RESHİN OTHMAN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

2022

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANILARAK SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

RESHİN OTHMAN

EYLÜL - 2022
DİYARBAKIR

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANILARAK SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

RESHİN OTHMAN

HAZİRAN 2022

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANILARAK SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

RESHIN OTHMAN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE
SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK ZEMİN MEKANİĞİ VE
GEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

HAZİRAN 2022
DİYARBAKIR

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANILARAK SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Reshın OTHMAN tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Zemin Mekaniği** ve **Geoteknik Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ _____
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Doç.Dr. M.Salih KESKİN _____
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Prof.Dr.TahaTAŞKIRAN **(*)** _____
İnşaat Mühendisliği Bölümü,Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Doç.Dr. M.Salih KESKİN **(**)** _____
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Hayrullah AKYILDIZ _____
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 22/07/ 2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.
(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Aileme…

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: RESHIN OTHMAN

İmza: …….

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez danışmanım Doç.Dr. Mehmet Salih Keskin'e tez danışmanım olduğu için ve tezin her aşamasında bana destek olduğu için kendisine teşekkürü borç bilirim.

Tez aşamasında her türlü yardımı esirgemeyen, ihtiyaç duyduğumda her türlü yardımdan kaçınmayan hocalarım Dr. Ali Em ve Prof.Dr.Taha Taşkıran'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezin hazırlanma aşamasında, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettirdikleri için aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR……..v

İÇİNDEKİLER……vi

ŞEKİLLER LİSTESİ……...ix

TABLOLAR LİSTESİ…….xi

SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ……xii

EKLER LİSTESİ

ÖZET…….xiii

ABSTRACT……..xiv

1. GİRİŞ……....1
   - 1.1 Çalışmanın Amacı Ve Kapsamı…….2
   - 1.2 Çalışma Alanın Özellikleri……3
     - 1.2.1 Coğrafi konum……3
     - 1.2.2 Depremsellik……...4
     - 1.2.3 Depremin yol açtığı zemin problemleri……..6
2. ZEMİNLERDE SIVILAŞMA……..7
   - 2.1 Sıvılaşmanın Tarihsel Gelişimi……...7
   - 2.2 Sıvılaşma Kavramı……..9
   - 2.3 Sıvılaşma Olgusu……..10
   - 2.4 Sıvılaşma Türleri……...12
     - 2.4.1 Akma sıvılaşması……..13
     - 2.4.2 Devirsel hareketlilik (Mobilite)……14
     - 2.4.3 Düz yüzey sıvılaşması……...15
   - 2.5 Sıvılaşmayı Etki Eden Faktörler……...17
     - 2.5.1 Deprem şiddeti ve süresi……...17
     - 2.5.2 Yeraltı su seviyesi…….18
     - 2.5.3 Zemin tipi……..18
     - 2.5.4 Zeminin relatif sıkılığı (dr)……...19
     - 2.5.5 Tane boyu dağılımı……...20
     - 2.5.6 Yerleştirme ve çökelme ortamı……21

2.5.7 Drenaj şartları……21
2.5.8 Çevre basıncı……21
2.5.9 Tane biçimi……...21
2.5.10 Yaş ve çimentolanma……21
2.5.11 Tarihsel ortam……...22
2.5.12 Bina yükü……..22
2.6 Sıvılaşma Riskine Karşı Alınabilecek Önlemler……..22
2.6.1 Sıvılaşmaya yatkın alanların terk edilmesi……...23
2.6.2 Yapı temellerinin sıvılaşmayan tabakalara oturtulması……23
2.6.3 Yapının sıvılaşmaya karşı dirençli tasarlanması……...23
2.6.4 Sıvılaşma yönünden zemin iyileştirme teknikleri……24
2.6.5 Enejeksiyon ve zemin karıştırma teknikleri……..24
2.6.6 Zemin sıkıştırma teknikleri……...24
2.6.7 Drenaj……25
2.7 Arazi Deneylerine Dayalı Sıvılaşma Analizi……26
2.7.1 Standart penetrasyon deneyi (SPT)……...27
2.7.1.1 Standart penetrasyon deneyinin(SPT) yapılışı……27
2.7.1.2 SPT-Narazi değerinin düzeltilmesi……28
2.7.1.3 SPT'ye dayalı sıvılaşma analizi……..33
2.7.2 Koni penetrasyon deneyi (CPT)……38
2.7.2.1 CPT deneyinin yapılışı……38
2.7.2.2 Devirsel direnç oranının hesaplanması……...40
2.7.3 Kayma dalga hızı (vs) deneyi……...41
2.7.3.1 Devirsel direnç oranının hesaplanması……...41
2.8 Sıvılaşmaya Emniyet Faktörünün Hesaplanması……..42
3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS)……...44
3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Nedir?…….....44
3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Tarihsel Gelişimi……45
3.3 CBS'nin Bileşenleri……..46
3.3.1 Donanım……47
3.3.2 Yazılım……..47
3.3.3 Veri……...48
3.3.4 İnsanlar……..48

3.3.5 Yöntemler……48
3.4 CBS ‘nın Kullanım Alanları……49
3.4.1 CBS kullanım alanlarına göre adlandırılması……...50
3.5 CBS Verileri……..50
3.5.1 CBS’de konumsal veri işleme tekniklerin çeşitleri……...50
3.5.2 CBS veri türleri……50
3.5.2.1 Vektör veri……50
3.5.2.2 Raster very……..50
3.5.2.3 Coğrafi olmayan öznitelik veriler……...51
3.5.3 Raster verinin ve vektör verinin avantajları ve dezavantajları…..52
4. MATERYAL VE METOD……54
4.1 İnceleme Alanında Bulunan Sondaj Kuyuları……..55
4.2 Laboratuvar Deneyleri……..56
5. BULGULAR VE TARTIŞMA……...60
6. SONUÇ VE ÖNERİLER……73
KAYNAKLAR……76
EKLER……..80
ÖZGEÇMİŞ……..92

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Son 70 yıl içinde Türkiye'de meydana gelen doğal afetler neticesinde yıkılan yapıların tür bazında dağılımı…….....1

Şekil 1.2 Van ili ve yer bulduru haritası…….....4

Şekil 1.3 Van ili deprem haritası…….....5

Şekil 1.4 Türkiye deprem tehlike haritası……6

Şekil 2.1 1999 İzmit Adapazarı depremi sırasında Sıvılaşma etkisi ile hasar görmüş yapı……..11

Şekil 2.3 Sıvılaşmanın fiziksel süreci……13

Şekil 2.4. 1964 Niiagata depremi……....14

Şekil 2.5 1999 Adapazarı depreminde sıvılaşma sonucu devrilen binalar……14

Şekil 2.6 Suya doygun gevşek zeminin drenajsız şartlarda davranışı……15

Şekil 2.7 Eğimli bir temel üzerindeki gevşek malzemenin sıvılaşma ile akması…...16

Şekil 2.8 1999 Kocaeli depreminde, Değirmendere'de denize doğru gelişen akma sıvılaşması……...16

Şekil 2.9 Suya doygun sıkı zeminin drenajsız şartlarda davranışı…….....17

Şekil 2.10 1989 Loma Prieta depreminde oluşan yanal yayılma……17

Şekil 2.11 Yüzeyde kum konileri oluşma biçimi……....18

Şekil 2.11 1998 Adana-Ceyhan depreminde oluşan kum kaynaması…….....18

Şekil 2.12 Zeminlerde sıvılaşabilir granülometri aralığı……....22

Şekil 2.13 Jet-grout tekniğiyle zemin iyileştirilmesi……..27

Şekil 2.14 Taş kolon tekniğiyle zemin iyileştirilmesi……....27

Şekil 2.15 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) şeması ve SPT kaşığı……..30

Şekil 2.16 Düz veya hafif eğimli zeminler için gerilme azaltma katsayısının derinlikle değişimi……..37

Şekil 2.17 deprem büyüklüğü için SPT-CRR eğrisi…….39

Şekil 2.18 Koni penetrasyon deneyi (CPT) şeması……41

Şekil 2.19 Devirsel direnç oranı (CRR) ile düzeltilmiş CPT uç direnci ilişkisi…….43

Şekil 2.20 Devirsel direnç oranı (CRR) ile düzeltilmiş kayma dalga hızı (V_{S1}) ilişkisi……..44

Şekil 3.1 CBS'nın bileşenleri……..49

Şekil 3.2 Konumsal ve konumsal olmayan bilgiler……...51

Şekil 3.3 Vektör veri geometri tipleri…….53

Şekil 3.4 Raster veri modeli……53

Şekil 3.5 Raster ve vektör veri gösterimi……53

Şekil 4.1 Çalışma alanındaki sondaj lokasyonlarının World Imagery üzerinde gösterimi…….54

Şekil 4.2 Çalışma alanındaki sondaj lokasyonlarının World Street Map üzerinde gösterimi…….54

Şekil 5.1 Deprem büyüklüğü 6,0 olan deprem senaryosunun sıvılaşma potansiyelinin haritası…….66

Şekil 5.2 Deprem büyüklüğü 6,5 olan deprem senaryosunun sıvılaşma potansiyelinin haritası…….66

Şekil 5.4 Deprem büyüklüğü 7,0 olan deprem senaryosunun sıvılaşma potansiyelinin haritası…….72

Şekil 5.5 Deprem büyüklüğü 7,5 olan deprem senaryosunun sıvılaşma potansiyelinin haritası…….72

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Van Gölü havzasında Tarihsel dönemde meydana gelen depremler……..8

Tablo 2.1 Depremde M_L, a_{max}, süre ve şiddet ilişkisi……..9

Tablo 2.2 Rölatif sıkılığa-zeminlerin sınıflandırılma ilişkisi……10

Tablo 2.3 zeminlerin relatif sıklığı-sıvılaşma riski ilişkisi……22

Tablo 2.4 Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan arazi deneylerinin avantaj ve dezavantajları……....29

Tablo 2.5 enerji oranı düzeltmesi……...34

Tablo 2.6 kuyu çapı düzeltme katsayıları……...34

Tablo 2.7 Tij boyu düzeltme katsayıları…….34

Tablo 2.8 örnek alıcının tipi düzeltme katsayıları……..35

Tablo 2.9 SPT düzeltme faktörleri…….35

Tablo 4.1 İnceleme alanındaki sondaj bilgileri……...37

Tablo 4.2 İnceleme alanı zeminlerinin SPT- Narazi değerleri……...59

Tablo 4.3 Laboratuvar deney sonuçları……..62

Tablo 5.1 Büyüklüğü 7,0 ve 7,5 olan deprem senaryosuna göre sıvılaşma analiz sonuçları……..66

Tablo 5.1 Büyüklüğü 7,0 ve 7,5 olan deprem senaryosuna göre sıvılaşma analiz sonuçları……..70

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
σv0	Toplam Gerilme
σ´v0	Efektif Gerilme
us	Statik Durumda Boşluk Suyu Basıncı
ud	Dinamik Durumda Boşluk Suyu Basıncı
emax	Zeminin En Gevşek Durumdaki Boşluk Oranıdır
emin	Zeminin En Sıkı Durumdaki Boşluk Oranıdır
e0	Zeminin Tabii Boşluk Oranıdır
N′	Düzeltilmiş Darbe Sayısıdır
N	Ölçülen SPT- N Sayısıdır
N1	Efektif Düşey Basınca Göre Düzeltilmiş SPT-N
CN	Efektif Düşey Basınç Düzeltme Katsayısı
N	Ölçülen SPT-N Sayısıdır
Pa	100 Kpa Değerindeki Referans Gerilmesi
τav	Ortalama Makaslama Gerilmesi (t/m2)
rd	Derinliğe Bağlı Gerilme Azalma Katsayısı
z	Derinlik (m)
g	Yer Çekimi İvmesi (m/s2)
amax	En Büyük Yatay İvme (g)
$(N1)_{60,cs}$	%60 Enerji Oranına Göre Düzeltilmiş SPT- N Değeri.
(N1)60	%60 Enerji Oranına Göre Düzeltilmiş SPT- N Değeri
α	İnce Dane Oranına Bağlı Katsayılar
β	İnce Dane Oranına Bağlı Katsayılar
FC	Zeminin İnce Dane Oranı
CM	Deprem Magnitüdü Düzeltme Faktörüdür
Kσ	Örtü Basıncı Düzeltme Faktörü

KS	Başlangıç Statik Kayma Gerilmesinin Düzeltme Faktörü.
F	Zeminin Rölatif Sıkılığına Bağl Bir Katsayıdır
qc	Ölçülen Uç Direnç
q_{c1}	Üst Tabaka Yüküne Göre Düzeltilmiş Birimsiz Uç Dirençtir
CQ	Konik penetrasyon direnci için üst tabaka yükü düzeltme katsayısı
n	Zemin Tipi İle Değişiklik Gösteren Sabittir
VS1	Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı
VS	Kayma Dalga Hızı
F_S	Sıvılaşma Emniyet Faktörü

Kısaltma	**Açıklama**
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi
CPT	Konik Penetrasyon Deneyi
V_S	Kayma Dalga Hızı Deneyi
CSR	Devirsel Gerilim Oranı
CRR	Tekrarlı Direnç Oranının
CRR7.5	Büyüklüğü 7,5 Depremlerin Tekrarlı Direnç Oranı
$CRR_{M,\sigma'v}$	Büyüklüğü 7.5'den Farklı Depremlerin Tekrarlı Direnç Oranı
Mw	Deprem Büyüklüğü
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi

ÖZET

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANILARAK SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Othman, Reshin

Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Danışman: Doç.Dr. Mehmet Salih Keskin

Haziran 2022, 106 sayfa

Geoteknik açıdan, deprem sırasında en önemli zemin hasarlarından biri olan sıvılaşma, suya doygun kumlu, siltli zeminlerde depremin dinamik etkisi ile ya da ani yüklenme ile zemin direncinin azaldığı durumda oluşan ve zeminin adeta bir sıvı gibi davrandığı olaydır.

Bu çalışmada, Van ili İpekyolu, Edremit ve Tuşba ilçelerinin zemin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanında yapılan 43 adet sondajdan elde edilen SPT sonuçları ve alınan zemin numuneleri üzerinde laboratuvar deneyleri yapılarak zemin fiziksel özellikleri belirlenmiş ve analizler için bir veri tabanı oluşturularak, her 1.5 metre derinlikteki zemin tabakaları için sıvılaşma emniyet faktörü hesaplanmıştır. Böylece elde edilen sonuçları değerlendirilerek çalışma alanın sıvılaşma potansiyeli ortaya konulmuştur.

Sıvılaşma analizi için ofis programı olan Microsoft Excel kullanılarak Seed ve İdriss (1971) tarafından önerilen "Basitleştirilmiş'' yönteme göre her bir ilçenin verileri için ayrı tablolar oluşturularak dört farklı deprem büyüklükleri (Mw=6,0; 6,5; 7,0; 7,5) için çalışma kapsamında olan sondajların her 1,5 m derinlikteki sıvılaşma emniyet faktörünün değerlerini hesaplanarak çalışma alanının sıvılaşma risk potansiyelini ortaya konulmuştur. Bunun sonucunda dört farklı deprem büyüklükleri için sıvılaşma potansiyeli haritaları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Global Mapper (20.1) programını kullanılarak oluşturulmuştur.

Sıvılaşma potansiyeline ilişkin elde edilen sonuçlara göre çalışma alanının İpekyolu, Edremit ve Tuşba ilçelerinin deprem büyüklükleri (Mw= 6,5; 7,0; 7,5) için sıvılaşma riski taşıdığını görülmüştür. Deprem büyüklüğü (Mw= 6,0) için ise sıvılaşma riski birçok sondaj kuyusunda görülmezken, bazılarında sıvılaşma riski tespit edilmiştir. Ancak, çalışma alanın yer altı suyu ve kumlu siltli zeminlerin varlığında, bölgenin sismik özellikleri nedeniyle daha kapsamlı araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sıvılaşma, SPT, Microsoft Excel, Mw, Global Mapper.

ABSTRACT

DETERMINATION OF LIQUIDATION POTENTIAL USING THE GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)

Othman, Reshin

Master of Science in Department of Civil Engineering

Supervisor: . Mehmet Salih Keskin

June 2022, 106 pages

From a geotechnical point of view, liquefaction, which is one of the most important soil damages during an earthquake, is the phenomenon that occurs in saturated sandy, silty soils with the dynamic effect of the earthquake or when the soil resistance decreases with sudden loading and the ground behaves almost like a liquid.

In this study, it was aimed to determine the soil liquefaction potential of Van province İpekyolu, Edremit and Tusba districts. The physical properties of the soil were determined by performing laboratory tests on the soil samples and the SPT results obtained from 43 drillings in the study area, and a database was created for the analyzes and the liquefaction safety factor was calculated for the soil layers at a depth of 1.5 meters. Thus, the liquefaction potential of the study area was revealed by evaluating the results obtained.

Using Microsoft Excel, an office program for liquefaction analysis, four different earthquake magnitudes (Mw=6.0; 6.5; 7.0; 7.5), the liquefaction risk potential of the study area was revealed by calculating the values of the liquefaction safety factor at every 1.5 m depth of the drillings within the scope of the study. As a result, liquefaction potential maps for four different earthquake magnitudes were created using the Geographical Information Systems (GIS) Global Mapper (20.1) program.

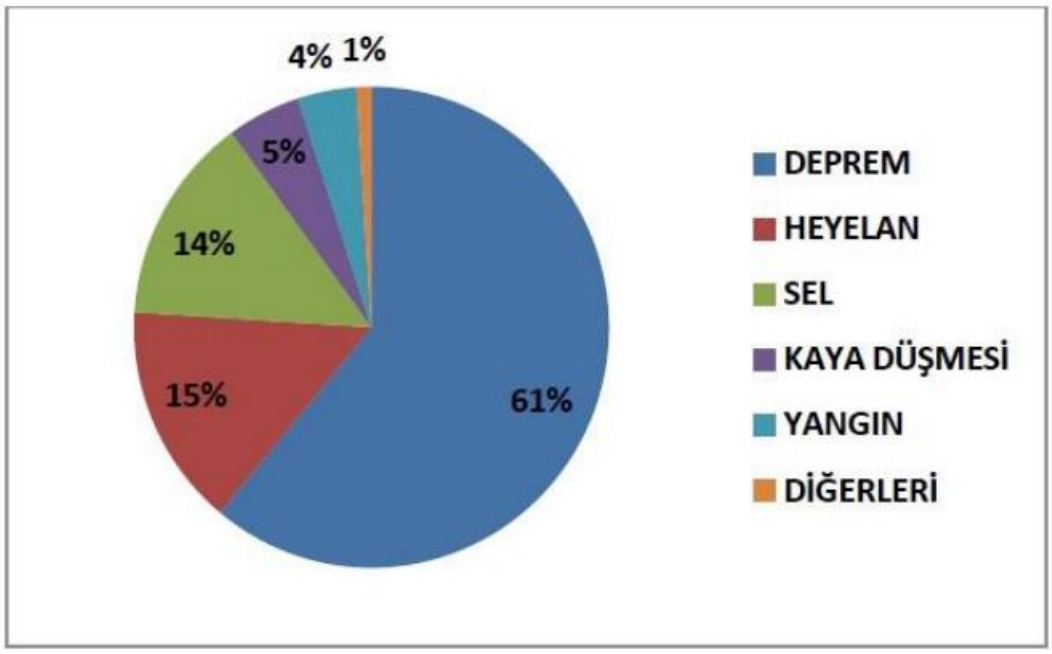
According to the results obtained regarding the liquefaction potential, it has been observed that the study area carries a liquefaction risk for earthquake magnitudes (Mw= 6.5; 7.0; 7.5) in İpekyolu, Edremit and Tusba districts. For earthquake magnitude (Mw= 6.0), liquefaction risk was not observed in many boreholes, while liquefaction risk was detected in some. However, in the presence of groundwater and sandy silty soils in the study area, more comprehensive investigations are required due to the seismic characteristics of the region.

Keywords: Liquefaction, SPT, Microsoft Excel, Mw, Global Mapper.

1.GİRİŞ

Depremler, yağmur, sel, fırtına ve yangın gibi doğa olayları insanların hayatı ve çevresel şartlarını negatif yönde etkileyen, can ve mala zarar gelmesine sebebiyet veren ‘’doğal afet’’ olarak isimlendirilmektedir. Ancak depremler önceden tahmin edilebilen ve kendisinden kaçabildiğimiz doğal afetlerden olmadığı için insan hayatına en fazla etki eden, arkasında bıraktığı hasarlar itibariyle ilk sırada yer alan şüphesiz depremlerdir (Şekil 1.1).

Türkiye en çok deprem üreten kuşaklardan (Akdeniz-Alp-Himalaya) ve dünyada yaşanan bütün depremlerin beşte birinin oluştuğu bu kuşak üzerinde yer almaktadır. Dolaysıyla Türkiye coğrafi konumu nedeniyle yüz ölçümünün yaklaşık %93’ü deprem bölgesi içinde, %42’si 1. derece deprem bölgesi içinde yer almaktadır. Türkiye nüfusunun % 98’i deprem tehdidi altında Sanayi kuruluşlarının % 98’i deprem bölgelerinde ve % 73’ü de aktif fay zonları içinde ve aynı şekilde barajların % 95’i bu tehlikeli topraklar üzerinde bulunmaktadır (TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2010). Bu da Türkiye’de doğal afetler arasında deprem tehlikesinin ne boyutta olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.1 Türkiye’de son 70 yıl içinde yaşanan doğal afetler sonucunda yıkılan yapıların tür bazında dağılımı (Aksoy, 2011).

Yapılarda uygun mühendislik önlemleri alınmadığı zaman depremler birçok insanın hayatını kaybetmesine neden olmaya ve iktisadi kayıplara sebebiyet vermeye devam edecektir. Depremin yapılar üzerinde neden olduğu hasarlardan biri de sıvılaşmadır.

Zemin sıvılaşması, sismik sarsıntılar sırasında oluşan dinamik gerilmeler neticesinde oluşmaktadır. Buna bağlı olarak zeminlerin sıvılaşmaya karşı duyarlılığını, sıvılaşmaya neden olan faktörleri belirlemek ve sonrasında meydana gelebilecek hasarları tahmin etmek Geoteknik Deprem Mühendisliğinde önemli bir araştırma konusudur. Bu nedenle konu ile ilgili farklı değerlendirme kriterleri ve analiz yöntemleri bulunmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Suya doygun kohezyonsuz zeminlerde, deprem esnasında ortaya çıkan tekrarlı gerilmelerin neticesinde meydana gelen zemin sıvılaşması ve sıvılaşmaya dayanan deformasyonlar, Geoteknik Mühendisliğinde karşılaşılan önemli problemlerdendir.

Türkiye' bir deprem ülkesi olarak tarih boyunca çok sayıda deprem yaşamış ancak sıvılaşma konusu ilk olarak 1992 Erzincan'da yaşanan depremde gündem olmuş ve 1999 Adapazarı depreminin meydana gelmesiyle konunun ehemmiyeti anlaşılmış ve konu ile ilgili çalışmalar önemli bir ivme kazanmıştır.

Türkiye'de meydana gelen büyük depremler sebebiyle oluşan hasarlar içerisinden, sıvılaşmadan ötürü kayıplar da mevcuttur. Bu nedenle yapılarda sıvılaşmadan kaynaklı meydana gelen hasar biçimlerinin ve özelliklerinin tanıtılması ve buna yönelik mühendislik çalışmalarıyla iyileştirme yöntemleri ortaya koymak gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Van ve yakın çevresi, çok sayıda deprem dizileri üreten Doğu Anadolu Fayı, Kuzey Anadolu Fayı ve Bitlis ilini sınırlayan Bitlis kenet Kuşağı gibi üç temel faydan etkilenen bir bölge içinde bulunmaktadır. Van Gölü Havzası deprem üretme potansiyeli çok yüksek olan ve aşırı derecede aktif kuşaklar içerisinde kalan Doğu Anadolu Fayı'nda bulunmaktadır.

Van ili, tarih boyunca 5 ile 10 şiddetleri arasındaki pek çok depremden etkilenmiştir. Depremin etkisiyle Van şehir merkezindeki yapıların temellerinde 0,5 ile 2 santimetre arasında oturmalar oluştu. Çeşitli bölgelerde ise sıvılaşma ve bunun sonucunda kum

konileri oluştu. Aynı şekilde 23 Ekim 2011'de 7,2 büyüklüğünde yıkıcı Van depreminde sıvılaşmaya bağlı oturmalar ve beraberinde yanal yayılmalar görülmektedir. Bu da sıvılaşma olayının hassasiyeti ve önemini göstermektedir.

Bu çalışma, Van iline ait İpekyolu, Edremit ve Tuşba ilçelerinin sıvılaşma potansiyeli olan bölgelerin belirlenmesini amaçlamaktadır. Sıvılaşma analizlerinin yapılabilmesi için çalışma bölgesine ait jeolojik, tektonik, sismolojik ve zeminlerin mühendislik özellikleri gibi birçok etken hakkında bilgi edinilmesi gerekmektedir.

Bu nedenle, bu çalışmada, öncelikle çalışma alanın Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) verileri elde edilmiştir. Elde edilen verilere istinaden sıvılaşma analizi yöntemine karar verilmiş ve hesaplamalar yapılmıştır. Analizler neticesinde elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) (Global Mapper) programı kullanılarak inceleme alanına ait sıvılaşma potansiyel haritaları oluşturulmuştur.

1.2 Çalışma Alanın Özellikleri

1.2.1 Coğrafi konum

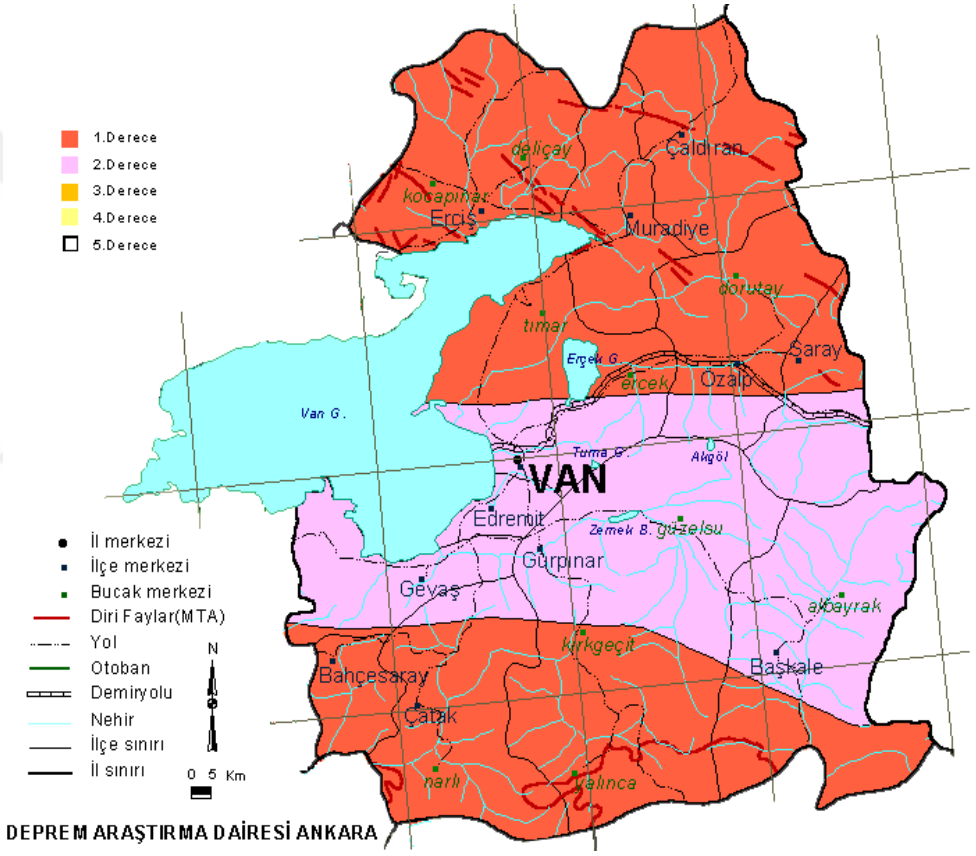
Van dünya üzerinde, 42 derece 40 dakika ve 44 derece 30 dakika doğu boylamları ile 37 derece 43 dakika ve 39 derece 26 dakika kuzey enlemleri arasındadır. Türkiye'de ise, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Murat-Van Bölümü' ndeki Van Gölü kapalı havzasındadır. Kuzeyden Ağrı ili, Doğubeyazıt, Diyadin ve Hamur ilçeleri; batıdan Van Gölü ile Ağrı ilinin Patnos ilçesi, Bitlis' in Adilcevaz, Tatvan ve Hizan ilçeleri; güneyden Siirt' in Pervari, Hakkâri ili, Beytüşebap ve Yüksekova ilçeleri ile komşudur. Doğusunda ise İran devleti sınırı yer almaktadır (Şekil 1.2) (https://van.ktb.gov.tr).



Şekil 1.2 Van ili ve yer bulduru haritası (https://tr.wikipedia.org).

1.2.2 Depremsellik

Van deprem bölgesi 37.50°-40.00°N enlemleri ile 41.00°-45.00°E boylamları arasında yer alır. Bölge, Jeolojik yapısı ve morfo-tektonik özelliği bakımından Asor adalarından Endonezya'ya kadar devam eden Alpin Kuşak'ında (Akdeniz-Himalaya Kusağı) yer almaktadır. Van deprem bölgesi, tektonik bakımdan Avrasya ile Arap levhalarının sıkışma bölgesinde, Kuzey Anadolu Fay Hattı ile Doğu Anadolu Fay Hattının çakıştığı alanda yer almasından dolayı Doğu Anadolu'nun en hassas deprem bölgelerinden biridir (Şekil 1.3) (Sezer, 2010).



Şekil 1.3 Van ili deprem haritası (https://www.e-sehir.com).

Bölgenin gerek deprem kataloğu gerekse tektonik özelliklerini göz önünde tutularak, Van ili ve çevresinin farklı şiddetlerde birçok depremden etkilendiği denilebilir. Ayrıca, bölgede bulunan alüvyonlu alanlar depremden ötürü oluşabilecek zemin deformasyonların ve hasarların fazla olabileceğini göstermektedir.

Van gölü ve çevresinde, tarih boyunca kaydedilen çok sayıda yıkıcı depremin yaşandığı bilinmektedir. Bu kayıtlar bölgede halen aktif fay hatlarının olduğuna işaret etmektedir. Van Gölü Havzası'ndaki ovalık alan yüksek oranda yerleşim alanı olarak kullanılmaktadır. Bu durum bölgedeki deprem riskini daha da arttırmaktadır (Yılmazer, 1999).

Bölge, 12.- 20. yüzyılları arasında 6 ile 10 şiddetleri arasındaki birçok depreme maruz kalmıştır. Bölgenin sismik yapısı açısından önemli görülen depremler Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Van Gölü havzasında Tarihi dönemlerde yaşanan depremler (Koeri).

Sıra No	**Tarih**	**Enlem**	**Boylam**	**Şiddet**	**Etkili olduğu bölge**
1.	1110	38,50	43,50	7	Van
2.	1245	38,74	42,50	6	Van, Bitlis, Ahlat
3.	1276	38,90	42,90	8	Van, Erciş, Ahlat
4.	1441	38,35	42,10	8	Van, Bitlis
5.	1647	39,15	44,00	9	Van, Bitlis
6.	1648	38,30	43,70	8	Hoşap, Van
7.	1701	38,50	43,40	8	Van
8.	1704	38,50	43,40	7	Van
9.	1715	38,70	43,50	8	Erciş, Van
10.	1869	38,40	43,10	6	Bitlis
11.	1871	38,50	43,40	7	Van
12.	1881	38,50	43,30	9	Van, Bitlis, Muş

2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nca Van ilinde oluşabilecek depremlerin maksimum yatay yer ivmesi (a_{max}) 0,3 g ile 0,4 g aralığında değişmektedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4 Türkiye deprem tehlike haritası (https://deprem.afad.gov.tr).

1.2.3 Depremin yol açtığı zemin problemleri

Sismik sarsıntı esnasında zemin titreşim etkisi altına girdiğinde sismik sarsıntıdan etkilenen kesimlerde, yapı türlerine, zemin cinsine, bölgenin bir su kütlesine yakın olup olmamasına, yer altı su seviyesinin zemin yüzünden itibaren derinliği gibi unsurlara dayalı olarak bir takım problemler meydana gelmektedir (Tonaroğlu, 2006). Van gölü ve çevresinde yaşanan depremlerde zemin cinsine ve yer altı su seviyesine bağlı olarak meydan gelen bir takım problemlerden biri de zemin sıvılaşmasıdır.

Aynı şekilde 2011 23 Ekim tarihinde yaşanan büyüklüğü 7.2 olan Van-Tabanlı ve 2011 9 Kasım tarihinde yaşanan büyüklüğü 5.6 olan Van-Edremit depremlerine Geoteknik açıdan bakıldığında, alüvyonlu alanlardaki hasarların zemin büyütmesi, sıvılaşma ve heyelanlar ile ilgili olduğu söylenebilir. Deprem zararlarını en aza indirebilmek için, konusunda uzman mühendislerce yapılacak detaylı mikro bölgeleme ve zemin etüdü çalışmaları ile doğru yerleşim yeri seçimi yapılmalıdır.

2. ZEMİNLERDE SIVILAŞMA

2.1 Sıvılaşmanın Tarihsel Gelişimi

Sıvılaşma; Geoteknik mühendisliğin açısında önemli bir konu olması bakamından dünya genelinde üzerinde çok detaylı çalışmalar yapılmaktadır. Zeminin sıvılaşma potansiyelini belirlemek için farklı araştırmacılar tarafından birçok çalışma yapılmıştır.

Bu bölümde, Türkiye ve dünya genelinde literatürde sıvılaşma ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmektedir.

1936'yılında Arthur Cassagrande zeminin kritik boşluk oranını esas alarak zemin sıvılaşmasına dair ilk çalışmasını gerçekleşmiştir. Bu çalışmada Cassagrande her hangi bir kum zeminin boşluk oranı kritik boşluk oranından büyük ise deprem anında zeminin tekrarlı kayma gerilmelerine maruz kalması durumunda zemin taneleri arasında boşluk oranı azalır dolaysı ile hacimde büzülme meydana gelir ve eğer zemin drenajsız ise boşluk suyu basıncı yükselip ve böylece sıvılaşma riski artmasına sebep olur.

Sıvılaşma kavramı ise, ilk kez 1965'de Arthur Cassagrande tarafından, 1964 29 Nisan'da meydana gelen Alaska, Good Friday, **(M_W=9.2)** ve 1964 16 Haziran Japonya, Niigata, **(M_S=7.5)** depremlerin yıkıcı etkileri sonrasında ortaya konulmuştur.

Bundan sonra Seed ve arkadaşları tarafından laboratuvar ve arazi deneyleri ile sıvılaşma analiz yöntemlerine yönelik çalışmalar başlatmışlardır.

1971 yılında Seed ve Idriss tarafından geliştirilen basitleştirilmiş analiz yönteminde deprem sırasında oluşan gerilmelerin zeminin kayma mukavemeti ile karşılaştırılması zeminin sıvılaşmaya karşı güvenlik sayısı hesaplanmaktadır. Basitleştirilmiş analiz yöntemi sıvılaşma potansiyelini değerlendirmek için kullanılan en yaygın yöntem olmaktadır.

1975 yılında Castro, 1979 yılında Seed; deprem büyüklük ve şiddeti, zemin türü ve yapısal özellikleri, sismik karekteristikleri ve diğer arazi özelliklerinin de sıvılaşma potansiyelinde etkili olduğunu ortaya koydular.

(1979) yılında Wang, Çin'de yaşanan Haicheng 1975 ve Tangshan 1976 depremlerinde zemin yenilmeleri oluşan ince taneli çökel istifler üzerinde yaptığı araştırmalar sonucunda, ince tane içeren zeminlerin sıvılaşma şartlarını gösteren "Çin Ölçütü"nü geliştirmiştir.

Youd vd. 2001 yılında 21 araştırmacı ile beraber sıvılaşma analizinde kullanılacak SPT-N değerine bağlı devirsel direnç oranının hesaplanması için müşterek bir denklem geliştirmişlerdir. Bu bağıntı ile zeminlerin farklı büyüklükteki deprem etkisi altında oluşacak sıvılaşma potansiyellerinin de belirlenebilmesi için, Idriss (1995) tarafından önerilen magnitüd düzeltme faktörü yeniden düzenlemişlerdir (Uyanık, 2002).

Tonaroğlu (2006), zeminlerin sıvılaşmasını sağlayan etkenlere ve mekanizmaları LASS III bilgisayar programını kullanarak açıklık getirmeyi hedeflemiştir. Gerçekleştirdiği analizler sonucunda yüksek geçirgenliğe sahip kumların, sarsıntı şiddeti ve tekrar derecesinden bağımsız olarak sıvılaşmadığını tespit etmiştir. Ayrıca bu çalışmada sıvılaşma derinliği seviyesi yer sarsıntılarının tek yönlü veya iki yönlü olması durumlarına göre incelemiştir. Çalışma sonucunda zemin hareketleri, tek yönlü ise sıvılaşma derinliğinin 10 metreyi aşmadığı, iki yönlü ise 15 metreyi aştığı tespit edilmiştir (Subaşı Duman, 2013).

Türkiye'de ise buna verilebilecek en iyi örnek 17 Ağustos 1999 İzmit Gölcük depremidir. Depremin etkisiyle bazı yapılar zeminin içine doğru hareket ederken bazıları ise devrilmiştir (Şekil 2.1). O ana kadar zemin sıvılaşmasının önemi anlaşılamamıştır ve pek ehemmiyet verilmemiştir.

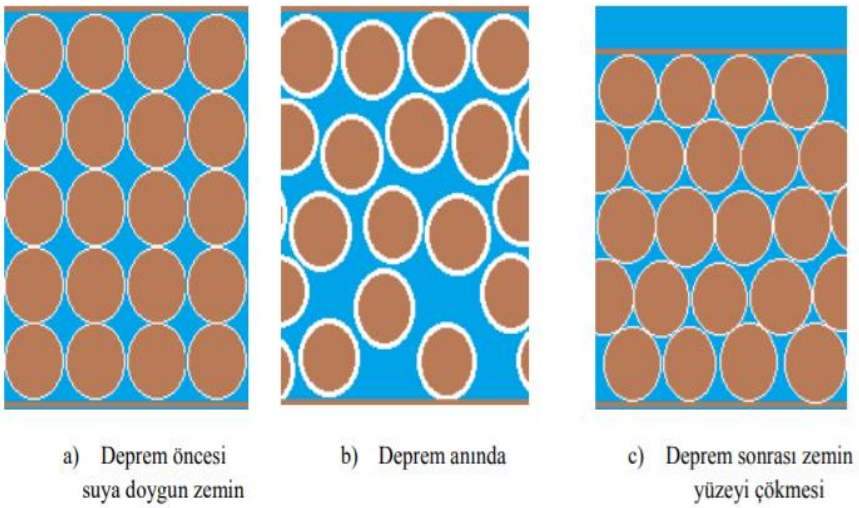


Şekil 2.1 1999 İzmit Adapazarı depremi sırasında Sıvılaşma etkisi ile hasar görmüş yapı (Manav ve diğ. 2019).

2.2 Sıvılaşma Kavramı

Sıvılaşma, daneli zeminlerde artan boşluk suyu basıncı ve azalan efektif gerilme sonucunda zemin mukavemetinin azalması ve sıvı gibi bir davranış sergilemesidir. Deprem etkisine maruz kalan zeminin sıkışma eğiliminden dolayı boşluk suyu basıncı artış göstermektedir.

Şekil 2.2'de deprem etkisi altında zemin sıvılaşma süreci görülmektedir. Zeminde sıvılaşma geçirimli gevşek-orta sıkı siltli kumlar veya az geçirimli kaplama ya da ara katmanlar nedeniyle boşluk suyunun drene olamayan kumlu çakıllı zeminlerde daha hızlı bir şekilde gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Sıvılaşma nedeniyle zeminde yumuşamalar meydana gelmekte ve bu nedenle büyük kayma şekil değiştirmeleri görülmektedir.



Şekil 2.2 deprem etkisi altında zemin sıvılaşma süreci.

Suya doygun, gevşek kum/kumlu zeminler, tekrarlı yükler etkisinde, sıkışma ve hacim daralması eğilimi gösterirler. Bu eğilim, drenajın olmadığı koşullarda, boşluk suyu basıncını artırır. Tekrarlı yükler kum tabakası içindeki boşluk suyu basıncının artmasını desteklediği zaman, toplam normal gerilme, boşluk suyu basıncına eşit değere ulaşabilir (Das, 1983). Bu durumda, kohezyonsuz zemin kayma direnimini kaybeder ve bir sıvı gibi davranarak büyük yer değiştirmelerine maruz kalır. Böylece sıvılaşma evresine geçilmiş olur (Das, 1983).

2.3 Sıvılaşma Olgusu

Bir deprem esnasında oluşan dalga yayılımının sebebiyet verdiği devirsel kayma gerilmeleri gevşek, suya doygun kohezyonsuz bir zeminde hacimsel büzülmeye neden olur. Bu hacim değişikliği zemin tanelerini daha sıkı bir hal almaya zorlar ve taneden taneye yükü iletmesini sağlar. Bu yük aktarımı boşluk suyu basıncını yükseltir. Yer (sismik) sarsıntı çok hızlı ve ani oluştuğundan, kohezyonsuz zemin drenajsız yüklemeye maruz kalır ve taneli yapı içinde aşırı derecede boşluk suyu basıncı oluşur. Bu basınç artışı, bir seviyeden sonra, taneden taneye aktarılan temas basıncının (efektif gerilme) sıfır olmasına neden olur. Bu durumda, taneli zemin katıdan çok bir sıvı gibi davranır. Yani her bir zemin tanesi suda yüzüyormuşçasına bir davranış sergilemektedir. Bu aşamada sıvılaşma denilen olay meydana gelir.

Yani;

Statik şartlarda, $\sigma'_{v0} = \sigma_{v0} - u_s$ (1.1)

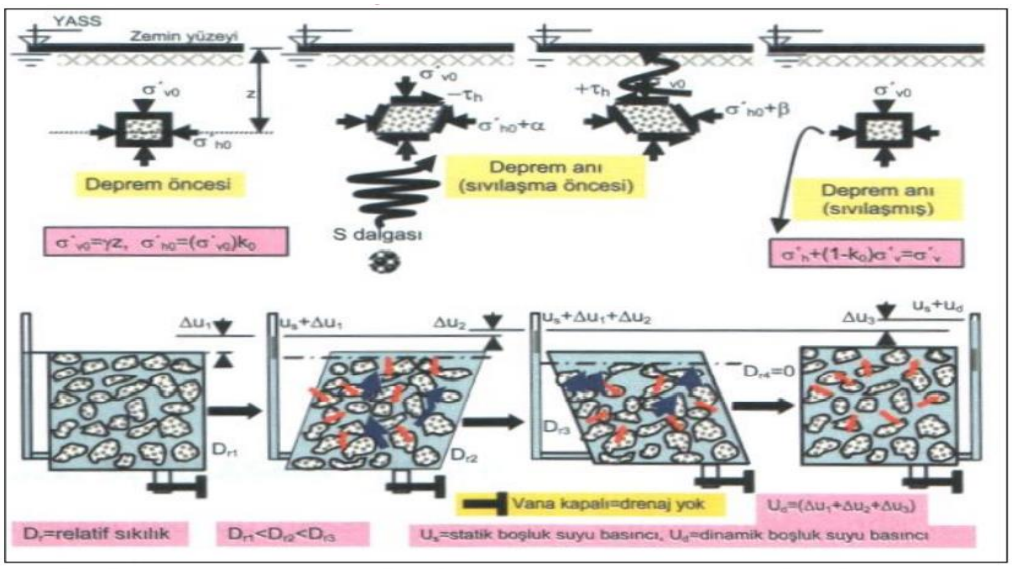
Dinamik şartlarda, $\sigma'_{v0} = \sigma_{v0} - (u_s + u_d)$ olacaktır. (1.2)

Eğer, $(u_s + u_d) = \sigma_{v0}$ olursa, $\sigma'_{v0} = 0$´dır. (1.3)

Burada;

"σ_{v0}" toplam gerilme; *"σ'_{v0}"* efektif gerilme; *"u_s"* statik şartlarda boşluk suyu basıncı; *"u_d"* dinamik şartlarda boşluk suyu basıncı.

Sıvılaşmanın fiziksel süreci Şekil 2.3'te şematik halde gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Sıvılaşmanın fiziksel süreci (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Deprem kaynaklı Sıvılaşan zemin dayanımını yitirir. Böylece sıvılaşmaya bağlı yanal toprak yayılması, taşıma gücü kayıpları, oturmalar ve kaymalar gibi hasar tipleri meydana gelmektedir. Bunun sonucu da, sıvılaşan zeminin üzerinde bulunan yapılar yan yatar,batar, devrilir, veya döner (Şekil 2.4) (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. 1964 Niiagata depremi (Youd,1984).



Şekil 2.5 1999 Adapazarı depreminde sıvılaşma sonucu devrilen binalar.

Zemin sıvılaşmasından sonra, son derece yüksek boşluk suyu basıncı sönümlenmeye geçecektir. Zeminin sıvılaşma durumunu sürdürme süresi ise iki esas unsura bağlıdır:

1. Depremden ötürü ortaya çıkan sismik sarsıntının süresine

2. Sıvılaşmış zeminin drenaj koşullarına

Depremden ötürü oluşan tekrarlı kayma gerilmeleri yüklemesi uzun ve kuvvetli olduğu kadar, sıvılaşma durumu da bir o kadar zaman alacaktır. Ayrıca, sıvılaşmış zemin tabakası alttı ve üstü geçirimsiz tabaka (kil tabakası) ile sınırlı ise, suyun sıvılaşmış zeminden drene olması ile son derece yüksek boşluk suyu basıncının alçalması daha fazla zaman alacaktır. Sıvılaşma olayı bitmesinden sonra, zemin daha sıkı bir hal alacaktır.

2.4 Sıvılaşma Türleri

Sıvılaşmanın sebep olduğu hasar tipleri açısından üç tür sıvılaşma söylenebilir:

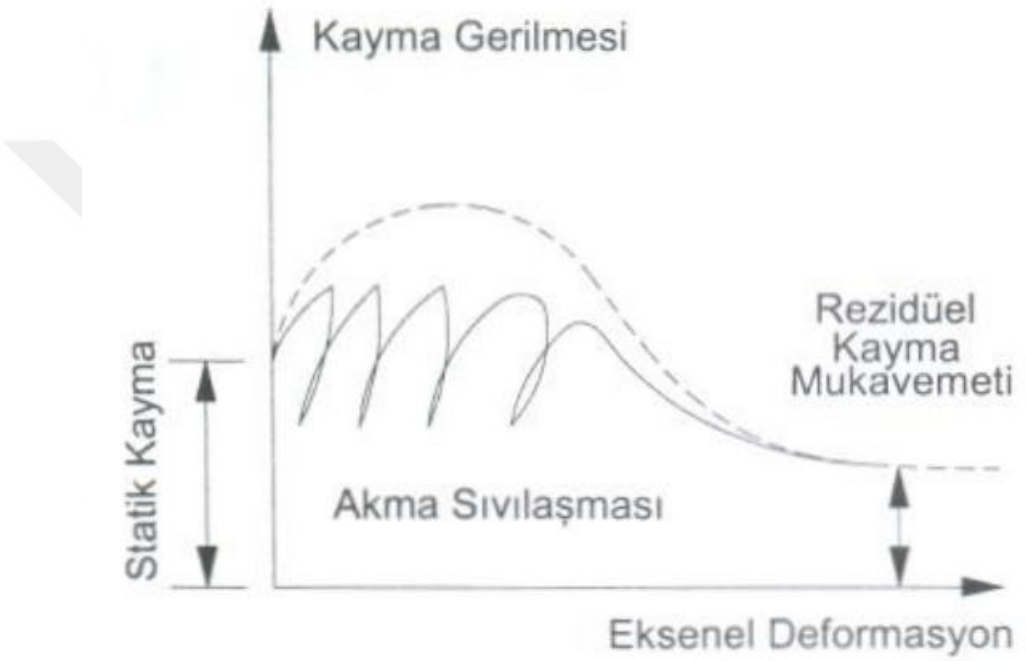
1. Akma sıvılaşması.

2. Devirsel hareketlilik.

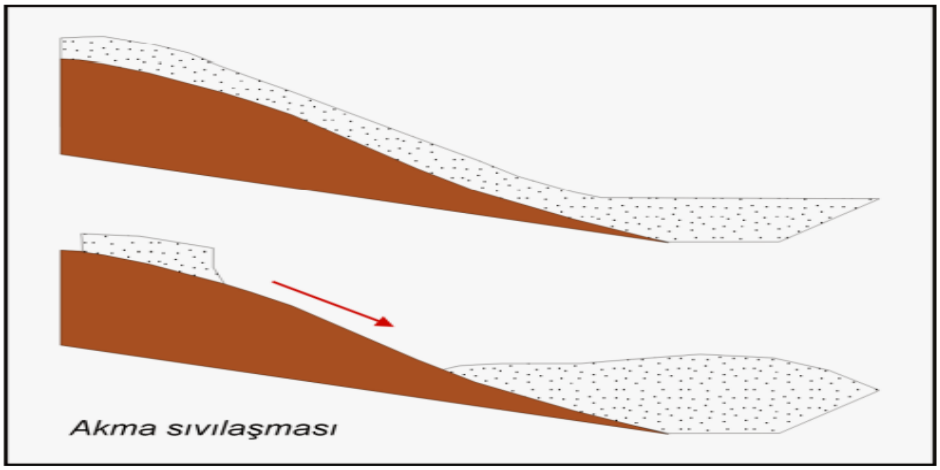
3. Düz Yüzey Sıvılaşması.

2.4.1 Akma sıvılaşması

Akma sıvılaşması, zeminin statik dengesi için kayma gerilmelerinin, sıvılaşmış zeminin direncinden büyük olduğu hallerde meydana gelir ve akma direnci yitirildiğinden büyük hasarlar oluşur. (Şekil 2.6). Genellikle büyük bir zemin parçasının metrelerce yer değiştirmesi (deplasman) sonucu meydana gelen akma sıvılaşması, tetiklendikten sonra, tamamı statik kayma gerilmeleri tarafından devam ettirilir (Şekil 2.7) (Şekil 2.8) (Kramer, 1996).



Şekil 2.6 Suya doygun gevşek zeminin geçirimsiz koşullarda hareketi (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).



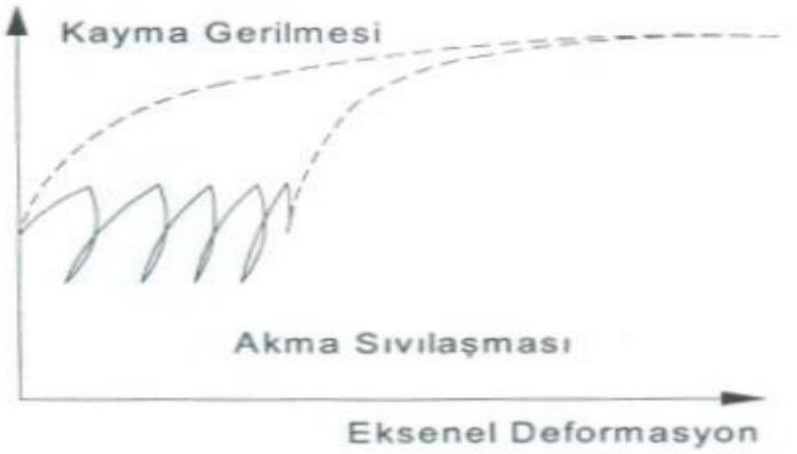
Şekil 2.7 Düz olmayan bir temel üstündeki gevşek malzemenin sıvılaşması ile akışı (Çelik,2003).



Şekil 2.8 Kocaeli 1999 depreminde, akma sıvılaşması ile denize doğru ilerleyen zemin (Ulusay, 2000).

2.4.2 Devirsel hareketlilik

Devirsel hareketlilik sismik sarsıntı esnasında onaylanamayacak kadar yüksek seviyede büyük ve kalıcı deformasyonlara sebebiyet veren başka bir durumdur. Devirsel hareketlilik, akma sıvılaşmasının tersine statik kayma gerilmesinin, sıvılaşmamış zeminin kayma direncinnin, statik kayma gerilmesinden büyük olduğu durumlarda oluşmaktadır (Şekil 2.9). Devirsel hareketlilikten kaynaklı meydana gelen deformasyonlar, sismik sarsıntı esnasında aşamalı olarak meydana gelir. Akma sıvılaşmasının tersine devirsel hareketlilik ile ortaya çıkan deformasyonlara sebep olan unsurlar, devirsel gerilmeler ve statik kayma gerilmeleridir (Uyar, 2006). Yanal yayılma olarak isimlendirilen bu çeşit deformasyonlar, su kütlelerinin yakınındaki az meyilli ya da neredeyse düz yüzeyli zeminlerde gözlenir (Şekil 2.10).Yerleşmenin olduğu bölgelerde ciddi hasarlara sebebiyet verebilirler (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).



Şekil 2.9 Suya doygun sıkı zeminin geçirimsiz koşullarda hareketi (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).



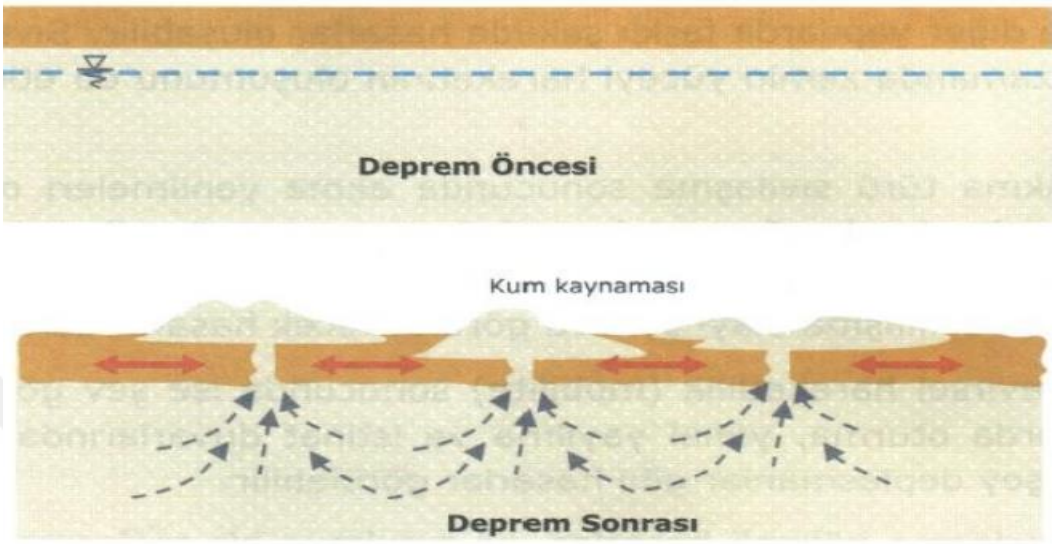
Şekil 2.10 1989 Loma Prieta depreminde oluşan yanal yayılma (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006)

.

2.4.3 Düz yüzey sıvılaşması

Düz yüzeyli zeminlerde statik kayma gerilmelerinin olmamasına rağmen deprem sırasında zeminin tekrarlı dinamik kuvvetlere maruz kalmasından dolayı yüksek düzeyde aşırı boşluk suyu basıncı oluşturmaya yeterli olduğu zaman gelişir. Oluşan aşırı boşluk suyu basıncının sönümlenme eğilimi, Şekil 2.11'de gösterildiği gibi zemin içindeki suyun yukarı yönde hareket etmesiyle birlikte zemindeki yarıklar içinden kum taneleri yüzeye çıkabilir. Yüzeye çıkan kum taneleri, kum konileri veya kum kaynaması şeklinde olur. Düz yüzey sıvılaşmasının zeminde dalgalanma, deprem sonrası oturma ve kum kaynamalarının gelişimi karakteristik belirtileridir. Düz yüzey sıvılaşmasından kaynaklanan kalıcı yanal yer değiştirmeler genellikle küçüktür.

Kum kaynaması genelde bir çizgi boyunca gözlemlenir. Zemindeki çatlak veya yarıkları izler ve genellikle zeminde çöküş ve oranla küçük hasarlara sebep olurlar (Şekil 2.12).



Şekil 2.11 Yüzeyde kum konileri oluşma biçimi (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).



Şekil 2.12 1998 Adana-Ceyhan depreminde oluşan kum kaynaması.

2.5 Sıvılaşmayı Etki Eden Faktörler

Sıvılaşma olayının gerçekleşmesinde etkili olan birçok faktör bulunmaktadır.

Zemin sıvılaşmasına etki eden bu faktörler aşağıda ayrıntılarıyla verilmiştir.

2.5.1 Deprem şiddeti ve süresi

Bir zeminin sıvılaşmaya karşı duyarlılığında veya sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde en etkili faktörlerden biri kuşkusuz deprem ve depremin özellikleridir**.**

Deprem şiddetinin fazla olması maksimum yer ivmesinin büyük olmasına neden olmaktadır. Bu durum da sıvılaşmaya davetiye çıkartmaktadır. Aynı zamanda deprem süresinin uzaması zeminin devirsel kayma gerilmelerine daha uzun bir süre maruz kalmasına neden olacağından dolayı sıvılaşma ihtimalini önemli ölçüde artırmaktadır.

Sıvılaşmanın meydana gelmesi için gereken belirli bir sarsıntı değerinin olma olasılığı ortaya konulmuştur. Bu belirli değerler, maksimum yatay yer ivmesine karşı yaklaşık 0.10 g ve yerel büyüklüğe karşı yaklaşık olarak 5'e kadardır. Bu sebeple, 0.10 g'den küçük bir maksimum yatay yer ivmesinin ya da 5'den küçük bir yerel büyüklüğüne sahip zeminlere dair sıvılaşma analizi yapılmasına ihtiyaç yoktur (Mollamahmutoğlu ve Kayabalı, 2004).

Tablo 2.1'de depremin yatay yer ivmesi ve yerel büyüklüğü ile depremin şiddeti ve süresi gibi özelliklerinin ilişkisi gösterilmektedir.

Tablo 2.1 Depremde M_L, a_{max}, süre ve şiddet ilişkisi (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Yerel büyüklük (M_L)	*Fay yırtılması yakınındaki tipik maksimum yatay yer ivmesi (a_{maks})*	*Fay yırtılması yakınındaki tipik deprem süresi*	*Fay yırtılması yakınındaki tipik Modifiye Mercalli Şiddet derecesi*
≤2	-	-	I–II
3	-	-	III
4	-	-	IV–V
5	0.09*g*	2 s	VI–VII
6	0.22*g*	12 s	VII–VIII
7	0.37*g*	24 s	IX–X
≥8	≥0.50*g*	≥34 s	XI–XII

2.5.2 Yeraltı su seviyesi

Sıvılaşma için en etkili durumlar, yeraltı su seviyesinin sığ derinlikte ya da yüzeye yakın olduğunda oluşmaktadır. Yeraltı su seviyesinin üstünde bulunan ve suya doygun olmayan zeminlerin sıvılaşması söz konusu değildir. Yeraltı su seviyesi üzerinde bulunan zeminler, o bölgedeki yağış tahminleri dikkate alındığında, ilerde büyük ihtimalle doygunluk oluşmayacağına işaret ediyorsa, çoğunlukla sıvılaşma potansiyeli için incelenmeye alınmaz. Yeraltı su seviyesinin zamanla değişiklik gösterdiği yerlerde, sıvılaşma potansiyeli de paralel değişiklik gösterir. Sıvılaşma analizinde önceden ölçülen en yüksek yeraltı su seviyesi kullanılmalıdır. Doğru olan, sıvılaşmanın yeraltı su seviyesi altında bulunan zeminlerde meydana gelebileceğini hesaba katmaktır (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

2.5.3 Zemin tipi

Ishihara (1985), Depremler esnasında sıvılaşmaya yatkın zemin tipleri, ince ve orta kum ile düşük plastisiteli ince taneler içeren kum zeminlerdir. Bununla beraber, sıvılaşmanın bazen çakıllı zeminlerde de meydana geldiği durumlar tespit edilmiştir.

Seed vd.(1983) tarafından yapılan laboratuvar deneyileri ve arazi gözlemleri çalışmalarına göre, kohezyonlu zeminlerin önemli bir kısmı depremler sırasında sıvılaşmayacağını göstermiştir.

Seed ve Idriss (1982) gereğince bildirilen, Youd ve Gilstrap (1999) gereğince desteklenen kriterlere göre, ince taneli zeminlerin sıvılaşabilmesi için, aşağıda gösterilen üç kriterin tümünü sağlaması gerekmektedir:

• 0.005 mm'den daha ince olan tanelerin zemindeki ağırlık oranı 15'den daha düşük olmalıdır.

• 35'den düşük likit limit değerine sahip olmalıdır.

• Zeminin su muhtevası (w) likit limitin 0.9'undan daha yüksek olmalıdır.

İnce taneli zeminin bu üç kriterin hepsini sağlamadığı halde, zeminin çoğunlukla sıvılaşma potansiyeli olmadığı kabul edilir.

2.5.4 Zeminin relatif sıkılığı (dr)

Zemini oluşturan tanelerin ebat, şekil ve dağılım benzeri özellikler, zeminin şekil değiştirme niteliğinin etkilemektedir. Şekil değiştirme niteliği de son derece yüksek boşluk suyu basıncı meydana gelmesinde etkili olmasından, zeminin sıkılık oranı sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde en önemli faktörlerden biridir. Aşağıda gösterilen denklemle relatif sıkılık oranı hesaplanır.

$$\mathcal{D}r = \frac{e_{max} - e_0}{e_{max} - e_{min}} \quad (1.4)$$

Burada;

"e_{max}" zeminin max. boşluk oranıdır; *"e_{min}"* zeminin min. boşluk oranıdır; *"e_0"* zeminin tabii boşluk oranıdır.

Tablo 2.2'te Seed ve Idriss (1971)'e göre relatif sıkılık-zemin sınıflandırma ilişkisini gösterilmektedir. Bu zemin sınıflaması dikkate alındığında relatif sıkılık oranı %65'den yüksek olan zeminlerde sıvılaşmanın meydana gelemeyeceği ifade edilebilir. Nitekim 1964 Niigata'da yaşanan depremde relatif sıkıfığı %50 olan kumlu zeminlerde sıvılaşma meydana gelmiş ancak relatif sıkılığı yaklaşık %70 olan bölgelerde sıvılaşma meydana gelmemiştir (Seed ve Idriss, 1971).

Tablo 2.2 Rölatif sıkılığa-zeminlerin sınıflandırılma ilişkisi (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Relatif sıkılık	Açıklama
0-15	Çok gevşek
15-35	Gevşek
35-65	Orta sıkı
65-85	Sıkı
85-100	Çok sıkı

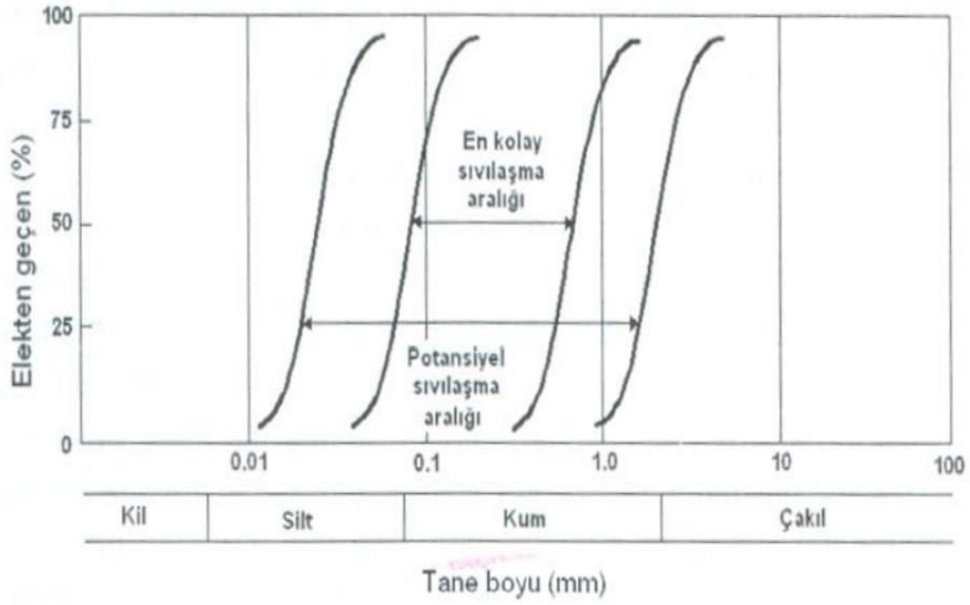
Tablo 2.3'de ise zeminler, farklı ivme büyülüklerinde relatif sıkılık değerlerine bağlı olarak sıvılaşma riski bakımından sınıflandırılmıştır. İvme değeri büyüdükçe sıvılaşma riski kategorisine dahil olan relatif sıkılık değerleri de büyümektedir (Seed & Idriss, 1971).

Tablo 2.3 Zeminlerin relatif sıkılığı-sıvılaşma riski ilişkisi (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

a_{maks}	Sıvılaşma riski		
	Yüksek	Orta	Düşük
0.10g	$D_r<0.33$	$0.33<D_r<0.54$	$D_r>0.54$
0.15g	$D_r<0.48$	$0.48<D_r<0.73$	$D_r>0.73$
0.20g	$D_r<0.60$	$0.60<D_r<0.85$	$D_r>0.85$
0.25g	$D_r<0.70$	$0.70<D_r<0.92$	$D_r>0.92$

2.5.5 Tane boyu dağılımı

İyi derecelenmiş zeminler daha az hacimsel büzülmeler eğiliminde bulunduğundan dolayı geçirimsiz şartlarda oluşabilecek boşluk suyu basıncı daha az arıtış gösterebilmektedir. Bundan ötürü iyi derecelenmiş zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin ya da olasılığının düşük olduğu ifade edilebilir. Üniform derecelenmiş zeminler, dengeli olmayan tane dizilimi oluşturma meylinde olduklarından, bu tür zeminlerin sıvılaşma potansiyeli iyi derecelenmiş zeminlere göre daha yüksektir. Şekil 2.12'de, sıvılaşma eğiliminde bulunan zeminler için tane ebattı bakımından sıvılaşma minimum ve maksimum limitlerini belirten tane ebattı dağılım eğrileri gösterilmiştir.



Şekil 2.12 Zeminlerde sıvılaşabilir granülometri aralığı (Akkaş, 2006).

2.5.6 Yerleştirme ve çökelme ortamı

Göllerde, akarsularda veya denizlerde meydana gelen doğal çökeller, gevşek ve suya doygun, düzensiz bir zemin formu yaratma eğiliminden dolayı sıvılaşmaya daha yatkındır.

2.5.7 Drenaj şartları

Suya doygun, kumlu zeminler, drenajın olmadığı koşullarda tekrar eden yükler altında, sıkışma ve hacim büzülmesi sonucu boşluk suyu basıncı artış gösterir. Ancak drenajlı zeminlerde çok yüksek boşluk suyu basıncı, ani bir biçimde drene olabilirse zeminde sıvılaşma meydana gelmeyebilir**.**

2.5.8 Çevre basıncı

Çevresel basınç yükseldikçe, zeminin sıvılaşmaya yatkınlığı bir o kadar azalmaktadır. Arazi çalışmaları, muhtemel sıvılaşma bölgesinde çoğunlukla zemin seviyesinden itibaren 15 m derinlikte bir tabakaya inildiğini bildirmektedir. Daha dipte bulunan zeminlerin, çoğunlukla çevre basınçları yüksek olduğunda sıvılaşma potansiyelinin olmadığını bilinmektedir. Bu da 15 m'den daha derinde bulunan zeminlerin sıvılaşma analizine gerek olmadığı anlamı çıkarılmaz ve 15 m'den daha derin zeminlerde analizin yapılması icap edebilir. Bir sıvılaşma analizinin hangi derinlikte bitirilmesine dair iyi derecede deneyim ve mühendislik bilgisi gerekmektedir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

2.5.9 Tane biçimi

Sıvılaşma potansiyelini etkileyen unsurlardan biri de zeminin tane şeklidir. Yuvarlak tanelerden oluşan zemin, sıvılaşma olayının meydana gelme olasılığı köşeli taneler içeren zeminden daha yüksektir. Çünkü yuvarlak taneli zeminler daha kolay sıkışabilmektedir.

2.5.10 Yaş ve çimentolanma

Zeminlerin yaş özelliği sıvılaşma riski açısından önem arz eden unsurlardan biridir. Genç çökelmiş zeminlerin sıvılaşmaya yönelik duyarlılığını, eski veya yaşlı zemin çökellerinden daha fazla olur (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Çimentolaşma, Zaman ila zemin tanelerinin sıkışma neticesinde oluşabilir. Böylece zemin daha sıkı bir kıvamda olacağından sıvılaşma direnci artmış olacaktır. Ya da sıvılaşma meydana gelme riski azalacaktır.

2.5.11 Tarihsel ortam

Zeminin tarihsel durumu sıvılaşma potansiyelini etkileyen faktörlerden biri olarak nitelenmiştir. Örnek olarak, önceden depreme maruz kalmış eski zemin çökelleri**,** genç ve eşit sıkılıkta aynı zemin örneğine oranla yükselen bir sıvılaşma dayanımına sahiptir (Seed vd., 1975). Aşırı konsolidasyon oranında ve stabil durumdaki zeminin yanal basınç katsayısındaki yükseliş de sıvılaşma dayanımının yükselmesine sebep olur (Ishihara vd., 1978). Örneğin, erozyon sebebiyle zeminin üst tabakasının aşınması gösterilebilir. Zeminin alt tabakası ön yükleme etkisi altında kalmasından ötürü, aşırı konsolidasyon oranı ve stabil durumdaki zemin yanal basınç katsayısı fazla olacaktır. Ön yüklemeye maruz kalan böyle bir zeminin sıvılaşmaya karşı dayanımı, ön yükleme etkisinde kalmayan aynı şartlarda başka bir zeminden daha fazla olacaktır (Mollamahmutoğlu ve kayabalı, 2004).

2.5.12 Bina yükü

Bir kum çökeli üzerine bir binanın yapımı zemine ait sıvılaşma dayanımını düşürebilir. Örneğin, yapılan bu binanın altındaki temel tarafından desteklediğini varsayalım, temel altında kalan zemin, bina yükünden kaynaklı oluşan kayma gerilmelerine maruz kalır. Bina yükünün meydana getirdiği kayma gerilmeleri zemini sıvılaşmaya karşı zeminin sıvılaşmaya karşı hassasiyetini arttırabilir. Bunun sebebi; zeminin hacimsel olarak küçülmesi ve bundan ötürü sıvılaşma için gereken depremden kaynaklı ek kayma gerilmelerinin daha düşük olmasıdır (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

2.6 Sıvılaşma Riskine Karşı Alınabilecek Önlemler

Sıvılaşma koşulları yapının inşasından önce iyi bir şekilde analiz edilip gerekli önlemler alınmazsa, sonrasında maalesef can ve mal kaybına sebebiyet verecek sonuçlarla karşılaşılabilmektedir. Sıvılaşmaya duyarlı olan alanlarda alınabilecek tedbirler dört temel başlık şeklinde sıralanabilir.

1.Sıvılaşmaya duyarlı olan alanlardan kaçınmak yani bu bölgelerde zorunlu olmadıkça mühendislik yapılarını (baraj, köprü, bina ve yol) gibi inşa etmemek.

2.Sıvılaşabilir özellikteki zemini geçerek yapıların sağlam tabaka üzerinde inşa edilmesi ya da sıvılaşma riski olmayan başka bir zeminle yer değişitirilmesi.

3. Sıvılaşmaya dayanıklı yapıların tasarlanması.

4.Zeminde iyileştirme yapılması.

2.6.1 Sıvılaşmaya yatkın alanların terk edilmesi

Sıvılaşabilir özellikteki bir alana rastgele bir mühendislik yapısının inşa edilmemesi ve tehlike açısından daha uygun alanlara yönelmesi gerekmektedir. Ancak son yüzyılın başlarından itibaren dünyada sanayi sektörün hızla gelişimi ve aşırı nüfus artışı ile birlikte şehirleşme hız kazanmıştır. Bu nedenle belli bölgelerde, üst ve alt yapı problemlerinin oluşmasına yol açmaktadır. Yani bazı yerlerde bazı mühendislik yapılarının inşa edilmesi zorunlu olabilir. Böyle durumlarda sıvılaşma potansiyeline sahip alanda inşaatın yapılmasından vazgeçmek gibi bir çözüm mümkün olmamaktadır. Böylece yapılacak olan mühendislik yapının ekonomik açıdan daha fazla maliyetli olmasına mahkûm kalmaktadır.

2.6.2 Yapı temellerinin sıvılaşmayan tabakalara oturtulması

Bu yöntemde sığ derinliklerde sıvılaşma riski olan alanlarda sıvılaşan zemin tabakaları geçerek güvenli tabakaya yapı temelinin inşası yapılmaktadır. Ancak sağlam zemin tabaksının derinliği arttıkça ekonomik ve güvenlik bakımından sakıncalar ortaya çıkmaktadır. Özetle bu yöntem yalnız sığ derinliklerde sıvılaşabilir zemin tabakalarının olduğu durumlarda güvenli ve ekonomik bir çözüm olarak tercih edilebilmektedir.

2.6.3 Yapının sıvılaşmaya karşı dirençli tasarlanması

Sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerde, en çok alınan tedbirlerden biri de radye temel ve kazıklı radye temel yapılmasıdır. Bu yöntemin sıvılaşabilir zeminlerde bulunan yapıların deprem esnasındaki performansını belirlenmek amacıyla Mollamahmutoğlu ve Yılmaz (2004) tarafından yapılan laboratuvar çalışmalarının sonucunda kısa kazıklı radye temel tasarımlı yapıları tercih edilmemelidir. Uzun kazıklı tasarımlarda ise, kazıklar sağlam zemine kadar indirilmelidir. Bunun yanı sıra sıvılaşma sonrası kazık üzerindeki yanal deplasmanların izlenimlerini kontrol edilmesi gerekmektedir.

2.6.4 Sıvılaşma yönünden zemin iyileştirme teknikleri

Zemin, sıvılaşma analizi sonucunda sıvılaşma potansiyeline sahip ise gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Alınabilecek en uygun önlem zemin iyileştirilmesi olacağına karar verildiğinde aşağıdaki üç farklı yöntem ile alınabilir.

1.Sıkılaştırma Teknikleri.

2.Enjeksiyon ve Karıştırma Teknikleri.

3.Drenaj Teknikler.

Zemin iyileştirme yönteminin tercihinde yöntemin uygulama kolaylığına, belirlenen sismik problemin çözümüne uymasına, maliyetine ve çevresel etkilere hassasiyetine dikkat edilmelidir (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003).

2.6.5 Enejeksiyon ve zemin karıştırma teknikleri

Enjeksiyon sistemi ile zemine kimyasal enjekte edilerek zemin daneleri arasındaki boşlukların doldurulması ve bu boşluklara suyun erişmesine mani olunur. Böylece enjekte edilen kimyasal malzeme şişer ve suya karşı direnç gösterir. Bunun neticesinde zemin daha sıkı bir duruma gelir ve yük taşıyabilecek dayanımı kazanmış olur. Ancak etkili bir çözüm olmasına karşın bu tekniğin uygulama maliyeti biraz yüksektir.

Enjeksiyon ve karıştırma teknikleri:

1. vibro-yerdeğiştirme (taş kolon).

2. Jet grout.

3. kompaksiyon enjeksiyonu.

4. Derin zemin karışımı.

2.6.6 Zemin sıkıştırma teknikleri

Zemin sıkı halde mukavemeti ve rijitliği, gevşek haldekinden daha fazladır. Bunun yansıra, zemin sıkı olduğunda tekrarlı yükleme altında pozitif boşluk suyu basıncı oluşturma eğilimi, gevşek olduğu halden azdır. Bundan dolayı sıvılaşma gibi sismik tehlikeleri engellemede, sıkılaştırma en etkili zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olmaktadır Şekil (2.13).

Bu yöntemin uygulanabilmesi için bir titreşim kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Sıkılaştırma ila zemin iyileştirme tekniğin uygulamalarında en etkili sonuçların alındığı zemin cinsi temiz kum ve çakıl gibi granüler zeminlerdir.

Sıkıştırma teknikleri

1.Dinamik kompaksiyon

2.Vibro-kompaksiyon

3.vibro-yerdeğiştirme (taş kolon) (Şekil 2.14)

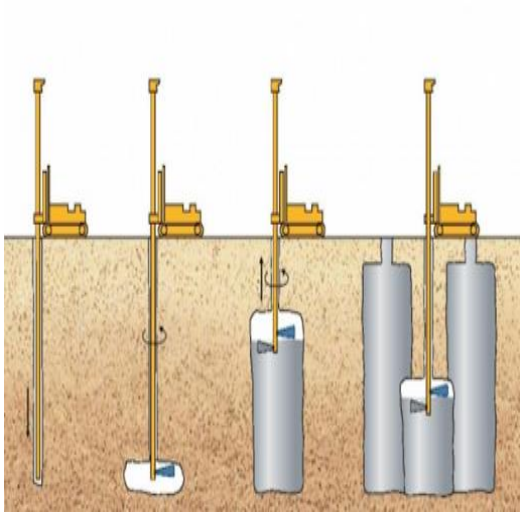
2.6.7 Drenaj

Zemindeki boşluk suyu kolay bir şekilde zemin içerisinden drene olarak uzaklaşabiliyorsa, dinamik etkiler altında oluşan artan boşluk suyu basınçlarının oluşma ihtimali azalır. Dolaysıyla zeminlerin drenaj özelliklerini arttırılarak, zemin içindeki suyu uzaklaştırılabilir. Böylece zeminin sıvılaşmaya karşı direnci artırılabilmektedir. Drenaj teknikleri çoğunlukla diğer iyileştirme yöntemlerini tamamlar niteliktedir.

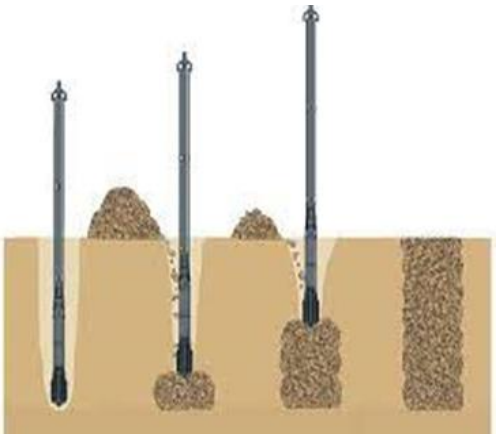
Drenaj teknikleri:

1. Kum- Çakıl drenleri.

2. Geosentetik malzemelerden drenler.



Şekil 2.13 Jet-grout tekniğiyle zemin iyileştirilmesi.



Şekil 2.14 Taş kolon tekniğiyle zemin iyileştirilmesi.

2.7 Arazi Deneylerine Dayalı Sıvılaşma Analizi

Birçok parametrenin dikkate alındığı, sıvılaşma potansiyelinin veya duyarlılığın belirlenmesi konusunda, zemin ve deprem özelliklerini laboratuvar ve arazi deneylerine dayalı olarak analiz edildiği birçok çalışma ve analiz yöntemi bulunmaktadır.

Laboratuvarda dinamik üç eksenli deneylerin gerek zaman alması ve maliyetli olması gerekse de deneyin örselenmemiş numune alımı sebebiyle ile çoğunlukla arazi deneyleri sıvılaşma riski belirlenmesinde uygun görülmektedir. Bu arazi deneylerinden başta:

1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT).

2. Konik Penetrasyon Deneyi (CPT).

3. Kayma Dalga Hızı Deneyi (Vs).

Arazi deneylerinin en önemli avantajı zemin davranışları doğal şartlarda test edilebilmektir. Bu sebeple, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ve Konik Penetrasyon Deneyi (CPT) gibi arazi deneylerine ait verilerden yararlanıldığı metotlar, çoğunlukla uygun görülmektedir.

Ancak arazi deneylerinin avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Tablo 2.4'te SPT, CPT ve kayma dalga hızı deneylerinin avantajları ve dezavantajları verilmektedir.

Tablo 2.4 Sıvılaşma potansiyelinin araştırılmasında tercih edilen arazi deneylerinin avantaj ve dezavantajları (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Özellik	Deney Tipi		
	SPT	CPT	V_s
Sıvılaşma bölgelerinde veri kayıtları	Zengin	Zengin	Sınırlı
Deneyi etkileyen gerilme-deformasyon davranışının tipi	Kısmi drenajlı büyük deformasyon	Drenajlı, büyük deformasyon	Küçük deformasyon
Kalite kontrolü ve kanıtlanabilirlik	Zayıf iyi arası	Çok iyi	İyi
Zeminlerdeki değişkenliğin izlenebilmesi	Kısa aralıklarla yapılan deneylerde iyi	Çok iyi	Orta
Hangi zemin tipi için önerildiği	Çakılsız zeminler	Çakılsız zeminler	Hepsi
Zemin numunesi alınıyor mu?	Evet	Hayır	Hayır
Deney indeks mi, mühendislik özelliği mi ölçüyor?	İndeks	İndeks	Mühendislik

2.7.1 Standart penetrasyon deneyi (SPT)

Geoteknik Mühendisliğinde, standart penetrasyon deneyi (SPT) tarihten bu yana en çok tercih edilen ve en eski arazi deneylerinden biridir. Türkiye'de olduğu gibi Dünyanın birçok yerinde de standart penetrasyon deneyi sıklıkla tercih edilmektedir. Diğer arazi deneylerine kıyasla, SPT'nin bazı avantajları mevcuttur. SPT deneyinde kullanılan mekanik parçalar (tij, numune alıcı, tokmak vs.) genelde daha pratik ve sağlamdır. SPT, sondaj çalışması esnasında kuyu içinde rahatlıkla uygulanabildiği için daha ekonomiktir. Deneyin önemli avantajlarından biri de SPT'nin yapılan sondaj lokasyonlarından örnek alınabilmesidir. Ayrıca, bu deney, tüm zemin sınıflarında ve yeraltı su seviyesi altında uygulanabilmektedir. Anlatılan üstünlüklerin tamamı bir başka arazi deneyinde görülmez (Sivrikaya ve Toğrol, 2009). Ancak SPT'nın bunca avantajlarının yanında elbette dezavantajları da bulunmaktadır. SPT'nın bazı dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

1.Operatör hatasından etkilenir.

2.Deney sonuçları, deneyde kullanılan tüm ekipmanlardan etkilenir.

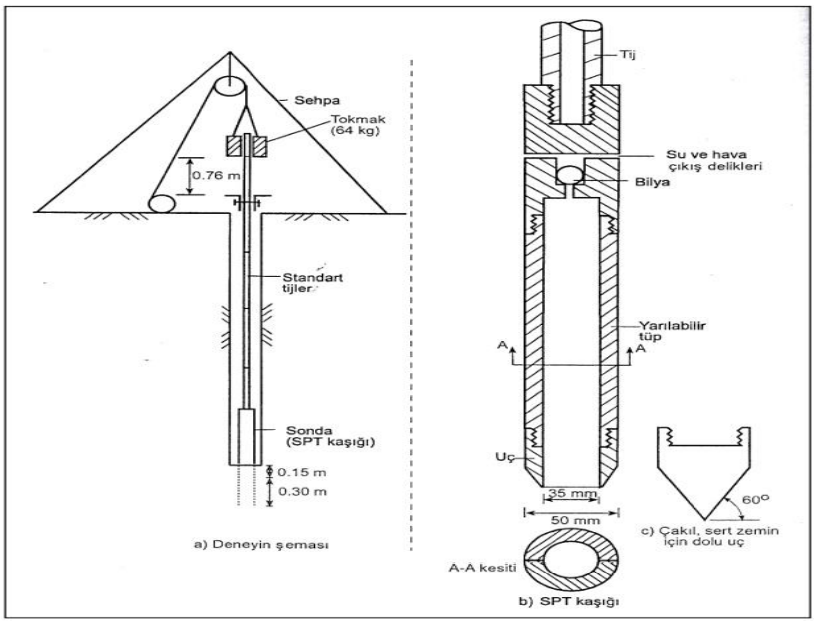
3.İri granüler, bloklu veya kaya zeminlerde örnek alıcı hasar görebileceğinden elde edilen sonuçlar sağlıklı olmayabilir.

4.Çok yumuşak ve hassas killerde yanıltıcı sonuçlar verebilir.

5.Yer altı suyu seviyesi altında yanıltıcı sonuçlar verebilir.

2.7.1.1 Standart penetrasyon deneyinin(SPT) yapılışı

SPT, dinamik olarak 63,5 kg ağırlığındaki bir tokmağın 76 cm yükseklikten serbest bırakılarak zemine 45 cm'lik standart bir numune alıcının sokulması şeklinde uygulanmaktadır (Şekil 2.15). Zemine son 30 cm'lik numune kaşığının girmesine tekabül eden toplam darbe sayısı, (SPT-Narazi) olarak ifade edilen zeminin penetrasyon direncidir. Bu deney, gevşek kumlar ve yumuşak killerden sıkı kumlar ve çok sert killere kadar farklı zemin çeşitlerinde gerçekleştirilebilmektedir (Sivrikaya ve Toğrol, 2003).



Şekil 2.15 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) şeması ve SPT kaşığı (Uzuner, 2012).

2.7.1.2 SPT-Narazi değerinin düzeltilmesi

SPT deney sonuçları birçok faktörden etkilendiği için hassas ve titiz bir şekilde yapılması gereken bir arazi deneyidir. Bu bakımdan yanıltıcı sonuçlar elde edilebilmektedir. Yani ölçülen SPT- Narazi değerleri aşırı yüksek veya çok düşük olabilmektedir.

Terzaghi ve Peck (1948)' e göre yeraltı su seviyesi altındaki gevşek zeminlerde su altındaki, zeminin düşük geçirgenliği ve yükün dinamik olarak uygulanmasından dolayı pozitif boşluk suyu basıncı deney anında zeminde oluşabilir. Zeminde oluşan bu boşluk suyu basınçları, numune alıcı penetrasyonuna karşı duran zeminin kayma direncini düşürür dolaysı ile SPT-N değeri azalmaktadır.

Diğer taraftan, siltli kumlarda oluşabilen negatif yeraltı suyu basıncı zeminin SPT-N değerini direncini arttırabilen dolaysıyla SPT-N değerinin artmasına sebep olur. Bu etkileşimden dolayı, standart penetrasyon darbe sayısı SPT-N, 15 ten büyük olan, sıkı-çok ince veya siltli kumlarda aşağıdaki düzeltme kullanılır (Sanglerat, 1982).

$$N' = 15 + 0{,}5 \times (N - 15) \qquad (1.5)$$

Burada;

"N'" Düzeltilmiş darbe sayısı; *"N"* Ölçülen SPT- N sayısıdır.

Standart penetrasyon deneyi, zeminin yoğunluğundan etkilendiği gibi zeminin efektif gerilmelerinden de etkilenmektedir. Farklı derinliklerde Penetrasyon dayanımı, zemin yapısı ve yoğunluğu aynı olmasına rağmen zeminin penetrasyon dayanımı yani SPT-N değeri değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, ölçülen penetrasyon dayanımlarının efektif gerilmelere bağlı olarak düzeltilmesi gereklidir. 100 kPa'lık örtü basıncı için düzeltilmiş SPT-N değerleri, (N1)60, Denklem (1.6)'de verilmiştir.

$$N_1 = C_N \times N \qquad (1.6)$$

Burada;

"N_1" Efektif düşey basınca göre düzeltilmiş SPT-N değeri; *"C_N"* Efektif düşey basınç düzeltme katsayısı; *"N"* Ölçülen SPT-N sayısıdır.

Standart penetrasyon deneyinde numune alıcısının zemin içerisinde ilerleyebilmesi (çakılması) için gerekli enerji 76 cm yükseklikten 63,5 kg ağılığındaki şahmerdanın bırakılması ile elde edilir. Fakat oluşan bu enerjinin tamamı numune alıcısına iletilemez. Şahmerdanın oluşturduğu enerjinin bir kısmı, şahmerdan düşürme yöntemi, şahmerdan ve darbe bloğunun tipi, tij uzunluğu, numune tüpünün tipi, kuyu çapı gibi etkenlerden dolayı kaybolur. Bu nedenle arazide ölçülen SPT-N değerinin analizlerde kullanılabilmesi için, enerji oranına bağlı düzeltme yapılmalıdır (Uyanık, 2002).

Bahsedilen bu etkenler nedeniyle, öncelikle kullanılacak olan SPT-Narazi değerlerinin SPT'ye dayalı hesaplamalarda düzeltilmesi gerekmektedir. %60 enerji verimliliği ve

100 kPa'lık örtü basıncı için düzeltilmiş SPT-N değerleri, $(N_1)_{60}$, denklem (1.7) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$(N_1)_{60} = N^* C_N^* C_E^* C_B^* C_R^* C_S \quad (1.7)$$

Burada,

"$(N_1)_{60}$" Düzeltilmiş SPT-N darbe sayısı; "N" SPT darbe sayısı; "C_N" efektif düşey basınç düzeltme katsayısı; "C_E" Enerji oranı düzeltme katsayısı; "C_B" Kuyu çapı düzeltme katsayısı; "C_R" Tij uzunluğu düzeltme katsayısı; "C_S" Örnek (numune) alıcı düzeltme katsayısıdır.

Üst tabaka yükü düzeltme katsayısı C_N, genellikle Liao ve Whitman (1986) tarafından verilen aşağıda eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$C_N = \sqrt{\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}} \leq 1.7 \quad (1.8)$$

Burada,

"Pa" 100 kPa değerindeki referans gerilmesi; "σ'_{v0}" düşey efektif gerilme (kPa)'dir.

Youd vd. (2001)' e göre C_N değeri 1.7'yi geçmemelidir. Kayen vd. (1992) de C_N değeri 1.7' yi geçmemek için aşağıda verilen formül önermişlerdir.

$$C_N = 2.2/(1.2 + \frac{\sigma'_{v0}}{P_a}) \quad (1.9)$$

Burada;

"Pa" 100 kN/m2 değerindeki referans gerilme; "σ'_{v0}" Düşey efektif gerilme (kN/m2) dir.

CN değerini hesaplamak için yararlanılan başka bir yöntem de Tokimatsu ve Yoshimi (1983) tarafından geliştirilen denklem aşağıda verilmektedir.

$$C_N = \frac{170}{70+\sigma'_{v0}} \quad (1.10)$$

Yukarıda verilen denklemlerin üçü de rutin mühendislik çalışmalarında kullanılabilmektedir. Ancak $\sigma_{v0}' < 200$ kPa için (1.8) nolu denklem güvenilir sonuçlar verilmektedir. $\sigma_{v0}' > 200$ kPa olması durumunda sonuç belirsizdir. $\sigma_{v0}' \leq 300$ kPa için ise (1.9) nolu denklem daha tutarlı sonuçlar vermektedir (Youd vd. 2001).

Diğer bir önemli unsur, zemine şahmerdandan gönderilen enerji oranının düzeltilmesidir. Zemine gönderilen enerji oranı şahmerdan işleyişine ve şahmerdanın düşürülme tekniği ile ilgilidir. Numune alıcıya gönderilebilen asıl enerji değerini Kovacs ve Salomone (1982)'a göre %30 ile %80 arasındayken diğer araştırmacılara göre %70 ile %100 aralığında değişiklik gösterebilmektedir. Bunun yansıra pek birçok yerde, enerji oranı %60 olarak kabul edilir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Seed vd. (1985) dünya genelinde ortalama enerji seviyesini %60 olarak alınabileceğini belirtmişlerdir ve Farklı ülkelerde kullanılan deney mekanizmalarının örnek alıcıya ilettiği enerji oranları düzeltme katsayısı (C_E) değerleri Tablo 2.5'te gösterilmiştir.

Tablo 2.5 Enerji oranı düzeltmesi.

Ülke	Şahmerdan tipi	Şahmerdan bırakma yöntemi	Tahmin edilen enerji oranı	% 60 enerji oranına göre düzeltme katsayısı
Japonya	Donut	Serbest düşülü	78	78/60=1.30
	Donut	Özel bırakma yöntemine sahip halat ve makara	67	67/60=1.12
ABD	Güvenlikli	Halat ve makara	60	60/60=1.00
		Halat ve makara	45	45/60=0.75
Arjantin	Donut	Halat ve makara	45	45/60=0.75
Çin	Donut	Serbest düşülü	60	60/60=1.00
	Donut	Halat ve makara	50	50/60=0.83

Robertson ve Fear (1996) tarafından önerilen kuyu çapı düzeltme katsayısı (C_B) değerleri Tablo 2.6'te gösterilmiştir.

Tablo 2.6 Kuyu çapı düzeltme katsayıları.

Kuyu Çapı (mm)	Kuyu boyu düzeltme katsayısı (C_B)
65 - 115	1.05
150	1.05
200	1.15

Youd vd. (2001) gereğince önerilen ve derinlikle değişkenlik gösteren Tij boyu düzeltme faktörü (katsayısı) (C_R) değerleri Tablo 2.7'da verilmektedir.

Tablo 2.7 Derinliğe göre Tij boyu düzeltme katsayıları.

Derinlik (m)	Tij boyu düzeltme katsayısı C_R
d < 3	0.75
d =3 – 4	0.80
d =4 – 6	0.85
d =6 – 10	0.90
d =10 – 30	1.00

Enerji iletimi tüm deney ekipmanları (tij uzunluğu, sondaj çapı) ile bağlantılı olduğu gibi örnek alıcının tipine de bağlı olmaktadır. Enerji oranı düzeltme faktörü (katsayısı) Örnek alıcının tipine göre (C_S) değerleri Tablo 2.8' de verilmektedir.

Tablo 2.8 Örnek alıcının tipi düzeltme katsayıları (Youd vd. 2001).

Etken	Etkenin durumu	Simge	Katsayı
Örnek alıcının tipi	Kılıflı (standart)	C_s	1,00
Örnek alıcının tipi	Kılıfsız	C_s	1,10-1,30

Farklı SPT donanımları için 2018 TBDY'nde önerilen düzeltme faktörleri (katsayıları) Tablo 2.9'de gösterilmektedir.

Tablo 2.9 SPT düzeltme faktörleri (TBDY 2018).

Düzeltme Faktörü	Ekipman Değişkeni	Düzeltme Değeri
Örtü basıncı (C_N)	-	$(95.76/\sigma_v')^{0.5} \leq 1.7$
Enerji oranı (C_E)	Halkalı tokmak	0.45 – 1.00
	Güvenli tokmak	0.60 – 1.17
	Otomatik darbeli tokmak	0.90 – 1.60
Sondaj delgi çapı (C_B)	65 – 115 mm	1.0
	150 mm	1.05
	200 mm	1.15
Tij boyu (C_R)	3 – 4 m	0.75
	4 – 6 m	0.85
	6 – 10 m	0.95
	10 – 30 m	1.0
Numune alıcı tipi (C_S)	Standart numune alıcı	1.0
	İç tüpü olmayan numune alıcı	1.1 – 1.3

2.7.1.3 SPT'ye dayalı sıvılaşma analizi

Seed ve Idriss (1971) çalışmalarında 1964 yılı Alaska ile 1964 yılı Niigata depremleri sonrasında zeminlerin sıvılaşma dayanımının değerlendirilmesi için SPT (N) değerlerini esas alınan basitleştirilmiş bir yöntem önermiştir. Bu yöntemde kullanılan veriler çoğunlukla jeolojik bakımda genç ve gevşek çökellerden, 15m'den daha sığ derinliklerden ve az eğimli bölgelerden elde edilmiştir.

Araştırmacılar tarafından önerilen bu yöntem Türkiye'de kullanıldığı gibi dünyanın pek çok yerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu yöntem 2018 TBDY'de yerini almıştır.

Bu yöntemde zeminin sıvılaşma potansiyelini analiz etmek için depremin yol açtığı tekrarlı gerilmeler (CSR),zeminin tekrarlı dayanım oranı (CRR) ile kıyaslanmasına dayanmaktadır.

Devirsel gerilme oranının hesaplanması

Seed ve Idriss (1971), gereğince yapılan araştırmada devirsel gerilim oranı (CSR) değerini aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} = \frac{\sigma'_v}{\sigma'_{v0}} \frac{a_{max}}{g} r_d \quad (1.11)$$

Burada,

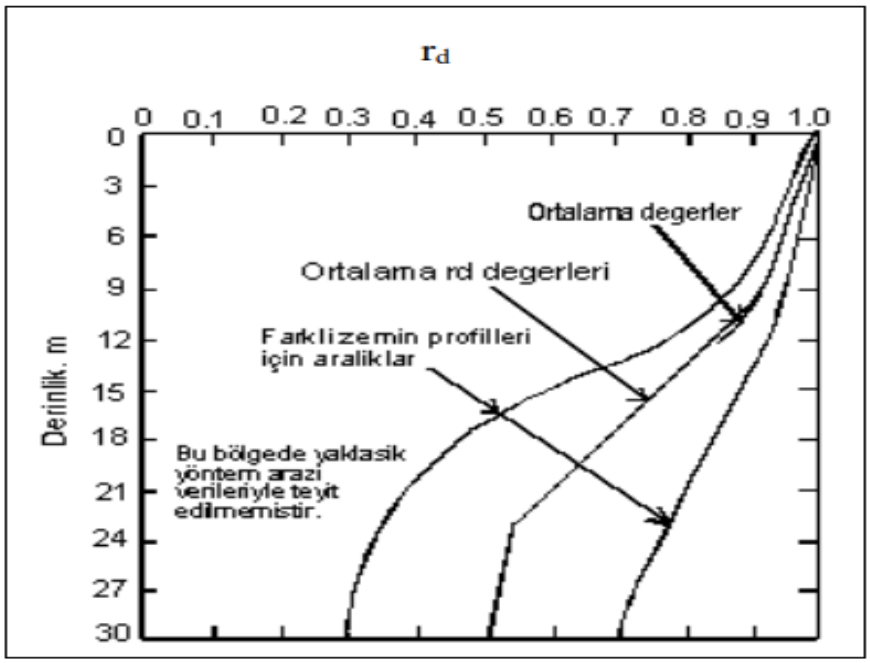
"τ_{av}" Ortalama makaslama gerilmesi (t/m2); "$\sigma'v$" Toplam düşey gerilme;

"$\sigma'v0$" Efektif düşey gerilme;"r_d " Derinliğe bağlı gerilme azalma katsayısı;

"z" Derinlik (m); "g" Yer çekimi ivmesi (m/s2); "a_{max}" En büyük yatay ivme (g)

(amax) değeri, 2018 TBDY'e göre sismik tehlike haritasından inceleme alanının koordinatları ve tasarımda seçilen tekerrür aralığına göre elde edilebilmektedir.

Seed ve Idriss (1971) gereğince geliştirilen bu yöntemde, derinliğe bağlı değişen gerilme azaltma katsayısı (r_d) değeri Şekil 2.16'da gösterilen eğrileri kullanılarak hesaplanabilmaktadır.



Şekil 2.16 Gerilme azaltma katsayısının düz veya hafif eğimli zeminler için derinlikle değişimi (Unutmaz, 2008).

Liao ve Whitman (1986)'a göre ise, analizlerde derinliğe bağlı değişen gerilme azaltma faktörü(rd) değeri önerilen aşağıdaki eşitlikler ile ifade etmektedir.

$$r_d = 1.0 - 0.00765z \qquad (z \leq 9.15m) \qquad (1.12)$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \qquad (9.15 \leq z \leq 23m) \qquad (1.13)$$

Burada;

"z" zemin yüzeyinden başlayan metre cinsinden derinliktir.

Devirsel direnç oranının hesaplanması

Zeminlerin tekrarlı direnç oranının (CRR) elde etmenin en uygun yöntemi, araziden alınan örselenmemiş numuneler üzerinde tekrarlı üç eksenli, tekrarlı basit kesme, tekrarlı burulmalı kesme gibi laboratuvar deneyleri gerçekleşmesidir.

Ancak örselenmemiş numunenin alımı, cihaz gereksinimleri, Zaman ve maliyet gibi faktörlerden dolayı tekrarlı dayanım oranı (CRR) arazi deneylerine bağlı olarak hesaplanmaya çalışılmaktadır.

Zeminin sıvılaşma direncini analiz etmek için kullanılan diğer parametre olan tekrarlı dayanım oranı (CRR), Şekil 2.17' de yer alan grafikte % 5 veya daha az, % 15 ve % 35 oranında ince tane içeren kohezyonsuz zeminler için eğriler gösterilmiştir. Grafik **(Mw = 7.5)** büyüklüğünde olan depremler için ve σ'_{v0} = 100 kpa değerleri için $(N_1)_{60}$ - (CRR) ilişkisini göstermektedir.

Temiz kumlarda ince dane oranı %5'den az (FC ≤ %5) ve **(Mw =7,5)** Büyüklüğünde olan depremler için sıvılaşmanın meydana geldiği ve gözlendiği alanları belirten eğri, Youd vd. (2001)'ne göre temiz kum eğrisi olarak isimlendirilmekte olup bu durumda tekrarlı direnç oranı ($CRR_{7.5}$) hesaplamak için denklem 1.14 kullanılabilmektedir.

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34-(N1)_{60,cs}} + \frac{(N1)_{60,cs}}{135} + \frac{50}{[10.(N1)_{60,cs}+45]^2} - \frac{1}{200} \qquad (1.14)$$

Burada;

"CRR" Devirsel direnç oranı; "$(N_1)_{60,CS}$" ince dane oranına göre düzeltilmiş SPT- N değeri.

Bu eşitlik yalnız $(N_1)_{60} < 30$ olan durumlarda kullanılmaktadır. Ancak $(N_1)_{60} \geq 30$ olan temiz kumlar, "sıvılaşmaz" olarak kabul edilmektedir (Seed vd., 1985).

Kum içindeki ince dane oranının artmasıyla zeminin tekrarlı kayma direnci de artırmaktadır. Büyüklüğü (M_W =7,5) olan deprem ve 100 kPa'lık örtü basıncı için, zemin içerisindeki ince dane ağırlık oranının %5'den yüksek olduğu durumda düzeltilmiş $(N_1)_{60}$ değerleri denklem 1.15 kullanılarak eşdeğer temiz kum değerlerine $(N_1)_{60,CS}$ dönüştürülmektedir.

$$(N_1)_{60,cs} = \alpha + \beta(N1)_{60} \quad (1.15)$$

Burada;

"$(N_1)_{60}$" %60 enerji oranına göre düzeltilmiş SPT- N değeri; "$(N_1)_{60,cs}$"İnce tane oranına göre düzeltilmiş SPT değerleri "α *ve* β" ifadeleri ise ince dane oranına bağlı katsayılar olup aşağıda belirtilen şekilde hesaplanmaktadır.

$\alpha = 0$ FC ≤ %5 için (1.16)

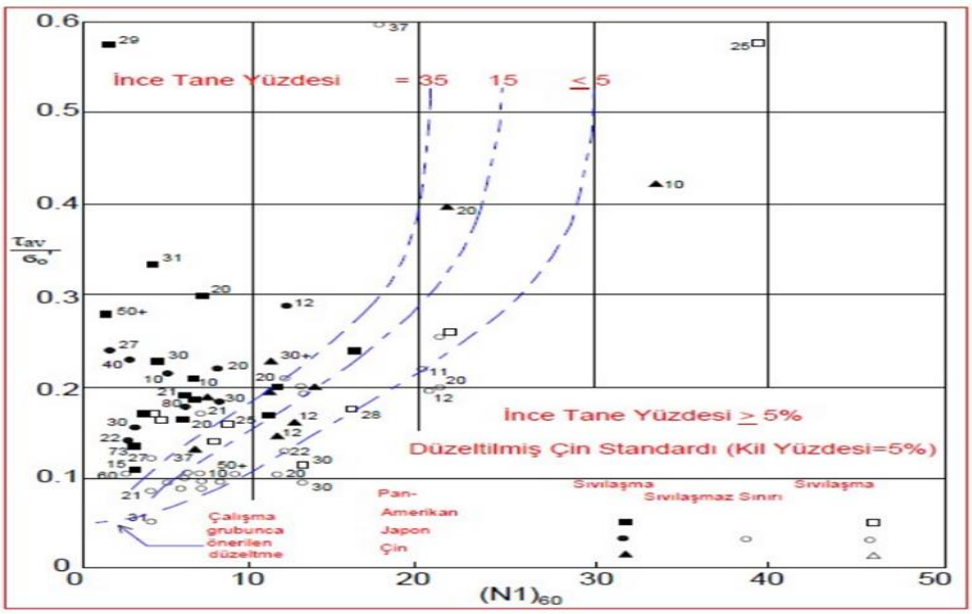
$\alpha = exp[1.76 - (190/FC^2)]$ %5 < FC < %35 için (1.17)

$\alpha = 5.0$ FC ≥ %35 için (1.18)

$\beta = 1.0$ FC ≤ %5 için (1.19)

$\beta = [0.99 + (FC^{1.5}/1.000)]$ %5 < FC < %35 için (1.20)

$\beta = 1.2$ FC ≥ %35 için (1.21)



Şekil 2.17 Büyüklüğü (M_W=7,5) olan deprem için SPT- CRR eğrisi (Seed ve ark., 1985; Youd ve Idriss, 2001).

Deprem büyüklüğünün **$Mw_{7.5}$** 'den farklı olması, örtü basıncının 100 kPa'dan yüksek olması ve deprem öncesinde zeminin başlangıç statik kayma gerilmelerinin etkisinde olduğu durumlarda, tekrarlı direnç oranı denklem 1.22'deki gibi hesaplanabilmektedir.

$$CRR_{M,\sigma'_v} = CRR_{7.5} \times C_M \times K_\sigma \times K_S \quad (1.22)$$

Burada;

"C_M" deprem magnitüdü düzeltme faktörüdür; "K_σ" örtü basıncı düzeltme faktörü

"K_S" başlangıç statik kayma gerilmelerinin düzeltme faktörü, ancak genelde ihmal edilmektedir.

$$C_M = \left(\frac{M_W}{7.5}\right)^{-2.56} \quad (1.23)$$

$$K_\sigma = \left(\frac{\sigma'_v}{100}\right)^{f-1} \quad (1.24)$$

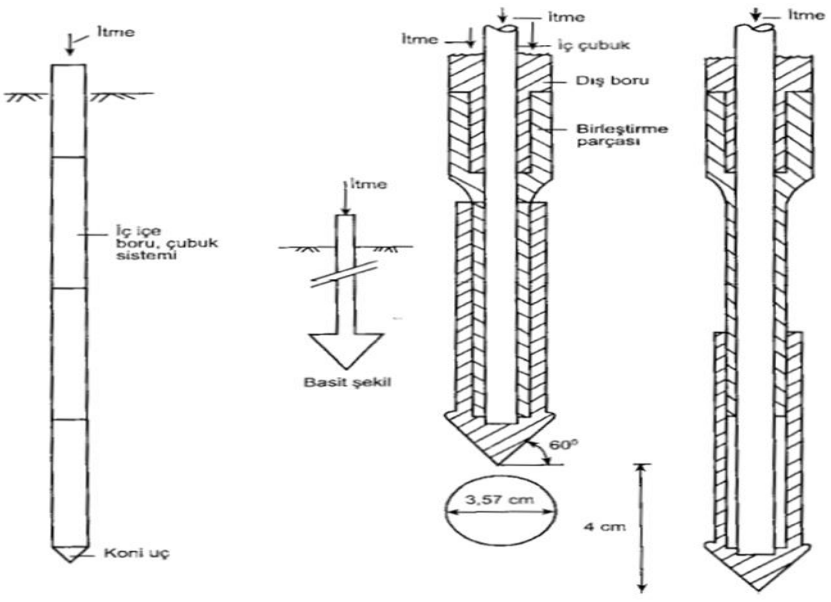
Burada;

"f" zeminin relatif sıkılığına bağlı 0.6 ile 0.8 aralığında bir değerdir (Youd vd. 2001).

2.7.2 Koni penetrasyon deneyi (CPT)

2.7.2.1 CPT deneyinin yapılışı

Hollanda koni veya koni penetrasyon deneyi olarak da isimlendirilen bu deneyde, bir çelik boru ve bu çelik borunun içerisinden geçecek, ucunda da bir koni bulunacak çubuk sırasıyla ila zemine itilip bastırılarak uç ve sürtünme dirençleri ayrı ayrı belirlenecektir. Koni 3.6 cm çaplı ve 10 cm^2 alanlı, uç açısı 60 derece olan bir boyuta sahiptir. Borunun dış çapı koninin taban çapı kadardır (Şekil 2.18). Deneyde sondaj kuyusu açmaya lüzum yoktur. Deneyde öncelikle boru ve koni beraber zemine doğru itilir. Sonrasında uç tek başına ayrı olarak itilip penetrasyon için gereken basınç ve ilerleme anında sürtünme direnci ölçülür. Bu deney gevşek ve üniform zeminlerde başarili sonuç verirken sıkı, köşeli, taneli ve çakıllı zeminlerde iyi sonuç vermemektedir. Deney derinliğine kadar zemine ait kesintisiz profil çıkarılabilmektedir. Ancak deneyin olumsuz yanı numune alınamamasıdır (Kılıç, 2009).



Şekil 2.18 Koni Penetrasyon Deneyi (CPT) şeması (Uzuner, 2000).

Koni penetrasyon deneyi, zemin profili, tipini belirlemek, zemin tabakaların rölatif sıkılık (Dr), drenajsız kayma mukavemeti (cu), kayma mukavemeti açısı (Φ) ve taşıma gücü gibi zemin geoteknik özelliklerini belirlemek için kullanılır. Ayrıca sıvılaşma analizlerinde bilgi sahibi olunması için sık yapılan arazi incelemelerinden biridir.

Koni penetrasyon deneyinin bir çok avantajı vardır. Bu deneyde sondaj çukuru gerekli değildir. CPT, kolay ve ekonomik olmasının yanı sıra tekrarlanılabilir ve sürekli data alması en önemli avantajlarından bir tanesidir. Böylece zemin profilini daha sağlıklı bir şekilde tespit etmeye yardımcı olur bu da zemin tabakalarının sıvılaşma analizi için ayrı bir avantajdır. Ancak CPT'nin deney sırasında numune alınamaması ve bu sebeple laboratuar deneylerinin gerçekleştirememesi temel dezavantajını teşkil etmektedir.

Zemin sıvılaşma analizlerinde SPT'ye dayalı yöntemler üzerinde çok sayıda araştırma yapıldığı için daha güvenilir ve öteki yöntemlere göre deha sık tercih edilmektedir. Ancak son zamanlarda yapılan CPT'dayalı çalışmalarda SPT ile aynı seviyede doğruluk ve güvenirliliği göstermektedir.

Koni penetrasyon deneyinde (CPT) sıvılaşma direncinin bir ölçüsü olarak ölçülen uç direnci kullanılmaktadır. Gevşek zeminden oluşan ince damarları kaçırmamak SPT'ye kıyasla büyük bir avantajdır. CPT ve SPT dirençleri arasındaki korelasyonlarla destekleyerek, belirli bir CPT direncine sahip temiz kumda sıvılaşma oluşturabilecek minimum devirsel gerilme oranı bulunabilir (Robertson ve Campanella 1985, Seed ve DeAlba 1986).

Robertson ve Wride (1998)'e göre koni penetrasyon deneyinden (CPT) elde edilen uç direncinin (q_c) sıvılaşma dayanımının tayin edilmesinde kullanılabilmesi için birkaç düzeltmelerin yapılması gerekmektedir. Robertson ve Wride yöntemine göre, q_c uç direnci ve üst tabaka yükü düzeltme katsayısı CQ kullanılarak aşağıdaki denklemler ile normalize edilmektedir.

$$q_{c1} = CQ(q_c/P_a) \tag{1.25}$$

$$CQ = (P_a/\sigma'_{v0})\, n \tag{1.26}$$

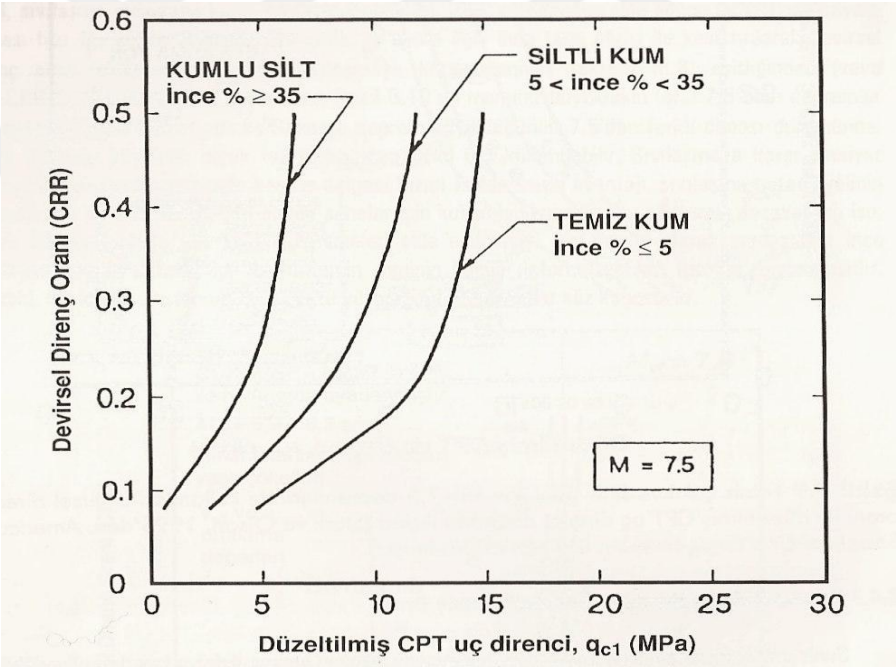
Burada;

"*qc*" ölçülen uç direnç; "q_{c1}" üst tabaka yüküne göre düzeltilmiş birimsiz uç dirençtir; "*CQ*" konik penetrasyon direnci için üst tabaka yükü düzeltme katsayısı; "*Pa*" 100 kPa değerindeki referans gerilmesi; "*n*" zemin tipi ile değişiklik gösteren sabit.

CQ, sığ derinliklerde düşük efektif gerilme nedeniyle büyük değerler alabilmesine rağmen, uygulamada 1,7'den büyük değerler dikkate alınmaz ve "n" sabiti, zeminin tane özelliklerine bağlı olarak 0,5 ila 1,0 arasında değerler almaktadır.

2.7.2.2 Devirsel direnç oranının hesaplanması

1995'de (Stark ve Olson) tarafından yapılan çalışmada temiz kum, siltli kum ve kumlu silt zeminler için $\mathbf{M_{7,5}}$ depremlerinde devirsel direnç oranını (CRR) hesaplamak için devirsel direnç oranı ile düzeltilmiş CPT uç direnci (q_{c1}) ilişkisini gösteren şekil 2.19'daki grafik önerilmiştir.



Şekil 2.19 Devirsel direnç oranı (CRR) ile düzeltilmiş CPT uç direnci ilişkisi (q_{c1}) (Stark&Olson,1995).

2.7.3 Kayma dalga hızı (V_S) deneyi

Kayma dalgası hızı, kuyudan kuyuya, kuyu aşağı ve kuyu yukarı metotlar gibi birkaç değişik jeofizik metot uygulanılarak ölçülebilir. Ayrıca, zeminin kayma dalga hızını tayin etmek için süspansiyon loglaması ve sismik konik penetrometresi gibi başka metotlar da tercih edilebilmektedir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Sıvılaşma direncinin bulunması amacı ile arazide ölçülen kayma dalga hızı (V_S) efektif gerilmeye göre düzeltilmelidir (Robertson vd., 1992). Düzeltilmiş kayma dalga hızı hesaplamak için Robertson ve diğ tarafından aşağıdaki denklem önerilmiştir.

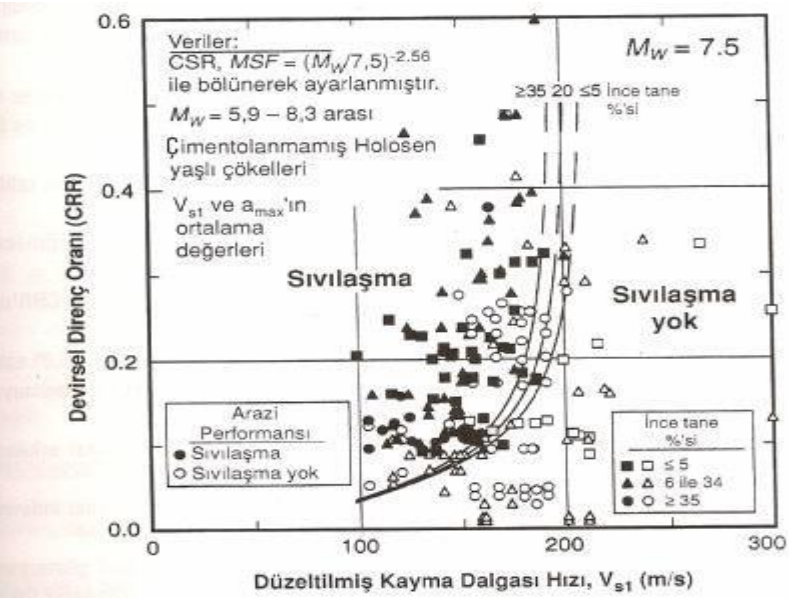
$$V_{S1} = V_S \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^{0.25} \quad (1.27)$$

Burada;

V_{S1}: düzeltilmiş kayma dalga hızı,"*Pa*" 100 kPa'lık referans gerilmedir; "σ'_{v0}" düşey efektif gerilmedir (kPa); "V_S" kayma dalga hızı.

2.7.3.1 Devirsel direnç oranının hesaplanması

2000 yılında (Andrus ve Stokoe) tarafından yapılan çalışmada temiz kum, siltli kum ve kumlu silt zeminler için **$M_{7,5}$** depremlerinde devirsel direnç oranını (CRR) hesaplamak için aşağıda şekil 2.20'de devirsel direnç oranı (CRR) ile düzeltilmiş kayma dalga hızınıın (V_{S1}) ilişkisini gösteren grafik önerilmiştir.



Şekil 2.20 Devirsel direnç oranı (CRR) ile düzeltilmiş kayma dalga hızı (V_{S1}) ilişkisi (Andrus &Stokoe,2000).

2.8 Sıvılaşma Güvenlik Faktörünün Hesaplanması

Seed ve Idriss (1971), sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü (F_S) değerini, devirsel gerilim oranı (CSR) ve devirsel direnç oranı (CRR) değerlerini kullanılarak aşağıda verilen eşitlik ile tanımlanmıştır:

$$F_S = \frac{CRR}{CSR} \tag{1.28}$$

Burada;

"F_S''; sıvılaşma güvenlik faktörü; "*CRR"* devirsel direnç oranı; *"CSR"* devirsel gerilme oranıdır.

Basitleştirilmiş sıvılaşma analiz yöntemine göre güvenlik faktörünün 1'den küçük olması o alan sıvılaşmaya duyarlı bir zemine sahip olduğunu, güvenlik faktörünün 1'den büyük olması ise o alan sıvılaşmaya duyarlı olmayan bir zemine sahip olduğunu göstermektedir.
Literatürde ise genellik ile sıvılaşma güvenlik faktörünün devirsel gerilme ve devirsel direnç oranlarına dayalı olarak denklem 1.28'deki gibi ifade edilmektedir.

Sıvılaşma güvenlik faktörünün genelde 1.1'den küçük olması durumunda, zeminin sıvılaşmaya duyarlılığına işaret etmekte olup aksi durumda yani güvenlik faktörünün 1.1'den büyük ise sıvılaşma riski olmamaktadır. 2018 TBDY'nde de bu değer kullanılmıştır.

Deprem büyüklüğünün Mw = 7.5'den farklı olması, örtü basıncının 100 kPa'dan fazla olması durumu için, sıvılaşma güvenlik faktöeünün (F_S) denklem 1.29'daki gibi hesaplanabilmektedir.

$$F_S = \frac{CRR_{(M,\sigma'_S)}}{CSR} \tag{1.29}$$

Burada;

"F_S''; sıvılaşma güvenlik faktörü; "$CRR_{(M,\sigma's)}$" devirsel direnç oranı; *"CSR"* devirsel gerilme oranıdır.

3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS)

3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Nedir?

Geographic Information Systems (GIS) diye ifade edilen terim Türkiye'de Coğrafi Bilgi Sistemi olarak ifade edilmektedir. Bu üç kelimenin baş harflerinin kullanılması ile CBS olarak kısaltılmıştır.

Dünyada konumsal veri üzerinde çalışan kişi, kurum ve firmalar tarafından büyük bir ilgi görülmesi, hızlı gelişmeler, özellikle ticari anlamda ve farklı kullanım alanları, CBS'nin standart bir tanımının olmasına engel olmuştur.

CBS, bazı araştırmacılara göre coğrafi bilgi sistemlerinin hepsini barındıran ve konumsal bilgiyi araştıran bir bilimsel kavram, bir takım araştırmacılara göre ise; konumsal bilgileri sayısal yapıyla birleştiren bilgisayar esaslı bir sistem, bir başkalarına göre de; düzenlemeye destek olan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak nitelendirilmektedir (Baştürk, 2006).

CBS, yeryüzü kaynaklı verileri toplayan, biriktiren, kontrolünü sağlayan, inceleyen, çözümleyen ve görüntüleyen bir sistemdir (AGI, GIS Dictionary, 1991).

CBS, belli amaçlarla yeryüzüne ait verilerin derlenmesi, depolanması, incelenmesi, aktarımı ve görüntüleme fonksiyonlarını sağlayan donanımların tümüdür (Burrough, 1998).

Coğrafi Bilgi Sistemleri, her türlü uzmanlık alanlarında kullanılan bir sistem olmasının yanı sıra her bir uzmanlık alanı için değişik tanımları olabilmektedir. Örneğin; maden mühendislerine göre kaynak hesaplamada, ziraat mühendislerine göre mahsulların hasat değerlerinin hesaplanması, jeoloji mühendislerine göre jeolojik harita oluşumu vb.dir. Yalnız, bilimsel olarak " coğrafi bilgilerinin tümünün oluşturulması, toplanarak bir araya getirilmesi, işlenebilir ve güncellenebilir olması, analiz edilmesi ve sunulmasını sağlayan, bilgisayar donanımları ve insanlar desteği ile ortaya konulan bir sistem olarak tanımlanabilir (Tanyaş, Günalay, Aksoy,2013).

Sonuç olarak CBS nedir? Sorusuna cevap vermek gerekirse kısaca Coğrafi Bilgi Sistemleri; verilerin girildiği, analiz edildiği ve sunumunun yapılabildiği bir bilgisayar sistemidir. Daha detaylı bir tanımlama yapılacak olursa CBS: Bilgisayar temelli bir sistem olup, konumsal coğrafi verilerin toplanması, hazırlaması, depolanması, işleme

göre analiz edilmesi, görselleştirerek sunumunu ve raporlamasının yapılabildiği bir bilgi sistemdir.

3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Tarihsel Gelişimi

CBS kavramının ilk olarak 1963 yılında Roger Tomlinson öncülüğünde yürütülen ve Kanada'nın milli arazi niteliklerine esasen geliştirilen Kanada CBS projesiyle ortaya çıkmıştır (Yomralıoğlu, 2000).

1963 yılında geliştirilen bilgisayar destekli tasarım(CAD :Computer Aided Design) sistemi ile bilgisayar grafikleri kavramı ortaya çıkmıştır.

1966 yılında Harvard Üniversitesinde yapılan bir proje CBS 'nin birinci teorik çalışması olarak bilinir. Bu proje de çizgi esaslı eğim haritalarının bilgisayar yardımıyla oluşturulabileceği anlaşılmıştır. Bu hedefle SYMAP (Synographic Mapping System) adında bir program geliştirilmiştir.

1969'da ESRI (Environmental Systems and Research Institute) şirketi tesis edildi ve 1982'de ArcINFO programı ticari olarak satışa sunuldu.

1970'li yıllarda tekrar Harvard Üniversitesinde, poligon bindirme yöntrmiyle veri tabakası oluşumunu sağlayan ODYSSEY adlı program ortaya konulmuştur. Bu ürünler, CBS işlevini yerine getiren konumsal veri işlem alanındaki ilk pratik deneyimler olarak bilinirler (Coppock ve diğ., 1992).

1963-1971 yılları arasında CAD sistemine dayalı olarak Bilgisayar Dayalı Haritacılık (AM: Automated Mapping) sistemleri ve veri tabanı yönetimi geliştirilmiştir.

Yine 1971'de Kanada tarafından geliştirilen kanada Coğrafi Bilgi Sistemi projesi tam anlamıyla üretime geçmiştir.

1972'de ilk Landsat uydusu yörüngeye yerleştirildi. IBM ilk olarak GFIS ile coğrafi bilgi sistem deneyimlerine başladı.

1973'te ABD'de ulusal boyuttaki ilk CBS uygulama projesi olan "Maryland Automatic Geographic Information(MAGl)" başlatıldı.

1977'de USGS, konumsal veri biçimini (Digital Line Graph, DLG) geliştirdi.

1979'de birinci örnek modemler vektör esaslı CBS olarak nitelendirilen ODYSSEY programı Harvard Lab. öncülüğünde geliştiriIdi.

1984'te birinci raster esaslı CBS programı GRASS (Geographic Resource Analysis Support System) ABD laboratuvarlarında geliştirildi.

1986'da MapInfo şirketi kurulduğu sene birinci SPOT uydusu yörüngeye gönderildi. 1994 yılında, CBS'nin açık birliği, (Open GIS Consortium, OGC) kuruldu. Coğrafi Bilgi teknolojilerinin kullanılmasına ve gelişmesine fayda sağlayacak standartlar oluşturarak büyük katkılara yol açmaktadır.

1995'de RADARSAT-STAR uydusu yörüngeye yerleştirildi.

1999'da ICONOS uydusu yörüngeye gönderildi.

2000'de CBS'nin mobil yazılımı ArcPad piyasaya sürüldü.

2003'te TÜBİTAK BİLSAT uydusu yörüngeye yerleştirildi.

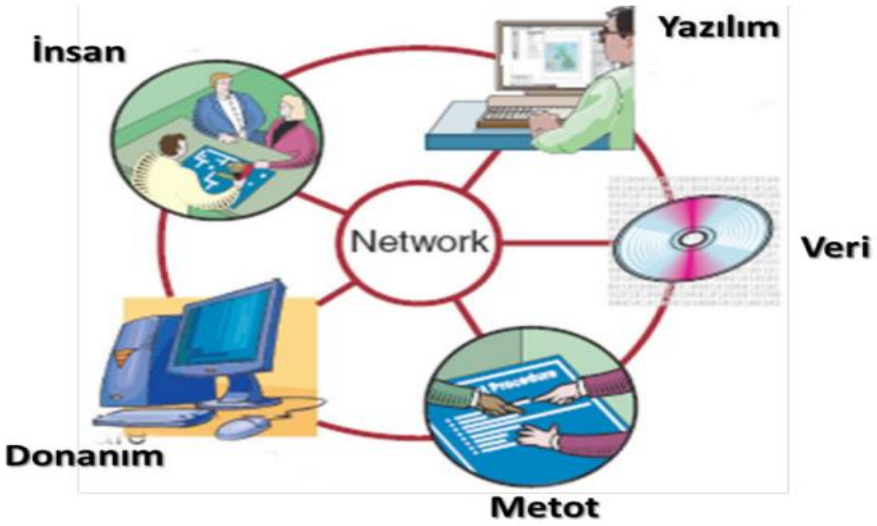
CBS'nın tarihi gelişimine dayalı olarak tarih boyunca üç farklı aşamadan geçmiştir.

Bunları aşağıdaki şeklinde sıralayabiliriz.

- 1960-1980 yılları arası başlangıç ve gelişim dönemi
- 1980-2000 Ticari dönem
- 2000 sonrasından günümüze kadar Yaygınlaşma dönemi şeklinde ayırt edebiliriz.

3.3 CBS'nin Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri'ni temel fonksiyonlarının yerine getirebilmesini sağlayan beş önemli bileşen bulunmaktadır. CBS; donanım, yazılım, insan, veri ve metot bileşeninden oluşmaktadır. Şekil 3.1'de CBS'nın bileşenleri göstermektedir.



Şekil 3.1 CBS'nın bileşenleri.

3.3.1 Donanım

Donanım, GIS uygulamasının çalıştığı bilgisayardır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, GIS yazılımı, merkezi sunucular, bağımsız masaüstü bilgisayarlar ve mobil cihazlar gibi çeşitli donanımlarda çalıştırılabilir (Şimşek, 2018).

3.3.2 Yazılım

Yazılım asıl görevi mekânsal verileri depolamak, işlemek, analiz etmek ve görselleştirmek için CBS uygulamasına başvurur.

Dünyadaki CBS piyasasının büyük bir bölümü yazılım geliştiren şirketlerin kontrolündedir. Bu açıdan bugünkü CBS bu tür programlarla hemen hemen bütünleşmiş durumdadır. En yaygın CBS programları Arc/Info, Intergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass ve benzerleridir. Coğrafi bilgi sistemi tabanlı bir yazılımda olması gereken esas faktörlerden birkaçı bunlardır (Yomralıoğlu, 2000).

- konumsal verinin, girişi ve işlemi için gereken donanımların bulunması.
- Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olması
- Konumsal inceleme ve görüntüyü desteklemesi.
- İlave araçlar ile olan ilişkiler için ara-yüz desteğinin olmasıdır.

3.3.3 Veri

Veri, uzmanlara göre CBS için esas faktör olarak belirlenirken, elde edilmesi en güç bileşen olarak ta kabul edilmektedir. Verilerin yayılımı, fazlalığı ve değişik yapılara sahip olmaları, bu verilerin toplanması zaman alıcı ve maliyetli olmaktadır. Nitekim CBS'ye yönelik hedeflenen bir projede sistemi için gereken zaman ve maliyetin yaklaşık %50'den fazlası verileri bir araya getirmek için harcanmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

3.3.4 İnsanlar

CBS'nin diğer bir önemli bileşeni insanlardır. CBS teknolojisi insanlar olmadan kısıtlı durumda olurdu. Çünkü insanlar bu sistemi yöneten ve bir araya getirip dünyadaki problemlere yönelik mantıklı çözümler bulur ve geliştirme planları hazırlar. CBS'nin işlenmesi, çözümlere yönelik karar alınması ve geliştirilmesi için bu alanda uzman kişilerce konuma dayalı her türlü analiz için CBS'yi kullanabilme yeteneklerini arttırmayı ve değişik disiplinlere yine CBS'nin avantajlarını tanıtmakla mümkün olabilecektir (Şen, 2004)

3.3.5 Yöntemler

Bileşenlerin CBS'de senkronize bir şekilde birlikte yönetilmesi gerekir. Proje öncesi, proje geliştirme ve proje sonrası olan bir projenin tüm aşamalarındaki yöntemler, projenin her bir veri, kaynak, insan, finans, risk, kalite, standart ve Projelerin zaman bileşenleri kurum içinde ve birlikte yönetilir. CBS'nin sürdürülebilirliğinin ve güncelliğinin sağlanması, belirlenecek ve uygulanacak yöntemler ile sağlanabilir (Campbell ve Shin, 2012).

CBS, katman özelliği ile konumsal olan ve olmayan bilgilerin birbiriyle çakıştırarak işlenebilmesini ve analizler yapılabilmesini gerçekleştirebilmektedir. (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Konumsal ve konumsal olmayan bilgiler.

3.4 CBS 'nın Kullanım Alanları

CBS birçok disiplinin buluşma noktasını oluşturur. Bu neden ile eğer CBS'yi bir ağaca benzetsek olursak CBS konumsal veriler ile çalışan bütün bilimlerin gövdesini oluşturmaktadır. Böylece bu ağacın kökü kartoğrafya, arazi ölçmeleri, bilgisayar ve matematik bilim dalı temsil eder. Ağcın dalları ise CBS'nın kullanım alanları olmaktadır.

Dünya devamlı gelişme çabasından dolayı CBS'nın de kullanım alanlarının dairesi de sürekli gelişmektedir. Aşağıda CBS'nın birkaç uygulama alanı verilmektedir.

- Haritacılık.
- Su ve Kanalizasyon Dağıtım Şebeke Yönetimi.
- Telekominasyon Şebeke Yönetimi.
- Kaza analizi.
- Elektrik ve doğalgaz Dağıtım Şebeke Yönetimi.
- Savunma ve güvenlik.
- Trafik Yönetimi.
- Ulaşım Planlaması.
- Tarımsal uygulamalar.
- Afet yönetimi.
- Turizm.
- Şehir Planlama ve Yönetimi.

- Uygun güzergâh ve yer seçimi uygulamaları

3.4.1 CBS kullanım alanlarına göre adlandırılması

Coğrafi bilgi sistemi (CBS) sosyal, ekonomik, politik ve kültürel gibi birçok alanda kullanılmaktadır bundan dolayı uygulama alanlarına göre adlandırılmaktadır. Bahsedilen bu ifadeler aşağıda verilmektedir.

- Kent Bilgi Sistemleri (Urban Information Systems)
- Ticari Analiz Bilgi Sistemleri (Market Analysis Information Systems)
- Arazi Bilgi Sistemleri (Land Information Systems)
- Doğal Kaynak Bilgi Sistemi (Natural Resource Management Information Systems)
- Kadastral Bilgi Sistemleri (Cadastral Information Systems)

3.5 CBS Verileri

3.5.1 CBS'de konumsal veri işleme tekniklerin çeşitleri

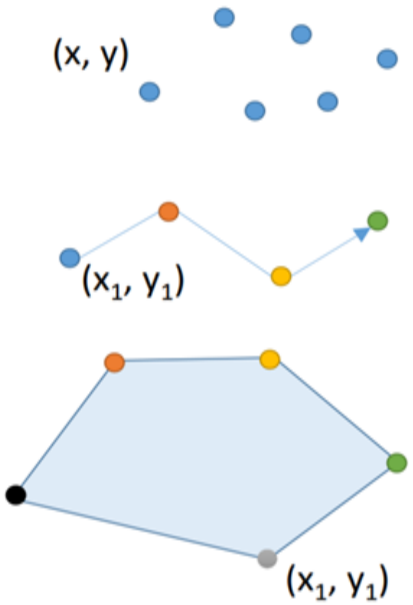
- Bilgisayar Dayalı Tasarım (Computer Aided Design, CAD)
- Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Data Base Management Systems, DBMS)
- Uzaktan Algılama (Remote Sensing)
- Bilgisayar Destekli Kartografya (Computer Aided Cartography)

3.5.2 CBS veri türleri

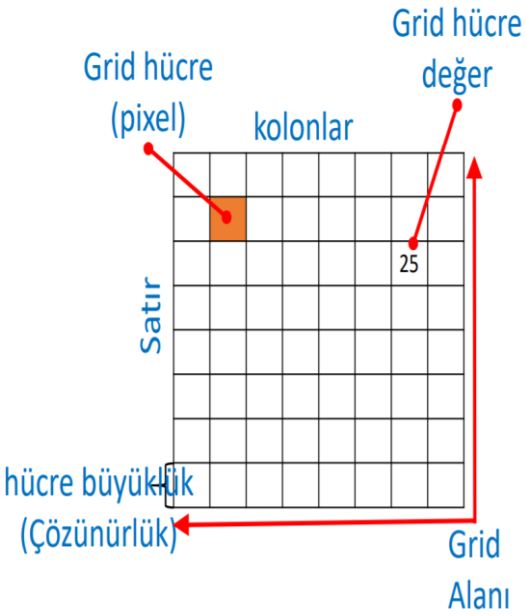
CBS'de veriler üç çeşite ayrılır. Bunlar vektör veriler, raster veriler ve coğrafi olmayan öznitelik verilerdir.

3.5.2.1 Vektör veri; nokta, çizgi ve alanlardan oluşan objeleri belli bir koordinat sistemine göre x ve y değerleri ile depolar (Şekil 3.3).

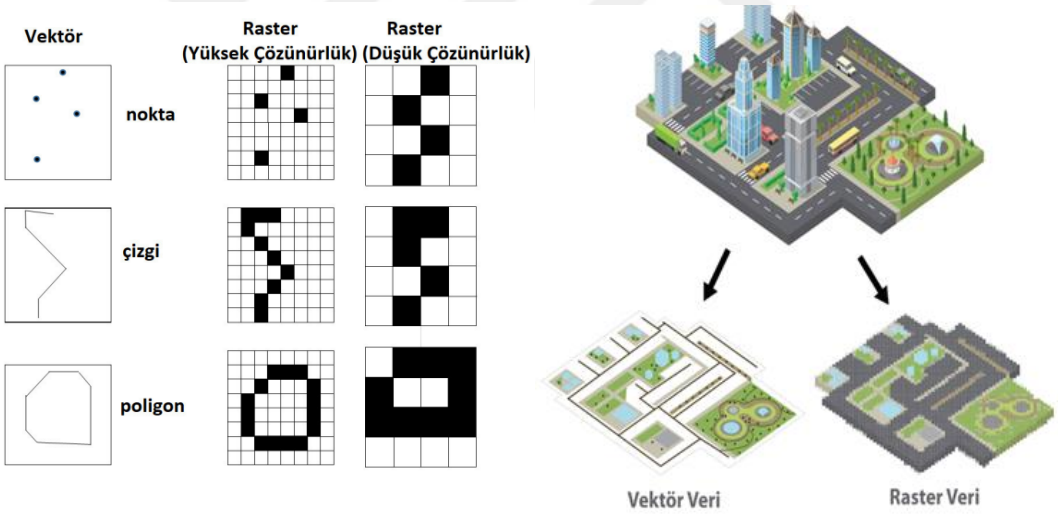
3.5.2.2 Raster veri; görüntüleri küçük bölümlere ayrılıp birbiri ile bitişik hücreleri gruplar haline getirilerek oluşur. Piksel hücrelerin çözünürlüğü belirlemektedir (Şekil 3.4). Piksel boyutu küçüldükçe haritanın çözünürlüğü de bir o kadar artacaktır.



Şekil 3.3 Vektör veri geometri tipleri.



Şekil 3.4 Raster veri modeli.



Şekil 3.5 Raster ve vektör veri gösterimi.

3.5.2.3 Coğrafi olmayan öznitelik verileri, haritası olmayan herhangi bir nesnenin özelliklerini ortaya koyan bilgilerdir. Grafik veri ile ilişkilendirilmiş her türlü tablosal veridir.

3.5.3 Raster verinin ve vektör verinin avantajları ve dezavantajları

CBS'de her iki verinin de (Rester verinin ve vektör verinin) Yapılan çalışmanın özelliğine göre avantajlı ve dezavantajlı olduğu durumlar bulunmaktadır. Bu bakımdan araştırma konusunun özelliklerini ve hassasiyetini göz önünde bulundurarak uygun olan model seçilerek doğruya en yakın sonuçlar elde etmek gerekmektedir. Aşağıda her iki modelin avantajları ve dezavantajları verilmektedir.

Raster verinin avantajları:

- Veri yapıları basittir.
- Farklı şekillerdeki uzamsal analizlerin yapılabilmesi kolaydır.
- Piksellerin eşit boyutta olmasından dolayı simülasyon işlemi kolaydır.
- Raster teknolojisindeki hızlı gelişmeler sayesinde yüksek denecek maliyetler gerektirmez.

Dezavantajları

- Bellekte fazla yer kaplarlar.
- Ağ yapılandırılması ve objeler arası bağlantıların kurulması zordur.

Vektör verinin avantajları

- Gerçek durumun veri yapısına doğrudan yansımasına imkân sağlar.
- Ağ bağlantıları sayesinde topolojik yapı açık ve anlaşılır bir şekilde ifade edilebilmektedir.
- Grafik ve grafik olmayan veriye güncelleme ve erişme sağlanabilmektedir.

Dezavantajları

- Veri yapıları karmaşıktır.
- Her bir coğrafi nesnenin farklı topolojik formasyona sahip olması nedeniyle simülasyon işlemi zordur (Yomralıoğlu, 2000).

Verilerin analizini yapmak ve yorumlayabilmek için birtakım işleme tabi tutulmalıdır. Dolayısıyla coğrafi veri ile çalışmayı üç önemli işleme ayırabiliriz:

- **Verinin hazırlanması ve girişi:** araştırma konusuna dair tüm veriler toparlanır, hazır hale getirilir ve sisteme veri girişi yapılır.
- **Verinin analizi:** sisteme girişi yapılan bu veriler özenle incelenir, yeni veriler elde etmek üzere bazı işlemlere tabi tutulur.
- **Verinin sunumu:** analiz sonuçlarının uygun bir şekilde sunumu yapılır.

4. MATERYAL VE METOD

Sıvılaşma potansiyeline sahip zeminlerin sıvılaşma risk analizlerinde saha ve laboratuvar deneylerinin kullanıldığı birçok yöntem bulunmaktadır. Ancak SPT verilerinden faydalanarak yapılacak hesaplamalarda üç ayrı yöntem mevcuttur. Bunlar; Seed ve Idriss (1971), Tokimatsu ve Yoshimi (1983) ve Iwasaki ve Tokida'nın (1982) geliştirdiği yöntemlerdir. Bu yöntemler arasından en sık tercih edilen ise ilk olarak Seed ve Idriss (1971)'e ait olan "Basitleştirilmiş Yöntem" olarak isimlendirilen yöntemdir. Bu çalışma sıvılaşma analizi açısından esas teşkil edip zamanla yenilenerek Türkiye'de olduğu gibi dünyanın birçok ülkesinde de kumların sıvılaşma duyarlılığını saptamak için en çok tercih edilen bir yöntem haline gelmiş ve yeni TBDY'de de yer verilmiştir.

Bu çalışmada esas alınan, sondajlardan ede edilen SPT verileri Seed ve Idriss (1971) tarafından önerilen 'Basitleştirilmiş' sıvılaşma analiz yönteminden yararlanılarak, inceleme alanının sıvılaşma potansiyeli araştırılmıştır.

Çalışmada farklı mühendislik firmaları tarafından farklı projeler ile ilgili yapılan 43 adet sondaj kuyusuna ait Geoteknik raporlar, zemin etüdü veri raporları, arazi ve laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen verileri her bir parsele ait sondajlar için uluşturulan veri dosyaları Microsoft Excel programı kullanılmıştır.

Yapılan analizlerde TBDY 2018 kapsamında belirlenen en büyük yer ivmesi değeri kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısının,"S_{DS}" değerinin %40'ı olarak kullanılmıştır. Ayrıca ince dane oranına göre düzeltilmiş SPT darbe sayısı 34 olduğunda, devirsel direnç oranı tanımsız olmaktadır. Bu neden ile $(N_1)_{60,CS}$ değeri 34 ve üzeri için sıvılaşma hesabı yapılmamıştır.

Microsoft Excel programında her bir parsale ait maksimum yatay yer ivmesi ($a_{max)}$, yer altı su seviyesi ve zeminin her tabakadaki ince tane oranına göre hesaplamalar yapılarak bütün sondajlarda her 1,5 metre 'deki zeminin sıvılaşma potansiyel değerleri belirlenmiştir.

Çalışma alanında yapılan analizler ile belirlenen sıvılaşma potansiyel değerlerinden bir veri seti oluşturulup Global Mapper 20.1 programına aktarılarak çalışma bölgesinin sıvılaşma potansiyeli haritaları oluşturulmuştur.

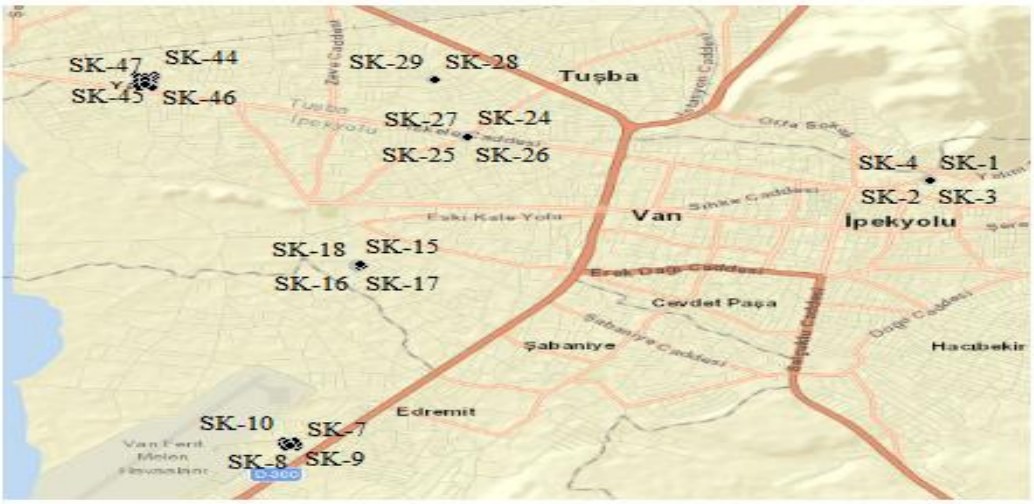
4.1 İnceleme Alanında Bulunan Sondaj Kuyuları

İnceleme alanı alüvyon birimlerinin bulunduğu ve 1,5 m ile 8,5 m arasında değişen derinliklerde yeraltı su seviyelerinde olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada belirlenen inceleme alanı kapsamında sıvılaşma risk analizi için 43 adet sondaj verisi kullanılmıştır. Sondajlar 20.00 m derinliğinde, yer altı su seviyesinin derinliği ise 1,5 m ile 8,5m arasında değişiklik göstermektedir. Çalışma kapsamında kullanılan sondajların koordinat, derinlik ve yeraltı su derinliği gibi özellikleri Tablo 4.1'de yer almaktadır. Ayrıca Şekil 4.1 ve 4.2'de çalışma kapsamında bulunan sondaj noktalarının World Imagery ve World Street Map üzerindeki lokasyonları gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Çalışma alanındaki sondaj lokasyonlarının World Imagery üzerinde gösterimi.



Şekil 4.2 Çalışma alanındaki sondaj lokasyonlarının World Street Map üzerinde gösterimi.

Tablo 4.1 İnceleme alanında bulunan sondaj özellikleri.

Sondaj No	Derinlik (m)	Yeraltı Su Derinliği (m)	KORDİNAT	
			X	Y
SK-1	20	8,50	38,5049	43,4026
SK-2	20	8,50	38,5051	43,4026
SK-3	20	8,50	38,5051	43,4024
SK-4	20	8,50	38,5050	43,4024
SK-5	20	8,50	38,5051	43,4025
SK-6	20	8,50	38,5050	43,4025
SK-7	20	7,00	38,4686	43,3455
SK-8	20	7,00	38,4691	43,3455
SK-9	20	7,00	38,4696	43,3454
SK-10	20	7,00	38,4695	43,3442
SK-11	20	7,00	38,4692	43,3443
SK-12	20	7,00	38,4687	43,3444
SK-13	20	7,00	38,4693	43,3448
SK-14	20	7,00	38,4689	43,3449
SK-15	20	4,5	38,49349	43,3508
SK-16	20	4,5	38,49342	43,3511
SK17	20	4,5	38,49331	4,3509
SK-18	20	4,5	38,49318	43,3508
SK-19	20	4,5	38,49321	43,3511
SK-20	20	4,5	38,49306	43,3511
SK-21	20	4,5	38,4932	43,3513
SK-22	20	4,5	38,49343	43,3515
SK-23	20	4,5	38,49351	43,3513
SK-24	20	8,5	38,5111	43,3609
SK-25	20	8,5	38,5109	43,3608
SK-26	20	8,5	38,5108	43,3608
SK-27	20	8,5	38,5107	43,3609
SK-28	20	4,5	38,51868	43,3579
SK-29	20	4,5	38,51862	43,3578
SK-30	20	4,5	38,51852	43,3579
SK-44	20	1,5	38,5192	43,3337
SK-45	20	1,5	38,5189	43,3326
SK-46	20	1,5	38,5185	43,3325
SK-47	20	1,5	38,5181	43,3324
SK-48	20	1,5	38,5178	43,3324
SK-49	20	1,5	38,5175	43,3324
SK-50	20	1,5	38,5193	43,3311
SK-51	20	1,5	38,5190	43,3312
SK-52	20	1,5	38,5184	43,3312
SK-53	20	1,5	38,5178	43,3313
SK-54	20	1,5	38,5190	43,3318
SK-55	20	1,5	38,5185	43,3318
SK-56	20	1,5	38,5179	43,3318

4.2 Laboratuvar Deneyleri

Araştırma kapsamında, çalışma alanına ait zeminin jeolojik ve geoteknik özelliklerini belirlemek amacı ila standart penetrasyon deneyleri (SPT) gerçekleştirilmiştir. Sondajlar sırasında inceleme alanı sınırları içerisinde değişik bölgelerden, 1.5 m ile 20 m derinlikleri arasında, 1.5 m'de bir örselenmiş örnekler alınarak 43 adet sondaj için veri elde edilmiştir.

Tablo 4.2'de görüldüğü üzere, bölgenin çoğunda ölçülen SPT- Narazi değerlerinin 15 ile 35 aralığında değiştiği, bölgenin bazı yerlerinde ise değerlerin 40 ve 40'ın üzerine çıktığı gözlenmiştir. Bunun yansıra bazı derinliklerde SPT- Narazi değerleri, refü (R) şeklinde gösterilmektedir. Bu zeminin çok sıkı durumda ve ölçülen SPT- Narazi değerinin 50'den büyük olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 4.2 İnceleme alanındaki zeminlerin SPT- Narazi değerleri.

Sondaj No	**Deriliklere göre SPT(N)$_{arazi}$ değerleri**													
	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	19,5	20.0
SK-1	-	-	-	27	26	25	46	37	37	40	R	R	R	-
SK-2	-	-	-	21	25	-	30	23	R	37	R	R	-	-
SK-3	-	-	-	25	26	27	28	R	R	R	26	48	48	-
SK-4	-	15	21	-	-	25	19	19	R	-	17	R	R	-
SK-5	-	-	-	25	21	21	30	36	33	25	R	R	R	-
SK-6	-	-	-	20	21	19	19	42	22	23	R	R	R	-
SK-7	44	22	72	99	24	22	54	41	29	25	69	82	70	
SK-8	56	28	67	31	39	35	46	34	-	-	-	-	-	-
SK-9	47	22	91	23	19	23	68	32	32	62	22	45	49	-
SK-10	81	65	99	68	11	16	50	31	28	11	17	37	53	-
SK-11	59	85	99	27	36	36	87	23	37	73	24	43	83	-
SK-12	63	82	61	25	37	99	39	84	53	26	44	73	99	-
SK-13	40	20	49	37	32	36	38	55	73	15	44	38	43	-
SK-14	17	18	19	40	52	50	35	65	99	-	-	-	-	-
SK-15	8	15	-	21	-	15	15	19	20	16	62	36	70	-
SK-16	5	28	29	-	15	-	19	24	15	26	38	20	23	-
SK17	8	49	-	20	23	-	21	42	42	45	14	18	17	-
SK-18	5	37	24	-	19	23	-	25	18	11	21	44	6	-
SK-19	9	46	-	30	13	-	41	28	28	14	20	21	10	-
SK-20	13	27	10	-	27	30	-	8	24	32	9	53	21	-
SK-21	20	17	19	13	21	11	-	37	11	19	23	24	26	-
SK-22	5	47	13	20	23	23	8	-	31	15	11	79	42	-
SK-23	7	14	-	23	27	40	16	10	18	40	30	37	34	-
SK-24	17	15	16	-	11	11	9	16	14	8	52	35	14	-
SK-25	22	-	11	11	12	9	11	10	5	14	11	14	-	-
SK-26	22	-	11	11	12	9	11	10	5	14	11	14	-	-
SK-27	13	8	-	13	10	13	19	17	8	9	9	9	15	-
SK-28	25	11	14	7	13	6	22	36	25	15	47	22	32	-
SK-29	36	8	14	6	6	13	9	23	29	38	18	16	51	-
SK-30	48	34	15	6	9	5	19	20	18	24	28	27	41	-
SK-44	7	10	37	33	34	41	32	34	39	34	33	31	38	-
SK-45	12	10	31	40	36	41	31	32	36	38	32	32	36	-
SK-46	10	8	20	22	7	14	7	9	13	24	39	26	23	-

Tablo 4.2 (Devam).

SK-47	3	7	17	5	17	20	16	27	23	15	22	16	27	-
SK-48	29	9	3	14	28	23	15	14	17	10	28	18	18	-
SK-49	14	11	12	13	13	13	24	15	11	25	29	23	29	-
SK-50	3	3	22	15	19	27	10	18	10	15	29	36	50	-
SK-51	3	7	17	5	17	20	16	27	23	15	22	16	27	-
SK-52	5	5	13	10	5	11	50	9	9	25	17	32	27	-
SK-53	7	4	13	5	11	6	15	17	26	22	37	33	19	-
SK-54	8	9	13	20	16	16	18	25	11	17	9	12	21	-
SK-55	5	8	41	39	22	16	15	15	14	16	14	16	22	-
SK-56	5	8	16	29	24	16	20	14	14	17	13	21	20	-

Sondaj kuyularından alınan zemin örselenmiş ve örselenmemiş numuneleri üzerinde, zeminin fiziksel özelliklerini belirlemek ve sıvılaşma girdi parametrelerini oluşturmak için, plastik limit (P_L), likit limit (L_L), su muhtevası (W), doğal birim hacim ağırlığı (γ_n), ve elek analizi deneyleri yapılmıştır.

İnceleme alanında açılan sondaj kuyularından alınan örnekler, USCS (Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi) kullanılarak isimlendirilmiş ve sınıflandırılmıştır.

Her sondaj kuyusu için yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

İnceleme alanı zeminlerinde yapılan elek analizi deney sonuçları incelendiğinde (Tablo 4.3) SW (iyi derecelenmiş kum), GP (kötü derecelenmiş çakıl), SM (siltli kum), CH (yüksek plastisteli kil), CL (düşük plastisteli kil) tür zeminlere rastlanmıştır.

Yapılan deneylerinin sonuçları incelendiğinde, plastik limit (P_L), likit limit (L_L), doğal birim hacim ağırlığı (γ_n) ve su muhtevası (W) (Tablo 4.3), su muhtevası (w) değerinin %10-%20, birim ağırlık değerlerinin ise 18-20 kN/m^3 aralığında değişiklik göstermektedir. likit limit (L_L) ve Plastik limit (P_L) deney sonuçlarının incelendiğinde ise, inceleme alanı içerisindeki zeminlerinin genel olarak non-plastik (NP) özelliğine sahip olduğunu gözlenmiştir. plastisite indeksi (PI) değeri %18-22 arasında değişmektedir.

Tablo 4.3 Laboratuvar deney sonuçları.

Sondaj No	Derinlik (m)	Tane Dağılımı		γ_n	Su İçeriği W (%)	Atterberg Limitleri (%)			Zemin Sınıfı
		10 No Kalan (%)	200 No Geçen (%)			PL	LL	PI	
SK-1	3.00	9.28	28.22	18.3	13.42	-	-	-	SM
SK-1	4.50	7.54	29.55	-	14.11	-	-	-	SM
SK-1	19.50	73.52	9.03	-	14.96	-	-	-	GP
SK-2	3.00	8.66	27.31	-	12.49	-	-	-	SM
SK-2	4.50	8.70	26.40	18.3	12.93	-	-	-	SM
SK-2	18.00	80.26	4.83	-	14.77	-	-	-	GP
SK-3	9.00	7.76	29.26	-	13.08	-	-	-	SM
SK-3	10.50	5.69	71.33	-	18.95	41.64	21.40	20.24	CL
SK-3	15.00	6.37	27.96	-	15.21	-	-	-	SM
SK-4	6.00	5.52	73.87	18.6	15.38	42.56	21.80	20.76	CL
SK-4	7.50	7.98	27.72	-	16.09	-	-	-	SM
SK-4	13.50	8.59	25.19	-	19.61	-	-	-	SM
SK-4	17.50	8.01	24.05	-	20.45	-	-	-	SM
SK-5	12.00	4.98	70.52	-	19.59	43.15	23.00	20.15	CL
SK-5	15.00	9.32	25.33	-	15.79	-	-	-	SM
SK-5	18.00	10.11	27.62	-	16.50	-	-	-	SM
SK-6	13.50	8.61	26.69	-	15.16	-	-	-	SM
SK-6	16.50	5.80	26.86	-	17.51	-	-	-	SM
SK-6	19.50	6.11	29.51	-	17.89	-	-	-	SM
SK-7	1.50	8.67	23.54	19.42	11.58	NP	-	-	SM
SK-7	4.50	9.38	25.31	19.38	12.36	NP	-	-	SM
SK-7	7.50	7.92	21.55	19.40	11.24	NP	-	-	SM
SK-7	10.50	4.02	76.28	19.64	18.67	44.3	23.0	21.3	CH
SK-7	13.50	9.16	71.14	19.42	19.34	42.8	22.2	20.6	CH
SK-8	3.00	8.56	5.62	19.58	14.27	38.7	17.4	19.9	SW
SK-8	6.00	7.66	25.33	19.43	13.08	NP	-	-	SM
SK-8	9.00	5.67	4.88	19.21	10.36	NP	-	-	SW
SK-8	12.00	3.58	78.47	19.76	18.67	43.3	21.5	21.7	CH
SK-9	4.50	8.23	24.39	19.40	12.66	NP	-	-	SM
SK-9	7.50	7.82	26.39	19.42	13.61	NP	-	-	SM
SK-9	10.50	4.57	77.96	19.47	19.36	42.4	22.1	20.3	CH
SK-9	13.50	3.29	74.96	19.45	16.23	41.7	21.6	20.1	CH
SK-9	16.50	12.37	70.39	19.52	18.12	37.7	18.2	19.5	CL
SK-10	6.00	8.36	26.39	19.43	12.39	NP	-	-	SM
SK-10	9.00	5.34	4.17	19.66	8.67	NP	-	-	SW
SK-10	12.00	4.26	78.36	19.56	15.67	42.4	22.2	20.2	CH
SK-10	15.00	5.01	77.28	19.65	14.29	41.6	21.4	20.2	CH
SK-10	18.00	6.38	72.38	19.44	18.25	38.7	20.3	18.3	CL
SK-11	1.50	7.39	5.62	19.58	14.27	38.7	17.4	19.9	SW
SK-11	7.50	7.98	72.58	19.38	18.76	38.1	18.1	20.0	SM
SK-11	12.00	5.7	4.88	19.58	13.53	42.4	21.6	20.8	CH
SK-11	19.50	8.45	73.26	19.42	17.69	38.6	18.2	20.4	CL
SK-12	1.50	9.16	71.69	19.41	16.52	38.3	18.9	19.4	CL
SK-12	6.00	8.37	73.25	19.35	18.46	NP	-	-	SM
SK-12	10.50	9.02	69.58	19.48	14.38	38.3	18.4	19.9	CL
SK-12	13.50	8.29	70.54	19.45	17.58	38.2	18.6	19.6	CL
SK-13	3.00	8.36	78.45	19.38	15.38	38.3	19.8	18.5	CL

Tablo 4.3 (Devam).

SK-13	7.50	9.18	27.36	18.41	20.06	NP	-	-	SM
SK-13	12.00	9.35	77.54	19.40	12.39	37.4	18.1	19.3	CL
SK-13	16.50	8.62	67.54	19.36	12.57	36.2	17.8	18.4	CL
SK-14	4.50	7.14	79.12	19.43	17.45	36.8	17.5	19.3	CL
SK-14	9.00	6.88	5.62	19.58	14.27	38.7	17.4	19.9	SW
SK-14	10.50	7.98	72.58	19.38	12.33	38.1	18.1	20.0	CL
SK-14	12.00	8.67	76.34	19.46	14.53	41.3	18.6	22.7	CL
SK-15	1,50	13	34	-	17,92	-	NP	-	SM
SK-15	3,00	10	30	-	16,66	-	NP	-	SM
SK-15	4,50	11	32	18.3	14,49	-	NP	-	SM
SK-15	6,00	11	29	-	21,38	-	NP	-	SM
SK-15	9,00	23	26	-	19,05	-	NP	-	SM
SK-15	10,50	13	23	-	17,89	-	NP	-	SM
SK-15	16,50	9	32	-	20,59	-	NP	-	SM
SK-15	18,00	10	27	-	19,65	-	NP	-	SM
SK-16	3,00	12	21	-	18,69	-	NP	-	SM
SK-16	4,50	11	35	-	14,46	-	NP	-	SM
SK-16	7,50	11	22	-	21,07	-	NP	-	SM
SK-16	9,00	11	35	-	20,79	-	NP	-	SM
SK-16	10,50	13	27	-	18,95	-	NP	-	SM
SK-16	15,00	12	34	-	20,68	-	NP	-	SM
SK-16	19,50	13	28	-	18,01	-	NP	-	SM
SK-17	3,00	14	30	-	17,21	-	NP	-	SM
SK-17	4,50	14	25	-	20,61	-	NP	-	SM
SK-17	6,00	9	34	-	18,60	-	NP	-	SM
SK-17	10,50	9	31	-	14,12	-	NP	-	SM
SK-17	12,00	12	26	-	18,37	-	NP	-	SM
SK-17	16,50	11	31	-	14,89	-	NP	-	SM
SK-17	18,00	10	34	-	16,47	-	NP	-	SM
SK-18	3,00	12	32	-	13,88	-	NP	-	SM
SK-18	4,50	8	29	-	20,32	-	NP	-	SM
SK-18	9,00	11	32	-	17,61	-	NP	-	SM
SK-18	13,50	14	28	-	15,66	-	NP	-	SM
SK-18	16,50	12	33	-	21,24	-	NP	-	SM
SK-18	19,50	10	22	-	16,99	-	NP	-	SM
SK-19	3,00	8	32	-	14,27	-	NP	-	SM
SK-19	6,00	12	31	-	18,27	-	NP	-	SM
SK-19	9,00	12	28	-	20,66	-	NP	-	SM
SK-19	10,50	14	25	-	19,39	-	NP	-	SM
SK-19	12,00	11	28	-	16,48	-	NP	-	SM
SK-19	15,00	11	31	-	15,54	-	NP	-	SM
SK-19	18,00	13	26	-	19,20	-	NP	-	SM
SK-19	21,00	13	31	-	17,06	-	NP	-	SM
SK-19	24,00	9	29	-	20,02	-	NP	-	SM
SK-20	1,50	11	26	-	18,90	-	NP	-	SM
SK-20	4,50	10	34	-	16,29	-	NP	-	SM
SK-20	9,00	8	25	-	19,80	-	NP	-	SM
SK-20	13,50	14	27	-	19,10	-	NP	-	SM
SK-20	16,50	13	30	-	18,83	-	NP	-	SM
SK-20	19,50	9	36	-	18,59	-	NP	-	SM
SK-21	3.00	12	32	-	16,68	-	NP	-	SM
SK-21	4,50	9	31	-	19,41	-	NP	-	SM
SK-21	7,50	13	33	-	18,58	-	NP	-	SM
SK-21	12,00	9	27	-	17,72	-	NP	-	SM
SK-21	15,00	12	34	-	19,66	-	NP	-	SM
SK-21	18,00	11	33	-	15,74	-	NP	-	SM
SK-22	3,00	13	31	-	14.59	-	NP	-	SM
SK-22	6,00	8	29	-	17,08	-	NP	-	SM

Tablo 4.3 (Devam).

SK-22	9,00	12	32	-	19,10	-	NP	-	SM
SK-22	13,50	10	26	-	19,27	-	NP	-	SM
SK-22	15,00	15	33	-	19,57	-	NP	-	SM
SK-22	19,50	11	29	-	18,20	-	NP	-	SM
Sk-22	22,50	15	27	-	21,65	-	NP	-	SM
SK-22	24,00	12	26	-	18,68	-	NP	-	SM
SK-23	1,50	14	33	-	19,63	-	NP	-	SM
SK-23	3,00	10	22	-	20,72	-	NP	-	SM
SK-23	7,50	15	30	-	20,06	-	NP	-	SM
SK-23	10.50	13	33	-	15,11	-	NP	-	SM
SK-23	13,50	20	28	-	13,08	-	NP	-	SM
SK-23	16,50	12	24	-	20,38	-	NP	-	SM
SK23	19,50	13	26	-	17,66	-	NP	-	SM
SK-28	3.00	13	34	-	12.68	-	NP	-	SM
SK-28	6.00	4	70	-	14.38	37	20	17	CL
SK-28	9.00	7	69	-	12.76	38	21	17	CL
SK-28	12.00	10	31	-	13.07	-	NP	-	SM
SK-28	15.00	13	32	-	12.11	-	NP	-	SM
SK-28	18.00	13	26	-	12.72	-	NP	-	SM
SK-29	1,5	12	33	-	10.78	-	NP	-	SM
SK-29	4,5	12	27	-	14.48	-	NP	-	SM
SK-29	7,5	13	28	-	13.99	-	NP	-	SM
SK-29	10,5	11	29	-	10.95	-	NP	-	SM
SK-29	15.00	1	31	-	13.86	-	NP	-	SM
SK-29	19.50	14	22	-	11.64	-	NP	-	SM
SK-30	3.00	0	27	-	12.24	-	NP	-	SM
SK-30	6.00	2	80	18.9	15.05	39	NP	-	CL
SK-30	7.50	0	26	-	13.74	-	NP	-	SM
SK-30	9.00	11	22	-	13.77	-	NP	-	SM
SK-30	12.00	5	35	-	13.37	-	NP	-	SM
SK-30	16.50	9	23	-	12.89	-	NP	-	SM

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tezin konusu olan Van ilinin merkez ilçelerinde yapılan Geoteknik çalışmalar sonucunda sıvılaşma analizleri Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre Standart Penetrasyon Testi (SPT) verileri kullanılarak yapılmış ve çalışma alanının sıvılaşma potansiyeli risk haritası elde edilmiştir. Farklı deprem büyüklükleri alınarak farklı senaryolara göre yapılan sıvılaşma analizi ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sıvılaşma haritası incelendiğinde, İpekyolu, Edremit ve Tuşba ilçesinin sıvılaşma riskinin olduğu görülmüştür.

Yer altı su seviyesinin derinliği zemin yüzeyinden 1,5m ile 8,5 m arasında değişiklik gösteren, çalışma alanındaki zeminlerin sıvılaşma analizleri 1,5 m-20 m arasındaki derinliklerde yapılmıştır. Yapılan sıvılaşma analizlerinin sonuçları EK-1'de mevcuttur. Ancak (6,0; 10,5; 15,0 ve 19,5)m derinlikler için analizlere ait sonuçlar Tablo 5.1'de ve Tablo 5.2'de verilmiştir.

Sıvılaşma potansiyeli incelenen sondajlarda, deprem büyüklüğü (6,0; 6,5; 7,0 ve 7,5) olarak alındığında zeminin SPT-N darbe sayısı, yer altı suy seviyesi, ince tane oranı yüzde ağırlığı gibi niteliklere bağlı olarak zemin tabakalarının sıvılaşama duyarlılığında değişiklik gözlenmiştir. Deprem büyüklüğü 6,0 olarak alındığında çalışma alanının zemin tabakalarının çok az bir bölümünde sıvılaşma potansiyelinin olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.1).

Deprem büyüklüğü (6,5; 7,0; 7,5) olarak alındığında SPT-Narazi değeri, ince tane oranın zemin içerisindeki ağırlık yüzdesi ve yer altı su seviyesi gibi özelliklere dayalı olarak daha fazla zemin tabakalarının sıvılaşma riski olduğunu gözlemlenmiştir (Şekil 5.2).

Çalışma alanı için farklı deprem büyülüklerine göre hazırlanan sıvılaşma risk haritaları, inceleme alanındaki her 1,5 metre derinlikteki zemin tabakaları için sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı değerlerini hesaplanmaktadır. Böylece sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısının değişimi, farklı zemin seviyeleri için ortaya konulmuştur. Düzenlenen tablolar ile sıvılaşmanın gerçekleşip gerçekleşmeyeceği zemin seviyeleri hakkında değerlendirmelerde bulunmaktadır.

Tablo 5.1 Büyüklüğü 6,0 ve 6,5 olan deprem senaryosuna göre sıvılaşma analiz sonuçları.

Sondaj No	Derinlik	$(N1)_{60}$	σ'v	σ'v0	rd	CSR	CRR (6,0)	EF (6,0)	CRR (6,5)	EF (6,5)
SK-1	6	23,9	110	110	0,95	0,209	1,384	6,618	1,126	5,384
	10,5	34,2	193	173	0,89	0,219	_	_	_	_
	15	26,9	276	211	0,77	0,222	_	_	_	_
	19,5	31	359	249	0,65	0,206	1,343	6,503	1,092	5,290
SK-2	6	18,6	110	110	0,95	0,209	0,530	2,532	0,431	2,060
	10,5	22,3	193	173	0,89	0,219	0,775	3,546	0,630	2,885
	15	24,9	276	211	0,77	0,222	1,562	7,045	1,271	5,731
	19,5	0	359	249	0,65	0,206	0,087	0,421	0,071	0,342
SK-3	6	22,1	110	110	0,95	0,209	0,832	3,977	0,677	3,236
	10,5	20,8	193	173	0,89	0,219	_	_	_	_
	15	33,7	276	211	0,77	0,222	_	_	_	_
	19,5	29,8	359	249	0,65	0,206	_	_	_	_
SK-4	6	0	110	110	0,95	0,209	0,128	0,610	0,104	0,496
	10,5	14,1	193	173	0,89	0,219	0,394	1,802	0,320	1,466
	15	0	276	211	0,77	0,222	0,119	0,535	0,097	0,435
	19,5	31	359	249	0,65	0,206	_	_	_	_
SK-5	6	22,1	110	110	0,95	0,209	1,119	5,350	0,910	4,353
	10,5	22,3	193	173	0,89	0,219	1,198	5,484	0,975	4,462
	15	16,8	276	211	0,77	0,222	0,457	2,063	0,372	1,678
	19,5	31	359	249	0,65	0,206	_	_	_	_
SK-6	6	17,7	110	110	0,95	0,209	0,497	2,377	0,404	1,933
	10,5	6,7	193	173	0,89	0,219	0,232	1,063	0,189	0,865
	15	15,5	276	211	0,77	0,222	0,427	1,924	0,347	1,565
	19,5	31	359	249	0,65	0,206	_	_	_	_
SK-7	6	86,2	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_
	10,5	40,7	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	16,8	291	211	0,77	0,228	0,522	2,295	0,425	1,867
	19,5	43	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-8	6	26,7	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_
	10,5	34,7	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	0	291	211	0,77	0,228	0,128	0,560	0,104	0,456
	19,5	0	378	253	0,65	0,208	0,128	0,612	0,104	0,498
SK-9	6	19,8	116	116	0,95	0,204	0,563	2,766	0,458	2,250
	10,5	51,2	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	41,8	291	211	0,77	0,228	_	_	_	_
	19,5	30,1	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-10	6	58,6	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_
	10,5	37,7	204	169	0,89	0,230				
	15	7,4	291	211	0,77	0,228	0,264	1,159	0,215	0,943
	19,5	32,6	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-11	6	23,3	116	116	0,95	0,204	0,466	2,288	0,379	1,862
	10,5	65,5	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	49,2	291	211	0,77	0,228	_	_	_	_
	19,5	51	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-12	6	21,5	116	116	0,95	0,204	0,949	4,661	0,772	3,792
	10,5	29,4	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	17,5	291	211	0,77	0,228	0,554	2,435	0,451	1,981
	19,5	61,5	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-13	6	31,9	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_
	10,5	28,6	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	10,1	291	211	0,77	0,228	0,322	1,416	0,262	1,152
	19,5	26,4	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-14	6	34,5	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_

Tablo 5.1 (Devam).

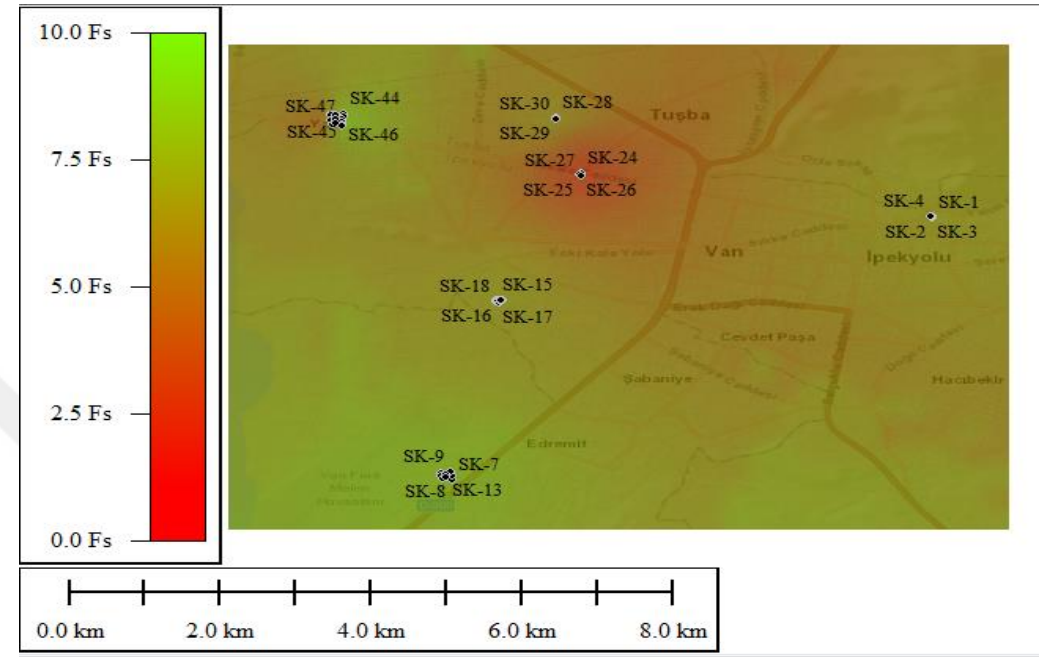
	10,5	26,4	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	0	291	211	0,77	0,228	0,128	0,560	0,104	0,456
	19,5	0	378	253	0,65	0,208	0,128	0,612	0,104	0,498
SK-15	6	18,6	110	110,00	0,95	0,208	0,552	2,655	0,449	2,160
	10,5	10,6	192	192,00	0,89	0,195	0,300	1,538	0,244	1,252
	15	9,5	275	275,00	0,77	0,169	0,275	1,628	0,223	1,325
	19,5	36,3	357	357,00	0,65	0,143				
SK-16	6	0	110	110	0,95	0,208	0,122	0,586	0,099	0,476
	10,5	13,4	192	192	0,89	0,195	0,300	1,538	0,244	1,252
	15	15,4	275	275	0,77	0,169	0,461	2,734	0,375	2,224
	19,5	11,9	357	357	0,65	0,143	0,342	2,397	0,278	1,950
SK-17	6	17,7	110	110	0,95	0,208	0,553	2,656	0,450	2,161
	10,5	14,8	192	192	0,89	0,195	0,428	2,194	0,348	1,785
	15	26,6	275	275	0,77	0,169	_	_	_	_
	19,5	8,8	357	357	0,65	0,143	0,290	2,037	0,236	1,657
SK-18	6	0	110	110	0,95	0,208	0,124	0,594	0,101	0,484
	10,5	0	192	192	0,89	0,195	0,124	0,635	0,101	0,516
	15	6,5	275	275	0,77	0,169	0,236	1,397	0,192	1,136
	19,5	3,1	357	357	0,65	0,143	0,160	1,121	0,130	0,912
SK-19	6	26,6	110	110	0,95	0,208	0,000	0,000	0,000	0,000
	10,5	28,9	192	192	0,89	0,195	_	_	_	_
	15	803	275	275	0,77	0,169	12,292	72,854	10,000	59,271
	19,5	5,2	357	357	0,65	0,143	0,204	1,430	0,166	1,163
SK-20	6	0	110	110	0,95	0,208	0,124	0,594	0,101	0,484
	10,5	0	192	192	0,89	0,195	0,122	0,625	0,099	0,509
	15	18,9	275	275	0,77	0,169	0,577	3,417	0,469	2,780
	19,5	10,9	357	357	0,65	0,143	0,343	2,406	0,279	1,957
SK-21	6	11,5	110	110	0,95	0,208	0,339	1,630	0,276	1,326
	10,5	0	192	192	0,89	0,195	0,124	0,635	0,101	0,516
	15	11,2	275	275	0,77	0,169	0,344	2,041	0,280	1,660
	19,5	13,5	357	357	0,65	0,143	0,399	2,803	0,325	2,280
SK-22	6	17,7	110	110	0,95	0,208	0,514	2,470	0,418	2,009
	10,5	5,6	192	192	0,89	0,195	0,209	1,070	0,170	0,871
	15	8,9	275	275	0,77	0,169	0,290	1,719	0,236	1,399
	19,5	21,8	357	357	0,65	0,143	0,785	5,507	0,638	4,480
SK-23	6	20,4	110	110	0,95	0,208	0,641	3,079	0,521	2,505
	10,5	11,3	192	192	0,89	0,195	0,344	1,763	0,280	1,435
	15	23,6	275	275	0,77	0,169	0,964	5,715	0,784	4,650
	19,5	17,6	357	357	0,65	0,143	0,488	3,427	0,397	2,788
SK-24	6	0	110	110	0,95	0,241	0,128	0,530	0,104	0,431
	10,5	6,7	192	172	0,89	0,252	0,231	0,917	0,188	0,746
	15	5,4	275	210	0,77	0,256	0,198	0,773	0,161	0,629
	19,5	8,7	357	247	0,65	0,238	0,256	1,075	0,208	0,875
SK-25	6	9,8	110	110	0,95	0,241	0,316	1,311	0,257	1,066
	10,5	8,2	192	172	0,89	0,252	0,259	1,028	0,211	0,837
	15	9,5	275	210	0,77	0,256	0,271	1,061	0,221	0,863
	19,5	0	357	247	0,65	0,238	0,114	0,478	0,093	0,389
SK-26	6	7,1	110	110	0,95	0,241	0,258	1,070	0,210	0,870
	10,5	9,7	192	172	0,89	0,252	0,288	1,145	0,235	0,932
	15	12,8	275	210	0,77	0,256	0,338	1,322	0,275	1,076
	19,5	16,2	357	247	0,65	0,238	0,419	1,760	0,341	1,432
SK-27	6	11,5	110	110	0,95	0,241	0,356	1,478	0,289	1,202
	10,5	14,2	192	172	0,89	0,252	0,389	1,544	0,316	1,256
	15	13,5	275	210	0,77	0,256	0,353	1,382	0,287	1,125
	19,5	9,3	357,0	247	0,65	0,2383	0,267	1,122	0,218	0,913
SK-28	6	6,1	113	113	0,95	0,2137	0,237	1,111	0,193	0,904
	10,5	15,30	198	198	0,89	0,200	0,443	2,212	0,360	1,800
	15	9,20	284	253	0,77	0,194	0,294	1,512	0,239	1,230

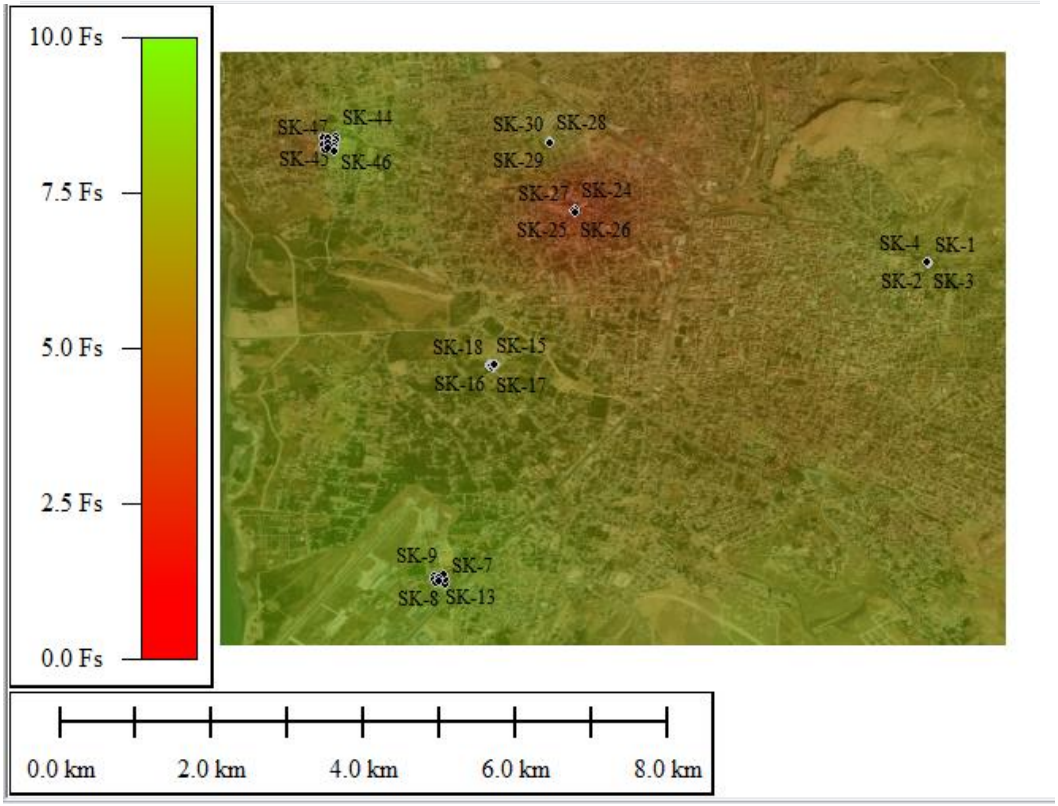
Tablo 5.1 (Devam).

	19,5	18,30	369	293	0,65	0,184	0,514	2,791	0,418	2,270
SK-29	6	5,20	113	113	0,95	0,213	0,206	0,963	0,167	0,784
	10,5	6,30	198	198	0,89	0,200	0,230	1,149	0,187	0,934
	15	23,40	284	253	0,77	0,194	1,285	6,608	1,045	5,376
	19,5	29,20	369	293	0,65	0,184	_	_	_	_
SK-30	6	5,20	113	113	0,95	0,213	0,220	1,029	0,179	0,837
	10,5	13,20	198	198	0,89	0,200	0,347	1,732	0,282	1,409
	15	14,80	284	253	0,77	0,194	0,446	2,296	0,363	1,868
	19,5	23,50	369	293	0,65	0,184	0,817	4,436	0,665	3,609
SK-44	6	39	102	57,86	0,95	0,312	_	_	_	_
	10,5	34	178	90,21	0,89	0,327	_	_	_	_
	15	31	255	122,57	0,77	0,299				
	19,5	31	331	154,92	0,65	0,259	_	_	_	_
SK-45	6	47	102	57,86	0,95	0,312	_	_	_	_
	10,5	33	178	90,21	0,89	0,327	_	_	_	_
	15	35	255	122,57	0,77	0,299				
	19,5	29	331	154,92	0,65	0,259	_	_	_	_
SK-46	6	26	102	57,86	0,95	0,312	2,882	9,237	2,345	7,515
	10,5	7	178	90,21	0,89	0,327	0,234	0,714	0,190	0,581
	15	22	255	122,57	0,77	0,299	0,711	2,383	0,579	1,939
	19,5	19	331	154,92	0,65	0,259	0,534	2,061	0,434	1,677
SK-47	6	6	102	57,86	0,95	0,312	0,216	0,691	0,175	0,562
	10,5	17	178	90,21	0,89	0,327	0,462	1,411	0,376	1,148
	15	14	255	122,57	0,77	0,299	0,379	1,270	0,308	1,033
	19,5	22	331,5	154,92	0,65	0,259	0,711	2,743	0,579	2,231
SK-48	6	17	102	57,86	0,95	0,312	0,462	1,479	0,376	1,203
	10,5	16	178	90,21	0,89	0,327	0,432	1,319	0,351	1,073
	15	9	255	122,57	0,77	0,299	0,271	0,909	0,221	0,740
	19,5	15	331,5	154,92	0,65	0,259	0,404	1,559	0,329	1,268
SK-49	6	15	102	57,86	0,95	0,312	0,404	1,296	0,329	1,054
	10,5	25	178	90,21	0,89	0,327	1,377	4,211	1,121	3,426
	15	23	255	122,57	0,77	0,299	0,820	2,745	0,667	2,234
	19,5	23	331,5	154,92	0,65	0,259	0,820	3,160	0,667	2,571
SK-50	6	18	102	57,86	0,95	0,312	0,495	1,587	0,403	1,291
	10,5	19	178	90,21	0,89	0,327	0,534	1,631	0,434	1,327
	15	14	255	122,57	0,77	0,299	0,379	1,270	0,308	1,033
	19,5	40	331,5	154,92	0,65	0,259	_	_	_	_
SK-51	6	6	102	57,86	0,95	0,312	0,216	0,691	0,175	0,562
	10,5	17	178	90,21	0,89	0,327	0,462	1,411	0,376	1,148
	15	14	255	122,57	0,77	0,299	0,379	1,270	0,308	1,033
	19,5	22	331,5	154,92	0,65	0,259	0,711	2,743	0,579	2,231
SK-52	6	12	102	57,86	0,95	0,312	0,333	1,067	0,271	0,868
	10,5	53	178	90,21	0,89	0,327	_	_	_	_
	15	23	255	122,57	0,77	0,299	0,820	2,745	0,667	2,234
	19,5	22	331,5	154,92	0,65	0,259	0,711	2,743	0,579	2,231
SK-53	6	6	102	57,86	0,95	0,312	0,216	0,691	0,175	0,562
	10,5	16	178	90,21	0,89	0,327	0,432	1,319	0,351	1,073
	15	20	255	122,57	0,77	0,299	0,580	1,941	0,471	1,579
	19,5	15	331,5	154,92	0,65	0,259	0,404	1,559	0,329	1,268
SK-54	6	23	102	60,8	0,95	0,297	0,820	2,760	0,667	2,246
	10,5	19	178,5	93,15	0,89	0,318	0,534	1,680	0,434	1,367
	15	15	255	125,51	0,77	0,292	0,404	1,387	0,329	1,128
	19,5	17	331,5	157,86	0,65	0,255	0,462	1,813	0,376	1,475
SK-55	6	45	102	60,8	0,95	0,297	_	_	_	_
	10,5	16	178,5	93,15	0,89	0,318	0,432	1,359	0,351	1,105
	15	14	255	125,51	0,77	0,292	0,379	1,300	0,308	1,058
	19,5	18	331,5	157,86	0,65	0,255	0,495	1,945	0,403	1,583
SK-56	6	34	102	60,8	0,95	0,297	_	_	_	_

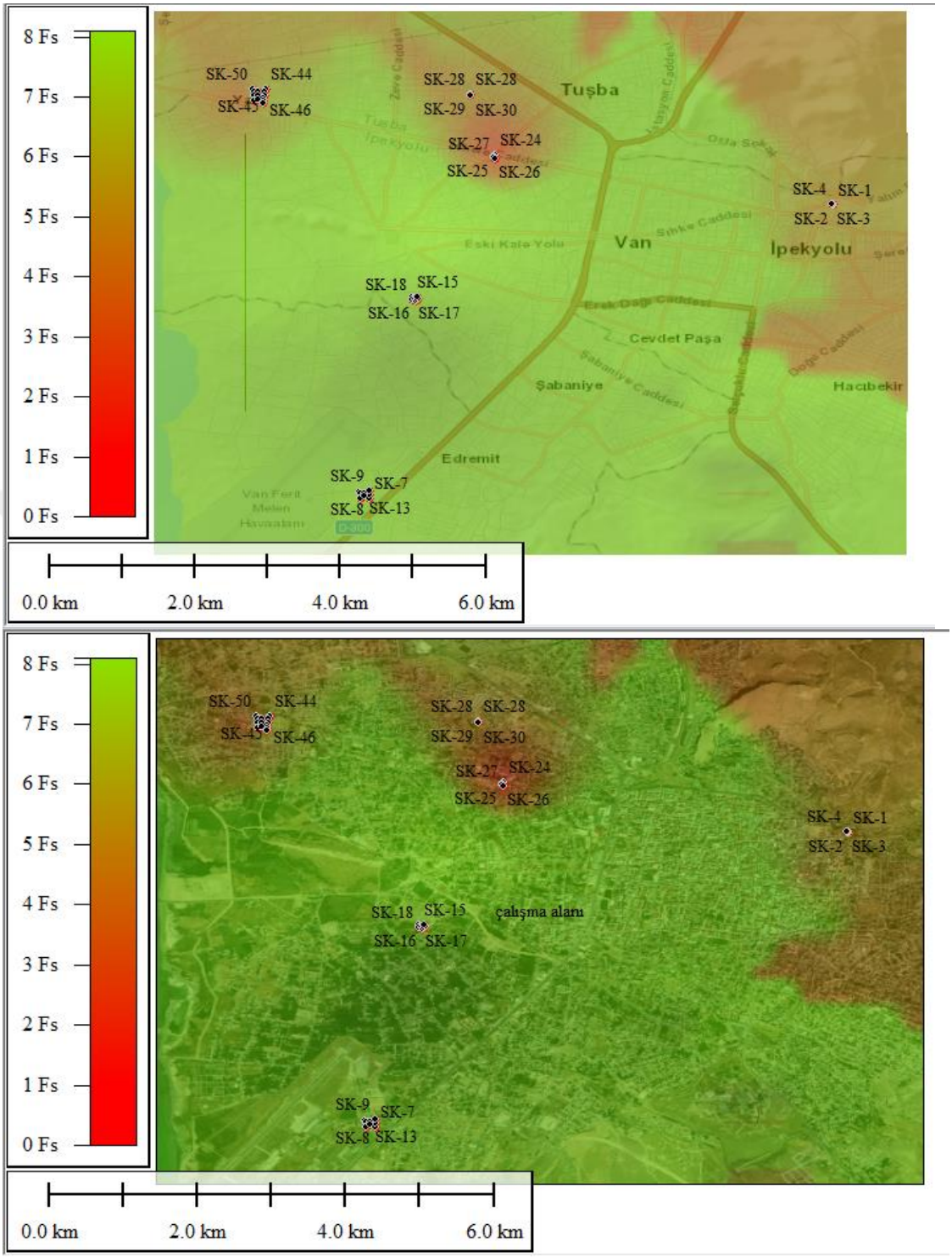
Tablo 5.1 (Devam).

	10,5	21	178,5	93,15	0,89	0,318	0,764	2,405	0,622	1,957
	15	15	255	125,51	0,77	0,292	0,453	1,554	0,368	1,264
	19,5	16	331,5	157,86	0,65	0,255	0,506	1,987	0,412	1,617





Şekil 5.1 Van –merkez, deprem büyüklüğü (M_W =6,0) için deprem senaryosunun sıvılaşma potansiyelinin haritası.



Şekil 5.2 Deprem büyüklüğü (M_W =6,5) olan deprem senaryosunun sıvılaşma potansiyelinin haritası.

Merkez ilçelerinde (İpekyolu, Edremit, Tuşba) deprem büyüklüğü 7,5 olarak alındığında SPT-Narazi değeri, zemin içerisindeki ince tane oranı yüzdesi, yer altı su seviyesi gibi unsurlara bağlı olarak çalışma alanının neredeyse bütün kısımlarında zemin tabakalarının sıvılaşma riskinin barındırdığı gözlenmiştir (Şekil 4.15). Deprem büyüklüğü (6,0; 6,5; 7,0) olarak alındığında ise yine zemin tabakalarının çoğu sıvılaşma tehlikesi altında olduğu görülmüştür (Tablo 5.2) (Şekil 5.5, 5.6).

Tablo 5.2 Büyüklüğü 7,0 ve 7,5 olan deprem senaryosuna göre sıvılaşma analiz sonuçları.

Sondaj No	Derinlik (m)	$(N1)_{60}$	σ'v	σ'v0	rd	CSR	CRR (7,5)	EF (7,5)	CRR (7,0)	EF (7,0)
SK-1	6	23,9	110	110	0,95	0,209	0,782	3,739	0,931	4,450
	10,5	34,2	193	173	0,89	0,219	_-	_-	_-	-
	15	26,9	276	211	0,77	0,222	_-	-_	-	-
	19,5	31	359	249	0,65	0,206	0,759	3,674	0,903	4,372
SK-2	6	18,6	110	110	0,95	0,209	0,299	1,431	0,356	1,703
	10,5	22,3	193	173	0,89	0,219	0,438	2,003	0,521	2,384
	15	24,9	276	211	0,77	0,222	0,883	3,980	1,050	4,736
	19,5	0	359	249	0,65	0,206	0,049	0,238	0,058	0,283
SK-3	6	22,1	110	110	0,95	0,209	0,470	2,247	0,559	2,674
	10,5	20,8	193	173	0,89	0,219	_-	_-	-	-
	15	33,7	276	211	0,77	0,222	_-	_-	-	-
	19,5	29,8	359	249	0,65	0,206	_-	_-	-	-
SK-4	6	0	110	110	0,95	0,209	0,072	0,345	0,086	0,410
	10,5	14,1	193	173	0,89	0,219	0,222	1,018	0,265	1,211
	15	0	276	211	0,77	0,222	0,067	0,302	0,080	0,360
	19,5	31	359	249	0,65	0,206	_-	_-	-	-
SK-5	6	22,1	110	110	0,95	0,209	0,632	3,023	0,752	3,597
	10,5	22,3	193	173	0,89	0,219	0,677	3,098	0,806	3,687
	15	16,8	276	211	0,77	0,222	0,258	1,165	0,308	1,387
	19,5	31	359	249	0,65	0,206	_-	_-	-	-
SK-6	6	17,7	110	110	0,95	0,209	0,281	1,343	0,334	1,598
	10,5	6,7	193	173	0,89	0,219	0,131	0,601	0,156	0,715
	15	15,5	276	211	0,77	0,222	0,241	1,087	0,287	1,294
	19,5	31	359	249	0,65	0,206	_-	_-	-	-
SK-7	6	86,2	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_
	10,5	40,7	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	16,8	291	211	0,77	0,228	0,295	1,296	0,351	1,543
	19,5	43	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-8	6	26,7	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_
	10,5	34,7	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	0	291	211	0,77	0,228	0,072	0,317	0,086	0,377
	19,5	0	378	253	0,65	0,208	0,072	0,346	0,086	0,412
SK-9	6	19,8	116	116	0,95	0,204	0,318	1,562	0,378	1,859
	10,5	51,2	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	41,8	291	211	0,77	0,228	_	_	_	_
	19,5	30,1	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-10	6	58,6	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_
	10,5	37,7	204	169	0,89	0,230	_			
	15	7,4	291	211	0,77	0,228	0,149	0,655	0,177	0,779
	19,5	32,6	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-11	6	23,3	116	116	0,95	0,204	0,263	1,293	0,313	1,539

Tablo 5.2 (Devam).

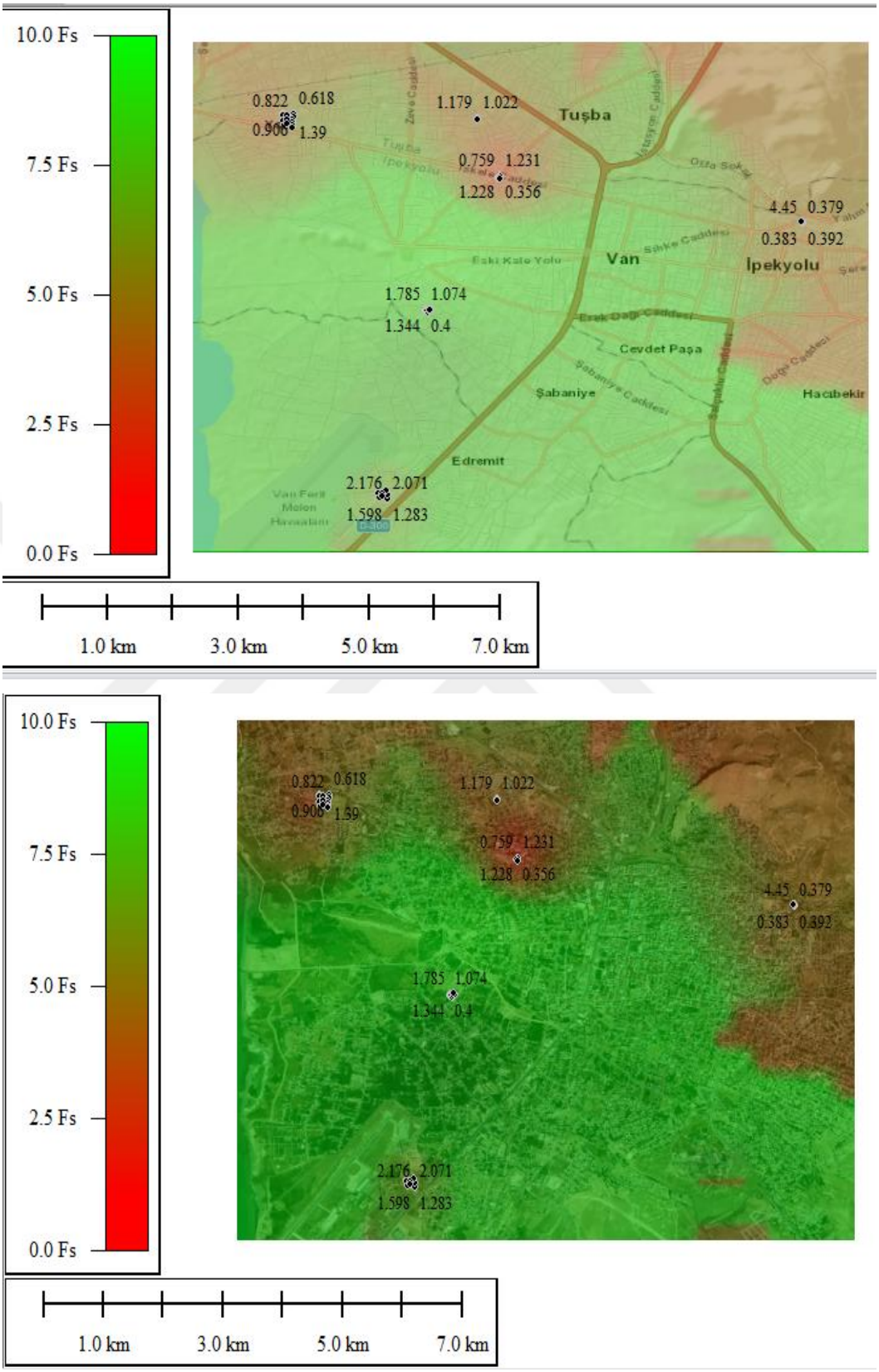
	10,5	65,5	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	49,2	291	211	0,77	0,228	_	_	_	_
	19,5	51	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-12	6	21,5	116	116	0,95	0,204	0,536	2,633	0,638	3,134
	10,5	29,4	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	17,5	291	211	0,77	0,228	0,313	1,376	0,373	1,637
	19,5	61,5	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-13	6	31,9	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_
	10,5	28,6	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	10,1	291	211	0,77	0,228	0,182	0,800	0,217	0,952
	19,5	26,4	378	253	0,65	0,208	_	_	_	_
SK-14	6	34,5	116	116	0,95	0,204	_	_	_	_
	10,5	26,4	204	169	0,89	0,230	_	_	_	_
	15	0	291	211	0,77	0,228	0,072	0,317	0,086	0,377
	19,5	0	378	253	0,65	0,208	0,072	0,346	0,086	0,412
SK-15	6	18,6	110	110,00	0,95	0,208	0,312	1,500	0,371	1,785
	10,5	10,6	192	192,00	0,89	0,195	0,169	0,869	0,202	1,034
	15	9,5	275	275,00	0,77	0,169	0,155	0,920	0,185	1,095
	19,5	36,3	357	357,00	0,65	0,143	_	_		
SK-16	6	0	110	110	0,95	0,208	0,069	0,331	0,082	0,394
	10,5	13,4	192	192	0,89	0,195	0,211	1,081	0,202	1,034
	15	15,4	275	275	0,77	0,169	0,261	1,544	0,310	1,838
	19,5	11,9	357	357	0,65	0,143	0,193	1,354	0,230	1,612
SK-17	6	17,7	110	110	0,95	0,208	0,312	1,501	0,372	1,786
	10,5	14,8	192	192	0,89	0,195	0,242	1,240	0,288	1,475
	15	26,6	275	275	0,77	0,169	_	_	_	_
	19,5	8,8	357	357	0,65	0,143	0,164	1,151	0,195	1,369
SK-18	6	0	110	110	0,95	0,208	0,070	0,336	0,083	0,400
	10,5	0	192	192	0,89	0,195	0,070	0,359	0,083	0,427
	15	6,5	275	275	0,77	0,169	0,133	0,789	0,158	0,939
	19,5	3,1	357	357	0,65	0,143	0,090	0,633	0,107	0,753
SK-19	6	26,6	110	110	0,95	0,208		0,000	0,000	0,000
	10,5	28,9	192	192	0,89	0,195	_	_	_	_
	15	803	275	275	0,77	0,169	6,945	41,160	8,264	48,981
	19,5	5,2	357	357	0,65	0,143	0,115	0,808	0,137	0,961
SK-20	6	0	110	110	0,95	0,208	0,070	0,336	0,083	0,400
	10,5	0	192	192	0,89	0,195	0,069	0,353	0,082	0,420
	15	18,9	275	275	0,77	0,169	0,326	1,931	0,388	2,297
	19,5	10,9	357	357	0,65	0,143	0,194	1,359	0,230	1,617
SK-21	6	11,5	110	110	0,95	0,208	0,192	0,921	0,228	1,096
	10,5	0	192	192	0,89	0,195	0,070	0,359	0,083	0,427
	15	11,2	275	275	0,77	0,169	0,195	1,153	0,231	1,372
	19,5	13,5	357	357	0,65	0,143	0,226	1,584	0,269	1,885
SK-22	6	17,7	110	110	0,95	0,208	0,290	1,395	0,346	1,660
	10,5	5,6	192	192	0,89	0,195	0,118	0,605	0,140	0,719
	15	8,9	275	275	0,77	0,169	0,164	0,971	0,195	1,156
	19,5	21,8	357	357	0,65	0,143	0,443	3,111	0,528	3,702
SK-23	6	20,4	110	110	0,95	0,208	0,362	1,740	0,431	2,070
	10,5	11,3	192	192	0,89	0,195	0,194	0,996	0,231	1,186
	15	23,6	275	275	0,77	0,169	0,545	3,229	0,648	3,842
	19,5	17,6	357	357	0,65	0,143	0,276	1,936	0,328	2,304
SK-24	6	0	110	110	0,95	0,241	0,072	0,299	0,086	0,356
	10,5	6,7	192	172	0,89	0,252	0,130	0,518	0,155	0,616
	15	5,4	275	210	0,77	0,256	0,112	0,437	0,133	0,520
	19,5	8,7	357	247	0,65	0,238	0,145	0,607	0,172	0,723
SK-25	6	9,8	110	110	0,95	0,241	0,178	0,740	0,212	0,881
	10,5	8,2	192	172	0,89	0,252	0,146	0,581	0,174	0,691
	15	9,5	275	210	0,77	0,256	0,153	0,599	0,182	0,713

Tablo 5.2 (Devam).

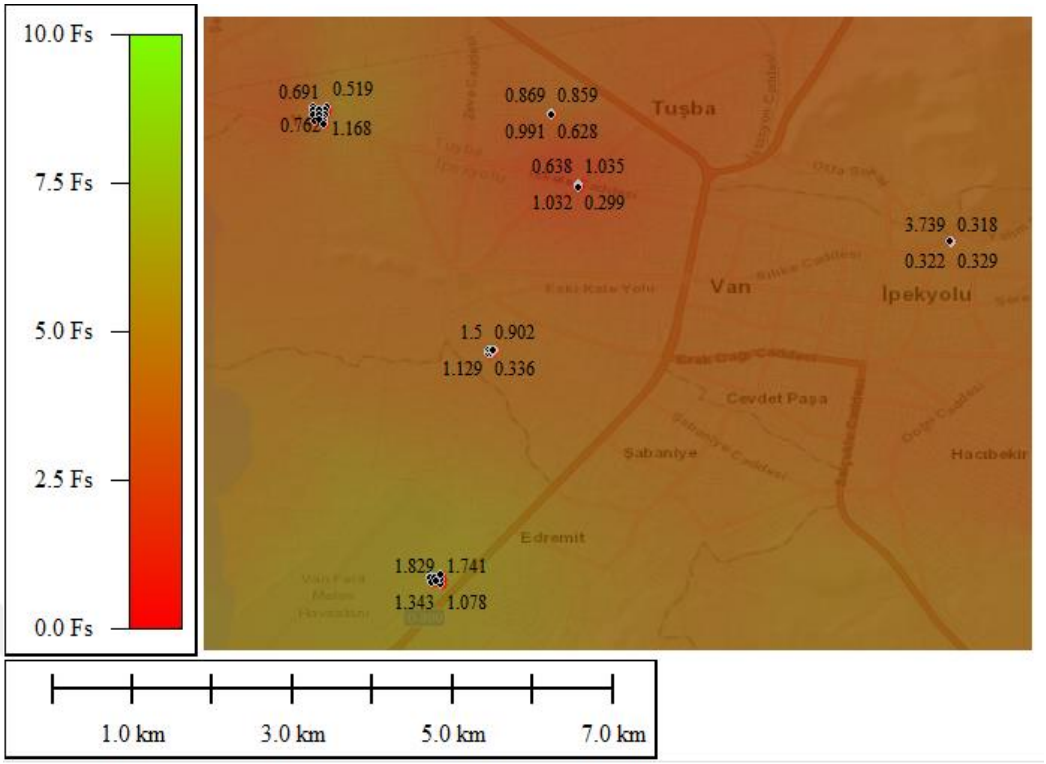
	19,5	0	357	247	0,65	0,238	0,064	0,270	0,077	0,321
SK-26	6	7,1	110	110	0,95	0,241	0,146	0,604	0,173	0,719
	10,5	9,7	192	172	0,89	0,252	0,163	0,647	0,194	0,770
	15	12,8	275	210	0,77	0,256	0,191	0,747	0,227	0,889
	19,5	16,2	357	247	0,65	0,238	0,237	0,994	0,282	1,183
SK-27	6	11,5	110	110	0,95	0,241	0,201	0,835	0,239	0,993
	10,5	14,2	192	172	0,89	0,252	0,220	0,872	0,261	1,038
	15	13,5	275	210	0,77	0,256	0,200	0,781	0,238	0,929
	19,5	9,3	357,0	247	0,65	0,2383	0,151	0,634	0,180	0,754
SK-28	6	6,1	113	113	0,95	0,2137	0,134	0,627	0,160	0,747
	10,5	15,30	198	198	0,89	0,200	0,250	1,250	0,298	1,487
	15	9,20	284	253	0,77	0,194	0,166	0,854	0,198	1,017
	19,5	18,30	369	293	0,65	0,184	0,290	1,576	0,346	1,876
SK-29	6	5,20	113	113	0,95	0,213	0,116	0,544	0,138	0,648
	10,5	6,30	198	198	0,89	0,200	0,129	0,648	0,155	0,772
	15	23,40	284	253	0,77	0,194	0,726	3,733	0,864	4,443
	19,5	29,20	369	293	0,65	0,184	_	_	_	_
SK-30	6	5,20	113	113	0,95	0,213	0,124	0,581	0,148	0,692
	10,5	13,20	198	198	0,89	0,200	0,195	0,978	0,233	1,164
	15	14,80	284	253	0,77	0,194	0,252	1,297	0,300	1,544
	19,5	23,50	369	293	0,65	0,184	0,461	2,506	0,550	2,983
	15,0	25,4	279	209	0,77	0,205	_	_	_	_
	19,5	23,3	363	248	0,65	0,190	1,201	6,318	1,429	7,519
SK-44	6	39	102	57,86	0,95	0,312	_	_	_	_
	10,5	34	178	90,21	0,89	0,327	_	_	_	_
	15	31	255	122,57	0,77	0,299	_	_		
	19,5	31	331	154,92	0,65	0,259	_	_	_	_
SK-45	6	47	102	57,86	0,95	0,312	_	_	_	_
	10,5	33	178	90,21	0,89	0,327	_	_	_	_
	15	35	255	122,57	0,77	0,299	_	_		
	19,5	29	331	154,92	0,65	0,259	_	_	_	_
SK-46	6	26	102	57,86	0,95	0,312	1,628	5,218	1,938	6,210
	10,5	7	178	90,21	0,89	0,327	0,132	0,404	0,157	0,480
	15	22	255	122,57	0,77	0,299	0,402	1,346	0,478	1,602
	19,5	19	331	154,92	0,65	0,259	0,302	1,164	0,359	1,386
SK-47	6	6	102	57,86	0,95	0,312	0,122	0,390	0,145	0,465
	10,5	17	178	90,21	0,89	0,327	0,261	0,797	0,310	0,949
	15	14	255	122,57	0,77	0,299	0,214	0,717	0,255	0,854
	19,5	22	331,5	154,92	0,65	0,259	0,402	1,550	0,478	1,844
SK-48	6	17	102	57,86	0,95	0,312	0,261	0,836	0,310	0,995
	10,5	16	178	90,21	0,89	0,327	0,244	0,745	0,290	0,887
	15	9	255	122,57	0,77	0,299	0,153	0,514	0,182	0,611
	19,5	15	331,5	154,92	0,65	0,259	0,228	0,881	0,272	1,048
SK-49	6	15	102	57,86	0,95	0,312	0,228	0,732	0,272	0,871
	10,5	25	178	90,21	0,89	0,327	0,778	2,379	0,926	2,831
	15	23	255	122,57	0,77	0,299	0,463	1,551	0,551	1,846
	19,5	23	331,5	154,92	0,65	0,259	0,463	1,785	0,551	2,125
SK-50	6	18	102	57,86	0,95	0,312	0,280	0,897	0,333	1,067
	10,5	19	178	90,21	0,89	0,327	0,302	0,922	0,359	1,097
	15	14	255	122,57	0,77	0,299	0,214	0,717	0,255	0,854
	19,5	40	331,5	154,92	0,65	0,259	_	_	_	_
SK-51	6	6	102	57,86	0,95	0,312	0,122	0,390	0,145	0,465
	10,5	17	178	90,21	0,89	0,327	0,261	0,797	0,310	0,949
	15	14	255	122,57	0,77	0,299	0,214	0,717	0,255	0,854
	19,5	22	331,5	154,92	0,65	0,259	0,402	1,550	0,478	1,844
SK-52	6	12	102	57,86	0,95	0,312	0,188	0,603	0,224	0,717
	10,5	53	178	90,21	0,89	0,327	_	_	_	_
	15	23	255	122,57	0,77	0,299	0,463	1,551	0,551	1,846

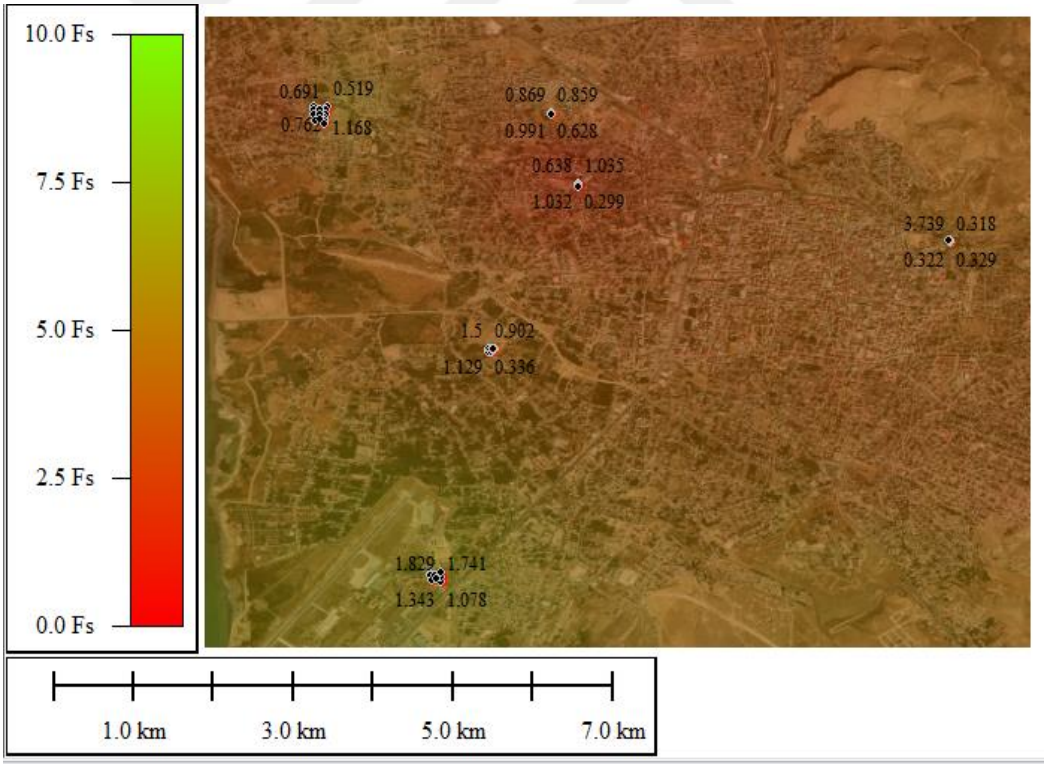
Tablo 5.2 (Devam).

	19,5	22	331,5	154,92	0,65	0,259	0,402	1,550	0,478	1,844
SK-53	6	6	102	57,86	0,95	0,312	0,122	0,390	0,145	0,465
	10,5	16	178	90,21	0,89	0,327	0,244	0,745	0,290	0,887
	15	20	255	122,57	0,77	0,299	0,327	1,097	0,390	1,305
	19,5	15	331,5	154,92	0,65	0,259	0,228	0,881	0,272	1,048
SK-54	6	23	102	60,8	0,95	0,297	0,463	1,559	0,551	1,856
	10,5	19	178,5	93,15	0,89	0,318	0,302	0,949	0,359	1,129
	15	15	255	125,51	0,77	0,292	0,228	0,783	0,272	0,932
	19,5	17	331,5	157,86	0,65	0,255	0,261	1,025	0,310	1,219
SK-55	6	45	102	60,8	0,95	0,297	_	_	_	_
	10,5	16	178,5	93,15	0,89	0,318	0,244	0,768	0,290	0,913
	15	14	255	125,51	0,77	0,292	0,214	0,735	0,255	0,874



Şekil 5.4 Deprem büyüklüğü (M_W =7,0) olan deprem senaryosunun sıvılaşma potansiyelinin haritası.





Şekil 5.5 Deprem büyüklüğü (M_W=7,5) olan deprem senaryosunun sıvılaşma potansiyelinin haritası.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Van ilinin ilçeleri olan İpekyolu, Edremit ve Tuşba ilçesinin sıvılaşma potansiyeli Standart Penetrasyon Deneyi'nden (SPT) elde edilen verilerden yararlanılarak değerlendirmeleri yapılmıştır. Hesaplanan sıvılaşma emniyet faktörünü Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak çalışma alanındaki zeminlerin sıvılaşma potansiyeli haritalandırarak ortaya konulmuştur.

Van ilinin yerleşime açık alanların göl kenarına yakın kesimlerde bulunması, yeraltı su seviyesinin sığ derinlikte olması, kent yerleşimin alüvyon, gevşek kumlu-çakıllı zeminler üzerinde olması ve sismik tehlike açısından birçok fay sisteminden etkilenebilecek bir bölge içerisinde yer alması incelemeye değer bir konuma sokmaktadır.

Özellik ile Van ili ve çevresinde yerleşim alanlardaki daha önce yaşanmış depremlerde en önemli zemin problemlerinden biri olan sıvılaşma ve sıvılaşmadan kaynaklı oluşabilecek hasarların önlenmesi açısından önem araz eden bir konuma gelmiştir.

Sıvılaşma analizi için çalışma alanındaki zeminlere ait Geoteknik veriler ve zemin etüd raporları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılmış olan 43 adet sondaja ait 1,5 m'de bir Standart Penetrasyon Testi (SPT) sonuçları, SPT seviyesindeki zemin sınıfları, yer altı su seviyesi, Atterberg limit değerleri, elek analizi ve zeminlerin birim hacim ağırlıkları kullanılmıştır. Geoteknik çalışmalardan elde edilen veriler ile çalışma alanındaki zeminlerin sıvılaşma emniyet faktörünü hesaplanarak zeminlerin dört faklı deprem senaryosuna göre sıvılaşma potansiyeli ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar ile çalışma alanını Coğrafi Bilgi Sistemi'nin (CBS) Global Mapper programını kullanılarak haritalandırılmıştır.

İpekyolu ilçesinde yapılan çalışmalarda, sondaj kuyularındaki zeminlerin genel olarak siltli kum, çakıllı kum ve çakıllı killi kum bir yapıya sahip oldukları ve yer altı su seviyesinin derinliği zemin yüzünden 1,5 metre ile 8,0 metre arasında mahalleden mahalleye değişiklik göstermektedir. Bu ilçede Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre yapılan analizlerde, 6,0; 6,5;7,0 ve 7,5 şiddetindeki depremlerde neredeyse bütün sondaj kuyularında farklı derinliklerde sıvılaşma riskinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Edremit ilçesinde yapılan çalışmalarda, sondaj kuyularındaki zeminlerin genel olarak kumlu silt, çakıllı kum ve killi bir yapıya sahip olması ve yer altı su seviyesinin zemin yüzünden 7,0 metre derinlikte rastlanılmıştır. Bu ilçede Seed ve Idriss (1971)

yöntemine göre yapılan analizlerde genel olarak 6,0 ve 6,5 şiddetindeki depremlerde bazı sondaj kuyularında sıvılaşma riski görülmezken diğer sondaj koyularında 13,5;9,0 ve15 metre derinliklerde sıvılaşma riski olduğunu görülmektedir. 7,0 ve 7,5 şiddetindeki depremlerde sıvılaşma riski (13,5-19,5) m arasındaki derinliklerde görülmektedir.

Tuşba ilçesinde yapılan çalışmalarda, sondaj kuyularındaki zeminlerin genel olarak siltli kum ve yer yer kil seviyelerinin olduğu bir yapıya sahip olması ve yer altı su seviyesinin zemin yüzünden 4,5 metre derinlikte rastlanılmıştır. Bu ilçede Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre yapılan analizlerde genel olarak 6,0 ve 6,5 şiddetindeki depremlerde bazı sondaj kuyularında sıvılaşma riski görülmezken diğer sondaj koyularında 6,0-9,0 metre arasındaki derinliklerde sıvılaşma riski olduğunu görülmektedir. 7,0 ve 7,5 şiddetindeki depremlerde sıvılaşma riski (3,0-10,5) m arasındaki derinliklerde görülmektedir.

Genel olarak Sonuçlar değerlendirildiğinde sıvılaşmanın Van ili merkez ilçelerinde(İpek yolu, Edremit ve Tuşba) dağılım gösterdiği saptanmıştır. Bunun sebebi ise yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyine yakın derinlikte olması ve alüvyon, gevşek kumlu zeminlerin yer almasıdır.

Çalışma alanın sıvılaşma risk haritaları incelendiğinde, Van ilinin bazı merkez ilçelerinde sıvılaşma riski tespit edilmiştir. Bu alanlarda inşa edilecek yapıların risk altında olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu neden ile sıvılaşma riski olan kesimlerde yapı inşasının planlanması esnasında, zemin etütleri duyarlı bir şekilde yapılmalı, Geoteknik raporları titizlik ile hazırlanmalı ve yapının inşası sırasında muhakkak gereken tedbirler alınmalıdır.

Yapılaşmanın sıvılaşma riski olmayan alanlara doğru yönlendirilmesi bu riskleri ortadan kaldırabilecek bir çözüm olabilir ancak bu her zaman mümkün olmamaktadır. Bu neden ile Sıvılaşma meydana gelebilecek bölgelerde yapılaşma sırasında arazi ve laboratuvar çalışmaların titizlik ile yapılması, temin edilebilen zemin ve sismik parametrelerin birlikte değerlendirilerek sıvılaşmadan kaynaklı olabilecek sorunların etkisini azaltmak veya yok etmek için uygun zemin iyileştirme yöntemlerinin uygulanması gerekli görülmektedir. Zemin sıvılaşmasına yönelik en çok tercih edilen iyileştirme yöntemleri ise taş kolon, dinamik kompaksiyon, sıkıştırma enjeksiyonu derin karıştırma, jetgrout ve drenaj teknikleri gibi yöntemlerden bir ya da birkaçını birlikte uygulayarak sıvılaşmaya yönelik tedbir alınabilir. Ayrıca alt yapı

elemanlarının sıvılaşma anında oluşabilecek hareketlerden ve oturmalardan hasar görmemesi amacıyla bağlantılarının yapımına dikkat edilmelidir.

Son olarak Van iline dair daha kapsamlı ve daha fazla veri elde edilerek, zengin bir veri tabanı oluşturulup daha ayrıntılı bir şekilde sıvılaşma risk analizleri yapılmalıdır. Böylece elde edilecek sonuçlara göre sıvılaşma riski bulunan bölgeleri belirlenebilir. Daha sonra sıvılaşma riski bulunan bu bölgeleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) den yararlanılarak haritalandırılmalıdır.

KAYNAKLAR

AGI, GIS Dictionary.(1991). *Association for Geographical Information Standarts Committee Publication*. London.

Akkaş, Ü. (2006). *Sıvılaşma Potansiyeli ve Etkilerinin Azaltılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Aksoy, G. (2011). *Arhavi (Artvin) ve Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Andrus, R. D. ve Stokoe II, K.H. (2000). Liquefaction resistance of soils from shearwave velocity. *Journal of Geotech. and Geoenvironmental Engineering*, 126(11), 1015-1025.

Başturk, O. (2006). *Sakarya Nehri'nin Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Kullanılarak Kirlilik Yükünün Belirlenmesi*.(Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Boğaz İçi üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi.(b.t). Erişim tarihi: 10 Nisan 2022. http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/tarihsel-depremler.

Burrough, P. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*, Oxford University Press.

COMBELL, W.J. (2012). *Breakthroughs that are Changing the Way We Live and Work*. U. S. News and World Report.

Coppock, J. T. ve Rhind, D. (1992). *Geographical Information Systems Principles and Applications*, Longman, London.

Çelik, S. B.(2003). *Denizli İl Merkezi Zeminlerinin Jeolojik, Jeoteknik Açıdan İncelenmesi ve Sıvılaşma Duyarlılığının Belirlenmesi*.(Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Das, B. M. (1983). *Fundamentals of soil Dynamics*, Elsevier, New York.

Esra, S. (2013). *Erzincan İl Merkezi Ve Çevresindeki Zeminlerin Standart Penetrasyon Deneyi Verileri Kullanılarak Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Trabzon.

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları.(2018). Erişim tarihi: 20 Nisan 2022. İnteraktif Web Uygulaması, https://tdth.afad.gov.tr

Van ili yer bulduru haritası .(b.t). Erişim tarihi:15 Mayıs 2022.

https://tr.wikipedia.org/wiki/Van%27%C4%B1n_il%C3%A7eleri.

Van ilinin coğrafi- konumu.(b.t.). Erişim tarihi: 20 Mayıs 2022.

https://van.ktb.gov.tr/TR-90248/cografi-konumu.html.

Türkiye deprem tehlike haritası.(b.t.). Erişim tarihi: 20 Mayıs 2022.

https://www.e-sehir.com/turkiye-haritasi/van-deprem-fay-hatti-riskharitasi.html.

Ishiara, K. (1985). Stability of Natural Deposits During Earthquakes, *Proceedings of the Eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering* (321-376), San Francisco, USA.

Ishiara, K., Sodekawa, M., ve Tanska, Y. (1978). Effects of Overconsolidation on ligufaction characteristics of Sands Containing Fines. Dinamic Geotechnical Testing, *ASTM Special Technical Puplication* (654, 246-264).

Kayen, R. E., Mitchell, J.K., Seed, R. B., Lodge, A., Nishio, S. ve Coutinho, R. (1992). Evaluation of SPT, CPT and Shear Wave-Based Methods for Liquefaction Potential Assessment Using Loma Prieta Data, Proceedings, *4th US-Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction* (177-204), Japon.

Kılıç, R. (2009). *Zemin ve Kaya Mekaniği Uygulama Notları*. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Kramer, S.L. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice-Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics.

Liao, S.S.C. ve Whitman, R.V. (1986). Overbuden Correction Factor for SPT in Sand. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 112(3), 373-377.

Manav, Y., Toprak, S., Karakaplan, E.ve Inel, M. (2019). Soil improvement to counter liquefaction by colloidal silica grout injection. Journal of Environmental Protection and Ecology (JEPE), 20(1) (s. 135-145).

Mollamahmutoğlu, M. ve Babuçcu, F. (2006). *Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri*, Gazi Kitabevi, Ankara.

Mollamahmutoğlu, M. ve Kayabalı, K. (2004). *Geoteknik Deprem Mühendisliği Elkitabı*, Gazi Kitabevi, Ankara.

Mollamahmutoğlu, M. ve Yılmaz, Y. (2004) .Sıvılaşmaya karşı bina temelinde ve zeminde uygulanan iyileştirme yöntemlerinin laboratuar model çalışmaları, *Geoteknik Sempozyumu* (s. 26-27). Adana.

Özsoy, B. ve Durgunoğlu, T. (2003). Sıvılaşma etkilerinin yüksek kayma modüllü zemin-çimento karışımı kolonlarla azaltılması, *5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, bildiri no: AT-004, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.

Poulos, S. J.,Castro, g., and France, J. W. (1985). Liquefaction Evaluation Procedure. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 111(6), (s.772-792).

Robertson, P, K, and Fear, C. E. (1996). Liquefaction of Sands and Its Evaluation proocedinngs, *1st Conference on Earthquake Geotechnical Engineering*. Japon.

Robertson, P. K. ve Wride, C. E. (1998). Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using The Cone Penetration Test. *Canadian Geotechnical Journal*, 35, (3), (s. 442-459).

Robertson, P. K.ve Campanella, R. G.(1985). Liquefaction potential of sands using the CPT. Journal Geotechnical Engineering. ASCE, 111(3), (s. 384-403).

Robertson, P. K., Woeller, D. J., ve Finn, W. D. L. (1992). Seismic cone penetration test for evaluating liquefaction potential under cyclic loading. *Canadian Geotechnical Journal*, 29, (s. 686-695).

Seed, H.B., Idriss I.M. ve Arango I. (1983). Evaluation of Liquefaction Potential Using Filed Performance Data. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 109(3), (s.458-482).

Seed, H. B. ve Idriss, I. M.(1971). Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Div.* ASCE, 107(9), (s. 1249- 1274).

Seed, H. B. ve De Alba, P.(1986). Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands. *In Use of in situ tests in geotechnical engineering*, ASCE, (s. 281-302).

Seed, H. B.ve Idriss, I. M.(1982). Ground Motions And Soil Liquefaction During Earthquakes, EERI Monograph, Berkeley, Calif .

Seed, H. B., Mori, K., ve Chan, C. K. (1975). *Influence of Seismic History on the ligufaction characteristics of Sands* (Report EERC 75-25). Earthquake Enginerring Research Iistitue, University Of California, Berkeley.

Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F. ve Chung, R. (1985). Influence Of Spt Procedures İn Soil Liquefaction Resistance Evaluations. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 111, (12) (s. 1425-1445).

Sezer, L. İ. (2010). Van yöresinin depremselliği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 19(1), 67-84.

Sivrikaya, O. ve Toğrol, E. (2003). İnce Daneli Zeminlerde SPT Sonuçlarının Düzeltilmesi Üzerine Bir Çalışma. *İTÜ Dergisi*, 2 (6),59-67.

Sivrikaya, O. ve Toğrol, E., (2009). *Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımda Kullanımları*, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Şen, G.(2004). *Gümüşler Belediyesi Mücavir Alanının Sıvılaşma Analizi Ve Coğrafi Bilgi Sisteminde Uygulaması*.(Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Şimşek, B. (2018). *Web Cbs Uygulamasıyla Deprem Verileri Üzerinde Centrography Analizi*.(Yüksek Lisans Tezi).Istanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İstanbul.

Tanyaş, M., Günalay, Y., ve Aksoy, L. (2013). İstanbul İli Afet Lojistik Planı Klavuzu, *İstanbul Kalkınma Ajansı Raporu*, DFD-39, İstanbul.

Terzaghi, K., and Peck, R. B. (1948). Soil Mechanics in Engineering Practice, 2d ed. Wiley, Newyork.

Tokimatsu, K. and Yoshimi, Y., 1983. Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT N-value and Fines Content, Soil and Foundations, 23, 4, 56-74.

Tonaroğlu, M. (2006). *Sıvılaşmanın Nümerik Yöntemlerle Modellenmesi*. (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.(2018).*Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. Ankara.

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları.(2018). Erişim tarihi: 20 Nisan 2022. İnteraktif Web Uygulaması, https://tdth.afad.gov.tr

TMMOB Makina Mühendisleri Odası.(2010). *Türkiye'de Deprem Gerçeği ve TMMOB Makina Mühendisleri Odası'nın Önerileri Oda Raporu.* İstanbul.

Ulusay, R.(2000). Zemin Sıvılaşması. *Mavi Gezegen Popüler Bilim Dergisi*, (TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını), 1, 34-45.

Unutmaz, B.(2008). *Assessment of Soil-Structure-Earthquake Interaction Induced Soil Liquefaction Triggering*. (Doktora Tezi). Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.

Uyanık, O. (2002). *Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi*. (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Uyar, O. (2006). *Kayma Dalga Hızı ve Basitleştirilmiş Prosedüre Bağlı Karşılaştırılmalı Olarak Sıvılaşma Direnç Değerlendirmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Uzuner, B.A. (2007). *Temel Mühendisliğine Giriş*, Derya Kitabevi, Trabzon.

Uzuner, B.A. (2012).*Temel Zemin Mekaniği*, Derya Kitab Evi, Trabzon.

Yılmazer, L. (1999). *Jeoteknik tasarıma Giriş*, Bileşim Yayıncılık Kitabevi, İstanbul.

Yomralıoğlu, T.(2000).*Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, Akademi Kitabevi, Trabzon.

Youd, T. L. (1984). *Geological effects-liquefaction and associated ground failure. Geological and Hydrogeological Hazards Training Program*, United States Geological Survey Open-File. (Report 87-76, 210-232).USA.

Youd, T. L. (2001). Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. *Journal Geotechnical Engineering*,127(10), (S. 817-833).

Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T.,Dorby, R., Finn, W. D. L., Harder, L. F., Hynes, M. E., Ishihara, K., Koester, J. P., Liao, S. S. C., Marcuson, W. F., Martin, G. R., Mitchell, J. K., Moriwaki, Y., Power, M. S., Robertson, P. K., Seed, R. B., and Stokoe, K. H., (2001).Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluations of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 127 (10), (s. 817-833).

Youd, T. L. ve Gilstrap, S.D.(1999). Liquefaction and Deformation of Silty and Fine-Grained Soils ., *Earthquake Geotechnical Engineering* (s.1013-1020). Balkema , Rotterdam.

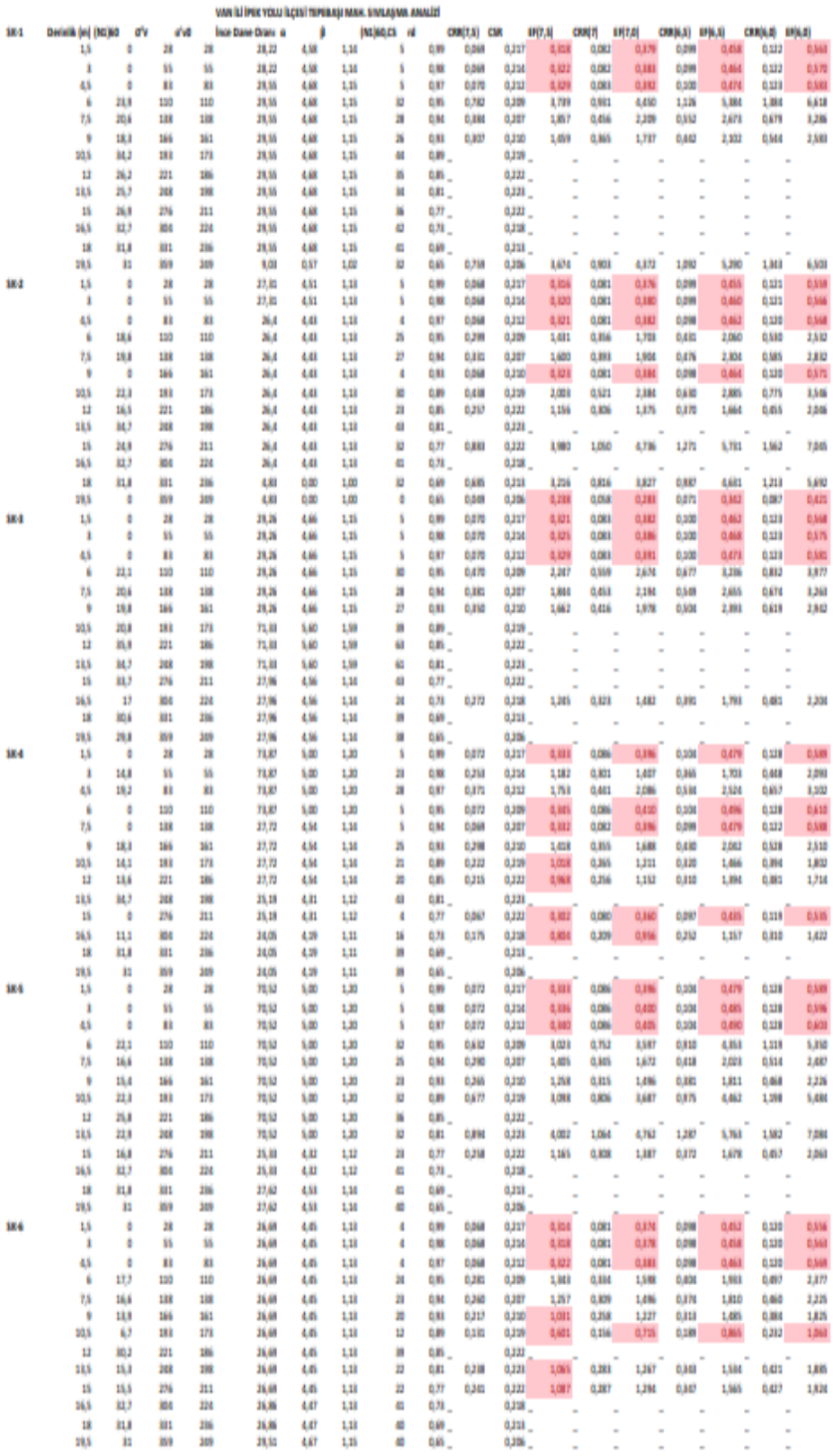
EKLER

EK 1.A: İpekyolu ilçesi Selimbey Mah. sıvılaşma analizi Excel tablosu.

İPEKYOLU İLÇESİ SELİMBEY MAH. SIVILAŞMA ANALİZİ

SK-1	Derinlik (m)	(N1)60	σ'V	σ'V0	İnce Dane Oranı	α	β	(N1)60,CS	rd		CRR(7,5)	CSR	EF(7,5)	CRR(7)	EF(7,0)	CRR(6,5)	EF(6,5)	CRR(6,0)	EF(6,0)
	1,5	23,8	27	27	78	5,00	1,20	34	0,99			0,249							
	3	14,9	55	55	78	5,00	1,20	23	0,98	0,255		0,247	1,035	0,304	1,231	0,367	1,490	0,451	1,831
	4,5	14,7	82	82	78	5,00	1,20	23	0,97	0,251		0,244	1,032	0,299	1,228	0,362	1,486	0,445	1,827
	6	0	110	110	78	5,00	1,20	5	0,95	0,072		0,241	0,299	0,086	0,356	0,104	0,431	0,128	0,530
	7,5	8,7	137	137	26	4,39	1,12	14	0,94	0,152		0,238	0,638	0,180	0,759	0,218	0,918	0,268	1,129
	9	8,1	165	160	29	4,64	1,15	14	0,93	0,149		0,242	0,617	0,178	0,734	0,215	0,888	0,264	1,091
	10,5	6,7	192	172	26	4,39	1,12	12	0,89	0,130		0,252	0,518	0,155	0,616	0,188	0,746	0,231	0,917
	12	11,5	220	185	22	3,93	1,09	16	0,85	0,175		0,256	0,685	0,209	0,815	0,253	0,987	0,311	1,213
	13,5	9,8	247	197	22	3,93	1,09	15	0,81	0,156		0,257	0,608	0,186	0,723	0,225	0,875	0,277	1,076
	15	5,4	275	210	22	3,93	1,09	10	0,77	0,112		0,256	0,437	0,133	0,520	0,161	0,629	0,198	0,773
	16,5	34,2	302	222	22	3,93	1,09	41	0,73			0,252							
	18	22,4	329	234	22	3,93	1,09	28	0,69	0,385		0,246	1,565	0,458	1,862	0,554	2,253	0,681	2,770
	19,5	8,7	357	247	22	3,93	1,09	13	0,65	0,145		0,238	0,607	0,172	0,723	0,208	0,875	0,256	1,075
SK-2	1,5	30,8	27	27	75	5,00	1,20	42	0,99			0,249							
	3	0	55	55	75	5,00	1,20	5	0,98	0,072		0,247	0,292	0,086	0,348	0,104	0,421	0,128	0,517
	4,5	10,1	82	82	75	5,00	1,20	17	0,97	0,182		0,244	0,748	0,217	0,890	0,262	1,076	0,322	1,323
	6	9,8	110	110	75	5,00	1,20	17	0,95	0,178		0,241	0,740	0,212	0,881	0,257	1,066	0,316	1,311
	7,5	9,5	137	137	26	4,39	1,12	15	0,94	0,161		0,238	0,675	0,191	0,803	0,231	0,972	0,284	1,195
	9	6,6	165	160	29	4,64	1,15	12	0,93	0,133		0,242	0,549	0,158	0,653	0,192	0,791	0,236	0,972
	10,5	8,2	192	172	26	4,39	1,12	14	0,89	0,146		0,252	0,581	0,174	0,691	0,211	0,837	0,259	1,028
	12	7,2	220	185	22	3,93	1,09	12	0,85	0,129		0,256	0,505	0,154	0,601	0,186	0,727	0,229	0,894
	13,5	3,5	247	197	22	3,93	1,09	8	0,81	0,094		0,257	0,365	0,112	0,434	0,135	0,525	0,166	0,645
	15	9,5	275	210	22	3,93	1,09	14	0,77	0,153		0,256	0,599	0,182	0,713	0,221	0,863	0,271	1,061
	16,5	7,2	302	222	22	3,93	1,09	12	0,73	0,129		0,252	0,514	0,154	0,611	0,186	0,740	0,229	0,909
	18	8,9	329	234	22	3,93	1,09	14	0,69	0,147		0,246	0,597	0,175	0,710	0,211	0,859	0,260	1,056
	19,5	0	357	247	22	3,93	1,09	4	0,65	0,064		0,238	0,270	0,077	0,321	0,093	0,389	0,114	0,478
SK-3	1,5	12,6	27	27	75	5,00	1,20	20	0,99	0,217		0,249	0,870	0,258	1,035	0,312	1,252	0,384	1,539
	3	7,9	55	55	75	5,00	1,20	14	0,98	0,155		0,247	0,628	0,184	0,748	0,223	0,905	0,274	1,112
	4,5	0	82	82	75	5,00	1,20	5	0,97	0,072		0,244	0,296	0,086	0,352	0,104	0,426	0,128	0,524
	6	7,1	110	110	75	5,00	1,20	14	0,95	0,146		0,241	0,604	0,173	0,719	0,210	0,870	0,258	1,070
	7,5	7,9	137	137	26	4,39	1,12	13	0,94	0,143		0,238	0,601	0,170	0,715	0,206	0,866	0,253	1,064
	9	11,8	165	160	29	4,64	1,15	18	0,93	0,194		0,242	0,799	0,230	0,951	0,279	1,151	0,343	1,415
	10,5	9,7	192	172	26	4,39	1,12	15	0,89	0,163		0,252	0,647	0,194	0,770	0,235	0,932	0,288	1,145
	12	6,5	220	185	22	3,93	1,09	11	0,85	0,122		0,256	0,478	0,146	0,568	0,176	0,688	0,217	0,845
	13,5	6,3	247	197	22	3,93	1,09	11	0,81	0,120		0,257	0,468	0,143	0,556	0,173	0,673	0,213	0,828
	15	12,8	275	210	22	3,93	1,09	18	0,77	0,191		0,256	0,747	0,227	0,889	0,275	1,076	0,338	1,322
	16,5	13,1	302	222	22	3,93	1,09	18	0,73	0,195		0,252	0,773	0,232	0,920	0,280	1,113	0,344	1,368
	18	14,1	329	234	22	3,93	1,09	19	0,69	0,207		0,246	0,843	0,247	1,003	0,299	1,214	0,367	1,492
	19,5	16,2	357	247	22	3,93	1,09	22	0,65	0,237		0,238	0,994	0,282	1,183	0,341	1,432	0,419	1,760
SK-4	1,5	18,2	27	27	76	5,00	1,20	27	0,99	0,334		0,249	1,339	0,397	1,593	0,481	1,928	0,591	2,370
	3	7,9	55	55	76	5,00	1,20	14	0,98	0,155		0,247	0,628	0,184	0,748	0,223	0,905	0,274	1,112
	4,5	0	82	82	76	5,00	1,20	5	0,97	0,072		0,244	0,296	0,086	0,352	0,104	0,426	0,128	0,524
	6	11,5	110	110	76	5,00	1,20	19	0,95	0,201		0,241	0,835	0,239	0,993	0,289	1,202	0,356	1,478
	7,5	7,9	137	137	26	4,39	1,12	13	0,94	0,143		0,238	0,601	0,170	0,715	0,206	0,866	0,253	1,064
	9	9,6	165	160	29	4,64	1,15	16	0,93	0,167		0,242	0,687	0,198	0,818	0,240	0,990	0,295	1,217
	10,5	14,2	192	172	26	4,39	1,12	20	0,89	0,220		0,252	0,872	0,261	1,038	0,316	1,256	0,389	1,544
	12	12,2	220	185	22	3,93	1,09	17	0,85	0,184		0,256	0,717	0,219	0,853	0,264	1,033	0,325	1,269
	13,5	5,6	247	197	22	3,93	1,09	10	0,81	0,114		0,257	0,441	0,135	0,525	0,163	0,635	0,201	0,781
	15	13,5	275	210	22	3,93	1,09	19	0,77	0,200		0,256	0,781	0,238	0,929	0,287	1,125	0,353	1,382
	16,5	12,5	302	222	22	3,93	1,09	18	0,73	0,187		0,252	0,744	0,223	0,885	0,270	1,071	0,331	1,317
	18	5,8	329	234	22	3,93	1,09	10	0,69	0,115		0,246	0,469	0,137	0,559	0,166	0,676	0,204	0,831
	19,5	9,3	357	247	22	3,93	1,09	14	0,65	0,151		0,238	0,634	0,180	0,754	0,218	0,913	0,267	1,122

EK 1.B: İpekyolu ilçesi Tepebaşı Mah.sıvılaşma analizi Excel tablosu.



VAN İLİ İPEK YOLU İLÇESİ TEPEBAŞI MAH. SIVILAŞMA ANALİZİ

SK-1	Derinlik (m)	(N1)60	σ'v	σ'vd	İnce Dane Oranı α	β	(N1)60,CS	rd	CRR(7,5)	CSR	kf(7,5)	CRR(7)	kf(7,0)	CRR(6,5)	kf(6,5)	CRR(6,0)	kf(6,0)
	1,5	0	28	28	28,22	4,58	1,16	5	0,09	0,068	0,217	0,316	0,082	0,379	0,099	0,458	0,122	0,568
	3	0	55	55	28,22	4,58	1,16	5	0,08	0,068	0,214	0,321	0,082	0,383	0,099	0,464	0,122	0,575
	4,5	0	83	83	29,55	4,68	1,15	5	0,07	0,070	0,212	0,329	0,083	0,392	0,100	0,474	0,123	0,593
	6	23,9	110	110	29,55	4,68	1,15	32	0,95	0,702	0,209	3,759	0,911	4,450	1,126	5,384	1,384	6,618
	7,5	20,6	138	138	29,55	4,68	1,15	28	0,94	0,886	0,207	1,857	0,456	2,209	0,552	2,673	0,679	3,286
	9	18,3	166	161	29,55	4,68	1,15	26	0,93	0,837	0,210	1,659	0,865	1,737	0,602	2,102	0,544	2,583
	10,5	84,2	193	173	29,55	4,68	1,15	68	0,89		0,219	-	-	-	-	-	-	-
	12	26,2	221	186	29,55	4,68	1,15	35	0,85		0,222	-	-	-	-	-	-	-
	13,5	25,7	248	198	29,55	4,68	1,15	34	0,81		0,221	-	-	-	-	-	-	-
	15	26,9	276	211	29,55	4,68	1,15	36	0,77		0,222	-	-	-	-	-	-	-
	16,5	82,7	304	224	29,55	4,68	1,15	62	0,73		0,218	-	-	-	-	-	-	-
	18	81,8	331	236	29,55	4,68	1,15	61	0,69		0,213	-	-	-	-	-	-	-
	19,5	81	359	249	0,03	0,57	1,02	82	0,65	0,718	0,206	8,674	0,903	9,372	1,092	9,290	1,343	6,503
SK-2	1,5	0	28	28	27,31	4,51	1,13	5	0,09	0,068	0,217	0,316	0,081	0,376	0,099	0,455	0,121	0,559
	3	0	55	55	27,31	4,51	1,13	5	0,08	0,068	0,214	0,320	0,081	0,380	0,099	0,460	0,121	0,566
	4,5	0	83	83	26,4	4,43	1,13	6	0,07	0,068	0,212	0,321	0,081	0,382	0,098	0,462	0,120	0,568
	6	18,6	110	110	26,4	4,43	1,13	25	0,95	0,299	0,209	1,431	0,356	1,708	0,431	2,060	0,530	2,532
	7,5	19,8	138	138	26,4	4,43	1,13	27	0,94	0,331	0,207	1,600	0,393	1,904	0,476	2,304	0,585	2,832
	9	0	166	161	26,4	4,43	1,13	6	0,93	0,068	0,210	0,323	0,081	0,384	0,098	0,464	0,120	0,571
	10,5	22,3	193	173	26,4	4,43	1,13	30	0,89	0,438	0,219	2,003	0,521	2,384	0,630	2,885	0,775	3,536
	12	16,5	221	186	26,4	4,43	1,13	23	0,85	0,257	0,222	1,166	0,306	1,375	0,370	1,664	0,455	2,036
	13,5	84,7	248	198	26,4	4,43	1,13	63	0,81		0,221	-	-	-	-	-	-	-
	15	24,9	276	211	26,4	4,43	1,13	32	0,77	0,883	0,222	8,980	1,050	6,736	1,271	5,731	1,562	7,005
	16,5	82,7	304	224	26,4	4,43	1,13	61	0,73		0,218	-	-	-	-	-	-	-
	18	81,8	331	236	0,03	0,00	1,00	32	0,69	0,695	0,213	8,216	0,816	8,827	0,987	6,681	1,213	5,692
	19,5	0	359	249	0,03	0,00	1,00	0	0,65	0,649	0,206	0,288	0,058	0,283	0,071	0,362	0,087	0,421
SK-3	1,5	0	28	28	29,26	4,66	1,15	5	0,09	0,070	0,217	0,321	0,083	0,382	0,100	0,462	0,123	0,568
	3	0	55	55	29,26	4,66	1,15	5	0,08	0,070	0,214	0,325	0,083	0,386	0,100	0,468	0,123	0,575
	4,5	0	83	83	29,26	4,66	1,15	5	0,07	0,070	0,212	0,329	0,083	0,391	0,100	0,473	0,123	0,581
	6	22,1	110	110	29,26	4,66	1,15	30	0,95	0,470	0,209	2,247	0,559	2,674	0,677	3,236	0,812	3,977
	7,5	20,6	138	138	29,26	4,66	1,15	28	0,94	0,301	0,207	1,804	0,453	2,194	0,549	2,655	0,674	3,263
	9	19,8	166	161	29,26	4,66	1,15	27	0,93	0,350	0,210	1,662	0,416	1,978	0,504	2,393	0,619	2,932
	10,5	20,8	193	173	71,33	5,60	1,59	39	0,89		0,219	-	-	-	-	-	-	-
	12	35,9	221	186	71,33	5,60	1,59	63	0,85		0,222	-	-	-	-	-	-	-
	13,5	84,7	248	198	71,33	5,60	1,59	61	0,81		0,221	-	-	-	-	-	-	-
	15	83,7	276	211	27,96	4,56	1,14	63	0,77		0,222	-	-	-	-	-	-	-
	16,5	17	304	224	27,96	4,56	1,14	24	0,73	0,272	0,218	1,265	0,323	1,482	0,391	1,793	0,481	2,204
	18	80,6	331	236	27,96	4,56	1,14	59	0,69		0,213	-	-	-	-	-	-	-
	19,5	29,8	359	249	27,96	4,56	1,14	58	0,65		0,206	-	-	-	-	-	-	-
SK-4	1,5	0	28	28	73,87	5,00	1,20	5	0,09	0,072	0,217	0,333	0,086	0,396	0,104	0,479	0,128	0,589
	3	14,8	55	55	73,87	5,00	1,20	23	0,08	0,253	0,214	1,182	0,301	1,407	0,366	1,703	0,448	2,093
	4,5	19,2	83	83	73,87	5,00	1,20	28	0,07	0,371	0,212	1,753	0,441	2,086	0,538	2,524	0,657	3,102
	6	0	110	110	73,87	5,00	1,20	5	0,95	0,072	0,209	0,345	0,086	0,410	0,104	0,496	0,128	0,610
	7,5	0	138	138	27,72	4,54	1,14	5	0,94	0,068	0,207	0,322	0,082	0,386	0,099	0,479	0,122	0,568
	9	18,3	166	161	27,72	4,54	1,14	25	0,93	0,298	0,210	1,418	0,355	1,688	0,430	2,062	0,528	2,510
	10,5	14,1	193	173	27,72	4,54	1,14	21	0,89	0,222	0,219	1,016	0,265	1,211	0,320	1,466	0,394	1,832
	12	13,6	221	186	27,72	4,54	1,14	20	0,85	0,215	0,222	0,968	0,256	1,153	0,310	1,394	0,381	1,714
	13,5	84,7	248	198	25,19	4,31	1,12	63	0,81		0,221	-	-	-	-	-	-	-
	15	0	276	211	25,19	4,31	1,12	4	0,77	0,067	0,222	0,322	0,080	0,382	0,097	0,465	0,119	0,575
	16,5	11,1	304	224	24,05	4,19	1,11	16	0,73	0,175	0,218	0,804	0,209	0,956	0,252	1,157	0,310	1,422
	18	81,8	331	236	24,05	4,19	1,11	59	0,69		0,213	-	-	-	-	-	-	-
	19,5	81	359	249	24,05	4,19	1,11	59	0,65		0,206	-	-	-	-	-	-	-
SK-5	1,5	0	28	28	70,52	5,00	1,20	5	0,09	0,072	0,217	0,333	0,086	0,396	0,104	0,479	0,128	0,589
	3	0	55	55	70,52	5,00	1,20	5	0,08	0,072	0,214	0,336	0,086	0,400	0,104	0,485	0,128	0,596
	4,5	0	83	83	70,52	5,00	1,20	5	0,07	0,072	0,212	0,340	0,086	0,405	0,104	0,490	0,128	0,603
	6	22,1	110	110	70,52	5,00	1,20	32	0,95	0,632	0,209	3,023	0,752	3,597	0,910	4,353	1,119	5,350
	7,5	16,6	138	138	70,52	5,00	1,20	25	0,94	0,290	0,207	1,405	0,365	1,672	0,438	2,023	0,514	2,457
	9	15,4	166	161	70,52	5,00	1,20	23	0,93	0,265	0,210	1,258	0,315	1,496	0,385	1,811	0,468	2,226
	10,5	22,3	193	173	70,52	5,00	1,20	32	0,89	0,677	0,219	3,098	0,806	3,687	0,975	4,462	1,198	5,694
	12	25,8	221	186	70,52	5,00	1,20	36	0,85		0,222	-	-	-	-	-	-	-
	13,5	22,9	248	198	70,52	5,00	1,20	32	0,81	0,894	0,221	4,002	1,064	4,762	1,287	5,763	1,582	7,084
	15	16,8	276	211	25,33	4,32	1,12	23	0,77	0,258	0,222	1,165	0,308	1,387	0,372	1,678	0,457	2,063
	16,5	82,7	304	224	25,33	4,32	1,12	61	0,73		0,218	-	-	-	-	-	-	-
	18	81,8	331	236	27,62	4,53	1,14	61	0,69		0,213	-	-	-	-	-	-	-
	19,5	81	359	249	27,62	4,53	1,14	60	0,65		0,206	-	-	-	-	-	-	-
SK-6	1,5	0	28	28	26,69	4,45	1,13	6	0,09	0,068	0,217	0,316	0,081	0,376	0,098	0,452	0,120	0,556
	3	0	55	55	26,69	4,45	1,13	6	0,08	0,068	0,214	0,320	0,081	0,378	0,098	0,458	0,120	0,563
	4,5	0	83	83	26,69	4,45	1,13	6	0,07	0,068	0,212	0,322	0,081	0,381	0,098	0,463	0,120	0,569
	6	17,7	110	110	26,69	4,45	1,13	24	0,95	0,201	0,209	1,163	0,304	1,508	0,404	1,913	0,497	2,377
	7,5	16,6	138	138	26,69	4,45	1,13	23	0,94	0,260	0,207	1,257	0,329	1,496	0,379	1,810	0,460	2,225
	9	13,9	166	161	26,69	4,45	1,13	20	0,93	0,217	0,210	1,031	0,258	1,227	0,313	1,485	0,384	1,825
	10,5	6,7	193	173	26,69	4,45	1,13	12	0,89	0,131	0,219	0,601	0,156	0,715	0,189	0,865	0,232	1,060
	12	80,2	221	186	26,69	4,45	1,13	59	0,85		0,222	-	-	-	-	-	-	-
	13,5	15,3	248	198	26,69	4,45	1,13	22	0,81	0,238	0,221	1,065	0,283	1,267	0,343	1,564	0,421	1,885
	15	15,5	276	211	26,69	4,45	1,13	22	0,77	0,241	0,222	1,087	0,287	1,294	0,347	1,565	0,427	1,924
	16,5	82,7	304	224	26,86	4,47	1,13	61	0,73		0,218	-	-	-	-	-	-	-
	18	81,8	331	236	26,86	4,47	1,13	60	0,69		0,213	-	-	-	-	-	-	-
	19,5	81	359	249	29,51	4,67	1,15	60	0,65		0,206	-	-	-	-	-	-	-

EK 1.C: İpekyolu ilçesi Buzhane Mah. Sıvılaşma analizi Excel tablosu.

VAN İPEK YOLU İLÇESİ BUZHANE MAH. SIVILAŞMA ANALİZİ.

	Derinlik (m)	(N1)60	σ'v	σ'v0	İnce Dane Oranı	α	β	(N1)60,CS	rd	CRR(7,5)	CSR	EF(7,5)	CRR(7)	EF(7,0)	CRR(6,5)	EF(6,5)	CRR(6,0)	EF(6,0)
SK-1	1,5	11,2	27	27	34	4,93	1,19	18	0,99	0,195	0,216	0,902	0,231	1,074	0,280	1,299	0,344	1,597
	3	14,9	55	55	30	4,71	1,15	22	0,98	0,241	0,213	1,129	0,286	1,344	0,347	1,626	0,426	1,999
	4,5	0	82	82	32	4,83	1,17	5	0,97	0,071	0,211	0,336	0,084	0,400	0,102	0,484	0,125	0,595
	6	18,6	110	110	29	4,64	1,15	26	0,95	0,312	0,208	1,500	0,371	1,785	0,449	2,160	0,552	2,655
	7,5	0	137	137	27	4,48	1,13	4	0,94	0,068	0,206	0,332	0,081	0,395	0,098	0,478	0,121	0,588
	9	10,9	165	165	26	4,39	1,12	17	0,93	0,177	0,203	0,871	0,210	1,036	0,255	1,254	0,313	1,541
	10,5	10,6	192	192	24	4,18	1,11	16	0,89	0,169	0,195	0,869	0,202	1,034	0,244	1,252	0,300	1,538
	12	12,5	220	220	24	4,18	1,11	18	0,85	0,192	0,186	1,032	0,229	1,228	0,277	1,486	0,340	1,826
	13,5	12,5	247	247	23	4,06	1,10	18	0,81	0,190	0,177	1,069	0,226	1,272	0,273	1,540	0,336	1,892
	15	9,5	275	275	23	4,06	1,10	15	0,77	0,155	0,169	0,920	0,185	1,095	0,223	1,325	0,275	1,628
	16,5	34,9	302	302	32	4,83	1,17	46	0,73		0,160							
	18	19,4	329	329	27	4,48	1,13	26	0,69	0,323	0,151	2,134	0,384	2,540	0,465	3,074	0,571	3,778
	19,5	36,3	357	357	27	4,48	1,13	46	0,65		0,143							
SK-2	1,5	7	27	27	21	3,78	1,09	11	0,99	0,126	0,216	0,582	0,149	0,693	0,181	0,838	0,222	1,030
	3	27,7	55	55	21	3,78	1,09	34	0,98		0,213							
	4,5	26,6	82	82	35	4,98	1,20	37	0,97		0,211							
	6	0	110	110	28	4,56	1,14	5	0,95	0,069	0,208	0,331	0,082	0,394	0,099	0,476	0,122	0,586
	7,5	11,9	137	137	22	3,93	1,09	17	0,94	0,180	0,206	0,876	0,214	1,042	0,259	1,262	0,319	1,551
	9	0	165	165	35	4,98	1,20	5	0,93	0,072	0,203	0,354	0,086	0,421	0,104	0,510	0,127	0,627
	10,5	13,4	192	192	27	4,48	1,13	20	0,89	0,211	0,195	1,081	0,251	1,287	0,304	1,557	0,373	1,914
	12	15,8	220	220	31	4,77	1,16	23	0,85	0,259	0,186	1,392	0,308	1,656	0,373	2,004	0,459	2,463
	13,5	9,3	247	247	31	4,77	1,16	16	0,81	0,166	0,177	0,935	0,197	1,113	0,239	1,347	0,294	1,655
	15	15,4	275	275	34	4,93	1,19	23	0,77	0,261	0,169	1,544	0,310	1,838	0,375	2,224	0,461	2,734
	16,5	21,4	302	302	31	4,77	1,16	30	0,73	0,445	0,160	2,781	0,529	3,309	0,641	4,005	0,787	4,922
	18	10,8	329	329	30	4,71	1,15	17	0,69	0,183	0,151	1,208	0,217	1,437	0,263	1,739	0,323	2,138
	19,5	11,9	357	357	28	4,56	1,14	18	0,65	0,193	0,143	1,354	0,230	1,612	0,278	1,950	0,342	2,397
SK-3	1,5	11,2	27	27	28	4,56	1,14	17	0,99	0,184	0,216	0,854	0,219	1,016	0,265	1,230	0,326	1,512
	3	48,5	55	55	30	4,71	1,15	61	0,98		0,213							
	4,5	0	82	82	25	4,29	1,12	4	0,97	0,067	0,211	0,318	0,080	0,378	0,096	0,457	0,118	0,562
	6	17,7	110	110	34	4,93	1,19	26	0,95	0,312	0,208	1,501	0,372	1,786	0,450	2,161	0,553	2,656
	7,5	18,3	137	137	33	4,88	1,18	26	0,94	0,324	0,206	1,577	0,386	1,877	0,467	2,272	0,574	2,792
	9	0	165	165	32	4,83	1,17	5	0,93	0,071	0,203	0,349	0,084	0,415	0,102	0,502	0,125	0,617
	10,5	14,8	192	192	31	4,77	1,16	22	0,89	0,242	0,195	1,240	0,288	1,475	0,348	1,785	0,428	2,194
	12	27,7	220	220	26	4,39	1,12	35	0,85		0,186							
	13,5	26,1	247	247	28	4,56	1,14	34	0,81		0,177							
	15	26,6	275	275	29	4,64	1,15	35	0,77		0,169							
	16,5	7,9	302	302	31	4,77	1,16	14	0,73	0,150	0,160	0,936	0,178	1,114	0,216	1,348	0,265	1,656
	18	9,7	329	329	34	4,93	1,19	16	0,69	0,175	0,151	1,157	0,208	1,377	0,252	1,667	0,310	2,049
	19,5	8,8	357	357	34	4,93	1,19	15	0,65	0,164	0,143	1,151	0,195	1,369	0,236	1,657	0,290	2,037
sk-4	1,5	7	27	27	30	4,71	1,15	13	0,99	0,139	0,216	0,642	0,165	0,765	0,199	0,925	0,245	1,137
	3	36,6	55	55	32	4,83	1,17	48	0,98		0,213							
	4,5	22	82	82	29	4,64	1,15	30	0,97	0,458	0,211	2,173	0,545	2,586	0,659	3,129	0,810	3,846
	6	0	110	110	30	4,71	1,15	5	0,95	0,070	0,208	0,336	0,083	0,400	0,101	0,484	0,124	0,594
	7,5	15,1	137	137	30	4,71	1,15	22	0,94	0,244	0,206	1,187	0,290	1,412	0,351	1,709	0,432	2,100
	9	16,7	165	165	32	4,83	1,17	24	0,93	0,280	0,203	1,380	0,333	1,642	0,404	1,987	0,496	2,442
	10,5	0	192	192	30	4,71	1,15	5	0,89	0,070	0,195	0,359	0,083	0,427	0,101	0,516	0,124	0,635
	12	16,5	220	220	30	4,71	1,15	24	0,85	0,269	0,186	1,446	0,320	1,720	0,388	2,082	0,476	2,559
	13,5	11,2	247	247	28	4,56	1,14	17	0,81	0,184	0,177	1,038	0,219	1,235	0,265	1,495	0,326	1,837
	15	6,5	275	275	30	4,71	1,15	12	0,77	0,133	0,169	0,789	0,158	0,939	0,192	1,136	0,236	1,397
	16,5	11,8	302	302	33	4,88	1,18	19	0,73	0,201	0,160	1,256	0,239	1,495	0,289	1,809	0,356	2,224
	18	23,7	329	329	35	4,98	1,20	33	0,69	1,775	0,151	11,739	2,113	13,969	2,557	16,904	3,143	20,778
	19,5	3,1	357	357	22	3,93	1,09	7	0,65	0,090	0,143	0,633	0,107	0,753	0,130	0,912	0,160	1,121
sk-5	1,5	12,6	27	27	30	4,71	1,15	19	0,99	0,206	0,216	0,957	0,245	1,138	0,297	1,378	0,365	1,693
	3	45,6	55	55	32	4,83	1,17	58	0,98		0,213							
	4,5	0	82	82	30	4,71	1,15	5	0,97	0,070	0,211	0,332	0,083	0,395	0,101	0,478	0,124	0,587
	6	26,6	110	110	31	4,77	1,16	36	0,95		0,208	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	7,5	10,3	137	137	30	4,71	1,15	17	0,94	0,177	0,206	0,858	0,210	1,022	0,254	1,236	0,312	1,520
	9	0	165	165	28	4,56	1,14	5	0,93	0,069	0,203	0,339	0,082	0,403	0,099	0,488	0,122	0,600
	10,5	28,9	192	192	25	4,29	1,12	37	0,89		0,195							
	12	18,5	220	220	28	4,56	1,14	26	0,85	0,305	0,186	1,636	0,362	1,947	0,439	2,356	0,539	2,896
	13,5	17,4	247	247	30	4,71	1,15	25	0,81	0,288	0,177	1,622	0,343	1,930	0,414	2,336	0,509	2,871
	15	803	275	275	31	4,77	1,16	938	0,77	6,945	0,169	41,160	8,264	48,981	10,000	59,271	12,292	72,854
	16,5	11,3	302	302	29	4,64	1,15	18	0,73	0,187	0,160	1,170	0,223	1,393	0,270	1,685	0,331	2,072
	18	11,3	329	329	26	4,39	1,12	17	0,69	0,182	0,151	1,201	0,216	1,429	0,262	1,729	0,321	2,125
	19,5	5,2	357	357	26	4,39	1,12	10	0,65	0,115	0,143	0,808	0,137	0,961	0,166	1,163	0,204	1,430
sk-6	1,5	18,2	27	27	26	4,39	1,12	25	0,99	0,288	0,216	1,337	0,343	1,591	0,415	1,926	0,510	2,367
	3	26,7	55	55	30	4,71	1,15	36	0,98		0,213							
	4,5	9,2	82	82	34	4,93	1,19	16	0,97	0,169	0,211	0,802	0,201	0,954	0,243	1,154	0,299	1,419
	6	0	110	110	30	4,71	1,15	5	0,95	0,070	0,208	0,336	0,083	0,400	0,101	0,484	0,124	0,594
	7,5	21,4	137	137	28	4,56	1,14	29	0,94	0,406	0,206	1,977	0,484	2,352	0,585	2,847	0,719	3,499
	9	21,7	165	165	25	4,29	1,12	28	0,93	0,388	0,203	1,909	0,461	2,272	0,558	2,749	0,686	3,379
	10,5	0	192	192	28	4,56	1,14	5	0,89	0,069	0,195	0,353	0,082	0,420	0,099	0,509	0,122	0,625
	12	5,3	220	220	30	4,71	1,15	11	0,85	0,120	0,186	0,647	0,143	0,770	0,173	0,932	0,213	1,145
	13,5	14,9	247	247	27	4,48	1,13	21	0,81	0,233	0,177	1,310	0,277	1,559	0,335	1,887	0,412	2,319
	15	18,9	275	275	30	4,71	1,15	27	0,77	0,326	0,169	1,931	0,388	2,297	0,469	2,780	0,577	3,417
	16,5	5,1	302	302	30	4,71	1,15	11	0,73	0,118	0,160	0,740	0,141	0,881	0,170	1,066	0,210	1,310
	18	28,6	329	329	33	4,88	1,18	39	0,69		0,151							
	19,5	10,9	357	357	36	5,02	1,21	18	0,65	0,194	0,143	1,359	0,230	1,617	0,279	1,957	0,343	2,406
sk-7	1,5	28	27	27	30	4,71	1,15	37	0,99		0,216							
	3	16,8	55	55	32	4,83	1,17	25	0,98	0,282	0,213	1,325	0,336	1,577	0,407	1,908	0,500	2,345
	4,5	17,4	82	82	31	4,77	1,16	25	0,97	0,292	0,211	1,386	0,347	1,649	0,420	1,995	0,517	2,453
	6	11,5	110	110	30	4,71	1,15	18	0,95	0,192	0,208	0,921	0,228	1,096	0,276	1,326	0,339	1,630
	7,5	16,7	137	137	33	4,88	1,18	25	0,94	0,284	0,206	1,380	0,338	1,643	0,409	1,988	0,502	2,443
	9	8	165	165	30	4,71	1,15	14	0,93	0,150	0,203	0,736	0,178	0,876	0,215	1,061	0,265	1,304
	10,5	0	192	192	30	4,71	1,15	5	0,89	0,070	0,195	0,359	0,083	0,427	0,101	0,516	0,124	0,635
	12	24,4	220	220	27	4,48	1,13	32	0,85	0,748	0,186	4,016	0,890	4,779	1,077	5,783	1,324	7,109
	13,5	6,8	247	247	30	4,71	1,15	13	0,81	0,136	0,177	0,768	0,162	0,914	0,196	1,106	0,241	1,360
	15	11,2	275	275	34	4,93	1,19	18	0,77	0,195	0,169	1,153	0,231	1,372	0,280	1,660	0,344	2,041
	16,5	13	302	302	32	4,83	1,17	20	0,73	0,216	0,160	1,350	0,257	1,607	0,311	1,945	0,382	2,390
	18	12,9	329	329	33	4,88	1,18	20	0,69	0,217	0,151	1,432	0,258	1,704	0,312	2,063	0,383	2,535
	19,5	13,5	357	357	33	4,88	1,18	21	0,65	0,226	0,143	1,584	0,269	1,885	0,325	2,280	0,399	2,803
sk-8	1,5	7	27	27	32	4,83	1,17	13	0,99	0,141	0,216	0,653	0,168	0,777	0,203	0,940	0,249	1,156
	3	46,6	55	55	31	4,77	1,16	59	0,98		0,213							

EK 1.D: İpekyolu ilçesi Yalı Mah. Sıvılaşma analizi Excel tablosu.

VAN İLİ İPEK YOLU İLÇESİ YALI MAH. SIVILAŞMA ANALİZİ.

SK-1	Derinlik (m	(N1)60	σ'v	σ'v0	İnce Dane Oranı	α	β	(N1)60,CS	rd	CRR(7,5)	CSR	EF(7,5)	CRR(7)	EF(7,0)	CRR(6,5)	EF(6,5)	CRR(6,0)	EF(6,0)	
	1,5	8	25,5	25,5	0	0,00	0,99	8	0,99	0,095	0,183	0,519	0,113	0,618	0,137	0,748	0,169	0,919	
	3	11	51	36,28	67	5,00	1,20	18	0,98	0,194	0,255	0,762	0,231	0,906	0,279	1,097	0,344	1,348	
	4,5	42	76,5	47,07	67	5,00	1,20	55	0,97		0,291								
	6	39	102	57,86	67	5,00	1,20	52	0,95		0,312								
	7,5	38	127	68,64	67	5,00	1,20	51	0,94		0,324								
	9	43	153	79,43	67	5,00	1,20	57	0,93		0,333								
	10,5	34	178	90,21	67	5,00	1,20	46	0,89		0,327								
	12	34	204	101	62	5,00	1,20	46	0,85		0,320								
	13,5	37	229	111,78	62	5,00	1,20	49	0,81		0,309								
	15	31	255	122,57	62	5,00	1,20	42	0,77		0,299								
	16,5	29	280	133,35	62	5,00	1,20	40	0,73		0,286								
	18	26	306	144,14	62	5,00	1,20	36	0,69		0,273								
	19,5	31	331	154,92	28	4,56	1,14	40	0,65		0,259								
SK-2	1,5	14	25,5	25,5	25	4,29	1,12	20	0,99	0,214	0,183	1,168	0,255	1,390	0,308	1,682	0,379	2,067	
	3	11	51	36,28	25	4,29	1,12	17	0,98	0,176	0,255	0,691	0,210	0,822	0,254	0,995	0,312	1,223	
	4,5	35	76,5	47,07	25	4,29	1,12	43	0,97		0,291								
	6	47	102	57,86	25	4,29	1,12	57	0,95		0,312								
	7,5	40	127	68,64	25	4,29	1,12	49	0,94		0,324								
	9	43	153	79,43	25	4,29	1,12	52	0,93		0,333								
	10,5	33	178	90,21	25	4,29	1,12	41	0,89		0,327								
	12	32	204	101	25	4,29	1,12	40	0,85		0,320								
	13,5	34	229	111,78	25	4,29	1,12	42	0,81		0,309								
	15	35	255	122,57	25	4,29	1,12	43	0,77		0,299								
	16,5	28	280	133,35	25	4,29	1,12	36	0,73		0,286								
	18	27	306	144,14	25	4,29	1,12	34	0,69		0,273								
	19,5	29	331	154,92	25	4,29	1,12	37	0,65		0,259								
SK-3	1,5	11	25,5	25,5	25	4,29	1,12	17	0,99	0,176	0,183	0,960	0,210	1,142	0,254	1,382	0,312	1,699	
	3	8	51	36,28	25	4,29	1,12	13	0,98	0,143	0,255	0,559	0,170	0,666	0,205	0,805	0,252	0,990	
	4,5	22	76,5	47,07	25	4,29	1,12	29	0,97	0,402	0,291	1,381	0,478	1,643	0,579	1,988	0,711	2,444	
	6	26	102	57,86	25	4,29	1,12	33	0,95	1,628	0,312	5,218	1,938	6,210	2,345	7,515	2,882	9,237	
	7,5	8	127	68,64	25	4,29	1,12	13	0,94	0,143	0,324	0,441	0,170	0,524	0,205	0,634	0,252	0,780	
	9	15	153	79,43	25	4,29	1,12	21	0,93	0,228	0,333	0,686	0,272	0,817	0,329	0,989	0,404	1,215	
	10,5	7	178	90,21	25	4,29	1,12	12	0,89	0,132	0,327	0,404	0,157	0,480	0,190	0,581	0,234	0,714	
	12	9	204	101	25	4,29	1,12	14	0,85	0,153	0,320	0,479	0,182	0,570	0,221	0,690	0,271	0,848	
	13,5	12	229	111,78	25	4,29	1,12	18	0,81	0,188	0,309	0,608	0,224	0,724	0,271	0,876	0,333	1,077	
	15	22	255	122,57	25	4,29	1,12	29	0,77	0,402	0,299	1,346	0,478	1,602	0,579	1,939	0,711	2,383	
	16,5	34	280	133,35	25	4,29	1,12	42	0,73		0,286								
	18	22	306	144,14	25	4,29	1,12	29	0,69	0,402	0,273	1,472	0,478	1,751	0,579	2,119	0,711	2,605	
	19,5	19	331	154,92	25	4,29	1,12	25	0,65	0,302	0,259	1,164	0,359	1,386	0,434	1,677	0,534	2,061	
SK-4	1,5	3	25,5	25,5	25	4,29	1,12	8	0,99	0,093	0,183	0,506	0,111	0,603	0,134	0,729	0,164	0,896	
	3	7	51	36,28	25	4,29	1,12	12	0,98	0,132	0,255	0,518	0,157	0,617	0,190	0,746	0,234	0,917	
	4,5	19	76,5	47,07	25	4,29	1,12	25	0,97	0,302	0,291	1,036	0,359	1,232	0,434	1,491	0,534	1,833	
	6	6	102	57,86	25	4,29	1,12	11	0,95	0,122	0,312	0,390	0,145	0,465	0,175	0,562	0,216	0,691	
	7,5	19	127	68,64	25	4,29	1,12	25	0,94	0,302	0,324	0,932	0,359	1,109	0,434	1,342	0,534	1,649	
	9	21	153	79,43	25	4,29	1,12	28	0,93	0,360	0,333	1,080	0,428	1,286	0,518	1,556	0,636	1,912	
	10,5	17	178	90,21	25	4,29	1,12	23	0,89	0,261	0,327	0,797	0,310	0,949	0,376	1,148	0,462	1,411	
	12	27	204	101	25	4,29	1,12	34	0,85		0,320								
	13,5	22	229	111,78	25	4,29	1,12	29	0,81	0,402	0,309	1,300	0,478	1,547	0,579	1,872	0,711	2,301	
	15	14	255	122,57	25	4,29	1,12	20	0,77	0,214	0,299	0,717	0,255	0,854	0,308	1,033	0,379	1,270	
	16,5	19	280	133,35	25	4,29	1,12	25	0,73	0,302	0,286	1,055	0,359	1,256	0,434	1,520	0,534	1,868	
	18	13	306	144,14	25	4,29	1,12	19	0,69	0,201	0,273	0,735	0,239	0,875	0,289	1,059	0,355	1,301	
	19,5	22	331,5	154,92	25	4,29	1,12	29	0,65	0,402	0,259	1,550	0,478	1,844	0,579	2,231	0,711	2,743	
SK-5	1,5	33	25,5	25,5	25	4,29	1,12	41	0,99		0,183								
	3	10	51	36,28	25	4,29	1,12	15	0,98	0,164	0,255	0,646	0,196	0,768	0,237	0,930	0,291	1,143	
	4,5	3	76,5	47,07	25	4,29	1,12	8	0,97	0,093	0,291	0,319	0,111	0,380	0,134	0,459	0,164	0,565	
	6	17	102	57,86	25	4,29	1,12	23	0,95	0,261	0,312	0,836	0,310	0,995	0,376	1,203	0,462	1,479	
	7,5	31	127	68,64	25	4,29	1,12	39	0,94		0,324								
	9	24	153	79,43	25	4,29	1,12	31	0,93	0,564	0,333	1,696	0,671	2,018	0,812	2,442	0,999	3,001	

	10,5	16	178	90,21	25	4,29	1,12	22	0,89	0,244	0,327	0,745	0,290	0,887	0,351	1,073	0,432	1,319
	12	14	204	101	25	4,29	1,12	20	0,85	0,214	0,320	0,670	0,255	0,797	0,308	0,964	0,379	1,185
	13,5	16	229	111,78	25	4,29	1,12	22	0,81	0,244	0,309	0,789	0,290	0,918	0,351	1,136	0,432	1,396
	15	9	255	122,57	25	4,29	1,12	14	0,77	0,153	0,299	0,514	0,182	0,611	0,221	0,740	0,271	0,909
	16,5	24	280	133,35	25	4,29	1,12	31	0,73	0,564	0,286	1,975	0,671	2,350	0,812	2,844	0,999	3,495
	18	15	306	144,14	25	4,29	1,12	21	0,69	0,228	0,273	0,836	0,272	0,995	0,329	1,204	0,404	1,480
	19,5	15	331,5	154,92	25	4,29	1,12	21	0,65	0,228	0,259	0,881	0,272	1,048	0,329	1,268	0,404	1,559
SK-6	1,5	16	25,5	25,5	25	4,29	1,12	22	0,99	0,244	0,383	1,330	0,290	1,582	0,351	1,915	0,432	2,354
	3	12	51	36,28	25	4,29	1,12	18	0,98	0,188	0,255	0,738	0,224	0,879	0,271	1,063	0,333	1,307
	4,5	13	76,5	47,07	25	4,29	1,12	19	0,97	0,201	0,291	0,690	0,239	0,821	0,289	0,991	0,355	1,221
	6	15	102	57,86	25	4,29	1,12	21	0,95	0,228	0,312	0,732	0,272	0,871	0,329	1,054	0,404	1,296
	7,5	14	127	68,64	25	4,29	1,12	20	0,94	0,214	0,324	0,662	0,255	0,788	0,308	0,953	0,379	1,171
	9	14	153	79,43	25	4,29	1,12	20	0,93	0,214	0,333	0,644	0,255	0,766	0,308	0,927	0,379	1,139
	10,5	25	178	90,21	25	4,29	1,12	32	0,89	0,778	0,327	2,379	0,926	2,831	1,121	3,426	1,377	4,211
	12	15	204	101	25	4,29	1,12	21	0,85	0,228	0,320	0,714	0,272	0,850	0,329	1,028	0,404	1,264
	13,5	11	229	111,78	25	4,29	1,12	17	0,81	0,176	0,309	0,569	0,210	0,678	0,254	0,820	0,312	1,008
	15	23	255	122,57	25	4,29	1,12	30	0,77	0,463	0,299	1,551	0,551	1,846	0,667	2,234	0,820	2,745
	16,5	25	280	133,35	25	4,29	1,12	32	0,73	0,778	0,286	2,724	0,926	3,241	1,121	3,922	1,377	4,821
	18	19	306	144,14	25	4,29	1,12	25	0,69	0,302	0,273	1,104	0,359	1,314	0,434	1,590	0,534	1,954
	19,5	23	331,5	154,92	25	4,29	1,12	30	0,65	0,463	0,259	1,785	0,551	2,125	0,667	2,571	0,820	3,160
SK-7	1,5	3	25,5	25,5	25	4,29	1,12	8	0,99	0,093	0,383	0,506	0,111	0,603	0,134	0,729	0,164	0,896
	3	3	51	36,28	25	4,29	1,12	8	0,98	0,093	0,255	0,364	0,111	0,434	0,134	0,525	0,164	0,641
	4,5	25	76,5	47,07	25	4,29	1,12	32	0,97	0,778	0,291	2,673	0,926	3,181	1,121	3,849	1,377	4,731
	6	18	102	57,86	25	4,29	1,12	24	0,95	0,280	0,312	0,897	0,333	1,067	0,401	1,291	0,495	1,587
	7,5	21	127	68,64	25	4,29	1,12	28	0,94	0,360	0,324	1,111	0,428	1,322	0,518	1,600	0,636	1,967
	9	28	153	79,43	25	4,29	1,12	36	0,93		0,333							
	10,5	19	178	90,21	25	4,29	1,12	25	0,89	0,302	0,327	0,822	0,359	1,007	0,434	1,327	0,534	1,631
	12	10	204	101	25	4,29	1,12	15	0,85	0,164	0,320	0,514	0,196	0,612	0,237	0,741	0,291	0,910
	13,5	14	229	111,78	25	4,29	1,12	20	0,81	0,214	0,309	0,693	0,255	0,824	0,308	0,997	0,379	1,226
	15	14	255	122,57	25	4,29	1,12	20	0,77	0,214	0,299	0,717	0,255	0,854	0,308	1,033	0,379	1,270
	16,5	25	280	133,35	25	4,29	1,12	32	0,73	0,778	0,286	2,724	0,926	3,241	1,121	3,922	1,377	4,821
	18	30	306	144,14	25	4,29	1,12	38	0,69		0,273							
	19,5	40	331,5	154,92	25	4,29	1,12	49	0,65		0,259							
SK-8	1,5	3	25,5	25,5	25	4,29	1,12	8	0,99	0,093	0,383	0,506	0,111	0,603	0,134	0,729	0,164	0,896
	3	7	51	36,28	25	4,29	1,12	12	0,98	0,132	0,255	0,518	0,157	0,617	0,190	0,746	0,234	0,917
	4,5	19	76,5	47,07	25	4,29	1,12	25	0,97	0,302	0,291	1,036	0,359	1,232	0,434	1,491	0,534	1,833
	6	6	102	57,86	25	4,29	1,12	11	0,95	0,122	0,312	0,390	0,145	0,465	0,175	0,562	0,216	0,691
	7,5	19	127	68,64	25	4,29	1,12	25	0,94	0,302	0,324	0,932	0,359	1,109	0,434	1,342	0,534	1,649
	9	21	153	79,43	25	4,29	1,12	28	0,93	0,360	0,333	1,080	0,428	1,286	0,518	1,556	0,636	1,912
	10,5	17	178	90,21	25	4,29	1,12	23	0,89	0,261	0,327	0,797	0,310	0,949	0,376	1,148	0,462	1,411
	12	27	204	101	25	4,29	1,12	34	0,85		0,320							
	13,5	22	229	111,78	25	4,29	1,12	29	0,81	0,402	0,309	1,300	0,478	1,547	0,579	1,872	0,711	2,301
	15	14	255	122,57	25	4,29	1,12	20	0,77	0,214	0,299	0,717	0,255	0,854	0,308	1,033	0,379	1,270
	16,5	19	280	133,35	25	4,29	1,12	25	0,73	0,302	0,286	1,055	0,359	1,256	0,434	1,520	0,534	1,868
	18	13	306	144,14	25	4,29	1,12	19	0,69	0,201	0,273	0,733	0,239	0,875	0,289	1,059	0,355	1,301
	19,5	22	331,5	154,92	25	4,29	1,12	29	0,65	0,402	0,259	1,550	0,478	1,844	0,579	2,231	0,711	2,743
SK-9	1,5	6	25,5	25,5	25	4,29	1,12	11	0,99	0,122	0,383	0,664	0,145	0,791	0,175	0,957	0,216	1,176
	3	5	51	36,28	25	4,29	1,12	10	0,98	0,112	0,255	0,439	0,133	0,523	0,161	0,632	0,198	0,777
	4,5	15	76,5	47,07	25	4,29	1,12	21	0,97	0,228	0,291	0,785	0,272	0,934	0,329	1,130	0,404	1,389
	6	12	102	57,86	25	4,29	1,12	18	0,95	0,188	0,312	0,603	0,224	0,717	0,271	0,868	0,333	1,067
	7,5	6	127	68,64	25	4,29	1,12	11	0,94	0,122	0,324	0,377	0,145	0,448	0,175	0,542	0,216	0,667
	9	12	153	79,43	25	4,29	1,12	18	0,93	0,188	0,333	0,565	0,224	0,673	0,271	0,814	0,333	1,001
	10,5	53	178	90,21	25	4,29	1,12	63	0,89		0,327							
	12	9	204	101	25	4,29	1,12	14	0,85	0,153	0,320	0,479	0,182	0,579	0,221	0,690	0,271	0,848
	13,5	9	229	111,78	25	4,29	1,12	14	0,81	0,153	0,309	0,496	0,182	0,590	0,221	0,714	0,271	0,878
	15	23	255	122,57	25	4,29	1,12	30	0,77	0,463	0,299	1,551	0,551	1,846	0,667	2,234	0,820	2,745
	16,5	15	280	133,35	25	4,29	1,12	21	0,73	0,228	0,286	0,799	0,272	0,951	0,329	1,151	0,404	1,415
	18	27	306	144,14	25	4,29	1,12	34	0,69		0,273							
	19,5	22	331,5	154,92	25	4,29	1,12	29	0,65	0,402	0,259	1,550	0,478	1,844	0,579	2,231	0,711	2,743
SK-10	1,5	8	25,5	25,5	25	4,29	1,12	13	0,99	0,143	0,383	0,777	0,170	0,925	0,205	1,119	0,252	1,376
	3	4	51	36,28	25	4,29	1,12	9	0,98	0,102	0,255	0,401	0,122	0,478	0,147	0,578	0,181	0,710

	4,5	15	76,5	47,07	25	4,29	1,12	21	0,97	0,228	0,291	0,785	0,272	0,934	0,329	1,130	0,404	1,389
	6	6	102	57,86	25	4,29	1,12	11	0,95	0,122	0,312	0,390	0,145	0,465	0,175	0,562	0,216	0,691
	7,5	12	127	68,64	25	4,29	1,12	18	0,94	0,188	0,324	0,581	0,224	0,692	0,271	0,837	0,333	1,029
	9	6	153	79,43	25	4,29	1,12	11	0,93	0,122	0,333	0,366	0,145	0,436	0,175	0,527	0,216	0,648
	10,5	16	178	90,21	25	4,29	1,12	22	0,89	0,244	0,327	0,745	0,290	0,887	0,351	1,073	0,432	1,319
	12	17	204	101	25	4,29	1,12	23	0,85	0,261	0,320	0,815	0,310	0,970	0,376	1,174	0,462	1,443
	13,5	25	229	111,78	25	4,29	1,12	32	0,81	0,778	0,309	2,517	0,926	2,995	1,121	3,624	1,377	4,455
	15	20	255	122,57	25	4,29	1,12	27	0,77	0,327	0,299	1,097	0,390	1,305	0,471	1,579	0,580	1,941
	16,5	32	280	133,35	25	4,29	1,12	40	0,73		0,286							
	18	28	306	144,14	25	4,29	1,12	36	0,69		0,273							
	19,5	15	331,5	154,92	25	4,29	1,12	21	0,65	0,228	0,259	0,881	0,272	1,048	0,329	1,268	0,404	1,559

SK-11	1,5	9	25,5	25,5	25	4,29	1,12	14	0,99	0,153	0,183	0,836	0,182	0,995	0,221	1,204	0,271	1,480
	3	9	51	39,23	25	4,29	1,12	14	0,98	0,153	0,236	0,651	0,182	0,774	0,221	0,937	0,271	1,152
	4,5	14	76,5	50,01	25	4,29	1,12	20	0,97	0,214	0,274	0,782	0,255	0,930	0,308	1,125	0,379	1,383
	6	23	102	60,8	25	4,29	1,12	30	0,95	0,463	0,297	1,559	0,551	1,856	0,667	2,246	0,820	2,760
	7,5	18	127,5	71,58	25	4,29	1,12	24	0,94	0,280	0,312	0,898	0,333	1,069	0,403	1,293	0,495	1,590
	9	17	153	82,37	25	4,29	1,12	23	0,93	0,261	0,321	0,813	0,310	0,967	0,376	1,170	0,462	1,439
	10,5	19	178,5	93,15	25	4,29	1,12	25	0,89	0,302	0,318	0,949	0,359	1,129	0,434	1,367	0,534	1,680
	12	25	204	103,94	25	4,29	1,12	32	0,85	0,778	0,311	2,504	0,926	2,979	1,121	3,605	1,377	4,432
	13,5	10	229,5	114,72	25	4,29	1,12	15	0,81	0,164	0,302	0,545	0,196	0,648	0,237	0,784	0,291	0,964
	15	15	255	125,51	25	4,29	1,12	21	0,77	0,228	0,292	0,783	0,272	0,932	0,329	1,128	0,404	1,387
	16,5	8	280,5	136,29	25	4,29	1,12	13	0,73	0,143	0,280	0,509	0,170	0,606	0,205	0,733	0,252	0,901
	18	10	306	147,08	25	4,29	1,12	15	0,69	0,164	0,268	0,615	0,196	0,731	0,237	0,885	0,291	1,088
	19,5	17	331,5	157,86	25	4,29	1,12	23	0,65	0,261	0,255	1,025	0,310	1,219	0,376	1,475	0,462	1,813
SK-12	1,5	6	25,5	25,5	25	4,29	1,12	11	0,99	0,122	0,183	0,664	0,145	0,791	0,175	0,957	0,216	1,176
	3	8	51	39,23	25	4,29	1,12	13	0,98	0,143	0,236	0,605	0,170	0,720	0,205	0,871	0,252	1,071
	4,5	45	76,5	50,01	25	4,29	1,12	54	0,97		0,274							
	6	45	102	60,8	25	4,29	1,12	54	0,95		0,297							
	7,5	24	127,5	71,58	25	4,29	1,12	31	0,94	0,564	0,312	1,811	0,671	2,155	0,812	2,608	0,999	3,206
	9	17	153	82,37	25	4,29	1,12	23	0,93	0,261	0,321	0,813	0,310	0,967	0,376	1,170	0,462	1,439
	10,5	16	178,5	93,15	25	4,29	1,12	22	0,89	0,244	0,318	0,768	0,290	0,913	0,351	1,105	0,432	1,359
	12	15	204	103,94	25	4,29	1,12	21	0,85	0,228	0,311	0,735	0,272	0,875	0,329	1,058	0,404	1,301
	13,5	13	229,5	114,72	25	4,29	1,12	19	0,81	0,201	0,302	0,665	0,239	0,791	0,289	0,958	0,355	1,177
	15	14	255	125,51	25	4,29	1,12	20	0,77	0,214	0,292	0,735	0,255	0,874	0,308	1,058	0,379	1,300
	16,5	12	280,5	136,29	25	4,29	1,12	18	0,73	0,188	0,280	0,672	0,224	0,799	0,271	0,967	0,333	1,189
	18	13	306	147,08	25	4,29	1,12	19	0,69	0,201	0,268	0,750	0,239	0,893	0,289	1,080	0,355	1,328
	19,5	18	331,5	157,86	25	4,29	1,12	24	0,65	0,280	0,255	1,099	0,333	1,308	0,403	1,583	0,495	1,945
SK-13	1,5	6	25,5	25,5	26	4,39	1,12	11	0,99	0,123	0,183	0,672	0,147	0,799	0,177	0,967	0,218	1,189
	3	8	51	39,23	27	4,48	1,13	14	0,98	0,146	0,236	0,618	0,173	0,735	0,210	0,889	0,258	1,093
	4,5	18	76,5	50,01	28	4,56	1,14	25	0,97	0,293	0,274	1,069	0,348	1,272	0,422	1,539	0,518	1,891
	6	34	102	60,8	29	4,64	1,15	44	0,95		0,297							
	7,5	26	127,5	71,58	30	4,71	1,15	35	0,94		0,312							
	9	17	153	82,37	31	4,77	1,16	25	0,93	0,283	0,321	0,882	0,337	1,049	0,407	1,270	0,501	1,561
	10,5	21	178,5	93,15	32	4,83	1,17	29	0,89	0,432	0,318	1,359	0,514	1,617	0,622	1,957	0,764	2,405
	12	14	204	103,94	33	4,88	1,18	21	0,85	0,234	0,311	0,751	0,278	0,894	0,336	1,082	0,413	1,330
	13,5	13	229,5	114,72	34	4,93	1,19	20	0,81	0,220	0,302	0,729	0,262	0,868	0,317	1,050	0,390	1,291
	15	15	255	125,51	35	4,98	1,20	23	0,77	0,256	0,292	0,878	0,305	1,044	0,368	1,264	0,453	1,554
	16,5	11	280,5	136,29	36	5,02	1,21	18	0,73	0,195	0,280	0,696	0,232	0,829	0,281	1,003	0,345	1,233
	18	17	306	147,08	37	5,06	1,22	26	0,69	0,307	0,268	1,146	0,365	1,364	0,442	1,650	0,543	2,029
	19,5	16	331,5	157,86	38	5,10	1,22	25	0,65	0,286	0,255	1,123	0,340	1,336	0,412	1,617	0,506	1,987

EK 2: Tuşba ilçesi Abdurahmangazi Mah. Sıvılaşma analizi Excel tablosu.

TUŞBA İLÇESİ ABDURAHMANGAZİ MAH. SIVILAŞMA ANALİZİ.

SK-1	Derinlik (m)	(N1)60	σ'v	σ'v0	İnce Dane Oranı	α	β	(N1)60,CS	rd	CRR(7,5)	CSR	EF(7,5)	CRR(7)	EF(7,0)	CRR(6,5)	EF(6,5)	CRR(6,0)	EF(6,0)
	1,5	34,5	28	28	34	4,93	1,19	46	0,99		0,221							
	3	10,7	57	57	34	4,93	1,19	18	0,98	0,188	0,219	0,859	0,224	1,022	0,271	1,236	0,333	1,520
	4,5	12,6	85	85	34	4,93	1,19	20	0,97	0,214	0,216	0,991	0,255	1,179	0,308	1,426	0,379	1,753
	6	6,1	113	113	70	5,00	1,20	12	0,95	0,134	0,214	0,628	0,160	0,747	0,193	0,904	0,237	1,111
	7,5	10,2	142	142	70	5,00	1,20	17	0,94	0,183	0,211	0,869	0,218	1,034	0,264	1,251	0,325	1,538
	9	4,3	170	170	69	5,00	1,20	10	0,93	0,115	0,209	0,549	0,136	0,654	0,165	0,791	0,203	0,972
	10,5	15,3	198	198	31	4,77	1,16	23	0,89	0,250	0,200	1,250	0,298	1,487	0,360	1,800	0,443	2,212
	12	23,4	227	226	31	4,77	1,16	32	0,85	0,726	0,192	3,781	0,864	4,499	1,045	5,444	1,285	6,692
	13,5	15,8	255	239	31	4,77	1,16	23	0,81	0,259	0,194	1,333	0,308	1,586	0,373	1,919	0,459	2,359
	15	9,2	284	253	32	4,83	1,17	16	0,77	0,166	0,194	0,854	0,198	1,017	0,239	1,230	0,294	1,512
	16,5	28,2	312	266	32	4,83	1,17	38	0,73		0,193							
	18	12,9	340	279	26	4,39	1,12	19	0,69	0,202	0,189	1,066	0,240	1,269	0,291	1,535	0,357	1,887
	19,5	18,3	369	293	26	4,39	1,12	25	0,65	0,291	0,184	1,577	0,346	1,876	0,418	2,270	0,514	2,791
SK-2	1,5	49,6	28	28	33	4,88	1,18	63	0,99		0,221							
	3	7,8	57	57	33	4,88	1,18	14	0,98	0,151	0,219	0,690	0,180	0,821	0,217	0,994	0,267	1,221
	4,5	12,6	85	85	27	4,48	1,13	19	0,97	0,200	0,216	0,925	0,238	1,101	0,288	1,332	0,354	1,637
	6	5,2	113	113	27	4,48	1,13	10	0,95	0,116	0,214	0,544	0,138	0,648	0,167	0,784	0,206	0,963
	7,5	4,7	142	142	28	4,56	1,14	10	0,94	0,112	0,211	0,532	0,134	0,633	0,162	0,766	0,199	0,942
	9	9,3	170	170	28	4,56	1,14	15	0,93	0,162	0,209	0,775	0,192	0,922	0,233	1,115	0,286	1,371
	10,5	6,3	198	198	29	4,64	1,15	12	0,89	0,130	0,200	0,649	0,155	0,772	0,187	0,934	0,230	1,149
	12	15	227	226	29	4,64	1,15	22	0,85	0,240	0,192	1,248	0,285	1,485	0,345	1,797	0,424	2,209
	13,5	18,4	255	239	29	4,64	1,15	26	0,81	0,307	0,194	1,579	0,365	1,879	0,442	2,274	0,543	2,795
	15	23,4	284	253	31	4,77	1,16	32	0,77	0,726	0,194	3,733	0,864	4,443	1,045	5,376	1,285	6,608
	16,5	10,8	312	266	31	4,77	1,16	17	0,73	0,184	0,193	0,957	0,219	1,139	0,265	1,378	0,326	1,694
	18	9,4	340	279	31	4,77	1,16	16	0,69	0,167	0,189	0,883	0,199	1,051	0,241	1,272	0,296	1,563
	19,5	29,2	369	293	22	3,93	1,09	36	0,65		0,184							
SK-3	1,5	66,2	28	28	27	4,48	1,13	79	0,99		0,221							
	3	33,1	57	57	27	4,48	1,13	42	0,98		0,219							
	4,5	13,5	85	85	27	4,48	1,13	20	0,97	0,212	0,216	0,981	0,252	1,168	0,306	1,413	0,376	1,737
	6	5,2	113	113	80	5,00	1,20	11	0,95	0,124	0,214	0,581	0,148	0,692	0,179	0,837	0,220	1,029
	7,5	7	142	142	26	4,39	1,12	12	0,94	0,133	0,211	0,632	0,159	0,752	0,192	0,910	0,236	1,119
	9	3,6	170	170	22	3,93	1,09	8	0,93	0,095	0,209	0,454	0,113	0,541	0,136	0,654	0,168	0,804
	10,5	13,2	198	198	22	3,93	1,09	18	0,89	0,196	0,200	0,979	0,233	1,164	0,282	1,409	0,347	1,732
	12	13	227	226	35	4,98	1,20	21	0,85	0,222	0,192	1,157	0,264	1,377	0,320	1,667	0,393	2,049
	13,5	11,4	255	239	35	4,98	1,20	19	0,81	0,199	0,194	1,023	0,237	1,218	0,286	1,474	0,352	1,811
	15	14,8	284	253	35	4,98	1,20	23	0,77	0,252	0,194	1,297	0,300	1,544	0,363	1,868	0,446	2,296
	16,5	16,8	312	266	23	4,06	1,10	23	0,73	0,250	0,193	1,297	0,297	1,544	0,360	1,868	0,442	2,296
	18	15,8	340	279	23	4,06	1,10	21	0,69	0,234	0,189	1,238	0,279	1,473	0,337	1,782	0,415	2,191
	19,5	23,5	369	293	23	4,06	1,10	30	0,65	0,462	0,184	2,506	0,550	2,983	0,665	3,609	0,817	4,436

Windows'u Etkinleşt

EK 3 : Edremit ilçesi Eminpaşa Mah. Sıvılaşma analizi Excel tablosu.

EDREMİT İLÇESİ EMİNPAŞA MAH. SIVILAŞMA ANALİZİ.

SK-1	Derinlik(m)	(N1)60	σ'v	σ'v0	İnce Dane Oranı	α	β	(N1)60,CS	rd	CRR(7,5)	CSR	EF(7,5)	CRR7	EF(7,0)	CRR(6,5)	EF(6,5)	CRR(6,0)	EF(6,0)
	1,5	59,9	29	29	23,54	4,13	1,10	70	0,99		0,211							
	3	21,2	58	58	24,54	4,24	1,11	28	0,98	0,363	0,208	1,741	0,432	2,071	0,523	2,507	0,642	3,081
	4,5	64,1	87	87	25,31	4,32	1,12	76	0,97		0,206							
	6	86,2	116	116	26,31	4,42	1,12	101	0,95		0,204							
	7,5	18,8	146	141	21,55	3,86	1,09	24	0,94	0,280	0,208	1,343	0,333	1,598	0,403	1,934	0,495	2,377
	9	16,4	175	155	22,55	4,00	1,10	22	0,93	0,242	0,224	1,078	0,288	1,283	0,348	1,553	0,428	1,909
	10,5	40,7	204	169	76,28	5,00	1,20	54	0,89		0,230							
	12	29,7	233	183	76,28	5,00	1,20	41	0,85		0,232							
	13,5	20,2	262	197	71,14	5,00	1,20	29	0,81	0,422	0,231	1,829	0,502	2,176	0,608	2,633	0,747	3,237
	15	16,8	291	211	71,14	5,00	1,20	25	0,77	0,295	0,228	1,296	0,351	1,543	0,425	1,867	0,522	2,295
	16,5	45	320	225	71,14	5,00	1,20	59	0,73		0,223							
	18	51,9	349	239	71,14	5,00	1,20	67	0,69		0,216							
	19,5	43	378	253	71,14	5,00	1,20	57	0,65		0,208							
SK-2	1,5	76,2	29	29	5,62	0,01	1,00	76	0,99		0,211							
	3	26,9	58	58	5,62	0,01	1,00	27	0,98	0,338	0,208	1,624	0,403	1,932	0,487	2,338	0,599	2,874
	4,5	59,6	87	87	6,62	0,08	1,01	60	0,97		0,206							
	6	26,7	116	116	25,33	4,32	1,12	34	0,95		0,204							
	7,5	30,6	146	141	26,33	4,42	1,13	39	0,94		0,208							
	9	26,2	175	155	4,88	0,00	1,00	26	0,93	0,318	0,224	1,417	0,378	1,686	0,458	2,040	0,563	2,508
	10,5	34,7	204	169	4,88	0,00	1,00	35	0,89		0,230							
	12	24,6	233	183	78,47	5,00	1,20	35	0,85		0,232							
	13,5	0	262	197	78,47	5,00	1,20	5	0,81	0,072	0,231	0,312	0,086	0,371	0,104	0,450	0,128	0,553
	15	0	291	211	78,47	5,00	1,20	5	0,77	0,072	0,228	0,317	0,086	0,377	0,104	0,456	0,128	0,560
	16,5	0	320	225	78,47	5,00	1,20	5	0,73	0,072	0,223	0,324	0,086	0,385	0,104	0,466	0,128	0,573
	18	0	349	239	78,47	5,00	1,20	5	0,69	0,072	0,216	0,334	0,086	0,397	0,104	0,480	0,128	0,590
	19,5	0	378	253	78,47	5,00	1,20	5	0,65	0,072	0,208	0,346	0,086	0,412	0,104	0,498	0,128	0,612
SK-3	1,5	63,9	29	29	24,39	4,22	1,11	75	0,99		0,211							
	3	21,2	58	58	24,39	4,22	1,11	28	0,98	0,362	0,208	1,734	0,430	2,064	0,521	2,497	0,640	3,070
	4,5	81	87	87	24,39	4,22	1,11	94	0,97		0,206							
	6	19,8	116	116	24,39	4,22	1,11	26	0,95	0,318	0,204	1,562	0,378	1,859	0,458	2,250	0,563	2,766
	7,5	14,9	146	141	26,39	4,42	1,13	21	0,94	0,231	0,208	1,109	0,275	1,319	0,332	1,596	0,409	1,962
	9	17,2	175	155	26,39	4,42	1,13	24	0,93	0,270	0,224	1,202	0,321	1,431	0,388	1,731	0,477	2,128
	10,5	51,2	204	169	77,96	5,00	1,20	66	0,89		0,230							
	12	23,2	233	183	77,96	5,00	1,20	33	0,85	1,101	0,232	4,747	1,310	5,649	1,585	6,835	1,948	8,402
	13,5	22,3	262	197	74,58	5,00	1,20	32	0,81	0,677	0,231	2,933	0,806	3,490	0,975	4,224	1,198	5,191
	15	41,8	291	211	74,58	5,00	1,20	55	0,77		0,228							
	16,5	14,3	320	225	70,39	5,00	1,20	22	0,73	0,244	0,223	1,098	0,291	1,306	0,352	1,581	0,432	1,943
	18	28,5	349	239	70,39	5,00	1,20	39	0,69		0,216							
	19,5	30,1	378	253	70,39	5,00	1,20	41	0,65		0,208							

sk-4	1,5	110,2	29	29	26,39	4,42	1,13	128	0,99		0,211							
	3	62,5	58	58	26,39	4,42	1,13	75	0,98		0,208							
	4,5	89	87	87	26,39	4,42	1,13	105	0,97		0,206							
	6	58,6	116	116	26,39	4,42	1,13	70	0,95		0,204							
	7,5	8,6	146	141	26,39	4,42	1,13	14	0,94	0,151	0,208	0,726	0,180	0,864	0,218	1,045	0,268	1,285
	9	12	175	155	4,17	0,00	1,00	12	0,93	0,131	0,224	0,584	0,156	0,695	0,189	0,841	0,232	1,034
	10,5	37,7	204	169	4,17	0,00	1,00	38	0,89		0,230							
	12	22,4	233	183	78,36	5,00	1,20	32	0,85	0,703	0,232	1,013	0,837	3,609	1,013	4,367	1,245	5,368
	13,5	19,5	262	197	78,36	5,00	1,20	28	0,81	0,384	0,231	1,665	0,457	1,982	0,554	2,398	0,680	2,947
	15	7,4	291	211	77,28	5,00	1,20	14	0,77	0,149	0,228	0,655	0,177	0,779	0,215	0,943	0,264	1,159
	16,5	11,1	320	225	77,28	5,00	1,20	18	0,73	0,195	0,223	0,878	0,233	1,045	0,281	1,265	0,346	1,554
	18	23,4	349	239	72,38	5,00	1,20	33	0,69	1,327	0,216	6,144	1,580	7,312	1,911	8,848	2,349	10,875
	19,5	32,6	378	253	72,38	5,00	1,20	44	0,65		0,208							
sk-5	1,5	80,3	29	29	5,62	0,01	1,00	81	0,99		0,211							

	3	81,8	58	58	5,62	0,01	1,00	82	0,98		0,208	-	-	-	-	-	-	-	
	4,5	89	87	87	5,62	0,01	1,00	89	0,97		0,206	-	-	-	-	-	-	-	
	6	23,3	116	116	5,62	0,01	1,00	23	0,95	0,263	0,204	1,293	0,313	1,539	0,379	1,862	0,466	2,288	
	7,5	28,2	146	141	72,58	5,00	1,20	39	0,94		0,208	-	-	-	-	-	-	-	
	9	26,9	175	155	72,58	5,00	1,20	37	0,93		0,224	-	-	-	-	-	-	-	
	10,5	65,5	204	169	72,58	5,00	1,20	84	0,89		0,230	-	-	-	-	-	-	-	
	12	16,6	233	183	4,88	0,00	1,00	17	0,85	0,177	0,232	0,761	0,210	0,906	0,254	1,096	0,313	1,348	
	13,5	25,8	262	197	4,88	0,00	1,00	26	0,81	0,309	0,231	1,337	0,367	1,591	0,444	1,925	0,546	2,366	
	15	49,2	291	211	4,88	0,00	1,00	49	0,77		0,228	-	-	-	-	-	-	-	
	16,5	15,7	320	225	4,88	0,00	1,00	16	0,73	0,167	0,223	0,751	0,199	0,894	0,241	1,082	0,296	1,329	
	18	27,2	349	239	4,88	0,00	1,00	27	0,69	0,344	0,216	1,593	0,409	1,895	0,495	2,293	0,609	2,819	
	19,5	51	378	253	73,26	5,00	1,20	66	0,65		0,208	-	-	-	-	-	-	-	
sk-6	1,5	85,7	29	29	71,69	5,00	1,20	108	0,99		0,211	-	-	-	-	-	-	-	
	3	78,9	58	58	71,69	5,00	1,20	100	0,98		0,208	-	-	-	-	-	-	-	
	4,5	54,3	87	87	71,69	5,00	1,20	70	0,97		0,206	-	-	-	-	-	-	-	
	6	21,5	116	116	73,25	5,00	1,20	31	0,95	0,536	0,204	2,633	0,638	3,134	0,772	3,792	0,949	4,661	
	7,5	29	146	141	73,25	5,00	1,20	40	0,94		0,208	-	-	-	-	-	-	-	
	9	74,8	175	155	73,25	5,00	1,20	95	0,93		0,224	-	-	-	-	-	-	-	
	10,5	29,4	204	169	69,58	5,00	1,20	40	0,89		0,230	-	-	-	-	-	-	-	
	12	60,8	233	183	69,58	5,00	1,20	78	0,85		0,232	-	-	-	-	-	-	-	
	13,5	37	262	197	70,54	5,00	1,20	49	0,81		0,231	-	-	-	-	-	-	-	
	15	17,5	291	211	70,54	5,00	1,20	26	0,77	0,313	0,228	1,376	0,373	1,637	0,451	1,981	0,554	2,435	
	16,5	28,7	320	225	70,54	5,00	1,20	39	0,73		0,223	-	-	-	-	-	-	-	
	18	46,2	349	239	70,54	5,00	1,20	60	0,69		0,216	-	-	-	-	-	-	-	
	19,5	61,5	378	253	70,54	5,00	1,20	79	0,65		0,208	-	-	-	-	-	-	-	
sk-7	1,5	54,4	29	29	78,45	5,00	1,20	70	0,99		0,211	-	-	-	-	-	-	-	
	3	19,2	58	58	78,45	5,00	1,20	28	0,98	0,371	0,208	1,780	0,441	2,118	0,534	2,563	0,657	3,150	
	4,5	43,6	87	87	78,45	5,00	1,20	57	0,97		0,206	-	-	-	-	-	-	-	
	6	31,9	116	116	78,45	5,00	1,20	43	0,95		0,204	-	-	-	-	-	-	-	
	7,5	25,1	146	141	27,36	4,51	1,13	33	0,94	1,192	0,208	5,726	1,419	6,814	1,717	8,245	2,110	10,134	
	9	26,9	175	155	27,36	4,51	1,13	35	0,93		0,224	-	-	-	-	-	-	-	
	10,5	28,6	204	169	27,36	4,51	1,13	37	0,89		0,230	-	-	-	-	-	-	-	
	12	39,8	233	183	77,54	5,00	1,20	53	0,85		0,232	-	-	-	-	-	-	-	
	13,5	50,9	262	197	77,54	5,00	1,20	66	0,81		0,231	-	-	-	-	-	-	-	
	15	10,1	291	211	77,54	5,00	1,20	17	0,77	0,182	0,228	0,800	0,217	0,952	0,262	1,152	0,322	1,416	
	16,5	28,7	320	225	67,54	5,00	1,20	39	0,73		0,223	-	-	-	-	-	-	-	
	18	24	349	239	67,54	5,00	1,20	34	0,69		0,216	-	-	-	-	-	-	-	
	19,5	26,4	378	253	67,54	5,00	1,20	37	0,65		0,208	-	-	-	-	-	-	-	
sk-8	1,5	23,1	29	29	79,12	5,00	1,20	33	0,99	1,019	0,211	4,831	1,213	5,749	1,467	6,957	1,804	8,552	
	3	17,3	58	58	79,12	5,00	1,20	26	0,98	0,308	0,208	1,476	0,366	1,757	0,443	2,126	0,545	2,613	
	4,5	16,9	87	87	79,12	5,00	1,20	25	0,97	0,298	0,206	1,444	0,354	1,719	0,428	2,080	0,527	2,556	
	6	34,5	116	116	79,12	5,00	1,20	46	0,95		0,204	-	-	-	-	-	-	-	
	7,5	40,8	146	141	5,62	0,01	1,00	41	0,94		0,208	-	-	-	-	-	-	-	
	9	37,4	175	155	5,62	0,01	1,00	38	0,93		0,224	-	-	-	-	-	-	-	
	10,5	26,4	204	169	72,58	5,00	1,20	37	0,89		0,230	-	-	-	-	-	-	-	
	12	47	233	183	76,34	5,00	1,20	61	0,85		0,232	-	-	-	-	-	-	-	
	13,5	69,7	262	197	76,34	5,00	1,20	89	0,81		0,231	-	-	-	-	-	-	-	
	15	0	291	211	76,34	5,00	1,20	5	0,77	0,072	0,228	0,317	0,086	0,377	0,104	0,456	0,128	0,560	
	16,5	0	320	225	76,34	5,00	1,20	5	0,73	0,072	0,223	0,324	0,086	0,385	0,104	0,466	0,128	0,573	
	18	0	349	239	76,34	5,00	1,20	5	0,69	0,072	0,216	0,334	0,086	0,397	0,104	0,480	0,128	0,590	
	19,5	0	378	253	76,34	5,00	1,20	5	0,65	0,072	0,208	0,346	0,086	0,412	0,104	0,498	0,128	0,612	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad	Reshın, Othman
Web sayfası (Research Gate, Academia, vs.)	

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	2022
Lisans	Dicle Üniversitesi	2019
Lise	Taliaa Kız Lisesi	2012

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2018	TOKİ	İntörn

Yabancı Dil

İngilizce, Arapça

Yayınlar

1.TABKA Barajının Bir Boyutlu Olası Yıkılma Analizi

2.

3.

4.

Özel İlgiler

Spor, Müzik

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Reshın Othman		
Öğrenci No	19806206		
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Doç. Dr. Mehmet Salih Keskin		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	-		
Tez Başlığı	coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi.		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	89		
Raporlama Tarihi	15/06/2022		
Benzerlik Oranı (%)	20		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 100 sayfalık kısmına ilişkin, 15/06/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 24 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç

☐Kaynaklar hariç

☒Alıntılar ~~hariç~~/dâhil

☐Diğer (Açıklayınız)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir,
gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Reshın Othman Tarih: 15/06/2022	İmza:
Danışman Adı, Soyadı: Mehmet Salih Keskin Tarih:15/06/2022	İmza:
Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Fuat Toprak Tarih: 15/06/2022	İmza: