

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



VİSUAL BASIC YAZILIMI KULLANILARAK 2018 DEPREM  
YÖNETMELİĞİNE DAYALI ZEMİN SIVILAŞMA ANALİZİ YAZILIMI  
GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mahmut ÖZCAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

OCAK 2022

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



VİSUAL BASIC YAZILIMI KULLANILARAK 2018 DEPREM  
YÖNETMELİĞİNE DAYALI ZEMİN SIVILAŞMA ANALİZİ YAZILIMI  
GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mahmut ÖZCAN  
(181282005)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Bozkurt NAZILLI

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mert TOLON

OCAK 2022



**T.C.**  
**İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ**

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz, İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı 191282005 numaralı öğrencisi Mahmut ÖZCAN'ın “Visual Basic Yazılımı Kullanılarak 2018 Deprem Yönetmeliğine Dayalı Zemin Sıvılaşma Analizi Yazılımı Geliştirilmesi” adlı tez çalışması 14/01/2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aşağıdaki jüri tarafından *Oy Birliği* ile Yüksek Lisans tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

**Öğretim Üyesi Adı Soyadı**

**Jüri Onay Tarihi:** 14/01/2022

- 1) **Tez Danışmanı:** Dr. Öğr. Üyesi Bozkurt NAZİLLİ
- 2) **Jüri Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Mert TOLON
- 3) **Jüri Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Redvan GHASEMLOUNIA
- 4) **Jüri Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Gökhan KAZAR
- 5) **Jüri Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Zehra Nil TAYLAN KUTLU

**T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mahmut ÖZCAN  
(181282005)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**İstanbul Gedik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat  
Mühendisliğinde Yapılan Bu Tez Çalışması, Geoteknik Anabilim Dalı Yüksek  
Lisans Derecesi Gereksinimlerini Sağlamaktadır.**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Bozkurt NAZİLLİ**

**Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mert TOLON**

**OCAK 2022**

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Visual Basic Yazılımı Kullanılarak 2018 Deprem Yönetmeliğine Dayalı Zemin Sıvılaşma Analizi Yazılımı Geliştirilmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden olduğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim (14.01.2022).

Mahmut ÖZCAN



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimimin ve sonrasında tez çalışmamın her aşamasında özveriyle yakından ilgilenen, desteğini, değerli bilgi ve tavsiyeleriyle her zaman hissettiren kıymetli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Bozkurt Nazilli'ye ve Dr. Öğr. Üyesi Mert Tolon'a ayrıca değerli arkadaşlarım Muhammet Mücahit ve Caner Karabulut'a en samimi teşekkürlerimi sunuyorum. Maddi ve manevi olarak hayatımın her döneminde olduğu gibi yine yanımda olan aileme, arkadaşlarıma da çok teşekkür ederim, iyi ki varsınız.

Ocak 2022

Mahmut ÖZCAN  
(İnşaat Mühendisi)

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGE VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
TABLO LİSTESİ .....	xiii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE .....</b>	<b>3</b>
1.1. Zemin Kavramı .....	3
1.1.1. Zeminlerin genel özellikleri .....	3
1.1.2. Relatif sıkılık.....	4
1.1.3. İnce dane oranı ve plastisite .....	5
1.1.4. Sismik geçmişin etkisi .....	5
1.1.5. Yatay toprak basıncı ve aşırı konsolidasyon oranı.....	6
1.1.6. Kumların fiziksel özelliklerin etkisi.....	7
1.2. Deprem Kavramı .....	9
1.2.1. Deprem türleri .....	9
1.2.1.1. Tektonik depremler .....	10
1.2.1.2. Volkanik depremler.....	10
1.2.1.3. Çöküntü deprem .....	11
1.2.2. Odak derinliklerine göre depremler .....	11
1.2.3. Uzaklıklarına göre depremler.....	11
1.2.4. Fay oluşumu ve tipleri.....	12
1.2.4.1. Normal fay .....	12
1.2.4.2. Ters fay.....	13
1.2.4.3. Doğru atımlı fay .....	13
1.2.4.4. Vervev fay .....	14
1.3. Deprem - Sıvılaşma İlişkisi .....	14
<b>2. ZEMİN SIVILAŞMASI.....</b>	<b>20</b>
2.1. Dünyada ve Türkiye'de Sıvılaşma Örnekleri .....	21
2.2. Sıvılaşmayı Etkileyen Faktörler .....	23
2.2.1. Sıvılaşan zeminlerin fiziksel özellikleri .....	23
2.2.2. Dış etken ile ilgili özellikler .....	27
2.3. Sıvılaşma Türleri .....	27
2.3.1. Akma bağlı sıvılaşması .....	27
2.3.2. Devirsel hareketlilik .....	28
2.4. Sıvılaşma Analizinin Tarihsel Gelişimi .....	29

2.5 Sıvılaşma Analiz Türleri .....	48
2.5.1 2018 Deprem yönetmeliğine göre sıvılaşma.....	48
2.5.2 2007 Deprem yönetmeliğine göre sıvılaşma.....	52
2.5.3 Kayma dalga hızına göre sıvılaşma .....	54
2.6. Sıvılaşabilen Zeminlerde Deprem Yükleri Altında Sayısal Modelleme	
Yöntemleri.....	56
2.6.1. P-y Eğrileri yöntemi.....	56
2.6.2. Zaman alanında sayısal analiz yöntemleri .....	57
2.6.2.1. Sonlu elemanlar yöntemi .....	57
2.6.2.2. Sonlu farklar yöntemi.....	58
2.6.3. Parametrik çalışmalarda kullanılan bilgisayar programları ve özellikleri	59
2.6.3.1. LPILE programı ve çalışmada kullanılan p-y eğrileri.....	59
2.6.3.2. LPILE programında kullanılan malzeme modelleri.....	59
2.6.3.3. FLAC2D programında kullanılan malzeme ve bünye modelleri.....	59
2.6.3.4 Finn sıvılaşma modeli .....	60
<b>3. 2007 ve 2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNİN İNCELENMESİ .....</b>	<b>61</b>
3.1. TBDY 2018'in Getirdiği Yenilikler ve DBYBHY 2007'ye Göre Yapılan	
Değişiklikler.....	61
3.1.1. Yönetmeliğin kapsamı ve özel durumlar .....	61
3.1.2. Deprem tasarımına esas alınacak deprem yer hareketi .....	62
3.1.2.1. Deprem tehlike haritaları.....	62
3.1.2.2. Standart deprem yer hareketi spektrumları .....	64
3.1.2.3 Harita spektral ivme katsayıları .....	64
3.1.2.4 Yerel zemin etki katsayıları .....	64
3.1.3.5. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları .....	66
3.1.3.5.1 Bina kullanım sınıfları.....	66
3.1.3.5.2 Bina önem katsayıları.....	66
3.1.3.6. Deprem tasarım sınıfları (DTS) .....	67
3.1.3.7. Deprem etkisinde binaların deprem performansı.....	68
3.1.3.7.1 Dayanıma göre tasarım tanımı .....	70
3.1.3.7.2 Şekil değiştirmeye göre tasarım tanımı (ŞGDT).....	70
3.1.3.8. Deprem etkisinde bina performans hedefi .....	70
3.1.3.9. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri kapsamında	
zemin sınıfları.....	72
3.2. Zemin Sıvılaşması Durumlar ve Yönetmelik Koşulları.....	74
<b>4. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE EXCELL KULLANIMI .....</b>	<b>78</b>
4.1 Yapı Mühendisliğinde Excell Kullanımı .....	84
4.2 Diğer İnşaat Mühendisliği Branşlarında Excel Kullanımı .....	87
4.3 Geoteknik Mühendisliğinde Excell Kullanımı.....	88
4.3.1 Excell kullanımı ile taşıma gücü hesabı.....	90
4.3.2 Excell kullanımı ile kazık hesabı .....	92
3.3.3 Excell yazılımıyla şev stabilite hesaplanması .....	95
4.3.4 Excell kullanımı ile sıvılaşma hesabı.....	96
4.3.5 Excell kullanımı ile geoteknik rapor hazırlama .....	100
<b>5. ZEMİN SIVILAŞMASI ANALİZİ YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ ....</b>	<b>103</b>
5.1. Yazılım Geliştirme İhtiyacı.....	103
5.2. Yazılımın Geliştirilmesi .....	103
5.2.1. Genel iş akışı ve özellikler .....	103

5.2.2. TBDY 2018' e göre sınılaşma risk analizi .....	104
5.2.3. TDY 2007' e göre sınılaşma risk analizi .....	131
5.2.4. Kayma dalga hızına göre sınılaşma analizi.....	132
5.2.5. Karşılaştırmalı sınılaşma analizi geoteknik rapor .....	135
<b>6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR .....</b>	<b>140</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>146</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>157</b>



## SİMGE VE KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DD	: Deprem Düzeyi
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
KK	: Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
PGA	: PeakGround Accelaration
PGV	: PeakGroundVelocity
ŞDGT	: Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
$\Delta$	: Kat ötelemeleri
F1	: 1 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
FS	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
G	: Ölü yük
Q	: Hareketli yük
HN	: Bina yüksekliği
Sae(T)	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
SaeD(T)	: Düşey elastik tasarım spektral ivmesi
SDS	: Kısa periyot bölgesi için tasarım spektral ivme katsayısı
SD1	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
SS	: Kısa periyot bölgesi için harita spektral ivme katsayısı
S1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
TA	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
TB	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
TAD	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
TBD	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
TL	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu
TP	: Bina hakim doğal titreşim periyodu
Amax	: Depremin ivmesi
at	: Sıvılaşmanın gerçekleşebilmesi için gerekli başlangıç ivmesi
CN	: Düzeltme faktörü
D50	: Ortalama dane çapı
Fa	: Eşik ivme emniyet faktörü
g	: Yer çekimi ivmesi, 980ga
Gmax	: Kayma modülü
h	: Tabaka derinliği
M	: Deprem magnitudü
N	: SPT değeri

N1	: Düzeltmiş SPT
R	: Yerinin sıvılaşma anındaki periyodik kayma direnci oranı
rd	: Yerin derinlikle artan sıvılaşmaya karşı direncini temsil eden bir azaltma faktörü
Vs	: S dalga hızı
$\tau_s$	: Belli bir yerde sıvılaşmanın başlayabilmesi için gerekli sınır kayma gerilmesi
$\tau_0$	: Aynı yerde depremin meydana getireceği ortalama kayma gerilmesi
$\sigma_0$	: Toplam gerilme
$\sigma_0'$	: Efektif gerilme
$\tau_d / \sigma_0'$	: Depremden kaynaklanan periyodik gerilme oranı
$\tau_l / \sigma_0'$	: Yerin periyodik gerilme direnci
$\sigma_v$	: Toplam düşey gerilme
$\sigma_v'$	: Efektif düşey gerilme
$\gamma_t$	: Eşik kayma şekil değiştirmesi
$\rho$	: Birim hacim yoğunluk
G	: Kayma modülü
VP	: Boyuna Dalga Hızı
VS	: Kayma Dalga Hızı
Vs30	: 30 m derinlik için ortalama kayma dalgası hızı
$\nu$	: Poisson
$\gamma_n$	: Doğal birim hacim ağırlığı
$\omega$	: Su içeriği
$\gamma_k$	: Kuru birim hacim ağırlığı
To	: Zemin hakim periyodu
LL	: Likit Limit
PL	: Plastik Limit
IP	: Plastisite
Gk	: Güvenlik Katsayısı

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Deprem Oluşumları .....	9
Şekil 1.2: Tektonik Depremler .....	10
Şekil 1.3: Volkanik Depremler .....	10
Şekil 1.4: Çöküntü Depremler .....	11
Şekil 1.5: Fay Oluşumu ve Tipleri.....	12
Şekil 1.6: Normal Fay.....	13
Şekil 1.7: Ters Fay.....	13
Şekil 1.8: Doğru Atımlı Fay .....	14
Şekil 1.9: Verev Fay .....	14
Şekil 1.10: Sıvılaşma etkisi.....	16
Şekil 1.11: Ani olarak yükselen boşluk suyu basıncı ile zemindeki kontak kuvveti kaybolur sıvılaşma durumu ortaya çıkar .....	16
Şekil 1.12: Sıvılaşma kaynaklı hasar örnekleri.....	18
Şekil 2.1: Zemin tanelerinin durumu a) statik koşullarda b) tekrarlı yüklemeler etkisinde .....	20
Şekil 2.2: California San Fernando Depremi.....	21
Şekil 2.3: 1964 Niigata Depremi; Kawagishi-Cho Binası.....	21
Şekil 2.4: 1964 Niigata Depremi; Showa Köprüsü .....	22
Şekil 2.5: Zemin Sıvılaşması ve Yetersiz Temel Boyutlandırması Sonucu Yana Devrilmiş Bir Yapı .....	22
Şekil 2.6: 1999 Depreminde Sakarya İlinde Zemin Sıvılaşması Sonucuyla Yıkılan Yapı .....	23
Şekil 2.7: Andrews ve Martin (2000) Ortaya Koyduğu Zeminlerin Sıvılaşmaya Karşı Duyarlılık Şartları.....	24
Şekil 2.8: Seed ve Diğerlerinin (2003) Uygun Bulduğu İnce Tanedeki Zeminlerin Sıvılaşma Sınırları .....	25
Şekil 2.9: Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirmesi.....	25
Şekil 2.10: Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirmesi.....	26
Şekil 2.11: Artan PI Değerine Karşılık Gelen Kumlu Zemin Davranışından Killi Zemin Davranışına Geçişin Şematik Gösterimi.....	27
Şekil 2.12: Akmaya Bağlı Sıvılaşma Oluşması ve Suya Doygun Gevşek Zeminin Drenajlı Olmayan Durumdaki Davranışı .....	28
Şekil 2.13: Devirsel Hareketlilik Oluşum.....	29
Şekil 2.14: Abdoun ve Diğerlerinin (1999), Oluşturdukları Kazık Santrifüj Deney Düzeneği.....	36
Şekil 2.15: Abdoun ve diğ. (2005), santrifüj deneylerinde ortaya koydukları dağılımlar .....	37
Şekil 2.16: Bir iş tezgahının sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesi .....	58
Şekil 3.1: 1945 Deprem Haritası .....	62
Şekil 3.2: 1963 Deprem Tehlike Haritası .....	62
Şekil 3.3: 1975 Deprem Tehlike Haritası .....	63

Şekil 3.4: 1996 Deprem Bölgeleri Haritası .....	63
Şekil 3.5: Kısa Periyot 4 Deprem Yer Düzeyi Hareketine Ait Sismik Haritalar.....	64
Şekil 3.6: Bina Performans Durumları .....	69
Şekil 4.1: Ulaşım problemi için ağ oluşumu .....	84
Şekil 4.2: Ulaşım problemi için örnek Excel görünümü .....	84
Şekil 4.3: Excel ile taşıma gücü hesabı .....	91
Şekil 4.4: Tablo bölümünde yer alan yöntemler ve formülasyonda ki parametreler.	92
Şekil 4.5: Terzaghi formülüne göre tablolar.....	92
Şekil 4.6: Meyerhof Yöntemiyle Kil ve Kum Zeminde, Vesic Yöntemiyle Kil Zeminde Excel Programı ile Kazık Taşıma Hesabı İlk Kısım .....	93
Şekil 4.7: Excel Programı ile Kazık Hesabı .....	94
Şekil 4.8: Tek Kazık İçin Oturma Hesaplanması .....	94
Şekil 4.9: Grup Kazık Oturma Hesaplanması.....	95
Şekil 4.10: Verimlilik ve Oturmaların Kıyaslanması .....	95
Şekil 4.11: Sıvılaşma Excel Sayfası .....	100
Şekil 5.1: Yazılımında Analizin Tablolar ile Düzenlenmesi .....	104
Şekil 5.2: Yazılımın Başlangıç Sayfası .....	105
Şekil 5.3: Kayıtlı Analizler Ara yüzü .....	105
Şekil 5.4: Sondaj verileri arayüzü.....	114
Şekil 5.5: İçeri aktarmada kullanılan ek ara yüz.....	117
Şekil 5.6: İçeri aktarım için verilerin seçilmesi ve aktarım .....	120
Şekil 5.7: Sondaj verilerinin düzenlenmesi için kullanılan arayüz.....	121
Şekil 5.8: SPT-N için kullanılan ara yüz .....	122
Şekil 5.9: SPT-N hesabından sonra analiz durumu .....	123
Şekil 5.10: Direnç hesabı arayüz gösterimi .....	123
Şekil 5.11: Risk durumu arayüz gösterimi .....	124
Şekil 5.12: Rapor öncesi gerekli bilgiler için kullanılan arayüz.....	126
Şekil 5.13: TBDY 2018 raporu için örnek sıvılaşma derinlik grafiği .....	130
Şekil 5.14: TBDY 2018 raporu için örnek SPT-N derinlik grafiği .....	131
Şekil 5.15: TDY 2007 sondaj numune verilerinin giriş ekranı.....	132
Şekil 5.16: Kayma dalga hızına göre sıvılaşma analizinde sondaj verilerinin girildiği arayüz .....	133
Şekil 5.17: Kayma dalga hızına göre sıvılaşma analizinde sondaj verilerinin gösterimi.....	134
Şekil 5.18: Kayma dalga hızına göre sıvılaşma analizinde sondaj verilerinin düzenlenmesi.....	135
Şekil 5.19: Sıvılaşma oranlarının kıyaslandığı arayüz .....	136
Şekil 5.20: Metotların derinlik - sıvılaşma güvenlik sayıları grafiği.....	138
Şekil 5.21: Metotların derinlik-sıvılaşma ilişkisi güvenlik sayıları grafiği(2) .....	139

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 2.1:</b> Fay Segmenti Yaklaşımı ile Senaryo Deprem Büyüklüğünü Veren Eşitlikteki a ve b Katsayıları .....	49
<b>Tablo 2.2:</b> SPT Düzeltme Katsayıları .....	51
<b>Tablo 3.1:</b> Yerel Zemin Sınıfları .....	65
<b>Tablo 3.2:</b> Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları.....	65
<b>Tablo 3.3:</b> Saniye Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları .....	66
<b>Tablo 3.4:</b> Bina kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları .....	67
<b>Tablo 3.5:</b> Deprem Tasarım Sınıfları .....	68
<b>Tablo 3.6:</b> Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında) .....	71
<b>Tablo 3.7:</b> Farklı Deprem Seviyelerindeki Binalar İçin Beklenen En Düşük Performans Hedefleri .....	71
<b>Tablo 3.8:</b> DBYBHY-2007 Yönetmeliğince Tanımlanmış Zemin Sınıfları ve Sınıfların Tespiti İçin Kullanılan Deneyler .....	73
<b>Tablo 3.9:</b> DBYBHY-2007 Yönetmeliğince Tanımlanmış Lokal Zemin Sınıfları... 74	74

# VİSUAL BASIC YAZILIMI KULLANILARAK 2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE DAYALI ZEMİN SIVILAŞMA ANALİZİ YAZILIMI GELİŞTİRİLMESİ

## ÖZET

Bu tez çalışması İstanbul Gedik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün İnşaat Mühendisliği'nde Geoteknik Ana Bilim Dalı ve Makine Öğrenmesi alanlarında multi-disipliner çalışmayı içermektedir ve Geoteknik Mühendisliği Yüksek Lisans derecesi gereksinimlerini kapsamaktadır.

Dünya nüfusunun hızlı artışı ve eski yapıların yeniden revize edilmesi ya da yeni yapılara ihtiyaç duyma isteği bazı büyük şehirlerde kullanılabilir alanların azalması mühendisleri zemine yönlendirmektedir. Elbette bu büyüme ve genişlemenin bir sonucu olarak, yapılara uygun olmayan zemin türlerinde de yapılaşmaya ve kullanılabilir alanın artırılmasına yönelik ihtiyaç duyulmuştur.

Tüm yerkürede ve kendi coğrafyamızda doğal afet olan deprem yoğunlukla gerçekleşmektedir. Türkiye'nin coğrafi konumu ve jeolojik durumu sebebiyle bu sarsıntılar fazlasıyla görülmektedir. Türkiye'de son senelerde meydana gelen sarsıntılar ile beraber artan ölüm oranları, hale hazırda ki yapılarda ve zemin arasındaki etkileşimini incelendiğinde üst yapı tasarımı yapılırken zemin faktörü dikkate alınmadığı eski yıllarda görünmüş ve bunun sonuçları felaketlere sebep olmuştur. Dünyada ve ülkemizde meydana gelen sarsıntılar sonucunda elde edilen gözlemler ve tahribatların bir bölümünün zeminde ki sivilaşmanın sonucunda meydana geldiği ortaya çıkmıştır.

Literatürde depremin sebep olduğu etkiler altında, üstünde herhangi bir yapı olmayan, serbest saha şartlarındaki sivilaşmaya dair potansiyelin bulunmasına yönelik herkesin ortak kabul olmasına karşın, üstünde yapı ya da başka bir yük bulunan, zemin- yapı etkileşiminin olduğu vaziyetler için sivilaşma olasılığının olup olmadığını bulunmasına yönelik ortak görüşler bulunmamaktadır.

Tez kapsamında zeminde sivilaşma durumunu Excel'de hazırlanan program sayesinde daha hızlı ve yerinde tespitlerle hızlı sonuç alınması odaklanmıştır. 2018 Deprem Yönetmeliği ve 2007 Deprem Yönetmeliğinde ki farklılıkları ve yeni Deprem Yönetmeliği ile gelen yeniliklerin zemindeki etkileşimini ve farklı zemin gruplarına ait bileşenlerin bir arada değerlendirilmesiyle 2007, 2018 ve Kayma Dalga Hızına Göre Sivilaşma analizi yapılarak sonuçlar elde edilmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Deprem, Zeminde Sivilaşma, Zemin Problemleri, Yönetmelikler*

## **DEVELOPMENT OF SOIL LIQUIDATION ANALYSIS BASED ON 2018 EARTHQUAKE REGULATIONS BY USING VISUAL BASIC SOFTWARE**

### **ABSTRACT**

This thesis study includes multi-disciplinary study in Geotechnical Department and Machine Learning in Civil Engineering of Istanbul Gedik University Graduate Education Institute and covers the requirements of Geotechnical Engineering Master's degree.

The rapid increase in the world population, alongside the request to reexamine the old constructions or to require new designs, and the decline in available regions in major urban areas lead engineers to soil work. Obviously, due to this growth and expansion, there was a need for construction and increasing available parts of soil types that are not suitable for buildings.

The earth quake, a catastrophic event, is frequently experienced both globally and in Turkey. Due to Turkey's location and geological structure, earthquake occurrences are pretty high in Turkey. When the casualties increased with the earthquakes in Turkey in the recent years and the interaction between the existing structures and the soil, it is seen in the past that the soil factor was not considered while designing the superstructure; therefore, The consequences have been catastrophic. It has been observed that some of the damages observed in the structures after the quakes in Turkey are due to soil liquefaction.

In spite of the fact that there are standard perspectives on the assurance of the liquefaction potential in free field conditions under tremor loads, there is no design on it; There are various perspectives on the assurance of the liquefaction potential on account of soil-structure association with construction on it. Even though there are common views on the determination of the liquefaction potential in free field conditions under earthquake loads, there is no structure on it; there are different views on the determination of the liquefaction potential in the case of soil-structure interaction with a structure on it.

Within the scope of the thesis, the focus is on obtaining rapid results with faster and on-site determinations of the liquefaction situation in the soil, thanks to the program prepared in Excel. Furthermore, it is targetted to obtain results by making Liquefaction analysis according to 2007 and 2018 quake codes and Shear Wave Velocity by evaluating the differences in the 2018 quake Code and the 2007 quake Code, the interaction of the innovations with the new Earthquake Code, and the components belonging to different soil groups together.

**Keywords:** *Quake, Liquefaction of Soil, Soil Problems, Regulations*

## 1. GİRİŞ

Yerin en dip noktalarında aniden meydana gelen çatlaklar ya da kırılmalar sonucunda meydana gelen ve titreşimler halinde yayılarak oluşan enerjiye deprem denilmektedir. Depremler hayatın normal akışında olumsuzluklara sebep olan doğa olayıdır. Deprem alt yapıyı, üst yapıyı ve zemini olumsuz yönde etkilemektedir.

Yerkabuğunda ki sarsıntılar esnasında, zemin içerisinde ki su hizasının normalden yüksek olması durumunda, su ile doymuş kohezyonsuz olan zeminlerde, statik ve dinamik kuvvetler etkisinde zemin içerisinde ki boşluk suyu basıncının yükselmesiyle, zemin suya benzer bi hareket gösterir. Buna sıvılaşma denilmektedir. Sıvılaşma sonucunda kohezyonsuz zeminlerde taşıma gücünde azalmalar oluşmakta, bunun neticesinde zeminde hasarlar meydana gelmektedir. Zemin mukavemetini kaybettiğinden sonra üzerine binen yük ya da altında bulunan yapılarda farklı hasarlar oluşmaktadır. Özellikle zemin taşıma gücünü kaybettiğinden sonra üst yapıda ki yükleri taşıyamama durumu ortaya çıktığında, zeminin üzerinde ki yapıda geri dönüşü olmayan yıkımlar ortaya çıkabilir. Benzer etkiler zeminin altında ki yapılarda da karşımıza çıkmaktadır. Örnek vermek gerekirse; su ya da doğalgaz borularının yerin içinde olduğu zemin yapılarında, boru hatlarında sapmalar sonucunda hasarlar meydana gelmektedir. Bu hasarlardan farklı olarak; zeminin tamamının oturması ya da belirli bir kısmının oturması, yatay yerdeğiştirme, yanal yayılmada görülebilir.

Tüm yerkürede ve kendi coğrafyamızda doğal afet olan deprem yoğunlukla gerçekleşmektedir. Türkiye’de coğrafi konumu ve jeolojik durumu sebebiyle bu sarsıntılar fazlasıyla görülmektedir.

Tüm yerkürede ve kendi coğrafyamızda doğal afet olan deprem yoğunlukla gerçekleşmez. Türkiye’de coğrafi konumu ve jeolojik durumu sebebiyle bu sarsıntılar fazlasıyla görülmektedir. Yurdumuzun son senelerde meydana gelen sarsıntılar ile beraber artan ölüm oranları, hâlihazırda ki yapılarda ve zemin arasındaki etkileşimini incelendiğinde üst yapı tasarımı yapılırken zemin faktörü dikkate alınmadığı eski yıllarda görünmüştür. Bunun sonuçlara felaketlere sebep olmuştur. Dünyada ve ülkemizde meydana gelen sarsıntılar sonucunda elde edilen

gözlemler ve tahribatların bir bölümünün zeminde ki sıvılaşmanın sonucunda meydana geldiği ortaya çıkmıştır. Ülkemizi etkileyen en önemli depremlerden 1999 Marmara depremi binlerce ölüme sebep olmuş ve ağır maddi hasarlar görülmüştür. Merkez üssü Gölcük olan bu depremle beraber yeni problemler ortaya çıkmıştır. 1999 merkez üssü gölcük olan depremde meydana çıkan en kritik sorunlardan biri de üst yapı dizayn edilirken, yapının oturacağı zemin göz önüne alınmamasıdır. Aynı çevrede olmasına rağmen yapılarda gözlemlenen hasarlar farklı farklı olmuştur. Bu da yapıyla zemin arasındaki bağlantının hesabına dikkat edilmemesinden kaynaklanmaktadır.

.Literatürde depremin sebep olduğu etkiler altında, üstünde herhangi bir yapı olmayan, serbest saha şartlarındaki sıvılaşmaya dair potansiyelin bulunmasına yönelik herkesin ortak kabul olmasına karşın, üstünde yapı ya da başka bir yük bulunan, zemin- yapı etkileşiminin olduğu vaziyetler için sıvılaşma olasılığının olup olmadığını bulunmasına yönelik ortak görüşler bulunmamaktadır.

Tez kapsamında zeminde sıvılaşma durumunu Excel'de hazırlanan program sayesinde daha hızlı ve yerinde tespitlerle hızlı sonuç alınması odaklanmıştır. 2018 Deprem Yönetmeliği ve 2007 Deprem Yönetmeliğinde ki farklılıkları ve yeni Deprem Yönetmeliği ile gelen yeniliklerin zemindeki etkileşimini ve farklı zemin gruplarına ait bileşenlerin bir arada değerlendirilmesiyle 2007, 2018 ve Kayma Dalga Hızına Göre Sıvılaşma analizi yapılarak sonuçlar elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Bölüm 1'de Zemin nedir nasıl oluşur, zemini etkileyen parametreler incelenmiş. Bölüm 2'de zeminde sıvılaşma nasıl oluşur, depremin etkileri sıvılaşmayı tetikleyen durumlar incelenmiştir. Bölüm 3'te İnşaat mühendisliği için Excel'in kullanım alanları faydaları ve kullanım şekillerine yer verilmiştir. 4. Bölümde zemin için daha önceden hazırlanmış bir programı daha genişleterek ve özelleştirilerek ne aşamalarda hazırlandığına tek tek yer verilmiştir. Sonuçlar kısmı ile analizler ve gözlemler sonucu tez kapsamında elde edilen veriler incelenmiştir.

## 1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 1.1. Zemin Kavramı

Zemin; tanelerden oluşan, taneler arası boşluklarında su ve/veya hava bulunduran, çökel ortamlarında çökelmiş fakat taşlaşmaya uğramamış, gevşek tutturulmuş kırıntılı çökellerden meydana gelen doğal malzemelerdir. Zemin, diğer bir tanımla katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç fazdan oluşan, izotrop ve homojen özellik göstermeyen, özellikleri; zaman, jeolojik tarihçe ve çevre koşullarına bağlı olarak kayaların ayrışması sonucu büyük değişiklikler gösteren malzemeler olarak da tanımlanabilir (Özaydın, 2007).

Zemini oluşturan taneler aradaki bağlayıcı (çimento) malzemenin etkisiyle birbirine iyice tutturulmuş halde bulunuyorsa (taşlaşma süreçlerini tamamladıysa) o zaman kaya veya kayaç adını alır. Bu adlandırma, zeminin kullanıldığı yere göre değişmektedir (Acar, 2017).

Zemin tanımı jeoloji mühendisleri için, inşaat mühendislerinin ve başka diğer mesleklerin ortak olarak; masif kayanın en üst alanında olan mineral ve doğal maddelerin birleşimi olarak ya da yeryüzünün kabuğunu oluşturan en dış katmanı, tane tane, boşluklarlı kaplı maddelerin (materyaller) birleşmesi durumuna denir. Umumi hatlarıyla yapıyı oluşturan zemin tabakası; katı, sıvı ya da gazdan oluşur. Bunlar; katı olarak bahsettiğimiz zemin tanesi sıvı olarak ise su gaz olarak ise havadır. Zemin içerisinde ki bu karma tanecikler belirli oranda bulunarak zeminin cinsini ortaya çıkarır (Bozkurt, 2014).

#### 1.1.1. Zeminlerin genel özellikleri

Zeminler yapıları itibariyle kompleks (karma) yapıdadırlar. Zeminin genel karakteristik özellikleri bakımından her ne kadar homojen görünümde olsalar da heterojen yapıda malzemelerdir. Başka bir ifadeyle, fiziksel olarak ve mekanik özellikleri bakımından kendi içerisinde yerel ve yöne bağlı önemli çeşitlilik gösterir. Bu sebepten zeminler üç boyutlu sistemlerdir.

Doğada zeminin genel özelliklerini ve karma yapısındaki her bir danenin özelliklerini belirlemek için farklı deneysel ve arazi yöntemleri bulunmaktadır. Genellikle zeminin profilini sondaj veya sondalama denilen delgi çalışmaları ile tespit edilir. Bu çalışmalar yoğun bir tempo ve uzun uğraşlar gerektirir.

Birçok malzeme veya yapı gerecinde olduğu gibi zeminde üç fazdan oluşmaktadır (Katı, sıvı, gaz). Zemin içindeki katı madde oranı sıvı veya gaz oranına göre zeminin cinsi ortaya çıkmaktadır. Sıvılar özel bir durumlar olmadığı sürece genelde zeminde su taneciklerinden oluşur. Gaz ise hava ve onun içerdiği su buharından oluşmaktadır. Zemini oluşturan bu parametreler ağırlıklar ve hacimleriyle temsil edilirler. Bu hacim (V) ve ağırlık (M) arasındaki oran zeminin profili hakkında bize bilgi vermektedir.

Zemin doğa koşulları ve çevre etkileri göz önünde tutularak danelerle birlikte su, hava veya bunlarından her ikisi de bir arada bulunabilirler. Bu zemin parametrelerinin oranları zeminlerin yapısının tüm özelliklerini etkileyebildiği gibi bu orana bakarak zeminin türü ve olası davranışlarını tahmin edilebilir.

Zeminler genel özellikleri bakımından iki ye ayrılır; iri daneli zeminler ve ince daneli zeminler. İri daneli zeminler çakıl ve kum boyutundaki zeminlerdir. Bu tür zeminler de kohezyon (daneler arası çekim) yoktur, içsel sürtünme açısına sahip zeminlerdir. İnce daneli zeminler ise silt ve kil boyutundaki zeminlerdir. Kohezyona sahiptirler ve kil suya doygun ise içsel sürtünme açısı sıfır kabul edilebilir. Silt kil ile kum dane boyutu arasında kalan zemin türüdür. Kil sulu ortamda plastititesi yüksek olan bir zemin türüdür. Bu zemin türlerini ayırmak için elek analizi yöntemi vardır. 200 nolu elekten geçen zemin danelerine ince daneli (kil silt), 200 nolu elekte kalan zemin danelerine iri daneli zeminler denir (Url-2).

### **1.1.2 Relatif sıklık**

Relatif Sıklık, Dr, daneli zeminlerde sıvılaşma ve oturma problemlerinin ve oluşabilecek risklerin belirlenmesinde temel noktalardan biridir. İlk seviyede relatif sıklık arttıkça, titreşim esnasında düşey doğrultuda oturma ve boşluklarda oluşan su basıncı azalmaktadır. Relatif sıklık, kohezyonlu olmayan zeminlerde tekrarlanan kuvvetler etkisinde olası disiplinini belirleyen en kritik etkenlerdendir (Altun, 2004).

Zeminlerde ki yoğunlukların yükselmesiyle, kesme esnasındaki hacim azalması isteğiyle birlikte boşluklardaki suyun basıncı düşmektedir, bundan dolayı sıvılaşma riski de düşüş göstermektedir (Ferritto, 1997).

Bağıl sıklık, zeminin altındaki katmanın ne derece boşluklar arası mesafesi az (sıkı) olduğunu yüzde olarak bize gösteren bir etkidir. Bağıl sıklık değerinin yüzdesi ne kadar düşük ise daneler arasındaki mesafesinin o kadar büyük değerlerde olduğu anlaşılır. Bu olayda deprem esnasında zemin içerisinde olan yeraltı suyunun daneler etrafına yerleşip viskoz bir sıvı gibi davranış göstermesine neden olur. Zeminlerde sıvılaşma olgusu bu duruma bağlı olarak gerçekleşmektedir.

### **1.1.3 İnce dane oranı ve plastisite**

Uygulanan ilk zeminde ki sıvılaşma uygulamalarında ince tane içeriğine çok önem verilmeyip araştırma yapılmamasına rağmen, günümüzde ki ve son yıllarda ki çoğu sarsıntıda taneciklerin su ile dolu ve ince dane içinde barındıran kumlu zemin profillerinde de sıvılaşmanın gerçekleştiği görülmektedir. Bundan dolayı ince danelilerin sıvılaşmaya olan etkilerini araştırmaya başlanmıştır (Polito, 1999).

Yapılan uygulama ve çalışmalarda, ince daneli yapının plastisitesi ve içeriği kumlu olan zeminlerin sıvılaşmaya olan ilişkisi hususunda fikir ortaklığı sağlanmıştır. İnce daneli bir malzemenin siltli veya killi olması halinde, bundan da etkin parametre plastiklik durumu veya plastik olmama bir durum halinde zeminin çevrimsel dayanımında (mukavemet) dengeli farklılıkların ortaya çıktığı olayı, azımsanmayacak kadar fazla bir araştırmacı tarafından uygun görülmüştür.

### **1.1.4 Sismik geçmişin etkisi**

Zemin içerisinde bulunan bir kum tanesinin sıvılaşma ihtimali, bu kum tanesinin önceki çalışmalarda sürekli yükler etkimesi halinde maruz olduğu durumdan etkilendiği çoğu bilim adamıyla onaylanmış ve de gözlemlenmiştir. Kumda ki bu tepkinin hangi yönde olacağını ya da önemini daha da iyi anlamak üzere, benzer şekilde ve benzer sıklık oranında ayarlanmış numunelerden belirli bir kısmı çok az bir titreşime maruz bırakılmıştır. Bütün numuneler üzerine yapılan olması gereken gerilme oranlarının, herhangi bir titreşime maruz bırakılmamış numunelere göre %50'den daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Yıllar önce veya yakın zamanda deprem etkisine maruz kalmış kum tanelerinin, yukarıda söylenildiği gibi deneylerde numunelere tabi tutulmuş olması halinde titreştirilmesinden daha da fazla etkili titreştirmelere maruz kaldıklarını varsayarsak, kum tanelerinin sıvılaşmaya etkisine bağışıklık göstererek, titreşime maruz kalmamış tanelere göre çok daha fazla direnç gösterdiği görülmektedir. Bu deneyde numunenin maruz kaldığı titreşim derecesi de büyük önem taşımaktadır. Numunenin etki altında kaldığı titreşim derecesi çok küçük kalmışsa ve sıvılaşma olayına sebep olmamış ise genel olarak tanelerde mukavemetinde (dayanım) bir yüksel bir sağlamlık artışı oluşurken, sıvılaşma olması halinde azalmaya sebep olmaktadır. Bu tip davranışa sebep olarsa uygulanan titreşimler sonrasında ortaya çıkan farklılıklar gösterilebilir. Yapısal olarak tane tane içerikli kum zeminlerinde, minimum boyutta ki titreşimlerin taneler ve tane üzerindeki(yüzeyinde) softluğu aynı daneye bakıldığında çok daha net sıkışmasına ve bu sebepten kayma dayanımını sağlayan iki etkiden birisi tanelerin kenetlenmesinin artışına sebep olduğu için sıvılaşma riskine karşı oluşturulan etkide de bir yükselme görülür. Buna karşılık olarak büyük genişliğe sahip titreşimlerin maruzu etkisinde kalan zemin profillerinin davranış şekillerinde farklılık meydana gelir. Daha önceden sıvılaşmış numunelerde ortaya çıkan dane kenetlenmeleri, meydana gelen çevre basıncıyla aynı boşluk suyu basıncının daneleri az kısa bir zamanda ayrılması sonrasında ortadan kalkar ve tekrardan sıvılaşmaya karşı direncinde eksilme meydana gelir (Ferrito,1997).

Zeminde sıvılaşmaya tepki olarak en yüksek direnci gösteren numuneler, büyük frekanslı titreşime tabi tutulmuş numunelerdir. En hafif numuneler ise hava ortamında ya da su içerisinde yağmurlanma tekniğiyle oluşturulmuş olanlardır. Bu şekilde sıvılaşmadan hemen sonra örneklerin sulu ortamda yağmurlanma tekniğiyle oluşturulmuş örneklere benzeri istikamet gösterdiği söylenebilir. Sıvılaşma ile ilgili yapılan çalışmalarda zeminde daha önceden olan sismik geçmişiyle alakalı veriler önemli bir yer tutar (Ferrito,1997).

### **1.1.5 Yatay toprak basıncı ve aşırı konsolidasyon oranı**

Sıvılaşma riskini tetikleyen diğer faktör yataydak ki toprağın etkisidir. Yatay toprak basıncı katsayısı  $K_0$ 'ın artmasıyla ön sıvılaşmaya sebep olacak gerileme oranlarında büyük miktarda yükselmelerin olacağı ortaya çıkmıştır.

Suya doymuş zeminlerde uygulanan bazı çalışmalarda, zemine uygulanan konsolidasyon basınçları arttıkça, numunelerin hareketli dirençleri düşerek sıvılaşma olasılığının arttığı görülmüştür (Castro ve Paulos, 1982).

Yapılan birçok mühendislik yapısının tasarım ve projelendirme uygulamasında, yatay toprak basınçlarının bilinmesi ve belirlenmesine gerek duyulmaktadır. Özellikle temel, temel altı, istinat yapılarını boyutlandırırken yanal toprak basınçlarının ne olduğu ve bu doğrultuda uygulama yapılması gerekmektedir.

### **1.1.6 Kumların fiziksel özelliklerin etkisi**

Kumların en etkili fiziksel özellikleri dane boyutu, dane şekli ve derecelenme olarak düşünülebilir. Yapılan tüm araştırmalar ve yaşanan bütün depremler, sıvılaşan zeminlerin dane boyutlarının belli bir sınır arasında kalmayıp büyük aralıkta değişeceği kanısına varılmıştır. Bu sebepten relatif sıklığı az, iyi derecelenmemiş kumlar, iyi derecelenmiş kumlara göre daha az dinamik mukavemete (dayanım) sahiptir. Fazla relatif sıklıklardaysa tam zıttı bir davranış görülmektedir.

Kumların dane boyutları yanı sıra şekilleri de sıvılaşmayı etkilen önemli parametrelerdendir. Yuvarlak şekillere sahip daneler, köşeli, kırık danelere oranla daha hızlı bir araya gelme isteği sergiledikleri için sıvılaşma oluşturmaya daha yatkındırlar. Köşeli veya kırık daneli zeminler belli sınırlarda konsolidasyon basınç durumuna kadar sıvılaşmaya olayına karşı çok daha dirençli olduğu ancak büyük basınçlarda köşelerin kırılıp ince dane oluşturmaları sebebiyle sıvılaşmayı basitleştirici şekilde bir etki oluşturdukları gözlenmiştir.

Wang ve Law (1994), sıvılaşabilir zeminlerin karakteristiklerini şu şekilde özetlemişlerdir:

Ortalama dane boyutu  $d_{50} = 0.02-1.00$  mm.

İnce dane ( $d < 0.005$  mm) içeriği %10'dan az.

Üniformluk katsayısı ( $d_{60}/d_{10}$ )  $< 10$

Plastisite İndisi  $I_p < 10$

Kum içeren zemin danelerin laboratuvar koşullarında ya da kendi yerinde (arazide) ortaya çıkan durum değerlendirildiğinde en önemli parametre kendi içerisinde bulundurduğu sıklık derecesidir. Sıklık durumlarına bağlı olarak kumlu zeminler

gevşek ( $35 rD \leq$ ), orta sıkı kum ( $36 rD \cong -70$ ) ya da sıkı kum ( $71 \% \geq rD$ ) olmak üzere sınıflandırılır. Laboratuvar ortamlarında suya doymuş gevşek kum, orta sıkı kum ve sıkı kum örnekleri üzerinde drenajsız disiplinler sayılacak şekilde oluşturulan tekdüze yüklemeli laboratuvar deneylerinde örneklerin sıklık değerine bakılarak üç farklı davranış biçimi ortaya koymuşlardır (Castro1969; Poulos vd 1985; Ishihara 1993; Kramer,1996).

Yapılan laboratuvar ve arazi deneyleri verilerine göre ortaya çıkan gerilme-deformasyon ve boşluk suyu basıncı-deformasyon sonuçlarında ki eğrilere göre, gevşek kum, yani sıklık hassasiyeti en az olan örnekte, kayma gerilmesi ilk başta en üste seviyede belirli bir seviyeye geldikten sonra hızlı bir düşüşe geçmiş, boşluk suyu basıncı ise tekrarlı ve hızlı bir artma gözlemlenmiştir. Yapılan uygulamanın neticesinde örnekte büyük miktarda hasar olduğu gözlemlenmiştir.

Sıkı olmayan kum numunelerinin ortaya çıkardığı bu durum hasar gerginlik azalması davranışı olarak ifade edilmiştir. Bu olayla aynı durumu Castro (1969) göre sıvılaşma olarak adlandırılmıştır.

Orta sıkı kum örneklerinde, kayma gerilmesi ilk başta belirli bir düzeyde artış göstermiş beraberinde azalmaya başlamış ve en sonunda artmaya devam etmiş. Yapılan deney esnasında boşluk suyunun oluşturduğu basınç ilk başta belirli seviyede artış göstermiş devamında azalma göstermiştir. Böyle bir davranış şekline ise sınırlı deformasyon olarak adlandırılmıştır. Bu davranış biçimi Castro (1969)'ya göre sınırlandırılmış sıvılaşma olarak adlandırılmıştır.

Sıkı kum örneklerinde, kayma gerilmesi devamlı bir yükselişte olmuş boşluk suyu basıncı ilk başta belirli bir seviye artmış ancak devamında süratle düşüş göstermiştir. Bu duruma deformasyon sağlamlaşması olarak adlandırılmıştır. Şayet buradaki üç numune örnekleri üzerinde drenajlı bir deney yapılırsa sıkı kum örneklerinde dilatasyon, gevşek kum örneklerde sıkılaşma, orta sıkı kum numunede ilk başta belirli bir seviyede sıkışma devamında dilatasyon ortaya çıkması beklenmelidir (Tonaroğlu, 2006).

Kumlu zeminlerin gösterdiği davranışı etkileyen ilk başta gelen ve en önemli durumun sıklık derecesinin sebep olduğunu Casagrande (1936) tarafından kritik boşluk oranı çizgisi ile belirtmiş, devamında ise başka araştırmacılar tarafından zeminlerin davranışı ile ilgili daha büyük araştırmalar olmuştur.

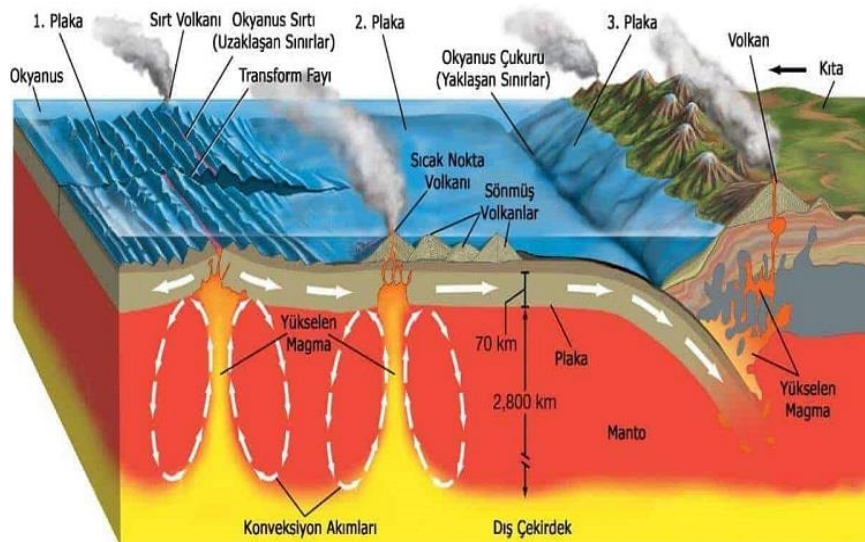
## 1.2. Deprem Kavramı

Deprem kavramı, yer kabuğunda birikmiş olan enerjiden açığa çıkan ani kırılmalar ve oluşan titreşimlerin dalgalar halinde yayılırken uğradıkları yerler yer kabuğuna etkisi ya da sarsması olarak açıklanmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi bir oluşum gerçekleşmektedir (Yeşilce ve Demirdağ, 2020). Doğal afetlerin arasında, en çok maddi ve manevi kayba sebep olan afetler depremlerdir (Düzceer, 2002). Depremler sismograf adı verilen cihazlar yardımı ile ölçülmektedir (Ellsworth, 1991).

### 1.2.1. Deprem türleri

Elastik kırılma teorisinde yer kabuğunun içinde bulunan ve fay adı ile bilinen kırık hatların üzerinde zaman içerisinde enerji birikimi gerçekleşir. Enerji birikiminden sonra enerjinin birden boşalması ile yer değiştirme hareketleri oluşur. Yer değiştirmelere neden olan hareket ise karmaşık elastik dalga hareketleridir. Yer değiştirme miktarları direkt olarak deprem büyüklüğünü etkilemektedir. Yeryüzüne yakın gerçekleşen ve sık deprem olarak adlandırılan depremlerde oluşan kırıklar görülebilmektedir. Şekil 1.1'de Depremin oluşumunun nasıl gerçekleştiği görülmektedir (Atabey, 2000).

Yer kabuğunun hareket etmesine ve sarsılmasına birçok farklı durum neden olmaktadır. Bunlara göre 3 farklı tür gerçekleşmektedir. Bu türler (Pampal ve Özmen B, 2006); Tektonik Deprem, Volkanik Deprem, Çöküntü Deprem biçiminde adlandırılmaktadır.

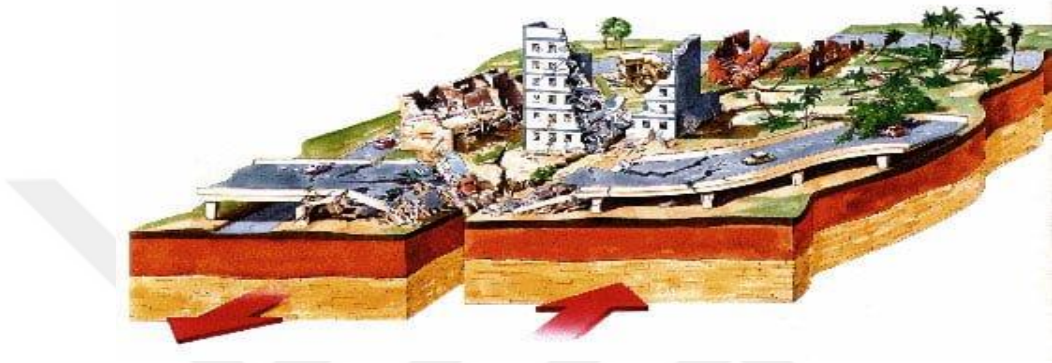


Şekil 1.1: Deprem Oluşumları

Kaynak: (Url-2)

### 1.2.1.1. Tektonik depremler

İç kuvvetler nedeni ile meydana gelen gerilimlerin boşalmasıyla yer kabuğunda sarsıntılar oluşur, bu sarsıntılar deprem literatüründe tektonik deprem olarak ifade edilmektedir. Bu depremler gerek bıraktığı hasar gerek etki ettiği bölge ve şiddetiyle en yıkıcı depremler arasında yerini almaktadır. Şekil 1.2’de bu deprem oluşumu gösterilmektedir. Dünyada meydana gelen depremlerin %90’nı tektonik depremlerdir (Tabban, 1970).

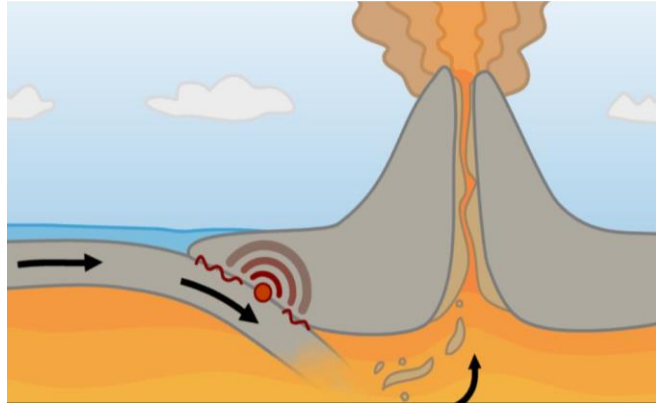


Şekil 1.2: Tektonik Depremler

Kaynak: (Url-3)

### 1.2.1.2. Volkanik depremler

Bu depremler, volkanların püskürmesinden kaynaklanan sarsıntılar olarak görülmektedir. Yerin derinliklerde ergimiş yeryüzüne çıkarken oluşan kimyasal reaksiyonlar çerçevesinde gazların yapmış olduğu patlamalar nedeniyle bu çeşit depremler oluşmaktadır. Bu depremler yanardağ kaynaklı olmasından dolayı yerel olup, büyük yıkama sebebiyet vermezler (Şekil 1.3). Özellikle İtalya ve Japonya’da bu tür depremler sıklıkla görülmektedir (Ergünay, 1976).

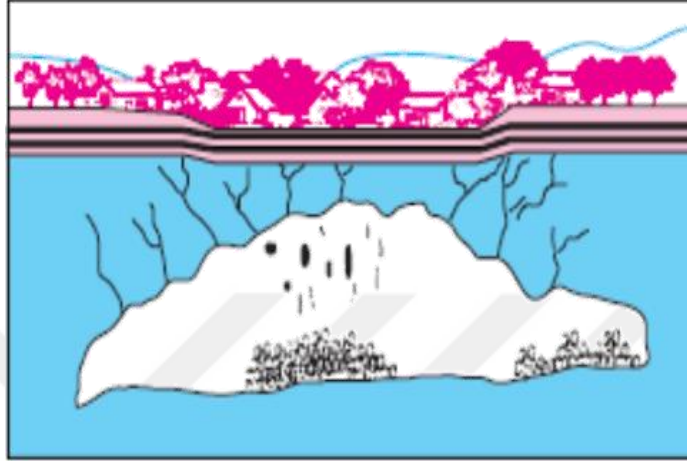


Şekil 1.3: Volkanik Depremler

Kaynak: (Url-4)

### 1.2.1.3. Çöküntü deprem

Çöküntü depremler, Şekil 1.4'te görüldüğü gibi yerin içinde oluşan boşlukların, kömür ocaklarında, mağaralarda yer alan galerilerin, jips ve tuz içerikli kayaçların erimesi neticesinde meydana gelen boşlukların zaman içerisinde çökmesinden dolayı meydana gelmektedir (Gülkan ve diğ., 1993).



Şekil 1.4: Çöküntü Depremler

Kaynak: (Url-5)

### 1.2.2. Odak derinliklerine göre depremler

Yer kabuğunun içinde enerjilerin birikmesi ve deprem anında enerjinin boşaldığı noktaya (bölge) odak derinliği denilir. Odak derinliği yeryüzüne en yakın mesafedir. Depremler odak derinliklerine göre 3 türe ayrılmıştır;

- Sığ bölgede gerçekleşen depremler,
- Orta derinlikte gerçekleşen depremler,
- Derin bölgede gerçekleşen depremler.

Odak derinlikleri 300 km üzeri olan depremler derin, 71-300 km arasında gerçekleşen depremler orta derinlikte gerçekleşen depremler ve 0-70 km arasında gerçekleşen depremlere de sığ bölgede gerçekleşen deprem türleri denilmektedir (Özmen ve diğ., 1997).

### 1.2.3. Uzaklıklarına göre depremler

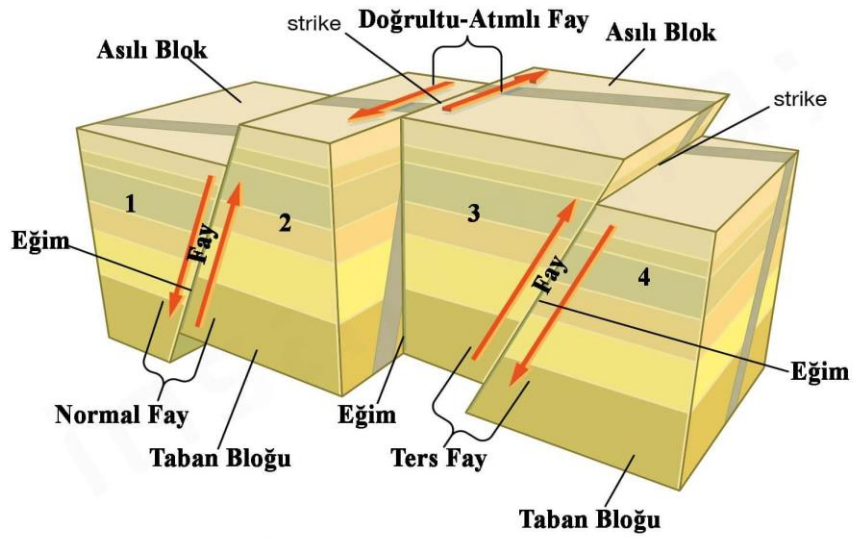
Deprem merkezlerinden deprem istasyonlarına kadar olan mesafeye göre depremler 4'e ayrılmaktadır. Bu türler (Akkar ve Bommer, 2006);

- Yakın mesafe depremler,

- Bölgesel depremler,
- Yerel depremler,
- Uzak mesafe depremlerdir.

#### 1.2.4. Fay oluşumu ve tipleri

Yer kabuğunun birbirini ters yönde hareket etmesinden kaynaklı genişleme veya birbirlerine doğru hareketinden kaynaklı sıkışma hareketleri ile faylar oluşabilir. Fay düzlemi; kırılmaların olduğu düzlemdir. Fay düzlemi üzerinde bulunan bloğa tavan bloğu, altında bulunan bloğa ise taban blok adı verilir. Tavan ve taban blok arasında gerçekleşen yer değiştirmeye atım denilir. Fay oluşumu Şekil 1.5'te görülmektedir. Faylar oluşumları bakımından; Yanal Atımlı fay (Yatay Fay), Diyagonal Fay (Verev/Çapraz Fay), Ters Fay, Normal Fay olarak dört başlık altında incelenir (Cauzzi vd. 2008).

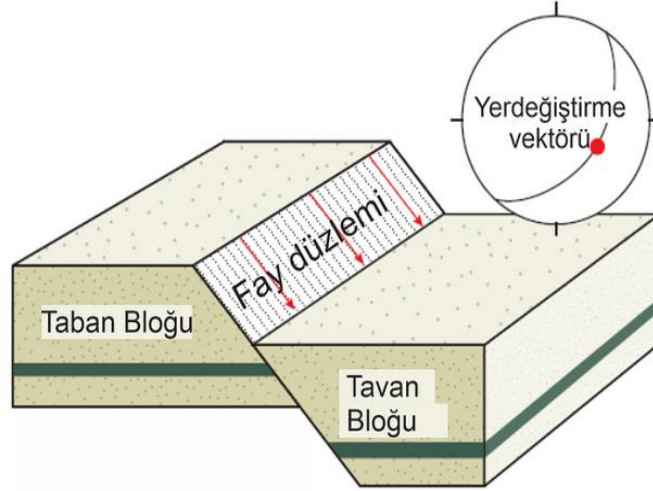


Şekil 1.5: Fay Oluşumu ve Tipleri

Kaynak: (Url-6)

##### 1.2.4.1. Normal fay

Normal fay eğimli olan fay düzlemi üzerinde bulunan tavan bloğunun aşağı yönde hareketinin gerçekleştiği faylara denilmektedir. Normal faylarda iki blok birbirlerinden uzaklaşır ve yatay yönde çekme kuvveti ile birlikte normal fay çeşidi oluşmaktadır. Normal fay görseli Şekil 1.6'da verilmiştir. Marmara Bölgesindeki depremlerde bu tip faylardan dolayı meydana gelmektedir (Cauzzi et. al. 2013).

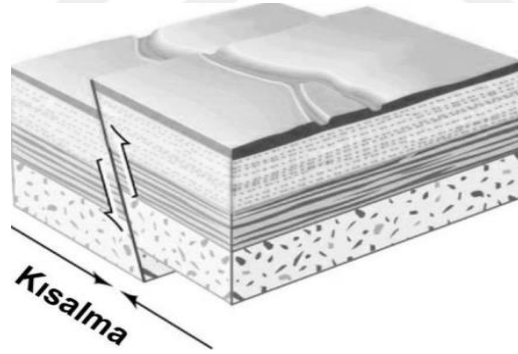


**Şekil 1.6: Normal Fay**

**Kaynak:** (Url-7)

#### 1.2.4.2. Ters fay

Ters fay hareketinde eğimli olan ters fay düzlemi üzerinde bulunan tavan bloğu yukarı doğru hareket etmektedir. Ters fayın görseli Şekil 1.7’de verilmiştir. Yer kabuğunun yatay yönde basınç kuvveti uygulaması sonucunda ters faylar oluşmaktadır (Alyamaç ve Erdoğan, 2005).



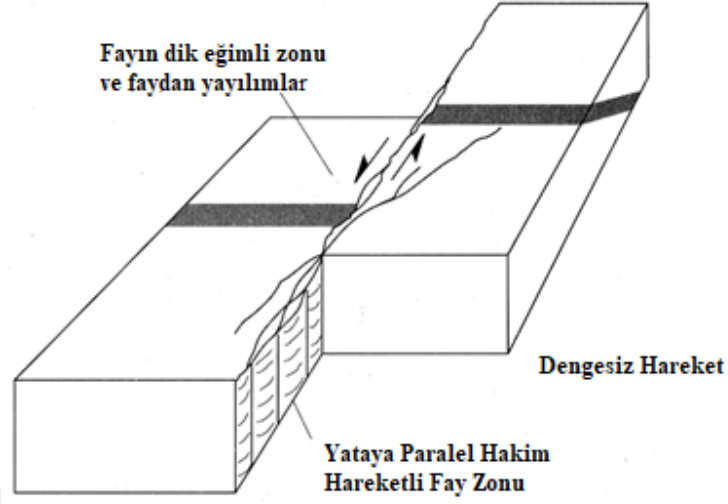
**Şekil 1.7: Ters Fay**

**Kaynak:** (Url-7)

#### 1.2.4.3. Doğru atımlı fay

Doğru atımlı fay çeşidinde düzey düşeyde ve düzlemin her iki yanında yer alan blokların birbirlerine karşı ters yönde hareketleri gerçekleşmektedir. Bu durum Şekil 1.8’de gösterilmiştir. Görselde bloklar yatay olarak birbirlerinden uzaklaşmakta ve bu tür fayları yatay yönde ki hareketleri üstten bakış ile görülmektedir. Üstten bakıldığı anda relatif yer değiştirmenin yönü hangi yönde doğru ise atılım ona göre

isimlendirilebilir. Örnek olarak; KAFH (Kuzey Anadolu Fay Hattı) sağa atımlı fay hattı olarak gösterilebilir (Ergünay ve Erdik, 1984).

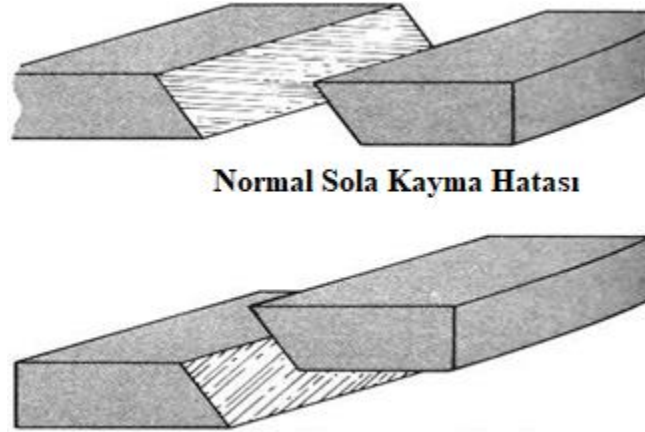


**Şekil 1.8:** Doğru Atımlı Fay

Kaynak: (Url-7)

#### 1.2.4.4. Verev fay

Bloklardaki yatay hareketiyle, bloklardan birinin düşey olarak hareket etmesi ile oluşan faylardır. Fay düzlemi boyunca hareketin hem düşey hem de yatay yönde olduğu faylardır (Şekil 1.9) (Ambraseys et.al. Finkel, 1987).



**Şekil 1.9:** Verev Fay

Kaynak: (Url-7)

### 1.3. Deprem - Sıvılaşma İlişkisi

Sıvılaşma kelimesinin kökeni latince olup “liquefacere” kökünden gelmektedir. Tanım olarak sıvılaşma, boşluk suyu basıncının aniden artması nedeniyle zemin

dayanımındaki çok hızlı kaybı tanımlayan özellikle deprem durumunu işaret eden bir kavramdır

Bu tanım literatürde ilk kez 1948 yılında, Terzaghi ve Peck tarafından, gevşek olan kumlarda, ani bozulmalar kaynaklı olarak ortaya çıkan, büyük dayanım kaybını tanımlamak amacı ile kullanılmıştır (Terzaghi, Peck, 1948). Benzer şekilde, 1953 yılında Kubo ve Mogami, deprem tarafından tetiklenen çevrimsel yükleme kaynaklı olarak zeminin kesme mukavemetindeki kaybı tanımlamak için kullanılmıştır. Fakat 1964 yılında, Japonya, Niigata depremine dek bu kavramın önemi tam manasıyla anlaşılabilmiştir. Ancak Niigata depreminde yapısal hasarın kaynaklarının, büyük ölçüde zemindeki sıvılaşma potansiyeli barındıran suya doymuş kumlu zeminlerin üzerinde yapılmış olan yapıların dönmesi ve çökmesi olduğu rapor edilmiştir (Mogami, Kubo, 1953).

Sıvılaşma tanimsal olarak, drenajsız koşullar altındaki suya doymuş kohezyonu olmayan zeminlerde adimsal artan veya çevrimsel kuvvetler etkisi nedeniyle bozulmasından kaynaklanan zemindeki deformasyonları barındıran bir dizi etkiler ile beraber değerlendirilmiştir. Drenajlı olmayan yükleme etkileri altında çok yüksek boşluk suyu basıncı meydana gelmesi, tanımlanan, sıvılaşma hadiselerinin tamamında gözlenmektedir (Nurhan, 2008).

Şekil 10-a'da görülebileceği gibi, incelenen zeminde çok yüksek efektif gerilme meydana geliyorsa, sarsıntı sıklığı ya da özel çevrimsel gerilmeler, zemin taneleri arasında olan kontak alanlarında kayma etkisine sebep olması muhtemel olmalıdır. Zemin dane kontakları arasında kayma tipi etkiye sebep olabilmek (Şekil 10-b), bu kontakların kararsız olmasına sebep olabilmek ve zemine gelen yükleri iletebilmek için sarsıntı sıklığı ya da belirlenmiş stres çevrimlerinin sayısı, zemin taneleri arasındaki stabilite kararlılığını bozacak denli yüksek olmalı ve ayrıca temas noktalarında ortaya çıkan yük suya iletilebilmeli, ayrıca zeminde boşluk suyuna ait basıncı da yükseltebilmelidir (Şekil 1.10c) (Nurhan, 2008).



(a) sıvılaşmadan önce zemin taneleri



(b) zemin taneleri arasında kontak kuvvetleri



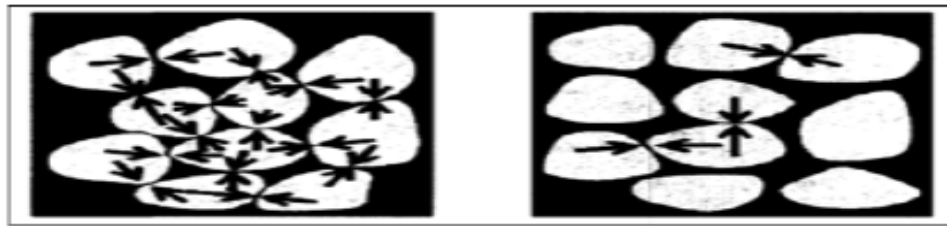
(c) sıvılaşma sonrasında zemin taneleri

**Şekil 1.10:** Sıvılaşma etkisi

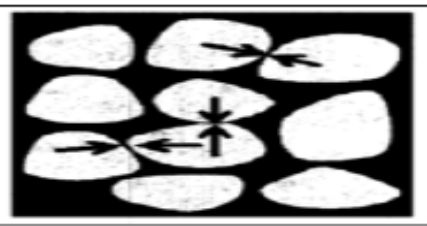
**Kaynak:** (Url-1).

Sıvılaşma hadisesi asıl, sismik sarsıntı ya da başka ani yüklemelerin sonucunda zemin dayanımı ve rijitliğinin aniden azalması olayıdır. Buna bağlı olarak, sabit artımlı ya da dinamik yükleme koşulları altında aşırı boşluk suyu basıncının oluşması nedeniyle zeminin kesme dayanımının büyük bir yüzdesinin kayb olduğu bir olgudur. Taneli tipte zeminler için, meydana gelen büyük boşluk suyu basıncı, zemin daneleri arasındaki kontak kuvvetinden fazla olursa sıvılaşma etkisi ortaya çıkar (Şekil 1.11) (Castro, 1969).

Bu yüzden, zemindeki daneleri arasında olan kontakın kaybolması neticesinde efektif kayma direnci düşer, hızla değişen kuvvet nedeniyle zemin yük taşıma durumu katı iken sıvı haline döner. Bu nedenle, zemin taşıma gücü zayıflar ve sonuçta sıvılaşma ortaya çıkar. Sıvılaşma hadisesi, genelde, büyük boşluk suyu basıncı, kesme oluşumu ile meydana gelen drenajsız yükleme durumunda gözlemlenir (Castro, 1969).



**Başlangıç Hali**



**Sıvılaşma Hali**

**Şekil 1.11:** Ani olarak yükselen boşluk suyu basıncı ile zemindeki kontak kuvveti kaybolur sıvılaşma durumu ortaya çıkar

**Kaynak:** (Moghami, Kubo, 1953; Casagrande, 1975, Castro 1969).

Sıvılaşma bir başka tanımla suya doymuş, gevşek kum içerikli zeminler için, tekrarlanan titreşim karakterli yükleme altında, kum zeminde oluşan sıkışma ve hacim daralmasının meydana gelmesidir. Söz konusu durum, drenajsız durumlar altında, boşluk suyu basıncında artmaya sebep olur. Tekrarlı yükleme kum

zemindeki tabaka içinde boşluk suyu basıncındaki artışı tetiklediğinde, zeminde oluşan toplam gerilme değeri, boşluk suyundaki basınç değerine erişebilir. Bunun sonucunda, kohezyonu olmayan kum içeren zemin içinde kayma dayanımı yok olur ve zemin bir sıvı gibi davranır böylece zeminde aşırı yer deformasyonları meydana gelir. Bunun sonucunda sıvılaşma olayı gerçekleşir (Tolon, 2013).

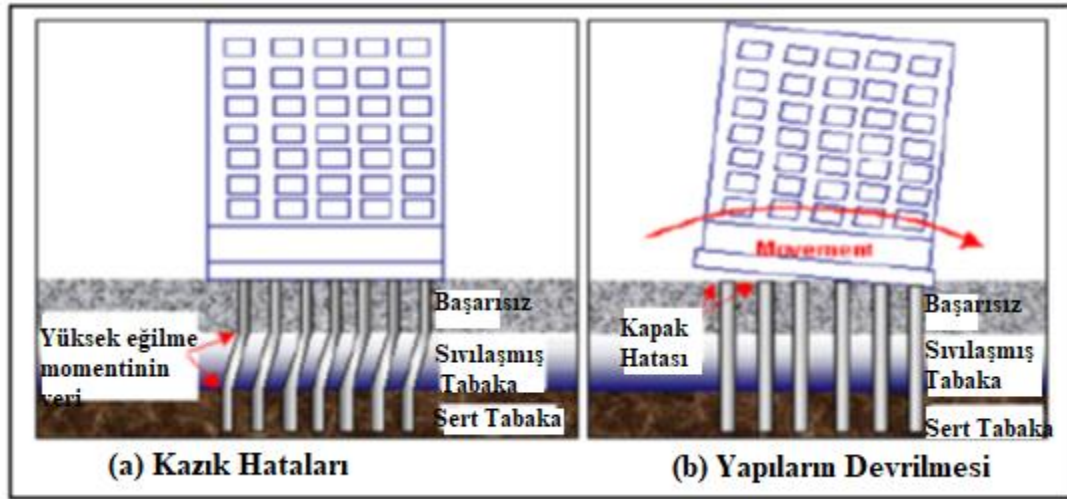
Kumlu zeminde sismik etki altında sıvılaşmasının görülmesi en yaygın örnekler olarak; 1964 Niigata, 1920 California Calvers, 1938 Montana Fort Peck, 1948 Fukui, 1971 California San Fernando, 1964 Alaska Anchorage, 1980 Mino-Owari bilinmektedir. Türkiye'deki en yaygın görülen sıvılaşma ise 1999 Marmara merkezli deprem esnasında meydana gelen sıvılaşma olaylarıdır. Sıvılaşma terimi, oluşumunun kompleks olması yüzünden, tepkilerin nonlineer olması gibi, malzemedeki dengesizlikleri, deneylerin ve nümerik hesap kısıtları, malzemenin modelleme formülasyonu nedeniyle olabildiğince güvenilir ve gerçeğe yakın tahmin metotları ortaya konulmalıdır. Sıvılaşma hadisesinin sebep olduğu ölümler, yaralanmalar ve şehirlerin altyapısında oluşan hasarlar, riskli olan bölgelere ait sıvılaşma için mevcut potansiyelin deprem öncesinde tespit edilip değerlendirilmesi için sağlam ve güven duyulan metodlara gereksinim duyulmasına neden olmuştur (Tolon, 2013).

Sıvılaşma tanım olarak “artan boşluk suyu basıncı ve azalan efektif gerilme sonucunda granüler bir malzemenin katı halden sıvı hale dönüşmesi” olarak tanımlanmaktadır (Youd et al. 2001). Bununla birlikte sıvılaşma, vibrasyon esnasında kumda hacim daralırken aşırı boşluk suyu basıncı meydana gelmesiyle suya doymuş sıkı olmayan kumda mukavemet ve dayanım kaybı oluşumudur.

Sıvılaşma, aynı zamanda suya doymuş olan zeminlerde, zemin daneleri arasındaki boşluk hacminin tamamıyla suyla dolduğu zeminlerde meydana gelir. Söz konusu boşluk suyu basıncı, zeminin tanelerinin üstünde, taneciklerin birbirine uygulamış olduğu seviyede basınç uygular. Bir depremin öncesinde, boşluk suyunun basıncı nispeten daha düşüktür. Fakat, sismik titreşimler, boşluk suyu basıncı seviyesinin, zemin danelerinin birbirine göre kolayca hareket edebileceği seviyeye kadar artışa neden olur. Depremden oluşan titreşim genelde boşluk suyu basıncı değerinde meydana gelen bu artışı tetikler, ancak patlama benzeri inşaatla sırasında olabilen insan kaynaklı faaliyetler de boşluk suyu basıncının artmasına yol açabilir. Sıvılaşma

yalnızca suya doymun zeminlerde meydana geldiğinden dolayı, etkileri en fazla nehir, göl, koy ve okyanus gibi büyük su hacimlerine yakın olan yeraltı su tablası altındaki kısımlarda gözlemlenir. Sıvılaştırmanın sonucu olarak zeminde büyük toprak kaymaları görülebilir (Raghudeep, 2008).

Sıvılaştırma aynı zamanda, kum kaynamalarına, yatay yayılmalara, akım kırılmalarına, büyük oturmalara, zeminde dayanım kaybı sonucu göçmelere, kazıklarda kırılmalarına (Şekil 1.12) ve binaların evrileri (Şekil 12) gibi yıkıcı zemin kaynaklı hasara sebep olur. Akış sıvılaştırması kaynaklı hasarların, aniden ortaya çıkması, gelişim hızı ve genelde sıvılaştırılan zeminde hareket gerçekleşen mesafeler ile gösterilir (Raghudeep, 2008).



**Şekil 1.12:** Sıvılaştırma kaynaklı hasar örnekleri

**Kaynak:** (Url 1)

Büyük oranda suya doymun zeminlerde, drenaj olmayan döngüsel yükler altında aşamalı şekilde yumuşama gidişatı ortaya çıkar, takiben statik etkiler altında limitli hareketlere erişme durumu, döngüsel aktivite şeklinde ifade edilir. Döngüsel aktivite etkisinde kalan zeminler, drenaj olmayan durum altında monotonik tarzda yüklere maruz kaldığında, hacimsel genişlemeye başlayarak boşluk suyu basınçlarını azaltır, böylece ilkin yumuşar, fakat takiben sertleşecektir. Döngüsel aktivite sonucu, deformasyonların değerinden ayrı şekilde dayanımda önemli bir farklılık olmayacağından sıvılaştırmadan ayrılabilir (Seed, 1979).

Zemin kütlelerinde tanımlanan statik denge durumu için gereken kesme direnci, sıvılaştırılmış haldeki zemine ait kesme dayanımından fazla olması durumunda, akım sıvılaştırması oluşabilir. Akım sıvılaştırması durumunun tersine, döngüsel aktivite, statik

kayma gerilmesi, sıvılaşmış zeminde kayma dayanımından düşük olması durumunda ortaya çıkar (Kramer, Seed, 1998; Kramer 1996). Suyu doymuş olan kumlu zemin sismik etki altında kaldığında, sıkışma ve hacimde düşme eğilimi gözlemlenir. Zemindeki su drene edilemiyorsa, zemin hacminin azalması sonucu zemin tanecikleri arasında suyun sıkışmasına neden olarak boşluk suyundaki basınçta artışa neden olur. Efektif gerilme kuralına göre, efektif gerilme değeri, toplam gerilme değerinden boşluk suyu basıncı değerinin çıkarılması ile bulunur (Seed, Lee, 1966).

$$\sigma' = \sigma - u \quad (1)$$

Buraki eşitlikte;

$\sigma'$  = efektif gerilme,

$\sigma$  = toplam gerilme,

$u$  = boşluk suyu basıncı olarak tanımlanmıştır.

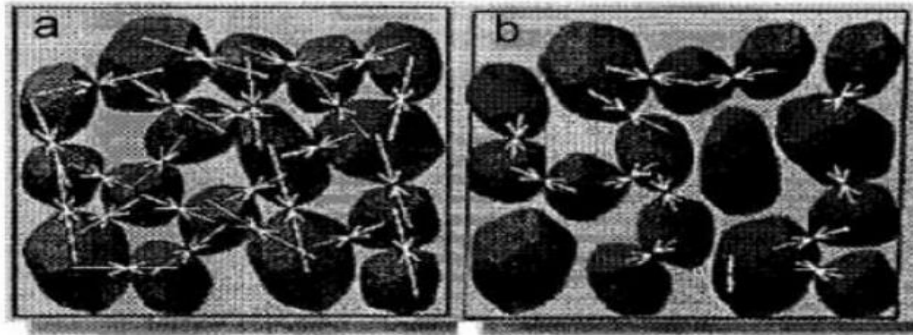
Hesaplanan toplam gerilmeye ait değer değişmez,  $u$  yani boşluk suyu basıncı aşamalı şekilde yükseldikçe, efektif gerilme değeri olan  $\sigma'$  aşamalı şekilde düşer. Boşluk suyuna ait gerilme değeri, toplam gerilme değeri ile aynı olduğu noktaya dek artarsa, aradaki fark gerilmesi sıfıra iner. Zemindeki dayanımı ve rijitlik ve efektif gerilme değerine bağlı olduğundan, efektif gerilme sıfıra ulaştığında yani zeminde gerçekleştiğinde zemindeki dayanım ortadan ve sıvılaşma meydana gelir (Seed, Lee, 1966).

Sıvılaşma gerçekleşmesi riskinin dikkate alınması, eşdeğer sismik etki ve sıvılaşma dayanımı için yapılan ölçümlerin kıyaslanması ile yapılır. Sismik yükün karakterinin tespiti için en genel yaklaşım, döngüsel kayma gerilmeleri ile yapılan yaklaşımdır. Döngüsel kayma gerilmesi genliği değeri, hesabın başındaki efektif düşey gerilme ile normalize edilerek, döngüsel gerilim oranı (CSR) hesap edilir. CSR, sismik etki nedeniyle zemine ait profilde değişik derinliklerde etkilenmiş olan yükleme düzeyini gösterebilir. Çevrimsel kayma gerilmelerini dikkate almak için değişik yöntemler vardır: Bu amaçla saha response analizleri yapılabilir yada CSR'yi zemin yüzeyi ivme genliğinin bir fonksiyonu olarak belirlemek için “basitleştirilmiş” bir yöntem yararlanılabilir (Kramer, 1996; Seed, Lee, 1966).

## 2. ZEMİN SIVILAŞMASI

Danecikleri su ile dolu, sıkı olmayan kumlu/siltli zeminlerde, sürekli kuvvetler etkisinde birbirine yanaşma doğrultusunda olduğundan, drenajsız durumlarda boşluklardaki suyun yükselmesine sebep teşkil eder. Sürekli kuvvetler ya da yükler etkisinde kum içerikli zeminde boşluklardaki suyun basıncı yükselmesiyle boşluklardaki suyun basıncının toplam gerilmeye yanaştığı zamanlarda kohezyonlu olmayan zemin kayma gücünü yitirerek sıvı davranmaktadır (Dülger, 2015).

Özener (2007) sıvılaşma potansiyelini Şekil 2.1-a'da gösterildiği şekilde statik durumlarda zeminlerde ki taneciklerin ortasındaki temas gücü beyaz olan oklarla sunmuş ve de deprem anında daneciklerin su ile dolu zeminlerin sudan uzaklaşmadığında boşluklardaki suyun basıncı yükselerek efektif gerilmelerin ve zeminin dayanımını düşüneceğinden bahsetmiştir. Şekil 2.1-b'de temas halinde olan kuvvetlerin oklarındaki sayı ya da büyüklüğünde meydana gelen düşüş efektif gerilmelerdeki düşüşleri vurguladığı, zemindeki dayanımında ki ortaya çıkan bu düşüş zemindeki ağırlıkta yüksek oturlamara sebep olup hasarlar meydana gelmesine neden olacağını belirtmiştir.



**Şekil 2.1:** Zemin taneciklerinin durumu a) statik koşullarda b) tekrarlı yüklemeler etkisinde

**Kaynak:** (Özener, 2007)

Dayanımını kaybetmiş sıvı gibi davranan zeminler yüksek yer değiştirme hareketine maruz kalacak ve yüksek deformasyonlara sebep olacaktır (Özener, 2007).

## 2.1. Dünyada ve Türkiye'de Sıvılaşma Örnekleri

Eski yıllarda meydana gelen sarsıntılarda sıvılaşmaya bağlı yıkımların örnekleri görülmektedir. Örnek vermek gerekirse; 1920 California Calvers, 1938 Montana Fort Peck, 1948 Fukui, 1964 Niigata, 1964 Alaska, 1971 California San Fernando, 1980 Mino-Owari, 1996 Ceyhan Depremi ve 1999 merkez üssü Gölcük olan Marmara depremi olarak sıralanabilir. Aşağıda ki şekillerde sıvılaşmaya bağlı hasarların meydana getirdiği olumsuz koşulların örnekleri gösterilmektedir: Şekil 2.2, Şekil 2.3 ve Şekil 2.4.



**Şekil 2.2:** California San Fernando Depremi

**Kaynak:** (Gündüz ve Arman,2005)



**Şekil 2.3:** 1964 Niigata Depremi; Kawagishi-Cho Binası

**Kaynak:** (Gündüz ve Arman, 2005)



**Şekil 2.4:** 1964 Niigata Depremi; Showa Köprüsü

**Kaynak:** (Gündüz ve Arman, 2005)

Türkiye’de birçok deprem meydana gelmiştir. Büyük çapta etkileri olan merkez üssü Gölçük olan 1999 depreminde 18.000’den fazla ölüm 48.000’den fazla yaralanma görülmüştür. 285.000’den fazla ev hasar almış ve 42.000’den fazla da iş yeri hasar görmüştür. Bu denli büyük çapta hasarların meydana geldiği bu depremin sonrasında sivilaşmaya bağlı olarak farklı farklı yapılarda farklı etkiler görülmüştür. Sivilaşma kaynaklı etkilerin görüldüğü aşağıdaki Şekil 2.5 ve Şekil 2.6’da net bir şekilde görülmektedir. Aynı çevrede bulunan iki farklı yapının aynı deprem etkisine maruz kalmasına rağmen depremden etkilenme durumu çok farklı olmuştur. (Gündüz ve Arman, 2005).



**Şekil 2.5:** Zemin Sivilaşması ve Yetersiz Temel Boyutlandırması Sonucu Yana Devrilmiş Bir Yapı

**Kaynak:** (Gündüz ve Arman, 2005).



**Şekil 2.6:** 1999 Depreminde Sakarya İlinde Zemin Sıvılaşması Sonucuyla Yıkılan Yapı

**Kaynak:** (Gündüz ve Arman, 2005)

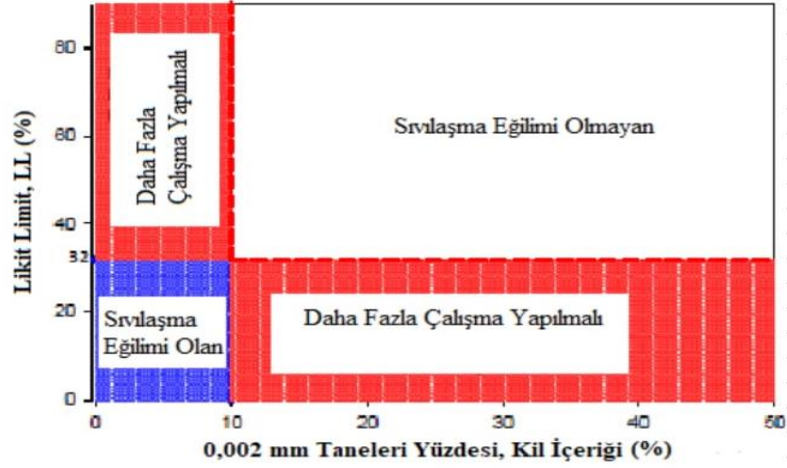
## 2.2. Sıvılaşmayı Etkileyen Faktörler

Sismik etkinin (deprem) sonucunda sıvılaşmaya sebep olan başlıca etkenler şu şekildedir; zemin yapısının fiziksel olarak özellikleri, zemin içerisindeki boşluk miktarı, rölatif sıklığı, zeminin eski yıllarda etkilendiği yükler (kuvvetler), deprem şiddeti, sismik etkinin yükleme zamanı ve de frekansı. Herhangi bir zemin türünün sıvılaşmaya karşı hassasiyeti olup olmadığını birçok faktörün birlikte aynı zamanda uygulanmasıyla bulunur, şartlar zemin türünün iç yapısıyla sıvılaşmaya sebep olan dış etkilerin özellik hassasiyetine göre değerlendirilir (Tonaroğlu, 2006).

### 2.2.1. Sıvılaştıran zeminlerin fiziksel özellikleri

Sıvılaşmaya bağlı risk genellikle kumlu zeminlerde ve plastiklik durumunu olmayan siltli zeminlerde görülmekte, plastiklik durumu olan levha şeklindeki siltli zeminlerde ve killi zeminlerde sıvılaşma riskinin oluşması yüksek değildir veya duyarlı yapıda olan killi zeminlerde deprem etkisinde kesme gerilmeleriyle beraber sağlamlığı (rijitliği) ya da mukavemetinde düşüşler olabilmekte ve de sıvılaşma gibi bir etki durumu olabilmektedir. (Yıldırım, 2009). Çin kriteriyle adıyla bilinen sıvılaşma risk potansiyeli kıyaslarını Wang (1979) uygun görmüştür. Wang (1979)'a bu durumu zeminlerin içerisinde ki kil miktarının %20'den daha az, likit limitin 21-35 değerlerinde olması, Pl 'nin 4-14 değerlerinde ve de zeminin su durumunun likit limitlerinin 0,9 katındanda fazla olması durumunda sıvılaşmayla karşılaşılacağı ön görülmüştür. Çin kriterlerinden başka farklı bilim insanları zeminlerdeki sıvılaşma

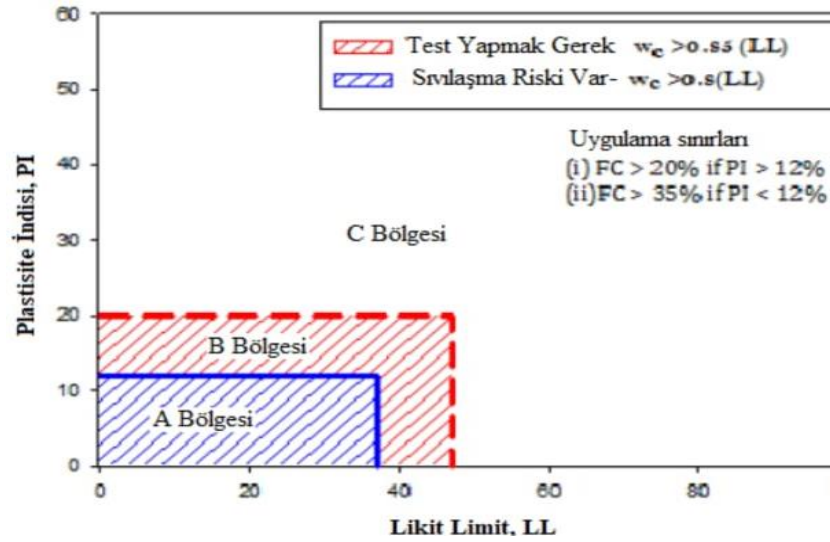
durumunu yeni bakış açıları kazandırmıştır. Zeminin indeksleriyle 0.002 mm daneli %10 değerinden daha düşük ve LL miktarı 32'den daha düşük olması halinde sıvılaşma riskinin oluşabileceği fikrini ortaya koymuşlardır, bu durum şekil 2.7'de görülmektedir (Andrews ve Martin, 2000).



**Şekil 2.7:** Andrews ve Martin (2000) Ortaya Koyduğu Zeminlerin Sıvılaşmaya Karşı Duyarlılık Şartları

Seed ve diğerleri (2003), zeminin sıvılaşma riskinin zemin indeks esaslarına göre Şekil 2.8'de belirtildiği şekilde gösterilmiştir:

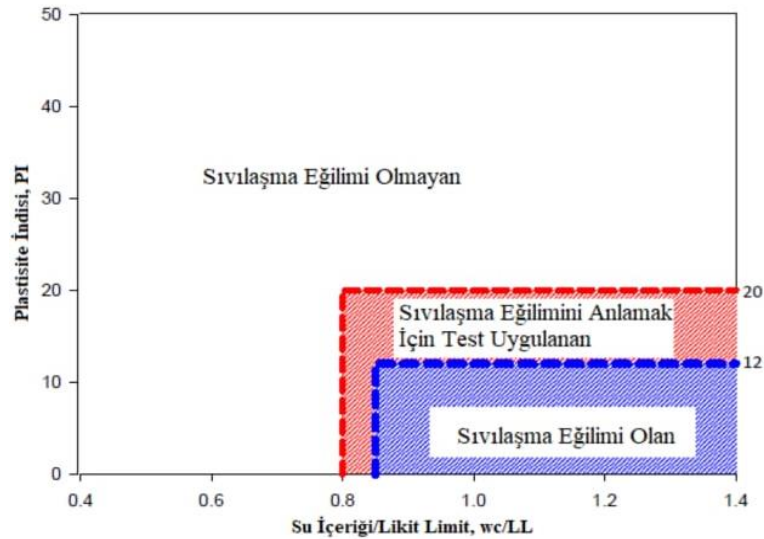
- i. Zeminlerin indeks ölçütleri  $PI < 8$  arasındaysa A bölgesinde bulunan zemin türünün sıvılaşma riskinin olduğunu,
- ii. Zeminlerin indeks ölçütleri  $12 < PI < 85$  arasındaysa B bölgesinde bulunan zeminlerin sıvılaşmaya karşı durumun orta derecede olduğunu fakat farklı türde analizlerin de uygulanması gerektiğini,
- iii. Bahsedilen aralıkların içinde olmayan zeminlerin C bölgesinde olması durumunda sıvılaşma potansiyenin değerlendirilmesinin yapılmasına gerek olmadığını göstermiştir. Chaudhary, Jawaid ve Zafar (2015) hazırladıkları çalışmada; Seed (2003) hazırladığı çalışmanın, Çin kriter ölçütlerinden ve de Andrews ve Martin (2000)'den daha güvenli olduğu kanısına varmıştır. Şekil 2.8'de görülmektedir.



**Şekil 2.8:** Seed ve Diğerlerinin (2003) Uygun Bulduğu İnce Tanedeki Zeminlerin Sıvılaşma Sınırları

Bray, Sancio, Riemer ve Durgunoğlu (2004), zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin zemin değişkenleriyle olan bağlantılarını aşağıdaki gibi belirtmiştir:

- i.  $w_c/LL \geq 0,85$ ,  $PI \leq 12$  arasındaysa sıvılaşmaya bağlı riskin oluştuğunu,
- ii.  $w_c/LL \geq 0,80$ ,  $12 < PI < 20$  arasında ise sıvılaşabilirlik ya da çevrimsel hareketliliğe uygun olan bir zemin olduğu zaman ve de doğru sıvılaşabilirlik riskini bulabilmek adına üst düzey laboratuvarında belli kıyaslarla testlerle belirlenmesini öngörmüştür. Bu kıyas Şekil 2.9'da verilmiştir ve de PI miktarı 20 değerinden yüksek olması halinde zeminde kil miktarı fazla olduğu için sıvılaşma durumunu beklenmediğini belirtmiştir.

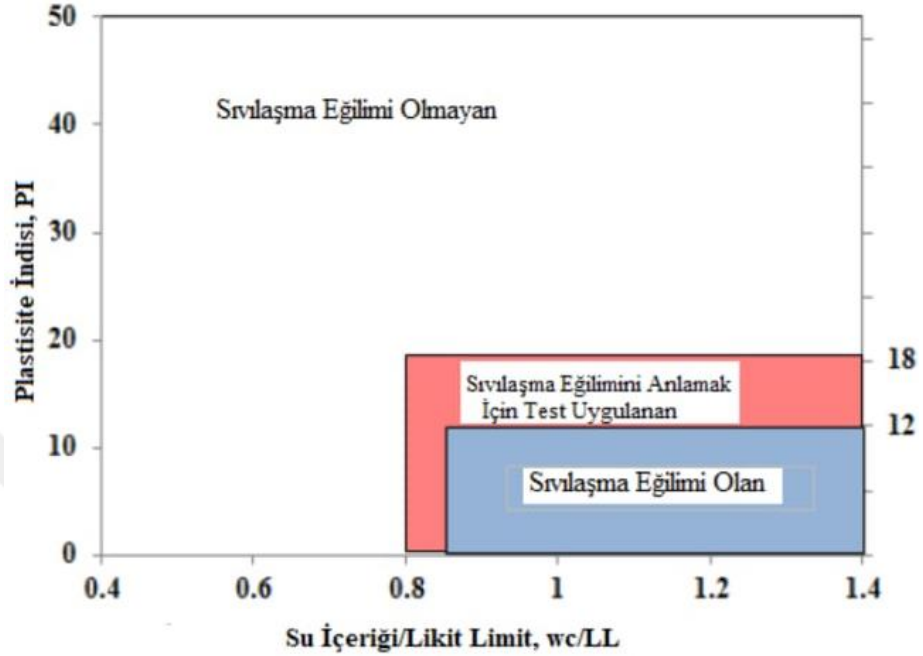


iii.

**Şekil 2.9:** Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirmesi

**Kaynak:** (Bray ve Diğerleri, 2004)

Bray ve Sancio (2006), Bray'in 2004 yılında önerdiği kriterlerinde gelişim sağlayarak farklı bir bakış açısıyla duruma yaklaşmışlardır. Zeminin özellikleri  $w_c/LL > 0,85$  ve  $PI > 8,0$  ve  $12 < PI < 18$  olması halinde killi zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin görülmediği ortaya konulmuştur (Şekil 2.10).

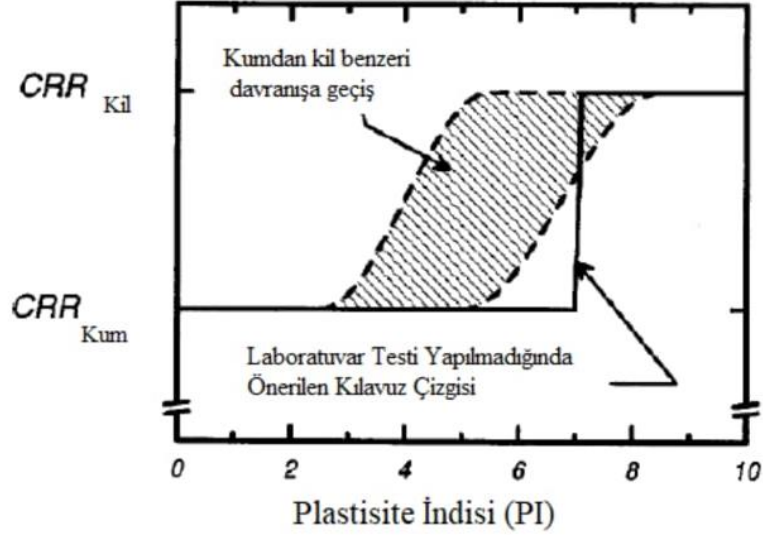


**Şekil 2.10:** Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirmesi

**Kaynak:** Bray ve Sancio (2006)

Boulanger ve Idriss'in (2004, 2006) araştırmaları Attaberg limit durumlarında zeminin kum içerikli olması halinde, zeminin yapısal olarak, kil içerikli zeminin davranış olarak ince bir geçiş olması durumundan söz etmiştir. Zemin içeriği ince daneli olması durumunda, Plastik limitin 7 ve 7 den büyük olduğu durumlarda zemin sınıfı CL ve ML zeminler için bu değer 5 ve 5 ten büyük olması halinde kil gibi davrandığı fikrine varmıştır. Plastik limiti 3 ve 3 ten büyük, 6 ve 6 dan küçük ise ince daneli zeminlerde davranışın çözümünü ortaya koyamadığı için laboratuvar deneylerine tabi tutulması gerektiğini öne sürmüştür.

Bu durumlara ek olarak Boulanger ve Idriss,  $w_c/LL$  oranının bilinmesi halinde zeminin kum içerikli ya da kil içerikli bir zemin olup olmadığıyla alakalı net bir veri söyleyemeyeceğinden bahsetmiştir. PI'ya bağlı değerın sıvılaşmaya karşı direncin tanımı için CRR'yi şematik şekilde altta Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.11:** Artan PI Değerine Karşılık Gelen Kumlu Zemin Davranışından Killi Zemin Davranışına Geçişin Şematik Gösterimi

**Kaynak:** (Boulanger ve Idriss, 2004, 2006)

### 2.2.2. Dış etken ile ilgili özellikler

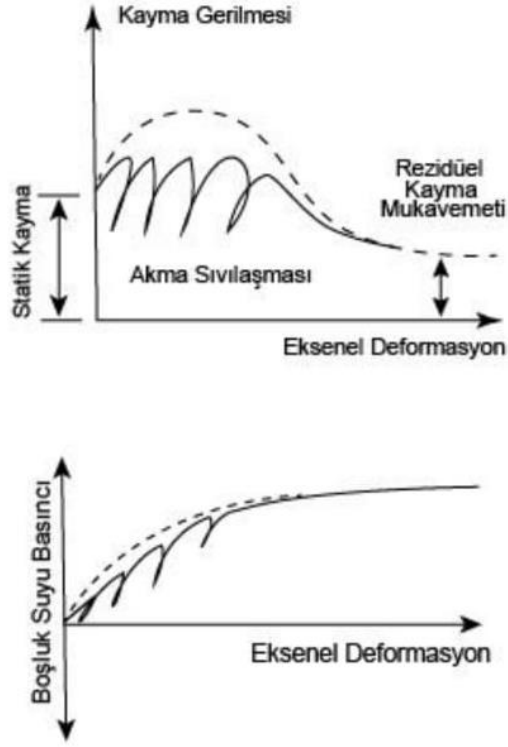
Sıvılaşma potansiyeline sahip arazi de sıvılaşmayı tetikleyen en önemli etken tekrarlı yükler etkisi (deprem) olması sebebiyle zemin de ki sıvılaşma durumu değerlendirilirken kesinlikle sismik etkinin yol açtığı etkenler dikkate alınmalıdır. (Tonaroğlu, 2006). Sismik etkinin (deprem) şiddeti fazla olduğu durumlarda ve bununla beraber tekrarlı gerilme süresi artış gösterdiğinde zeminin su gibi davranma derecesini artırmaktadır.

### 2.3. Sıvılaşma Türleri

1. Akmaya bağlı türü sıvılaşma
2. Devirsel hareketlilik

#### 2.3.1. Akma bağlı sıvılaşması

Deprem etkisine maruz kalmış zeminin profili statik dengenin sağlanması için kayma gerilmelerinin, zemin su gibi davrandığı durumdaki mukavemetinde daha fazla olması halinde ortaya çıkar. Şekil 2.12'de görüldüğü gibi zemin içerisindeki danecikeler arasındaki sürtünmeden doğan kayma gerilme mukavemeti tekrarlı yükler altında ani olarak düşer ve efektif gerilmeler tamamen kaybolarak zemin sıvı gibi davranır.



**Şekil 2.12:** Akmaya Bağlı Sıvılaşma Oluşması ve Suyu Doygun Gevşek Zeminin Drenajlı Olmayan Durumdaki Davranışı

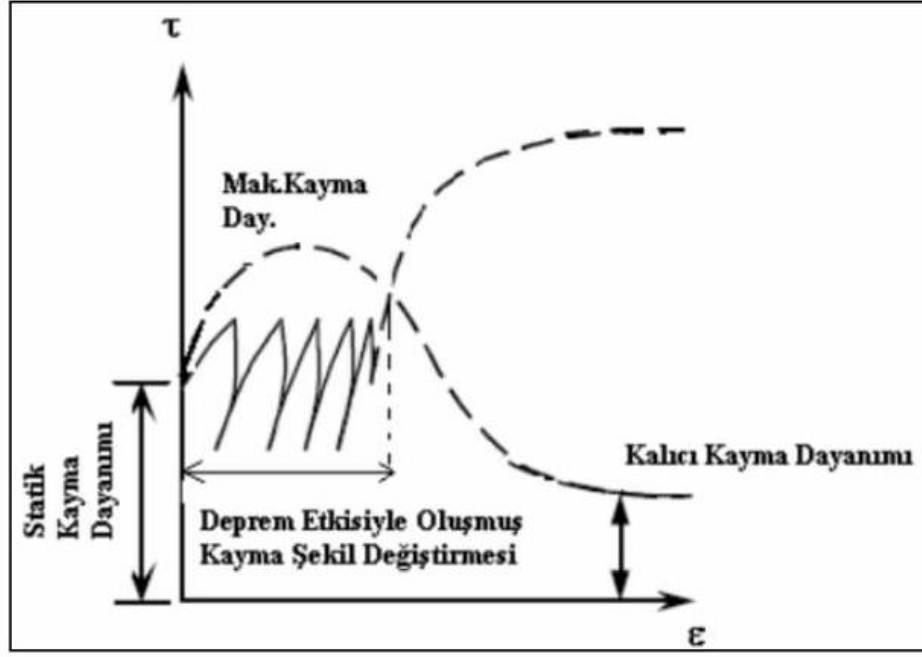
**Kaynak:** (Tonaroğlu,2006)

Akmaya bağlı sıvılaşma birden meydana gelir, seri büyür ve de sıklıkla da sıvılaşmaya maruz kalan taneciklerin yüksek mesafe katetmesiyle ortaya çıkar. Zemin profiinde oluşan taşımadaki gücün kaybolması sebebiyle yapıda taşıyıcı sistemlerin yapısal anlamda deformasyona uğramadan dönmesi örneği verilebilir.

### 2.3.2. Devirsel hareketlilik

Akmaya bağlı sıvılaşma durumun zıttı şekilde, statik kaymaya bağlı gerilmelerin su gibi davranan zeminde kayma mukavemetinden daha az olduğu zamanlarda ortaya çıkmaktadır, 2005 yılında Elibol bundan bahsetmiştir. Aşağıdaki 2.13’de ki şekilde görüldüğü gibi olmaktadır. Oluşan yük kayıplarının sebebi statik gerilmeler, bununla beraber tekrarlı oluşan gerilmelerdir. Devirsel hareketliliğin etki ettiği durumlarda meydana gelen hasarlar sismik yükler sürecinde yükselerek yol alır.

Eğim yüzeyi yüksek olmayan yamaçlı arazilerde, su kaynağını etrafında olan düz arazilerde, zemin içerisinde ortaya çıkan hareketlilik yanal yayılmaya örnek gösterilebilir. Oluşan hareketlilik yapılarda kalıcı deformatslara sebep olmaktadır.



**Şekil 2.13:** Devirsel Hareketlilik Oluşum

**Kaynak:** (Özaydın,2007)

Düz yüzey sıvılaşma durumu, devirsel hareketliliğin altında yer alan bir başlıktır. Düz yüzey sıvılaşma durumunda statik kayma gerilmeleri değeri olmadığından sismik etki altında (deprem) geniş çapta yerdeğiştirmeler olsa da yatayda ki şekil değıştirme miktarı az olacaktır. Yüzey sıvılaşması durumunda zeminde oluşan hasar sebebi deprem anında zemin tanelerinde artış gösteren boşluk suyu basıncı sönümlenmesi halinde suyun zeminden yüzeye doğru çıkma halidir.

Zemin profili her iki sıvılaşma durumunda farklı farklı hasarlara ve zararlara sebep olduğu bilinmektedir. Deprem etkisi altında oluşan sıvılaşmanın sonucunda oluşan deformasyonları minimuma düşürmek için; depremden sonrasında ki araştırmalar, zeminde ki farklı türde ki oturmalar ya da yapıya olan etkileri analizler ve laboratuvar deneyleri ile değerlendirilmelidir (Özaydın, 2007).

#### **2.4. Sıvılaşma Analizinin Tarihsel Gelişimi**

Dobry (1990), hazırladığı çalışmalarda deprem yüküne maruz kalmış iki tabakadan oluşan zemine santrifüj deneyi uygulamıştır. Üzerinde herhangi bir yük olmaması durumunda ve zemin üstünde temel bulunması haline göre iki farklı deneyden elde ettiği sonuçları incelemiştir. Üzerinde herhangi bir yük olmayan zemin tabakasında titreşimlerden önce, titreşim esnasında ve de sonrasında oluşan boşluk suyu

başınçlarının kıyasını yapmıştır. Sarsıntı esnasında (depremin 2. sinde) boşluklardaki suyun basıncı seri bir şekilde artış gösterdiği, sarsıntının 2. ve 5. saniye aralıklarındaysa boşluklardaki suyun basıncının artış gösterdiğini fakat kum ve siltli katmanların arasında su katmanı meydana geldiğinden kesme kuvvetlerinin geçişlerinde engel teşkil ettiğini ortaya koymuştur. Son durumdaysa depremin titreşimi sonrasında ki 4. dakika'da boşluklardaki suyun basıncı değişmemiş, fakat yanal yayılmaların ortaya çıktığı farkedilmiştir. 4. dakikadan sonrasında ise su film katmanının olmadığı gözlemlenmiştir. 2. yapılan deneyde; 10 santimetre çaplı temel konulup satrifüj deneyini yinelemiştir. Boşluklardaki suyun basıncının benzer derinlikte olması halinde üzerinde temel olmayan durumlarda elde edilen sonuçlar ile üzerinde temel bulunan zeminin sonuçlarını karşılaştırdığında; üzerinde temel olmayan durumda ki deneyin, boşluk suyu basıncı daha da yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Sismik etkinin sonrasında ki oturmalarında üzerinde temel bulunması durumuna göre daha az miktarda olduğunu gözlemlemiştir.

Boulanger, Curras, Kutter, Wilson ve Abghari (1998), maksimum ivmeleri 0,02 ile 0,7 g aralığında oluşan 9 deprem kaydını kullanarak, yumuşak killi zeminin üstüne gevşek olmayan kum ayrıca bu zeminin üzerine iki adet tekil kazık yükünü uygulayarak satrifüj deneyi hazırlamıştır. Dinamik kiriş analizlerinin sonuçlarını ve testten elde ettiği sonuçlar eşliğinde, zeminin üzerindeki yapının en yüksek hareketiyle kazık boyunca ortaya çıkan eğilme momentlerinde yüzde 15 ile yüzde 20 arasında sapmalar ortaya çıktığı neticesini elde etmiştir. Bunun sebebini serbest sahadaki şartların eşdeğer lineer zeminin davranış şekli, yapısal ve zeminin oluşturduğu tepki, bağımsız p-y yay modelinin kullanılması ve belli olmayan zemin parametreleriyle ilgili olduğu sonucunu elde etmiştir.

Humar, Bagchi ve Xia (1998), yapıyla zeminin birbiriyle olan bağlantısını göz önüne alındığı durumlardaki frekansın tanım alanında çözümler elde etme yolunda ilerlemişlerdir. Bundan dolayı kat sayısı 5 olan bir binayı inceleme yoluna gitmişlerdir. Yapının oturduğu zemini yaylar kullanılarak model oluşturmuşlar, yapay sönümleyicileri de etkittirerek ve Ritz vektörlerini uygulayarak yeni model oluşturmuşlardır. Bunun sonucunda tavsiye olarak Ritz vektör yönteminin kullanılmasını söylemişlerdir.

Tokimatsu ve Asaka (1998), Hyogoken-Nambu depreminden sonra kazıklı temellerde ve sıvılaşmaya maruz kalan zeminler ve sıvılaşma olmayan zeminlerin ara yüzeyinde ortaya çıkan deformasyonlar ve kıyılarıdaki kazıklar içinde yenilme modlarıyla alakalı çalışma hazırlamışlardır. Sıvılaşmanın ne şekilde ortaya çıktığı aşama aşama incelenip sıvılaşmadan sonra ortaya çıkan; çevrimsel aşama ve kalıcı zemin hareketlerinin sonuçlarını ortaya koymuşlardır. Kazıklı temel tiplerinde pseudo ve statik analizler elde etmek için p-y eğrileri metodunun uygulanmasından söz etmişlerdir. Sarsıntı esnasında ortaya çıkan çevrimsel ve kalıcı kesme gücünün Standart Penetrasyon Deneyinden elde edilen N değerleriyle açıklamışlardır. Araziye açılan sondajların deliğine koydukları kameralar ve eğim göstergeleri yardımıyla kazıkta, sıvılaşmaya maruz kalan zeminde ve sıvılaşmanın görülmediği zeminin ara yüzeyinde, kazık baş kısmında ortaya çıkan deformasyonları inceleyerek yanal zemin yerdeğiştirmesinin kazıklar üzerindeki olumsuz etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır.

Horikoshi ve diğerleri (2000) Kobe'de yaşanan deprem felaketinden hasar alan 111 sağlam olmayan kazığı incelemiştir. Sarsıntı sırasında kazıklarda ortaya çıkan deformasyonların zemin tabakasının çevrimsel hareketinden kaynaklandığını elde etmişlerdir. Hazırladıkları çalışmalarda maksimum zararın sıvılaşmaya maruz kalan zeminlerin ve sıvılaşma görülmemiş zeminlerin geçiş yerlerinde ortaya çıktığını ve kazık başlarındaki yerdeğişimlerin miktarı 25cm ile 42 cm aralığında değişiklik gösterdiğini öne sürmüşlerdir.

Budkowska ve Elmarakbi (2001), hazırladıkları araştırmalarında yatayda belli bir yüke sahip kazıkların olduğu kumlu zeminler ya da killi zeminlerde yatak katsayısının bulunması için belirli araştırmalar yapmışlardır. Araştırmaları sonucu iki farklı durumu dile getirmişlerdir. İlk durumda yatak katsayılarına karar verilirken yatayda ki yer değiştirme miktarının laboratuvar ve sayısal parametrelerin aynı olması varsayılarak, diğer durumdaysa kazıklar yatay yükler yüklendiğinde kazıkların davranış şekline kesme kuvvetinin ve yanal zemin basınç mukavemetine ne derece etki ettiğini incelemişlerdir.

Dutta ve Roy (2002), zeminin, temel sisteminin ve yapının arasındaki bağlantıyı anlayabilmek için önceki yıllarda hazırlanan araştırmaların hepsini bir araya getirerek bir araştırma hazırlamışlardır. Zemin ile yapı arasındaki bağlantıyı incelerken statik ve dinamik yüklerin altında incelenmesi ve çözümlenmesi gerektiğinden ortaya koymuşlardır. Winkler hipotezinin yeterli veriler ve bilgi barındırmamasında mantığa uygun sonuçlar elde edildiğini ortaya koymuşlar ve kil yapıda olan zemin türlerinin, zemin ile yapı arasındaki bağlantının ortaya çıkması için doğrusal olmayan zemin modellerinin uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir. Hazırladıkları araştırmalarındaki temel hedefleri; zemin ile yapı arasındaki etkileşiminin düzgün çözümlenmesi doğrultusunda elverişli bir metot tavsiye etmektedir.

Finn ve Fujita (2002), yaptıkları çalışmalarında sıvılaşma potansiyeli yüksek zemin tabakalarında sismik yükler etkisinde kazık dizaynının ehemmiyetini dile getirmişlerdir. Bu çalışmada 14 katlı bir bina ve temel kısmı içinde dizayn edilen 1,5 m çapına sahip kazığı araştırmalarında kullanmışlardır. Kazık baş kısımlarının dönmenin sınırlı olması ya da olmaması ve sıvılaşma potansiyeli olan zemin ile sıvılaşma potansiyeli olmayan zeminlerin geçiş noktalarında olan kazıklarda kritik alanlar meydana çıkacağını; geçiş bölgelerinde ki hasarların yüksek çıkacağı neticesine ulaşmışlardır. Sıvılaşma gözlenen zemin tabakalarında rijitlik ve mukavemetlerinde azalmalar olacağından bundan dolayı momentler ve hareketlenmelerin yükseleceğinden bahsetmişlerdir. Kazıklarda en önemli tasarımın; kazık bağlarında dönme eğilimine sınırlı olmasından, sıvılaşabilen zemin ile sıvılaşma görülmeyen zeminlerin kat kat tabakalar halinde olması ve sismik hareketler esnasında yapılması gerektiği ortak kanıya varmışlardır.

Liyanapathirana ve Poulos (2002), araştırmalarında depremin şiddetinden ötürü zemin danelerinde ki yükselen boşluklardaki basıncın zeminin mukavemet gücünü düşürmesinden dolayı efektif etkilerin neticesinde numerik metodu ele almıştır. Ortaya çıkan model ile deneylerden elde ettikleri çıktıları ile literatürden elde edilen verileri kıyaslamışlardır. Hazırladıkları çalışmalar neticesinde yüksek derinliklerde ortaya çıkan taneler arası boşluk suyundaki basınç esaslı kesme birim hasarlarının yüzde 0.01'den yüksek olması durumunun mümkün olduğunu ortaya koymuşlardır.

Olson ve Stark (2002), sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerde kesme mukavemetiyle sıvılaşma esnasında ki akma yenilmesinden ötürü ortaya çıkan gerilmeri, düşeydeki efektif gerilmelerle normallaştırılarak ele almışlardır. Bunun sonucunda dayanım oranına ulaşmışlardır. Sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerde dayanım oranını kullanarak 33 farklı durum ilgili eskiye dönük analizler ve deneyler yapmışlardır. Dayanım oranıyla Standart Penetrasyon Deneyinde ki (N1)60 değeriyle Koni Penetrasyon Deneyi arasında geçiş parametrelerini ortaya koymuşlardır.

Liyanapathirana ve Poulos (2003), sıvılaşma potansiyeli olan zemin tabakalarında pseudo ile statik analiz metoduyla zeminin üstüne binen yapının kazığın üzerine ne derece etki ettiğini ve kazık ile zemin arasındaki bağlantıyı araştırmışlardır. Uyguladıkları metotta iki farklı durumu ele almışlardır. İlki kazık boyunca en üst seviyede zeminin deplasmanı ve azaltılmış zeminin modüllerini kapsayan, efektif gerilme kaynaklı tepki analizi uygulamışlar, sonra ki metotta zemin üzerinde herhangi bir yük olmadan zeminde oluşan deplasmanlarına, en üst seviyedeki zemin yüzey ivmesiyle bağlantılı şekilde kazıkların başlarına statik yükleme deneyleri uygulamışlardır. Hazırladıkları bu yöntem dinamik analizden farklı bir metottur. Üzerinde herhangi bir yük olmayan zemin durumlarında efektif gerilme esaslı tepki analizi, zeminin hareketi, azaltılmış zeminin sağlamlığı ve kazık başındaki ataletsel tepkileri barındırmaktadır. Pseudo-statik metotunda bulunan Winkler yay katsayılar, Mindlin denkleminde ortaya çıkmıştır. Hazırladıkları çalışmada kullandıkları yeni metotla literatürde olan santrifüj model çalışmasını ve Ishihara (1998) hazırladığı çalışmadaki eğilme momentini kıyaslamışlardır. Elde ettikleri sonuçların yakın olduğunu gözlemlemişlerdir. Saha analizleri ve literatürdeki verilerin karşılaştırılmasında, eğilmeye bağlı momentin sonucunun kazık başlarında, sıvılaşma eğiliminde olan zeminlerin ya da sıvılaşma eğiliminde olmayan zeminlerin geçiş bölgelerinde en yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bhattacharya ve Bolton (2004), hazırladıkları çalışmada sıvılaşma eğilimindeki zeminlerde sismik titreşimler etkisinde kazık dizaynı yaparken burkulmaya bağlı durumların dikkate alınmasını incelemişlerdir. Burkulma hasarının kazıkların yüzeyinde oluşturduğu deformasyonların eğilme momenti etkilerinden daha farklı olmasından bahsetmişlerdir. Eğilme durumunun kazığın mukavemetine, burkulma durumunsa kazığın geometrik rijitliğinde etkili olduğunu ele almışlardır. Kazıkta oluşan hasarın sıvılaşmaya maruz kalmış zemin ile sıvılaşma potansiyelinin olmadığı

zeminlerin geçiş b6lgelerinde g6r6nd6đ6đ6n6 ve kazıkların sıvılaşma durumu olmayan zemin tabakasında ie g6me (g6m6lme) derinliğinin 6nemine vurgu yapmışlardır. Kazık dizayn edilirken gerekli mukavemete ve rijitlikte olması gerektiği, kazık kesitlerinin istenilen d6zeyde olması, kazıklarda ki sınır Őartlarının kazığın durumuna g6re uygun seçilmesi ve de sıvılaşan bir zeminde 6st6ne gelen kuvvetleri yıkılmadan, sağlam bi Şekilde taşımasının gerekliliği hususunda titiz davranılması neticesine ulaşmışlardır.

Tolon ve Ural (2011) yapay sinir ağları y6ntemi ile sonlu farklar y6ntemi kullanarak seçilen pilot b6lgelerdeki sıvılaşma potansiyeli analizleri için en iyi modeli oluşturmuşlardır. 3-boyutlu sonlu farklar programında yazılan boşluk basıncına dayalı yazılım ile yine programa girilen SPT, CPT sondaj verileri işığında b6lgelere ait sıvılaşma analizleri gerçekleştirilmiş ve buradan alınan sonuçlar yapay sinir ağları programına aktarmışlardır. Aktarılan sonuçlar her bir sondaj loguna karşılık programa girilmiş, bir kısım log datası eğitim bir kısmı ise test aşamasında kullanılmıştır. Yapay sinir ağlarındaki çeşitli modeller denenmiş, en iyi başarı y6zdesi elde edilen modele karar verilmiştir. Bu model kullanılarak 6z6mlemesi yapılmamış b6lgelere ait sıvılaşma potansiyellerine varılmıştır. Modelde kullanılan SPT ve CPT sondaj datalarına istinaden her iki veri arasında b6lgeye ait yeni bir korelasyon olup olmadığı analiz etmişlerdir.

Tolon ve Ural (2012), yaptıkları çalışmalarında, sinir ağı yaklaşımını, gerçek 3B alan kayıtlarına dayalı olarak sismik sıvılaşma potansiyelini değerlendirmek için kullanmışlardır. İlk olarak, eğitim ve test için kullanılan 3B parametrelili verilerden kullanmış olup, ikincide modelin girdileri sıvılaştırmaya g6re fiziksel anlamlarına g6re seçmişlerdir. Son olarakta, katkı g6leri hangi parametrenin alanın sıvılaşma potansiyelini daha fazla etkilediğini g6rmek için parametreleri hesaplamışlardır.

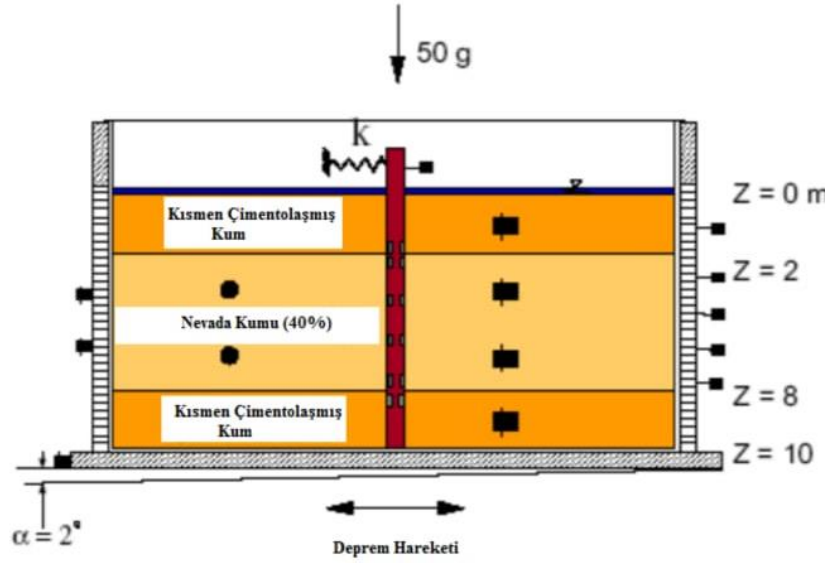
Tolon (2013), bir zemin sıvılaşmaya duyarlıysa ve sıvılaşma durumu başlar ve tetiklendiğinde, geriye kalan problem sıvılaşmanın beklenen etkilerini tahmin etmektir. Zemin sıvılaşmasının neden olduğu bazı b6y6k sismik tehlikeler arasında; akış kayması, yanal yayılma ve zemin y6zeyi oturmasını içeren ana kategoriler halinde gruplandırılmıştır.

Dereli ve Tolon (2015) YSA Mimari tiplerinden (BPNN veya GRNN) hangisinin sıvılaşma analizi için daha uygun olduğunu değerlendirmek için farklı YSA mimari

tipleri kullanarak analizi yapmışlardır. Çalışmalar neticesinde Tolon'a göre sıvılaşma oluşumunda çevrimsel direnç oranı, çevrimsel gerilme oranı, düzeltilmiş SPN-N sayısı ve büyüklük parametrelerinin en etkili parametreler olduğunu belirlemiştir.

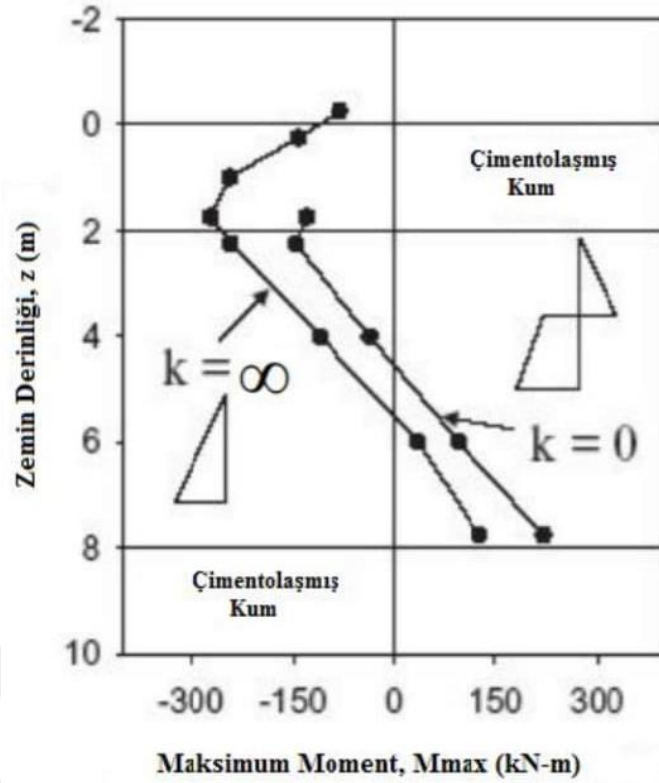
Klar, Baker ve Frydam (2004), hazırladıkları makalede kazık ile zemin arasındaki etkiyi ortaya koymak için farklı iki metodu ele alarak sismik bir analiz yapmışlardır. Birinci metotta üzerinde yük bulunmayan bir zemine tek doğrultuda analiz, diğer metottaysa zemin içerisinde ki boşluklardaki suyun basıncının farklılık gösterdiği üç boyutlu analiz yapmışlardır. Yapılan analizlerin aynı olmayan yükleme tipleri uygulayarak tek boyutlu ve üç boyutlu olmak üzere zemin danelerinin arasında ki geçirimsizlik katsayıları, rölatif sıklık, drenajlık hallerini farklılaştırıp yaptıklarında, moment ile boşluk suyu basıncı sonuçlarını kıyaslamışlardır. Tek bir boyutta ve üç boyutlu hazırlanan analizlerde rölatif sıklığı benzer olan fakat geçirimsizlik katsayısı aynı olmayan hallerde geçirimsizliği yüksek olmayan durumlarda zeminlerde ki boşluk suyu basınçlarının yükseldiğini belirtmişlerdir. Geçirimsizlik kat sayısı olan 'k' değeri eğer 10 ile 2 arasında ise tek boyutlu ve ya üç boyutlu yapılan analizlerde bu değer aralığında olan k değerli zemin tabakalarında benzer kuvvetler etkisinde moment dağılımları aynı çıkmıştır. Hazırlanan makale çalışmasında zemin ile kazık davranış biçiminin; k katsayısına, zemin iç, su durumuna, maruz kaldığı sismik etki zamanına ve depremin şiddetinden etkilendiği varsayımı ortaya çıkıyor.

Abdoun, Dobry, Zimmie ve Zeghal (2005), hazırladıkları vaka analizleri neticesinde yanal yayılmanın sebep olduğu derin temellerde ya da destek elemanlarında deformasyon ortaya çıktığından söz etmişlerdir. Bu deformasyonları ortaya çıkarmak adına tekil kazık ve kazık grupları içim santrifuj tipleri ortaya çıkarmışlardır. Sıvılaşmanın görülmediği derinliğin eğilme durumuna etkisi, zeminlerin iyileştirilmesi ve kazıkların güçlendirilmesi ne şekilde olmalı hangi metotlar kullanılmasının araştırmalarını yapmışlar, sonuçlar elde etmişlerdir. Hazırladıkları deneyde Şekil 2.14'te görüldüğü gibi, tekil kazık numunesinde 2' eğimli deney şekli uygulanılarak yanal yayılma etkisinin kazığa verilmesi amaçlamışlardır.



**Şekil 2.14:** Abdoun ve Diğerlerinin (1999), Oluşturdukları Kazık Santrifüj Deney Düzenegi

Hazırlanan deneyin amacı zemine gelen üst yapıdan gelen kuvvet ve ağırlıkların, kazığın rijitliğine ne derece etkilediğini, sıvılaşma potansiyeli olmayan zeminin seviyesinin yanal yayılma durumuna etki edip etmediği üzerinde çalışmışlardır. Rijit yay kullanılarak kazığın taşıdığı üst yapıya etkilerini araştırmıştır. Elde ettiği araştırma ve verilere göre belirli bir zamanla kazıkta oluşacak eğilme momentinin yükseleceğini ardından sıvılaşma potansiyeli olmayan zemin profilinin aktif olmayan kuvvet şeklinde tepki göstermesiyle kazıkta oluşan eğilme momentinde azalmalar olacağını ortaya koymuştur. Neticesinde kazığın üst kısımlarında deformasyonlar oluşacak hem kazığın hem de kazığın baş kısmına etkileyecektir. Başka yaptığı uygulamadaysa kazığın en ucuna üst yapıdan herhangi bir yük geliyormuşçasına deneme amaçlı bir yük koymuş ve ataletin ortaya çıkardığı kuvvetler oluşmuştur. Böyle olduğunda yanal yayılma baskınlık göstermiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkan maksimum moment aşağıdaki Şekil 2.15’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 2.15:** Abdoun ve diğ. (2005), santrifüj deneylerinde ortaya koydukları dağılımlar

Bird, Crowley, Pinho ve Bommer (2005), yaptıkları bulgular sonucunda sismik kuvvetler etkisinde sıvılaşmanın sebep olduğu, üst yapıdaki çeşitli oturma sorunlarının binaya etkilerini analitik yöntemlerle ele almışlardır. Yapıların deprem büyüklüğüne karşıt gösterdiği davranış yapının yapısal anlamda, fiziksel parametrelerine ve deprem tasarımıyla bağlantılı bir durum olduğunu öne sürmüşlerdir. Yapının oturduğu temel eğer rijitse sıvılaşma etkisinin sebep olduğu yapı ayrılmaz bir parça gibi sarsılarak harekette bulunur ve yana doğru yatma durumunun oluşabileceğinden bahsetmişler, buna benzer bir durumun merkez üssü Gölcük olan 1999 depreminde karşımıza çıkmıştır. Üst yapılarda ki (bina, işyeri, otel, konferans salonu, cami) oturma miktarları aynı miktarda değişmez ise yapının düşey taşıyıcı sistemleri olan kolonlarda ya da yatay taşıyıcı sistemleri olan kirişlerde güç kayıpları meydana gelerek geri dönüşü olmayan hasarlara sebep olabilir. Bu değişiklikler oturmadan kaynaklı olabileceğini ve dikkat edilmesi hususunda önerilerde bulunduğu hazırladıkları çalışmaları neticesinde bunu ortaya koymaktadırlar.

Martin ve Chen (2005), sıvılaşma eğiliminde olan zeminin ya da taşıma gücü zayıf olan zeminin alt kısmında kazıkların gösterdiği davranış biçimlerini FLAC3D programıyla ele almıştır. Hazırladığı çalışmasında binadan katıklara gelen ataletsel kuvvetleri ve düşey yönde gelen kuvvetler yokmuş gibi tek bir kazığın ya da kazık gruplarının yalnızca zeminde oluşacak hareketlenmelerden oluşacak kinematik etkilerini kazığın ya da kazık grubunun davranış şekline etki ettiğini varsayarak köprü ayaklarında olan kazıkları incelemiştir. Hazırladıkları makalede parametrik analiz ve vaka analizine göre değerlendirmişlerdir. Yaptıkları parametrik analizde, yanal yayılım hemen kazık ile zeminin arasındaki bağlantıyı kazıkların rijitliğini farklı farklı girererek araştırmışlardır. Vaka analizinde ise kazıkların ve zeminin arasında rijitlik anlamında değişikliğin kazıklardaki yenilme modlarına yüksek derecede etki ettiğini bulmuşlardır.

Rollins ve diğ. (2005-a), sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerde yanal yüklü kazıkları kullanarak bir test yapmışlardır, kazık ile zemin, zemin kazı arasındaki bağlantıyı incelemiştir. Kıyası yapabilmek için tekil kazıkları kullanmışlardır. Sıvılaşma ortaya çıktıktan sonra kazıkların kendi arasındaki etkilerini kaybettiğini ortaya çıkarmışlardır. Derinlik arttıkça P-y eğrileri sağlamlık kazandığını, zemindeki boşluk su basıncının aşırı arttığını belirtmişlerdir. Hazırladıkları çalışma ile kendi hazırladıkları p-y eğrilerinin denkleminin kazığın çapıyla alakalı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Takahashi ve Takemura (2005), Hyogo-ken Nambu'da meydana gelen depremde hasara uğramış kazıklı rıhtım yapısını ele almış ve aşama aşama bulgularla ve santrifüj deneyini kullanarak kıyas yapmışlardır. Kazığın üstünde dökme olup olmamasını, mevcut yapıda bulunduğu alanda etrafında dolgu olup olmadığı hallerine göre ve de taşlı dolgu altında kumlu zeminin miktarını farklılaştırarak FLAC sonlu farklar programıyla farklı türde analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları analizlerin deprem kaydında sünüş dalgası ve Kobe deprem kayıtlarından yararlanmışlardır. Sismik hareketler sonucunda kesonların deniz olan yöne doğru yüksek seviyede deplasman yaparak ilerlediğini ve yüksek derecede momentlerin ortaya çıktığını gözlemlemişlerdir. Kazıkların taşlı olan dolgunun ilerlemesini, dökmenin ise kesonların ilerlemesini azalttığını görmüşlerdir. Taş dolgunun altında kalan sıvılaşma eğiliminde ki kum profilinin kalınlığı değişmesi durumunda zeminin ve de zeminin üstündeki üst yapının yerdeğiştirme miktarlarının farklılaşmasına sebep olduğu bu

şekilde gözlemlenmiştir ve de dolguyla kaplı zeminin altında yer alan sıvılaşma eğiliminde olan kum profilinin düzeltilmesinin, kesonların arasında kalan dolgunun düzeltilmesine nazaran yanal ötelenmeyi ve kazıklarda ki yüksek hasarların oluşmasına engelleme hususunda daha da yüksek etki ettiği gözlemlenmiştir.

Cubrinovski, Kokusho ve Ishihara (2006), sıvılaşma potansiyeli yüksek zeminlerde tek çelik ve beton kazık üstünde sarsma tablası deneylerini uygulamışlardır. 1 metrelik kısımlarda sıvılaşma riskinin bulunmadığı zemin profilinden, 3,8 metrelik kısım ise sıvılaşma olan zemin tabakasından hazırlamışlardır. Betonarme yapıda olan kazıklarda yüksek momentlerin olduğu ve yüksek yerdeğiştirmeler oluşturduğu görülmüş, başka derinliklerde ki boşluklardaki suyun basınçları farklılıklarını kıyaslamıştır. Kazıkların yüksekliğini ve sıvılaşma olan zemin profilinin kalınlıklarını farklılaştırarak deneysel araştırmada bulunmuştur. Gevşek olan kazığın hareketi zemin ile beraber en yüksek deplasman gösterdiği sağlam kazıklarına düşük seviyede hareket ettiği kanısına ulaşmışlardır.

Çelebi, Fırat ve Çankaya (2006), hazırladıkları çalışmada yapıyla zemin arasındaki bağlantıdan dolayı oluşan sorunların çözülmesi adına zeminin ortamını alt sistem yaklaşımıyla zemin profilinin farklı olarak ele alınabileceğinden söz etmişlerdir. Alt sistem yaklaşımının en kritik noktasının zemin ve temel arasında açıklanan karmaşık dinamik rijitlik katsayılarının düzgün ele alınması olduğunu söylemişlerdir.

Hwang, Kim, Chung ve Kim (2006), sıvılaşmadan dolayı meydana gelen devirsel yerdeğiştirme ve yanal yayılmanın kazık temeller üzerindeki yapılarda hasarlara neden olduğundan söz etmişlerdir. Sıvılaşan zeminleri tam akışkan olmayan sıvıya benzetmişlerdir. Yanal yükler altında sıvılaşan zeminlerdeki kazık davranışını analiz edebilmek için zemini akışkan olmayan sıvı gibi varsaymışlardır. Sıvılaşan kum zeminin vizkozitesini “batan top testi” ve “çekme çubuğu testi” ile belirlemişlerdir. Sıvılaşan zemin yanal etkileri arttıkça kazıkta kesme kuvveti, eğilme momenti, yanal deplasmanın arttığını belirtmişlerdir.

Miwa, Ikeda ve Sato (2006), 1995 yılında Hyogo-ken Nambu depreminde sıvılaşmadan ve zemin yanal ötelenmesinden kaynaklı 2 katlı, çelik kazık temelli yapının gördüğü hasarlardan bahsetmişlerdir. Çalışmada, zemin-kazık-yapı etkileşimi için çelik kazıklarda yay modeli analizi yapmışlardır. Analizler sonunda oluşan hasarlar sahadaki hasarlarla karşılaştırılmıştır. Ele alınan yapıda sıvılaşmadan

önce üst yapının ataletsel etkilerinden kaynaklı kazık başlarında ve betonarme kolonlarda hasarlar oluştuğu belirtilmiştir. Çelik kazıkların bulunduğu GL-8 m’de ve GL-15 m’ de en büyük eğilme momentlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Kazıklarda sıvılaşmadan kaynaklı meydana gelen yanal yayılmaya bağlı olarak büyük deformasyonlar oluştuğu görülmüştür. Kazıkları Winkler yay metodu kullanarak analiz etmişler ve sonuçları yorumlamışlardır.

Dash ve Bhattacharya (2007), büyük depremler sonrasında sıvılaşan zeminlerde kazık yenilmelerini ele almışlar ve bunun için tasarım kriterleri önermişlerdir. Kazıkların sıvılaşmayan zemin içine soketlenmesi zorunluluğundan, kazıklarda kesme dayanımının izin verilen kesme kapasitesini geçmemesi gerektiğinden, kazıklardaki eksenel yükün sıvılaşma sırasında burkulma olmayacak ve zeminde meydana gelebilecek oturmaların kazıklarda eğilme yenilmeleri meydana getirmeyecek şekilde tasarlanması gerektiğinden bahsetmişlerdir. Sıvılaşma genellikle depremde binalar, otoyollar, köprüler ve diğer altyapı bileşenlerine verilen hasarın ana nedenlerinden biridir (Tolon ve Ural, 2012; Tolon, 2013).

Shanker, Basudhar ve Patra (2007), sıvılaşan zeminlerde gömülü olan kazıkların burkulma yükü hakkında parametrik bir çalışma yapmışlardır. Kazık sınır koşullarındaki değişimler ile ilgili analizlerde en kritik burkulma yükünün kazığın her iki ucunun mafsalı olması durumunda ve her iki kısmının sınırlı harekete maruz kalması durumunda olduğu ortaya çıkmıştır. Yapmış oldukları analiz sonucunda; sıvılaşan zemin derinliği, zemin dayanımı, kazığın rijitliği ve narinlik oranının, kazığın burkulma davranışını etkilediği ortaya çıkmıştır.

Unutmaz ve Çetin (2007), çalışmalarında üzerinde yapı olmayan serbest saha koşullarında deprem etkisi altında sıvılaşma tetiklenme potansiyelini belirlemeye yönelik görüş birliği olmasına karşın üzerinde yapı bulunan temellerin zemin sıvılaşması hakkında tam olarak net bir görüşün olmadığını belirtmişlerdir. Bu amaçla sonlu farklar programı (FLAC3D) kullanarak üç boyutlu dinamik analizler gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında 3 boyutlu analizler yapılmadan da basit bir yöntemle sıvılaşma potansiyelini belirlemek için CSRSSI<sub>ort</sub> değeri tanımlanmış bu değer, yapı tabanında görülen kayma gerilmeleri toplanarak, o noktadaki toplam düşey efektif gerilmeye bölünerek elde edilmektedir. Yapılan çalışma sonunda üst

yapının sıvılaşma potansiyeline katkısı olduğu anlaşılmıştır. Analizler sonucunda yapı alt bölgelerinde etkisi gözlemlenmiştir.

Uzuoka ve diğerleri (2007), sıvılaşan zeminlerde grup kazıkların davranışını sayısal bir analiz yaparak incelemişlerdir. Kazık grubunda meydana gelen hasarlar zemin-kazık-bina modeli kullanılarak zemin-su birleşmiş analiz yöntemiyle test etmişlerdir. 1995 Kobe depreminde yan yatmış ve hasar görmüş beş katlı bir binanın sayısal analizini yapmışlardır. Analiz sonunda; tamamen sıvılaşma sonrasında binada büyük yatay deplasmanlar meydana gelmiş, sıvılaşma sırasında kazığın üzerinde üst yapıdan gelen ataletsel etkilerin devrede olduğu belirtilmiştir. Sıvılaşma tamamlandıktan sonra kazığa kinematik kuvvetlerin etkiğinden bahsetmişlerdir.

Bowen ve Cubrinovski (2008), sıvılaşan zemin profilinde örnek vaka analizi yapmışlardır. Bu analiz kapsamında Christchurch'de Avon nehri üzerindeki Fitzgerald Köprüsü sonlu elemanlar yöntemi kullanarak ele alınmıştır. Köprü, sıvılaşan zemin üzerine kazık temeller ile inşa edilmiştir. Çalışmalarında efektif gerilme analizi ile pseudo-statik analizi sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Sismik yükler altında zaman tanım alanında kazık temellerin performansını irdelemişlerdir. Zayıf zeminde ((N1)60=10) 13,5. sn'de boşluk suyu basıncı aniden artmaya başlamış sıvılaşma olayı gözlemlenmiştir. 14,5. sn'de serbest saha koşullarında sıvılaşma olayı tamamlanmıştır. Serbest saha koşulları ve kazıklı temel bulunma durumlarındaki boşluk suyu basıncı artışları ile deplasman değerleri karşılaştırılmıştır. Kazıklı temel varken zeminde meydana gelen maksimum deplasman 0,2 m iken serbest saha koşullarında 0,3 m olduğu görülmüştür. 8 m derinlikteki boşluk suyu basıncı artışları serbest saha koşullarında, kazıklı temel bulunma durumuna göre daha fazla çıkmıştır. Zemin rijitliklerinin kazık davranışını etkilediği görülmüştür. Kazık-zemin etkileşiminin hem zeminden hem de kazık özelliklerinden etkilendiği belirtilmiştir. Kazık temellerin zemin rijitliğini arttırdığı, deformasyon yapabilme kapasitelerini azalttığını ve sismik yükler altında kazıkların deprem performanslarını belirlemek için efektif gerilme analizinin uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

Chenaf ve Chazelas (2008), kinematik ve ataletsel etkileşimi anlayabilmek için santrifüj deneyi yapmış; zemin-kazık etkileşiminin meydana getirdiği kinematik etkinin sismik dalgalarından kaynaklı zemin yer değiştirmesinden oluştuğu, ataletsel etkinin ise üst yapının oluşturduğu bir etki olduğunu belirtmişlerdir. Bu iki etkinin

sismik yükler altında zeminin doğrusal olmayan davranışından dolayı birbirinden ayrı değerlendirilmesinin zor olduğunu savunmuşlardır. Çalışma sonunda hem kinematik hem de ataletsel etkinin kazıklar üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Kazık başına yakın yerlerde meydana gelen eğilme momentine ataletsel etkinin katkı sağladığı gözlemlenmiştir. Ataletsel etkinin sismik yükler altında zemin yer değiştirmesi ile birlikte daha derinlere etki edeceği ve bu iki etkinin aynı doğrultuda etki etmesi durumunda ise zemin deformasyonuna etki edeceğini ifade etmişlerdir.

Wei, Wang Q. ve Wang J. (2008), 1960 yıllarında meydana gelen büyük depremler sonunda köprü altında bulunan kazık temellerin hasarlarından söz etmişlerdir. Depremler sonunda köprü kazıklarında; ezilmeden, oturmadan, kesme ve eğilme yenilmelerinden, sıvılaştıran ve sıvılaşmayan zemin geçiş yerlerinde kinematik etkilerden kaynaklı hasarlar oluştuğu görülmüştür.

Bhattacharya, Adhikari ve Alexander (2009), kazıktaki burkulma, eğilme ve rezonans etkilerini sayısal bir örnek ile çalışmışlardır. Sayısal analiz sonuçlarına göre zemin rijitliğini yitirmeye başladığı anda üst yapının doğal frekansı azalmaya başladığından dolayı sıvılaşma olayının gözlemlendiği durumlarda kazık tasarımı yapılırken kazığın doğal frekansının deprem frekansına yaklaşmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Cheng ve Jeremic (2009), sıvılaştıran zeminlerde kazık davranışını anlayabilmek için sayısal model çalışması yapmışlardır. İlk olarak başlangıç gerilmesi ve birim deformasyonu sıfır olan kazıksız bir modelle başlanmış, ikinci analizlerinde ise tekil kazık eklenmiş ve en son olarak da sismik yükleme ile sıvılaşma durumu altında analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Analizlerde elasto-plastik kum zemin modeli kullanmışlardır. Simülasyonlarda kazıklı ve kazıksız durum için altı farklı model oluşturmuşlardır. Simülasyonlar sonunda zeminin yanal deformasyonu, kazık-kolon sisteminin sıvılaşma esnasındaki davranışı ve zemin oturması durumlarını incelemişlerdir.

Choudhury, Kanth ve Reddy (2009), sıvılaşma potansiyeli olan zemin profillerinde kazıkların davranış biçimini çözebilmek adına zemin hareketini, üzerinde yük olmayan serbest koşulda olan zeminin ne durumda olduğunu, zeminin üstünden binen yükün ataletsel etkisi ve zemin, kazık ve yapı arasındaki bağlantıya dikkat edilmesini söylemişlerdir. Literatürde olan dinamik ve pseudo- statik analizleri

incelemeştir. Sismik hareketler olduğunda kazıklı temellerin oluşturduğu davranış biçimlerini analitik ve deneysel yollarla ele alınan daha önce yapılmış verileri araştırmış, kazıkların yenilme hallerine vurgu yapmışlardır.

Dash, Govindaraju ve Bhattacharya (2009), 2001 Bhuj depreminde hasar görmüş Kandla limanı ve eksantrik yüklü gümrük idaresi binası vakalarında kazıklı radye temelinde sıvılaşma ve yanal yayılmadan dolayı meydana gelen hasarları ele almışlardır. Servis yükleri ve deprem yükleri altında Winkler yay modeli kullanılarak analiz yapmışlardır. Çalışmanın sonunda kazıkların sıvılaşmayan zemin kısmına soketlenmesi gerektiğini, yeterli dayanıma sahip radye ve başlık kirişleri olan kazıkların yenilme ve oturma riskinin daha az olacağı sonucuna varmışlardır.

Gao, Lin, Zhong, Howson ve Williams (2009), sismik yükler altındaki zemin-yapı etkileşiminde pseudo-statik metot ve kesin integral metodunu birlikte kullanmışlardır. Üst yapıyı taşıyan zemini visko-elastik ve yarı uzay olarak düşünüp sonlu elamanlar yöntemi kullanmışlardır. Sayısal analizler sonunda zemin-yapı etkileşiminin yapının ağırlığı fazla ve zemin zayıfsa çok daha önemli olduğundan, yapı hafif, zemin rijit ise yapı-zemin etkileşiminin ihmal edilebileceğinden bahsetmişlerdir.

Tang, Ling, Xu, Gao ve Wang (2009), sıvılaşan zeminde kazık grup davranışını, farklı üç deprem kaydı kullanarak sarsma tablası deneyi ile belirlemişlerdir. Çalışma sonunda aşırı boşluk suyu basıncı değişiminin deprem süresi ve zemin derinliği ile ilgili olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca kum tabakasındaki ivme değişiminin sıvılaşan zeminin durumuna göre değiştiği belirtilmiştir. Sıvılaşmayan zeminlerde ivmenin, zeminin alt kısmından yukarı kısmına doğru çıktıkça azaldığı, sıvılaşma durumunda ise tam tersi olarak arttığı gözlemlenmiştir. Sıvılaşma olsun ya da olmasın maksimum momentin kazık başlarında meydana geldiği görülmüştür.

Dash, Bhattacharya ve Blakeborough (2010), çalışmalarında sıvılaşabilen zeminde deprem yükleri altında kazıklar üzerinde burkulma-eğilme etkileşiminden bahsetmişlerdir. Eğilmeburkulma etkileşimini iki metot kullanarak analiz etmişlerdir. Bu yöntemler kuvvet bazlı ve deplasman bazlı yöntemlerdir. Eğilmeden kaynaklı yenilmenin kazığın dayanımı ile burkulmadan kaynaklı yenilmenin ise kazığın düşey yükler altındaki kritik yüke ulaşmasıyla meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Eğilmeburkulma etkileşimini araştırmak amacıyla 1964 yılında Niigata depreminde hasar

görmüş Showa köprüsünün tek bir kazığının ele almışlardır. Köprü kazığının modellemesini SAP2000 yazılımını kullanarak yapmışlardır. Kazık-zemin etkileşimi yaylar yardımıyla modellenmiş ve sıvılaştıran zemin (10 m'lik) kısmında yay katsayıları belirli oranlarda azaltmışlardır. Analizlerinde yanal yayılmadan kaynaklı etkiyi göstermek için zemin gerilmesi yayılı yük olarak etkittirilmiş, diğer analizde de ise yatay yaylarla deformasyon bazlı analiz yapılmıştır. Çalışmaları sonunda sıvılaştıran zeminde kazık hasarlarının hem eğilmeden hem de burkulmadan kaynaklı olabildiği, sismik yükler altında kazık tasarımında bu iki olayın etkileşiminin göz önüne alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Choobbasti, Saadati ve Tavakoli (2012), deprem yükleri altında sıvılaştıran zeminlerde kazık davranışının kompleks olduğundan söz etmişlerdir. Çalışmalarında sismik yükler altında sıvılaştıran zemindeki kazık davranışını belirlemek için parametrik analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları analizlerde kazıktaki maksimum yerdeğiştirmeyi ve maksimum eğilme momentini elde etmek amacıyla kazık çaplarını, deprem frekanslarını, Arias yoğunluğunu ve tepe ivmelerini değiştirerek sonlu farklar modelleri oluşturmuşlardır. Analizler sonunda maksimum yer değiştirme ve maksimum eğilme momenti değeri, verilen tepe ivme değeri için hakim deprem frekansı değerinin azalmasıyla artmıştır. Verilen tepe ivme değeri için Arias yoğunluğu artınca maksimum eğilme momenti ve maksimum yer değiştirmenin arttığı gözlemlenmiştir.

Ghosh, Mian ve Lubkowski (2012), çalışmalarında sismik yükler altında sıvılaştıran zeminlerde kazık tasarımı için kapsamlı bir araştırma sunmuşlardır. Bu çalışmada iki sorun ele alınmıştır; ilki tasarımdaki yasal zorunlukların neler olması gerektiği ve ikinci olarak da sıvılaştıran ve sıvılaştırmayan zemin içerisinde kazık tasarım yaparken ulusal ve uluslararası yönetmelikteki standartların neler olması gerektiği özetlenmiştir. Kazık tasarımı yaparken aşağıdaki maddelere dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır:

1. Deprem etkisinde yanal ve aksel yüküne maruz kalan kazıkta göçme yenilmesi meydana gelmemeli,
2. Kazık kesiti tasarlanırken izin verilen eğilme momenti kapasitesi aşılmamalı,
3. Kazıklar sıvılaştırmayan zemine (yeterli soket derinliğinde) kadar indirilmeli,

4. Deprem etkisinde kazıklarda burkulma olmaksızın yeterli aksenal yük taşıyacak şekilde tasarlanmalı,

5. Zemin dayanımının kaybolmasıyla birlikte temelde oluşacak oturmalar tolere edilecek sınırlar içinde kalmalı ve oturmalarından dolayı kazıklarda hasarlar meydana gelmemelidir.

Rahmani ve Pak (2012), çalışmalarında sıvılaştıran zeminlerde kazık davranışını incelemek amacıyla üç boyutlu dinamik analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları parametrik çalışmada; üç farklı zemin tipi için kazık boyu, kazık soketlenme derinliği, deprem frekansı, sıvılaştıran zemin kalınlığı, sıvılaştıran zemin rölatif yoğunluğu değiştirilerek kazık performansını incelemişlerdir.

Haskell, Madabhushi, Cubrinovski ve Winkley (2013), çalışmalarında Yeni Zelanda'da Christchurch yakınlarında 2011 yılında meydana gelen Christchurch depremi etkisinde ortaya çıkan sıvılaşma ve bunun neticesinde meydana gelen yanıl yayılmanın köprü ayakları üzerindeki etkilerini ele almışlardır. Köprü açıklıklarında meydana gelen deformasyonlar, ayaklarındaki hasarlar ve tabliyede meydana gelen ezilmeleri incelemişlerdir. Yanıl yayılmadan sonra köprü ayaklarında meydana gelen dönmeleri ve deformasyonları minimum düzeye indirebilmek için doğru tasarımlar yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Kampitsis, Sapountzakis, Giannakos ve Gerolymos (2013), kinematik ve ataletsel etkileşimleri anlamak amacıyla zemin-kazık-yapı etkileşimini tasvir eden bir kiriş modelinin doğruluğunu araştırarak diğer yaygın olarak kullanılan kiriş sonlu elemanlar ve üç boyutlu katı modellerle karşılaştırmışlardır.

Mokhtar, Abdel-Motaal ve Wahidy (2014), sıvılaştıran zeminlerde kazık davranışını; zemin özellikleri, sıvılaştıran zemin derinliği, kazık özellikleri, deprem aletsel büyüklüğü-süresi, kazık ve zemin arasındaki rijitlik oranının etkilediğini belirtmişlerdir. Kendi çalışmalarında sismik yükler altında sıvılaştıran zeminlerde kazık davranışını incelemek amacıyla DIANA 9.3 sonlu elemanlar programından yararlanmışlardır. Programda kazık çapları, deprem süresini-aletsel büyüklüğünü, zemin özelliklerini değiştirerek analiz etmişlerdir. Geoteknik ve yapı mühendisleri için sıvılaşmadan önce ve sonra kazık davranışını belirlemenin zor bir durum olduğunun altını çizmişlerdir. Kazıklardaki burkulma ve plastik mafsallaştırmadan

kaynaklı yenilmelerin oluşabileceği tasarımlardan kaçınılması gerektiğinden bahsetmişlerdir.

Oral (2014), çalışmasında sıvılaşılan zeminlerde meydana gelen deformasyonları belirlemek amacıyla FLAC yazılımında çalışan efektif gerilme tabanlı bir zemin bünye modeli geliştirmiştir. METUSAND adını vererek geliştirdiği bu bünye modelinin doğruluğunu teyit etmek amacıyla, 1987 yılında meydana gelen “Superstition Hills” depreminde Kaliforniya eyaletinin “Imperial Vadisi” Wildlife sahasındaki ve 1995 yılında meydana gelen “Hyogo-ken Nambu” depreminde Kobe’de “Port Island” sahasındaki zemin sıvılaşmasını modellemiştir. Analizler sonunda vaka örneklerinde meydana gelen sıvılaşma tetiklemesi ve sıvılaşmadan sonra oluşan deformasyonlar METUSAND modeli ile uyumlu çıktığını göstermiştir. Bununla birlikte ele alınan tekil kazık örneğinin sismik yükler altındaki yatay deformasyonlarını incelemek amacıyla sayısal simülasyonlar yapmıştır. Bu analizlerde kinematik etkiler dikkate alınmıştır.

Sarkar, Bhattacharya ve Maheshwari (2014), kazık temelli yapılarda sıvılaşmadan kaynaklı hasarların görülme nedenlerini güvenli olarak yapılmayan tasarımlar ve tasarım sırasında kazığa gelen yanal yüklerin ve eksenel yüklerin dikkate alınmaması olduğunu vurgulamışlardır. Deprem yükleri altında kazık tasarımını değerlendirmek amacıyla Hindistan’daki Haldia bölgesindeki kazık temelli yapı, sonlu elemanlar programı kullanılarak ele alınmış kazığın farklı yenilme mekanizmaları tartışılmıştır. Sıvılaşılan zeminlerde kazıklar; zayıf kolon gibi davrandıklarından düşey ve yatay yüklerin dikkate alınması gerektiğini, sıvılaşma esnasında zeminin ve kazığın dayanımı azaldığı için de yapının sönüm oranının % 20 mertebelerine çıkabileceğini belirtmişlerdir.

Finn (2015), sıvılaşılan zeminlerde deprem yükleri altında kazıklarda dönme ve ötelenmeden kaynaklı rijitlik değişimlerini sayısal bir yapı modeli ile araştırmıştır. Çalışmada, 4×4 kazık grubu tarafından desteklenen köprü ayağı ele alınmış 3 boyutlu analiz ataletsel yükler altında yapılmıştır. Yanal ötelenme ve dönme rijitliklerinin üzerlerinde üst yapı olup olmasına göre ve kazık başının sınır koşullarının zamanla değişimi göz önüne alınarak incelenmiştir. Üst yapı olmayan durumlarda her iki rijitlikteki değişim üst yapı olması durumuna göre daha düşük çıkmış, ivme ve yerdeğiştirme değişim durumu ise üst yapının bulunması halinde artmıştır.

Kinematik etkileşimin göz önüne alındığı analizde kazık başının dönmeye sınırlı ya da serbest olması durumunda oluşan moment ve deplasmanlar kıyaslanmış; deplasman değerlerinin yakın mertebede olduğu ve moment değerlerinin de sabit başlı kazıkta daha büyük çıktığı görülmüştür. Çalışma sonunda kazık dizaynı yapılırken yapı-kazık-zemin etkileşimin göz önünde bulundurulması gerektiğinden ve çevresel yüklemenin öneminden bahsedilmiştir.

Janalzadeh ve Zahmatkesh (2015), çalışmalarında deprem bölgelerinde sivilaşmadan dolayı yapılarda ve derin temellerde hasarlar meydana geldiğini vurgulamışlardır. Yaptıkları çalışmada sismik yükler altında sivilaşan zeminde pseudo-statik analiz ve serbest saha koşullarında 3 boyutlu analizler yapmışlardır. Bu analizler esnasında zeminin yanal hareketinden kaynaklı kinematik etki ile üst yapıdan kaynaklı ataletsel etkiyi irdelemişlerdir. Kazık tasarımı yaparken birçok etkinin göz önünde bulundurulması gerektiğinden (örneğin; kazık başlarının dönmeye serbest ya da sınırlı olma durumu, zemin profilinin durumu, temel üzerinde yapının bulunup bulunmaması durumu vs.) bahsetmişlerdir.

Sextos, Mylonakis ve Mylona (2015), betonarme köprü kazık gruplarının sivilaşan ve yumuşak zemin üzerindeki kazık başlarının devirsel ve döngüsel sismik hareketler altında kinematik kuvvetler etkisindeki davranışlarını irdelemişlerdir. Üiform sivilaşmayan ve üniform olmayan sivilaşan zemin grupları için analizler yapmışlardır. Gevşek zeminlerde kazıkların, kazık boyunca doğrusal olmayan hareketlerinin mevcut olduğu, bu nedenle kazık başlarının devirsel ve döngüsel tepkilerinin yüksek salınımlarda gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Hussien Tobita, Iai ve Karray (2016), kum zemin üzerinde tek serbestlik ve iki serbestlik dereceli yapıları destekleyen tekil kazık ve 3×3 kazık grubu üzerinde 7 farklı model, ivmesi 40 g ve 0,5-12 Hz. değişken yükleme frekansları altında santrifüj deneyleri yapmışlardır. Her bir model sabit ivme genliği ve değişen frekanslarla 12 sinüzoidal dalgaya maruz bırakılmıştır. Deneyler sonucunda kazık başlarının hareketine etkisi olan iki ardışık frekans bulunduğu anlaşılmıştır. Bunlar: kazık baş kısmın hareketinin arttığı düşük frekans durumu ve serbest saha koşul hareketine nazaran kazık başı tepkisinin azaldığı yüksek frekans durumudur. Deney sonuçlarında, zeminin rezonans frekansı uyarıldığında, kinematik etkinin kazıklardaki eğilme momentini arttırdığı gözlemlenmiştir. Başka bir ifade ile

uyarılma frekansı, zemin-kazık-yapı sisteminin doğal frekansına yaklaştığı zaman titreşimler kazıklar üzerinde büyük eğilme momentleri oluşturma eğiliminde olmuşlardır. Eğilme momenti dağılımı sismik etkinin frekansına ve kazık özelliklerine göre değişmiştir. Deneyler sonucunda kazık gruplarında iç kazıklarda oluşan büyük eğilme momentlerinin kinematik etkiden, dış tarafta bulunan kazıklarda oluşan eğilme momentlerinin ataletsel etkiden kaynaklandığı belirtilmiştir. Sıvılaştırılan zeminlerde zemin-kazık-yapı etkileşiminin belirlenmesinin çok kompleks bir olgu olduğundan bahsetmişlerdir.

Lombardi ve Bhattacharya (2016), dört adet kazık modeli (tekil kazıklar ve kazık grupları) üzerinde kısa süreli sıvılaşmanın olduğu ve tam sıvılaşmanın olduğu durumlar için sarsma tablası deneyleri ve SAP2000 bilgisayar programı ile sayısal analizler yapmışlardır. Önerilen p-y eğrileri ve p-çarpmanı yönteminden faydalanmışlardır. Analizler sonunda hem deneysel hem de sayısal yöntem için moment ve deplasman değerleri karşılaştırılmıştır. Kısa süreli sıvılaşmanın başladığı durumda deneysel çalışmadaki moment değerleri sayısal çalışmadaki moment değerlerinden daha yüksek mertebelerde çıkmıştır. Tam sıvılaşma durumunda önerilen p-y eğrileri yöntemindeki deplasman değerleri ile p-çarpmanı yöntemindeki değerlerin farklılık gösterdiği görülmüştür. P-çarpmanlarını 0,3 ve 0,1 olarak almışlardır.

## **2.5 Sıvılaşma Analiz Türleri**

### **2.5.1 2018 Deprem yönetmeliğine göre sıvılaşma**

İlk aşamada zemin sınıfı belirlenmeli zemin sınıfı belirlenirken: Sıvılaşma analizi yapılan zeminin TBDY Tablo 16.1’de yer alan “zemin sınıfı” “açılır pencereden\*” seçilecektir. Yerel zemin sınıflarının seçimine özel önem verilecek, özellikle arazide açılan sondajlar sırasındaki karşılaşılan zemin birimlerinin tabaka kalınlığı, litolojisi, stratigrafik kesiti, yerinde yapılan deneyler ile yeraltı suyu seviyesinin tespitine özel önem verilecektir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar “Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına” uygun olarak yapılan zemin ve temel etüt raporu dikkate alınarak belirlenecektir. Sıvılaşma analizi için ‘ZD, ZE, ZF’ zemin gruba girin zemin türleri esas alınmalı.

Deprem hesabı verileri; Mw: Tasarım depreminin moment büyüklüğüdür. Moment büyüklüğü saha etki alanı içinde bulunan ve depreme kaynaklık edecek bölgesel

jeoloji, tektonik yapı, depreme kaynaklık eden süreksizlik sistemleri, fay segmentinin büyüklüğü ve uzunluğu, bu fay veya fay segmentlerin üretecekleri deprem büyüklükleri, tekrarlama periyodları gibi jeolojik özellikleri TBDY (2018) İle Uyumlu Sıvılaşma Risk Analizi 4 ile deprem katalogları dikkate alınarak belirlenir. Ayrıca, Plana Esas Jeolojik, Jeoteknik ve Mikro Bölgeleme Raporları'nda belirtilen ve sahaya etki eden en büyük deprem moment büyüklüğü (Mw) değeri de alınabilir. Ayrıca farklı araştırmacılar tarafından; inceleme alanını etkileyecek en büyük yer ivmesini elde edebilmek için olası deprem senaryoları öngörülmüştür.

Bu amaç için önce MTA'nın en son 2012'de güncellediği Türkiye diri fay haritasından yararlanılarak söz konusu alana uzaklığı en fazla 100 km olan faylar seçilir ve daha sonra Wells ve Coppersmith (1994) tarafından önerilen aşağıda verilen eşitlik yardımıyla söz konusu fayların üretebileceği olası depremlerin Moment büyüklüğü (Mw) değerleri hesaplanabilir.

$$M_w = a + b \log (SRL)$$

Yukarıdaki eşitlikte,

SRL: Beklenen yüzey kırığının (ya da tasarım depremini üretmesi beklenen fay segmentinin) uzunluğu (km) olup,

a ve b katsayıları : Fayın türüne bağlıdır. Tablo 2.1'de görülmektedir.

**Tablo 2.1:** Fay Segmenti Yaklaşımı ile Senaryo Deprem Büyüklüğünü Veren Eşitlikteki a ve b Katsayıları

Fay Türü	a katsayısı	b katsayısı
Doğru atımlı fay	5,16	1,12
Normal fay	4,86	1,32
Ters fay	5,00	1,22
Tüm fay türleri	5,08	1,16

**Kaynak:** (Wells ve Coppersmith, 1994)

S<sub>DS</sub>: Kısa periyot ivme katsayısıdır (boyutsuzdur). S<sub>DS</sub>' nin S'si Spektral ivme, alt indir "d" si Design/ tasarım, alt indis küçük "s" Kısa anlamına gelmektedir.

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s$$

SS : Kısa periyod spektral ivme değeri;

FS : Kısa periyod bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı

$\sigma_{DS}$  ,Türkiye Deprem Tehlike Haritası'ndan deprem yer hareketi düzeyi, yerel zemin sınıfı, enlem ve boylama göre hesaplanır ve AFAD Başkanlığının (www.tdth.afad.gov.tr) web sayfasından alınır.

Düşey zemin gerilmesi ( $\sigma_{vo}$ ); SPT derinliğindeki düşey zemin gerilmesidir. Birimi  $kN/m^2$

$$\sigma_{vo} = \gamma \times h$$

$\gamma$  : Zeminin doğal birim hacim ağırlığı, zemin eğer suya doymuş haldeyse  $\gamma_d$  kullanılmalıdır.

$h$  : SPT derinliğidir (m).

Efektif Düşey Gerilme ( $\sigma'_{vo}$ ): SPT derinliğindeki efektif düşey zemin gerilmesidir. Birimi  $kN/m^2$  'dir.

$$\sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - (\gamma_{su} \times YASS)$$

$\sigma_{vo}$  : Düşey zemin gerilmesidir ( $kN/m^2$  ).

$\gamma_{su}$  : Suyun birim hacim ağırlığıdır ( $kN/m^3$  ).

YASS :Yeraltı su seviyesidir (m).

Örtü Yüğü Düzeltme Katsayısı ( $C_N$ ): Kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısıdır. Hesaplanan  $C_N$  değeri 1.70'den büyük çıkarsa maksimum değeri olan 1.70 alınmalıdır

$$C_N = 9.78 \sqrt{1/\sigma'_{vo}} \leq 1.70$$

SPT düzeltme katsayıları Tablo 2.2'de derinliğe bağılı olarak gösterilmiştir.

Tij Boyu Düzeltme Katsayısı ( $C_R$ ): SPT tij boyu düzeltme katsayısıdır.

Numune Alıcı Tipi Düzeltme Katsayısı ( $C_s$ ): SPT numune alıcı tipi düzeltme katsayısıdır.

Sondaj Delgi Çapı Düzeltme Katsayısı ( $C_B$ ): SPT sondaj delgi çapı düzeltme katsayısıdır.

Enerji Oranı Düzeltme Katsayısı ( $C_E$ ): SPT enerji oranı düzeltme katsayısıdır.

**Tablo 2.2: SPT Düzeltme Katsayıları**

Düzeltme Katsayısı	Değişken	Değer
CR	3m ile 4m aralığında	0.75
	4m ile 6m aralığında	0.85
	6m ile 10m aralığında	0.95
	10m'den derin	1.00
CS	Standart numune alıcı (iç tüpü olan)	1.00
	İç tüpü olmayan numune alıcı	1.10-1.30
CB	Çap 65mm-115mm arasında	1.00
	Çap 150mm	1.05
	Çap 200mm	1.15
CE	Güvenli tokmak	0.60-1.17
	Halkalı tokmak	0.45-1.00
	Otomatik darbeli tokmak	0.90-1.60

**Kaynak:** (TBDY, 2018)

Düzeltilmiş SPT Vuruş Sayısı ( $N_{1,60}$ ): Düzeltilmiş SPT vuruş sayısıdır birimsizdir. Sıvılaştırma analizlerinde her zaman  $N_{1,60}$  kullanılır.  $N_{60}$ 'da CN düzeltmesi yoktur.

$$N_{60} = N \times C_R \times C_S \times C_B \times C_E$$

$$N_{1,60} = N_{60} \times C_N$$

Burada;

$N$  : Araziden elde edilmiş SPT darbe sayısı,

$C_N$  : Örtü yükü düzeltme katsayısı,

$C_R$  : Tij boyu düzeltme katsayısı,

$C_S$ : Numune alıcı düzeltme katsayısı,

$C_B$  : Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı,

$C_E$  : Enerji verimliliği düzeltme katsayısıdır ve

$N_{1,60}$  : Düzeltilmiş SPT vuruş sayısı.

İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltilmiş SPT Vuruş Sayısı ( $N_{1,60f}$ ): İnce dane içeriğine göre düzeltilmiş SPT vuruş sayısı, ince dane içeriğine göre  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayıları kullanılarak belirtilmiştir (birimsizdir) (Youd vd., 2001).

$$N_{1,60f} = \alpha + \beta \cdot N_{1,60}$$

$$\alpha = 0 ; \beta = 1$$

$$(IDI \leq \%5)$$

$$\alpha = \exp[1.76-(190/IDI^2)] ; \beta = 0.99 + IDI^{1.5}/1000 \quad (5 < IDI < 35)$$

$$\alpha = 5.0 ; \beta = 1.2 \quad (IDI \geq 35)$$

Moment Büyüklüğü 7.5 Olan Depreme Karşı Gelen Çevrimsel/Tekrarlı Dayanım Oranı (CRR<sub>M7.5</sub>): Moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranıdır.

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34-N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60}}{135} + \frac{50}{[10N_{1,60f}+45]^2} - \frac{1}{200}$$

Tasarım Depremi Moment Büyüklüğü Düzeltme Katsayısı (C<sub>M</sub>): Tasarım depremi moment büyüklüğü düzeltme katsayısıdır.

$$C_M = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}}$$

Sıvılaşma Direnci (τ<sub>R</sub>): Sıvılaşma direncidir. Birimi kPa 'dır.

$$\tau_R = CRR_{M7.5} \times C_M \times \sigma_{vo}^3$$

Zeminde Depremden Oluşan Ortalama Tekrarlı Kayma Gerilmesi (τ<sub>deprem</sub>): Zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesidir. Birimi kPa 'dır.

$$\tau_{deprem} = 0.65 \times \sigma_{vo} \times (0.4 \times S_{DS})$$

Sıvılaşmaya Karşı Güvenlik Koşulu (τ<sub>R</sub> / τ<sub>deprem</sub>):

$$FSL = \frac{\tau_R}{\tau_{deprem}} \geq 1,1$$

FSL değeri 1,1'den büyük olursa sıvılaşma olmaz eğer küçük olursa sıvılaşma olabilir.

### 2.5.2 2007 Deprem yönetmeliğine göre sıvılaşma

Bütün deprem bölgelerinde, yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyinden itibaren 10 m içinde olduğu durumlarda, D zemin grubuna(yumuşak kil, siltli kil, gevşek kum) giren zeminlerde Sıvılaşma Potansiyeli'nin bulunup bulunmadığının, saha ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi ve sonuçların belgelenmesi zorunludur.

Moment büyüklüğü (M<sub>w</sub>) değerleri hesaplanmalı ilk adımda;

$$M_w = a + b \log (SRL)$$

$S_{DS} = S_s \cdot F_s$  değerleri hesaplanır.

Düşey zemin gerilmesi ( $\sigma_{vo}$ ): SPT derinliğindeki düşey zemin gerilmesidir. Birimi  $kN/m^2$

$$\sigma_{vo} = \gamma \times h$$

Efektif Düşey Gerilme ( $\sigma'_{vo}$ ): SPT derinliğindeki efektif düşey zemin gerilmesidir. Birimi  $kN/m^2$  'dir.

$$\sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - (\gamma_{su} \times Y_{ASS})$$

Örtü Yüğü Düzeltme Katsayısı ( $C_N$ ): Kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısıdır. Hesaplanan  $C_N$  değeri 1.70'den büyük çıkarsa maksimum değeri olan 1.70 alınmalıdır

$$C_N = 9.78 \sqrt{1/\sigma'_{vo}} \leq 1.70$$

Düzeltilmiş SPT Vuruş Sayısı ( $N_{1,60}$ ): Düzeltilmiş SPT vuruş sayısıdır, birimsizdir. Sıvılaşıma analizlerinde her zaman  $N_{1,60}$  kullanılır.  $N_{60}$ 'da  $C_N$  düzeltmesi yoktur.

$$N_{60} = N \times C_R \times C_S \times C_B \times C_E$$

$$N_{1,60} = N_{60} \times C_N$$

İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltilmiş SPT Vuruş Sayısı ( $N_{1,60f}$ ): İnce dane içeriğine göre düzeltilmiş SPT vuruş sayısı, ince dane içeriğine göre  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayıları kullanılarak belirtilmiştir, (birimsizdir. (Youd vd., 2001).

$$N_{1,60f} = \alpha + \beta \cdot N_{1,60}$$

$$\alpha = 0 ; \beta = 1 \quad (IDI \leq \%5)$$

$$\alpha = \exp[1.76 - (190/IDI^2)] ; \beta = 0.99 + IDI^{1.5}/1000 \quad (\%5 < IDI < \%35)$$

$$\alpha = 5.0 ; \beta = 1.2 \quad (IDI \geq \%35)$$

Moment Büyüklüğü 7.5 Olan Depreme Karşı Gelen Çevrimsel/Tekrarlı Dayanım Oranı ( $CRR_{M7.5}$ ): Moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranıdır.

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34-N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60}}{135} + \frac{50}{[10N_{1,60f}+45]^2} - \frac{1}{200}$$

Tasarım Depremi Moment Büyüklüğü Düzeltme Katsayısı (C<sub>M</sub>): Tasarım depremi moment büyüklüğü düzeltme katsayısıdır.

$$C_M = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}}$$

Sıvılaşma Direnci (τ<sub>R</sub>): Sıvılaşma direncidir. Birimi kPa 'dır.

$$\tau_R = CRR_{M7.5} \times C_M \times \sigma'_{vo}$$

Gerilme azaltma katsayısı (r<sub>d</sub>): Gerilme azaltma katsayısıdır. İncelenen derinliğe (z) bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

$$r_d = 1.0 - 0.00765 \times z \quad z \leq 9.15m$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 \times z \quad 9.15m < z \leq 23m$$

$$r_d = 0.744 - 0.008 \times z \quad 23m < z \leq 30m$$

$$r_d = 0.50 \quad z > 30m$$

Zeminde Depremden Oluşan Ortalama Tekrarlı Kayma Gerilmesi (τ<sub>deprem</sub>): Zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesidir. Birimi kPa 'dır.

$$\tau_{deprem} = 0.65 \times \sigma'_{vo} \times (0.4 \times S_{DS}) \times r_d$$

Sıvılaşmaya Karşı Güvenlik Koşulu (τ<sub>R</sub> / τ<sub>deprem</sub>):

$$FSL = \frac{\tau_R}{\tau_{deprem}} \geq 1$$

FSL değeri 1'den büyük olursa sıvılaşma olmaz eğer küçük olursa sıvılaşma olabilir.

### 2.5.3 Kayma dalga hızına göre sıvılaşma

Yinelemeli ya da Kayma Gerilme Oranı (KGO) Yeraltı suyunun altındaki zemin malzemesinin yinelemeli gerilme oranı (KGO) ifade edilir (Seed ve Idriss, 1971)

$$KGO = \frac{\tau_{ort}}{\sigma'_{vs}} = 0.65 \times \frac{\sigma_{vs} \times a_{max} \times r_d}{\sigma'_{vs} \times g}$$

Burada;

$\tau_{ort}$ : Depremi neden olduğu yinelemeli kayma gerilmesinin ortalama değeridir ve 0.65 katsayısı en büyük gerilmenin %65 olduğu kabul edilmektedir,

$\alpha_{max}$ : En büyük (doruk) ivme,

g: Yer çekimi ivmesi,

$\sigma_{vs}$ : Kayma dalga hızı ve deprem dalgası periyodundan hesaplanan incelenen derinlikteki dinamik düşey gerilme,

$\sigma_{vs}'$ : Aynı parametreler ile hesaplanan ve aynı derinlikteki efektif dinamik düşey gerilmedir.

Dinamik düşey gerilme ve efektif dinamik düşey gerilme aşağıdaki matematiksel ifadeler ile kPa biriminde hesaplanmaktadır. Seed ve Idriss (1971)

$$\sigma_{vs} = 2.45T \sum_{i=1}^n \bar{\sigma}_i V_{si}$$

$$\sigma_{vs}' = 2.45T \sum_{i=1}^n \bar{\sigma}_i V_{si} - 9.81(z - z_w)(\bar{\sigma}_{sa} - \bar{\sigma}_i)$$

Burada;  $\bar{\sigma}_i$ : birim hacim ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>),  $\bar{\sigma}_{sa}$ : suya doymun birim hacim ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>), T: Deprem dalgasının periyodu (s), z: incelenen tabaka derinliği (m) ve  $z_w$ : yeraltı suyu derinliğidir (m).

Efektif Gerilme ile Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı Standart penetrasyon test (SPT) darbe sayısını efektif gerilme ile düzeltmek için bilinen eşitliğe benzer olarak  $V_s$ 'de efektif gerilme ile aşağıdaki eşitlik kullanılarak düzeltilebilir (Sykora, 1987; Robertson vd., 1992).

$$V_{sc} = V_s \left( \frac{Pa}{\sigma_v} \right)^{0.25}$$

Burada;  $V_{sc}$ : efektif gerilme ile düzeltilmiş kayma dalga hızı ve Pa: atmosferik basınç olarak bilinen referans bir gerilmedir.

Kayma Direnç Oranı (KDO) Yapılan saha çalışmalarından elde edilen kayma dalga hızının ( $V_s$ ) yada SPT darbe sayısının düzeltilmiş değerleri için sınılaşma ve sınılaşmama durumunu ayıran KDO değerleri kayma direnç oranı olarak isimlendirilir. KDO fiziksel olarak zeminin doğal direncidir.

Andrus ve Stokoe II (1997; 1999; 2000), Uyanık (2002) ve bu çalışma KDO ve  $V_{sc}$  arasında aşağıdaki ilişkiyi önermektedir.

$$KDO=[a(\frac{V_{Sc}}{100})^2+b(\frac{1}{V_{Smax}-V_{Sc}}-\frac{1}{V_{Smax}})]MSF$$

Burada;  $V_{sc}$ : Düzeltilmiş kayma dalga hızı,  $V_{Smax}$ : Sıvılaşmanın oluşabileceği düzeltilmiş kayma dalga hızının üst sınır değeri, a ve b: Eğriye uygun parametreler ve MSF: Magnitüd skala faktörü dür.

$$MSF=(\frac{M_w}{7.5})^n$$

Burada;  $M_w$ : Moment magnitüd ve n: üstel bir sabittir.

Zeminin incelik içeriğine bağlı olarak  $V_{smax}=220-250m/s$  arasında değişmektedir.  $V_{smax}$  ve zeminin incelik içeriği (FC) arasındaki ilişki aşağıda ifade edilmektedir.

$V_{smax}=250m/s$	$FC \leq \%5$ Kum
$V_{smax}=250 - (FC-5)m/s$	$\%5 < FC < \%35$ Kum
$V_{smax}=220m/s$	$FC \geq \%35$ Kum ve Silt

Güvenlik Faktörü(GF);sıvılaşma tehlikesinin belirlenmesinde en yaygın yol, güvenlik faktörüdür;

$$GF=\frac{KDO}{KGO}$$

Genel kural olarak,  $GF \leq 1$  olduğunda sıvılaşmanın gerçekleşeceğini göstermektedir.

## 2.6. Sıvılaşabilen Zeminlerde Deprem Yükleri Altında Sayısal Modelleme Yöntemleri

### 2.6.1. P-y Eğrileri yöntemi

Yatay yüklü kazıkların tasarımında kullanılan en yaygın metotlardan biri p-y eğrileri yöntemidir. P-y yöntemi üzerine birçok araştırmacı çalışmalar yapmıştır (Matlock, 1970, Bu yöntemde, kazık boyunca gerilmeşekil değiştirme fonksiyonu için bir kabul yapılmakta ve bu nedenle zemin modülünün derinlikle birlikte doğrusal olarak arttığı veya belirli bir fonksiyona bağlı olarak değiştiği kabul edilmektedir (Akbaş, 2009). Kazık yer değiştirme ile zemin bağlantılı doğrusal değil ise zeminin plastik ve elastik davranışları dikkate alınmalıdır. Böyle bir durumda elastik yöntemin ard arda uygulanması ile zemin-kazık sistemi için fiziksel model hazırlanmakta böylece yatay yönde yüklenmiş olan kazığın davranışları incelenmekte veya zeminin

davranışlarının simülasyonu yapılmaktadır.(Akbaş, 2009). P değişkeni birim genişlikte zemin direncini ve y herhangi bir derinlikte yer değiştirmeyi göstermektedir.

### **2.6.2. Zaman alanında sayısal analiz yöntemleri**

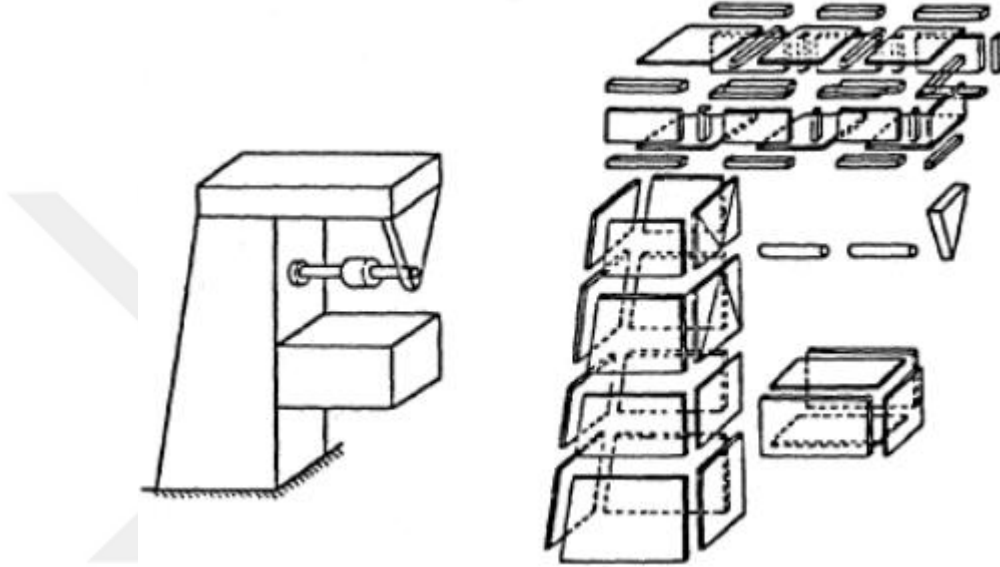
Zeminlerde sınırlama analizleri için kullanılan sonlu elemanlar ve sonlu farklar yöntemlerinin olduğu sayısal gerilme-deformasyon analizi metodlarında boşluk suyu basıncı farklılıklarının modellenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenden dolayı sonlu elemanlar ve sonlu farklar analiz yöntemlerinde kullanılan bünye örneklerinde, devirsel kayma gerilmeleri etkisi altında meydana gelen hacim değişimleri ve aşırı boşluk suyu basıncı ile yükleme çevrim sayısı ortasında ki ilişkinin yanı sıra, deney verileri doğrultusunda boşluk suyu basıncı-efektif gerilme ile göçme yüzeyi arasındaki uyumun modellenmesi hedeflenmektedir (Özaydın, 2007).

#### **2.6.2.1. Sonlu elemanlar yöntemi**

Sonlu elemanlar yöntemi, genel olarak günümüzde karmaşık mühendislik problemlerinin hassas olarak çözülmesinde etkin olarak kullanılan bir sayısal yöntemdir. İlk defa 1956 yılında uçak gövdelerinin gerilme analizi için geliştirilmiş olan bu yöntemin, daha sonraki on yıl içerisinde uygulamalı bilimler ve mühendislik problemlerinin çözümünde de başarılı bir şekilde kullanılabilceği anlaşılmıştır. Daha sonraki yıllarda ise sonlu elemanlar yöntemi ve çözüm teknikleri hızlı gelişmeler kaydetmiş ve günümüzde birçok pratik problemin çözümü için kullanılan en iyi yöntemlerden birisi olmuştur. Yöntemin değişik mühendislik alanları için bu kadar popüler olmasının ana nedenlerinden birisi genel bir bilgisayar programının yalnız giriş verilerini değiştirerek herhangi bir özel problemin çözümü için kullanılabilmesi olarak özetlenebilir. (Erhan, 2011)

Sonlu elemanlar analizleri karmaşık geometriye sahip sistemlerin sürekli bir ortamın sonlu eleman olarak nitelendirilen basit geometriye sahip parçalara ayrılması ile elde edilen matematiksel bir çözüm yöntemidir. (Örnek, 2009). Sonlu elemanlar analizinde bütün parçanın sonsuz sayıda küçük parçalara bölünüp ilgili diferansiyel denklemleri her bir parçaya uygulayıp sınır koşullarına bağlı yeni denklemler üretilerek tüm problem için sonuç elde edilmektedir. Sonsuz parçalara ayırma işleminin doğru bir şekilde yapılması analiz sonuçlarının doğruluğunu etkilemektedir.

Sonlu elemanlar yönteminde, çözüm bölgesi, çok sayıda, basit, küçük, birbirine bağlı, sonlu eleman adı verilen alt bölgelere ayrılmaktadır. Bu yöntemin, bir iş tezgahı gibi karmaşık bir geometrik şekli modellemek için nasıl kullanılabileceği aşağıdaki örnekte gösterilmiştir (Şekil 28). Böyle bir tezgahın çalışması esnasında oluşacak olan deplasman ve 2.6 gerilme gibi değerleri kesin olarak bulmak hemen hemen imkansız olduğundan, tezgah şekilde görülen parçalara ayrılarak modellenmiştir (Arıkan M. A. Sahir,2011).



**Şekil 2.16:** Bir iş tezgahının sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesi

**Kaynak:** (Arıkan M. A.Sahir, 2011)

#### 2.6.2.2. Sonlu farklar yöntemi

Analitik çözümleri mümkün olmayan ya da yorucu işlemler gerektiren ve pratik faydası olmayan problemlerin çözümünde, başlangıçta uygun bir koordinat hesap tarzı seçmek suretiyle yaklaşıklığı istenilen düzeyde olan nümerik hesaplarda çözüm yapmak mümkündür. Nümerik hesaplarda bütün metotların aslı sonsuz küçük yerine sonlu küçük miktarların kullanılmasına dayanır. Bunun uygulaması problemi ele alış şekline göre değişir. Analitik çözüm, bilinmeyenlerin sürekli bir fonksiyonunu verir. Bu, bağımsız değişkenlerin fonksiyonlarında bilinmeyenlerin ifadesini yerine koyarak, doğrudan orta yüzeyin istenen her noktasında bilinmeyenlerin değerini tayin edebiliriz, demektir. Bunun aksine, nümerik hesapta, ancak önceden tespit edilmiş olan bir düğüm noktaları şebekesinin bu düğüm noktalarına isabet eden bilinmeyenlerin değerini bulmak için interpolasyon yapmak gerekir. Bilindiği gibi çözümler analitik olarak ise bir lineer cebrik sistemler takımının çözümü ile elde edilir. Bu metodun

dayandığı esas, türevler yerine sonlu farklar bağıntılarını kullanarak problemin diferansiyel denklemini bilinmeyen fonksiyonun ayırık noktalarında ki değerleriyle yaklaşık olarak ifade etmektir (Uyaran,1989).

### **2.6.3. Parametrik çalışmalarda kullanılan bilgisayar programları ve özellikleri**

#### **2.6.3.1. LPILE programı ve çalışmada kullanılan p-y eğrileri**

LPILE, p-y eğrileri yöntemi kullanarak yanal yüklü kazıkları rasyonel prosedürlere dayalı çözüm yapan özel amaçlı bir yazılımdır. LPILE programı, kiriş-kolon çözümü için sonlu elemanlar yaklaşımı kullanarak diferansiyel denklemleri çözer. Program yanal yüklü kazıkların uzunluğu boyunca eğilme momenti, kesme kuvveti ve zemin tepkilerini hesaplar.

#### **Rollins'in sıvılaştan kum modeli**

Sıvılaştırma özelliği gösteren kumlardaki derin temel uygulamalarında yanal zemin dirençleri oldukça önemlidir. Sıvılaştırmamış zeminler için p-y eğrilerini tanımlamak için makul ve kabul görmüş yöntemler geliştirilmiş olmasına rağmen sıvılaştırmış kum tarafından ne kadar yanal yük aktarım direncinin sağlanabileceğine ilişkin önemli belirsizlik devam etmektedir (Isenhower ve Wang, 2011). Bazı durumlar karşısında sıvılaştan zeminlerin zemin direncinin olmadığı varsayılmaktadır. LPILE programında bu varsayım uygun p azaltma çarpanı kullanılarak veya kum için çok düşük sürtünme açısı girilerek uygulanmaktadır. Rollins, Hales ve Ashford (2005-b) sıvılaştan kumlu zeminde kazık grupları üzerinde yaptıkları yükleme testinin sonuçları dahilinde p-y eğrilerini geliştirmişlerdir.

#### **2.6.3.2. LPILE programında kullanılan malzeme modelleri**

LPILE programında beton ve çelik kazıkların nominal moment kapasitesini hesaplamak ve kazıkların eğilme dirençlerini bulabilmek için moment veya eğilme eğriliklerine göre önemli özellikler geliştirilmiştir (Isenhower ve Wang, 2011).

#### **2.6.3.3. FLAC2D programında kullanılan malzeme ve bünye modelleri**

Mohr-Coulomb modeli Mohr Columb modeli zeminlerde ve kayalarda kesme yenilmelerini modellemek için kullanılan klasik bir modeldir (FLAC2D- Fast Lagrangian Analysis of Continua User's Guide, Constitutive Models: Theory and

Implementation, 2002). FLAC2D sonlu farklar programında Mohr-Coulomb yenilme kriteri kohezyon ( $c$ ) ve sürtünme açısına ( $\phi$ ) bağlıdır.

FLAC programında, yenilme modeli ve akma fonksiyonu Mohr-Coulomb modelinde ele alınırken sertleşme/yumuşama fonksiyonları bu modele dahil edilmemiştir (Lee, 2014). Akma modeli, plastik akışın gerçekleştiği durumdaki gerilme durumunu belirler. Genelleştirilmiş gerilme alanında artımsal elastik veya plastik davranış yenilme modelinin tanımladığı yüzeyin altında veya üzerinde olması durumu ile belirlenir. Akış modeli, akma deformasyonlarını tanımlamak için kullanılır ve yenilme zarfı ile plastik gerilme artış vektörünün yönü arasındaki ilişkiyi tanımlar.

#### **2.6.3.4 Finn sıvılaşma modeli**

Sıvılaşan zeminleri simüle etmek amacıyla FLAC sonlu farklar programında kullanılan Finn Modeli, varsayılan lineer elastik-mükemmel plastik gerilme-şekil değiştirme davranışıyla birlikte Mohr-Coulomb yenilme kriterlerini kullanır (Soroush ve Koohi, 2004). Doğrusal elastik davranış, sıvılaşma esnasında zemin rijitliğinin azalması karşılayacak şekilde sıkışmazlık ve kesme modülüyle kontrol edilmektedir. Finn modeli kullanılarak dinamik yükler altında oluşan kalıcı hacimsel birim deformasyonlar hesaplanarak aşırı boşluk suyu basıncı bulunabilmektedir. Bu modelde boşluk oranı, hacimsel birim deformasyon ve diğer parametrelerin bir fonksiyonu olarak hesaplanabilmektedir.

Martin, Finn ve Seed (1975), tekrarlı yüklemenin boşluk suyu basıncı üzerindeki etkisini zemin kütlelerinin, kalıcı hacimsel birim deformasyonlar sonucu olarak tanımlamıştır. Bu durumda; taneler arasındaki boşluklar azalmaya çalışacak ve boşluk suyu basıncı artacaktır. Oluşturdukları formülasyonda, dinamik yüklemenin herhangi bir döngüsünde meydana gelen hacimsel birim deformasyon artışı ( $\Delta\varepsilon_v$ ), bu döngüde meydana gelen kayma şekil değiştirmesi ( $\gamma$ ) ve önceden birikmiş hacimsel şekil değiştirmeye ( $\varepsilon_v$ ) bağlıdır.

### **3. 2007 ve 2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNİN İNCELENMESİ**

#### **3.1. TBDY 2018'in Getirdiği Yenilikler ve DBYBHY 2007'ye Göre Yapılan Değişiklikler**

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'in, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında ki Yönetmelik 2007'ye göre eklenen ve değiştirilen kavramlar bu bölümde açıklanmaktadır. Etki altında bulunan binaların değerlendirilmesinde kaynak olan tasarım spektrumları hesaplanarak ortaya çıkan değer TDTH (Türkiye Deprem Tehlike Haritası) web sitesinde bulunan veriler ile karşılaştırılıp, değerlendirilecektir.

2007 yılında yayınlanan yönetmelik yedi bölümden oluşmaktadır ve 31.12.2018 tarihinde yeni yönetmeliğin devreye girmesi ile yürürlükten kalkmıştır. 2018 yılında yayınlanan TBDY2018 ise çok daha kapsamlıdır, toplam 17 bölümden ve 395 sayfadan oluşur. TBDY2018 yönetmeliğinin yürürlüğe girme tarihi ise 01.01.2019'dur. 2007 yönetmeliği yapı sınıfı olarak çelik, betonarme ve yığma yapılarla ilgili kurallar içermektedir. 2018 yönetmeliği ise, deprem etkisinde yerinde dökme ve prefabrik betonarme, çelik, hafif çelik, yığma ve ahşap malzemeler ile yapılacak olan binaları da içerecek şekilde genişletilmiştir. Temeli zeminleri ve altyapıya ait yenilikler gelmiştir. Daha kapsamlı ve net bilgiler ile sıralı ve aşamalı bir şekilde yapılacak üste yapı ya da alt yapı için nelere dikkat edilmesi hususunda kesin bilgiler içermektedir (TMMOB,2019).

##### **3.1.1. Yönetmeliğin kapsamı ve özel durumlar**

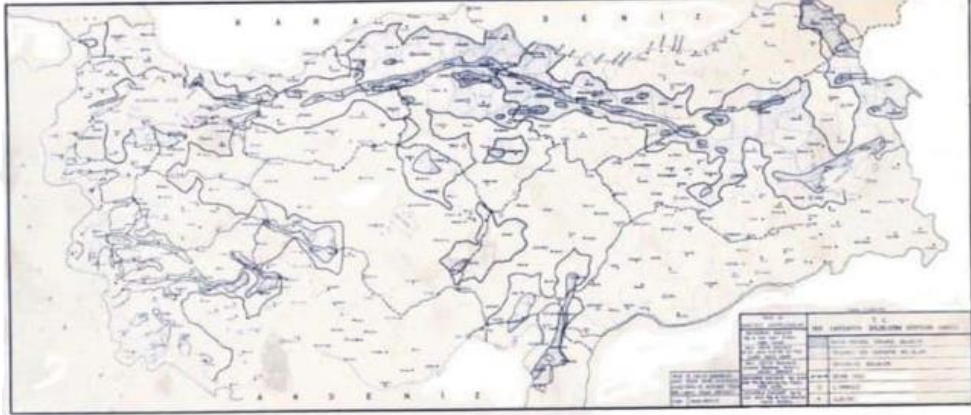
Eski deprem yönetmeliğine büyük değişiklikler ve yenilikler getirilmiştir. Deprem etkisi altında bulunan ön üretimli hafif çelik, yığma, betonarme, çelik, yüksek ve yalıtımlı yapıların tasarımları için yeni yönetmelik hükümleri uygulanmalıdır. Eski yapıların güçlendirilmesi de yeni yönetmelik kapsamına girmektedir. Eski yönetmelikten ayrı olarak ahşap binalar, yüksek binalar ve deprem yalıtımlı binalar yeni yönetmeliğe eklenilmiştir. Hafif çelik ve betonarme yapılarda detay tasarım kuralları yeni yönetmelikte verilmiş ve bu kurallar için ayrı bölümler oluşturulmuştur.

2007 DBYBHY yönetmeliğinde, 1996 yılına ait Deprem Bölgeleri Haritası kullanılmıştır. Burada deprem bölgeleri beş ayrı bölgeye ayrılmıştır. I. Bölgede en büyük yer ivmesi değeri 0.4 g ve daha büyük iken V. Bölge ise en büyük yer ivme değeri 0.1 g'den daha küçük depremler görülen bölgelerdir. 2018'deki yeni çıkan yönetmelikte Sismik Risk Haritası için özel bir klasifikasyon yapılmamıştır. Buna göre her noktayı deprem bölgesi olarak kabul ederek hesap yoluna gidilmiştir.

### 3.1.2. Deprem tasarımına esas alınacak deprem yer hareketi

#### 3.1.2.1. Deprem tehlike haritaları

Yer hareketlerine göre çizilen haritalardan alınan bilgiler ve kabuller deprem etkisi altında yapılan tasarımlarda kullanılmaktadır. 1945 yılında ilk deprem yönetmeliği tarafından hazırlanan deprem bölgeleri Şekil 3.1'de verilmiştir. Deprem bölgeleri haritası kayıtların, sismotektonik ve tektonik bulguların artması ile 1963, 1975 ve 1996 (Şekil 3.2, 3.3, 3.4) yıllarında güncelleştirilmiştir (TMMOB,2019).



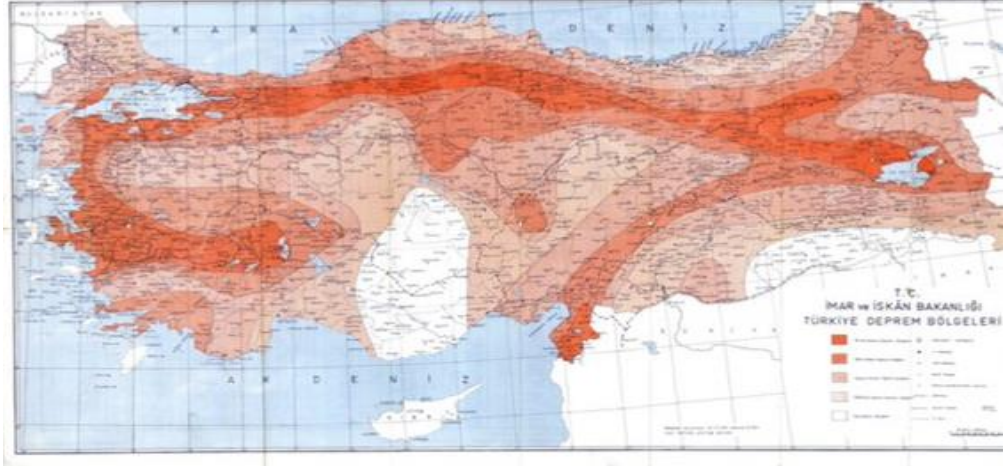
Şekil 3.1: 1945 Deprem Haritası

Kaynak: (TMMOB,2019)



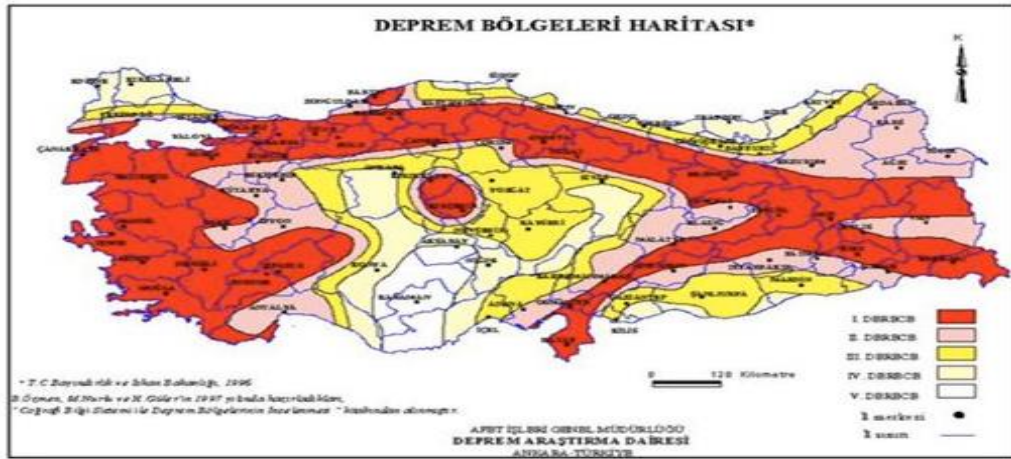
Şekil 3.2: 1963 Deprem Tehlike Haritası

Kaynak: (TMMOB, 2019)



**Şekil 3.3:** 1975 Deprem Tehlike Haritası

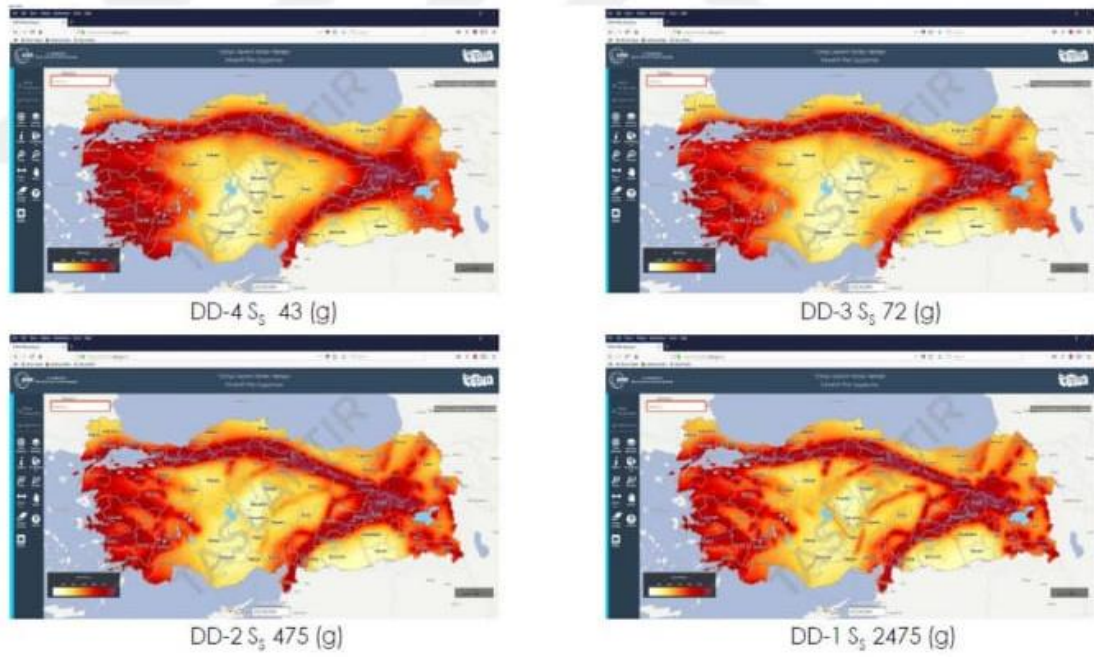
**Kaynak:** (TMMOB, 2019)



**Şekil 3.4:** 1996 Deprem Bölgeleri Haritası

**Kaynak:** (TMMOB,2019)

En büyük yer ivmesi (PGA), en yüksek hız değeri (PGV), 1.0 saniyeleri ve kısa periyotları gön önünde bulundurularak 4 adet deprem yer hareket düzeyi için 16 deprem haritası oluşturulmuştur. 1.0 saniye ve kısa periyot için 4 adet deprem yer hareket düzeyi için oluşturulan deprem haritaları Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Daha öce oluşturulan deprem tehlike haritalarında gösterilen fay hatlarına paralel durumda olan haritalar için noktasal veriler elde edilecek biçimde bir web ara yüzü oluşturulmuştur. Yeni yönetmelikte performans ve tasarım hesaplarında gerçek yer hareketlerinin tanımlanmasında sismik tehlike haritaları kullanılmıştır.



**Şekil 3.5:** Kısa Periyot 4 Deprem Yer Düzeyi Hareketine Ait Sismik Haritalar

**Kaynak:** (TMMOB,2019)

### 3.1.2.2. Standart deprem yer hareketi spektrumları

Yerel zeminin ve harita spektral ivme katsayıları ile bağlı bir şekilde %5'lik sönüm oranıyla standart olarak ya da saha bölgesine özel olarak deprem tehlikesi analizleri, deprem yer hareketi spektrumlarıyla tanımlanır.

### 3.1.2.3 Harita spektral ivme katsayıları

Birbirlerine dik olan iki yatay doğrultuların deprem etkilerini geometrik ortalama değerine karşılık gelen değer in deprem hareketi düzeyi referans zeminin koşulları göz önünde bulundurularak %5 sönüm oranında spektral ivmenin yerçekimine bölünmesiyle harita spektral ivme katsayıları boyutsuz katsayılar şeklinde tanımlanmıştır.

$S_1$ : 1 saniyelik periyodun gerçekleşmesi için harita spektral ivmesinin katsayısı.

$S_g$ : Kısa periyodun gerçekleşmesi için harita spektral ivmesinin katsayısı.

### 3.1.2.4 Yerel zemin etki katsayıları

Deprem tasarım spektrumlarının tanımlanmasında esas alınacak yerel zemin sınıfları yeni yönetmelikte 16. Bölüme göre yapılacak zemin araştırmalarıyla belirlenir. Eski yönetmeliğe göre büyük değişikliklerin olduğu zemin sınıflandırması Tablo 3.1'de

verilmiştir. Yeni yönetmelikte belirlenmesi üzerine deprem tasarım spektrumunun tanımlanması için temel alınacak yerel zeminin sınıfları yönetmeliğin 16. bölümünde bulunan zemin araştırmaları ile belirlenir. Kısa periyot için  $F_s$  değerleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Tablo 3.3’de 1saniye için  $F_1$  değişimleri görülmektedir (TBDY, 2018).

**Tablo 3.1: Yerel Zemin Sınıfları**

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metre ortalama		
		( $V_s$ ) <sub>30</sub> [m <sup>2</sup> /s]	( $N_{60}$ ) <sub>30</sub> [darbe/30 cm]	( $C_u$ ) <sub>30</sub> [kPa]
<b>ZA</b>	Sağlam, sert kayalar	>1500	-	-
<b>ZB</b>	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
<b>ZC</b>	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	>50	>2501
<b>ZD</b>	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-2501
<b>ZE</b>	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	<180	<15	<70
<b>ZF</b>	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.) 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turbo ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer, 4) Çok kalın ( $> 35$ m) yumuşak veya orta katı killer			

Kaynak: (TBDY, 2018)

**Tablo 3.2: Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları**

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_s$					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
<b>ZA</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>ZB</b>	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
<b>ZC</b>	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
<b>ZD</b>	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
<b>ZE</b>	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
<b>ZF</b>	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılmalıdır (Bkz. 16.5)					

Kaynak: (TBDY, 2018)

**Tablo 3.3:** Saniye Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyod için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_1$					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
<b>ZA</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>ZB</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>ZC</b>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
<b>ZD</b>	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
<b>ZE</b>	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
<b>ZF</b>	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

Kaynak: (TBDY, 2018)

$S_1$  ve  $S_s$  (harita spektral ivme katsayıları),  $F_s$  ve  $F_1$  (yerel zemin katsayıları) ile birinci denklemde verildiği üzere  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ 'e (tasarım spektral ivme katsayıları) dönüştürülmektedir. Birinci denklem ile elde edilmiş olan tasarım spektral ivme katsayılarından faydalanılarak düşey elastik tasarım spektrumları ve yatay elastik tasarım spektrumları açıklanmıştır (TBDY, 2018).

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1$$

### 3.1.3.5. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları

#### 3.1.3.5.1 Bina kullanım sınıfları

Sismik Tasarım Sınıflarının (DTS) tespitinde aslen, Bina kullanım sınıfları (BKS), yapıların kullanım amaçları dikkate alınmıştır. Bina tasarım sınıfları yeni yönetmelik ile detaylı olarak tanımlanmıştır fakat DBYBHY (2007)'de ise bu şekilde bir ayırım yoktur.

Bina kullanım amaçlarına bağlı bir şekilde yeni yönetmelikte tanımlanmış olan BKS (Bina Kullanım Sınıfı) sınıflandırılması şu şekilde yapılmıştır; Toplumsal olarak depremden sonra önemi az olan binalar için BKS değeri 3, toplumun yoğun ve kısa süreli olarak bulunduğu binalar için BKS değeri 2 ve hemen kullanımı gereken binalar içinde BKS değeri 1 verilmiştir.

#### 3.1.3.5.2 Bina önem katsayıları

Kullanım yönünden önemli görülen binalarda deprem etkisi, bina önem katsayısıyla arttırılarak tasarımda büyük deprem kuvvetlerinin karşılanması hedeflenmiştir.

Yapı önem katsayısı (I) yapıların sınıflarına göre değişkenlik göstermektedir. TBDY (2018)'de DBYBHY (2007)'ye karşılaştırıldığında; eğitim tesisleri ve sosyal tesisler, öğrenci yurtları, askeri yapılar, müzeler, tehlikeli madde bulunan yada depolanan yapıların Yapı Önem Katsayısı 1.4'ten 1.5'e yükseltilmiştir. Her iki yönetmelik için bina önem katsayıları tablo halinde aşağıda şekilde verilmiştir.

Bina kullanım amaçlarına göre bina önem katsayısı ve bina kullanım sınıfları Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

Bina önem katsayıları yeni yönetmelikte 1.0, 1.2 ve 1,5 olarak güncellenmiştir. Ve böylece eski yönetmelikte yer alan 1.4 önem katsayısında ki binaların önem katsayısı 1.5 grubunun içine eklenmiştir.

**Tablo 3.4:** Bina kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Sıra No	Bina Kullanım Amacı Veya Türü	Bina Önem Katsayısı(I)	
		TDY 2007	TBDY 2018
1	Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, iftaiye bine ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)	1,50	1,50
2	Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,50	1,50
3	Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.	1,40	1,50
4	Müzeler	1,40	1,50
5	Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1,20	1,20
6	Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyeri, oteller, bina türü endüstri yapıları vb.)	1,00	1,00

**Kaynak:** (TBDY, 2018)

### 3.1.3.6. Deprem tasarım sınıfları (DTS)

Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), TBDY (2018) ile birlikte yeni eklenmiş yeni bir kavram olup, Bina Kullanım Sınıfları ve DD-2 sismik yer hareketi seviyesi için TBDY (2018)'de tanımlı olan Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısına dayalı

şekilde, tasarımda asıl olan Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) yeni yönetmelikle birlikte kolayca erişilmektedir.

Yeni yönetmelikte DD-2 ve bina kullanım sınıfları için tanımlanmış olan DTS (Deprem Tasarım Sınıfları) SDS'ye bağlı olarak deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak sınıflarını karşılamaktadır. DTS Tablo 3.5'de verilmiştir. Deprem etkisinin yani SDS'nin artması ile ayrıntılı tasarım istenmekte, bina yüksekliği sınırlanmakta ve DTS değişmektedir.

Deprem Tasarım Sınıf değerinin artması ile DTS deprem tehlikesinin az olduğu yeri göstermektedir. Yeni yönetmelik ve eski yönetmelik arasında bu durum için karşılaştırılma yapıldığında, eski yönetmelikte birinci derece deprem bölgesi DTS=1 sınıfının içerisine girmektedir. Fakat konum olarak şekilde belirlenen tasarım spektral ivme değeri için birinci derece deprem bölgesinde çeşitli DTS da bulunabilmektedir.

**Tablo 3.5:** Deprem Tasarım Sınıfları

<b>DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (SDS)</b>	<b>Bina Kullanım Sınıfı</b>	
	<b>BKS=1</b>	<b>BKS= 2,3</b>
$S_{DS}<0,33$	DTS= 4a	DTS= 4
$0,33\leq S_{DS}<0,50$	DTS= 3a	DTS= 3
$0,50\leq S_{DS}<0,75$	DTS= 2a	DTS= 2
$0,75\leq S_{DS}$	DTS= 1a	DTS= 1

**Kaynak:** (TBDY, 2018)

### **3.1.3.7. Deprem etkisinde binaların deprem performansı**

Binanın türü, binanın özellikleri, deprem yer hareketi düzeyi ve taşıyıcı sistemde kullanılan malzemelerin özellikleri olacak şekilde değerlendirme ve tasarımda kullanılacak yeni yönetmelikte 4 adet performans düzeyi belirlenmiştir. Bu performans düzeyleri aşağıdaki gibidir;

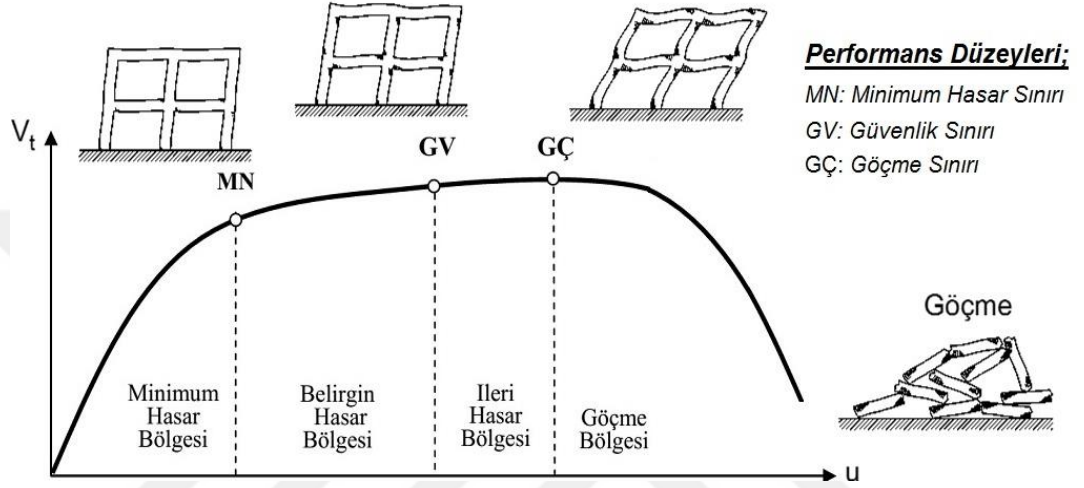
SH (Sınırlı Hasar) Performans Düzeyi: doğrusal olmayan hasarların yani taşıyıcı sistemde ortaya çıkan hasarların sınırlı düzeyde kaldığı duruma denilmektedir.

KH (Kontrollü Hasar) Performans Düzeyi: Bina taşıyıcı sistemlerinde oluşan hasarın çoğunlukla onarılabilir, güçlendirilebilir ve can güvenliğinin sağlandığı düzeyde gerçekleşmesidir.

KK (Kesintisiz Kullanım) Performans Düzeyi: Bina taşıyıcı sistemlerinde oluşan hasarın ihmal edilebilecek kadar az olması durumudur.

GÖ (Göçmenin Önlenmesi) Performans Düzeyi: Bina taşıyıcı sistemlerinde oluşan ileri düzeyde ve ağır hasarların meydana geldiği durumdur. Binanın göçmesi önlenmiş, göçme öncesi durumdur.

Deprem etkisinde binaların performans düzeyleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Bina Performans Durumları

Kaynak: (TBDY, 2018)

Deprem kuvvetleri altında yapıya ait performans hedefleri, TBDY (2018)'de belirlenen sismik yer hareketi seviyeleri için yeni yapılacak binaların amaçlanan bina performans düzeylerini ifade eder. DBYBHY (2007)'ye göre ise bina performans hedefleri deprem etkisi altında mevcut binaların performans düzeylerini ifade etmektedir.

Bina performans hedefleri:

TBDY (2018)'de tanımlanmış olan dört ayrı deprem yer hareketi seviyesi için yönetmelikte tanımlanmış olan yapılarda dikkate alınmak üzere, Deprem Tasarım Sınıfı DTS =1, 2, 3, 3a, 4, 4a için tanımlanmış olan Normal Performans Amaçları ile Deprem Tasarım Sınıfı DTS=1a, 2a için tanımlanmış olan İleri Performans Hedefleri Tabloda verilmektedir. Mal sahibinin talebine dayalı olarak Tablo 2.6'daki deprem yer hareketi seviyelerine göre daha yüksek performans hedefi seçimi mümkündür.

### **3.1.3.7.1 Dayanıma göre tasarım tanımı**

Dayanım kapasitelerinin altındaki dayanım taleplerine ve görelî kat ötelemelerine izin verilen değer aşıldığında kesitler değiştirilerek yeniden hesaplanmalıdır. Etki altında oluşan kat ötelemelerine izin verilen değerin karşılığıdır.

### **3.1.3.7.2 Şekil değiştirmeye göre tasarım tanımı (ŞGDT)**

Mevcut binaların değerlendirilmesi, güçlenmesi, yüksek bina tasarımı ve deprem yalıtımlı binaların tasarımında ŞGDT'in (Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım) uygulanması zorunlu hale getirilmiştir. Diğer yapılar daysa DGT (Dayanıma Göre Tasarım) ile öntasarım yapılmalı ve ŞGDT ile değerlendirilmesi yapılmalıdır. Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımında; Öntasarımı gerçekleştirilen taşıyıcı sistemlerin doğrudan olmayan davranışlarıyla uyumlu şekil değiştirme ve iç kuvvet bağlantıları belirlenir. Deprem etkilerinin ve hedef performansın uyumlu seçilmesi ile etki altında taşıyıcı sistemlerin doğrusal olmayan sünek davranışlarına ilişkin dayanım talepleri elde edilmiş olur. İç kuvvet talepleri ve şekil değiştirme ile istenilen performansla uyumlu şekilde tanımlanmış olan dayanım kapasiteleri ve şekil değiştirme karşılaştırılır. Mevcutta bulunan yapılar için yönetmelikte verilmiş olan sınır değerler ile elde edilen değerler uyumluysa şekil değiştirmelere göre tasarımlar tamamlanır. Yeni yapılacak olan yapılar için dayanım talepleri ve şekil değiştirmelerin sınır değerler ile uyumlu olması durumunda tasarımlar şekil değiştirmelere göre tamamlanır. Uyumlu olmadığı durumlarda ise kesitler değiştirilerek yeniden hesaplamalar ve değerlendirmeler yapılır. Böylelikle tasarım şekil değiştirmeye göre sonuçlanır.

### **3.1.3.8. Deprem etkisinde bina performans hedefi**

Binaların performans hedefleri, taşıyıcı sistemlerde kullanılan malzemeler, deprem yer hareketleri, yükseklik yalıtım gibi özelliklere bağlı değerlendirme ve tasarım aşamalarında kullanılmak için belirlenmektedir. Yeni yapılacak betonarme binaların değerlendirmesi ve tasarımı için yapılacak uygulamada kullanılan performans değerleri ve tasarım yaklaşımları Tablo 3.6'da gösterilmiştir.

Binalarda (yüksek binalar haricinde) KH (Kontrollü Hasar) performans düzeyi hedef alınarak değerlendirme ve tasarım Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile gerçekleştirilir. Fakat aynı binalar için yapının sahibi tarafından istenildiğinde ileri

performans hedefleri temel alınır, Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımıyla ön tasarım ve Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarıma (ŞGDT) göre ise değerlendirme ve tasarım gerçekleştirilir.

- 1)  $BYS = 3$  olan binalar için
- 2) (2)  $BYS = 2,3$  olan binalar için.
- 3) (3) Ön tasarım olarak yapılacaktır.
- 4) (4)  $I=1.5$  alınarak uygulanacaktır.

Tablo 3.6’da olmayan yığma, ahşap ve hafif çelik binalar, DD-2 deprem yer hareketi olarak tanımlanan sismik etki altında Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyini sağlamaktadır. DBYBHY (2007)'de mevcut olan yada güçlendirilmesi planlanan yapıların deprem performanslarının tespitinde dikkate alınacak deprem seviyeleri ve bu deprem seviyelerinde yapılar için beklenen en düşük performans hedefleri Tablo 3.7’de verilmektedir.

**Tablo 3.6:** Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS= 1, 2 ,3 , 3a, 4, 4a		DTS= 1a , 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
<b>DD-3</b>	-	-	SH	ŞGDT
<b>DD-2</b>	KH	ŞGDT	-	-
<b>DD-1</b>	-	-	KH	ŞGDT

Kaynak: (DBYBHY, 2007)

**Tablo 3.7:** Farklı Deprem Seviyelerindeki Binalar İçin Beklenen En Düşük Performans Hedefleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda % 50	50 yılda % 10	50 yılda % 2
<b>Deprem sonrası Kullanımı Gereken Binalar:</b> Hastaneler sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	<b>HK</b>	<b>CG</b>
<b>İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevi, müzeler, vb.	-	<b>HK</b>	<b>CG</b>

**Tablo 3.7:** (Devamı) Farklı Deprem Seviyelerindeki Binalar İçin Beklenen En Düşük Performans Hedefleri

Binanın Kullanım Amacı Ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
<b>İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	<b>HK</b>	<b>CG</b>	-
<b>Tehlike Madde İçeren Binalar:</b> Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	<b>HK</b>	<b>GÖ</b>
<b>Diğer Binalar:</b> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar(konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri tesisleri, endüstri yapıları, vb.)	-	<b>CG</b>	-

**HK:** Hemen Kullanım, **CG:** Can Güvenliği, **GÖ:** Göçme Öncesi (Bkz7.7)

**Kaynak:** (DBYBHY, 2007)

### 3.1.3.9. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri kapsamında zemin sınıfları

TBDY-2018 yönetmeliğine göre tanımlanan zemin sınıfları esasen DBYBHY-2007 yönetmeliğinde tanımlanmış olan zemin sınıflarına dayalı olarak kapsamlı çalışmalar ve detaylar içerir. Tanımlanmış olan her bir zemin sınıfına ait alt sınıflar belirlenmiş, bu alt sınıflar için de SPT (standart penetrasyon,) rölatif sıklık, serbest basınç dayanımı ve kayma dalgası hızı detaylı olarak ifade edilmiştir. Kayma dalgasına ait hız tüm zemin sınıfları ile alt sınıflar için ayrı ayrı belirtilmiştir.

Kayma dalgası hızlarına göre verilerin hem zemin sınıfları hem de alt sınıflar için uyumlu olduğu ve zemin gruplarında yalnız kayma dalgası hızı dikkate alınarak yapılan tanımının da tutarlı olmayacağı belirlenmiştir. SPT (Standart penetrasyon testi), relatif sıklık testi ve serbest basınç mukavemeti tüm zemin sınıfları ve alt sınıfları da içerecek şekilde tanımlanmıştır.

Zemin sınıflarının zemindeki araştırmalardan sonra belirlenmesini takiben bile zemin sınıflarının tespiti amaçlı ayrı bir inceleme yapımı şarttır. Tablo 3.8'de 4 başlıkta tanımlanmış olan zemin gruplarının en üstte bulunan zemin tabakasındaki kalınlığa dayalı olarak yeniden değerlendirilmesini takiben tespit edilebileceği açıktır. Bu tespit işlemi için, çok fazla kapsamlı değerlendirme gerektiren zemin sınıflarında büyütme ve küçültme etkilerinin dikkate alınmadan değerlendirilmesi üzerinde durulması gerekli bir durumdur (Karaca, 2021).

Yeni yönetmelik (TBDY-2018) kapsamında tamamen yenilenmiş olan zemin sınıfları belli başlı parametrelere göre değişiklik göstermektedir. 30 m kalınlıklı tabakada ortalama kayma dalgası hızının, Vs30, daha önemli bir duruma geldiği belirlenmiştir. Buna ek olarak, zemin sınıfları arasındaki çakışma tamamen dikkate alınmamış ve zemin sınıfları net aralıklar kullanılarak belirlenmiştir. Önceden yalnızca Vs30 ile zemin gruplandırması olanaklı iken, SPT ve serbest basınç dayanımı değerleri de zemin sınıflarının net olarak tanımlanmasında dikkate alınmaktadır. Gerek 2018 gerekse 2007 deprem şartnamelerinde tanımlanmış olan zemine ait parametreler ve zemin grupları araştırıldığında Yeni deprem yönetmeliğinde önemli bir sadeleşme yapıldığı ve böylece zemin büyütme ve küçültme sınıflarının da belirlenmesinin esasen çok sayıda araştırma sayesinde ulaşılan bilgilerin neticesinde bulunduğu da görülmektedir. Tablo 3.9 da lokal zemin sınıflarının yüksekliğe göre farklılıkları gösterilmektedir.

**Tablo 3.8:** DBYBHY-2007 Yönetmeliğince Tanımlanmış Zemin Sınıfları ve Sınıfların Tespiti İçin Kullanılan Deneyler

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stdandart Penetrasyon (N/30)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalga Hızı (m/s)
(A)	1.Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar	-	-	>1000	>1000
	2.Çok sıkı kum, çakıl	>50	85-100	-	>700
	3.Sert kil ve siltli kil	>32	-	>400	>700
(B)	1.Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksiz düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar..	-	-	500-1000	700-1000
	2.Sıkı kum, çakıl ....	30-50	65-85	-	400-700
	3.Çok katı kil ve siltli kil	16-32	-	200-400	300-700
(C)	1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar..	-	-	<500	400-700
	2.Orta sıkı kum, çakıl...	10-30	36-65	-	200-400
	3.Katı kil ve siltli kil	8-16	-	100-200	200-300
(D)	1.Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları...	-	-	-	<200
	2.Gevşek kum....	<10	<35	-	<200
	3.Yumuşak kil, siltli kil..	<8	-	<100	<200

Kaynak: (DBYBHY, 2007)

**Tablo 3.9:** DBYBHY-2007 Yönetmeliğince Tanımlanmış Lokal Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h1)
<b>Z1</b>	(A) grubu zeminler h1 ≤ 15 m olan (B) grubu zeminler
<b>Z2</b>	h1 > 15 m olan (B) grubu zeminler h1 ≤ 15 m olan (C) grubu zeminler
<b>Z3</b>	15 m < h1 ≤ 50 m olan (C) grubu zeminler h1 ≤ 10 m olan (D) grubu zeminler
<b>Z4</b>	h1 > 50 m olan (C) grubu zeminler h1 > 10 m olan (D) grubu zeminler

Kaynak: (DBYBHY, 2007)

### 3.2. Zemin Sıvılaşması Durumlar ve Yönetmelik Koşulları

Depremler sırasında oluşan sismik tehlikelerin en önemlilerinden birisi zemin sıvılaşmasıdır. Zemin sıvılaşması sonucu yapılarda çok büyük hasarlar meydana gelmektedir. Deprem etkisiyle meydana gelen titreşimler ile zemindeki boşluk suyu basıncında artış meydana gelmekte ve zemin suya doygun gevşek granüller yapıdaysa bu durumda zeminde deformasyonlar oluşmaktadır.

Zeminlerin sıvılaşması olayı, yeraltı su seviyesinin altında kalan zemin tabakalarının titreşimler sırasında geçici olmak kaydıyla dayanımlarını kaybederek, katı yerine viskoz sıvı gibi davranmalarındır. Deprem sırasında, dalgalar özellikle kayma dalgaları suya doymuş daneli tabakalardan geçerken, dane yerleşim düzenini değiştirmekte ve bunun sonucu olarak gevşek halde olan zemin tanelerin yerleşip, sıkışmasına neden olmaktadır. Bu olay esnasında su, danelerin arasından çıkamaz ise boşluk suyu basıncında büyük artış olur. Şayet söz konusu su basıncı yukarıda olan tabakaların ağırlığına yakın bir seviyeye erişirse, zemini oluşturan taneli tabaka (geçici olmak kaydı ile) taşıyıcılık olarak sıvı gibi davranır böylece sıvılaşma olayı meydana gelir. Özellikle, kil bulunmayan kum, silt ve bazen çakıl tabakaları sıvılaşma potansiyeline sahiptirler. Depremin ardından zeminin yüzeyinde, altta olan kum tabakasının içinde basınç altında sıkışan suyun ve ince kumun kaynaması sıvılaşmayı gösteren ve yaygın olan bir gözlemdir.

DBYBHY-2007 Yönetmeliğinin zeminde sıvılaşma ile ilgili kapsamlı bir inceleme bulunmamaktadır. Zeminin sıvılaşabilmesi için bütün deprem bölgelerinde, yeraltı su seviyesinin zeminin üst kısmından itibaren 10 metre içinde olduğu durumlarda ve zemin sınıfı D grubuna giriyorsa sıvılaşma potansiyelinin saha ve laboratuvar

deneylerine uygun analizler yapılarak irdelenmesi ve sonuçların belgelenmesi zorunluluğu vardı.

Sıvılaşma olayı sonucu yüzeye yakın olan temeller üstünde yapılan yapılarda zemine batma, dönme, çökme gibi büyük deformasyonlar oluşurken, yer altındaki bulunan yapıların bir kısmının yüzeye yükselmesi ya da toprak kayması türü felaketlerin ortaya çıkmasına sebep olur (Taylan vd., 2007). Kum zeminlerdeki sıvılaşma sorununun durumunu belirlemek için ilk kez Seed ve Idriss, 1971 yılında hesap metotları ortaya koymuştur. Geliştirilen hesaplama metotları bugüne kadar aralıksız güncellenerek gelmiştir. Son deprem şartnamesinde önceki şartnameden ayrı altı farklı zemin grubu tanımlanmıştır. ZF zemin grubu için arazide özel inceleme ve analiz gerçekleştirilmelidir. Sismik etki durumunda zemindeki muhtemel sıvılaşma riski oldukça detaylı olarak araştırılmıştır. Kum zeminlerin sıvılaşma özelliği dünyadakine benzer şekilde Türkiye’de de kayda değer bir ilgi oluşturmuştur, bundan dolayı 2018’de basılan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)’nde ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Buraki metot, zeminde çevrimsel kayma dayanım oranı (KDO) depremden sebepli çevrimsel kayma gerilme oranı (KGO) ile karşılaştırılmaktadır.

$$KGO = 0.65 \times 0.4 S_{DS} \times \sigma_{vo} \times r_d$$

Burada;

$\sigma_{vo}$  = Toplam düşey gerilme

$r_d$  = Gerilme azaltım katsayısı

$r_d = 1.0 - 0.00765z$  (z: derinlik olmak üzere,  $z \leq 9.15$  m için)

$r_d = 1.174 - 0.0267z$  (z: derinlik olmak üzere  $9.15m \leq z \leq 23$  m için)

Hesaplamadaki PGA ifadesi en yüksek yatay yer ivmesidir. Bu değer, koordinatlarla belirlenen lokasyon için incelenen alanda beklenen değeri sismik tehlike haritası değerlerine göre belirlenir. Söz konusu risk haritasına AFAD (Acil ve afet yönetimi başkanlığı) web internet sayfası ile erişilebilir.

TBDY-2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) ekler kısmındaki 16.6. Madde yani, “Deprem Etkisi Altında Zeminin Sıvılaşma Riskinin Değerlendirilmesi” başlığının altında sıvılaşma tehlikesine ait detaylar ifade edilmiştir. Buna göre DTS

yani “Deprem Tasarım Sınıfı” DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olan yapılarda Şartname Ek16.1 kısmında ZD, ZE veya ZF sınıfında olan, sürekli bir tabaka veya alın mercerler durumunda olan , yine Şartname Ek, Tablo 16.6.6 'da kısmında verilen haller dışında kalan kum zeminler için sıvılaşma riski, saha ve laboratuvar testlerine dayalı olan araştırma metotlarıyla irdelenmesi ve yapılan analizlerin sonuçlarının detaylı şekilde raporlanmasının zorunluluk olduğu ifade edilmiştir.

Bir başka ifadeyle, TBDY-2018 Madde 16.6.2'de, sıvılaşması olayı, YASS altında olan ve yüzeyin 20 m kadar aşağısında bulunan kohezyonu olmayan veya az kohezyonlu ( $PI < \%12$ ) zemin türlerinde sismik titreşim etkisiyle, boşluk suyu basıncında oluşan yükseliş ile kayma dayanımı ve rijitlikte meydana büyük düşüş olarak verilmiştir.

2018 Şartnamesindeki 16.6.4 Maddesine göre sıvılaşma potansiyeli olan zeminler, YASS aşağısında bulunan kum, siltli killi kum, plastik olmayan silt çakıllı kum, ve silt-kum karışımları olarak ifade edilmiştir.

Zemin sıvılaşması analizi için yapılacak bu hesaplamada SPT çıktıları kullanılır. 2018 Şartnamesindeki 16.6.5' Maddesine göre; temelin altında bulunan zeminler potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminlerden oluştur ve söz konusu zemin tabakalarında düzeltilmiş SPT darbe sayısının,  $N_{1,60}$ , 30 darbe/30 cm değeri olarak alınmaktadır.

Sıvılaşma analizi yapılırken aşağıdaki haller dikkate alınmalıdır.

DTS=4 olması ve aynı yine aşağıda verilen koşullardan en az birinin görüldüğü hallerde sıvılaşma için tetiklenme hesabı, TBDY Madde 16.6.6'ya göre yapılmayabilir.

- Zeminde kil mutevasının %20'den çok ve PI (plastisite indisi) %10'dan yüksek olduğu kumlu zeminlerde;
- İnce malzeme oranının %35'den çok ve düzeltilmiş SPT darbe sayısı,  $N_{1,60}$ , 20 vuruş / 30 cm'den fazla olduğu kum zeminler;

TBDY2018 16.6.9 Maddesinde verilen, sıvılaşma dayanımının, zeminde sismik etkiden meydana gelen ortalama çevrimsel kayma gerilmesine oranının 1.1 değerine eşit veya fazla olduğu durumlarda, sıvılaşmaya karşı emniyet kriterinin karşılandığı fakat bu kriterin karşılanmaması halinde, sıvılaşması muhtemel tabakaların

mukavemet ve rijitlik özelliklerindeki düşüş, muhtemel taşıma kapasitesi kayıpları, duraylılık bozulmaları ile oturmalar ile yanal yayılma tarzındaki zemin hareketlerinin dikkate alınacağı belirtilmiştir.



#### 4. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE EXCELL KULLANIMI

1940'larda savaş ortamında özel misyonlar için ilk kez geliştirilen elektronik bilgisayarlar genel amaçlı kullanıma 1950'lerde başlamış daha sonra 1960'larda dünya genelinde kullanıma başlanmıştır. Ülkemizde ilk kez TCK (Karayolları Gen. Müd.) içinde bilgisayar kurulumu yapılmıştır. Daha sonra, 1963'de ODTÜ, İTÜ ve BÜ'de bilgisayardan yararlanma başlamıştır. Özellikle İnşaat Mühendisliği Bölümleri hızla bilgisayar kullanımına geçen bölümlerden olmuştur.

İnşaat mühendisliği alanında bilgisayara olan büyük alaka sonucunda, eğitim programlar güncellenmiştir. Bu alanda öncü olanlar; İTÜ İnş. Fak. "Elektronik Hesap" dersi (1968 yılında - G. Özmen tarafından), ODTÜ İnş. Fak. Böl. "İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Metotları" (1971 yılında - E. Çıtıptıoğlu tarafından) derslerinin programa girmesiyle başlamıştır. Açılan dersler o dönemde kullanılan tek yazılım dili olan FORTRAN ile bazı nümerik metotların öğretimini kapsamaktadır. İzleyen senelerde FORTRAN diline, Basic, Pascal ve C dilleri eklenmiş ve ders programlarında bu dilleri kapsayan dersler de verilmeye başlamıştır. Kimi ders programlarında ise MATLAB ve Mathcad benzeri matematiksel işlem tabanlı dillerin olduğu derslerde bulunmaktadır. Bu derslerin bazılarında nümerik analiz yöntemleri de bulunmaktadır.

1970'li ve 1980'li yıllarda başlamak üzere bilgisayarların donanım ve yazılım kısımlarında ortaya çıkan inanılmaz ilerlemeler, inşaat mühendisliği eğitim programlarına ne ölçüde etkidiği tartışmalıdır. Çoğu üniversitedeki inş. Müh. bölümlerinde verilen eğitimde programlamaya dayalı dersler mevcuttur. Bu derslerin genelinde nümerik analiz metotlarına yeterince yer verilmemiştir. Ders içerikleri, dersi veren akademisyenin kişisel potansiyeli ve bilgisine göre düzenlenmiştir. Özellikle kişisel bilgisayarlarda kullanmak için hazırlanan genele hitap eden programlar ile mühendislik uygulamalarına yönelik yazılımları, az sayıda kurumun eğitim sisteminde yer bulmuştur. Bu yetersizliği bir oranda azaltmak amacıyla İMO tarafından organize edilen kursların da eksikliği tamamen giderdiği söylenemez.

40 yıla yakın zamandır devam eden programlama bazlı bilgisayar dersleri tecrübesi, bu derslerin inşaat mühendisleri öğrencileri için istenen sonuca götürmediğini ortaya koymuştur.

Elektronik Tablo Yazılımları, bilindiği gibi, tablo (çizelge) halinde hazırlanabilen hemen her tarzda uygulamalar için kullanılabilirler. Microsoft firmasının geliştirdiği Excel programı esasen gelişmiş elektronik tablo tabanlı programdır. Excel programı verimli ve etkin olarak kullanılırsa kullanırsak iş hayatında çok sayıda fayda elde edilebilir. Excel programının en büyük yararlarından ilki birincil fonksiyonudur: Büyük miktarda veriyi düzenli, mantıksal e-tablolar ve çizelgeler halinde düzenleme yeteneği. Düzenlenen verilerle, özellikle grafikler ve diğer görsel veri sunumları oluşturmak için kullanıldığında, analiz etmek ve sindirmek çok daha kolaydır. Excel sayesinde basit veya kompleks sorunlar için, kısa zamanda ve çok etkin çözümler üretmek mümkündür.

Çok büyük veri, tablolar veya listeler olarak kayıt edilebilir ve gereksinime göre Excel'in sağladığı birçok formül ile analizler ve hesaplamalar. Bu hesaplamaların sonucunda grafikler, özetler, raporlar hazırlamak mümkündür. Ani gereken bir veriye Excel yazılımı ile çok kısa zamanda ulaşabilir, sıralanabilir, sorgulanabilir (Özmen,2009).

Excel programı, Metraj, Hakediş uygulamalarından başlayarak, Sayısal İntegrasyona dek, tablolar yardımıyla hesaplanabilen çözümler sunmaktadır. Elektronik Tablo tabanlı uygulamalar, hemen her türlü mühendislik uygulamalarında kullanılabilir, mühendisler için en önemli asistan durumuna gelmişlerdir. Excel uygulaması mühendisler tarafından ilk etapta, Ekonomik Detay Analizleri, Puantaj, Bordro hesabı gibi alanlarda kullanılmıştır. Daha sonraları, Fiyat Analizleri, Keşif, Metraj, Hakediş, İş Programları oluşturma, Kaynak Dağılımı Yapılması ve Nakit Akışları gibi uygulamalarda Excel yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Bu sayede hem mühendisler hem de yönetici pozisyonundakiler, farklı konular için ayrıca çözüm geliştirilmek için profesyonel yazılımcılara mahkum olmaktan kurtulmuş ve hemen her alanda hızlı ve güvenilir sonuçları, alternatifleri ile beraber kolayca hesaplama imkanına erişmişlerdir. Ayrıca akademik çalışmalarda da trigonometrik veya üstel fonksiyonlar içeren problemlerin matris kullanılarak söz konusu problemlerin, nümerik sonuçları tablo şeklinde hesaplanabilmektedir (Özmen,2009).

Bu dönemde “Excel” programı “Elektronik Tablo” alanında uluslararası bir standart haline gelmiştir. “Excel” programı genel amaçlı mühendislik yazılımlarına binlerce satırlık verilerin tablolardan alınarak veri girişi amaçlı kullanımı mümkündür. Bu nedenle verilen ana dersler arasında Excel dersinin de olması gerekliliktir. Excel dersi ayrı bir ders olabilir veya Nümerik Analiz derslerinin içerisine de yerleştirilebilir (Özmen, 2009).

- Excell’in genel özellikleri:
- Shorcut (Kısayol)
- Formül yazımı (Fonksiyon veya İşlev)
- Özet Tablo (Pivot Table)
- Şartı Biçimlendirme Özelliği
- Verilerin Doğrulanması
- İsteğe Bağlı Sıralama Yapılması
- Filtreleme Yapılması
- Gelişmiş Filtreleme
- Joker Karakterler Oluşturma
- Gelişmiş Grafik Çizimi
- Hızlı Doldurma Özelliği
- Bul-Değiştir Özelliği
- Metinleri Kolonlara Dönüştürme Özelliği
- Dışardan Veri Alınması
- Makro (VBA)

Excel’in yaygın kullanımının en önemli sebeplerinden birisi de; içinde bulundurduğu ve kullanıma olanak verilen yerleşik işlevlerdir. Rutin kullanım için çoğunlukla tablolar hazırlanır, bu tablolardaki finansal verilerin, satış stok adetlerinin toplamları, istatistikleri, analizleri isteniyorsa, Excel bu amaçla çok sayıda araç sunmaktadır, bunlardan birisi de Fonksiyonlardır.

Excelde ki Formüller başlığı çok geniş ve detaylıdır. Bu nedenle Microsoft formüller için ayrı bir menü geliştirmiştir. Zira çok sayıda formül sınıfı vardır. İhtiyaca uygun fonksiyonları seçilirse, doğrudan ilgili fonksiyon adı yazılarak formül çağrılabilir fakat formül bilinmiyorsa bu durumda Formüller menüsünden uygun sınıfta ihtiyaca uygun fonksiyon bulunabilir (Peakup,2021).

Formüllerin çalışma esasına göre; istenen argümanlar Excel'e verilirse, formül de gerekli hesaplamayı yaparak sonucu hesaplar. Ancak kimi argümanların girilmesi zorunlu, bazıları ise isteğe dayalıdır, yani o veri girilmiş olsada formül hesap yapar.

“Pivot Table” özelliği, verilere ait kıyaslamaları, kalıpları ve eğilimleri görebilmek için verilerin hesabı, özetlenmesi ve analizi için yaygın ve güçlü bir alettir. Hacimli bir tablo varsa ve bu tablodan istenilen alanlara göre alt tablolar kurulması istenirse bu özellik kullanılır. Basit bir işleyişi olmasına rağmen, çok geçerli ve hızlı bir veri analizi ile sonuç rapor hazırlama yapmasına imkan verir (Peakup,2021).

Excel'de en yaygın bir başka araç ise Koşullu Biçimlendirme aracıdır. Belirli hücrelerin belirlenmiş şartlara dayalı olarak, genelde o şarta uygun hücrelerin arka planları farklı renkler verilerek belirginleştirme amaçlı kullanılır.

Eğer mevcut kurallar yeterli olmaz ise, o zaman “Yeni Kural” aracı ile “Biçimlendirilecek hücreleri belirlemek için formül kullan” özelliği seçilerek ilgili kısma formül yazılarak istenilen şartı sağlayan hücreler belirgin hale getirilebilir.

İstenirse herhangi bir bölgede daha çok “Koşullu Biçimlendirme” oluşturulabilir. Bu amaçla “Kuralları Yönet” özelliği kullanılır.

Sıralama özelliği de yaygın olarak kullanılır. Eğer tek kolon için sıralama yapılacaksa, o kolonda herhangi bir hücre seçilmesi yeterlidir. Tablonun tamamı yada bir kolonun seçimi gereksizdir.

Oluşturduğumuz tablo ya da grafiklerde kullanıcı kendi ihtiyaçları doğrultusunda bir yada birden fazla bölgede Filtre yapabilir, yalnızca ihtiyacımız olan verilerin tabloda ya da grafiklerde görünmesine program imkan verebilir. Bundan dolayı Filtre özelliğini sıkça kullanmaktayız. Excel'in en temel donanımlarından bir tanesidir ve sıklıkla Sıralama özelliği ile beraber ya da alt-üst biçiminde konumlanır. Sonuç olarak Sıralama özelliğine erişebildiğimiz her noktada Filtre özelliğine de erişmiş oluyoruz. (Peakup,2021)

Excel'de özellik olarak önce Otomatik Filtre, sonra da Gelişmiş Filtre bulunmaktadır, her ikisinde de Joker Karakterleri rahatça istediğimiz şekilde kullanabiliyoruz. Filtre özelliğinde, filtreyi kullanmak talebinde bulunduğunuz bölgede ki veri türüne göre;

- Metin İçin Filtreler,

- Sayısal Filtreler,
- Tarihsel Filtrelerdir.

Bu opsiyonları uygulayarak daha seri ve özel filtrelemeler oluşturabilirsiniz.

Excel’de bazı durumlarda Metin Belgelerinden, CSV formatlı dosyalardan veri alma ihtiyacı bulunabilir veya bize hazırlanmış bir tablo karşımıza gelebiliyor. Bu dosyalarda sıklıkla veriler, virgüllerle veya noktalı virgüllerle birlikte yan yana gösterilmektedir. Biz de bu hazır tabloda virgüllerle birleşik durumda olan verileri, Metni Sütunlara Dönüştürme sihirbazı ile istenilen her bir ayraçtan öncesini veya sonrasını ayrı ayrı sütunlara ayırıp, daha derli bir tablo olarak karşımıza çıkmasını sağlayabiliyoruz.

“Dışardan Veri Alma” aracı, Excel kullanılarak çoğu veri tabanına, veri kaynağına ve online yazılımlara veri transferi ile “Tablo, Pivot Table ve Pivot Chart” şeklinde ifade edilebilmesine olanak verir, ayrıca alınan veriler ile analizler yapımına imkan sağlar. Çok sayıda ve yaygın veri tabanlarına bağlanabilmesi sayesinde basit formatlar olan Txt, Csv, Json, XML uzantılı dosyalardan veriler alınmasını mümkün kılar.

Excel in bir başka güçlü aracı olan Makrolar, Excel’in arka plânında çalışabilen “Visual Basic” yazılım dilini kullanır. Kayıt yapılması ile yazılım dili aktif faal gelir ve yapılan herhangi bir makro komutunu yazılım diline dönüştürür. Bu sayede sonradan, hazırlanan makroyu çalıştırmak yada tekrar düzenlemek istenilirse Excel programı bu olanağı kullanıcıya sunacaktır (Peakup, 2021).

İnşaat Mühendisliğinde Excel kullanarak;

- Koşullu biçimlendirme ve detay formülleri kullanarak Gantt diyagramı içeren iş programı hazırlama
- Makrolar kullanarak malzeme ve envanter kayıt programı hazırlama
- Hata analizi yapabilen donatı metraj programı hazırlama
- Döviz değerlerini internetten çekebilene yaklaşık inşaat maliyeti programı hazırlama
- Formülasyonların ve çoklu bağlantıların bulunduğu hakediş tablosu oluşturma
- İş programlarınız için dinamik ilerleme grafiği oluşturma

- Matris işlemleri ile yapısal analiz yapabilme

Yukarıda verilen başlıklar ve başka çok sayıda alanda Excel'den yararlanılmaktadır.

MS Project, Microsoft'un proje yönetim aracıdır ve excel tabanlıdır. Kullanıcı arayüzü ile Microsoft Office'e, özellikle Excel'e benzer bir yazılımdır. Mühendislik projelerini yönetmek söz konusu olduğunda zamanlama çok önemlidir. Etkinlik ilişkileri, kritik yollar, Gantt Grafikleri ve daha fazlası gibi temel çizelgeleme kavramları hakkında bilgi sahibi olan MS Project, farklı projeleri yönetmek için ayrıntılı tablolar oluşturmaya olanak tanır.

Hidrolik için kapalı boru akımları, enerji kayıpları, debi, hız gibi akış hesaplamaları excel ile yapılabilir. Yine hidrolik için açık kanal akımları, enerji kayıpları, debi, hız gibi akış hesaplamaları excel ile yapılabilir. Yağmur kanalizasyonunun her uzunluğu için boru çapının ve eğiminin ve her bir akım için, akım tabanına olan derinliğin nasıl elde edileceği excel ile yapılabilir İki rögar arasındaki tek uzunluktaki yağmur kanalizasyonunun örnek hesaplamaları ve ardışık rögarlar arasındaki hesaplamaların Excel kullanılarak yapılabilir.

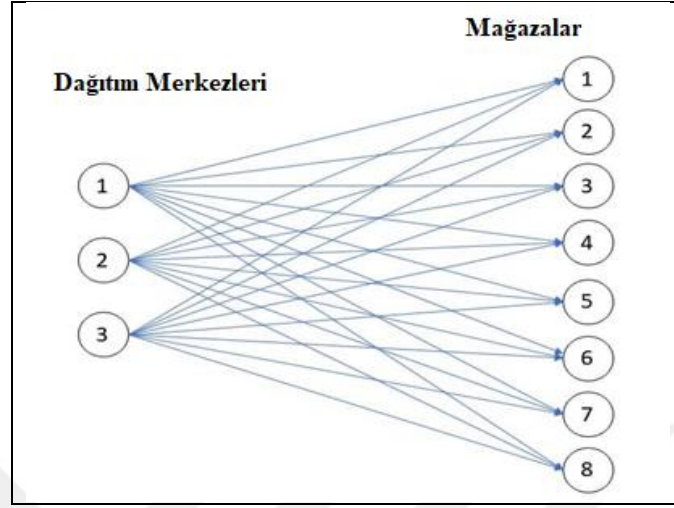
Excel ulaşım alanında da kullanılmaktadır. Taşıma maliyetleri, genel tedarik zinciri maliyetlerinin önemli bir bileşenidir. Bu nedenle, tedarik zinciri ve lojistik yöneticileri, maliyetleri düşürme fırsatları açısından taşımacılığın potansiyelinden yararlanmalıdır. Bu makalede, piyasa ve arz tahsisinin temel örnekleri incelenirse:

Amaç, talebi karşılamak, yani duyarlı olmak ve aynı zamanda verimli olmak, yani en düşük nakliye maliyetine sahip olmaktır. Tedarik kaynaklarının tesislere uygun şekilde tahsis edilmesi, tedarik zincirinizin finansal ve işletme performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Doğru yaparak, üretimi ve envanteri etkin bir şekilde yönetecek, süreçleri hızlandıracak ve müşteri hizmetlerini iyileştireceksiniz.

Bir ulaşım problemini formüle etmek için aşağıdaki üç konu Excel ile çözülebilir:

- a. Alınacak kararlar nelerdir? Bu problem için, her fabrikadan her müşteriye kaç birim sevk edileceğini bulmak için Excel'e ihtiyacımız vardır.
- b. Bu kararların önündeki engeller nelerdir? Her fabrikanın sabit bir arzı ve her müşterinin sabit bir talebi vardır.

- c. Bu kararlar için genel performans ölçüsü nedir? Genel performans ölçüsü, gönderilerin toplam maliyetidir, bu nedenle amaç bu miktarı en aza indirilebilir mi? (Şekil 4.1,4.2)



Şekil 4.1: Ulaşım problemi için ağ oluşumu

Kaynak: (Peakup, 2021)

ULAŞIM SORUNU					
Birim Maliyet	Müşteri 1	Müşteri 2	Müşteri 3		
Fabrika 1	40	47	80		
Fabrika 2	72	36	58		
Fabrika 3	24	61	71		
Gönderiler	Müşteri 1	Müşteri 2	Müşteri 3	Toplam Çıkış	Tedarik
Fabrika 1	0	0	0	0	= 100
Fabrika 2	0	0	0	0	= 200
Fabrika 3	0	0	0	0	= 300
<b>Toplam Hat</b>	0	0	0		
<b>Talep</b>	= 200	= 200	= 200		<b>Toplam Tutar</b>
					0

Şekil 4.2: Ulaşım problemi için örnek Excel görünümü

Kaynak: (Peakup, 2021)

#### 4.1 Yapı Mühendisliğinde Excell Kullanımı

Yapısal analiz ve tasarım amacı ile Excel kullanılarak:

- Temellerin statik ve dinamik hesap ve analizleri, betonarme hesaplar

- Plak, döşeme statik ve dinamik ve dinamik hesap ve analizleri, betonarme hesaplar
- Kolonların statik ve dinamik hesap ve analizleri, betonarme hesaplar
- Kirişlerin statik ve dinamik hesap ve analizleri, betonarme hesaplar
- Merdivenlerin ve dinamik statik hesap ve analizleri, betonarme hesaplar

Bu hesaplara rüzgar, deprem, makine titreşimi gibi etkilerde dahil edilmektedir.

Excel ile eleman bazında hesaplamalar yapılabileceği gibi özellikle sonlu elemanlar yönteminde yapıya ait rijitlik matrisleri kullanılarak sistem bazında çözüm yapmak mümkündür (Özmen, G, 2009).

Bir bina çerçevesi esasen ayrık bir kiriş ve kolon sistemi olduğundan, yeterli düğüm noktası ile elemanlar tanımlanarak sistem genelinde statik ve betonarme hesap yapmak mümkündür. Gerçekte, her bir düğümü ve elemanı tamamen detaylandırmak pratik değildir ve serbestlik derecesi hesap basitliği sağlamak için azaltılabilir.

Bazı tipik çerçeve modeli örnekleri basitleştirmeler şunlardır (Özmen, G, 2009):

- Üç boyutlu yapının iki boyutlu olarak modellenmesi.
- Sınır koşullarının idealleştirilmesi
- Simetri özelliği ile modeli basitleştirme
- Eleman bazında analiz için bir modeli ayrıklaştırma

Analiz aşamaları olarak:

Bölüm 1: Sonlu Eleman Elektronik Tablosunun Açıklaması İçin:

1. bir dokümantasyon sayfası,
  2. bir sonlu elemanlar (SE) analiz sayfası,
  3. bir baskı sayfası, oluşturulur.
1. Dokümantasyon sayfası, SE elektronik tablosunun yapısına genel bir bakış sunar ve altında yatan temel varsayımların bir listesi yapılır.
  2. SE analiz sayfası, çerçeve tipini çözmek için tüm formülleri ve hesaplamaları sağlar.

2D statik sistemin oluşturulması için gerekli girdiler şunlardır:

- Düğüm noktası koordinatları,

- düğümden düğüme bağlantı tanımı,
- eleman özellikleri,
- mesnetlenme koşulları,
- yüklemeler.

Hesaplanan çıktı (aynı sayfada):

- mesnet reaksiyonları,
- düğüm noktaları yer değiştirmeleri,
- eleman uç kuvvetleri,
- tüm ara hesaplamalar.

3. Modelin doğrulanmasına yardımcı olmak için düğüm ve eleman geometrisini gösteren çizim sayfası oluşturulur.

Bölüm 2: Eleman özellikleri

- Bir çerçeve elemanı hem aksel hem de eğilme rijitliği özelliklerine sahiptir.
- Kiriş tipi eleman, aksel rijitliği sıfıra yakın bir çerçeve elemanıdır.
- Kafes tipi eleman, eğilme rijitliği sıfıra yakın bir çerçeve elemanıdır.
- SE elektronik tablosunda, çerçeve elemanları (özel kiriş tipi ve kafes tipi dahil) izin verilen tek elemanlardır.

Çerçeve, herhangi bir sayıda çerçeve tipi eleman oluşan bir yapıdır. Düğümlerde aksel ve eğilme rijitliği sürekliliği vardır.

“ $A_{xx}$ ”, yerel x aksine dik olan eleman kesit alanıdır.

“ $I_{zz}$ ”, yerel z aksine göre üye eylemsizlik momentidir.

“E” malzeme elastisite modülüdür.

Bölüm 3: Tanımlar ~ Lokal ve Genel Koordinatlar:

SE excel tablosu, x-y düzlemindeki iki boyutlu elemanlar için oluşturulur.

Lokal koordinatlar elemana göredir; genel koordinatlar için tutarlıdır. Eleman sayısı kadar lokal koordinat sistemi vardır, ancak yalnızca bir genel koordinat sistemi vardır.

Yerel x eksenini, "i" ucundan pozitif olmak üzere, eleman eksenini boyunca, "j" ucuna doğru tanımlanır.

z eksenini yukarıyı gösterir.

Tipik olarak, küçük harfler lokal koordinatları, büyük harfler ise genel koordinatları temsil eder. Matris rotasyonunda küçük harfler lokal elemanı belirtir.

Burada;

$$F = K \cdot D;$$

n = serbestlik derecesi (SE Excel Tablosu için 3\*düğüm sayısı)

F: kuvvet vektörüdür,

D: sonuçtaki yer değiştirme vektörüdür,

F & D, "n" eleman sayısına sahip vektörlerdir.

K, n\*n boyutunda bir kare rijitlik matrisidir

Excel'de matris işlemleri kullanılarak işlem sonucu yer değiştirme ve iç kuvvet matrisleri elde edilebilir.

Yapı Malzemesi alanında elek analizleri, granülometri gibi hesaplamalar için Excel son derece etkili ve kullanışlı bir araçtır (Özmen, G, 2009).

## **4.2 Diğer İnşaat Mühendisliği Branşlarında Excel Kullanımı**

İnşaat Mühendisliğinde Excel kullanarak;

Koşullu biçimlendirme ve detay formülleri kullanarak Yapı işletmesi alanında, Gantt diyagramı içeren iş programı hazırlanmaktadır.

Makrolar kullanarak şantiye için malzeme ve envanter kayıt programı hazırlanabilir.

- Şantiyede kesin hesap ve hakedişler için donatı metraj programı hazırlama
- Döviz değerlerini internetten çekebilen yaklaşık inşaat maliyeti programı hazırlama
- Formülasyonların ve çoklu bağlantıların bulunduğu hakediş tablosu oluşturma
- İş programlarımız için dinamik ilerleme grafiği oluşturma

Yukarıda verilen başlıklar ve başka çok sayıda alanda Excel'den yararlanılmaktadır (Özmen, G, 2009).

### 4.3 Geoteknik Mühendisliğinde Excell Kullanımı

Geoteknik Mühendisliğinde hemen her alanda hesaplama ve analizlerin Excel ile yapılması mümkündür.

- 1) Excel yazılımı ile Geoteknik Raporlar oluşturulabilir.
- 2) Excel yazılımı ile “Taşıma Gücü Hesapları” ve “Oturma Analizleri” yapılabilir: Yapılara gelen yüklerin tamamının emniyetli şekilde zemine iletilmesi zorunludur. Duvar, perde, kolon gibi yapısal elemanlardan iletilen yüklerin zemine güvenle aktarılması için tasarlanan yapısal elemanların genel adı "temel"dir. Çağdaş yapım sistemleri olan betonarme, çelik ve kargir yapılar, yüklerini betonarme temeller sayesinde zemine iletirler. Temeller tasarlanırken, zemin taşıma gücü dikkate alınır ve zeminin emniyet gerilmesinin aşılmamasına dikkat edilir. Temel hesabında, zemin taşıma kapasitesi tek kriter olarak alınmaz. Temel aynı zamanda yapıda risk oluşturabilecek yapım sonrası zemindeki oturmaları sınırlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Her temel birimi, birbirlerinde ayrı şekilde hem taşıma gücü hesabı hem de oturma hesabı için emniyetli olarak hesaplanır. Zemin etüdünü takiben, yapısal tasarım sorumlusunun, istediği doneleri içeren, geoteknik hesaplamaları için geoteknik rapor oluşturulur (Alkaya, D.,Yeşil,B., 2011).
- 3) Excel ile Geoteknik Rapor Hesabı Yapılması; Piyasada yaygın olarak kullanılan hazır yapı tasarımı paket programlarında, zemine ait gerekli bilgilerin eksik olması, veya genel olarak geoteknik rapora eklenecek hesaplama sonuçlarına ilişkin yapılması gereken düzenlemelerin olmaması durumunu engellemek için bu tarz çalışma yapılması düşüncesi gelişmiştir. Konut türü yapılara ait geoteknik rapor aşağıdaki kısımları içermektedir:
  - 1-Giriş
  - 2-Projenin ve inşaat sahasının özellikleri
  - 3-Yapısal nitelikler
  - 4-İnşaat sahasında zemin özellikleri ve yeraltı suyu özellikleri
  - 5-Deprem riski özellikleri

6-Yapının temelleri için yapılan değerlendirmeler (taşıma gücü parametreleri, oturma riskleri, yapı temellerine ait diğer özellikler, önerilen temel sistemi)

7-Sonuçlar ve öneriler

8-Kaynakça

Bir “Geoteknik rapor” yazımını basitleştirmek, gerekli hesaplamaların süratle yapımını sağlamak, hata riskini minimize etmek, güvenilir ve uygun maliyetli tasarım amaçlı olarak gerekecek verilerin eldesi için “Excel” tablolama yazılımı (Spread sheet) yoluyla geoteknik raporun içermesi gereken hesapların yapılabildiği bir yazılım geliştirilmiştir. Geoteknik raporun içermesi gereken hesapların tamamı ve farklı hesap metotları yazılımın geliştirilmesinde göz önünde bulundurulmuştur. Bu yazılım ile, gereken hesaplama ve elde edilen sonuçların geoteknik rapora girilmesini basitleştirmek için, hesaplamalarda gerekli formülasyonlar, tablolar ve şekiller Excel sayfalarında gösterilmiştir. Mevcut uygulama yetersizlikleri dikkate alınarak , istenen geoteknik hesaplamaların sırayla yapıldığı Excel tabloları hazırlanmıştır. Excel sayfaları ile, geoteknik hesapları yapacak olan mühendis yönlendirilir, böylece hesaplamaların kontrol edilmesi ve elde edilen neticelerin kıyaslanması yapılır. Bu sayede geoteknik rapor kolayca oluşturulabilir. Örneğin, yüzeysel temeller için hazırlanmış olan geoteknik rapor, veriyi oluşturan aşağıda verilen tüm unsurları içermektedir. (Alkaya,D.,Yeşil,B., 2011)

1. Sayfalar “proje tanıtım sayfası” ile başlar ve temel türü seçilerek sonrasında kullanıcının “zemin emniyet gerilmesi hesabına” yönlendirilmesi sağlanır.

2. Zemin güvenlik gerilmesi hesabında yer altı suyu göz önünde bulundurularak Terzaghi Denklemi ve SPT verilerinin kullanıldığı Meyerhof metodu ile hesaplama yapılır

3. Zeminde Gerilme Analizi yapılır

4. Zeminde Oturmaların Analizleri (ani oturma ve konsolidasyon oturması gibi)

Excel sayesinde kolayca yapılır.

Ayrıca Excel ile;

1) Geoteknik Rapor programı

2) Ahşap aksa tasarımı programı

- 3) Derin kazı destek (ankrajlı-ankrajsız) analiz yazılımı
- 4) İstinat yapılarına ait hesaplama yazılımı
- 5) Jetgrout hesaplama yazılımı
- 6) Toprakarme hesaplama yazılımı
- 7) Sıvılaşma hesaplama programı

#### **4.3.1 Excell kullanımı ile taşıma gücü hesabı**

Excell kullanılarak “Taşıma Gücü Hesabı” yapılması mümkündür. Excel ile taşıma gücü denklemleriyle hesaplanan taşıma gücü hesap metotlarından, plastik kırılmaya bağlı olan farklı farklı bilimsel araştırma yapan kişiler tarafından tavsiye edilen ve literatürde sık görülen ve kullanılan beş farklı taşıma gücü hesap şekli verilmiştir. Bu kapsamda Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY2018)’nde yer alan Genel Taşıma Gücü denklemleri kullanılarak Excel ile bir hesap yapılabilir. Bu metotların verildiği Excel ile hazırlanan hesap cetveliyle, toprak zeminlerde sığ temellerin taşıma gücünün değerlendirilmesi amaçlanmıştır (TMMOB, 2021).

Excel hesap cetvelinde kullanılan veriler, Temel Veri Girişi ve Seçim Yapma

\*Koordinatlar: İnşaat sahasının, Ada-parcel numaralarını da içeren lokasyon koordinatlarıdır. “x” ve “y” kutucuklarına Datum’da belirtilen koordinat referans sistemine uygun olarak yazılır.

\* Programı kullananlar koordinatla alakalı verileri girme zorunluluğu yoktur.

Kot: Taşıma gücü hesabı yapılacak parselde metre (m) biriminde ortalama yükseklik girilir.

Datum: “x” ve “y” şeklinde verilen koordinatların, hangi koordinat referans sistemine ait olduğunu ifade eder. Aşağı doğru açılan pencere ile uygun olan koordinat sistemi seçilebilir.

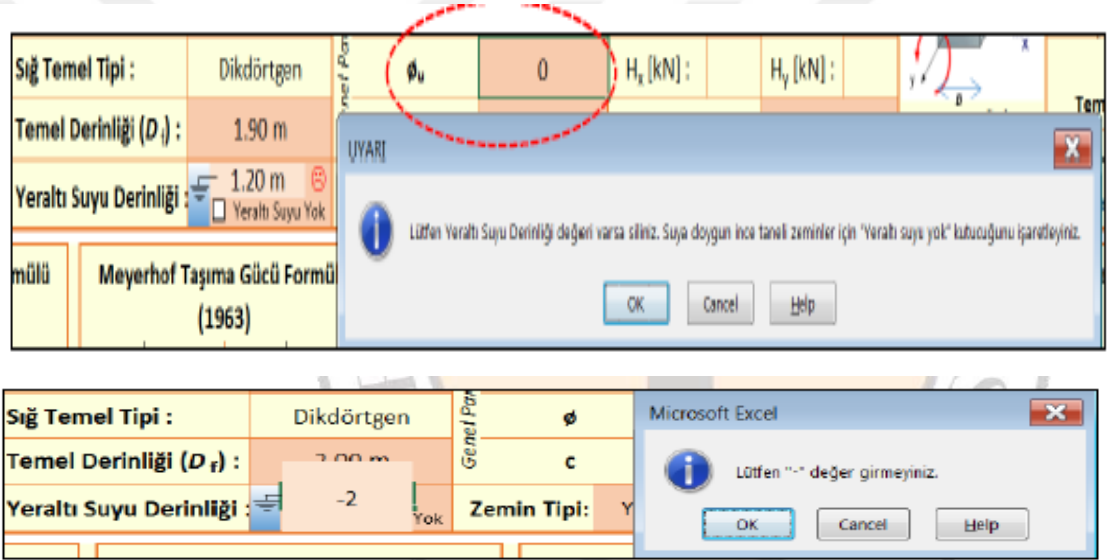
Temel Genişliği (B): Taşıma gücü hesabı yapılacak sığ temelin genişliğidir. Birimi m’dir. Temel genişliği olarak temelin kısa kenar uzunluğunu giriniz.

Temel Uzunluğu (L): Taşıma gücü hesabı yapılacak sığ temelin uzunluğudur.

Hesapta iki sığ temel tipi mevcuttur. Bunlar kare ve dikdörtgen temel tipleridir. Şerit temel için Temel Uzunluğu (L) kutucuğuna temel genişliğinden (B) çok daha büyük bir değer girilebilir (TMMOB,2021).

Efektif Boyutlar: Excel tablosunun alt orta bölümünde yer alır. Bu değerler Yük ve Eğim Bilgileri bölümünde  $e_B$  ve  $e_L$  parametre kutucuklarına veri girişi yapıldığında otomatik olarak hesaplanır.

Yeraltı Suyu Seviyesi (YASS): Taşıma gücü hesabı yapılacak bölgede ölçülen yerin altında ki su seviyesidir. Birimi metredir. Yeraltı suyunun olması; tüm zemin türleri için temel derinliği taban seviyesinde veya temelin üstünde olması durumunda nihai taşıma gücü miktarını direkt etkilemektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Excel ile taşıma gücü hesabı

Kaynak: (TMMOB,2021)

Programda statik durumda (1.4G+1.6Q) ve dinamik durumda (G+Q+E) şeklinde yük kombinasyonlarının tanımlaması yapılmamıştır. Bunun nedeni TBDY-2018’de betonarme tasarımında farklı yük kombinasyonlarının tanımlarının yapılmasıdır.

Hesaplamalar Excel hesap tablosunda “Temel Veri Girişi ve Seçim Yapma” bölümünde açık veya koyu turuncu renkli bölümde yapılan seçimler veya girilmiş olan veri değerleri dikkate alınarak program tarafından otomatik şekilde yapılır. (Şekil 4.4)

Terzaghi Taşıma Gücü Formülü (1943)				Terzaghi Taşıma Gücü Formülü (1943)				Genel Taşıma Gücü Formülü (TBDY-2018)											
c =	30.0	Nc =	7.34	c* =	20.0	Nc* =	6.74	c	30.0	Nc =	6.49	s <sub>c</sub> =	1.21	v	d <sub>c</sub> =	1.35	v		
K <sub>1</sub> =	1.26	γ <sub>s</sub> =	6.69	K <sub>1</sub> =	1.26	γ <sub>s</sub> =	6.69	i <sub>c</sub> =	1.00	v	g <sub>c</sub> =	1.00	v	b <sub>c</sub> =	1.00	v	γ <sub>s</sub> =	6.69	
D <sub>f</sub> =	1.50	N <sub>q</sub> =	1.64	D <sub>f</sub> =	1.50	N <sub>q</sub> * =	1.39	D <sub>f</sub> =	1.50	N <sub>q</sub> =	1.57	s <sub>q</sub> =	1.08	d <sub>q</sub> =	1.12	i <sub>q</sub> =	1.00	g <sub>q</sub> =	1.00
γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> =	24.75	B =	1.75	γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> =	24.75	B =	1.75	b <sub>q</sub> =	1.00	γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> =	24.75	B =	1.75	N <sub>γ</sub> =	0.10	s <sub>γ</sub> =	0.65	d <sub>γ</sub> =	1.00
N <sub>γ</sub> =	0.50	K <sub>2</sub> =	0.83	N <sub>γ</sub> * =	0.31	K <sub>2</sub> =	0.83	i <sub>γ</sub> =	1.00	g <sub>γ</sub> =	1.00	b <sub>γ</sub> =	1.00	Düzeltilme katsayıları için seçim yapınız	Vesic [V]				
φ =	5.0°	K <sub>pγ</sub> =	12.3	φ* =	3.3°	K <sub>pγ</sub> =	11.7	q <sub>k</sub> = c·Nc·sc·dc·ic·gc·bc + γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> ·N <sub>q</sub> ·sq·dq·iq·gq·bq + 1/2·γ <sub>2</sub> ·B·N <sub>γ</sub> ·s <sub>γ</sub> ·d <sub>γ</sub> ·i <sub>γ</sub> ·g <sub>γ</sub> ·b <sub>γ</sub>	q <sub>k</sub> = 320.9 kN/m <sup>2</sup>	q <sub>k</sub> = 206.1 kN/m <sup>2</sup>	q <sub>k</sub> = 364.6 kN/m <sup>2</sup>								
a <sub>0</sub> =	1.224	a <sub>0</sub> =	1.145	q <sub>t</sub> = q <sub>k</sub> /γ <sub>Rv</sub> : 229.2 kN/m <sup>2</sup>	q <sub>t</sub> = q <sub>k</sub> /γ <sub>Rv</sub> : 147.2 kN/m <sup>2</sup>	q <sub>t</sub> = q <sub>k</sub> /γ <sub>Rv</sub> : 260.4 kN/m <sup>2</sup>													
Zemin yenilme tipi için seçim yapınız.				c*, e*: Lokal Makaslama Yenilmesi için 2/3 oranında azaltılmış değerler. Zemin yenilme tipi için seçim yapınız.				Zemin yenilme tipi için seçim yapınız.											
Genel Makaslama Yenilmesi				Lokal Makaslama Yenilmesi															
q <sub>k</sub> = c·Nc·K <sub>1</sub> + γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> ·N <sub>q</sub> + 1/2·γ <sub>2</sub> ·B·N <sub>γ</sub> ·K <sub>2</sub>				q <sub>k</sub> = c*·Nc*·K <sub>1</sub> + γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> ·N <sub>q</sub> * + 1/2·γ <sub>2</sub> ·B·N <sub>γ</sub> *·K <sub>2</sub>															
q <sub>k</sub> = 320.9 kN/m <sup>2</sup>				q <sub>k</sub> = 206.1 kN/m <sup>2</sup>															
q <sub>t</sub> = q <sub>k</sub> /γ <sub>Rv</sub> : 229.2 kN/m <sup>2</sup>				q <sub>t</sub> = q <sub>k</sub> /γ <sub>Rv</sub> : 147.2 kN/m <sup>2</sup>															

Şekil 4.4: Tablo bölümünde yer alan yöntemler ve formülasyonda ki parametreler

Kaynak: (TMMOB, 2021)

Terzaghi Taşıma Gücü Formülü (1943)				Terzaghi Taşıma Gücü Formülü (1943)			
c =	30.0	Nc =	7.34	c* =	20.0	Nc* =	6.74
K <sub>1</sub> =	1.26	γ <sub>s</sub> =	6.69	K <sub>1</sub> =	1.26	γ <sub>s</sub> =	6.69
D <sub>f</sub> =	1.50	N <sub>q</sub> =	1.64	D <sub>f</sub> =	1.50	N <sub>q</sub> * =	1.39
γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> =	24.75	B =	1.75	γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> =	24.75	B =	1.75
N <sub>γ</sub> =	0.50	K <sub>2</sub> =	0.83	N <sub>γ</sub> * =	0.31	K <sub>2</sub> =	0.83
φ =	5.0°	K <sub>pγ</sub> =	12.3	φ* =	3.3°	K <sub>pγ</sub> =	11.7
a <sub>0</sub> =	1.224	a <sub>0</sub> =	1.145				
Zemin yenilme tipi için seçim yapınız.				c*, e*: Lokal Makaslama Yenilmesi için 2/3 oranında azaltılmış değerler. Zemin yenilme tipi için seçim yapınız.			
Genel Makaslama Yenilmesi				Lokal Makaslama Yenilmesi			
q <sub>k</sub> = c·Nc·K <sub>1</sub> + γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> ·N <sub>q</sub> + 1/2·γ <sub>2</sub> ·B·N <sub>γ</sub> ·K <sub>2</sub>				q <sub>k</sub> = c*·Nc*·K <sub>1</sub> + γ <sub>1</sub> ·D <sub>f</sub> ·N <sub>q</sub> * + 1/2·γ <sub>2</sub> ·B·N <sub>γ</sub> *·K <sub>2</sub>			
q <sub>k</sub> = 320.9 kN/m <sup>2</sup>				q <sub>k</sub> = 206.1 kN/m <sup>2</sup>			
q <sub>t</sub> = q <sub>k</sub> /γ <sub>Rv</sub> : 229.2 kN/m <sup>2</sup>				q <sub>t</sub> = q <sub>k</sub> /γ <sub>Rv</sub> : 147.2 kN/m <sup>2</sup>			

Şekil 4.5: Terzaghi formülüne göre tablolar

Kaynak: (TMMOB, 2018)

Aynı şekilde Excel tabloları kullanılarak Meyehof, Hansen, Vesic Taşıma gücü formülleri ile hesap yapmak mümkündür (Şekil 4.5).

#### 4.3.2 Excell kullanımı ile kazık hesabı

Zemin mühendisliği alanında; zemin taşıma kapasitesinin yükseltilmesinde, şev duraylılığında, kazılan yüzeylerin desteklenmesinde, köprülerin ayak kolonlarında, kıyı-liman yapılarında, deniz yapıları gibi çok sayıda projede kazık temeller yaygın olarak kullanılmaktadır (Alkaya, D., Yeşil, B., 2011).

Kazık temeller esasen çok sayıda kazık bir arada bulunarak ve yapının temeli kazıklar üstüne oturtulmasıyla meydana getirilen temel sistemleridir. Kazık tarzda temel sistemlerde çoklu kazık varsa bunlar grup kazık olarak tanımlanır. Grup kazıkların yük taşıma potansiyellerinin tespiti esasen oldukça karışıktır. Ancak belli bir yaklaşıklık ile kazıklar arası uzaklık kullanılarak, grup davranışı, tek kazık davranışına benzer olduğu kabulü ile kazıkların gücü hesaplanabilir. Grup kazıkları oluşturan kazıklardan her biri, grubun içinde bulunan komşu kazıklar ile etkileşimde olarak bir diğerrinin taşıma gücünü düşürür (Alkaya,D.,Yeşil, B., 2011).

Grup kazıklarda, toplam kazık sayısına karşı gelen taşıma gücünden düşük bir taşıma potansiyeli çıkmasına “kazık grubunun verimliliği” denilir. Verimlilik, kazıkların sayılarının fazlaşması sonucunda kazıkların birbirine yakınlaşması etkisi ile azalır, ancak kazıklar arası mesafe artarsa verimlilik artar. Eğer kazıklar arası uzaklık kazık grubu verimliliğini etkilemeyecek uzaklıkta yapılabilirse, kazık grubu, kazık sayısına ait toplam yük taşıma seviyesine çıkabilir (Alkaya,D., Yeşil, B., 2011).

Excel yazılımı, kazıkların hesaplanması için de yaygın şekilde kullanılır. Grup kazık hesabında da Excel yazılımı yaygın şekilde kullanılır (Şekil4.6ve 4.7). Kazık yerleşimi de, kazıkların planda düzenli şekilde dağılmasını sağlayacak formda yapılmalıdır (Alkaya, D.,Yeşil, B., 2011).

SK2 D=0,8 m L=20 m Kazık Hesabı													
Kazık Derinliği	L=	20,00	m	Kazık Uç Alanı	A <sub>u</sub> =	0,50	m <sup>2</sup>						
Kazık Çapı	D=	0,80	m	Kazık Çevresi	P=	2,51	m						
<b>Q<sub>u</sub>'NİN BELİRLENMESİ</b>													
<b>Meyerhof Metodu (Kil için)</b>													
C <sub>u</sub> =	kN/m <sup>2</sup>			Q <sub>u</sub> =	0,00	kN							
<b>Meyerhof Metodu (Kum için)</b>													
Tabaka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Y (kN/m <sup>3</sup> )=	17,00	19,00	19,00	17,00	17,00	18,00	19,00						
D <sub>i</sub> (m)=	3,5	2,5	3	0,5	2,5	3,5	4,5						
Y <sub>w</sub> (kN/m <sup>3</sup> )=					9,81	9,81	9,81						
*Su varsa													
q <sup>*</sup> =	260,50	kN/m <sup>2</sup>			N <sub>q</sub> <sup>*</sup> =	240	(Tablodan)			φ <sup>*</sup> =	37		
Q <sub>u</sub> =	31425,38	kN											
Q <sub>u</sub> =	9042,65	kN/m <sup>2</sup>	(Limit Değer Kıyaslama)										
Q <sub>u</sub> =	9042,65	kN/m <sup>2</sup>	(Seçilen Değer)										
<b>Vesic Metodu (Kil için)</b>													
C <sub>u</sub> =	kN/m <sup>2</sup>			I <sub>r</sub> =I <sub>m</sub> =	-33	N <sub>c</sub> <sup>*</sup> =	(Tablodan)						
Q <sub>u</sub> =	0,00	kN											
<b>Vesic Metodu (Kum için)</b>													
Tabaka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Y (kN/m <sup>3</sup> )=	17,00	19,00	19,00	17,00	17,00	18,00	19,00						
D <sub>i</sub> (m)=	3,5	2,5	3	0,5	2,5	3,5	4,5						
Y <sub>w</sub> (kN/m <sup>3</sup> )=					9,81	9,81	9,81						
q <sup>*</sup> =	260,50	kN/m <sup>2</sup>			φ <sup>*</sup> =	37	m=	400	(Vesic Metodundan)				
σ <sub>0</sub> <sup>*</sup> =	155,98	kN/m <sup>2</sup>			E <sub>s</sub> =	21654,85	kN/m <sup>2</sup>						
μ <sub>s</sub> =	0,28	Δ=	0,005		I <sub>r</sub> =	43,09	I <sub>w</sub> =	35,19		N <sub>c</sub> <sup>*</sup> =	60	(Tablo)	
Q <sub>u</sub> =	4704,30	kN											

**Şekil 4.6:** Meyerhof Yöntemiyle Kil ve Kum Zeminde, Vesic Yöntemiyle Kil Zeminde Excel Programı ile Kazık Taşıma Hesabı İlk Kısım

**Kaynak:** (Yeğit & Zorluer, 2019)

Coyle ve Castello (Kum için)														
Tabaka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )=	17,00	19,00	19,00	17,00	17,00	18,00	19,00							
$D_r$ (m)=	3,5	2,5	3	0,5	2,5	3,5	4,5							
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )=					9,81	9,81	9,81							
$q^*$ =	250,50 kN/m <sup>2</sup>					$N_q^*$ = 100 (Tablodan)								
$Q_p$ =	13093,91 kN													
SPT ve CPT Korelasyonu ile Belirlenmesi (Kil ve Kum için)														
Kazık ucu 8 m üstü ile 4 m altı arasındaki $N_{60}$ değerleri toplamının ortalaması														
S/N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$N_{60}$	30,75	33,75	33,75	33,75	33,75	33,75								
$N_{60}$ =	34													
$Q_p$ =	17090,26 kN					$Q_p$ = 6836,11 kN			Min Değer Karşılaştırması					
$Q_p$ =	6836,11 kN													
$Q_p$ Sonuçları (kN)														
Meyerhof	Vesic					Coyle&Castello			SPT&CPT					
9042,65	4704,30					13093,91			6836,11					
$Q_p$ =	7939,38 kN (Maksimum ve minimum ortalamadan çıkarılmıştır)													
KAZIK YANAL SÜRTÜNMESİ $Q_s$ 'NİN BELİRLENMESİ														
$\alpha$ Metodu														
S/N	Derinlik		$\Delta L$	$C_u$	$\alpha$	$\alpha \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L$								
1	0,00	3,50	3,50	35	0,78	240,14								
2	3,50	6,00	2,50	51	0,67	214,70								
3	6,00	9,00	3,00	57	0,64	275,05								
4			0,00			0,00								
5			0,00			0,00								
6			0,00			0,00								
7			0,00			0,00								
8			0,00			0,00								
9			0,00			0,00								
10			0,00			0,00								
$Q_{s, kil}$ =	729,89 kN													

Şekil 4.7: Excel Programı ile Kazık Hesabı

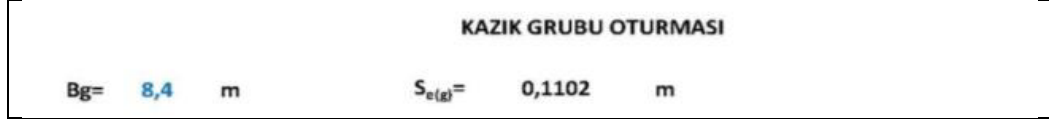
Kaynak: (Yeğit,Zorluer,2019)

Excel ile kazık hesabında ikinci kısımda: Coyle ve Castello Yöntemiyle Kum Zeminde Kazık Taşıma Gücü ( $Q_p$ ) bulunmuştur. Sonra SPT Korelasyonu kullanılarak ( $Q_p$ ) Hesaplanmıştır. Diğer yöntemlerle bulunan  $Q_p$  değerlerinin ortalaması hesaplanmıştır. Kil Tabakasındaki  $Q_s$ ,  $\alpha$  Yöntemiyle bulunur. Kazıkların sayıları, yerleşimlerinin planlaması ve grup kazık verimi hesabında kullanılan Excel çalışma sayfası aşağıda verilmiştir. Grup kazık kullanılacaksa, kazıkların temelin altına yerleşimi Şekil 'deki gibi olur. Tek bir kazık ve grup kazık için oturmaların hesaplanması da Excel yazılımı ile yapılmaktadır. Söz konusu hesaplamalara ait çalışma sayfasının görünümü Şekil 4.8 ve 4.9'da verilmiştir (Yeğit, Zorluer, 2019).

KAZIK OTURMA HESABI					
Vesic					
$E_p$ =	30000000	kN/m <sup>2</sup>	$E_s$ =	15680	kN/m <sup>2</sup>
$\mu_s$ =	0,4		$\xi$ =	0,5	
$C_u$ =	0,97		$C_p$ =	0,05	
$l_{wp}$ =	0,85		$l_{ws}$ =	3,75	
$Q_{wp}$ =	2646,46 kN		$Q_{ws}$ =	601,65 kN	
$S_{w(1)}$ =	0,0039	m	$S_c$ =	0,0340	m
$S_{w(2)}$ =	0,0256	m			
$S_{w(3)}$ =	0,0045	m			

Şekil 4.8: Tek Kazık İçin Oturma Hesaplanması

Kaynak: (Yeğit & Zorluer, 2019).



**Şekil 4.9:** Grup Kazık Oturma Hesaplanması

**Kaynak:** (Yeğit & Zorluer, 2019)

Grup kazık verimi için çizilen grafik, Excel yazılımı ile gerçekleştirilen hesaplardan yapılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi kazıkların sayısının artması sonucu verimlilik azalmaktadır (Şekil 4.10).



**Şekil 4.10:** Verimlilik ve Oturmaların Kıyaslanması

**Kaynak:** (Yeğit, Zorluer, 2019)

### 3.3.3 Excell yazılımıyla şev stabilite hesaplanması

Şevlerde stabilitesi olayını detaylı şekilde araştırmak için, emniyet katsayısına etki eden tüm bileşenleri dikkate alarak farklı çözümlerin denenmesi gereklidir. Bu amaca yönelik ticari paket programları vardır ancak yüksek lisans ücretleri nedeniyle tercih edilmesi azalmaktadır. Excel yazılımı bu nedenle hem pratik hem de ekonomik bir alternatif haline gelmiştir (Çetin, E.,2016).

Şev stabilitesi analizine yönelik farklı metotlar vardır. Bu metotların bilgisayar ortamına aktarımıyla, hesaplamaların hızlanması ve otomasyonu mümkün olabilecektir. Bu nedenle, pratik hesaplama amaçlı olarak son derece uygun bir program olan Excel sayesinde, şevlerin stabilitesi amaçlı programlar geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılımla, şevde stabilite için emniyet katsayıları bulunabilir. Bu emniyet katsayılarının hesabı için, uygulamada en fazla kullanılmış metotlar olan İsveç Dilim Metodu, Basitleştirilmiş Bishop ve Basitleştirilmiş Janbu metotları kullanılmıştır. Hesap esnasında, sadece bir metot kullanılabilir ya da birden fazla metot da kullanılabilir. Hesap aşamalarında önce, şevin tanımlandığı veriler yani

şevin geometrisi, ofseti ve kot değeri yazılıma tanımlanmaktadır. Zemin parametreleri olan birim hacim ağırlığı, içsel sürtünme açısı ve kohezyon (c) ile şevin geometrisi ofset ve kot değeri olarak verilen zemin tabakaları, sayı sınırlaması olmaksızın yazılıma tanımlanabilir. Zeminde yeraltı suyu varsa, YASS tablasına ait geometri, başka geometrilere benzer olarak ofset ve kot değeri kullanılarak tanımlanabilir. Şevin üstünde ek yük varsa, hangi ofset değerleri arasında bulunduğu datası ve yükün değeri ile beraber yazılıma tanımlanabilir. Şevde stabilite analizi için dinamik etkilerin analizi amacıyla, sismik parametreler olan deprem şiddeti, deprem merkezi ile şev arasında olan mesafe ve yer altı suyu mevcutsa tekrarlı yükleme çevrim sayısı değerinin yazılıma verilmesi imkanı vardır. Şevin stabilitesi analizi için, dairesel olmayan veya dairesel kayma yüzeyi tanımlama imkanı vardır (Çetin, Erzin, 2016).

#### **4.3.4 Excell kullanımı ile sıvılaşma hesabı**

TBDY-2018 ekinde bulunan bölüm 16.6. “Deprem Etkisi Altında Zeminin Sıvılaşma Riskinin Değerlendirilmesi” kısmında sıvılaşma olasılığına ilişkin noktalar tanımlanmış olup, DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a sınıfı binalarda Şartname eki olan Bölüm 16.1’de ZD, ZE veya ZF sınıfında olan, sürekli olan tabaka yada kalın mercekler şeklinde olan ve yine Şartname ekinde Tablo 16.6.6’da tanımlanmış durumların haricindeki kum zeminlerde sıvılaşma riskinin tespiti, arazi ve laboratuvar testlerine bağlı olarak uyumlu hesaplama metotlarıyla araştırılması ve hesaplama sonuçlarının detaylı şekilde raporlanmasının mecburi olduğu ifade edilmiştir.

Zemindeki sıvılaşma olayı, YASS altında bulunan ve yüzeyden 20 m derinliğe kadar kohezyonu olmayan veya çok az olan kohezyonlu ( $PI < 12$ ) zemin türlerinde sismik etkiler sonucu, boşluk suyunda ortaya çıkan basınç artışına paralel kayma direnci ve rijitliğindeki önemli miktarda düşüş şeklinde ifade edilmiştir (TBDY2018, Md. 16.6.2). Sismik tasarım sınıfı DTS=4 olan ve aynı şekilde aşağıdaki koşullardan en azından birinin gerçekleştiği hallerde sıvılaşma için tetiklenme hesabı yapılmayabilir (TBDY2018 Md. 16.6.6).

- Zeminde kil muhtevasının %20’den çok ve PI (plastisite indisi) %10’dan fazla olan kum zeminler için;

- İnce tane oranının %35'den çok ve düzeltilmiş SPT darbe sayısının, N<sub>1,60</sub> , 20 vuruş / 30 cm'den fazla olan kum zeminler için; TBDY2018 Şartnamesinde yukarıda sayılan durumlar göz önünde bulundurularak “Sıvılaşma Potansiyeli Analizi, Yanal Yayılma, Oturma Analizi ve Sıvılaşma Sonrası Rezidüel Kayma Dayanımı” amaçlı olarak Excel yazılımı kullanımı ile zeminde sıvılaşma tetiklenme analizi hesap tablosu verilmiştir.(Şekil 4.11)

Sismik Hesap Verileri:

M<sub>w</sub>: Tasarım depremi moment büyüklüğü değeridir. Moment büyüklük değeri arazi etki zonundaki sismik etkiye kaynak olan süreksiz sistemleri, fay parçasının uzunluğu göz önüne alınarak belirlenecektir.

SPT Dataları:

Örnek Alıcı Tipi: SPT deneyinde örnek alma tipidir.

Sondaj Delme Çapı: SPT deneyinde araziye yapılan sondajın delgisinin çap genişliğidir.

Tokmak Türü: SPT deneyinde arazide kullanılan

Enerji Oranı:

1 No'lu Kolon - Sıra No: Sıvılaşma hesabında kontrolün kolayca yapılması amaçlı verilen satır no yazılır.

2 No'lu Kolon - Derinlik: SPT deneyi yapılabakan başlangıç derinliği yazılır. Sıvılaşmanın sona erdiği zemin tabakasının başlangıç derinliği ise tabloda belirtilen yere (derinlik kolonunun sonuna) m biriminde yazılır.

3 No'lu Kolon - SPT (N): Sahada 1,5 m'de bir yapılan SPT deneyi sonucunda bulunan SPT (N) dataları girilir.

4 No'lu Kolon - Zemin Türü (UCSC): Sondaj derinliğine dayalı “malzemenin” ifadesidir. Laboratuvar datalarına göre belirlenir.

5 No'lu Kolon - Zemin Türü (TS-EN-ISO 14688-2): Sondaj derinliğine dayalı “malzemenin” ifadesidir.

6 No'lu Kolon – PI (Plastisite İndisi): SPT derinliğinde Atterberg kıvam limitleri testine dayalı şekilde LL (likit limit) ve PI'nın tespiti neticesinde belirlenen PI değeridir. NP türü zeminlerde “0” değerini girilir.

7 No'lu Kolon - Kil İçeriği (%): SPT derinliğinde alınan örneklerde bulunan kil içeriğidir. Yüzde (%) olarak gösterilir. Laboratuvarında hidrometre deneyi sonucu bulunur.

8 No'lu Kolon - Doğal Birim Hacim Ağırlığı ( $\gamma_n$ ) : SPT derinliğinde bulunan zeminin doğal birim hacim ağırlığıdır. Birimi  $\text{kN/m}^3$  'tür.

9 No'lu Kolon - Zeminin Suyu Doymuş Birim Hacim Ağırlığı ( $\gamma_d$ ) : SPT derinliğinde bulunan zeminin suya doymuş birim hacim ağırlığıdır. Birimi  $\text{kN/m}^3$  'tür.

10 No'lu Kolon - İnce Tane Muhtevası (IDI) : Her SPT derinliğindeki zeminde bulunan “ince dane muhtevası”. Yüzde (%) olarak gösterilir.

11 No'lu Kolon - Düşey Zemin Gerilmesi ( $\sigma_{VO}$ ): SPT derinliğinde düşey zemin gerilmesi değeridir.

12 No'lu Kolon - Efektif Düşey Zemin Gerilmesi ( $\sigma'VO$ ): SPT derinliğindeki efektif düşey zemin gerilmesidir.

13 No'lu Kolon - Derinlik Düzeltme Katsayısı (CN): Kohezyonu olmayan zeminlerde bulunan SPT derinlik düzeltme katsayısı

14 No'lu Kolon - Tij Boyunun Düzeltme Katsayısı (CR): SPT tij boyu düzeltim katsayısı.

15 No'lu Kolon - Örnek Alıcı Tipi Düzeltme Katsayısı (CS): SPT örnek alıcı tipi düzeltim katsayısı.

16 No'lu Kolon - Sondaj Delgi Çapı Düzeltme Katsayısı (CB): SPT sondaj delgi çapı düzeltim katsayısı.

17 No'lu Kolon - Enerji Oranı Düzeltme Katsayısı (CE): SPT enerji oranı düzeltim katsayısı.

18 No'lu Kolon - Düzeltilmiş SPT Darbe Sayısı ( $N_{1,60}$ ): Düzeltilmiş SPT darbe sayısı

19 No'lu Kolon - İnce Dane İçeriğine Bağlı Düzeltilmiş SPT Darbe Sayısı ( $N_{1,60f}$ ): İnce dane muhtevasına göre düzeltilmiş SPT darbe sayısı.

20 No'lu Kolon - Moment değeri 7.5 olan depreme için dögüsel mukavemet oranı (CRRM7.5): Moment değeri 7.5 olan depreme için dögüsel mukavemet oranı.

21 No'lu Kolon - Deprem Değeri Düzeltme Katsayısı (CM): Depremdeğeri düzeltme katsayısı.

22 No'lu Kolon - Sıvılaşma Dayanımı ( $\tau_R$ ): Sıvılaşma dayanımı.

23 No'lu Kolon - Gerilme Azaltım Katsayısı ( $r_d$ ): Gerilme azaltım katsayısıdır.

24 No'lu Kolon - Zeminde Depremden Kaynaklı Ortalama Dögüsel Kayma Gerilmesi ( $\tau_{deprem}$ ): Zeminde depremden kaynaklanan ortalama dögüsel kayma gerilmesi

25 No'lu Kolon - Sıvılaşmaya Karşı Emniyet Kriteri ( $\tau_R / \tau_{deprem}$ ): Sıvılaşmaya karşı emniyet kriteri TBDY2018 Eşitlik 16.3 ile bulunur. Eşitlik 16.3 ile ifade edilen kriter sağlanmazsa “Sıvılaşma Olabilir”, koşul gerçekleşirse “Sıvılaşma Yoktur” şeklinde verilebilir.

26 No'lu Kolon – Sıvılaşan Tabakanın Kalınlığı.

27 No'lu Kolon -  $W(z)$ : Derinlikle değışen sıvılaşma potansiyeli azaltma faktörüdür. Burada (z) zemin yüzeyinden zemin tabakasının orta noktasına olan derinliktir.


28 No'lu Kolon -  $PL(z)$ : Her bir sıvılaşan seviye için tanımlanan sıvılaşma olasılığıdır.

29 No'lu Kolon – Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LS): Bulunan toplam sıvılaşma şiddeti indeksi değerine bağlı belirlenen sıvılaşma riskidir, “Sıvılaşma Şiddeti İndeksi” ne ait değer tablonun altında verilmiştir.

30 No'lu Kolon -  $W(z)$ : Derinlikle değışen sıvılaşma riski azaltım katsayısı.z değeri, zemin yüzeyinden tabakanın ortasına olan derinlik

31 No'lu Kolon -  $F(z)$ : Her sıvılaşan düzey için belirlenen indekstir.

32 No'lu Kolon – Sıvılaşma Riski İndeksi (LPI): Sıvılaşma hesabı gerektiren her bir SPT test derinliği için sıvılaşma riski indeksi değerleri toplamı o sondaj kuyusu için sıvılaşma riski indeksini belirler.

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE UYUMLU BASİTLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SIVILAŞMA POTANSİYELİ ANALİZİ																																				
 TMMOB İEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI		PROJE ADI: XXX PROJESİ		Ada No: XXX		Koordinatlar: X Y		Datum: Kot:																												
		Parsel No: XXX		1234567,85 1234568,85		WGS 84		1205,84m																												
		Sondaj Kuyusu No: SK-1		Yeraltı Su Seviyesi: 2,00m		Zemin Sınıfı: ZD																														
		Deprem Hesabı Verileri:		M <sub>w</sub> : 6,50		DTS: DTS-2		S <sub>DS</sub> : 0,700																												
		SPT Verileri:		Numune Alınma Tipi		Sondaj Delgi Çapı		Tokmak Tipi		Enerji Oranı (%)																										
		İç tüpü olmayan		Çap 150mm		Güvenli tokmak		75																												
Arazi ve Laboratuvar Deneylerinden Alınan Veriler										Ham SPT Verilerinin Düzeltilmesi [TBDY-2018 Madde 168.2]								Sivilaşma Direncinin Hesabı		Deprem Kayma Gerilmesi	Sivilaşmaya Karşı Güvenlik Koşulu	Sivilaşma Potansiyeli														
																				İwasaki vd. [1982]		Sönmez ve Gökçeoğlu [2005]														
Sıra No	Derinlik (m)	SPT - N	Zemin Tipi (USCS)	Zemin Tipi (TS-EN ISO 14898-2)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	İnce Dane İçeriği (IDİ) (%)	$\sigma'_{vc}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_{vs}$ (kN/m <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>b</sub>	C <sub>c</sub>	Düzeltilmiş SPT-N (N <sub>60</sub> )	İnce dane içeriğine göre hesaplanan güvenlik katsayısı K <sub>g</sub> değeri. [N <sub>60</sub> ]	CHR R <sub>60</sub> -7,5	C <sub>M</sub>	T <sub>6</sub>	r <sub>d</sub>	$\gamma_n$	$\gamma_d$	(IDİ) (%)	$\sigma'_{vc}$	$\sigma'_{vs}$	Sivilaşmaya Karşı Tabaka Kalınlığı, m	W(z)	F(z)	Sivilaşma Potansiyeli İndeksi, I <sub>s</sub>	Sivilaşmaya Karşı Tabaka Kalınlığı, m	W(z)	P <sub>s</sub> (z)	Sivilaşma Şiddeti İndeksi, I <sub>s</sub>	
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-				
1	1,10	8					19,0	20,0	0	20,9	20,9																									
2	1,80	12	SM				19,0	20,0	2	34,2	34,2																									
3	2,60	7	SM				19,0	20,0	2	50,0	44,1	1,47	0,85	1,20	1,05	1,25	13,8	13,8			0,148	1,44	9,43	0,98	8,92	1,06		Sivilaşma Beklenir					0,80	8,90	0,39	2,78
4	3,40	5	SC				19,0	20,0	1	66,0	52,3	1,35	0,85	1,20	1,05	1,25	9,1	9,1			0,105	1,44	7,90	0,97	11,70	0,68		Sivilaşma Beklenir	0,75	8,50	0,32	2,04	0,75	8,50	0,83	5,26
			S	De	S	(USCS)																														
15																																				
16	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-	-10-	-11-	-12-	-1																							
17	1 -	1,10	8	SM																																
18	2 -	1,80	12	ML																																
19	3 -	2,60	7	OL																																
20	4 -	3,40	5	CL																																
21	5 -	4,10	10	OH																																
22	6 -	4,90	10	PH																																

Şekil 4.11: Sivilaşma Excel Sayfası

Kaynak: (TMMOB, 2021)

#### 4.3.5 Excell kullanımı ile geoteknik rapor hazırlama

Projenin bulunduğu arazinin zemininin, mühendislik kriterleri açısından detaylı olarak, incelemesine zemin etüdü veya geoteknik inceleme denir. Böylece proje zemininin, bir inşaat projesi için uygunluk durumunu tespit etmek, projenin emniyetli ve uygun maliyetli şekilde projelendirilmesi, sonrasında hayata geçirilmesi için zeminin detaylı araştırılması gereklidir. Zemindeki inceleme sayesinde, zemindeki tabakalar ve bunların kalınlıkları, her tabakada doğal birim hacim ağırlığı, su içerikleri, porozite veya boşluk oranları, kıvam limiti, zemin sınıfı, yer altı suyu seviyesi gibi bilgiler belirlenir (Uzuner, B.A., 1995). Bulunan verilerin, lokasyon seçimi, temel sistemi, yapısal analizler, betonarme projeler gibi mühendislik aşamalarında kullanılabilmesi için proje mühendislerince açık, kolay anlaşılır,

sorunlar ve çözümleri içerir şekilde bir geoteknik raporun hazırlanması yasal bir mecburiyettir.

Geoteknik raporlara ait net standartlar olmadığı için, uygulama sırasında oluşabilecek farklılıkların ve hesaplama metotlarının minimize edilmesi için MS Excel sayesinde yüzeysel temellere yönelik olarak geoteknik raporun içermesi gereken zemine ait parameterelerin bulunması ve analizlerin farklı metotlarla yapılması, elde edilen sonuçların kıyaslamalı olarak elde edilebileceği Excel tabanlı yazılımlar geliştirilmiştir. Böylece geoteknik raporda olması gereken hesaplamalar, uzun süren ve yüzeysel metotlarla yapmaktansa; daha hızlı, detaylı ve güvenilir bir yazılımla yapılabilir.

Piyasada yaygın olan hazır ve ticari yapı analizi yazılımlarında, zemine ait bilgilerin eksikliği veya bir bütün şeklinde geoteknik raporda ortaya konulacak hesaplama çıktıları için gereken düzenlemelerin yapılmaması gibi sorunlar, Excel ile bu sorunun aşılmasına yol açmıştır. Bina türü yapılara ait geoteknik rapor aşağıdaki bölümleri içermelidir (TMMOB, 2008);

- 1) Giriş
- 2) Projeye ve inşaat sahasının özellikleri
- 3) Yapısal özellikler
- 4) Proje sahasında zemin yapısı ve yeraltı suyu özellikleri
- 5) Sismik özellikler
- 6) Yapıda planlanan temeller için yapılan değerlendirmeler (taşıma gücü, oturmalar, yapı temellerine ait diğer konular)
- 7) Sonuçlar ve öneriler
- 8) Kaynakça

Fakat geoteknik raporların hazırlanmaması veya yetersiz-eksik olması, yapılarda taşıma gücüne ilişkin riskler, oturma sorunlarının projeden önce belirlenmesini engeller bu risklerin sonucu olarak inşa edilen yapılar kullanılmaz duruma gelebilir ya da sorunu aşmak için astronomik bütçeli çözümler tek yol olarak kalmaktadır. Geoteknik raporun ortaya kolayca konulabilmesi, bu amaçla gerekli hesaplamaların süratle yapımının sağlanması, hata riskinin minimize edilmesi, güvenilir ve uygun maliyetli tasarım için gerekli verilerin eldesi için Excel programı kullanımı ile geoteknik raporda gereken hesaplamaların yapılabilirdiği bir düzenleme yapılmıştır.

Geoteknik raporun içermesi gerekli olan tüm hesaplamalar ve farklı hesap metotları, Excel hesaplama tasarımında göz önünde bulundurulmuştur. Bu yazılımda, gereken hesaplamaların ve elde edilen sonuçların, geoteknik rapora girilmesini basitleştirmek için, hesaplamalarda kullanılmış olan denklemler, tablolar ve şekiller her sayfada net şekilde gösterilmiştir. Uygulamadan kaynaklanan eksiklikler dikkate alınarak, söz konusu geoteknik hesaplamaların gereken sırayla yapılabildiği Excel programı kolayca yazılabilir. Excel programı, geoteknik hesapları yapacak olan mühendisi yönlendirir, hesaplamaların kontrol edilmesini ve elde edilen sonuçların kıyaslanmasını sağlar, böylece Excel'in avantajını kullanarak geoteknik raporun ortaya konulmasını sağlar (TMMOB, 2008).



## **5. ZEMİN SIVILAŞMASI ANALİZİ YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ**

Teknolojik gelişmeler, bilgisayarların ve internetin evlerimize girmesi ile bilginin ulaşımını kolaylaştırmıştır. Bir yazılım üretmek artık kolaylaşmış olup araştırmaların ifade edilmesinde popüler bir hal almıştır.

### **5.1. Yazılım Geliştirme İhtiyacı**

Zeminlerdeki sıvılaşma riskinin tespiti, hangi yönetmelikten bakılırsa bakılsın, belirli bir kurallar zinciri dahilinde gerçekleşmektedir. Her bir zemin analizinde tekrardan bu kuralların uygulanması hem zaman almakta hem de yanlışların yapılmasına davetiye çıkarmaktadır. Bu sebep ile bütün kuralların yazılı olduğu, verilerin girilerek programın sonuca kadar yönlendireceği bir yazılım geliştirilmiş, bu sayede verilerin girilmesi ile hem görsel olarak hem de kuralların dışına çıkılmadan hesap ve analizler mümkün kılınmıştır.

### **5.2. Yazılımın Geliştirilmesi**

Bu çalışmada geliştirilen yazılım, mühendislik alanında araştırmacıların sıklıkla kullandığı Excel üzerinde çalışan VBA (Virtual Basic for Application) programlama dili ile geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılımda 4 tür analiz yapılma imkânı vardır;

1. TBDY 2018' e Göre Sıvılaşma Risk Analizi
2. TDY 2007' e Göre Sıvılaşma Risk Analizi
3. Kayma Dalga Hızına Göre Sıvılaşma Analizi
4. Karşılaştırmalı Sıvılaşma Analizi Geoteknik Rapor

#### **5.2.1. Genel iş akışı ve özellikler**

Yazılım, Excel uygulamasının tablolarının VBA programlama dili ile kullanılması ile yürütülmektedir. Her bir yeni zemin analiz için Excel uygulamasında yeni bir sayfa açılır ve “Analiz\_(AnalizAdı)” ismini alır. Çalışma ile ilgili bütün veriler bu sayfada, tablolar ile düzenlenir. Her zemin analizi için TBDY 2018'e göre, TDY 2007' e göre,

Kayma Dalga Hızına (TDY 2007 yönetmeliğine uygun bir analiz yöntemi) göre ve bunlar arasında kıyaslama yapılmasına imkân sağlanmıştır.



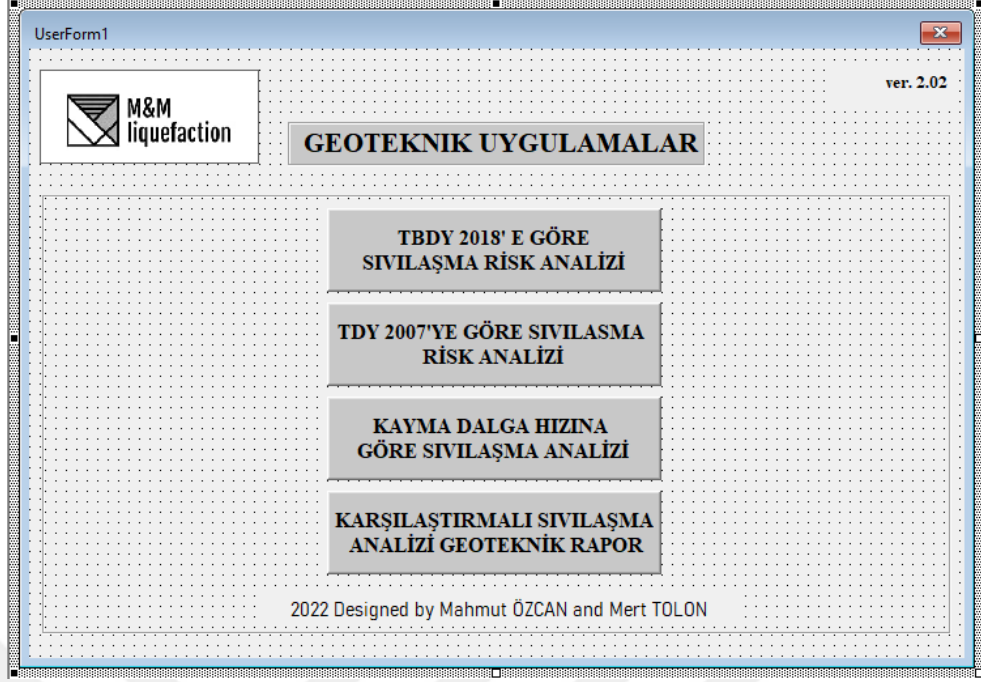
**Şekil 5.1:** Yazılımında Analizin Tablolar ile Düzenlenmesi

Aynı Excel dosyasından kayıtlı başka analizlere ait verilerin içeri aktarılması, başka bir Excel dosyasından (bu program ile üretilmiş) kayıtlı başka analizlere ait verilerin içeri aktarılması, ilgili analiz türlerine göre belirli bir düzen içinde PDF dosyası olarak kayıt yapılabilmesi bu program için geliştirilen özelliklerdir. Bu programın işleyişi, tabloların oluşturulması, formüllerinin yazdırılması, kontrollerin yapılması, grafiklerin oluşturulması, modül isminde küçük kod grupları ve userform isimli Arayüz formları ile yapılmıştır.

Ayrıca, bütün analizlerde kullanılmak üzere ve analizlerin listesinin tutulduğu “data” isimli bir Excel sayfası vardır. Bu sayfada, analizlerin listesi, zemin türleri, DTS türleri, numune alıcı türleri, sondaj çapları, tokmak tipleri için seçeneklerin yer aldığı tablolar vardır.

### **5.2.2. TBDY 2018' e göre sınılaşma risk analizi**

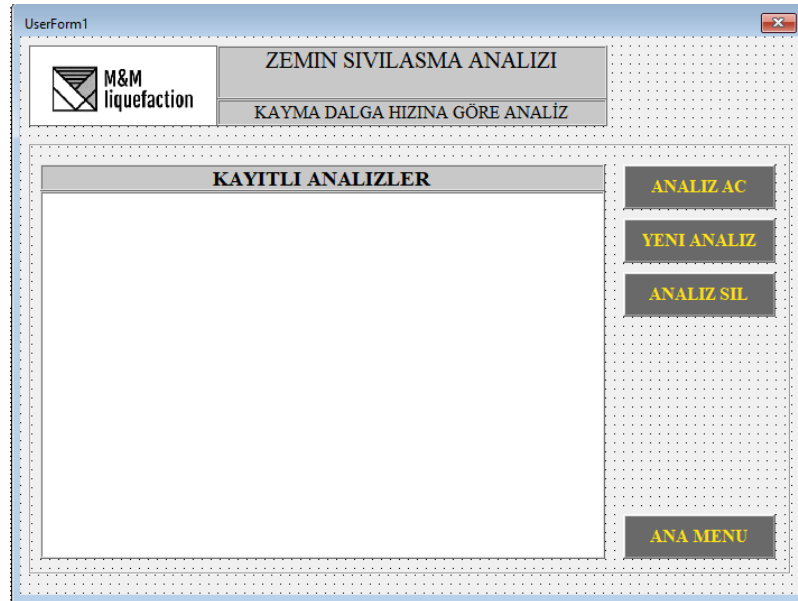
Yazılımın giriş ekranında ilk olarak hangi tür analiz yapılması gerektiği sorulmaktadır. Bu adım yazılımın ilk adımıdır ve U1\_GIRIS isimli userform'un çağırılması ile başlar. Bunun için Excel ilk açıldığında programın başlatılabilmesi için (Ctrl+O) kısa yol tanımlanmıştır. Birinci adım olarak bu kısa yol kullanılarak giriş sayfası açılır.



**Şekil 5.2:** Yazılımın Başlangıç Sayfası

İkinci adım olarak en üstteki TBDY 2018' e Göre Sıvılaşma Risk Analizi butonuna tıklanarak bir sonraki arayüze geçilir. Bu butona basılması ile aşağıdaki kod çalışır;

```
SelAnalizType = "TBDY18"
Unload Me
ThisWorkbook.Activate
U2A_SIV_GIRIS.AnalizType.Caption = "TBDY 2018' E GÖRE ANALİZ "
U2A_SIV_GIRIS.Show
```



**Şekil 5.3:** Kayıtlı Analizler Ara yüzü

Bu ara yüzün başlamasıyla birlikte şu kod grubu çalışmaktadır;

```
Call ListAnaliz

    Me.LB_ANALIZLISTESI.RowSource = Empty
    Me.LB_ANALIZLISTESI.ColumnCount =
Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListColumns.Count
    Me.LB_ANALIZLISTESI.RowSource =
Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").DataBodyRange.Address(ext
ernal:=True)
```

Bu koda göre önce Excel dosyasındaki kayıtlı analizler listelenir ve kullanıcıya gösterilmek üzere kayıtlı analizler arayüzüne aktarılır. Bu işlem aşağıdaki modül ile yapılır.

```
Dim PrSht As Worksheet
Dim CountProject As Integer
With Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects")
On Error Resume Next
    .DataBodyRange.ClearContents
CountProject = 0
If .DataBodyRange.Rows.Count > 1 Then
    .Range.Rows("2:" & .DataBodyRange.Rows.Count).Delete
End If
    For Each PrSht In ThisWorkbook.Worksheets
        If Mid(PrSht.Name, 1, 7) = "Analiz_" Then
            CountProject = CountProject + 1
            If .DataBodyRange.Rows.Count < CountProject Then
                .ListRows.Add
            End If
            .ListColumns(1).DataBodyRange.Rows(CountProject).Value =
CountProject
            .ListColumns(2).DataBodyRange.Rows(CountProject).Value =
Mid(PrSht.Name, 8, 15)
            .Resize .Range
        End If
    Next PrSht
End With
```

Bu kısımda üç opsiyon vardır;

1. Analiz Aç
2. Yeni Analiz
3. Analiz Sil

Yeni analiz butonu ile kullanıcıya tek kelime ile ifade edilebilir, analizi tanımlayacak bir isim sorulur. Bu isim eğer zaten var ise kullanıcıya bilgi verilir ve işlem yeniden başlatılır. Eğer verilen isim geçerli ise "Analiz\_(AnalizAdı)" isminde bir excel sayfası oluşturulur. Bu faaliyetler aşağıdaki kod grubu ile yapılır;

```

Dim NewProjectName As String
Dim answer As Integer
Dim i As Integer
Dim c As Integer

NewProjectName = InputBox("Yeni analiz için tek kelimelik bir kelime giriniz")

    If StrPtr(NewProjectName) = 0 Then
        MsgBox "Canceled"
    ElseIf NewProjectName = vbNullString Then
        MsgBox "Project Name can not be empty, you may cancel"
    Else
        i = 0
        For i = 1 To
ThisWorkbook.Worksheets("Data").ListObjects("Table_Projects").ListColumns(
2).DataBodyRange.Count

                If
ThisWorkbook.Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListColumns(
2).Range(i + 1) = NewProjectName Then
                    c = c + 1
                End If
            Next i

            If c > 0 Then
                MsgBox "Analiz " & NewProjectName & " zaten
var"

            Else
                Me.LB_ANALIZLISTESI.RowSource = Empty
                ThisWorkbook.Sheets.Add.Name = "Analiz_" &
NewProjectName

                Call ListAnaliz
                Me.LB_ANALIZLISTESI.ColumnCount =
Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListColumns.Count
                Me.LB_ANALIZLISTESI.RowSource =
Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").DataBodyRange.Address(ext
ernal:=True)

                End If
            End If
        End If

```

Analiz sil butonu ile kullanıcıya ilgili analiz için bütün verilerin silineceği bilgisi verilir ve emin olup olmadığı sorulur, gelen cevaba göre ilgili analiz excel sayfası silinir. Bunun için aşağıdaki kod grubu kullanılır;

```

selectedproject_INDX = Me.LB_ANALIZLISTESI.ListIndex
selectedproject = Me.LB_ANALIZLISTESI.List(selectedproject_INDX, 1)

Dim answer As Integer

answer = MsgBox(selectedproject & " analizine ait bütün veriler
silinecektir, onaylıyor musunuz", vbQuestion + vbYesNo + vbDefaultButton2,
"Dikkat")

If answer = vbYes Then
On Error Resume Next
ThisWorkbook.Sheets("Analiz_" & selectedproject).Delete

```

```

End If
        Call ListAnaliz
        Me.LB_ANALIZLISTESI.ColumnCount =
Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListColumns.Count
        Me.LB_ANALIZLISTESI.RowSource =
Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").DataBodyRange.Address(external:=True)

```

Analiz aç butonu ile sırasıyla şu işlemler yapılır,

- Sayfada daha önceden oluşturulan grafik varsa kontrol edilir ve silinir
- Zemin özellikleri tablosu olup olmadığı kontrol edilir, yoksa oluşturulur
- Sondaj verileri tablosu olup olmadığı kontrol edilir, yoksa oluşturulur
- Kayma Dalga Hızına göre analiz için (ileride kullanılmak üzere) tablo oluşturulur
- Kıyaslama tablosu (ileride kullanılmak üzere) oluşturulur.
- Analize ait rapor sayfası var ise kontrol edilir ve silinir
- Bir sonraki Ara yüz olan verilerin girildiği sondaj ara yüzü yüklenir.

Bunlar için aşağıdaki kod grubu kullanılır;

```

StartSub:
    selectedproject_INDX = Me.LB_ANALIZLISTESI.ListIndex

    If Me.LB_ANALIZLISTESI.ListIndex = -1 Or Me.LB_ANALIZLISTESI.Value =
Empty Then
        MsgBox "Secim yapmadiniz"
        GoTo EndSUB
    End If
    selectedproject = Me.LB_ANALIZLISTESI.List(selectedproject_INDX, 1)
        With ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject)

            'delete any existing charts
            For Each Sh In .Shapes
                Sh.Delete
            Next Sh
            End With
            If Not tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject), "T_" & selectedproject & "_info") Then
                Call AddSpecTable
            End If
            If Not tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject), "T_" & selectedproject & "_SondajVerileri") Then
                Call SonjajVerileriTabloEkle
            End If
            Call KaymaSivilasmaTabloEkle
            Call DefineSONDAJ
            If tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject), "T_" & selectedproject & "_KSivi") Then
                If tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject), "T_" & selectedproject & "_SRisk") Then
                    Call AddKiyasTable

```

```

End If
End If
Me.LB_ANALIZLISTESI.RowSource = Empty

If SelAnalizType = "SKAYMA" Then
Application.DisplayAlerts = False
If SheetExists("Rapor_" & selectedproject & "_Ksivi",
ThisWorkbook) = True Then Sheets("Rapor_" & selectedproject &
"_Ksivi").Delete
Application.DisplayAlerts = True

On Error Resume Next
Unload Me
U3A1.Show
ElseIf SelAnalizType = "KIYAS" Then
If Not tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject), "T_" & selectedproject & "_Kiyas") Then
MsgBox "Lütfen bütün analizleri tamamlayınız sonra kıyaslama
yapınız"
GoTo EndSUB
Else
Application.DisplayAlerts = False
If SheetExists("Rapor_" & selectedproject & "_KIYAS",
ThisWorkbook) = True Then Sheets("Rapor_" & selectedproject &
"_KIYAS").Delete
Application.DisplayAlerts = True

On Error Resume Next
Unload Me
U4A1_KIYAS.Show
End If
Else

Application.DisplayAlerts = False
If SheetExists("Rapor_" & selectedproject & "_TDY07", ThisWorkbook) = True
Then Sheets("Rapor_" & selectedproject & "_TDY07").Delete
If SheetExists("Rapor_" & selectedproject & "_TBDY18", ThisWorkbook) =
True Then Sheets("Rapor_" & selectedproject & "_TBDY18").Delete
Application.DisplayAlerts = True

On Error Resume Next
Unload Me
U2A1_INFO.Show
End If

EndSUB:

```

Sırasıyla ilk olarak zemin özellikleri tablosu aşağıdaki kod ile oluşturulur;

```

ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects.Add(xlSrcRange, Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).Range("$B$2:$K$5"), , xlNo).Name = _
"T_" & selectedproject & "_info"

With ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects("T_" & selectedproject & "_info")
.HeaderRowRange(1) = "Ozellik"
.HeaderRowRange(2) = "Deger"
.ListColumns(1).Range(2) = "Acıklama"

```

```

.ListColumns(1).Range(3) = "Mw"
.ListColumns(1).Range(4) = "Sds"
.ListColumns(1).Range(5) = "YSS"
.ListColumns(3).Range(1) = "KOORD X"
.ListColumns(3).Range(2) = "KOORD Y"
.ListColumns(3).Range(3) = "DTS"
.ListColumns(3).Range(4) = "NUM ALICI"
.ListColumns(5).Range(1) = "S CAP"

.ShowTableStyleRowStripes = False
.ShowAutoFilterDropDown = False
End With

```

Daha sonra sondaj verilerinin girildiği tablo aşağıdaki kod ile oluşturulur;

```

ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects.Add(xlSrcRange, Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).Range("$B$10:$V$12"), , xlNo).Name = _
"T_" & selectedproject & "_SondajVerileri"
Set T_SONDAJ = ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri")

With ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri")
.HeaderRowRange(1) = "Numune"
.HeaderRowRange(2) = "Derinlik.m"
.HeaderRowRange(3) = "Zemin Tipi"
.HeaderRowRange(4) = "YSS.m"
.HeaderRowRange(5) = "BHA.kN/m3"
.HeaderRowRange(6) = "SPT.0-15cm"
.HeaderRowRange(7) = "SPT.15-30cm"
.HeaderRowRange(8) = "SPT.30-45cm"
.HeaderRowRange(9) = "CB"
.HeaderRowRange(10) = "CE"
.HeaderRowRange(11) = "CR"
.HeaderRowRange(12) = "N30"
.HeaderRowRange(13) = "N60"

.HeaderRowRange(14) = "Zem.Sinifi"

.HeaderRowRange(15) = "TG.kPa"
.HeaderRowRange(16) = "EDG.kPa"
.HeaderRowRange(17) = "CN"
.HeaderRowRange(18) = "N1.60"
.HeaderRowRange(19) = "IDI"
.HeaderRowRange(20) = "FC"
.HeaderRowRange(21) = "Vs.Arazi.m/s"
.ShowTableStyleRowStripes = False
.ShowAutoFilterDropDown = False
.ListColumns(1).Range.NumberFormat = "0"

End With

Call SondajTableFormula

EndSUB:

```

Sonraki adımda oluşturulan tablo için aşağıdaki kod ile tabloya ait kalıcı formüller tanımlanır;

```

Range("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" &
"[Numune]").FormulaR1C1 = "=IFERROR(R[-1]C+1,1)"

Range("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" & "[YSS.m]").Formula
= "=IF([@[Derinlik.m]]-<math>\$C\$6</math><0,0,[@[Derinlik.m]]-<math>\$C\$6</math>)"
Range("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" & "[N30]").Formula =
"=[@[SPT.15-30cm]]+[@[SPT.30-45cm]]"
Range("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" & "[N60]").Formula =
"=PRODUCT(T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" & "[@[CB]:[N30]])"

Range("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" &
"[Zem.Sinifi]").Formula = _
"=IF(" & "T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" &
"[@N60]>50,""ZC""," & Chr(10) & "IF(AND(" & "T_" & selectedproject &
"_SondajVerileri" & "[@N60]>=15," & "T_" & selectedproject &
"_SondajVerileri" & "[@N60]<=50),""ZD"",""ZE""))"

'" & "T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" & "

Range("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" &
"[TG.kPa]").FormulaR1C1 = "=IF(ISNUMBER(R[-1]C)=TRUE,R[-1]C,""0"")+ (T_" &
selectedproject & "_SondajVerileri" & "[@[Derinlik.m]]-IF(ISNUMBER(R[-
1]C[-12])=TRUE,R[-1]C[-12],""0""))*T_" & selectedproject &
"_SondajVerileri" & "[@[BHA.kN/m3]])"
Range("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" &
"[EDG.kPa]").Formula = "=[@[TG.kPa]]-([@[YSS.m]]*10)"
Range("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" & "[CN]").Formula =
"=IF(SQRT(100/[@[EDG.kPa]])>=1.7,1.7,SQRT(100/[@[EDG.kPa]]))"
Range("T_" & selectedproject & "_SondajVerileri" & "[N1.60]").Formula
= "=[@N60]*[@CN]"

```

Sonraki adım için kayma hızına göre analiz için kullanılacak tablo aşağıdaki kod ile oluşturulur;

```

If tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject), "T_" & selectedproject & "_KSivi") Then
    ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects("T_" & selectedproject & "_KSivi").Delete
End If

ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects.Add(xlSrcRange, Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).Range("$X$10:$AN$12"), , xlNo).Name = _
"T_" & selectedproject & "_KSivi"

Set T_Ksivi = ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects("T_" & selectedproject & "_KSivi")

With ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects("T_" & selectedproject & "_KSivi")
    .HeaderRowRange(1) = "Numune"
    .HeaderRowRange(2) = "Derinlik.m"
    .HeaderRowRange(3) = "BHA.gr/cm3"
    .HeaderRowRange(4) = "FC"

    .HeaderRowRange(5) = "SITK.m"
    .HeaderRowRange(6) = "TG.kPa"
    .HeaderRowRange(7) = "EDG.kPa"

```

```

.HeaderRowRange(8) = "rd"
.HeaderRowRange(9) = "td"

.HeaderRowRange(10) = "Vs.Arazi.m/s"
.HeaderRowRange(11) = "CV"
.HeaderRowRange(12) = "Vs1.m/s"
.HeaderRowRange(13) = "Vsmax"
.HeaderRowRange(14) = "CRR.z"
.HeaderRowRange(15) = "CSR"
.HeaderRowRange(16) = "Gk"
.HeaderRowRange(17) = "SIVILASMA"

.ShowTableStyleRowStripes = False
.ShowAutoFilterDropDown = False
.ListColumns(1).Range.NumberFormat = "0"

For i = 1 To .ListColumns.Count
.ListColumns(i).Range.NumberFormat = "0.00"
Next i

```

End With

Call KaymaSivilasmaTableFormula  
EndSUB:

Oluşturulan tabloya ait kalıcı formüller aşağıdaki modül ile yazılır;

```

T_SONDAJ.ListColumns(1).DataBodyRange.Copy
T_Ksivi.ListColumns(1).DataBodyRange.PasteSpecial xlPasteValues
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[Numune]").FormulaR1C1 = "=IFERROR(R[-1]C+1,1)"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[Derinlik.m]").FormulaR1C1 = _
"=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_KSivi[@Numune],T_" & selectedproject &
"_SondajVerileri,2)"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[BHA.gr/cm3]").FormulaR1C1 = _
"=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_KSivi[@Numune],T_" & selectedproject &
"_SondajVerileri,5)/10"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[FC]").FormulaR1C1 = _
"=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_KSivi[@Numune],T_" & selectedproject &
"_SondajVerileri,20)"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[Vs.Arazi.m/s]").FormulaR1C1 = _
"=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_KSivi[@Numune],T_" & selectedproject &
"_SondajVerileri,21)"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[SITK.m]").FormulaR1C1 = _
"=T_" & selectedproject & "_KSivi[@[Derinlik.m]]-R6C3"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[TG.kPa]").FormulaR1C1 = _
"=IF(ISNUMBER(R[-1]C)=TRUE,R[-1]C,""0"")+("& "T_" & selectedproject & "_KSivi" &
"[@[Derinlik.m]]-IF(ISNUMBER(R[-1]C[-4])=TRUE,R[-1]C[-4],""0""))*" & "T_" & selectedproject
& "_KSivi" & "[@BHA.gr/cm3]]*10"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[EDG.kPa]").FormulaR1C1 = _
"=" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@[TG.kPa]]-10*" & "T_" & selectedproject
& "_KSivi" & "[@[SITK.m]]"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[rd]").FormulaR1C1 = _
"=IF("& "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@[Derinlik.m]]<=9.15,1-0.00765*" &
"T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@[Derinlik.m]]," & Chr(10) & "IF(AND("& "T_" &
selectedproject & "_KSivi" & "[@[Derinlik.m]]<=23," & "T_" & selectedproject & "_KSivi" &
"[@[Derinlik.m]]>9.15),1.174-0.0267*" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" &
"[@[Derinlik.m]]," & Chr(10) & "IF(AND("& "T_" & selectedproject & "_KSivi" &
"[@[Derinlik.m]]<=30," & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@[Derinlik.m]]>23),0.744-
0.008*" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@[Derinlik.m]],0.5)))"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[td]").FormulaR1C1 = _
"=0.65*" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@[TG.kPa]]*(0.4*R5C3)*" & "T_" &
selectedproject & "_KSivi" & "[@rd]"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[CV]").FormulaR1C1 = "=(100/" & "T_" &
selectedproject & "_KSivi" & "[@[EDG.kPa]]^0.25"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[Vs1.m/s]").FormulaR1C1 = _
"=" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@[Vs.Arazi.m/s]]*" & "T_" &

```

```

selectedproject & "_KSivi" & "[@CV]"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[Vsmax]").FormulaR1C1 = _
    "=IF(" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@FC]<=5,250," & Chr(10) & "IF(AND(" &
    "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@FC]<35," & "T_" & selectedproject & "_KSivi" &
    "[@FC]>5),250-(" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@FC]-5),220))"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[CRR.z]").FormulaR1C1 = _
    "=IF(" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@Vsmax]=220,0.03,0.025)*(" & "T_" &
    selectedproject & "_KSivi" & "[@[Vs1.m/s]]/100)^2+IF(" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" &
    "[@Vsmax]=220,0.9,4)*(1/(" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@Vsmax]-" & "T_" &
    selectedproject & "_KSivi" & "[@[Vs1.m/s]]-1/" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" &
    "[@Vsmax]))*(R4C3/7.5)^(IF(R4C3>7.5,-2.56,-3.3))"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[CSR]").FormulaR1C1 = "=" & "T_" & selectedproject
    & "_KSivi" & "[@td]/" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@[EDG.kPa]]"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[Gk]").FormulaR1C1 = "=" & "T_" & selectedproject
    & "_KSivi" & "[@[CRR.z]]/" & "T_" & selectedproject & "_KSivi" & "[@CSR]"
Range("T_" & selectedproject & "_KSivi[SIVILASMA]").FormulaR1C1 = _
    "=IF(T_" & selectedproject & "_KSivi[@Derinlik.m]<20,IF(" & "T_" & selectedproject
    & "_KSivi" & "[@Gk]<1,""SIVILASMA VAR",""SIVILASMA YOK"),"SIVILASMA YOK")"

```

Kıyaslamalara ait tablonun oluşturması için aşağıdaki modül kullanılmaktadır.

```

If tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject), "T_" &
selectedproject & "_Kiyas") Then
    ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_" &
selectedproject & "_Kiyas").Delete
End If

ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects.Add(xlSrcRange, _
T_Ksivi.ListRows(T_Ksivi.ListRows.Count).Range.Offset(4, 0), , xlNo).Name = _
"T_" & selectedproject & "_Kiyas"

Set T_Kiyas = ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_" &
selectedproject & "_Kiyas")

With T_Kiyas
    .HeaderRowRange(1) = "Numune"
    .HeaderRowRange(2) = "Derinlik.m"
    .HeaderRowRange(3) = "TDY2007"
    .HeaderRowRange(4) = "TBDY2018"
    .HeaderRowRange(5) = "Kayma.Dalga.Hizina.Gore"

    .ShowTableStyleRowStripes = False
    .ShowAutoFilterDropDown = False
    .ListColumns(1).Range.NumberFormat = "0"

    For i = 1 To .ListColumns.Count
        .ListColumns(i).Range.NumberFormat = "0.00"
    Next i

End With

T_Kiyas.ListColumns(1).Range(2).Value = "dummy"
T_Kiyas.ListColumns(1).Range(3).Value = "dummy"

Call DefineSONDAJ

T_SONDAJ.ListColumns(1).DataBodyRange.Copy
T_Kiyas.ListColumns(1).DataBodyRange.PasteSpecial xlPasteValues

Range("T_" & selectedproject & "_Kiyas" & "[Numune]").FormulaR1C1 = "=IFERROR(R[
-1]C+1,1)"

Range("T_" & selectedproject & "_Kiyas[Derinlik.m]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_Kiyas[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SondajVerileri,2)"

Range("T_" & selectedproject & "_Kiyas[TDY2007]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_Kiyas[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SRisk_07,8)"

Range("T_" & selectedproject & "_Kiyas[TBDY2018]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_Kiyas[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SRisk,8)"

```

```
Range("T_" & selectedproject & "_Kiyas[Kayma.Dalga.Hizina.Gore]").FormulaR1C1 = _
"=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_Kiyas[@Numune],T_" & selectedproject &
"_KSivi,16)"
```

Sondaj verilerinin girildiği arayüz aşağıdaki şekilde gösterilmiştir;

Şekil 5.4: Sondaj verileri arayüzü

Bu arayüz başlayınca aşağıdaki faaliyetler sırası ile gerçekleşir arayüz üzerindeki veriler, ilgili tablolardan alınarak arayüzde gösterilir. Bunun için şu kod grubu kullanılır;

```
With ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects("T_" & selectedproject & "_info")
TB_INFO.Value = Format(.ListColumns(2).Range(2).Value, "0.00")
TB_MW.Value = Format(.ListColumns(2).Range(3).Value, "0.00")
TB_SDS.Value = Format(.ListColumns(2).Range(4).Value, "0.00")
TB_YSS.Value = Format(.ListColumns(2).Range(5).Value, "0.00")

TB_KX.Value = .ListColumns(4).Range(2).Value
TB_KY.Value = .ListColumns(4).Range(3).Value
CB_DTS.Value = .ListColumns(4).Range(4).Value
CB_NA.Value = .ListColumns(4).Range(5).Value
CB_SC.Value = .ListColumns(6).Range(2).Value
TB_TP.Value = .ListColumns(6).Range(3).Value
TB_EO.Value = .ListColumns(6).Range(4).Value

End With
```

```

Me.CB_DTS.RowSource =
ThisWorkbook.Worksheets("data").ListObjects("DTS").ListColumns(1).DataBody
Range.Address(external:=True)
Me.CB_NA.RowSource =
ThisWorkbook.Worksheets("data").ListObjects("NumuneAlici").ListColumns(1).
DataBodyRange.Address(external:=True)
Me.CB_SC.RowSource =
ThisWorkbook.Worksheets("data").ListObjects("SondajCap").ListColumns(1).Da
taBodyRange.Address(external:=True)

On Error Resume Next
ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).Columns("A:Z").NumberFormat = "#,##0.00"

Call StatusUpdate

    Me.LB_SONDAJ.RowSource = Empty
    Me.LB_SONDAJ.ColumnCount = "17"
    If SelAnalizType = "TBDY07" Then
    Me.LB_SONDAJ.ColumnWidths =
"60;60;60;60;60;60;60;60;60;60;60;1;60"
    Else
    Me.LB_SONDAJ.ColumnWidths = "60;60;60;60;60;60;60;60"
    End If
    Me.LB_SONDAJ.RowSource =
T_SONDAJ.DataBodyRange.Address(external:=True)

```

Yukarıda kullanılan kod grubu içinde ayrıca mevcut analizde hangi aşamada olduğunu tespit edip ilgili durum göstergesine güncelleme yapan ek bir kod çalışmaktadır. Bu kod şu şekilde tanımlanır;

```

Dim Cols As Integer
Dim SVeriGirilen As Integer
SVeriGirilen = 0
T_SONDAJ.ShowTotals = True
T_SPTn.ShowTotals = True
T_SDirenc.ShowTotals = True
For Cols = 1 To T_SONDAJ.ListColumns.Count - 3
    T_SONDAJ.ListColumns(Cols).TotalsCalculation =
xlTotalsCalculationCount
    SVeriGirilen = SVeriGirilen + T_SONDAJ.TotalsRowRange(Cols).Value
Next Cols
If (T_SONDAJ.ListColumns.Count - 3) * T_SONDAJ.ListRows.Count =
SVeriGirilen Then
    U2A1_INFO.Durum_Sondaj.Caption = "Tamamlandı"
    ElseIf SVeriGirilen < T_SONDAJ.ListColumns.Count *
T_SONDAJ.ListRows.Count And SVeriGirilen > 0 Then
    U2A1_INFO.Durum_Sondaj.Caption = "Eksik Veri"
    ElseIf SVeriGirilen = 0 Then
    U2A1_INFO.Durum_Sondaj.Caption = "Bekliyor"
    End If
    If U2A1_INFO.TB_MW.Value = "" Or U2A1_INFO.TB_SDS.Value = "" Or
U2A1_INFO.TB_YSS.Value = "" Then
    U2A1_INFO.Durum_ZVer.Caption = "Eksik Veri"
    Else

```

```

U2A1_INFO.Durum_ZVer.Caption = "Tamamlandı"
End If
If U2A1_INFO.Durum_Sondaj.Caption = "Tamamlandı" And
U2A1_INFO.Durum_ZVer.Caption = "Tamamlandı" Then
U2A1_INFO.Durum_SPT = "Tamamlandı"
Else
U2A1_INFO.Durum_SPT = "Eksik Veri"
End If
SVeriGirilen = 0
T_SONDAJ.ListColumns(18).TotalsCalculation = xlTotalsCalculationCount
SVeriGirilen = SVeriGirilen + T_SONDAJ.TotalsRowRange(18).Value
If T_SONDAJ.ListRows.Count = SVeriGirilen And
U2A1_INFO.Durum_Sondaj.Caption = "Tamamlandı" And
U2A1_INFO.Durum_ZVer.Caption = "Tamamlandı" And
tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject), "T_"
& selectedproject & "_SPTn") Then
U2A1_INFO.Durum_SPTn.Caption = "Tamamlandı"
ElseIf SVeriGirilen < T_SONDAJ.ListRows.Count And SVeriGirilen > 0
Then
U2A1_INFO.Durum_SPTn.Caption = "Eksik Veri"
Else
U2A1_INFO.Durum_SPTn.Caption = "Bekliyor"
End If
If tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject),
"T_" & selectedproject & "_SDirenc") Then
U2A1_INFO.Durum_SDir.Caption = "Tamamlandı"
End If
If tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject),
"T_" & selectedproject & "_SRisk") Then
U2A1_INFO.Durum_SRisk.Caption = "Tamamlandı"
End If

```

Arayüz açıldıktan sonra kullanıcı sırası ile aşağıdaki işlemleri yapmak zorundadır;

1. Sondaj verilerinin eksiksiz olarak girilmesi
2. Zemin parametrelerinin eksiksiz olarak girilmesi
3. SPT-n düzeltilmesinin yapılması
4. Sıvılaşma Direncinin hesaplanması
5. Sıvılaşma Riskinin tespit edilmesi
6. En son rapor alınması

Sondaj verilerinin girilmesi için 4 seçenek vardır;

1. Veri ekle
2. İçeri aktar
3. Düzenle
4. Sil

Verilerin eklenmesi, ara yüz üzerindeki listeye sondaj numunesi eklemek için kullanılır. Eğer listeden bir numune seçilir ve veri ekle denilir ise, seçilenin bir

üstündeki sıraya veri ekler. Herhangi bir seçim yapılmadan veri ekle denilir ise, listenin sonuna veri eklenir. Bunun için aşağıdaki kod kullanılır;

```
selectedveri_INDX = Me.LB_SONDAJ.ListIndex

If Me.LB_SONDAJ.ListIndex = -1 Or Me.LB_SONDAJ.Value = Empty Then GoTo
NextSub

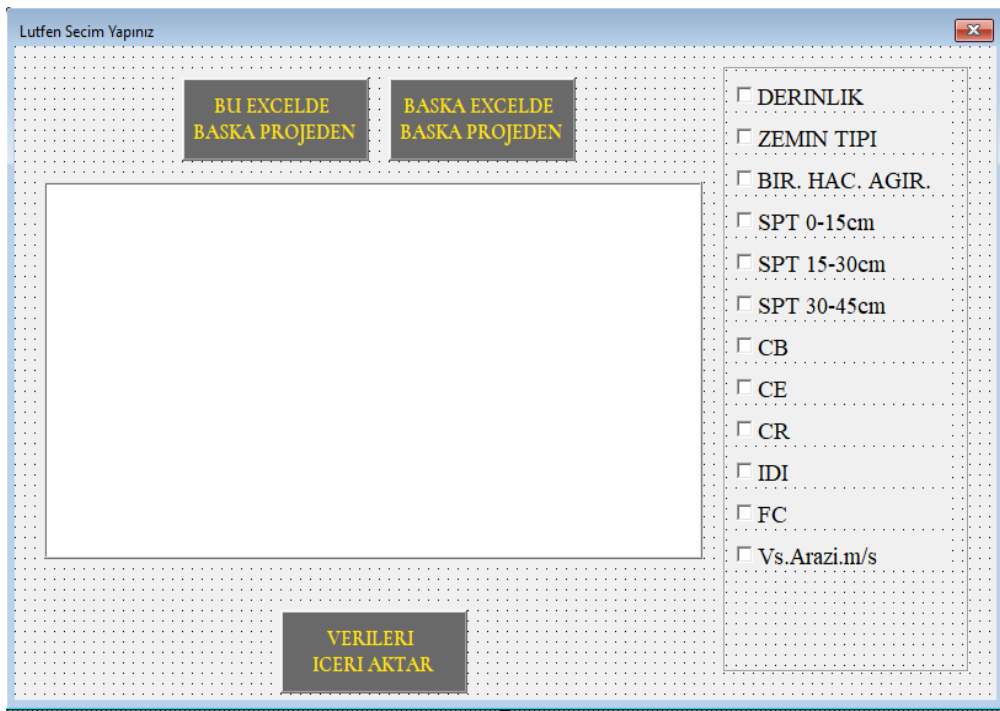
ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_"
& selectedproject & "_SondajVerileri").ListRows.Add (selectedveri_INDX +
1)
Me.LB_SONDAJ.RowSource = Empty
GoTo EndSUB

NextSub:
Me.LB_SONDAJ.RowSource = Empty

ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_" &
selectedproject & "_SondajVerileri").ListRows.Add
EndSUB:
Call SondajTableFormula
Call StatusUpdate
Me.LB_SONDAJ.ColumnCount = "17"
Me.LB_SONDAJ.ColumnWidths = "60;60;60;60;60;60;60;60;60"
Me.LB_SONDAJ.RowSource = ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects("T_" & selectedproject &
"_SondajVerileri").DataBodyRange.Address(external:=True)
```

İçeri aktarma özelliği ile aynı veya başka bir excel dosyasında kayıtlı analizlerden istenilen seçilerek, istenilen veri içeri aktarılabilir.

Bunun için "import" isimli bir arayüz kullanılmıştır.



Şekil 5.5: İçeri aktarmada kullanılan ek ara yüz

Bu excelde başka projeden seçeneği ile mevcut projeler listelenir ve şu kod kullanılır;

```
Set ImportFile = ThisWorkbook

Dim varArrayList As Variant
varArrayList = Empty
Dim i As Integer
varArrayList =
Array(ThisWorkbook.Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListRows(1).Range(2))
ReDim Preserve varArrayList(UBound(varArrayList) +
ThisWorkbook.Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListRows.Count - 1)

For i = 2 To
ThisWorkbook.Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListRows.Count
varArrayList(i - 1) =
ThisWorkbook.Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListRows(i).Range(2)
Next i

'Proje Seç ve kapa
Formselectionbox.ListBox.RowSource = Empty
Unload Formselectionbox
strSelected = Empty
strSelected = SelectionBoxSingle(List:=varArrayList, Prompt:="Select value")
Formselectionbox.ListBox.RowSource = Empty
Unload Formselectionbox

'Secim Yapıldıysa
If strSelected <> Empty Then

Set ImpTable = ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
strSelected).ListObjects("T_" & strSelected & "_SondajVerileri")

U2A1_IMPORT.ListBox.RowSource = Empty
U2A1_IMPORT.ListBox.ColumnCount = ImpTable.ListColumns.Count
U2A1_IMPORT.ListBox.RowSource =
ImpTable.DataBodyRange.Address(external:=True)

End If
```

Başka bir excel dosyasından analiz açmak için aşağıdaki kod kullanılmıştır;

```
Set ImportFile = Nothing
Dim fd As Office.FileDialog
Dim strFile As String
Dim SearchCell As Range
Dim selProject As String
strFile = Empty
backselect:
Application.EnableEvents = True
Application.ScreenUpdating = True
Set fd = Application.FileDialog(msoFileDialogFilePicker)
With fd
    .Filters.Clear
    .Filters.Add "Excel Files", "*.xlsm?", 1
    .TITLE = "Choose an Excel file"
    .AllowMultiSelect = False
    If .Show = True Then
        strFile = .SelectedItems(1)
    End If
End With

If strFile = "" Then GoTo subend

Set fd = Nothing
If strFile <> Empty Then
    Application.EnableEvents = False
    Application.ScreenUpdating = False
    On Error GoTo backselect
    On Error GoTo subend
    Set ImportFile = Application.Workbooks.Open(strFile, False, True)
    Application.EnableEvents = True
    Application.ScreenUpdating = True
    ImportFile.Application.Visible = False

    Dim varArrayList As Variant
    varArrayList = Empty
    Dim i As Integer
    varArrayList =
Array(ImportFile.Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListRows(1).Range(2))
    ReDim Preserve varArrayList(UBound(varArrayList) +
ImportFile.Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListRows.Count - 1)

    For i = 2 To ImportFile.Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListRows.Count
        varArrayList(i - 1) =
ImportFile.Worksheets("data").ListObjects("Table_Projects").ListRows(i).Range(2)
    Next i
End If

Formselectionbox.ListBox.RowSource = Empty
Unload Formselectionbox
strSelected = Empty
strSelected = SelectionBoxSingle(List:=varArrayList, Prompt:="Select value")
Formselectionbox.ListBox.RowSource = Empty
Unload Formselectionbox

'Secim Yapıldıysa
If strSelected <> Empty Then

    Set ImpTable = ImportFile.Worksheets("Analiz_" & strSelected).ListObjects("T_" &
strSelected & "_SondajVerileri")

    U2A1_IMPORT.ListBox.RowSource = Empty
    U2A1_IMPORT.ListBox.ColumnCount = ImpTable.ListColumns.Count
    U2A1_IMPORT.ListBox.RowSource = ImpTable.DataBodyRange.Address(external:=True)
End If

ImportFile.Application.Visible = False
subend:
```

BU EXCELDE  
BASKA PROJEDEN

BASKA EXCELDE  
BASKA PROJEDEN

Numune	Derinlik.m	Zemin Tipi	YSS.m	BHA.kN/m3	SPT
1.00	1.80	Dolgu	0.80	17.00	2.00
2.00	3.30	Kil	2.30	18.00	2.00
3.00	4.80	Kil	3.80	18.00	2.00
4.00	6.30	Kil	5.30	18.00	2.00
5.00	7.80	Kil			3.00
6.00	9.30	Kil			2.00
7.00	10.80	Kil			2.00
8.00	12.30	Kum			2.00
9.00	13.80	Kum			2.00
10.00	15.30	Kum			2.00
11.00	16.80	Kum			2.00
12.00	18.30	Kum	17.30	18.00	7.00
13.00	19.80	Kum	18.80	18.00	8.00
14.00	21.30	Kil	20.30	18.00	2.00

VERILERI  
ICERI AKTAR

DERINLIK  
 ZEMIN TIPI  
 BIR. HAC. AGIR.  
 SPT 0-15cm  
 SPT 15-30cm  
 SPT 30-45cm  
 CB  
 CE  
 CR  
 IDI  
 FC  
 Vs.Arazi.m/s

**Şekil 5.6:** İçeri aktarım için verilerin seçilmesi ve aktarım

İçeri aktarılabacak analiz seçildikten sonra sağ tarafta yer alan veri türlerinden hangileri içeri aktarılabacak ise seçilir ve verileri içeri aktar tıklanır. Netice itibariyle aşağıdaki kod çalışır.

```

Dim contr As Control
For Each contr In U2A1_IMPORT.Controls
    If Left(contr.Name, 2) = "C_" Then
        If contr.Value = True Then

            T_SONDAJ.ListColumns(CDbl(Right(contr.Name, Len(contr.Name) - 2))).Range(2).Value =
"1"
            T_SONDAJ.ListColumns(CDbl(Right(contr.Name, Len(contr.Name) -
2))).DataBodyRange.Value = _
ImpTable.ListColumns(CDbl(Right(contr.Name, Len(contr.Name) -
2))).DataBodyRange.Value
            End If
        End If
    Next
    Call StatusUpdate
    MsgBox "Secilen veriler mevcut analize aktarildi"

    U2A1_INFO.LB_SONDAJ.RowSource = Empty
    U2A1_INFO.LB_SONDAJ.ColumnCount = "17"

    U2A1_INFO.LB_SONDAJ.ColumnWidths = "60;60;60;60;60;60;60;60;60"
    U2A1_INFO.LB_SONDAJ.RowSource = T_SONDAJ.DataBodyRange.Address(external:=True)

    U3A1.LB_KSIVI.RowSource = Empty
    U3A1.LB_KSIVI_R.RowSource = Empty

    U3A1.LB_KSIVI.ColumnCount = "16"
    U3A1.LB_KSIVI_R.ColumnCount = "1"
    If Not ImportFile Is ThisWorkbook Then ImportFile.Close: Set ImportFile = ThisWorkbook

```

Düzenle seçeneği ile seçilen sondaj için verilerin düzenlenebileceği arayüz açılır.

**Şekil 5.7:** Sondaj verilerinin düzenlenmesi için kullanılan arayüz

Bu kısımda seçilen numune no ilgili yere çağrılır, sayısal değerler için sadece sayısal verinin girilebileceği kısıtlama yapılmıştır. Zemin tipi için data sayfasında tanımlanan zemin tipleri girilebilir. Kaydet tuşu ile ilgili değerler sondaj tablosuna yazılır. Bunun için aşağıdaki kod kullanılır;

```

T_SONDAJ.ListColumns(2).Range(SelectedNumune).Value = Veri_Derinlik.Value
T_SONDAJ.ListColumns(3).Range(SelectedNumune).Value = Veri_ZeminTip.Value

T_SONDAJ.ListColumns(6).Range(SelectedNumune).Value = Veri_SPT15.Value
T_SONDAJ.ListColumns(7).Range(SelectedNumune).Value = Veri_SPT30.Value
T_SONDAJ.ListColumns(8).Range(SelectedNumune).Value = Veri_SPT45.Value
T_SONDAJ.ListColumns(9).Range(SelectedNumune).Value = Veri_CB.Value
T_SONDAJ.ListColumns(10).Range(SelectedNumune).Value = Veri_CE.Value
T_SONDAJ.ListColumns(11).Range(SelectedNumune).Value = Veri_CR.Value

T_SONDAJ.ListColumns(20).Range(SelectedNumune).Value = Veri_FC.Value
T_SONDAJ.ListColumns(21).Range(SelectedNumune).Value = Veri_VSA.Value

If SelAnalizType = "SKAYMA" Then
T_SONDAJ.ListColumns(5).Range(SelectedNumune).Value = Veri_BHA.Value * 10
Else
T_SONDAJ.ListColumns(5).Range(SelectedNumune).Value = Veri_BHA.Value
End If

Unload U2A2_Edit
Call StatusUpdate

```

Silme tuşu ile seçilen veri ilgili tablodan silinir. Sondaj verileri ve zemin parametreleri girilen analiz için SPT-n analizi butonu ile SPT düzeltilmesi işlemi yapılır. Bunun için ek bir arayüz oluşturulmuştur ve IDI değeri için burada düzenleme seçeneği eklenmiştir. SPT-N analizi için aşağıdaki kod kullanılmıştır.

Buna göre SPT-N hesaplaması yapılabilmesi için ön koşul olarak sondaj ve zemin verilerinin girilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde hesaplama yapılamaz.

SPT-N Düzeltmesi

SPT N DÜZELTMESİ									
Numune	Derinlik.m	Zemin Tipi	N1.60	TG.kPa	EDG.kPa	IDI	alfa	beta	N1.60F
1.00	1.80	Doğu	7.65	30.60	12.60	90.00	5.00	1.20	14.18
2.00	3.30	Kil	4.22	90.00	57.00	90.00	5.00	1.20	10.07
3.00	4.80	Kil	3.97	176.40	128.40	99.00	5.00	1.20	9.77
4.00	6.30	Kil	3.49	289.80	226.80	99.00	5.00	1.20	9.18

DÜZENLE

GERİ

Şekil 5.8: SPT-N için kullanılan ara yüz

```

If Me.Durum_Sondaj.Caption <> "Tamamlandı" Then MsgBox "Lutfen once eksik sondaj verilerini giriniz": GoTo EndSUB

    If tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject), "T_" &
selectedproject & "_SPTn") Then
        ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_" &
selectedproject & "_SPTn").Delete
    End If

    Call AddSPTnTable

    Set T_SPTn = ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_" &
selectedproject & "_SPTn")

    If tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject), "T_" &
selectedproject & "_SRisk") Then
        ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_" &
selectedproject & "_SRisk").Delete
    End If

    If tableExist(ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject), "T_" &
selectedproject & "_SDirenc") Then
        ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_" &
selectedproject & "_SDirenc").Delete
    End If

    Unload Me
    U2A3_SPTN.Show
EndSUB:

```

SPT-N hesabı yapılan analiz için mevcut görünüm aşağıdaki gibi olmaktadır. Dikkat edilirse her adım sonrası tamamlanan işlem için “Tamamlandı” yazısı yazılmaktadır.

UserForm1

**SONDAJ AÇIKLAMASI**

Notdar

KOORD. X  Y

**GEREKLİ BİLGİLER**

Mw	Sds	YSS
7.20	1.05	1.00

**DTS**

DTS-2

NumuneAlici: Standart

Sondej Cop: 150mm

Tokmak Tipi:

Enerji Orom:

Sondaj Verileri

Tomomlandı

Zemin Verileri

Tomomlandı

SPT Hesabı

Tomomlandı

SPTn Hesabı

Tomomlandı

Sıvılaşma Direnci

Bekliyor...

Sıvılaşma Riski

Bekliyor...

**KAYDET** **Ger**

---

**SONDAJ BİLGİLERİ**

Numune	Derinlik.m	Zemin Tipi	YSS.m	BHA.kN/m3	SPT.0-15cm	SPT.15-30cm	SPT.30-45cm	CB	CE	CR
1.00	1.80	Dolgu	0.80	17.00	2.00	3.00	5.00	1.00	0.75	0.75
2.00	3.30	Kil	2.30	18.00	2.00	2.00	3.00	1.00	0.75	0.85
3.00	4.80	Kil	3.80	18.00	2.00	3.00	3.00	1.00	0.75	1.00
4.00	6.30	Kil	5.30	18.00	2.00	3.00	4.00	1.00	0.75	1.00
5.00	7.80	Kil	6.80	18.00	3.00	4.00	4.00	1.00	0.75	1.00
6.00	9.30	Kil	8.30	18.00	2.00	4.00	5.00	1.00	0.75	1.00
7.00	10.80	Kil	9.80	18.00	2.00	2.00	3.00	1.00	0.75	1.00
8.00	12.30	Kum	11.30	18.00	2.00	3.00	4.00	1.00	0.75	1.00
9.00	13.80	Kum	12.80	18.00	2.00	3.00	2.00	1.00	0.75	1.00
10.00	15.30	Kum	14.30	18.00	2.00	4.00	4.00	1.00	0.75	1.00
11.00	16.80	Kum	15.80	18.00	2.00	2.00	2.00	1.00	0.75	1.00
12.00	18.30	Kum	17.30	18.00	7.00	10.00	10.00	1.00	0.75	1.00
13.00	19.80	Kum	18.80	18.00	8.00	9.00	12.00	1.00	0.75	1.00
14.00	21.30	Kil	20.30	18.00	2.00	3.00	5.00	1.00	0.75	1.00
15.00	22.80	Kil	21.80	18.00	2.00	2.00	4.00	1.00	0.75	1.00
16.00	24.30	Kil	23.30	18.00	1.00	3.00	3.00	1.00	0.75	1.00

VERİ EKLE

İÇERİ AKTAR

DÜZENLE

SİL

SPT-n düzeltme

Sıvılaşma Direnci

Sıvılaşma Riski

Rapor Oluştur

**Şekil 5.9:** SPT-N hesabından sonra analiz durumu

Sıradaki adımda, sıvılaşma direnci hesaplanmaktadır. Bunun için ek olarak herhangi bir ek veri girilmesine gerek yoktur. Fakat yine de hesabın gösterimi için ayrı bir arayüz kullanılmıştır. Bu arayüz aşağıda gösterilmiştir.

UserForm1

**Direnç Hesabı**

Numune	Derinlik.m	Zemin Tipi	N1.60F	CRR.M7.5	C.M	EDG.kPa	tR
1.00	1.80	Dolgu	14.18	0.15	1.11	22.60	3.81
2.00	3.30	Kil	9.67	0.11	1.11	67.00	8.20
3.00	4.80	Kil	9.59	0.11	1.11	138.40	16.82
4.00	6.30	Kil	9.09	0.11	1.11	236.80	27.65
5.00	7.80	Kil	8.78	0.10	1.11	362.20	41.22
6.00	9.30	Kil	8.57	0.10	1.11	514.60	57.53
7.00	10.80	Kil	6.71	0.09	1.11	694.00	65.70
8.00	12.30	Kum	7.10	0.09	1.11	900.40	88.41
9.00	13.80	Kum	6.34	0.08	1.11	1133.80	103.61
10.00	15.30	Kum	6.93	0.09	1.11	1394.20	134.74
11.00	16.80	Kum	5.88	0.08	1.11	1681.60	146.95
12.00	18.30	Kum	3.70	0.06	1.11	1996.00	139.19
13.00	19.80	Kum	3.60	0.06	1.11	2337.40	161.25
14.00	21.30	Kil	1.47	0.05	1.11	2705.80	152.08
15.00	22.80	Kil	1.12	0.05	1.11	3101.20	170.47
16.00	24.30	Kil	1.07	0.05	1.11	3523.60	193.17

**GERİ**

**Şekil 5.10:** Direnç hesabı arayüz gösterimi

Bir sonraki adım olan sıvılaşma risk durumu hesabı için benzer şekilde sıvılaşma riski butonuna basılır. Bu adımda da herhangi bir veri girişi yoktur. Fakat hesapların gösterilmesi için risk durumu ayrı bir arayüzde gösterilmiştir.

Risk Durumu							
Numune	Derinlik.m	Zemin Tipi	TG.kPa	tDeprem	tR	Sivilasma.Or	Risk.Durumu
1.00	1.80	Dolgu	22.60	6.08	3.81	0.63	RİSK YOK
2.00	3.30	Kil	67.00	17.83	8.20	0.46	RİSK YOK
3.00	4.80	Kil	138.40	36.40	16.82	0.46	RİSK YOK
4.00	6.30	Kil	236.80	61.53	27.65	0.45	RİSK YOK
5.00	7.80	Kil	362.20	92.98	41.22	0.44	RİSK YOK
6.00	9.30	Kil	514.60	130.05	57.53	0.44	RİSK YOK
7.00	10.80	Kil	694.00	167.80	65.70	0.39	RİSK YOK
8.00	12.30	Kum	900.40	207.85	88.41	0.43	RİSK VAR
9.00	13.80	Kum	1133.80	249.34	103.61	0.42	RİSK VAR
10.00	15.30	Kum	1394.20	291.36	134.74	0.46	RİSK VAR
11.00	16.80	Kum	1681.60	333.03	146.95	0.44	RİSK VAR
12.00	18.30	Kum	1996.00	373.47	139.19	0.37	RİSK VAR
13.00	19.80	Kum	2337.40	411.80	161.25	0.39	RİSK VAR
14.00	21.30	Kil	2705.80	447.12	152.08	0.34	RİSK YOK
15.00	22.80	Kil	3101.20	478.55	170.47	0.36	RİSK YOK
16.00	24.30	Kil	3523.60	528.68	193.17	0.37	RİSK YOK

Şekil 5.11: Risk durumu arayüz gösterimi

Bu arayüzdeki bilgiler arka planda risk durumu tablosu ile ifade edilir ve aşağıdaki kod kullanılır. Bu kod ile aynı zeminin hem TBDY 2018, hem de TDY 2007 risk durumlarını gösteren tablolar oluşturulur ve formülleri yazılır.

```

Dim i As Integer

ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects.Add(xlSrcRange, _
T_SDirenc.ListRows(T_SDirenc.ListRows.Count).Range.Offset(4, 0), , xlNo).Name = _
"T_" & selectedproject & "_SRisk"

Set T_SRisk = ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_" &
selectedproject & "_SRisk")

T_SRisk.ListColumns(1).Range(2) = "dummy"
T_SRisk.ListColumns(1).Range(3) = "dummy"
T_SRisk.ListColumns(1).DataBodyRange.Value = T_SONDAJ.ListColumns(1).DataBodyRange.Value

ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects.Add(xlSrcRange, _
T_SRisk.ListRows(T_SRisk.ListRows.Count).Range.Offset(4, 0), , xlNo).Name = _
"T_" & selectedproject & "_SRisk_07"

Set T_SRisk_07 = ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" & selectedproject).ListObjects("T_" &
selectedproject & "_SRisk_07")

With T_SRisk

.HeaderRowRange(1) = "Numune"
.HeaderRowRange(2) = "Derinlik.m"
.HeaderRowRange(3) = "Zemin Tipi"
.HeaderRowRange(4) = "TG.kPa"
.HeaderRowRange(5) = "-"
.HeaderRowRange(6) = "tDeprem"
.HeaderRowRange(7) = "tR"
.HeaderRowRange(8) = "Sivilasma.Orani"
.HeaderRowRange(9) = "Risk.Durumu"

.ShowTableStyleRowStripes = False
.ShowAutoFilterDropDown = False
.ListColumns(1).Range.NumberFormat = "0"

For i = 1 To .ListColumns.Count
.ListColumns(i).Range.NumberFormat = "0.00"
Next i

End With

```

```

With T_SRisk_07
    .HeaderRowRange(1) = "Numune"
    .HeaderRowRange(2) = "Derinlik.m"
    .HeaderRowRange(3) = "Zemin Tipi"
    .HeaderRowRange(4) = "TG.kPa"
    .HeaderRowRange(5) = "rd"
    .HeaderRowRange(6) = "tDeprem"
    .HeaderRowRange(7) = "tR"
    .HeaderRowRange(8) = "Sivilasma.Orani"
    .HeaderRowRange(9) = "Risk.Durumu"

    .ShowTableStyleRowStripes = False
    .ShowAutoFilterDropDown = False
    .ListColumns(1).Range.NumberFormat = "0"

    For i = 1 To .ListColumns.Count
        .ListColumns(i).Range.NumberFormat = "0.00"
    Next i

End With

Call AddSRiskTableFormula

```

Bu tabloların kalıcı formülleri ise şu kod ile sağlanır;

```

T_SRisk.ListColumns(1).DataBodyRange.Value = T_SONDAJ.ListColumns(1).DataBodyRange.Value
Range("T_" & selectedproject & "_SRisk" & "[Numune]").FormulaR1C1 = "=IFERROR(R[-1]C+1,1)"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk[Derinlik.m]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_SRisk[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SondajVerileri,2)"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk[Zemin Tipi]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_SRisk[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SondajVerileri,3)"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk[TG.kPa]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_SRisk[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SondajVerileri,16)"

    Range("T_" & selectedproject & "_SRisk[-]").FormulaR1C1 = "=VALUE(1)"

    Range("T_" & selectedproject & "_SRisk[tDeprem]").FormulaR1C1 = "=0.65*T_" &
    selectedproject & "_SRisk[@[TG.kPa]]*0.4*T_" & selectedproject & "_SRisk[@[-]]*R5C3"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk[tR]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_SRisk[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SDirenc,8)"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk[Sivilasma.Orani]").FormulaR1C1 = "=[@tR]/[@tDeprem]"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk[Risk.Durumu]").FormulaR1C1 = _
    "=IF(T_" & selectedproject & "_SRisk[@[Derinlik.m]]<20,IF(T_" & selectedproject &
    "_SRisk[@[Zemin Tipi]]=""KUM"",IF(T_" & selectedproject &
    "_SRisk[@[Sivilasma.Orani]]<1.1,""RISK VAR"", ""RISK YOK""), ""RISK YOK""), ""RISK YOK"")"

'2007 formülleri

T_SRisk_07.ListColumns(1).Range(2) = "dummy"
T_SRisk_07.ListColumns(1).Range(3) = "dummy"

T_SRisk_07.ListColumns(1).DataBodyRange.Value = T_SONDAJ.ListColumns(1).DataBodyRange.Value

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk_07" & "[Numune]").FormulaR1C1 = "=IFERROR(R[-
1]C+1,1)"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk_07[Derinlik.m]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_SRisk_07[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SondajVerileri,2)"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk_07[Zemin Tipi]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_SRisk_07[@Numune],T_" & selectedproject &

```

```

"_SondajVerileri,3)"
Range("T_" & selectedproject & "_SRisk_07[TG.kPa]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_SRisk_07[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SondajVerileri,16)"

    Range("T_" & selectedproject & "_SRisk_07[rd]").FormulaR1C1 = _
    "=IF([@[Derinlik.m]]<=9.15,(1-
    0.00765*[@[Derinlik.m]]),IF([@[Derinlik.m]]<=23,(1.174-
    0.0267*[@[Derinlik.m]]),IF([@[Derinlik.m]]<=30,0.744-0.008*[@[Derinlik.m]],0.5)))"

    Range("T_" & selectedproject & "_SRisk_07[tDeprem]").FormulaR1C1 = "=0.65*T_" &
    selectedproject & "_SRisk_07[@[TG.kPa]]*0.4*T_" & selectedproject & "_SRisk_07[@rd]*R5C3"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk_07[tR]").FormulaR1C1 = _
    "=VLOOKUP(T_" & selectedproject & "_SRisk_07[@Numune],T_" & selectedproject &
    "_SDirenc,8)"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk_07[Sivilasma.Orani]").FormulaR1C1 =
    "=[@tR]/[@tDeprem]"

Range("T_" & selectedproject & "_SRisk_07[Risk.Durumu]").FormulaR1C1 = _
    "=IF(T_" & selectedproject & "_SRisk_07[@[Derinlik.m]]<10,IF(T_" & selectedproject &
    "_SRisk_07[@[Zemin Tipi]]=""KUM"",IF(T_" & selectedproject &
    "_SRisk_07[@[Sivilasma.Orani]]<1.1,""RİSK VAR"", ""RİSK YOK""),""RİSK YOK""),""RİSK YOK"")"

```

Rapor alma işlemi için ise, rapor için gerekli bilgilerin girildiği aşağıdaki arayüz kullanılmıştır.

RAPOR İÇİN GEREKLİ BİLGİLER	
Ad, Soyad:	<input type="text"/>
Tarih:	<input type="text"/>
Zemin Birim Hacim Ağırlığı:	<input type="text"/>
Zemin Tipi:	<input type="text"/>
Analiz Yapılan Zemin Derinlikleri (m):	<input type="text"/>
Yeraltı Su Seviyesi (m):	<input type="text"/>
<b>KAYDET (PDF)</b>	<b>YAZDIR</b>
<b>Geri Dön</b>	

Şekil 5.12: Rapor öncesi gerekli bilgiler için kullanılan arayüz

Burada kaydet (pdf) için kullanılan kod şudur;

```

'Create and assign variables
Dim chtob As ChartObject
Dim sPath As String
Dim sFilePath As String

If SelAnalizType = "TBDY18" Then
Call RaportSheet_18
Call TBDY18_chart(ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject & "_TBDY18"))

With ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject & "_TBDY18")

```

```

Range("D4").Value = Me.TB_1
Range("D5").Value = Me.TB_2
Range("E11").Value = Me.TB_3
Range("E12").Value = Me.TB_4
Range("E13").Value = Me.TB_5
Range("E14").Value = Me.TB_6
Range("A1").Select
Unload U2A1_INFO
Unload Me
End With

```

```

ElseIf SelAnalizType = "TBDY07" Then
Call RaportSheet_07
Call TDY07_chart(ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject & "_TDY07"))

With ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject & "_TDY07")
Range("D4").Value = Me.TB_1
Range("D5").Value = Me.TB_2
Range("E11").Value = Me.TB_3
Range("E12").Value = Me.TB_4
Range("E13").Value = Me.TB_5
Range("E14").Value = Me.TB_6
Range("A1").Select
Unload U2A1_INFO
Unload Me
End With

ElseIf SelAnalizType = "SKAYMA" Then
Call RaportSheet_Kayma
Call KAYMA_chart(ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject & "_KSivi"))

With ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject & "_KSivi")
Range("D4").Value = Me.TB_1
Range("D5").Value = Me.TB_2
Range("E11").Value = Me.TB_3
Range("E12").Value = Me.TB_4
Range("E13").Value = Me.TB_5
Range("E14").Value = Me.TB_6
Range("A1").Select
Unload U3A1
Unload Me
End With

ElseIf SelAnalizType = "KIYAS" Then
Call RaportSheet_KIYAS
Call Chart_Kiyas(ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject & "_KIYAS"))

With ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject & "_KIYAS")
Range("D4").Value = Me.TB_1
Range("D5").Value = Me.TB_2
Range("F11").Value = Me.TB_3
Range("F12").Value = Me.TB_4
Range("F13").Value = Me.TB_5
Range("F14").Value = Me.TB_6
Range("A1").Select
Unload U4A1_KIYAS
Unload Me
End With

End If

sPath = ActiveWorkbook.Path & Application.PathSeparator
sFilePath = sPath & ActiveSheet.Name & "_" & Format(Now, "yyyymmdd_hhmmss") & ".pdf"
'Save Active Sheet(s) as PDF
ActiveSheet.ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, _
    Filename:=sFilePath
MsgBox "Rapor " & sPath & " konumuna kaydedildi."
End Sub

```

Bu kod altında rapor için önceden hazırlanmış rapor şablon formatı bu projede kullanılmak üzere şu kod ile adapte edilir;

```
Dim Tbls As ListObject

If SheetExists("Rapor_" & selectedproject & "_TBDY18", ThisWorkbook) = True Then
MsgBox "Mevcut rapor safası, yenisi oluşturulmak için siliniyor"
Sheets("Rapor_" & selectedproject & "_TBDY18").Delete
End If
Application.DisplayAlerts = False
On Error Resume Next
Sheets("R_TEMP_18 (2)").Delete
Application.DisplayAlerts = True

    Sheets("R_TEMP_18").Select
    Sheets("R_TEMP_18").Copy After:=Sheets(6)
    Sheets("R_TEMP_18 (2)").Select
    Sheets("R_TEMP_18 (2)").Name = "Rapor_" & selectedproject & "_TBDY18"

For Each Tbls In ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject & "_TBDY18").ListObjects
Set Raport_Table = Tbls
Next

Raport_Table.Name = "TR_" & selectedproject & "_18"

Raport_Table.ListColumns(1).DataBodyRange.Value =
T_SONDAJ.ListColumns(2).DataBodyRange.Value
Raport_Table.ListColumns(2).DataBodyRange.Value =
T_SONDAJ.ListColumns(3).DataBodyRange.Value
Raport_Table.ListColumns(3).DataBodyRange.Value = T_SRisk.ListColumns(8).DataBodyRange.Value
Raport_Table.ListColumns(4).DataBodyRange.Value = T_SRisk.ListColumns(9).DataBodyRange.Value
```

Ardından grafiklerin ve tabloların rapor formatında oluşturulduğu şu kod çalışır;

```
Dim rng As Range
Dim i As Long
Dim X As Double
Dim Sh As Shape

With WS

    'delete any existing charts
    For Each Sh In .Shapes
        If Left(Sh.Name, 5) = "Chart" Then Sh.Delete
    Next Sh
    Range("A1").Select
    'adjust position and size as needed
    Set Sh = .Shapes.AddChart2(Style:=240, XlChartType:=xlXYScatterSmooth, Left:=800,
Top:=100, Width:=400, Height:=350)

    Sh.Chart.SeriesCollection.NewSeries
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(1).Name = "Sıvılaştırma Oranı"
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(1).XValues = "=" &
T_SRisk.ListColumns(8).DataBodyRange.Address(external:=True)
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(1).values = "=" &
T_SRisk.ListColumns(2).DataBodyRange.Address(external:=True)

    Sh.Chart.SeriesCollection.NewSeries
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(2).Name = ""&"Sınır Deger (Literatüre Göre)""&""
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(2).XValues = _
"=" & T_SRisk.ListColumns(1).Range(2).Address(external:=True) & "," &
T_SRisk.ListColumns(1).Range(2).Address(external:=True)
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(2).values = _
"=" & T_SRisk.ListColumns(2).Range(2).Address(external:=True) & "," &
T_SRisk.ListRows(T_SRisk.ListRows.Count).Range(2).Address(external:=True)

    Sh.Chart.SeriesCollection.NewSeries
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(3).XValues = "={1.1,1.1}"
```

```

Sh.Chart.FullSeriesCollection(3).Name = ""Sınır Deger (TBDY 2018'e göre)""
Sh.Chart.FullSeriesCollection(3).values = _
    "" & T_SRisk.ListColumns(2).Range(2).Address(external:=True) & "" &
T_SRisk.ListRows(T_SRisk.ListRows.Count).Range(2).Address(external:=True)

    With Sh.Chart
        .Axes(xlCategory, xlPrimary).HasTitle = True
        .Axes(xlCategory, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Güvenlik Katsayısı"
        .Axes(xlValue, xlPrimary).HasTitle = True
        .Axes(xlValue, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Derinlik"
        .ChartTitle.Caption = "Sıvılaşma - Derinlik Grafiği"
        .HasLegend = True
    End With

Sh.Chart.SetElement (msoElementChartTitleCenteredOverlay)
Sh.Chart.SetElement (msoElementChartTitleAboveChart)
Sh.Chart.SetElement (msoElementPrimaryValueGridLinesMinorMajor)
Sh.Chart.SetElement (msoElementLegendTop)
Sh.Chart.Axes(xlValue).ReversePlotOrder = True

Sh.Left = .Cells(57, 2).Left
Sh.Top = .Cells(57, 2).Top
Sh.Height = .Range("B57:E77").Height
Sh.Width = .Range("B57:E77").Width

'
' Sh.Chart.Parent.Cut
' Range("B57:E77").Select
' ActiveSheet.Paste

    If Raport_Table.ListRows.Count > T_SONDAJ.ListRows.Count Then
        For i = 1 To Raport_Table.ListRows.Count
            If i > T_SONDAJ.ListRows.Count Then
                Raport_Table.ListRows(i).Range.ClearContents
            End If
        Next i
    End If

Set Sh = Nothing

'SPT N GRAFIĞİ
    Range("A1").Select
    'adjust position and size as needed
    Set Sh = .Shapes.AddChart2(Style:=240, xlChartType:=xlXYScatterSmooth, Left:=800,
Top:=100, Width:=400, Height:=350)

Sh.Chart.SeriesCollection.NewSeries
Sh.Chart.FullSeriesCollection(1).Name = "SPT-N DEĞERLERİ"
Sh.Chart.FullSeriesCollection(1).XValues = "" &
T_SONDAJ.ListColumns(8).DataBodyRange.Address(external:=True)
Sh.Chart.FullSeriesCollection(1).values = "" &
T_SONDAJ.ListColumns(2).DataBodyRange.Address(external:=True)

    With Sh.Chart
        .Axes(xlCategory, xlPrimary).HasTitle = True
        .Axes(xlCategory, xlPrimary).AxisTitle.Text = "SPT-N"
        .Axes(xlValue, xlPrimary).HasTitle = True
        .Axes(xlValue, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Derinlik"
        .ChartTitle.Caption = "SPT-N - Derinlik Grafiği"
        .HasLegend = True
    End With

Sh.Chart.SetElement (msoElementChartTitleCenteredOverlay)
Sh.Chart.SetElement (msoElementChartTitleAboveChart)
Sh.Chart.SetElement (msoElementPrimaryValueGridLinesMinorMajor)
Sh.Chart.SetElement (msoElementLegendTop)
Sh.Chart.Axes(xlValue).ReversePlotOrder = True

Sh.Left = .Cells(104, 2).Left
Sh.Top = .Cells(104, 2).Top
Sh.Height = .Range("B104:E124").Height

```

```

Sh.Height = .Range("B104:E124").Width

On Error Resume Next
'Cells.Replace What:="#N/A", Replacement:="", LookAt:=xlPart, SearchOrder _
:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, ReplaceFormat:=False _
, FormulaVersion:=xlReplaceFormula2
On Error Resume Next
'Cells.Replace What:="#YOK", Replacement:="", LookAt:=xlPart, SearchOrder _
:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, ReplaceFormat:=False _
, FormulaVersion:=xlReplaceFormula2

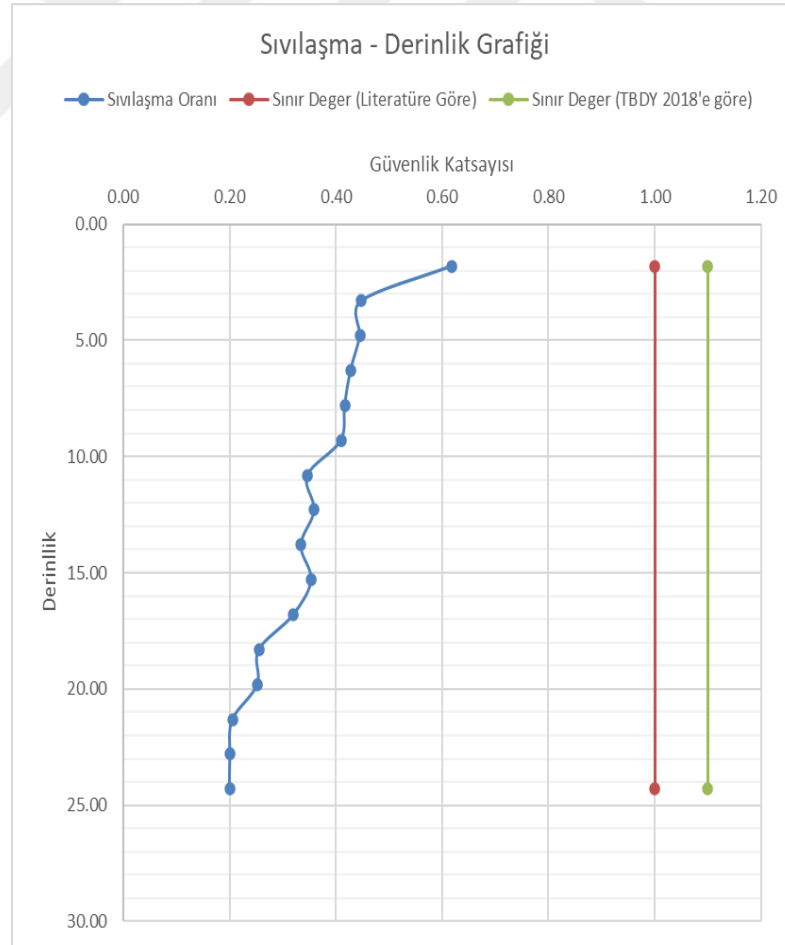
If Raport_Table.ListRows.Count > T_SONDAJ.ListRows.Count Then
For i = 1 To Raport_Table.ListRows.Count
If i > T_SONDAJ.ListRows.Count Then
Raport_Table.ListRows(i).Range.ClearContents
End If
Next i
End If

Set Sh = Nothing

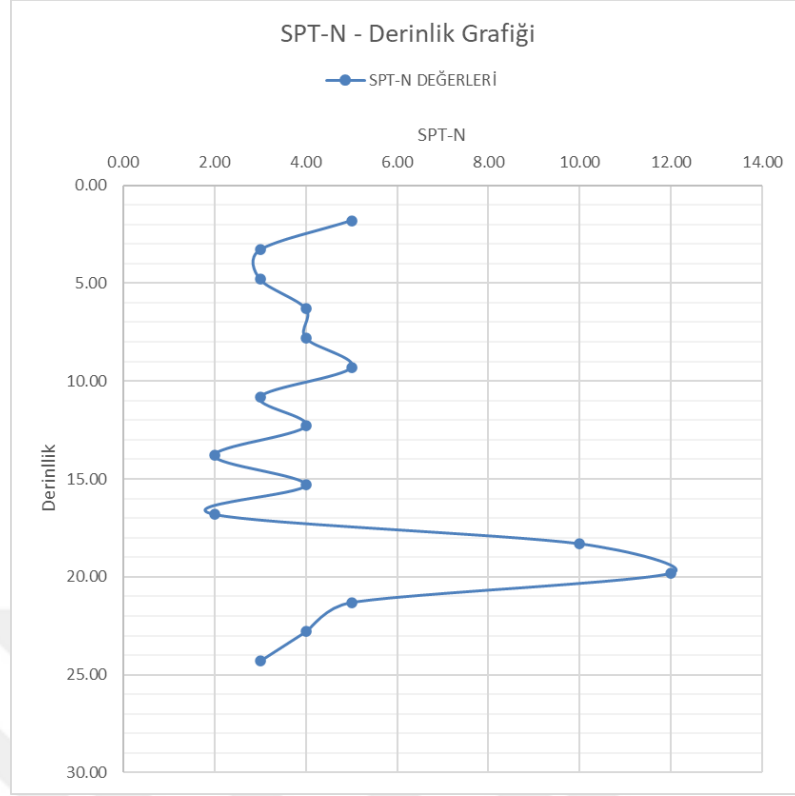
End With

```

Bu kod ile sıvılaşma derinlik grafiği ve derinlik SPT değeri grafikleri oluşturulur. Raporun bir örneği EK’te verilmiştir. Yazır seçeneği ise PDF den farklı olarak yazdırma sayfası açılmaktadır. Rapor ile üretilen sıvılaşma grafiği aşağıda verilmiştir.



**Şekil 5.13:** TBDY 2018 raporu için örnek sıvılaşma derinlik grafiği



Şekil 5.14: TBDY 2018 raporu için örnek SPT-N derinlik grafiği

### 5.2.3. TDY 2007' e göre sınıflama risk analizi

Yazılımın giriş ekranında TBDY2018 ile benzer olarak TDY2007 için risk analizi seçilerek süreç başlatılır. Bu butona basılması ile aşağıdaki kod çalışır;

```
SelAnalizType = "TDY07"
Unload Me
ThisWorkbook.Activate
U2A_SIV_GIRIS.AnalizType.Caption = "TDY 2007' E GÖRE ANALİZ "
U2A_SIV_GIRIS.Show
```

İkinci adımda TBDY 2018 için analize benzer olarak kayıtlı analizlerin tespit edilip arayüzde kullanıcının seçimine sunduğu arayüz gelmektedir. Bu arayüz fonksiyonları TBDY 2018 için ifade edilenler ile tamamen aynıdır. Dolayısıyla kullanıcı açmak istediği analizi seçerek bir sonraki adım olan sondaj verilerinin girilmesi kısmına geçiş yapar. Sondaj verileri ve TDY 2007 hesaplamalarında her bir sondaj verisi için derinlik, zemin tipi, birim hacim ağırlık, SPT değerleri ve CB, CE, CR değerleri girilir. Hesaplarda kullanılmayacak olan FC ve VS arazi değerleri için veri girişi pasif konuma getirilir. Aşağıdaki şekilde veri düzenleme sayfası verilmiştir.

Sondaj Verileri		Zemin Verileri		SPT
Tomomlandı		Tomomlandı		Tomomlandı
Numune	Derinlik m	Zemin Tipi	YSS.m	
1.00	1.80	Dolgu	0.80	
2.00	3.30	Kil	2.30	
3.00	4.80	Kil	3.80	
4.00	6.30	Kil	5.30	
5.00	7.80	Kil	6.80	
6.00	9.30	Kil	8.30	
7.00	10.80	Kil	9.80	
8.00	12.30	Kum	11.30	
9.00	13.80	Kum	12.80	
10.00	15.30	Kum	14.30	
11.00	16.80	Kum	15.80	
12.00	18.30	Kum	17.30	
13.00	19.80	Kum	18.80	
14.00	21.30	Kil	20.30	
15.00	22.80	Kil	21.80	
16.00	24.30	Kil	23.30	

**Numune Verileri**

Numune No:

Derinlik m	Zemin Tipi	BHA kN/m <sup>3</sup>
9.3	<input type="text" value="Kil"/>	18

SPT 0-15cm	SPT 15-30cm	SPT 30-45cm
2	4	5

CB	CE	CR
1	0.75	1

FC	VS.Arazi m/s
57	4

**Şekil 5.15:** TDY 2007 sondaj numune verilerinin giriş ekranı

Bir sondaki adım olan SPT-n değerlerinin hesaplanması ve sıvılaşma direnci hesabı için TBDY2018’de verilen adımlar ve ilgili kodlar aynen kullanılmıştır. Sıvılaşma risk durumunun hesaplanmasında ise TBDY 2018’den farklı olarak RD değeri hesaplara dahil edilmiştir. Ayrıca zemin TBDY 2018 için analizde, TDY 2007’ye göre farklı olarak zemin sınıflarının hesaplanması da yapılmaktadır.

#### 5.2.4. Kayma dalga hızına göre sıvılaşma analizi

Yazılımın giriş ekranında TBDY2018 ve TDY2007 ile benzer olarak Kayma Dalga Hızına Göre Sıvılaşma Analizi seçilerek süreç başlatılır. Bu butona basılması ile aşağıdaki kod çalışır;

```

SelAnalizType = "SKAYMA"
Unload Me
ThisWorkbook.Activate
U2A_SIV_GIRIS.AnalizType.Caption = "KAYMA DALGA HIZINA GÖRE ANALİZ"
U2A_SIV_GIRIS.Show

```

İkinci adımda, TBDY 2018 ve TDY 2007 için analize benzer olarak kayıtlı analizlerin tespit edilip arayüzde kullanıcının seçimine sunduğu arayüz gelmektedir. Bu arayüz fonksiyonları TBDY 2018 ve TDY 2007 için ifade edilenler ile tamamen aynıdır. Dolayısıyla kullanıcı açmak istediği analizi seçerek bir sonraki adım olan sondaj verilerinin girilmesi kısmına geçiş yapar.

Kayma dalga hızına göre sıvılaşma analizinde sondaj verilerinin girildiği adım için ayrı bir arayüz kullanılmıştır. Bu arayüz aşağıda verilmiştir.

**Şekil 5.16:** Kayma dalga hızına göre sıvılaşma analizinde sondaj verilerinin girildiği arayüz

Bu arayüzün açılması ile aşağıdaki kod çalışır ve sırası ile zemin değerlerini arayüze yazar, tablo numara formatını ayarlar, mevcut analiz aşamasını tayin eder, mevcutta önceden yapılmış hesaplama olsa bile bu hesap tablosunu siler ve yeniden oluşturur ve formüllerini yazar (yeniden hesaplar). Bunun sebebi analiz sonrası herhangi bir müdahale olsa bile program kendi kendini düzelterek korumaya almış olur. Bu özellik bütün analiz türleri için tanımlanmıştır ve tablolar korumaya alınmıştır.

```
With ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).ListObjects("T_" & selectedproject & "_info")
TB_INFO.Value = Format(.ListColumns(2).Range(2).Value, "0.00")
TB_MW.Value = Format(.ListColumns(2).Range(3).Value, "0.00")
TB_SDS.Value = Format(.ListColumns(2).Range(4).Value, "0.00")
TB_YSS.Value = Format(.ListColumns(2).Range(5).Value, "0.00")
End With
```

On Error Resume Next

```
ThisWorkbook.Worksheets("Analiz_" &
selectedproject).Columns("A:ZZ").NumberFormat = "#,##0.00"
```

Call StatusUpdate

T\_Ksivi.Delete

Call KaymaSivilasmaTabloEkle

```


Me.LB_KSIVI.RowSource = Empty
Me.LB_KSIVI_R.RowSource = Empty

Me.LB_KSIVI.ColumnCount = "16"
Me.LB_KSIVI_R.ColumnCount = "1"

Me.LB_KSIVI.ColumnWidths = "60;60;60;60;60;60;60;60;60"
Me.LB_KSIVI.RowSource = T_Ksivi.DataBodyRange.Address(external:=True)
Me.LB_KSIVI_R.RowSource =
T_Ksivi.ListColumns(17).DataBodyRange.Address(external:=True)

```

Bu analiz türü için yönetmeliklerdeki gibi aşamalar yoktur. Girilen veriler doğrudan hesaplanır ve sıvılaşma neticesi anında okunabilir. Verilerin yansıtıldığı arayüz aşağıdaki şekilde verilmiştir. Veri ekle, içeri aktar, düzenle ve sil fonksiyonları önceki analizler ile aynıdır ve aynı kodları kullanır.



**SONDAJ AÇIKLAMASI**

gfd

**GEREKLİ BİLGİLER**

Mw	Sds	YSS
7.20	1.05	1.00

**KAYDET**

Geri

SONDAJ BİLGİLERİ								SIVILAŞMA DURUMU
Numune	Derinlik.m	BHA.gr/cm3	FC	SITK.m	TG.kPa	EDG.kPa	rd	SIVILAŞMA
1.00	1.80	1.70	4.00	0.80	30.60	22.60	0.9%	SIVILAŞMA VAR
2.00	3.30	1.80	4.00	2.30	57.60	34.60	0.9%	SIVILAŞMA VAR
3.00	4.80	1.80	4.00	3.80	84.60	46.60	0.9%	SIVILAŞMA VAR
4.00	6.30	1.80	4.00	5.30	111.60	58.60	0.9%	SIVILAŞMA VAR
5.00	7.80	1.80	4.00	6.80	138.60	70.60	0.9%	SIVILAŞMA VAR
6.00	9.30	1.80	4.00	8.30	165.60	82.60	0.9%	SIVILAŞMA VAR
7.00	10.80	1.80	4.00	9.80	192.60	94.60	0.8%	SIVILAŞMA VAR
8.00	12.30	1.80	4.00	11.30	219.60	106.60	0.8%	SIVILAŞMA VAR
9.00	13.80	1.80	4.00	12.80	246.60	118.60	0.8%	SIVILAŞMA VAR
10.00	15.30	1.80	4.00	14.30	273.60	130.60	0.7%	SIVILAŞMA VAR
11.00	16.80	1.80	4.00	15.80	300.60	142.60	0.7%	SIVILAŞMA VAR
12.00	18.30	1.80	4.00	17.30	327.60	154.60	0.6%	SIVILAŞMA VAR
13.00	19.80	1.80	4.00	18.80	354.60	166.60	0.6%	SIVILAŞMA VAR
14.00	21.30	1.80	4.00	20.30	381.60	178.60	0.6%	SIVILAŞMA YOK
15.00	22.80	1.80	4.00	21.80	408.60	190.60	0.5%	SIVILAŞMA YOK
16.00	24.30	1.80	4.00	23.30	435.60	202.60	0.5%	SIVILAŞMA YOK

VERİ EKLE

İÇERİ AKTAR

DÜZENLE

SİL

Rapor Oluştur

**Şekil 5.17:** Kayma dalga hızına göre sıvılaşma analizinde sondaj verilerinin gösterimi

Farklı olarak düzenle kısmı için yine ilgili olmayan veriler pasif duruma getirilmiştir. Aşağıdaki şekilde veri düzenleme sayfası verilmiştir.

SONDAJ BİLGİLERİ			
Numune	Derinlik.m	BHA.gr/cm3	FC
1.00	1.80	1.70	4.00
2.00	3.30	1.80	4.00
3.00	4.80	1.80	4.00
4.00	6.30	1.80	4.00
5.00	7.80	1.80	4.00
6.00	9.30	1.80	4.00
7.00	10.80	1.80	4.00
8.00	12.30	1.80	4.00
9.00	13.80	1.80	4.00
10.00	15.30	1.80	4.00
11.00	16.80	1.80	4.00
12.00	18.30	1.80	4.00
13.00	19.80	1.80	4.00
14.00	21.30	1.80	4.00
15.00	22.80	1.80	4.00
16.00	24.30	1.80	4.00

Numune Verileri		
Numune No	9	
Derinlik m	Zemin Tipi	BHA kN/m <sup>3</sup>
13.8	Kum	1.8
SPT 0-15cm	SPT 15-30cm	SPT 30-45cm
2	3	2
CB	CE	CR
1	0.75	1
FC	VS.Arozi.m/s	
42	4	

**Şekil 5.18:** Kayma dalga hızına göre sıvılaşma analizinde sondaj verilerinin düzenlenmesi

Ayrıca rapor alma fonksiyonları ve işleyişi yönetmelik analizleri ile aynıdır ve aynı kodları kullanır.

### 5.2.5. Karşılaştırmalı sıvılaşma analizi geoteknik rapor

Bu analiz isminden de anlaşılacağı üzere yapılan 3 analiz türünün de kıyaslamasının yapılması ve bir rapor haline getirilmesini kapsamaktadır.

Yazılımın giriş ekranında TBDY2018 ve TDY2007 ile benzer olarak Karşılaştırmalı Sıvılaşma Analizi seçilerek süreç başlatılır. Bu butona basılması ile aşağıdaki kod çalışır;

```
SelAnalizType = "KIYAS"
Unload Me
ThisWorkbook.Activate
U2A_SIV_GIRIS.AnalizType.Caption = "SIVILASMA ANALIZI KIYASLAMA"
U2A_SIV_GIRIS.Show
```

İkinci adımda, TBDY 2018 ve TDY 2007 için analize benzer olarak kayıtlı analizlerin tespit edilip arayüzde kullanıcının seçimine sunduğu arayüz gelmektedir. Bu arayüz fonksiyonları TBDY 2018 ve TDY 2007 için ifade edilenler ile tamamen aynıdır. Dolayısıyla kullanıcı açmak istediği analizi seçerek bir sonraki adıma geçer.

Analizin seçilmesinden sonra karşılaştırma için yeni bir arayüz kullanılmıştır. Bu arayüzde herhangi bir veri girişi olmayıp, sadece önceki yapılan analizlere ait

sıvılaşma oranlarını gösteren kıyaslamalı bir tablo yerleştirilmiştir. Aşağıdaki şekilde bu arayüz gösterilmiştir.

SIVILAŞMA RİSKİ GÜVENLİK KATSAYISI KIYASLAMA						
Numune	Derinlikm	TDY2007	TBDY2018	Kayma.Dağca.Hizina.Gö	Column6	Column7
1.00	1.80	0.63	0.62	0.35		
2.00	3.30	0.46	0.45	0.23		
3.00	4.80	0.46	0.45	0.18		
4.00	6.30	0.45	0.43	0.15		
5.00	7.80	0.44	0.42	0.14		
6.00	9.30	0.44	0.41	0.13		
7.00	10.80	0.39	0.35	0.12		
8.00	12.30	0.43	0.36	0.12		
9.00	13.80	0.42	0.33	0.12		
10.00	15.30	0.46	0.35	0.12		
11.00	16.80	0.44	0.32	0.12		
12.00	18.30	0.37	0.26	0.12		
13.00	19.80	0.39	0.25	0.12		
14.00	21.30	0.34	0.21	0.12		
15.00	22.80	0.36	0.20	0.13		
16.00	24.30	0.37	0.20	0.13		

Rapor Oluştur

**Şekil 5.19:** Sıvılaşma oranlarının kıyaslandığı arayüz

Bu kısımda kullanıcı sadece rapor alabilir. Rapor almak için ise aşağıdaki kodlar kullanılır. Önce hazır şablon sayfa, seçilen analiz için uyarlanır ve özelleştirilir. Bunun için şu kod kullanılır;

```
Dim Tbls As ListObject

If SheetExists("Rapor_" & selectedproject & "_KIYAS", ThisWorkbook) = True
Then
MsgBox "Mevcut rapor safası, yenisi oluşturulmak için siliniyor"
Sheets("Rapor_" & selectedproject & "_KIYAS").Delete
End If
Application.DisplayAlerts = False
On Error Resume Next
Sheets("R_TEMP_K (2)").Delete
Application.DisplayAlerts = True

    Sheets("R_TEMP_KIYAS").Select
    Sheets("R_TEMP_KIYAS").Copy After:=Sheets(6)
    Sheets("R_TEMP_KIYAS (2)").Select
    Sheets("R_TEMP_KIYAS (2)").Name = "Rapor_" & selectedproject &
"_KIYAS"

For Each Tbls In ThisWorkbook.Worksheets("Rapor_" & selectedproject &
"_KIYAS").ListObjects
Set Raport_Table = Tbls
Next

Raport_Table.Name = "TR_" & selectedproject & "_K"
```

```

Raport_Table.ListColumns(1).DataBodyRange.Value =
T_Kiyas.ListColumns(2).DataBodyRange.Value
Raport_Table.ListColumns(2).DataBodyRange.Value =
T_SONDAJ.ListColumns(3).DataBodyRange.Value
Raport_Table.ListColumns(3).DataBodyRange.Value =
T_Kiyas.ListColumns(3).DataBodyRange.Value
Raport_Table.ListColumns(4).DataBodyRange.Value =
T_Kiyas.ListColumns(4).DataBodyRange.Value
Raport_Table.ListColumns(5).DataBodyRange.Value =
T_Kiyas.ListColumns(5).DataBodyRange.Value

```

Kıyaslama grafiklerinin oluşturulması için ise şu kod kullanılır;

```

Dim rng As Range
Dim i As Long
Dim X As Double
Dim Sh As Shape

Range("A1").Select
With WS
    'delete any existing charts
    For Each Sh In .Shapes
        If Left(Sh.Name, 5) = "Chart" Then Sh.Delete
    Next Sh
    Set Sh = .Shapes.AddChart2(Style:=240, xlChartType:=xlXYScatterSmooth, Left:=300,
    Top:=100, Width:=400, Height:=350)

    Sh.Chart.SeriesCollection.NewSeries
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(1).Name = "=" &
T_Kiyas.HeaderRowRange(3).Address(external:=True)
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(1).XValues = "=" &
T_Kiyas.ListColumns(3).DataBodyRange.Address(external:=True)
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(1).values = "=" &
T_Kiyas.ListColumns(2).DataBodyRange.Address(external:=True)
    Sh.Chart.SeriesCollection.NewSeries
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(2).Name = "=" &
T_Kiyas.HeaderRowRange(4).Address(external:=True)
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(2).XValues = "=" &
T_Kiyas.ListColumns(4).DataBodyRange.Address(external:=True)
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(2).values = "=" &
T_Kiyas.ListColumns(2).DataBodyRange.Address(external:=True)
    Sh.Chart.SeriesCollection.NewSeries
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(3).Name = "=" &
T_Kiyas.HeaderRowRange(5).Address(external:=True)
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(3).XValues = "=" &
T_Kiyas.ListColumns(5).DataBodyRange.Address(external:=True)
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(3).values = "=" &
T_Kiyas.ListColumns(2).DataBodyRange.Address(external:=True)

    Sh.Chart.SeriesCollection.NewSeries
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(4).Name = "" & "Sınır Deger (Literatüre Göre)""
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(4).XValues = _
"" & T_Kiyas.ListColumns(1).Range(2).Address(external:=True) & "," &
T_Kiyas.ListColumns(1).Range(2).Address(external:=True)
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(4).values = _
"" & T_Kiyas.ListColumns(2).Range(2).Address(external:=True) & "," &
T_Kiyas.ListRows(T_Kiyas.ListRows.Count).Range(2).Address(external:=True)

    Sh.Chart.SeriesCollection.NewSeries
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(5).XValues = "{1.1,1.1}"
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(5).Name = "" & "Sınır Deger (TBDY 2018'e göre)""
    Sh.Chart.FullSeriesCollection(5).values = _
"" & T_Kiyas.ListColumns(2).Range(2).Address(external:=True) & "," &
T_Kiyas.ListRows(T_Kiyas.ListRows.Count).Range(2).Address(external:=True)

    With Sh.Chart
        .Axes(xlCategory, xlPrimary).HasTitle = True
        .Axes(xlCategory, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Güvenlik Katsayısı"
        .Axes(xlValue, xlPrimary).HasTitle = True
    End With

```

```

.Axes(xlValue, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Derinlik"
.ChartTitle.Caption = "Sıvılaşma - Derinlik Grafiği"
.HasLegend = True
End With

Sh.Chart.SetElement (msoElementChartTitleCenteredOverlay)
Sh.Chart.SetElement (msoElementChartTitleAboveChart)
Sh.Chart.SetElement (msoElementPrimaryValueGridLinesMinorMajor)
Sh.Chart.SetElement (msoElementLegendTop)
Sh.Chart.Axes(xlValue).ReversePlotOrder = True

Sh.Chart.Parent.Cut
Range("B57:E77").Select
ActiveSheet.Paste

On Error Resume Next
'Cells.Replace What:="#N/A", Replacement:="", LookAt:=xlPart, SearchOrder _
:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, ReplaceFormat:=False _
, FormulaVersion:=xlReplaceFormula2
On Error Resume Next
'Cells.Replace What:="#YOK", Replacement:="", LookAt:=xlPart, SearchOrder _
:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, ReplaceFormat:=False _
, FormulaVersion:=xlReplaceFormula2

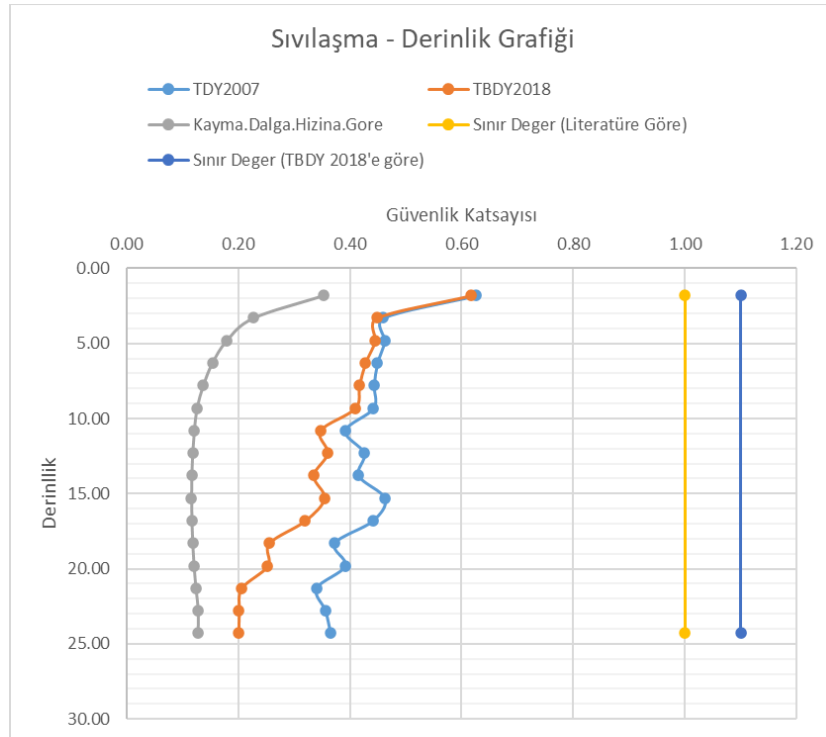
If Raport_Table.ListRows.Count > T_SONDAJ.ListRows.Count Then
For i = 1 To Raport_Table.ListRows.Count
If i > T_SONDAJ.ListRows.Count Then
Raport_Table.ListRows(i).Range.ClearContents
End If
Next i
End If

Set Sh = Nothing

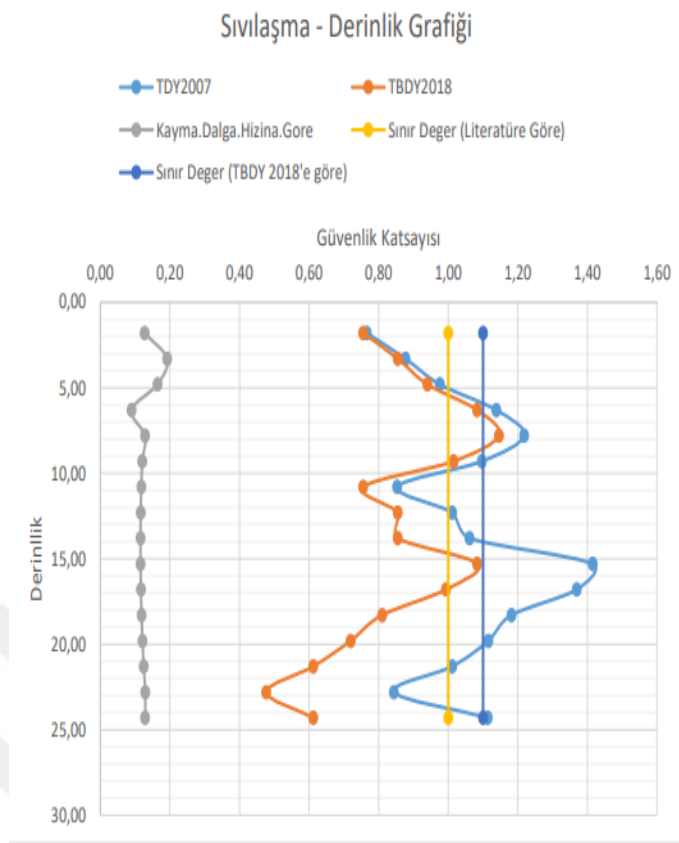
End With

```

Dolayısıyla oluşturulan raporda eklenen grafik aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.20: Metotların derinlik - sıvılaşma güvenlik sayıları grafiği



**Şekil 5.21:** Metotların derinlik-sıvılaşma ilişkisi güvenlik sayıları grafiği(2)

## 6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Zeminlerdeki sıvılaşma riskinin tespiti, hangi yönetmelikten bakılırsa bakılsın, belirli bir kurallar zinciri dahilinde gerçekleşmektedir. Her bir zemin analizinde tekrardan bu kuralların uygulanması hem zaman almakta hem de yanlışların yapılmasına davetiye çıkarmaktadır. Bu sebep ile bütün kuralların yazılı olduğu, verilerin girilerek programın sonuca kadar yönlendireceği bir yazılım geliştirilmiş, bu sayede verilerin girilmesi ile hem görsel olarak hem de kuralların dışına çıkılmadan hesap ve analizler mümkün kılınmıştır.

Numune	Derinli
1,00	1,80
2,00	3,30
3,00	4,80
4,00	6,30
5,00	7,80
6,00	9,30
7,00	10,80
8,00	12,30
9,00	13,80
10,00	15,30
11,00	16,80
12,00	18,30
13,00	19,80
14,00	21,30
15,00	22,80
16,00	24,30

- Tez kapsamında hazırlanan program kullanıcıyı analiz başından sonuna kadar adım adım ilerletmektedir. İstenilen veriler girilmeden diğer adıma geçmek mümkün kılınmamaktadır.
- Bazı parametreler değiştirilmemesi gereken parametreleri el ile değiştirme imkanı yoktur, bu sayede yapılan analizin sonucunda kullanıcı istediği şekilde sonuçlar ile oynayamamaktadır. Geoteknik değerlendirmenin güvenliği temin altına alınmıştır.
- Verileri içeri aktar butonu ile kullanıcı programın içerisindeki başka analizleri yeni oluşturacak analize direkt aktarabilir ya da başka bir excel den aktarım

sağlayabilir. Aynı şekilde bu buton sayesinde istediği verileri işaretleyerek sadece o verileri de çağırabilir. (SPT 15-30, Birim Hacim Ağırlık)

- Program  $SPTN_{60}$  değerine göre otomatik olarak zemin cinsine ulaşılmasını sağlamaktadır.

SONDAJ AÇIKLAMASI		GEREKLİ BİLGİLER			DTS				
Notlar		Mw	Sds	YSS	NumuneAlici				
KOORD. X		7.20	1.05	1.00	Sondaj Cap				
Y					Tokmak Tipi				
					Enerji Oranı				
Sondağ Verileri	Zemin Verileri	SPT Hesabı	SPTn Hesabı	Sıvılaşma	Sıvılaşma Riski	KAYDET			
Tamamlandı	Tamamlandı	Tamamlandı	Tamamlandı	Tamamlandı	Tamamlandı	Geri			
SONDAJ BİLGİLERİ									
45cm	CB	CE	CR	N30	N60	Zem.Sınıfı	TG.kPa	EDG.kPa	CN
)	1,00	0,75	0,75	8,00	4,50	ZE	72,00	64,00	1,25
)	1,00	0,75	0,85	5,00	3,19	ZE	666,00	643,00	0,39
)	1,00	0,75	1,00	6,00	4,50	ZE	1.530,00	1.492,00	0,26
0	1,00	0,75	1,00	80,00	60,00	ZC	1.782,00	1.729,00	0,24
)	1,00	0,75	1,00	8,00	6,00	ZE	3.186,00	3.118,00	0,18
)	1,00	0,75	1,00	9,00	6,75	ZE	4.860,00	4.777,00	0,14
)	1,00	0,75	1,00	5,00	3,75	ZE	6.804,00	6.706,00	0,12
)	1,00	0,75	1,00	7,00	5,25	ZE	9.018,00	8.905,00	0,11
)	1,00	0,75	1,00	5,00	3,75	ZE	11.502,00	11.374,00	0,09
)	1,00	0,75	1,00	8,00	6,00	ZE	14.256,00	14.113,00	0,08
)	1,00	0,75	1,00	4,00	3,00	ZE	17.280,00	17.122,00	0,08
0	1,00	0,75	1,00	20,00	15,00	Z0	20.574,00	20.401,00	0,07
0	1,00	0,75	1,00	21,00	15,75	Z0	24.138,00	23.950,00	0,06

VERİ EKLE

İÇERİ AKTAR

DÜZENLE

SİL

SPT-n düzeltme

Sıvılaşma Direnc

Sıvılaşma Riski

Rapor Oluştur

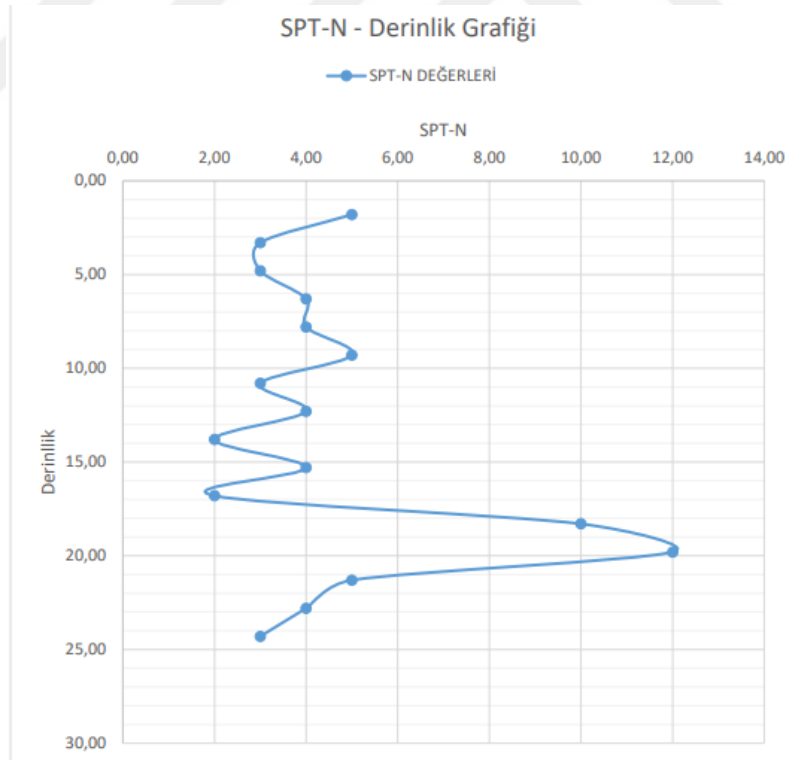
- 2007 Deprem Yönetmeliğinde ki rd düzeltme faktörünü derinliğe bağlı otomatik olarak program kullanıcıya verebilmektedir.

Risk Durumu							
Numune	Derinlik.m	Zemin Tipi	TG.kPa	rd	tDeprem	tR	Sıvılaşma.Or
1,00	1,80	Dolgu	22,60	0,99	6,08	3,81	0,63
2,00	3,30	Kil	67,00	0,97	17,83	8,20	0,46
3,00	4,80	Kil	138,40	0,96	36,40	16,82	0,46
4,00	6,30	Kil	236,80	0,95	61,53	27,65	0,45
5,00	7,80	Kil	362,20	0,94	92,98	41,22	0,44
6,00	9,30	Kil	514,60	0,93	130,05	57,53	0,44
7,00	10,80	Kil	694,00	0,89	167,80	65,70	0,39
8,00	12,30	Kum	900,40	0,85	207,85	88,41	0,43
9,00	13,80	Kum	1133,80	0,81	249,34	103,61	0,42
10,00	15,30	Kum	1394,20	0,77	291,36	134,74	0,46
11,00	16,80	Kum	1681,60	0,73	333,03	146,95	0,44
12,00	18,30	Kum	1996,00	0,69	373,47	139,19	0,37
13,00	19,80	Kum	2337,40	0,65	411,80	161,25	0,39
14,00	21,30	Kil	2705,80	0,61	447,12	152,08	0,34
15,00	22,80	Kil	3101,20	0,57	478,55	170,47	0,36
16,00	24,30	Kil	3523,60	0,55	528,68	193,17	0,37

- 2018 Deprem Yönetmeliğinde ki ince tane içeriğine göre  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerini program otomatik olarak sağlamaktadır.

SPT N DÜZELTMESİ									
Numune	Derinlik.m	Zemin Tipi	N1.60	TG.kPa	EDG.kPa	IDI	alfa	beta	N1.60F
1,00	1,80	Dotgu	7,65	30,60	22,60	90,00	5,00	1,20	14,18
2,00	3,30	Kil	3,89	90,00	67,00	90,00	5,00	1,20	9,67
3,00	4,80	Kil	3,83	176,40	138,40	99,00	5,00	1,20	9,59
4,00	6,30	Kil	3,41	289,80	236,80	99,00	5,00	1,20	9,09
5,00	7,80	Kil	3,15	430,20	362,20	56,00	5,00	1,20	8,78
6,00	9,30	Kil	2,98	597,60	514,60	57,00	5,00	1,20	8,57
7,00	10,80	Kil	1,42	792,00	694,00	57,00	5,00	1,20	6,71
8,00	12,30	Kum	1,75	1013,40	900,40	42,00	5,00	1,20	7,10
9,00	13,80	Kum	1,11	1261,80	1133,80	42,00	5,00	1,20	6,34
10,00	15,30	Kum	1,61	1537,20	1394,20	42,00	5,00	1,20	6,93
11,00	16,80	Kum	0,73	1839,60	1681,60	42,00	5,00	1,20	5,88
12,00	18,30	Kum	3,36	2169,00	1996,00	8,00	0,30	1,01	3,70
13,00	19,80	Kum	3,26	2525,40	2337,40	8,00	0,30	1,01	3,60
14,00	21,30	Kil	1,15	2908,80	2705,80	8,00	0,30	1,01	1,47
15,00	22,80	Kil	0,81	3319,20	3101,20	8,00	0,30	1,01	1,12
16,00	24,30	Kil	0,76	3756,60	3523,60	8,00	0,30	1,01	1,07

- Program 3 farklı Sıvılaşma Analizine göre kullanıcıya sonuçlar sağlamaktadır. Her bir analiz için ayrı ayrı SPTN ve derinliğe bağlı grafik olarak arasındaki ilişkiyi gözlemlenebilir ve böylelikle daha kesin mühendislik yargılarına varılabilmektedir.



- 2007 ve 2018 ve Kayma Dalgası Hızına göre verilere girilerek analizler yapılabilir ve sonuçları Karşılaştırmalı Sıvılaşma Analizi Geoteknik Raporu butonu ile elde edilebilir.

**GEOTEKNİK UYGULAMALAR****TBDY 2018' E GÖRE  
SIVILAŞMA RİSK ANALİZİ****TDY 2007'YE GÖRE SIVILAŞMA  
RİSK ANALİZİ****KAYMA DALGA HIZINA  
GÖRE SIVILAŞMA ANALİZİ****KARŞILAŞTIRMALI SIVILAŞMA  
ANALİZİ GEOTEKNİK RAPOR**

2022 Designed by Mahmut ÖZCAN and Mert TOLON

- Her bir analiz için rapor alabilir rapor üzerindeki bilgiler girilerek ister direk yazdırılabilir ister ise Pdf olarak kaydedilebilir. Böylelikle kurumsal havıza mevcut databankası ile sağlanabilecektir.

UserForm1 ×

**RAPOR İÇİN GEREKLİ BİLGİLER**

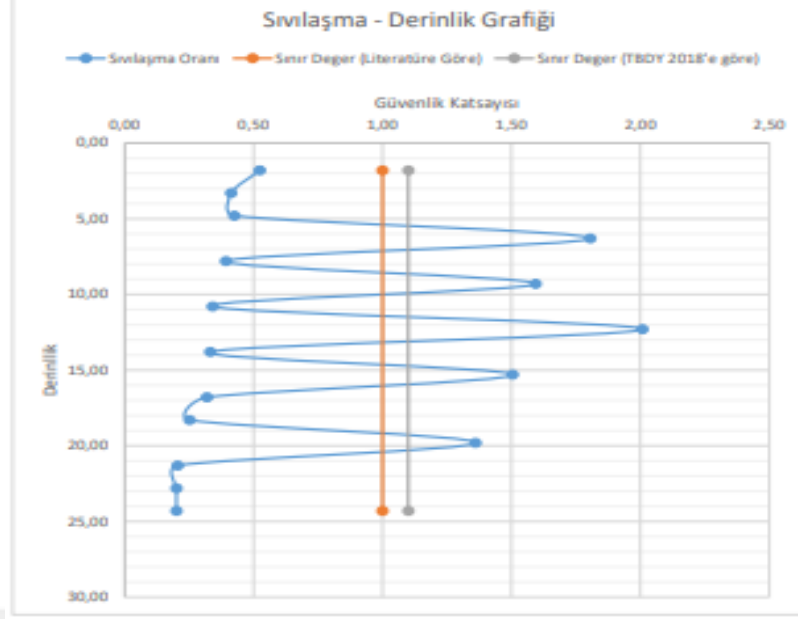
Ad, Soyad	<input type="text"/>
Tarih	<input type="text"/>
Zemin Birim Hacim Ağırlığı:	<input type="text"/>
Zemin Tipi:	<input type="text"/>
Analiz Yapılan Zemin Derinlikleri (m):	<input type="text"/>
Yeraltı Su Seviyesi (m):	<input type="text"/>

**KAYDET (PDF)**

**YAZDIR**

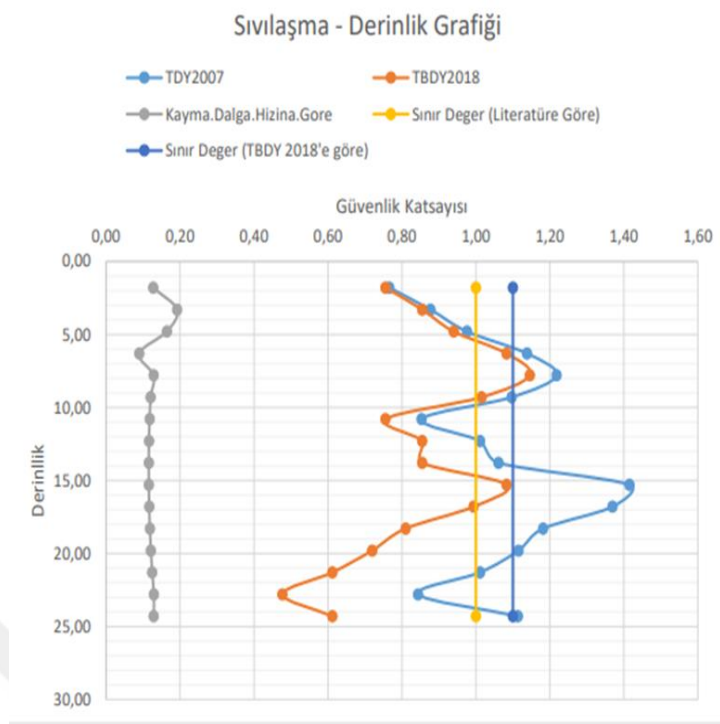
**Geri Dön**

- Pdf olarak kaydedilen raporda notlar kısmı ile elde edilen sonuçlara göre mühendisler zemin sıvılaşmasının önlenmesine yönelik önerdikleri zemin iyileştirme vb. uygulama metotları hakkında yorumlarını yazabileceklerdir.



Notlar:

- 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliğinde elde edilen veriler sonucunda 2018 Deprem yönetmeliği çok daha kapsamlı ve net sonuçlar vermektedir. 2007 de uygulanan analizlerde sıvılaşma derinliği için yüzeyden 10 m ye kadar bakılırken 2018 yönetmeliğinde daha derine inilerek 20 m olan kısımlara kadar bakılmaktadır. Aynı Spt verileri kullanılarak yapılan iki yönteminde kullanıldığı analizde de derinliğe bağlı güvenlik katsayıları farkı alttaki grafikte görülmektedir. 2007 Yönetmeliğinde Güvenlik katsayısı 1 iken 2018 Deprem Yönetmeliğinde bu katsayı 1,1'e çıkmıştır. Bu durumda bazı derinliklerdeki zeminler 2007 yönetmeliğine göre sıvılaşma potansiyeli görünmez iken 2018 yönetmeliğine göre sıvılaşmaktadır (6,5metre deki zemin). Hassasiyet oranı yeni yönetmelikle birlikte artmıştır. İlgili hesaplama hassasiyeti geliştirilen program ile de görülebilmektedir.



- Tez kapsamında oluşturulan program sayesinde sıvılaşma taşıyan zeminlerin tespiti belirli kriterlerle inceleme yapıldığından erken müdahale yapılması mümkündür. Zemin etütleri ve çalışmaları sırasında riskli olduğu görülen zeminlerde zemin enjeksiyon, dinamik kompaksiyon vb. iyileştirme yöntemleri kullanılarak daneler arası boşluklar doldurulmalı, enjekte edilen malzeme suya karşı dayanımı ile suyu ötelemeli bu şekilde zemini sıkılaştırarak direnimi arttıracak türden olmalı bu şekilde zeminde ki sıvılaşma riski azaltılabilir.
- Bu programı kullanarak saha ya da ofis mühendislerinin sıvılaşma anlamında karar verme mekanizmaları hızlandırılabilir.
- Başkaca bir analiz yöntemi ile karşılaştırma yapılmamıştır kısıt olarak.
- Geoteknik ve literatür açıdan yapılan program eski programlar ve yöntemlere nazaran daha anlaşılır ve sıralı olarak program ilerlettiğinden sonuçların kıyası mühendisin yorumu açısından daha net olmaktadır.
- Bir sonraki çalışma olarak geçmişte, günümüzde hale hazırda literatürde yer alan diğer sıvılaşma analiz yöntemleri ve bundan sonra yönetmelik kapsamına alınacak diğer yöntemlerinde geliştirilen analiz modeline ilave edilmesi ve beraberinde mevcut farklı arazi verileri ile data havuzunun geliştirilmesi ileri ki çalışmalar olarak düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdoun, T. and Wang, Y.** (2003). Performance of retrofitted pile foundations subjected to seismically induced lateral spreading. Pacific Conference on Earthquake Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Abdoun, T., Dobry, R., Zimmie, T.F. and Zeghal, M.** (2005). Centrifuge research of countermeasures to protect pile foundations against liquefaction-induced Lateral Spreading. Journal of Earthquake Engineering, 9(1), 105-125.
- Acar, A.M.,** (2017). “Şişen Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri ve İmar Planlamasına Etkisi”, 04.01.2019 tarihinde, [https://www.ilbank.gov.tr/dosyalar/uzmanlik\\_tezleri/14698.pdf](https://www.ilbank.gov.tr/dosyalar/uzmanlik_tezleri/14698.pdf) adresinden erişildi.
- Afet ve Acil Durum Başkanlığı,** (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara.
- Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı,** (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), Ankara.
- Akbay, Z.** (2009). Yatay yüklü grup kazıkların analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akkar, S. & Bommer J. J.** (2006). Prediction of peak ground velocity for Europe and surrounding countries, in Proc. of the First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva Switzerland, 3–8 September, paper no. 631.
- Akkar, S., Sandıkkaya, M.A. ve Bommer, J.J.,** 2014. Empirical Ground-Motion Models for Point- and Extended-Source Crustal Earthquake Scenarios in Europe and the Middle East, Bull Earthquake Eng, 12, 359-387.
- Al Bawwab W. M. K.** (2005). Probabilistic Assessment Of Liquefaction-Induced Lateral Ground Deformations, A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, (Doctoral dissertation), Middle East Technical University, Turkey.
- Alkaya, D., Yeşil, B.,** (2011), Microsoft Office Excel Kullanılarak Geoteknik Rapor Hesap Programı, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 7, Sayı:1 , 2011 (80-88).
- Altun,** 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.
- Alyamaç ve Erdoğan,** 2005. Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları. Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.

- Ambraseys, N. and Finkel, C.,** (1987), The Saros-Marmara earthquake of 9 August 1912, *J. Earthq. Eng. Struct. Dyn.* 15, 189-211.
- Andrews, D. C. A., and Martin, G. R.,** 2000. Criteria for liquefaction of silty soils, *Proc., 12th World Conf. on Earthquake Engineering*, Upper Hutt, New Zealand, NZ Soc. for EQ Engrg., Paper No. 0312.
- Andrus, R.D., Stokoe II, K.H.** 1997. Liquefaction Resistance Based on Shear Wave Velocity. NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance Of Soils, Technical Report NCEER-97-0022, T.L.Youd and I.M. Idriss, (Eds.), Held (1996), Salt Lake City, UT, Buffalo, NY, 89-128.
- Andrus, R.D., Stokoe II, K.H.** 1999. A Liquefaction Evaluation Procedure Based on Shear Wave Velocity. Wind and Seismic Effects US/Japan Natural Resources Development Program Joint Meeting 31st Technical Memorandum of PWRI 3653 Proceedings 71-78.
- Andrus, R.D., Stokoe II, K.H.** 2000. Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, (ASCE) 126, 1015-1025.
- Arıkan M. A. Sahir,** 2011, Sonlu Elemanlar Metodunun Mühendislikteki Uygulamaları, Makine Mühendisleri Odası Arşivi.
- Atabey,** (2000). Sıvılaşma sonucu oluşacak yanal yayılma hesap yöntemi, 10 Ağustos.
- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı,** (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara.
- Bhattacharya S. and Goda K.** (2013). Probabilistic buckling analysis of axially loaded piles in liquefiable soils. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 45, 13-24.
- Bhattacharya, S.** (2003). Pile Instability During Earthquake Liquefaction, PhD Thesis, University of Cambridge, UK, 3-35.
- Bhattacharya, S. and Bolton, M.** (2004). Buckling of piles during earthquake liquefaction. 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No.95.
- Bhattacharya, S., Adhikari, S. and Alexander, N.A.** (2009). A simplified method for unified buckling and free vibration analysis of pile-supported structures in seismically liquefiable soils. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29(8), 1220–1235.
- Bhattacharya, S., Carrington, T. M., & Aldridge, T.R.** (2005). Buckling considerations in pile design. In *Proceedings of the International Symposium on Frontiers in Offshore Geotechnics*, London.
- Bhattacharya, S., Tokimatsu, K., Goda, K., Sarkar, R., Shadlou, M. and Rouholamin, M.** (2014). Collapse of Showa Bridge during 1964 Niigata earthquake: A quantitative reappraisal on the failure mechanisms. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 65, 55-71
- Bird, J.F., Crowley, H., Pinho, R. and Bommer, J.J.** (2005). Assessment building response to liquefaction-induced differential ground deformation.

Bulletin of The New Zealand Society For Earthquake Engineering, 38(4), 215-234.

- Boulanger, R.W., Curras, C.J., Kutter, B.L., Wilson, B.W. and Abghari, A.** (1998). Seismic soil-pile-structure interaction experiments and analyses. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125(9), 750-759.
- Bozkurt, S.** (2014). "Zemin Mühendisliğine Giriş", 18.12.2020 tarihinde, <https://www.slideshare.net/SeyfettinBozkurt/zemin-mhendisliine-gir,adresinden-erişildi>.
- Bray, J.D., Sancio, R.B., Riemer, M. and Durgunoglu, H.T.** (2004). Liquefaction Susceptibility of Fine-Grained Soils. In: *Proceedings 11th International Conference On Soil Dynamics and Earthquake Engineering and 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering*, Berkeley, California, 655-662.
- Budkowska, B.B. and Elmarakbi, A.** (2001). The assessment of shear effect of soil in analysis of laterally loaded models of the piles. *Structural Engineering, Mechanics and Computation*, 1, 755-762.
- Casagrande, A.** (1975). Liquefaction and cyclic deformation of sand: a critical review. *Proc. Fifth Pan-American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, pp. 79-133.
- 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 ve Paulos,** (1982). Liquefaction induced by cyclic loading. Report Submitted to the National Science Found., Washington D.C., 80 p.
- Castro, G.** (1969). Liquefaction of sands (Doctoral dissertation). Harvard University, Cambridge, Massachusetts.
- Cauzzi, C., Faccioli, E.** (2008). Broadband (0.05 to 20 s) prediction of displacement response spectra based on worldwide digital records, *Journal of Seismology, Cilt. 12(4)*, s. 453-475, 2008.
- Celep, Z.,** 2018. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı; Beta Dağıtım, İstanbul; 727 s.
- Chaudhary, N.K., Jawaid, S.M.A. and Zafar, S.** (2015). An Overview of Liquefaction Susceptibility Criteria. *International Journal of Chemical and Biological Sciences*, Review Paper, 2(5), 1-6.
- Chenaf, N. and Chazelas, J-L.** (2008, November). The Kinematic and Inertial Soil-Pile Interactions: Centrifuge Modelling. *3rd International Workshop of Young Doctors In Geomechanics*, France, 65-68.
- Cheng, Z. and Jeremic, B.** (2009). Numerical modeling and simulation of pile in liquefiable soil. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29(11-12), 1405- 1416.

- Choobbasti, A.J., Saadati, M. and Tavakoli, H.R.** (2012). Seismic response of pile foundations in liquefiable soil: parametric study. *Arabian Journal of Geosciences*, 5(6), 1307-1315.
- Choudhury, D., Kanth, V.S. and Reddy, G.R.** (2009). Recent Advances in Analysis and Design of Pile Foundations in Liquefiable Soils during Earthquake: A Review. *Proceedings of The National Academy of Sciences, India*.
- Cubrinovski, M. and Ishihara, K.** (2004). Simplified method for analysis of piles undergoing lateral spreading in liquefied soils. *Soils and Foundations*, 44(5), 119- 133.
- Cubrinovski, M., Haskell, J.J.M. and Bradley, B.A.** (2012). Analysis of piles in liquefying soils by the pseudo-static approach-sensitivity study. *Special Topics in Geotechnical Earthquake Engineering*, 147-174
- Cubrinovski, M., Ishihara, K. and Furukawazono, K.** (1999, 21-25 June). Analysis of FullScale Tests on Piles in Deposits Subjected to Liquefaction. 2 nd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Lisbon, Portugal
- Cubrinovski, M., Kokusho, T. and Ishihara, K.** (2006). Interpretation from large-scale table tests on piles undergoing lateral spreading in liquefied soils. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 26(2-4), 275-286.
- Çelebi, E., Fırat, S. ve Çankaya, İ.** (2006). Dikdörtgen Rijit Temellerin Dinamik Empedans Fonksiyonları. *İMO Teknik Dergi*, 252, 3827-3849.
- Çetin, T., Erzin, Y.,** (2016), Şev Stabilité Analizleri İçin Bir Bilgisayar Programının Geliştirilmesi, *CBÜ Fen Bil. Dergi.*, Cilt 12, Sayı 3, 569-577.
- Dash, S.R. and Bhattacharya, S.** (2007). Criteria for design of piled foundations in seismically liquefiable deposits. 4 th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Thessaloniki, Greece, 1724.
- Dash, S.R., Bhattacharya, S. and Blakeborough, A.** (2010). Bending-buckling interaction as a failure mechanism of piles in liquefiable soils. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(1-2), 32-39.
- Dash, S.R., Govindaraju, L. and Bhattacharya, S.** (2009). A case study of damages of the Kandla Port and Customs Office tower supported on a mat-pile foundation in liquefied soils under the 2001 Bhuj Earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29(2), 333–346.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY).** 2007. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi.
- Dereli Z.A, Tolon M.** (2015) The Comparison of Back-Propagation (BPNN) and General Regression (GRNN) Neural Network Architectures used for SPT Based Liquefaction Analysis, Department of Civil Engineering, Nisantasi University, Istanbul, Turkey
- Dobry, R.,** 1990. Contribution to working group No.2, Proc., 3rd Japan-U. S. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for soil liquefaction, Buffalo, NY, National Center for

Earthquake Engineering Research Technical Report NCEER-91- 0001, T. D. O'Rourke and M. Hamada (ed.), February 1, 643-645.

- Doğangün A.**, 2018. Betonarme Yapıların hesap ve Tasarımı; Birsen Yayınevi, 732 s.
- Dutta, S.C. and Roy, R.** (2002). A critical review on idealization and modeling for interaction among soil-foundation-structure system. *Computers and Structures*, 80(20-21), 1579-1594.
- Dülger, M.** (2015). UBCSAND model ile sıvılaşma davranışının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Düzceer İ. R.**, (2002), ‘‘Kazık yükleme deneyleri ile nihai kazık taşıma kapasitesinin belirlenmesi üzerine bir çalışma.’’ Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (Erişim Tarihi 04.04.2021), (371).
- Elibol, B.** (2005). Kısmi doymun kumların tekrarlı yükler etkisi altındaki davranışı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ellsworth, W.L.**, (1991), The Richter Scale ML. Wallace, R.E. (Ed.), The San Andreas Fault System (177), 1515 (8), 283, USGS, California.
- Erdoğan, M.** (1992). Silivri Şehri Coğrafyası. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden edinilmiştir.
- Ergünay O.** (1976), Earthquake Zoning Map of Turkey, Proc., Seminar on Seismic Zoning Map, Vol.1., p. 359-370, UNESCO.
- Ergünay O, Erdik, M.**, (1984): Disaster Mitigation Program in Turkey, Proceeding of the International Conference on Disaster Mitigation Program Implementation, November, OchoRios, Jamaica.
- Ergünay, O.**, (2006). Deprem Tehlikesi ve Riski Açısından Ankara’ya Genel Bakış. TMMOB, Mimarlar Odası Ankara Şubesi Bülteni. 23-24.
- Erhan, E. E.** (2011) Kiriş Elemanlarından Oluşan Bir Yapının Sonlu Eleman Analizi Yüksek Lisans Tezi
- 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.** (2015). 1st Ishihara Lecture: An overview of the behavior of pile foundations in liquefiable and non-liquefiable soils during earthquake excitation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 68, 69-77.
- Finn, W.D.L. and Fujita, N.** (2002). Piles in liquefiable soils: seismic analysis and design issues. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22(9-12), 731-742.
- Gao, Q, Lin, J.H., Zhong, W.X., Howson, W.P. and Williams, F.W.** (2009). Isotropic layered soil-structure interaction caused by stationary random excitations. *International Journal of Solids and Structures*, 46(3-4), 455-463.

- Ghosh, B., Mian, J. and Lubkowski, Z.A.** (2012). Design of Piles in Liquefiable Soil: A Review of Design Codes and Methodologies. The 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon.
- Gülkan, P., Koçyiğit, A., Yüceci, M. S., Doyuran, V. and Başöz, N.** (1993). A Seismic Zones Map of Turkey Derived from Recent Data (in Turkish). Middle East Technical University, Earthquake. Engineering Research Center, Report No:93-01, Ankara
- Gündüz ve Arman** (2006), Sıvılaştırılabilir Zeminlerde Mevcut Yapıların Sıvılaştırma Etkilerinden Korunması, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onbirinci Ulusal Kongresi, 7-8 Eylül 2006, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- Haskell, J.J.M., Madabhushi, S.P.G., Cubrinovski, M. and Winkley, A.** (2013). Lateral spreading-induced abutment rotation in the 2011 Christchurch earthquake: observation and analysis. *Geotechnique*, 63(15), 1310-1327.
- Holzer T. L., S. Jayko A., Hauksson E., Fletcher J.P.B., Noce T. E., Bennett M. J., Dietel C.M., Kenneth W. H.** (2010). Liquefaction caused by the 2009 Olanca, California (USA), M5.2 earthquake, *Engineering Geology*, 5 sheets.
- Horikoshi, K., Tateishi, A. and Ohtsu, H.** (2000). Detailed Investigation of Piles damaged by Hyogo-ken Nambu Earthquake. 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2477.
- Humar, J.L., Bagchi, A. and Xia, H.** (1998). Frequency domain analysis of soil-structure interaction. *Computer and Structures*, 66(2-3), 337-351.
- Hussien, M.N., Tobita, T., Iai, S. and Karray, M.** (2016). Soil-pile-structure kinematic and inertial interaction observed in geotechnical centrifuge experiments. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 89, 75-84.
- Hwang, J., Kim, C., Chung, C. and Kim, M.** (2006). Viscous fluid characteristics of liquefied soils and behavior of piles subjected to flow of liquefied soils. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 26(2-4), 313-323.
- Idriss, I. M. and Boulanger, R. W.** (2007, 25-28 June). SPT-and CPT-based relationships for the residual shear strength of liquefied soils. 4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering-Invited Lectures, Thessaloniki, Greece.
- Isenhower, W.M. and Wang, S.** (2011). Technical manual for lpile, Version 6. Austin: Ensoft Inc, 101.
- Ishihara, K. and Cubrinovski, M.** (1993, 16-20 December). Performance of large-diameter piles subjected to lateral spreading of liquefied deposits. 13th Southeast Asian Geotechnical Conference, Taipei.
- Janalizadeh, A. and Zahmatkesh, A.** (2015). Lateral response of pile foundations in liquefiable soils. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 7(5), 532- 539.
- Kampitsis, A. E., Sapountzakis, E. J., Giannakos, S. K. and Gerolymos, N. A.** (2013). Seismic soil-pile-structure kinematic and inertial interaction-A new beam approach. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 55, 211-224.

- Karaca, H.**, (2020) Örneklerle TBDY 2019 Zemin Parametrelerinin Kullanılan Yapısal Malzeme Miktarına ve Çatı Katı Yanal Ötelenmesine Etkisi, Politeknik Dergisi, Erken Görünüm.
- Karaca, H.**, (2021) 2007 ve 2018 Deprem Yönetmelikleri Kullanılarak Farklı Zeminlere Göre ve Farklı Kentler İçin Elde Edilen Tasarım İvmelerinin Karşılaştırılması, Kapadokya Örneği, Afet ve Risk Dergisi 4(1), 2021, (42-52).
- Koçkar, M. K.**, (2006), Engineering geological and geotechnical site characterization and determination of the seismic hazards of Upper Pliocene and Quaternary deposits situated towards the west of Ankara. Ph.D. Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, 401p.
- Koldemir, B.**, (2008), "Marmara Bölgesi Liman Yeri Seçiminde Bölge Ekonomisi, Kıyı Jeolojisi ve Jeomorfolojisinin önemi: Silivri Limanı", Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi, Sayı I .S.32-45, Kocaeli.
- Kramer, S. L.** (1996). Earthquake Geotechnical Engineering, Prentice-Hall International Series in Civil Engineering Mechanics, New Jersey, USA.
- Kramer, S. L. and Seed, H. B.** (1998). Initiation of soil liquefaction under static loading condition. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 114(4), 412-430.
- Lee, K. Z.**, (2014). Verification of FLAC Mohr-Coulomb Model For Granular Materials Under Monotonic Loading. Report DSO-14-02, U.S. Department of the Interior 185 Bureau of Reclamation Technical Service Center Denver, Geotechnical Engineering Group 3, Colorado
- Liyanapathirana, D. S. and Poulos, H. G.** (2002). A numerical model for dynamic soil liquefaction analysis. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22(9-12), 1007- 1015.
- Lombardi, D. and Bhattacharya, S.** (2016). Evaluation of seismic performance of pile supported models in liquefiable soils. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 45(6), 1019-1038.
- Martin, G. R., Finn, W. D. L. and Seed, H. B.** (1975). Fundamentals of liquefaction under cyclic loading. Journal of the Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Division, 101(5), 423-438.
- Martin, G.R. and Chen, C.Y.** (2005). Response of piles due to lateral slope movement. Computers and Structures, 83(8-9), 588-598.
- Matlock, H.** (1970). Correlations for design of laterally loaded piles in soft clay. Offshore technology in civil engineering's hall of fame papers from the early years, 77-94.
- Miwa, S., Ikeda, T. and Sato, T.** (2006). Damage process of pile foundation in liquefied ground during strong ground motion. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 26(2-4), 325-336.
- Mogami, H., Kubo, T.** (1953). The behavior of soil during vibration. Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, pp. 152-153.

- Mokhtar, A-S. A., Abdel-Motaal, M. A. and Wahidy, M. M.** (2014). Lateral displacement and pile instability due to soil liquefaction using numerical model. *Ain Shams Engineering Journal*, 5(4), 1019-1032.
- Nurhan E.** (2008). *Effects Of Permeability And Compressibility On Liquefaction Screening Using Cone Penetration Resistance*, The State University Of New York, Buffalo.
- Olson, S.M., and Stark, T. D.** (2002). Liquefied strength ratio from liquefaction flow failure case histories. *Canadian Geotechnical Journal*, 39(3), 629-647.
- Oral, S.** (2014). *Effective Stress Based Constitutive Modelling And Assesment of Seismic Pile-Soil Iteration In Liquefiable Soils*, PhD Thesis. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara
- Özaydın, K.** (2007, 16-20 Ekim). Zeminlerde sıvılaşma. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul/ (2011)
- Özener,** (2007) Tez (Doktora) - Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Özmen B, Nurlu M, Güler H,** (1997), Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 89s., Ankara.
- Özmen, G. ,** (2009), İnşaat Mühendisleri için Excel Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2009.
- Pampal S, Özmen B,** (2006), Türkiye Deprem Bölgeleri Haritaları, 17. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi Konferansı, 14-17 Kasım, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, MTA Kültür Sitesi, Ankara-Türkiye.
- 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.
- Raghudeep B.** (2008). *Liquefaction Induced Lateral Spreading In Large-Scale Shake Testing*, State University Of New York At Buffalo, USA.
- Rahmani, A. and Pak, A.** (2012). Dynamic behavior of pile foundations under cyclic loading in liquefiable soils. *Computers and Geotechnics*, 40, 114-126.
- Robertson, P.K., Woeller, D.J., Finn, W.D.L.** 1992. Seismic Cone Penetration Test for Evaluating Liquefaction Potential Under Cyclic Loading. *Canadian Geotechnical Journal*, Ottawa, 29, 686- 695.
- Rollins, K.M., Gerber, T.M., Lane, J.D. and Ashford, S.A.** (2005). Lateral resistance of a full-scale pile group in liquefied sand. *Journal of the Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Division*, 131(1), 115-125.
- Sarkar, R., Bhattacharya, S. and Maheshwari, B.K.** (2014). Seismic requalification of pile foundations in liquefiable soils. *Indian Geotechnical Journal*, 44(2), 183-195.
- Seed H. B., and Lee, K. L.** (1966). Liquefaction of saturated sands during cyclic loading. *Journal of Soil Mechanics and Foundations*, November, pp. 105-134.

- Seed, H. B.** (1979). Considerations in the earthquake-resistance design of earth and rock-fill dams. *Geotechnique* 29, No. 3, pp. 215-263.
- Seed, HB., Idriss, IM.,** 1971. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 97, pp. 1249-1273.
- Seed, R. B., Cetin, K. O., Moss, R. E. S., Kammerer, A. M., Wu, Pestana, J. M., Riemer, M. F., Sancio, R., ... and Faris, A.,** (2003). Recent advances in soil liquefaction engineering: A unified and consistent framework, 126th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar, Keynote Presentation, H.M.S. Queen Mary, Long Beach, California, April 30.
- Sextos, A.G., Mylonakis, G.E. and Mylonas E-K.V.** (2015). Rotational excitation of bridges supported on pile groups in soft or liquefiable soil deposits. *Computers and Structures*, 155, 54-66.
- Shanker, K., Basudhar, P.K. and Patra, N.R.** (2007). Buckling of piles under liquefied soil conditions. *Geotechnical and Geological Engineering*, 25(3), 303-313.
- Siyahi, B., Çetin, K.Ö. ve Bilge, H.T.** (2013, 5-7 Aralık). Geoteknik deprem mühendisliği açısından zemin-temel-yapı etkileşimine kritik bakış. 5. Geoteknik Sempozyumu, Adana
- Soroush, A., and Koochi, S.** (2004). Numerical analysis of liquefaction-induced lateral spreading. 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada
- Sykora, D. W.** (1987). Creation of a Data Base of Seismic Shear Wave Velocities for Correlation Analysis. *Geotechnical Laboratory Miscellaneous Paper GL87-26*, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Tabban A,** (1970a), Türkiye'nin Sismisitesi ve Deprem Bölgeleri Haritasının Geliştirilmesi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, Cilt XIII, Sayı 2.
- Tabban A,** (1970b). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasının Geliştirilmesine Ait Rapor, İmar ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara, Mart (yayımlanmamış).
- Takahashi, A. and Takemura, J.** (2005). Liquefaction-induced large displacement of pile supported wharf. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 25(11), 811-825.
- Tang, L., Ling, X., Xu, P., Gao, X. and Wang, D.** (2009). Shake table test of soil-pile groups-bridge structure interaction in liquefiable ground. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 9(1), 39-50.
- Taylan, ZN., Uysal, H., Lav, MA., Erken, A.** 2007. Sıvılaşma Ve Taşıma Gücü Kaybı Sonucu Oluşan Oturmaları Kapsayan Vaka Analizi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- TBDY** (2018), "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği: Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar", Türkiye Cumhuriyeti, Ankara.
- Terzaghi, K., Peck, R.B.** (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and Sons, Inc., 2nd Edition.

- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası**, 2008, “Bina ve bina türü yapılar (kategori 2 ve 3) için parsel bazında düzenlenecek zemin ve temel etüdü (geoteknik) değerlendirme raporu formatı” Ankara.
- TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası**, 2008, “Toprak Zeminlerde Sığ Temellerin Taşıma Gücü Hesap Cetveli Kullanım Kılavuzu”, Seminer, Ankara.
- TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası**, 2019, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği İle Uyumlu Basitleştirilmiş Zemin Sıvılaşma Potansiyeli Analizi Hesabı”, Seminer, Ankara, Mayıs, 2019.
- TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası**, (2019), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 ile Uyumlu Basitleştirilmiş Zemin Sıvılaşma Potansiyeli Analizi ve Sıvılaşma Sonrası Oturma, Yanal Deformasyon, Kayma Dayanımı Kaybı ve Kapak Tabakası Etkisi Hesap Cetveli, Ekim 2019.
- Tokimatsu, K., and Asaka, Y.**, 1998. Effects of liquefaction-induced ground displacements on pile performance in the 1995 Hyogoken-Nambu earthquake. Special Issue of Soil and Foundations, 38, 163-177.
- Tolon M.** (2013). A Comparative Study On Computer Aided Liquefaction Analysis Methods, Int. Journal for Housing Science, Vol.37, No.2, pp.121-135, 2013 Published in United States.
- Tolon M. ve Ural N. D** (2012). Liquefaction Analysis in 3D based on Neural Network Algorithm Istanbul Technical University, Turkey.
- Tolon M. ve Ural N.D.** (2011) Karşılaştırmalı Sayısal Sıvılaşma Analizi Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran, İstanbul
- Tolon, M.** (2013), A Comparative Numerical Analysis for Liquefaction, Phd Thesis, ITU, Graduate School of Science Engineering and Technology, August 2013.
- Tonaroğlu, M.** (2006). Sıvılaşmanın nümerik yöntemlerle modellenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tunç, G., ve Tanfener, T.** 2016. 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi, 3.Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik ve Erişebilirlik, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi.
- Unutmaz, B. ve Çetin, K.Ö.** (2007, 16-20 Ekim). Sismik zemin sıvılaşmasında zemin-yapıdeprem etkileşimi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- Uyanık, O.** (2002). Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi, Doktora Tezi, DEU. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Uyaran, A.**, ((1989). Tek Kademeli ve İki Kademeli Sonlu Farklar Metodu ile Küçük Sehimli İnce Plak Çözümü, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uzuner, B. A.**, (1995), “ Temel Mühendisliğine Giriş ”, Derya Kitabevi, Trabzon.
- Ücos, Z.**, ((2016). Silivri Şehri'nin Gelişimi: Sorunlar ve Çözümler , Yüksek lisans Tezi, İstanbul Üniveristesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Wang ve Law** (1994). 1994. Siting in Earthquake Zones, Balkema, Rotterdam, 115 p

- Wei, X., Wang, Q. and Wang, J.** (2008). Damage patterns and failure mechanisms of bridge pile foundation under earthquake. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
- Yeğit, M., Zorluer, İ.,** (2019), Aynı Zemin Koşullarında Farklı Kazık Gruplarının Performansı, AKU J. Sci. Eng. 19 (2019) 025603 (410-418).
- Yeşilce, Y. ve Demirdağ O.** (2020), “Deprem Parametreleri. Deprem Sempozyumu.
- Yıldırım, S.** (2009). Zemin incelemesi ve temel tasarımı (3. Baskı). İstanbul: Birsen Yayın Evi, 424.
- Youd et al.** (2001). Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 nceer and 1998 nceer/nsf workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, 127(10):817-833.

### İnternet

- Peakup** 2021, <https://peakup.org/blog/exceli-excel-yapan-15-ozellik/>, Erişim Tarihi: 26.10.2021.
- Url-1** <<http://www.ce.washington.edu/~liquefaction>>, alındığı tarih: 10.01.2021.
- Url-2** <<https://www.cografyatr.com/haber/ic-kuvvetler-orojenez-epirojenez-vulkanizma-deprem>>, alındığı tarih: 12.10.2021.
- Url-3** <[https://www.kreatifbiri.com/\\_deprem-nedir-cesitleri-nelerdir/](https://www.kreatifbiri.com/_deprem-nedir-cesitleri-nelerdir/)>, alındığı tarih: 22.10.2021.
- Url-4** < <https://depremlermuhos.weebly.com/deprem-ccedile351itleri.html>>, alındığı tarih: 24.10.2021.
- Url-5** < <http://www.cografyaszolugu.com/index/index/CC/579>>, alındığı tarih: 21.10.2021.
- Url-6** < <https://insapedia.com/fay-hareketleri-normal-ters-sag-atimli-sol-atimli-fay-nedir/>>, alındığı tarih: 22.10.2021.
- Url-7** < <http://jeofizikmuhendisleri.com/makaleler/Fay.Nedir?.Fay.Cesitleri.Nelerdir?>>, alındığı tarih: 20.10.2021.

## ÖZGEÇMİŞ

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
- **Ön Lisans** : 2020, Atatürk Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Ekim 2020 – Halen çalışıyorum. Mahmut Özcan İnşaat olarak Koyuncuoğlu Grup Firması ile alt taşeron kaba inşaat yapımında Mühendislik
- Haziran 2017 – Kasım 2018. Safranbolu Yapı Denetim firmasında yapıların kontrolü ve denetlenmesi, Kontrol Mühendisi

### TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER: