. The Characteristics Of Liquefaction Of Silt Soil. *Soil Dynamics And Earthquake Engineering V, Computational Mechanics Publications, Southhampton, 293-302.*
- FERRITTO, J.M., 1997. Seismic Design Criteria For Soil Liquefaction. Technical Report TR-2077-SHR. Naval Facilities Engineering Service Center, Port Hueneme, California, 58p.
- FINN, W.D.L., BRANSBY, P.L. ve PICKERING, D.J., 1970. *Effect Of Strain History On Liquefaction Of Sands. Journal Of The Soil Mechanics And Foundations Division, ASCE, 96(6): 1917-1934.*
- FINN, W.L., LEDBETTER, R.H., ve WU, G., 1994. Liquefaction İn Silty Soils: Design And Analysis. *Ground Failures Under Seismic Conditions, Geotechnical Special Publication, No.44, ASCE, 51-76. 51*

- FORBES, D.L., 1985. Morphology And Sedimentology Of A Sinuous Gravel-Bed Channel System Lower Babbage, River Yukon Coastal Plain, Canada In: Modern And Ancient Fluvial Systems. Edited By J.D. Collinson And J. Lewin, Special Publication Number 6 Of The International Association Of Sedimentologists, Blackwell Scientific Publications.
- GARGA, V., ve McKAY, L., 1984. Cyclic Triaxial Strength Of Mines Tailings. *Journal Of Geotechnical Engineering, ASCE*, 110(8): 1091- 1105.
- GÜLEN, L., BARKA, A.A., ve TOKSÖZ, M.N., 1987. Kıtaların Çarpışması Ve İlgili Kompleks Deformasyon: *Maraş Üçlü Eklemi Ve Çevre Yapıları. Yerbilimleri*, 14: 319-336.
- HAZEN, A., 1920. Hydraulic Fill Of Dams. *ASCE Transactions*, 83: 1713-1745.
- HEMPTON, M.R., 1987. Constraints On Arabian Plate Motions; An Extensional History Of *The Red Sea. Tectonics*, 6: 668-705.
- HOLZER, T. L., YOUNG, T. L., ve HANKS, T. C., 1989. Dynamics Of Liquefaction During *The 1987 Superstition Hills, California, Earthquake. Science*, 244: 56-59.
- ISHBASHI, I. ve SHERIF, M.A., 1974. Soil Liquefaction By Torsional Simple Shear Device. *Journal Of The Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 100 (GT8): 871-888.
- ISHIHARA, K., ve KOSEKI, J., 1989. Discussion On The Cyclic Shear Strength Of Finescontaining Sands. *Earthquakes Geotechnical Engineering, Proceedings Of The Eleventh International Conference On Soil Mechanics And Foundation Engineering, Rio De Janiero, Brazil*, 101-106.
- JACKSON, J., ve McKENZIE, D.P., 1984. Active Tectonics Of The Alpine-Himalayan Belt Between Western Turkey And Pakistan. *Geophysical Journal Royal Astronomy Society, C 77*: 185-264.
- JACKSON, J., ve McKENZIE, D.P., 1988. *The Relationship Between Plate Motion And Seismic Moment Tensors, And The Rates Of Active Deformation In The Mediterranean And Middle-East. Geo-Physical Journal Of Royal Astronomy Society*, 93: 45-73.
- JENNINGS, P.C., 1980. Earthquake Engineering And Hazards Reduction In China. CSCPRC Report No. 8, National Academy Of Sciences, Washington, D.C., 1980.
- KISHIDA, H., 1969. A Note On Liquefaction Of Hydraulic Fill During The Tokachi-Oki Earthquake. Second Seminar On Soil Behavior And Ground Response During Earthquakes, August, 1969, University Of California, Berkeley, CA.
- KOÇYİĞİT, A., ve BEYHAN, A., 1998. A New Intra Continental Transcurrent Structure: *The Central Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics*, 284: 317-336.

- KOESTER, J.P., 1994. The Influence Of Fine Type And Content On Cyclic Strength. *Ground Failures Under Seismic Conditions, Geotechnical Special Publication No. 44*, ASCE: 17-33.
- KRAMER, S.L. ve SEED, B.H., 1988. Initiation Of Soil Liquefaction Under Static Loading Conditions. *Journal Of Geotechnical Engineering*, 114(4)
- KRAMER, S.L., 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall, New York.
- KUERBIS, R., NEGUSSEY, D., ve VAID, V. P., 1988. Effect Of Gradation And Fines Content On The Undrained Response Of Sand. *Proceedings. Hydraulic Fill Structures, Fort Collins, USA*, 330-345.
- LAW, K.T. ve LING, Y.H., 1992. *Liquefaction Of Granular Soils With Non-Cohesive And Cohesive Fines. Proceedings Of The Tenth World Conference On Earthquake Engineering, Rotterdam*, 1491-1496.
- Le PICHON, X. ve ANGELIER, J., 1979. The Hellenic Arc And Trench System: *A Key To The Neotectonic Evolution Of The Eastern Mediterranean Area. Tectonophysics*, 60: 1-42.
- LEE, K.L., ve SEED, H.B., 1967. Cyclic Stress Conditions Causing Liquefaction Of Sand. *Journal Of The Soil Mechanics And Foundations Division, ASCE*, 93 (SM1): 47-70.
- LIAO, S.S.C. ve WHITMAN, R.V., 1986. Overburden Correction Factor For SPT in Sand. *Journal Of Geotechnical Engineering, ASCE*, 112(3): 373-377.
- LOVELOCK, P.E.R., 1984. A Review Of The Tectonics Of The Northern Middle-East Region. *Geological Magazine*, 121: 577-587.
- LYBÉRIS, N., YURUR, T., CHOROWICZ, J., KASAPOĞLU, K.E. ve GÜNDOĞDU, N., 1992. *The East Anatolian Fault : An Oblique Collisional Belt. Tectonophysics*, 204: 1-15.
- MARSUSON, W.F., HYNES, M.E., and FRANKLIN, A.G., 1990. Evaluation And Use Of Residual Strength In Seismic Safety Analysis Of Embankments. *Earthquake Spectra, EERI*, 6(3): 529-572.
- Mc KENZIE, D.P., 1972. Active Tectonics Of The Mediterranean Region. *Geophysical Journal Of Royal Astronomy Society* 30: 109-185.
- Mc KENZIE, D.P., 1978. Active Tectonics Of The Alpine-Himalayan Belt : The Aegean Sea And Surrounding Regions (Tectonics Of Aegean Region). *Geophysical Journal Of Royal Astronomy Society*, 55: 217-254.
- MOGAMI, T., and KUBO, K., 1953. *The Behaviour Of Soil During Vibration. Proceedings Of The Third International Conference On Soil Mechanics And Foundation Engineering*, 1: 152-153.

- MUEHLBERGER, W.B., 1981. The Splintering Of The Dead Sea Fault Zone İn Turkey. *Yerbilimleri*, 8: 125-130.
- NCEER, 1997. Proceedings Of The NCEER Workshop On Evaluation Of Liquefaction Resistance Of Soils. Edited By YOUNG, T.L. and IDRISS, I.M., Technical Report No: *NCEER-97-0022, December 31, 1997.*
- NUR, A. and BEN-AVRAHAM, Z., 1978. The Eastern Mediterranean And The Levant: *Tectonics Of Continental Collision. Tectonics*, 46: 297-311.
- OKASHI, Y., 1970. Effects Of Sand Compaction On Liquefaction During Tokachioki Earthquake. *Soils And Foundations, JSSMFE*, 10(2): 112-128.
- OKUSA, S., ANMA, S., ve MAIKUMA, H., 1980. Liquefaction Of Mine Tailings In The 1978 Izu-Oshima-Kinkai Earthquake, Central Japan. Proceedings. Of *The Seventh World Conference On Earthquake Engineering, Istanbul, Turkey*, 3: 89-96.
- ÖVER, S., ÜNLÜGENÇ, U. ve ÖZDEN, S., 2001. Hatay Bölgesinde Etkin Gerilme Durumları. *Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri*, 23: 1-14
- ÖVER SEMİR, ÜNLÜGENÇ ÜLVİ CAN; Quaternary Stress Regime Change n The Hatay Region SE Turkey; *Geophysical Journal International*; 2002
- ÖVER SEMİR, KAVAK KAAAN ŞEVKİ, OLIVIER BELLIER, ÖZDEN SÜHA; Is The Amik Basin SE Turkey A Triple Junction Area Analyses Of SPOT XS İmagery And Seismicity; *International Journal Of Remote Sensing*; 2004;
- ÖVER SEMİR, ÖZDEN SÜHA, ÜNLÜGENÇ ÜLVİ CAN; Late Cenozoic Stress Distribution Along The Misis Range in The Anatolian Arabian And African Plate Intersection Region SE Turkey; *Tectonics*; 2004
- ÖVER SEMİR, BÜYÜKSARAÇ AYDIN, BEKTAŞ ÖZCAN, FİLAZİ AHMET; Assessment Of Potential Seismic Hazard And Site Effect İn Antakya Hatay Province SE Turkey; *Environmental Earth Sciences*; 2011
- ÖZAYDIN, K., 2006. Zemin Mekaniği. *Birsan Yayınevi, İstanbul*, S. 261.
- ÖZKOÇAK, M.O., 1993. Hatay Horst Ve Graben Yapısının Amanos Dağları Altın Yatak Ve Zuhurları. *Jeoloji Mühendisliği*, 42: 52-59.
- PARROT, J.F., 1974. Les Différentes Manifestations Efftsives De La Région Opbiolitique Du .Baër-Bassit (Nordouest De La Syrie): Comparaison Pétrographique Et Géochimique. *C. R. Acad. Sei., Paris, D.*, 279,630.
- PARROT, J.F., 1977. Assemblage Ophiolitique Du Baër-Bassit Et Termes Effiisifs Du Volcano-Sédimentaire. Pétrologie D'un Fragment, De La. Croûte Océanique, Charriée Sur La Plateforme Syrienne. *Trav. Et Doc. "OSTROM", Série Géol*, 6: 97-126.

- PECK, R.B., HANSEN, W.E. ve THORNBURN, T.H., 1974. Foundation Engineering, 2nd Ed., John Wiley And Sons, New York, 514 P.
- PERİNÇEK, D. ve ÇEMEN, Ü., 1990. The Structural Relationship Between The East Anatolian Fault And Dead Sea Fault Zones in Southern Turkey. *Tectonophysics*, 172: 331-340.
- PERİNÇEK, D., ve EREN, A.G., 1990. Doğrultu Atımlı Doğu Anadolu Fayı Ve Ölü Deniz Fay Zonları Etki Alanında Gelişen Amik Havzasının Kökeni. Türkiye 8. *Petrol Kongresi Bildiri Kitabı*, 180-192.
- PİŞKİN, Ö., DELALOYE, M., SELÇUK, H. ve WAGNER, J.J., 1986. Guide To Hatay Geology (SE TURKEY). Ofioliti. *Consiglio Nazionale Delle Ricerche. Bouettino Del Gruppo Di Lavoro Solle Öfioliti. Méditerranée*, 11(2).
- POLITO, C.P., 1999. The Effects Of Non-Plastic And Plastic Fines On The Liquefaction Of Sandy Soils. Ph.D. Dissertation, Faculty Of The Virginia Polytechnic Institute And State University, Blacksburg, VA, 274 P.
- PRAKASH, S. ve GUPTA, M.K., 1967. Compaction Of Sand Under Vertical And Horizontal Vibrations. *Proc. First Southeast Asian Regional Conference On Soil Engineering, Bangkok*, 201-210.
- ROBERTSON, P.K., ve CAMPANELLA, R.G., 1985. Liquefaction Potential Of Sands Using CPT. *Journal Of Geotechnical Engineering, ASCE*, 111 (3): 384-403.
- SAYDAM, E., KÖŞKEROĞLU, S., DENER, E., SAYDAM, A. ve BAYAR, M., 2005. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi İskenderun Kampus Alanı Zemin Etüt Raporu. *T.C. İskenderun Belediyesi*, Hatay.
- SEED R.B., CETIN K.Ö., MOSS R.E.S., KAMMERER A.M., WU J., PESTANA J.M., RIEMER M.F., SANCIO R.B, BRAY J.D., KAYEN R.E., and FARIS A., 2003. Recent Advances In Soil Liquefaction Engineering: A Unified And Consistent Framework. 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar, California.
- SEED, H.B. ve PEACOCK, W.H., 1971. Test Procedure For Measuring Soil Liquefaction Characteristics. *Journal Of The Soil Mechanics And Foundations Division, ASCE*, 97(SM8): 1099-1119.
- SEED, H.B., 1976. Some Aspects Of Sand Liquefaction Under Cyclic Loading. Conference On Behavior Of Off-Shore Structures, The Norwegian Institute Of Technology, Norway.
- SEED, H.B., ve I.M. IDRIS, 1981. *Evaluation Of Liquefaction Potential Sand Deposits Based On Observation Of Performance in Previous Earthquakes, ASCE National Convention, St. Louis, Missouri, October 26-31, Pp. 81-544.*

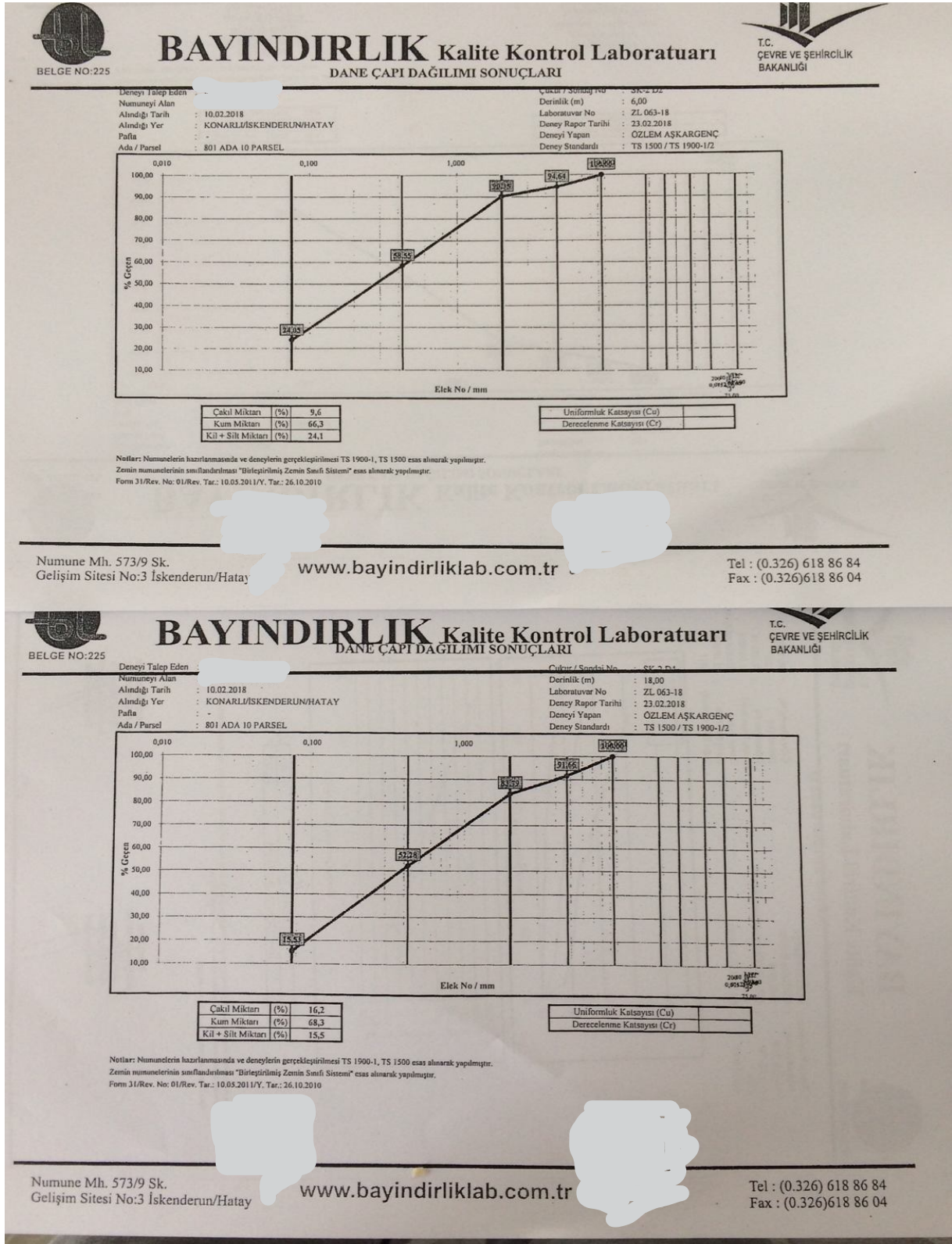
- SEED, H.B., ve IDRİSS, I.M., 1971. *Simplified Procedure For Evaluation Soil Liquefaction Potential. Journal Of The Soil Mechanics And Foundations Division, ASCE*, 97(9):1249-1273.
- SEED, H.B., ve IDRİSS, I.M., 1982. Ground Motions And Soil Liquefaction During Earthquakes, EERI Monograph, Berkeley, Calif.
- SEED, H.B., ARANGO, I., ve CHAN, C.K. 1975. Evaluation Of Soil Liquefaction Potential During Earthquakes. Report No. EERC 75-28, Earthquake Engineering Research Center, College Of Engineering, University Of California, Berkeley, CA.
- SEED, H.B., IDRİSS, I.M., ve ARANGO, I., 1983. Evaluation Of Liquefaction Potential Using Field Performance Data. *Journal Of Geotechnical Engineering, ASCE*, 109(3), 458-482.
- SEED, H.B., LEE, K.L., (1966). Liquefaction Of Saturated Sands During Cyclic Loading. *Journal Of The Soil Mechanics And Foundations Division, Asce*, 92 (Sm6): 105-134.
- SEED, H.B., LEE, K.L., IDRİSS, I.M., ve MAKDISI, F., 1973. Analysis Of The Slides İn The San Fernando Dams During The Earthquake Of February 9, 1971. Report No. UCB/EERC 73-2, Earthquake Engineering Research Center, University Of California, Berkeley, California.
- SEED, H.B., TOKIMATSU, K., HARDER, L.F., ve CHUNG, R.M., 1985. Influence Of SPT Procedures İn Soil Liquefaction Resistance Evaluations. *Journal Of Geotechnical Engineering, ASCE*, 111(12), 1425-1445.
- SEED, H.B., TOKIMATSU, K., HARDER, L.F., CHUNG, R.M., 1984. The Influence Of Spt Procedures İn Soil Liquefaction Resistance Evaluations. Earthquake Engineering Research Center Report No. UCB/EERC-84/15, University Of California At Berkeley.
- SELÇUK, H., 1981. Etude Géologique De La Partie Méridionale Du. Hatay (Turquie). Published Ph. D Thesis No: 1997, Univ. De Geneve 116 P.
- SHEN, C.K., VRYMOED, J.L., and UYENO, C.K., 1977. The Effects Of Fines On Liquefaction Of Sands. *Proceedings Of The Ninth International Conference On Soil Mech. And Found. Eng., Tokyo, Japan*, 2: 381-385.
- SINEWING, J.D., 1975.. Metamorphism. Of The Troodos Massif, Cyprus. *Unpublished Ph.D, Thesis, Open University*, 267 P.
- SİYAHİ, B., ERDİK, M., ŞEŞETİYAN, K., DEMİRCİOĞLU, M.B. ve AKMAN, H., 2003. Sıvılaşma Ve Şev Stabilitesi Hassaslığı Ve Potansiyeli Haritaları: İstanbul Örneği Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul, 10 P.
- STRAHLER, A.N, 1974. Physical Geography. 4th Edition. John Willey And Sons Inc., New York, London, Sydney, Toronto.

- ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö. ve KUŞÇU, Ü., 1992. The East Anatolian Fault Zone Of Turkey. *Anales Tectonicae*, VI: 99-125.
- ŞEKERCİOĞLU, E., 1998. Yapıların Projelendirmesinde Mühendislik Jeolojisi. Tmmob *Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları* :28 Ankara 1998.
- ŞENGÖR, A.M.C., 1979. The North Anatolian Transform Fault: Its Age, Offset And Tectonic Significance. *Journal Geology Society Of London*, 136: 269-282.
- ŞENGÖR, A.M.C., GÖRÜR, N. ve ŞAROĞLU, F., 1985. Strike-Slip Faulting And Related Basin Formation in Zones Of Tectonic Escape: Turkey As A Case Study, İn: *Strike-Slip Deformation, Basin Formation And Sedimentation*, Edited By K.T. Biddle And N. Christie-Blick, *Society Of Economic Paleontologists And Mineralogists Special Publication*, 37: 227-264.
- TATSUOKA, F., IWASAKI, T., TOKIDA, K., YASUDA, S., HIROSE, M., IMAI, T., ve KON-NO, M., 1980. *Standard Penetration Tests And Soil Liquefaction Potential Evaluation*. *Soils And Foundations*, JSSMFE, 20(4): 95-111.
- TERZAGHI, K., 1925. *Erdbaumechanik Auf Bodenphysikalischer Grundlage*. Vienna, Deuticke.
- TOKIMATSU, K., ve YOSHIMI, Y., 1983. *Empirical Correlation Of Soil Liquefaction Based On SPT N-Value And Fines Content*. *Soils And Foundations*, JSSMFE, 23(4): 56-74.
- TRONSCO, J.H., ve VERDUGO, R., 1985. Silt Content And Dynamic Behavior Of Tailing Sands. *Proceedings. Twelfth International Conference On Soil Mech. And Found. Eng., San Francisco, USA*, 1311-1314.
- TUROĞLU, H., 2004. Zemin Sıvılaşmasının 17 Ağustos 1999 Depreminde Adapazarı'ndaki Hasara Etkisi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 12: 63-74.
- ULUSAY, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, No: 38, P. 385.
- ÜNDÜL, Ö. ve GÜRPINAR, O., 2003. Çokal Vadisindeki (Gelibolu) Alüvyal Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyeli. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 16(1): 67-80.
- VAID, V.P., 1994. Liquefaction Of Silty Soils. Ground Failures Under Seismic Conditions, *Geotechnical Special Publication*, 44(ASCE), 1-16.
- WANG, J.G.Z.Q. ve LAW, K.T., 1994. *Siting İn Earthquake Zones*, Balkema, Rotterdam, 115p.

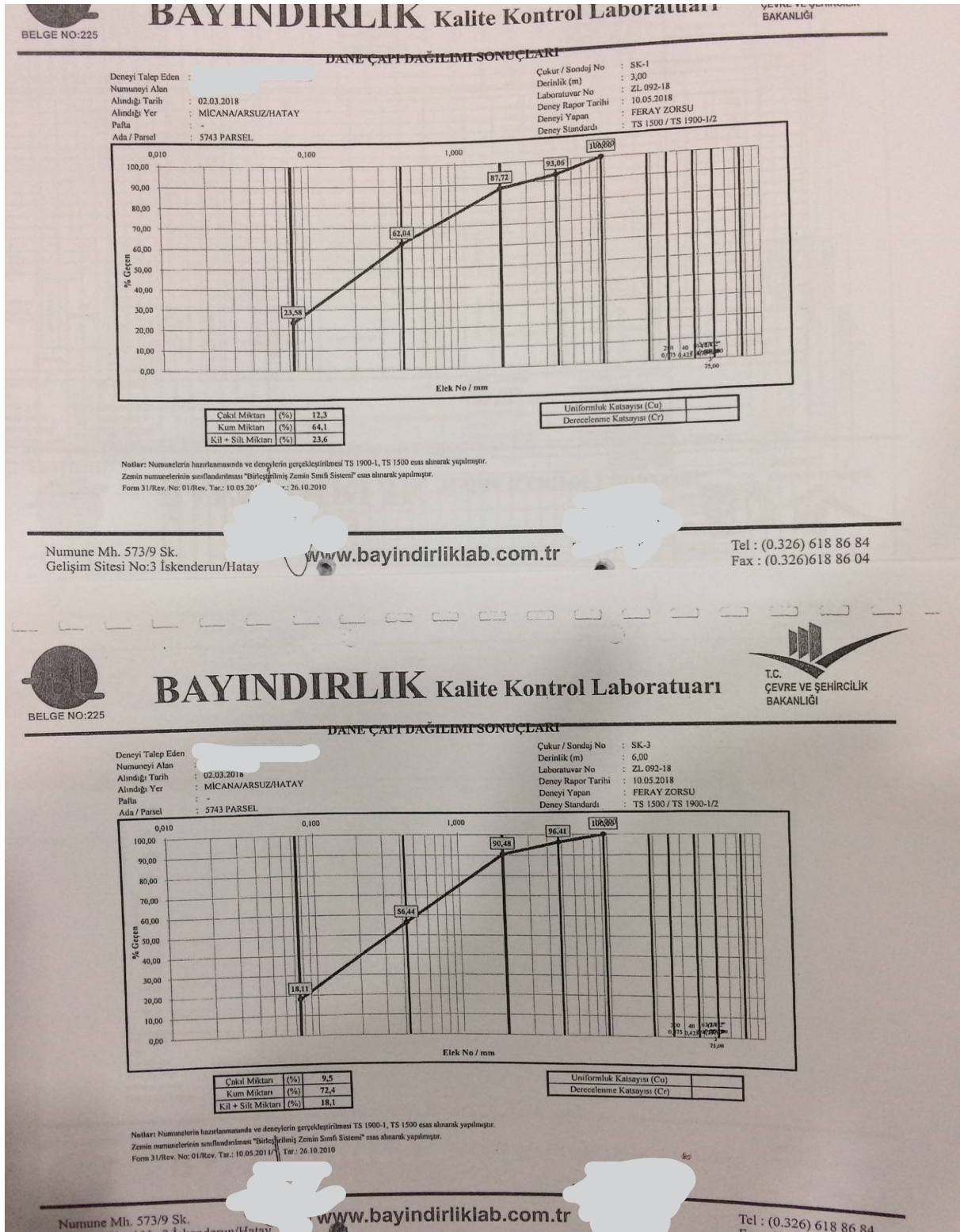
- WANG, W., 1979. Some Findings in Soil Liquefaction, Water Conservancy And Hydroelectric Power Scientific Research Institute, Beijing, China.
- WESTAWAY, R. ve ARGER, J., 1996. The Gölbaşı Basin, Southern Turkey: A Complex Discontinuity İn A Major Strike-Slip Fault Zone. *Journal Of The Geological Society London*, 153: 729-744.
- WONG, T., SEED, H.B. ve CHAN, C., 1974. Liquefaction Of Gravelly Soils Under Cyclic Loading Conditions. University Of California, Earthquake Engineering Research Center, EERC Report No. 74-11, Berkeley, CA.
- YASUDA, S., WAKAMATSU, K., NAGASE, H., 1994. Liquefaction Of Artificially Filled Silty Sands. *Ground Failures Under Seismic Conditions, Geotechnical Special Publication No. 44, ASCE*, 91-104.
- YOSHIMI, Y. ve KUWABARA, F., 1973. Effect Of Subsurface Liquefaction On The Strength Of Surface Soils. *Soils And Foundations (Japan)*, 13(2): 67-81.
- YOSHIMI, Y., ve OH-OKA, H., 1973. A Ring Torsion Apparatus For Simple Shear Tests. *Proceedings Of The Eighth International Conference On Soil Mechanics And Foundation Engineering, Vol. 1, Part 2, Moscow*, 501-506.
- YOUD, T.L. ve PERKINS, D.M., 1978. Mapping Liquefaction –Induced Ground Failure Potential. *American Society Of Civil Engineers, Journal Of The Geotechnical Engineering Division*, 104(GT4): 433-446.
- YOUD, T.L., 1992. Liquefaction, Ground Failure, And Consequent Damage During The 22 April 1991 Costa Rika Earthquake. *Proceedings Of The NSF/UCR US.Costa Rica Workshop On The Costa Rika Earthquakes Of 1990-1991, April 2 – 4, 1992, Effects On Soils And Structures, Oakland, California, ERI Publication, No: 93-A*, 73-75.



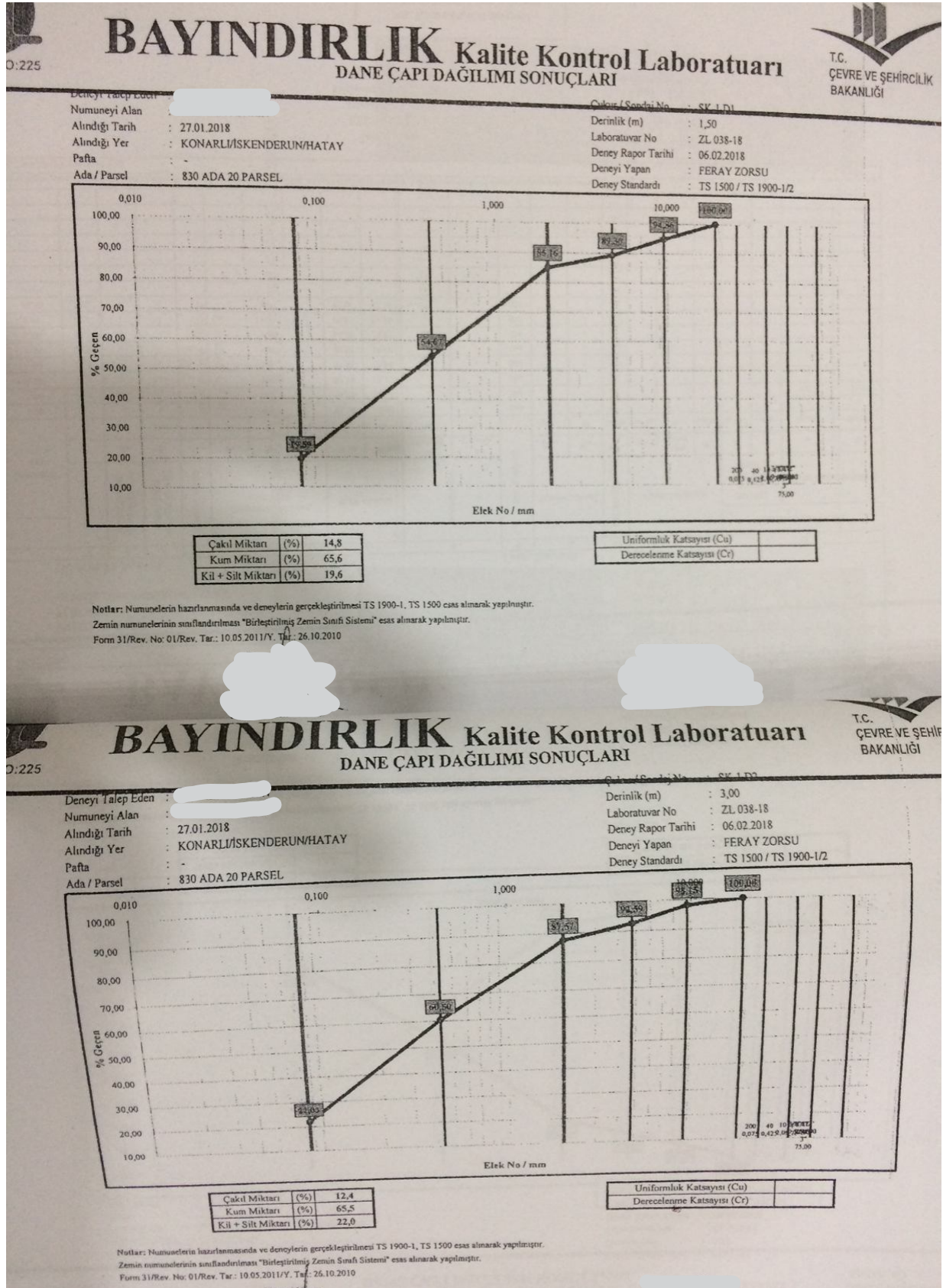
EKLER



Ek 1. ilgili lokasyon No: 10 Gronülometrik Eğri, farklı derinlikler



Ek 2. ilgili lokasyon No: 5743 Gronülometrik Eğri



Ek 3.. ilgili lokasyon No: 6, 10, 13, 20, 55 Gronülometrik Eğri, farklı derinlikler



BAYINDIRLIK

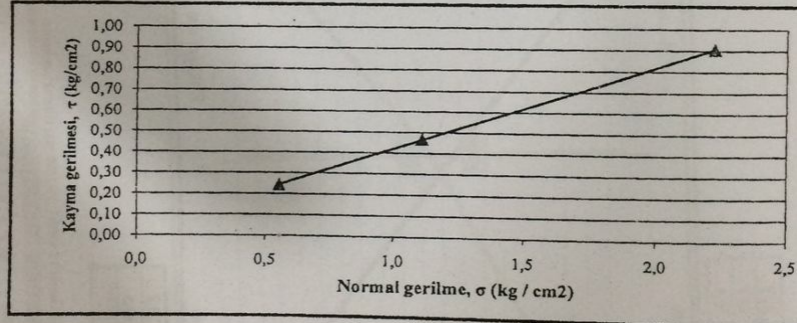
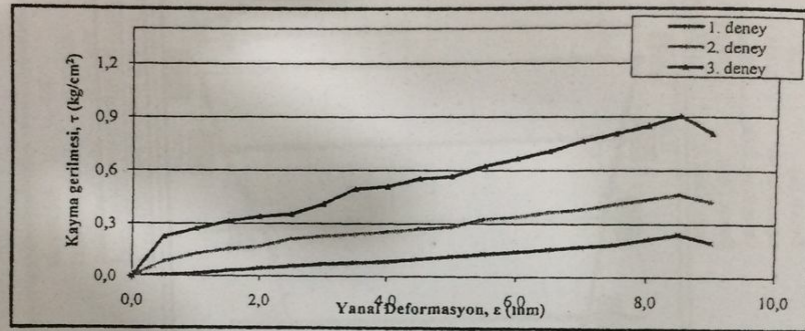
Kalite Kontrol Laboratuvarı



KESME KUTUSU DENEYİ

Deneyi Talep Eden :
 Numuneyi Alan :
 Alındığı Tarih : 27.01.2018
 Alındığı Yer : KONARLI/ISKENDERUN/HATAY
 Pafta : -
 Ada / Parsel : 830 ADA 20 PARSEL

Çukur / Sondaj No : SK1-D2
 Derinlik (m) : 3,00
 Laboratuvar No : ZL 038-18
 Deney Rapor tarihi : 06.02.2018
 Deneyi Yapan : FERAY ZORSU
 Deney Standardı : TS 1900-2
 Doğal BHA (gr/cm3) : 1,822



Kohezyon (c)	0,02	kg/cm ²
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	21,7	°

Not: Numunelerin alındığı yere ait bilgiler müşteri beyanıdır ve deney raporları deneyi yapılan numuneler için geçerlidir. Bu rapor ekleri ile bir bütündür. Laboratuvarın yazılı izni olmadıkça kısmen ya da tamamen çoğaltılamaz.

Form 15/Rev.No:00/Rev. Tar.:Y.Tar.: 31.03.2008

Ek 4. ilgili lokasyon No: 20 kesme kutusu deneyi



BAYINDIRLIK

Kalite Kontrol Laboratuvarı

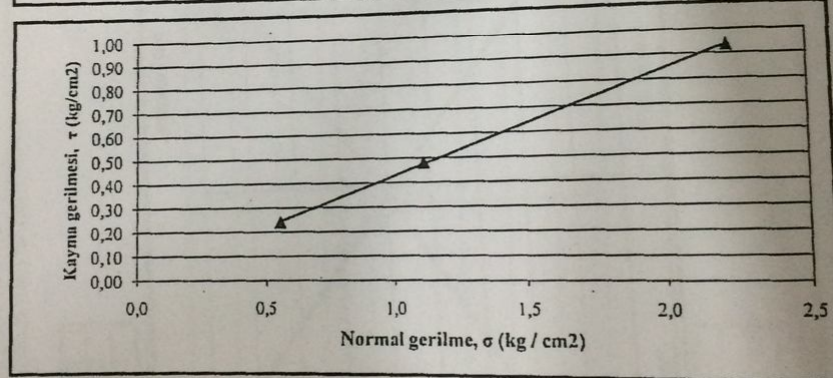
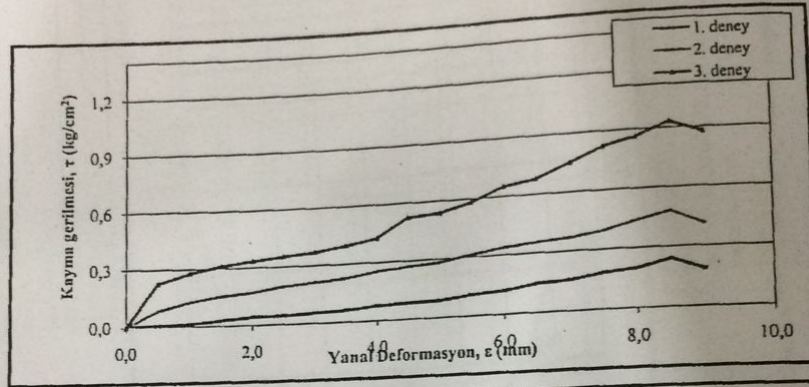
T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIĞI

BELGE NO:225

KESME KUTUSU DENEYİ

Deneyi Talep Eden :
Numuneyi Alan :
Alındığı Tarih : 10.02.2018
Alındığı Yer : KONARLI/ISKENDERUN/HATAY
Pafta :
Ada / Parsel : 801 ADA 10 PARSEL

Çukur / Sondaj No : SK-1 D2
Derinlik (m) : 3,00
Laboratuvar No : ZL 063-18
Deney Rapor tarihi : 23.02.2018
Deneyi Yapan : ÖZLEM AŞKARGENÇ
Deney Standardı : TS 1900-2
Doğal BHA (gr/cm³) : 1,811



Kohezyon (c)	0,01	kg/cm ²
İçsel Sürtünme Açısı (Ø)	22,5	°

Not: Numunelerin alındığı yere ait bilgiler müşteri beyanıdır ve deney raporları deneyi yapılan numuneler için geçerlidir. Bu rapor ekleri ile bir bütündür. Laboratuvarın yazılı izni olmadıkça kısmen ya da tamamen çoğaltılamaz.
Form 15 /Rev.No.00/Rev. Tar.:Y.Tar.: 31.03.2008

Ek 5. ilgili lokasyon No: 10 kesme kutusu deneyi

BAYINDIRLIK Kalite Kontrol Laboratuvarı
DENEME SONUÇ RAPORU

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

Deneyi Talep Eden No: Z25
Numune Adı:
Alındığı Tarih: 10.02.2018
Alındığı Yer: KONAĞLI/ŞKENDERUN/HATAY
Pafta:
Ada/Parsel No: 801 ADA 10 PARSEL

Çıkar/Sondaj No: SONDAJ
BRCNO: 14370673
Laboratuvar No: ZL 063-18
Deney Rapor Tarihi: 23.02.2018
Deneyi Yapan: ÖZLEM AŞKARGENÇ
Deney Standardı: TS 1500 / TS 1900-1/2

NUMUNE		SU İÇERİĞİ			DOĞAL BİRİM HACİM AĞIRLIK		KURU BİRİM HACİM AĞIRLIK		ÖZGÜL AĞIRLIK		ATTERBERG (KIYAM) LİMITLERİ			ELEK ANALİZİ		HİDROMETRE		ZEMİN SINIFI		KOMPANSİYON		PERMEABİLİTE		KONSOLIDASYON		DAYANIM DENEYLERİ												
ARAŞTIRMA ÇUKURU/ SONDAJ NO.	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	w _s	%	S _d	g/cm ³	S _k	g/cm ³	G _s	LL	PL	PI	-10 No.	-200 No.	S ₁₀₀	(75-µm)	S ₄₀	(4.75-µm)	P _{max}	g/cm ³	W _{opt}	%	k	cm/s	m _v	g/cm ³	S _{yene}	%	P _y	kg/cm ²	q _u	kg/cm ²	q _b	mpa	c	kg/cm ²	Derece	
SK-1 D1	1	1.50	23.5	-	-	-	-	-	-	NP	NP	NP	82.05	18.77	-	-	-	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-1 D2	2	3.00	26.6	-	-	-	-	-	-	NP	NP	NP	85.62	20.75	-	-	-	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-1 D3	3	4.50	24.9	-	-	-	-	-	-	NP	NP	NP	88.34	23.95	-	-	-	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-1 D4	4	6.00	28.7	-	-	-	-	-	-	NP	NP	NP	83.36	21.22	-	-	-	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-2 D1	1	1.50	25.80	-	-	-	-	-	-	NP	NP	NP	84.47	17.62	-	-	-	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-2 D2	2	6.00	27.00	-	-	-	-	-	-	NP	NP	NP	90.35	24.05	-	-	-	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-2 D3	3	9.00	23.80	-	-	-	-	-	-	NP	NP	NP	86.53	23.01	-	-	-	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-2 D4	4	18.00	26.10	-	-	-	-	-	-	NP	NP	NP	83.79	15.53	-	-	-	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Not: Numunelerin alındığı yere ait bilgiler mevcut değildir ve deney raporları deney yapılan numuneler için geçerlidir. Bu rapor ederi ile bir bölümdür. Laboratuvarın yasal izni alınmış kâğıda yazılıdır ve imzalarıyla onaylanmıştır.

Form: 42 / Revizyon: 01 / Revizyon Tarihi: 10.05.2011 / Y.Tarihi: 26.10.2010

Numune Mh. 573/9 Sk.
Gelişim Siraesi No: 3 İskenderun/Hatay

www.bayindirliklab.com.tr

Not: Kıyam limitleri deneyleri gerçekleştirilen numuneler için, PLASTİK DEĞİL GÜNEŞLE KURULAN

Tel: (0.326) 618 86 84
Fax: (0.326) 618 86 04

Ek 6. ilgili lokasyon No: 10 elek analizi deney sonuçları

60

Form 42 / Rev. No. 01 / Rev. Tar.: 10/05/2011 / Tar.: 26.10.2010

Not: Kıyama limonları deneyleri
 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 8

Te

Ek 7. ilgili lokasyon No: 18 elek analizi deney sonuçları

BAYINDIRLIK Kalite Kontrol Laboratuvarı

BELGE NO: 2761

DENEY SONUÇ RAPORU

Deneyi Talep Eden : **2761 PARSEL**

Numune Yolu : **10.08.2017**

Alındığı Tarih : **10.08.2017**

Alındığı Yer : **ASKARIBEYLİ/ISKENDERUN/HATAY**

Paltı : **2761 PARSEL**

Adı/Parsel No : **2761 PARSEL**

Deneyi Yapan : **ÖZLEM AŞKARGİÇ**

Deneyi Standart : **TS 1500 / TS 1900-1/2**

BR NO : **13144799**

Laboratuvar No : **ZL 536-17**

Deney Rapor Tarihi : **16.08.2017**

Deneyi Yapan : **ÖZLEM AŞKARGİÇ**

Deney Standart : **TS 1500 / TS 1900-1/2**

Çekim/Sonuç NO : **2761**

SONDAJ : **2761**

| AKAŞTIRMA ÇUKURU/SONDAJ NO | NUMUNE NO | DERİNLİK (m) | SU İÇERİĞİ | | DOĞAL BİRİM HACİM AĞIRLIK | KURU BİRİM HACİM AĞIRLIK | ÖZGÜL AĞIRLIK | ATTERBERG (KIVAMI) LİMLİLERİ | | | ELEK ANALİZİ | | HİDROMETRE | | ZEMİN SINIFI | KOMPAKSİYON | | PERMEABİLİTE | KONSOLIDASYON | | DAYANIM DENEYLERİ | | | | | |
|----------------------------|-----------|--------------|------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|---------------|------------------------------|-----------------|----|--------------|----|------------|---------|-------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| | | | % | dm ³ | | | | % | dm ³ | LL | PL | PI | -10 No | -200 No | | Silt (75-2µm) | Kil (<2 µm) | | P _{max} | W _{sp} | k | n _v | Signe | P _c | q _u | q _u |
| SK-1 D1 | 1 | 1.50 | 14.4 | - | - | - | - | 44.53 | 20.04 | - | - | - | - | - | GM | g/cm ³ | % | cm/s | g/cm ³ | % | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Derece |
| SK-1 D2 | 2 | 1.90 | 16.9 | - | - | - | - | 48.69 | 24.56 | - | - | - | - | GM | g/cm ³ | % | cm/s | g/cm ³ | % | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Derece | |
| SK-1 D3 | 3 | 4.50 | 13.8 | - | - | - | - | 41.89 | 17.61 | - | - | - | - | GM | g/cm ³ | % | cm/s | g/cm ³ | % | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Derece | |
| SK-1 D4 | 4 | 6.00 | 15.4 | - | - | - | - | 46.49 | 19.38 | - | - | - | - | GM | g/cm ³ | % | cm/s | g/cm ³ | % | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Derece | |
| SK-2 D1 | 1 | 1.50 | 17.3 | - | - | - | - | 43.37 | 16.69 | - | - | - | - | GM | g/cm ³ | % | cm/s | g/cm ³ | % | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Derece | |
| SK-2 D2 | 2 | 6.00 | 18.3 | - | - | - | - | 49.74 | 23.61 | - | - | - | - | GM | g/cm ³ | % | cm/s | g/cm ³ | % | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Derece | |
| SK-2 D3 | 3 | 9.00 | 12.2 | - | - | - | - | 40.16 | 15.67 | - | - | - | - | GM | g/cm ³ | % | cm/s | g/cm ³ | % | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Derece | |
| SK-2 D4 | 4 | 12.00 | 15.7 | - | - | - | - | 45.66 | 22.18 | - | - | - | - | GM | g/cm ³ | % | cm/s | g/cm ³ | % | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Derece | |

Not: Numune alanı yere ait bilgiler münferi beyan edilir ve deney raporu deneyi yapan numune için geçerlidir. Bu rapor elden ile bir şahıstır. Laboratuvarın yazılı izin alınmadan başka bir yerde kullanılmamalıdır.

Not: Kıvam limitleri deneyleri

PLASTİK DEĞİL ANDERSON

www.bayindirliklaboratuvar.com.tr

Tel : (0.326) 618 86 8

Fax : (0.326) 618 86 8

Ek 8. ilgili lokasyon No: 2761 elek analizi deney sonuçları

BELGE NO:225

BAYINDIRLIK

DENEY SONUÇ RAPORU

Kalite Kontrol Laboratuvarı

T.C.

ÇEVRE

BAK

Deneyi Yapan Kurum

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

Numuneyi Alan

: 27.01.2018

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

Alındığı Tarih

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

Alındığı Yer

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

Ada/Parcel No

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

Ada/Parcel No

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

Ada/Parcel No

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

Ek 9. ilgili lokasyon No: 20 elek analizi deney sonuçları

[illegible]

Ek 10. ilgili lokasyon No:5743 elek analizi deney sonuçları

DİZİN

A

Abstract · 2
Araştırma · 38

B

Başlık · 12, 37, 61, 66, 68

C

Konik penetrasyon CPT · 18, 38

Ç

Çizelge · 56, 57, 58

D

Dizin · 89
Deney 37, 38

E

EKLER · 79, 80, 81, 82, 83, 84,
85, 86, 87, 88, 89
Eşitlik · 33, 34, 35

F

formül · 33, 34, 35

G

Giriş · 1
Görüntü · 38

H

Harita · 3,4,7,9,11,38,63

K

Key Words · I, II

L

literatür · 68, 69, 70,
71, 72, 73, 74, 75, 76,
77, 78

Ö

Özet · 1, 2
Unvan · 34



TEKNOVERSİTE



teknoversite AYRICALIĞINDASINIZ

İSTE

