

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜMÜŞLER BELEDİYESİ MÜCAVİR ALANININ
SIVILAŞMA ANALİZİ VE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNDE UYGULAMASI**

Gulmustafa ŞEN

Yüksek Lisans Tezi

DENİZLİ - 2004

**GÜMÜŞLER BELEDİYESİ MÜCAVİR ALANININ
SIVILAŞMA ANALİZİ VE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNDE UYGULAMASI**

**Pamukkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarafından Kabul Edilen
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

Gulmustafa ŞEN

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 07.07.2004

DENİZLİ – 2004

TEZ SINAV SONUÇ FORMU

Bu tez tarafımızdan okunmuş olup kapsamı ve niteliği açısından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Erdal AKYOL
(Yönetici)

Yrd. Doç. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK
(Jüri Üyesi)

Doç. Dr. Halil KUMSAR
(Jüri Üyesi)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet Ali SARIGÖL
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmamın her aşamasında yol gösteren, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Erdal AKYOL'a,

Görüş ve önerileri ile sağladıkları katkıdan dolayı jüri üyeleri Doç. Dr. Halil KUMSAR ve Yrd. Doç. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK'e,

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü tarafından hazırlanan ve verilerinden yararlandığım "Gümüşler Belediyesi (Denizli) Yerleşim Alanlarının Jeolojik ve Jeoteknik İncelemesi" adlı projede emeği geçen öğretim üyeleri; Yrd. Doç. Dr. Suat TAŞDELEN, Yrd. Doç. Dr. Ali KAYA, ve Uzman Ezher TOKER'e,

Ayrıca, benden maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen kıymetli arkadaşlarım, Arş. Gör. Sefer Beran ÇELİK, Arş. Gör. Salih YILMAZ, ve Mutlu ALKAN'a,

Her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan aileme,

İçten teşekkürlerimi sunarım.

Gulmustafa ŞEN

ÖZET

Bu çalışmada, Denizli ili Gümüşler Belediyesi Mücavir Alanındaki zeminlerin, Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) faydalanarak Sıvılaşma Potansiyel İndeksi (SPI) değerleri hesaplanmış ve bu değerleri kullanarak eş sıvılaşma eğrileri elde edilmiştir.

Gümüşler Belediyesi mücavir alanında, üzerinde yerleşimlerin olduğu Neojen birimleri, havzada çökelmiş olan Neojen karasal istifinin en üst seviyelerini oluşturur. İstifin bu kesimleri Üst Miyosen (Ponsiyen) yaşlıdır. Çalışma alanındaki Neojen birimleri, altı alt bölüme ayrılmıştır. Bunlar, tabandan tavana doğru sırasıyla; Kilttaş-Marn-Silt birimi, Fosilli Kireçtaşı, Silt-Kum-Çakıl ardalanması, Çakıltaş-Kumtaşı, Çakıltaş-Kumtaşı-Kireçtaşı-Silttaş ardalanması ve Gölsel Kireçtaşı birimleridir.

Çeşitli laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre çalışma alanındaki zeminlerin tane boyu dağılımları, Atterberg (kıvam) limitleri belirlenmiş ve Birleştirilmiş Zemin Sınıflama sistemine göre zeminler sınıflandırılmıştır. Bu numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucu likit limit değerleri %14-43 arasında, plastik limit değerleri %17-35, plastisite indisi değerleri ise 1 ile 12 arasında değişir. Bölgede ince taneli (kil-silt, silt, kum) zeminlere sıkça rastlanmaktadır. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre bölgedeki zeminler daha çok CL, ML, CL-ML grubundadır. Ayrıca SM, SM-SC, OL, GC, GM (SK 10), SW-SP (SK25) grubu zeminler de laboratuvar analizleri sonucu tespit edilmiştir.

Standart Penetrasyon Testi (SPT) verileriyle, Iwasaki ve diğ. (1978, 1982) tarafından önerilen yöntemle SPI hesaplanarak, sıvılaşma duyarlılığı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Sıvılaşma, Sıvılaşma Potansiyel İndeksi (SPI), Gümüşler, Denizli.

Gulmustafa ŞEN

ABSTRACT

In this study, the Liquefaction Potential Indexes (LPI) are calculated and using Geographical Information Systems (GIS) and the LPI values the iso-liquefaction curves are obtained for Gumusler Municipality settlement area in Denizli.

The study area is the Neogene units which has housing on is the top level of the Neogene terrestrial deposits which has settled at the basin. That part of the deposit is Early Miocene (Ponsien) aged. The Neogene units in the study area are consists of six subdivisions. These are from bottom to top Claystone-Marl-Silt unit, Limestone with fossils, Silt-Sand-Gravel sequence, Gravelstone-Sandstone, Gravelstone-Sandstone-Limestone-Siltstone sequence and Marine Limestone units.

Depending on the various laboratory experiments on the disturbed soil samples of the study area grain size distributions and Atterberg limits of the soil in the region are determined and they are classified according to Unified Soil Classification System. The values for liquid limits of the soil samples 14 % - 43 %, plastic limits 17 % - 35 %, plasticity indexes are between 1 and 12. Fine grained soils (clay-silt, silt, sand) are frequently encountered in the region. According to Unified Soil Classification System the soils are mostly in CL, ML, CL-ML groups. In addition to these SM, SM-SC, OL, GC, GM (SK 10), SW-SP (SK 25) groups of soil are also encountered by laboratory experiments.

By using Standard Penetration Test data and the method proposed by Iwasaki et al. (1978, 1982) Liquefaction Potential Indexes (LPI) are calculated and the liquefaction susceptibility of the region determined.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Liquefaction, Liquefaction Potential Index (LPI), Gumusler, Denizli.

Gulmustafa ŞEN

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|------------------------|-------|
| İçindekiler..... | VII |
| Şekiller Dizini..... | XII |
| Çizelgeler Dizini..... | XV |
| Ekler Dizini..... | XVI |
| Simgeler Dizini..... | XVII |

Birinci Bölüm

GİRİŞ

| | |
|--|---|
| 1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı..... | 1 |
| 1.2. Önceki Çalışmalar..... | 2 |
| 1.3. İnceleme Alanının Tanıtılması ve Çalışma Metotları..... | 4 |
| 1.3.1. İnceleme alanının tanıtılması..... | 4 |
| 1.3.2. Çalışma metotları..... | 4 |

İkinci Bölüm

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

| | |
|--|---|
| 2.1. Giriş..... | 6 |
| 2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Tarihsel Gelişimi..... | 8 |
| 2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Fonksiyonları..... | 9 |

| | |
|---|----|
| 2.3.1. Sayısal verilerin birleştirilmesi..... | 10 |
| 2.3.2. Konumsal sorgulama..... | 10 |
| 2.3.3. Otomasyon..... | 11 |
| 2.3.4. Görüntüleme..... | 11 |
| 2.3.5. Bilgi yönetimi..... | 12 |
| 2.3.6. Konumsal analizler..... | 12 |
| 2.3.7. Karar-verme analizleri..... | 12 |
| 2.3.8. Model analizleri..... | 13 |
| 2.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Bileşenleri..... | 14 |
| 2.4.1. Donanım..... | 14 |
| 2.4.2. Yazılım..... | 14 |
| 2.4.3. Veri..... | 15 |
| 2.4.4. İnsanlar..... | 15 |
| 2.4.5. Yöntemler..... | 16 |
| 2.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri Nasıl Çalışır..... | 16 |
| 2.5.1. Coğrafik referanslar..... | 16 |
| 2.5.2. Temel işlevler..... | 17 |
| 2.5.2.1. Veri toplama..... | 17 |
| 2.5.2.2. Veri yönetimi..... | 17 |
| 2.5.2.3. Veri işleme..... | 18 |
| 2.5.2.4. Veri sunumu..... | 18 |
| 2.6. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde Veri Modelleri..... | 18 |
| 2.6.1. Vektörel veri modelleri..... | 19 |
| 2.6.1.1. Vektörel veri modellerinin bilgisayarda saklanması..... | 21 |
| 2.6.1.1.1. Spagetti veri yapısı..... | 22 |
| 2.6.1.1.2. Topolojik veri yapısı..... | 22 |
| 2.6.1.1.2.1. Çizgi-Düğüm (arc-node) topolojik veri yapısı..... | 24 |
| 2.6.1.1.2.2. Poligon-Çizgi (polygon-arc) topolojik veri yapısı..... | 24 |
| 2.6.1.1.2.3. Sol-Sağ (left-right) topolojik veri yapısı..... | 25 |
| 2.6.2. Hüresel (raster) veri modelleri..... | 25 |
| 2.6.2.1. Raster veri modellerinin bilgisayarda saklanması..... | 26 |
| 2.6.3. Vektör ve raster veri modellerinin karşılaştırılması..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde Konum Analizleri..... | 30 |
| 2.8. Uygulama Ortamı (MapInfo)..... | 31 |
| 2.8.1. MapInfo Professional..... | 31 |
| 2.8.2. Programlama (MapBasic)..... | 32 |

Üçüncü Bölüm

JEOTEKNİK ÖZELLİKLER

| | |
|--|----|
| 3.1. Giriş..... | 33 |
| 3.2. Coğrafi Konum ve Morfoloji..... | 33 |
| 3.3. Jeoloji..... | 35 |
| 3.4. Stratigrafi..... | 36 |
| 3.4.1. Bölgesel stratigrafi..... | 36 |
| 3.4.1.1. Neojen öncesi temel birimleri..... | 36 |
| 3.4.1.2. Neojen birimleri..... | 37 |
| 3.4.1.2.1. Kızılburun formasyonu..... | 38 |
| 3.4.1.2.2. Sazak formasyonu..... | 38 |
| 3.4.1.3. Kuvaterner yaşlı çökeller..... | 38 |
| 3.4.1.3.1. Asartepe formasyonu..... | 38 |
| 3.4.2. Çalışma alanının stratigrafisi..... | 39 |
| 3.4.2.1. Çalışma alanının neojen birimleri..... | 39 |
| 3.4.2.1.1. Kıltaşı-marn-silt birimi (N1)..... | 39 |
| 3.4.2.1.2. Fosilli kireçtaşı (N2)..... | 41 |
| 3.4.2.1.3. Silt-kum-çakıl ar dalanması (N3)..... | 42 |
| 3.4.2.1.4. Çakıltaşı-kumtaşı (N4)..... | 43 |
| 3.4.2.1.5. Çakıltaşı-kumtaşı-kireçtaşı-silttaşı ar dalanması (N5)..... | 45 |
| 3.4.2.1.6. Gölsel kireçtaşı (N6)..... | 45 |
| 3.4.2.2. Çalışma alanındaki kuvaterner tortullar..... | 46 |
| 3.4.2.2.1. Alüvyonlar (Qal)..... | 46 |
| 3.5. Yapısal jeoloji..... | 47 |

| | |
|---|----|
| 3.5.1. Bölgesel tektonik..... | 47 |
| 3.5.2. Çalışma alanının tektoniği..... | 48 |
| 3.5.2.1. Uyumsuzluk..... | 48 |
| 3.5.2.2. Tabakalanma..... | 48 |
| 3.5.2.3. Faylar..... | 49 |
| 3.6. Hidrojeoloji..... | 54 |
| 3.6.1. Giriş..... | 54 |
| 3.6.2. Yeraltı ve yerüstü suları..... | 54 |
| 3.6.2.1. Dereler..... | 54 |
| 3.6.2.2. Yeraltı su seviyeleri..... | 55 |
| 3.6.2.3. Suların beton üzerine etkisi..... | 58 |
| 3.7. Jeoteknik Özellikler..... | 60 |
| 3.7.1. Giriş..... | 60 |
| 3.7.2. Laboratuvar deneyleri..... | 60 |
| 3.7.3. Zemin sınıflaması..... | 61 |
| 3.7.4. Zeminlerin fiziksel özellikleri..... | 61 |
| 3.7.5. Tane boyu dağılımları..... | 61 |
| 3.7.6. Deprem durumu..... | 65 |

Dördüncü Bölüm

SIVILAŞMA POTANSİYELİ ANALİZLERİ

| | |
|---|----|
| 4.1. Giriş..... | 69 |
| 4.2. Sıvılaşma ile Meydana Gelen Zemin Duraysızlıkları..... | 69 |
| 4.2.1. Zeminin taşıma gücünü yitirmesi..... | 69 |
| 4.2.2. Zeminin oturması..... | 71 |
| 4.2.3. Yanal yayılma..... | 72 |
| 4.2.4. Akma sıvılaşması..... | 76 |
| 4.3. Sıvılaşma Duyarlılığının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler..... | 77 |
| 4.4. İnceleme Alanı Zeminlerinin Sıvılaşma Duyarlılığının Belirlenmesi..... | 84 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER | 93 |
| 6. KAYNAKLAR | 95 |
| 7. ÖZGEÇMİŞ | 99 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası..... | 5 |
| Şekil 2.1: Konumsal ve konumsal-olmayan bilgiler..... | 7 |
| Şekil 3.1: Denizli havzası Neojen-Kuvaterner istifinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti..... | 37 |
| Şekil 3.2: Kıltaşı-marn biriminin Deli Tepe doğusundaki görünüşü..... | 40 |
| Şekil 3.3: Kahverengimsi sarı renkli siltlerin yakından görünüşü..... | 41 |
| Şekil 3.4: Fosilli kireçtaşlarının, altındaki kil-silt birimi ve üstündeki çakıltaşı birimiyle olan stratigrafik ilişkisinin karşıdan görünümü..... | 42 |
| Şekil 3.5: Silt-Kum-Çakıl ar dalanmasının arazideki görünümü..... | 42 |
| Şekil 3.6: Çakıltaşı biriminin en üst seviyeleri için karakteristik, iyi çimentolanmış, az çok belirgin tabakalanmalı görüntüsü..... | 44 |
| Şekil 3.7: Meska Evleri KD'sunun ölçülü stratigrafik kesiti..... | 44 |
| Şekil 3.8: Çakıltaşı-Kumtaşı-Kireçtaşı-Silttaşı ar dalanmasının görünümü..... | 45 |
| Şekil 3.9: Gölsel kireçtaşlarının yakından görünüşü..... | 46 |
| Şekil 3.10: Çakıltaşlarında gelişen KB-GD doğrultulu normal fayın görünüşü..... | 49 |
| Şekil 3.11: Çakıltaşı ve siltleri kesen KB-GD doğrultulu normal fayın görünüşü..... | 50 |
| Şekil 3.12: Silt-Kum-Çakıl ar dalanmasının görüldüğü birimde gelişmiş KD-GB doğrultulu normal fayın görünüşü..... | 50 |
| Şekil 3.13: Çalışma alanı ve yakın çevresinin uydu fotoğrafı..... | 51 |
| Şekil 3.14: Beyaz renkli fosilli kireçtaşlarını kesen KB-GD doğrultulu normal fay..... | 52 |
| Şekil 3.15: Şekil 3.14'deki yerin kesiti. Kesitin sol tarafındaki 1 no'lu fay, fotoğraf alanının dışında kalmıştır..... | 53 |
| Şekil 3.16: Çalışma alanındaki faylara ait kontur diyagramı..... | 53 |
| Şekil 3.17: Gümüşler Beldesi yerleşim alanları Mart 2003 dönemine ait yeraltı su tablası haritası..... | 57 |
| Şekil 3.18: SK 4 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları... | 52 |

| | |
|---|----|
| Şekil 3.19: SK 15 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları..52 | 52 |
| Şekil 3.20: SK 22 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları..53 | 53 |
| Şekil 3.21: SK 24 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları..53 | 53 |
| Şekil 3.22: SK 25 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları..54 | 54 |
| Şekil 3.23: SK 26 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları..54 | 54 |
| Şekil 3.24: Denizli dolayının sismotektonik haritası.....66 | 66 |
| Şekil 3.25: Denizli ve yakın çevresindeki Eylül-2000 dönemine ait mikro depremler..68 | 68 |
| Şekil 4.1: 1964 Niigata depreminde zemin sıvılaşmasına bağlı olarak binaların oturması ve devrilmesi.....70 | 70 |
| Şekil 4.2: Sıvılaşma ile zeminin taşıma gücünü yitirmesi ve yapının yana yatması.....70 | 70 |
| Şekil 4.3: Zeminin taşıma gücünü yitirmesi.....71 | 71 |
| Şekil 4.4: 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı ilinde zemine batmış bina72 | 72 |
| Şekil 4.5: Yanal yayılmanın gelişimi.....73 | 73 |
| Şekil 4.6: 1999 Kocaeli depreminde, Gölcük-Kavaklı'da yanar yayılma ile denize sürüklenen sahil yol.....73 | 73 |
| Şekil 4.7: Sıvılaşan kumun yüzeye çıkışı.....74 | 74 |
| Şekil 4.8: 1998 Adana-Ceyhan depreminde sıvılaşma sonucu oluşmuş küçük boyutlu kum volkanları.....74 | 74 |
| Şekil 4.9: 1998 Adana-Ceyhan depremi neticesinde Ceyhan nehrinin sağ sahilinde meydana gelen zemin sıvılaşması ile yüzeyde oluşan kum kaynaması.....75 | 75 |
| Şekil 4.10: Eğimli bir temel üzerindeki gevşek malzemenin sıvılaşma ile akması.....76 | 76 |
| Şekil 4.11: 1999 Kocaeli depreminde, Değirmendere'de denize doğru gelişen akma sıvılaşması.....77 | 77 |
| Şekil 4.12: Dünyanın değişik yerlerinde meydana gelmiş 7.5 büyüklüğündeki depremlerden elde edilen sıvılaşma verileri düzeltilmiş SPT darbe sayıları arasındaki ilişki.....82 | 82 |
| Şekil 4.13: Hesaplanan Sıvılaşma Potansiyel İndeksi (LPI) değerleri.....85 | 85 |
| Şekil 4.14: Eş sıvılaşma eğrileri.....85 | 85 |
| Şekil 4.15: Hesaplanan Sıvılaşma Potansiyel İndeksi (LPI) değerleri.....86 | 86 |
| Şekil 4.16: Eş sıvılaşma eğrileri.....86 | 86 |
| Şekil 4.17: Hesaplanan Sıvılaşma Potansiyel İndeksi (LPI) değerleri.....87 | 87 |
| Şekil 4.18: Eş sıvılaşma eğrileri.....87 | 87 |

| | |
|---|----|
| Şekil 4.19: Hesaplanan Sıvılaşma Potansiyel İndeksi (LPI) değerleri..... | 88 |
| Şekil 4.20: Eş sıvılaşma eğrileri..... | 88 |
| Şekil 4.21: Eş sıvılaşma alanları..... | 90 |
| Şekil 4.22: Eş sıvılaşma konturları..... | 90 |
| Şekil 4.23: Eş sıvılaşma eğrilerinin uydu fotoğrafıyla karşılaştırılması..... | 91 |
| Şekil 4.24: Eş sıvılaşma eğrilerinin uydu fotoğrafıyla karşılaştırılması..... | 91 |
| Şekil 4.25: Eş sıvılaşma eğrilerinin uydu fotoğrafıyla karşılaştırılması..... | 92 |
| Şekil 4.26: Eş sıvılaşma eğrilerinin uydu fotoğrafıyla karşılaştırılması..... | 92 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Çizelge 3.1: Sondajların Mart 2003 tarihine ait yeraltı su seviyeleri..... | 56 |
| Çizelge 3.2: Denizli ve yakın çevresinde meydana gelen tarihi depremler..... | 65 |
| Çizelge 3.3: Denizli ilinde 1900 yılı ve sonrası meydana gelen magnitüd'ü 4.5 ve üzerindeki depremler..... | 67 |
| Çizelge 4.1: SPT darbe sayılarını düzeltmede kullanılan katsayılar..... | 80 |
| Çizelge 4.2: Sıvılaşma indeksi değerlerine göre sıvılaşma potansiyeli dereceleri..... | 84 |

EKLER DİZİNİ

EK 1: Sıvılaşma Analizlerinde Kullanılan Jeoteknik Sondaj Logları

EK 2: İnceleme Alanının Jeoloji Haritası ve Kesiti

EK 3: Sıvılaşma Hesabı İçin Kullanılan İnceleme Alanındaki Sondaj Kuyuları

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|-----------------|--|
| a_{maks} | En büyük yer ivmesi (cm/sn^2) |
| C_N | SPT deneyinde örtü yükü düzeltmesi |
| C_E | SPT deneyinde tij enerji oranı düzeltmesi |
| C_B | SPT deneyinde kuyu çapı düzeltmesi |
| C_R | SPT deneyinde tij uzunluğu düzeltmesi |
| C_S | SPT deneyinde iç gömlek düzeltmesi |
| $CRR_{7.5}$ | Zeminin sıvılaşması için gerekli tekrarlı gerilim oranı (7.5 büyüklüğündeki bir deprem için) |
| CSR | Depremin oluşturduğu tekrarlı gerilim oranı |
| E_r | SPT deneyi için tij enerji oranı |
| F | Belirli bir zemin tabakasının sıvılaşma riski |
| FS | Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı |
| g | Yerçekimi ivmesi (cm/sn^2) |
| H | Seviye kalınlığı (m) |
| SPI | Sıvılaşma potansiyeli indeksi |
| İTO | İnce tane oranı |
| M_s | Depremin büyüklüğü (yüzey dalgası cinsinden) |
| MSF | Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı hesabında deprem büyüklüğü düzeltme faktörü |
| N | SPT deneyinden belirlenen darbe sayısı |
| N_{60} | Enerji oranına göre düzeltilmiş darbe sayısı |
| $(N_1)_{60}$ | Tüm düzeltmeler dikkate alınarak belirlenmiş darbe sayısı |
| $(N_1)_{60cs}$ | Sıvılaşma analizi için ince tane oranına göre düzeltilmiş darbe sayısı |
| Pa | Atmosfer basıncı, yaklaşık 100 kPa |
| R | Depremin odağının inceleme alanına uzaklığı (km) |
| r_d | Gerilim azaltma faktörü |
| SK | Sondaj kuyusu |
| SPT | Standart Penetrasyon Deneyi |
| w | Derinlikle değişen sıvılaşma potansiyeli azaltma faktörü |
| z | Zemin yüzeyinden itibaren değerlendirilen katmanın orta noktasının derinliği (m) |
| σ_{vo} | Toplam örtü gerilimi (kPa) |
| σ'_{vo} | Efektif örtü gerilimi (kPa) |
| α, β | $(N_1)_{60}$ 1 düzeltmek için kullanılan ince tane oranına bağlı katsayılar |
| τ_{av} | Zemin tabakasına belli bir deprem sarsıntısı sonucu etkiyen ortalama yatay kesme gerilmesi |

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, laboratuvar ve Gümüşler Belediyesi sınırları içerisinde kalan arazide yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler kullanılarak Sıvılaşma Potansiyel İndeks (SPI) değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

SPI, Iwasaki ve diğ. (1978) tarafından sıvılaşmanın bir temel hasarı meydana getirip getiremeyeceğinin tahmini için geliştirilmiştir. Sıvılaşma duyarlılığının belirlenmesinde arazi ve laboratuvar deneylerine bağlı birçok analiz yöntemi literatürde mevcuttur. Iwasaki ve diğ. (1978) tarafından önerilen SPI ile sıvılaşma potansiyeli çok düşükten çok yükseğe kadar değişik derecelerle ifade edilebilmektedir. Bir sondaj profilinde her seviye için ayrı ayrı hesaplanan SPI değerleri toplanarak o sondaj için sıvılaşma potansiyeli indeksi belirlenir. Böylece her sondaj noktasına ait SPI değerlerinden yola çıkılarak incelenecek alanlardaki sıvılaşma riski belirlenmiş olacaktır.

Hesaplanan SPI değerleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla eş sıvılaşma eğrilerinin elde edilmesinde kullanılmıştır. Eş sıvılaşma eğrileri, sondaj kuyularına ait SPI değerlerinin MapInfo programına aktarılması ve bu sonuçların interpolasyonu sonucu elde edilen konturlardır. Bu kontur çizgileri belirlenen alandaki sıvılaşabilen ve sıvılaşmayan sınırları belirlemede kullanılmıştır. Bu sınırlar uydu fotoğraflarıyla karşılaştırılarak risk alanları belirlenmiştir.

1.2. Önceki Çalışmalar

Bu bölümde ilk olarak, inceleme alanında daha önce yapılmış olan yer bilimleri ile ilgili değişik amaçlı çalışmalar bu çalışmanın amacı doğrultusunda kronolojik sıra ile özetlenerek sunulmuştur.

Koçyiğit (1984), Anadolu-Ege levhasının bir kesimini oluşturan güneybatı Türkiye’de, yaklaşık 35° doğu boylamının batısı ile 40° kuzey enleminin güneyinde kalan alanda, bir taraftan yapılmış saha çalışmalarından elde edilmiş verileri sergilerken, diğer taraftan da bu verilerin jeofizik çalışmaların sonuçlarıyla olan ilişkisine değinmiş ve böylece, güneybatı Türkiye’nin yeni tektonik gelişimine değişik açıdan yaklaşmayı denemiştir.

Bölgede uzun yıllardır değişik amaçlarla birçok jeolojik araştırma ve çalışma yapılmıştır. İlk jeolojik çalışmaların 19. yüzyılda başladığı görülmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar ise bölgesel jeolojik çalışmalar yanında daha çok jeotermal enerji aramaları, travertenler, traverten oluşturan suların hidrojeolojisi ile bölgenin neotektoniği ve depremselliği konularında yoğunlaşmıştır. Bölgede yapılan jeolojik, jeoteknik, hidrojeolojik ve depremsellik ile ilgili başlıca çalışmalar;

Şimşek (1984), “Denizli-Kızıldere-Tekkehamam-Tosunlar-Buldan-Yenice Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları” adlı çalışmasında Alt Pliyosende Kızılburun, Sazak, Kolonkaya ve Pliyo-Kuvaterner’de Tosunlar formasyonlarını tanımlamış, Kuvaternerde ise Taraça, Yamaç Molozu, Alüvyon ve Traverten ayırtlamıştır.

Sun (1990), “Denizli-Uşak Arasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları” adlı çalışmasında, Denizli yöresindeki Neojen tortulları alttan üste doğru Kızılburun, Sazak, Sakızcılar ve Kolonkaya Formasyonları şeklinde ayırarak incelemiştir. Kuvaterner yaşlı çökeller ise Asartepe Formasyonu, alüvyon ve travertenler olarak ayrılmıştır.

Aydan ve diğ. (2000), sonlu elemanlar yöntemi ile GPS verilerini kullanılarak Batı Anadolu'nun en büyük makaslama gerilim hızı değerlendirmesini yapmışlardır. Bu çalışmada Denizli yakınlarında makaslama gerilim hızında yoğunlaşma gözlenmektedir.

Taner (2001), "Denizli Bölgesi Neojen'ine Ait Katların Stratigrafik Konumlarında Yeni Düzenleme" adlı çalışmasında daha önce Alt Pliyosen olarak yaşlandırdığı Neojen birimlerin yaşını Üst Miyosen olarak değiştirmiştir.

Aydan ve diğ. (2001), bölgedeki sismik aktivitenin değerlendirilmesi için 1973-2000 yılları arasında meydana gelen depremlere ilişkin USGS (United States Geological Survey), NEIC (USGS-National Earthquake Information Center) ve Kandilli Rasathanesi verilerini kullanarak bölgede olmuş depremlerin eklenik büyüklük-zaman ilişkisini ve büyüklük-oluş sıklığı ilişkisini belirlemişlerdir.

PAÜ (2002), Jeoloji Mühendisliği Bölümü tarafından hazırlanan "Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri" adlı çalışmada Denizli il merkezi ve yakın çevresinin ayrıntılı jeolojik, jeoteknik, hidrojeolojik ve depremsellik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler sayısal ortama aktarılarak Kumsar ve diğ., (2003a, b) tarafından geliştirilen Jeolojik ve Jeoteknik Kent Bilgi Sisteminde değerlendirilmiştir.

PAÜ (2003), Jeoloji Mühendisliği Bölümü tarafından hazırlanan "Gümüşler Belediyesi (Denizli) Yerleşim Alanlarının Jeolojik ve Jeoteknik İncelemesi" adlı çalışmada bölgenin ayrıntılı jeolojik, jeoteknik, hidrojeolojik ve depremsellik özellikleri incelenmiştir.

1.3. İnceleme Alanının Tanıtılması ve Çalışma Metotları

1.3.1. İnceleme alanının tanıtılması

Gümüşler Beldesi, Ege Bölgesinde Denizli şehir merkezinin kuzeybatı kısmında yer alır (Şekil 1.1). Harita Genel Müdürlüğüne hazırlanan 1/25000 ölçekli Denizli M22-a4 paftasında bulunmaktadır. Beldeye ait 1/2000 ölçekli halihazır haritalarının pafta numaraları ise şunlardır:

İ19, İ20, İ21, İ22, İ23

J19, J20, J21, J22, J23

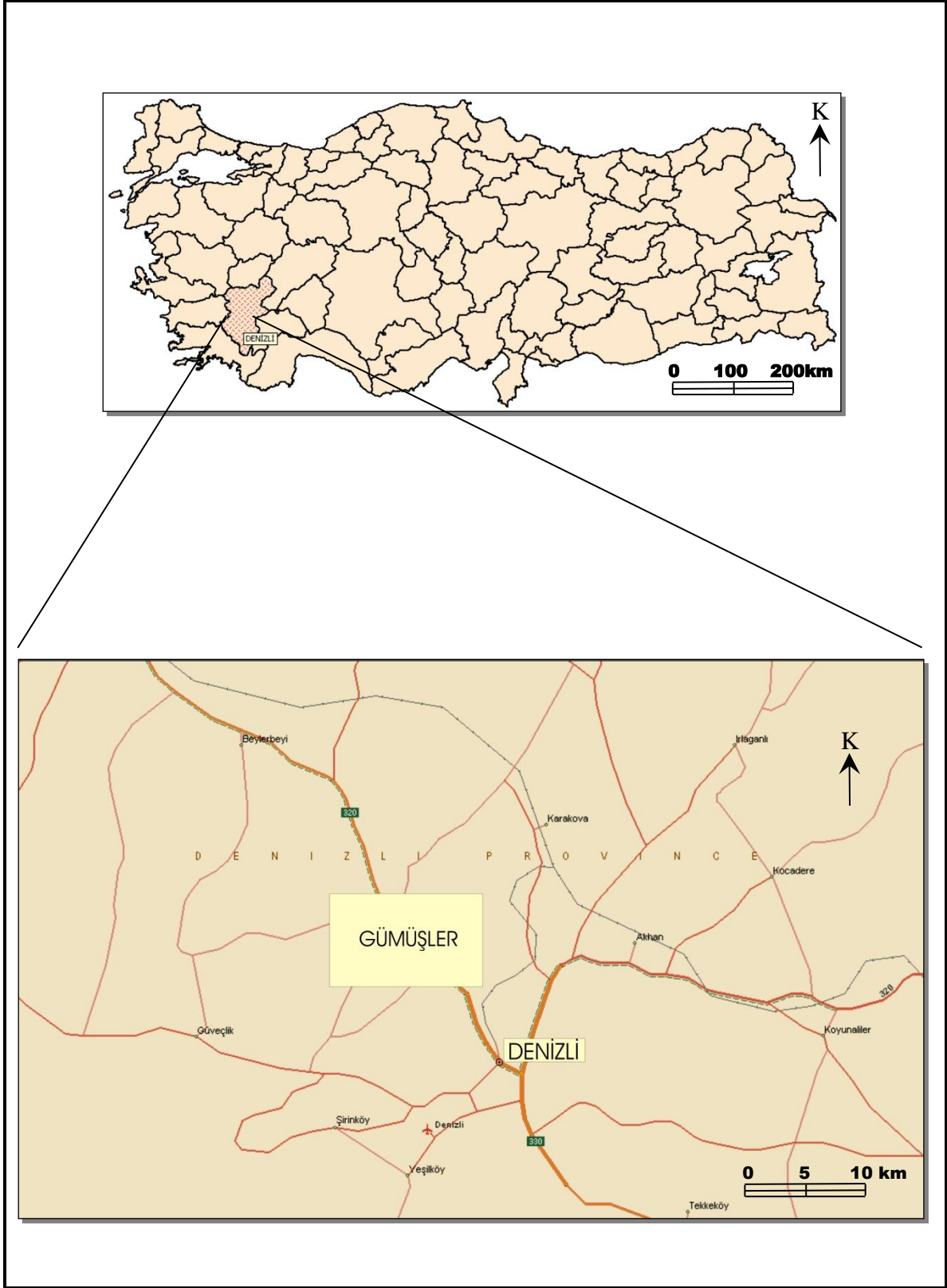
K20, K21, K22, K23

L 21, L 22, L 23

İnceleme alanı UTM koordinat sistemine göre 7684500 ve 7679200 boylamları ile 4184000 ve 4189700 kuzey enlemleri arasını kapsayan yaklaşık 18 km² lik bir alandır.

1.3.2. Çalışma metotları

Gümüşler Beldesi'nin zeminine ait jeoteknik çalışmalara temel oluşturacak jeolojik bilgilerin elde edilebilmesi için, öncelikle Gümüşler ve yakın çevresinin jeolojisi incelenmiştir. Bu amaçla, özellikle farklı ekiplerce daha önce yapılan büyük ölçekli jeolojik çalışmalardan yararlanılmıştır. Arazi çalışmaları ile inceleme alanı ve yakın çevresinin 1/25000 ölçekli jeolojisi haritası hazırlanmış ve sunulmuştur. Jeoteknik amaçlı çalışmalar sırasında, Pamukkale Üniversitesi'ne ait sondaj makinesi ile 26 adet temel sondajı açılmış, sondajın her 1.5 metresinde (uygun olan yerlerde) SPT ve gerekli görülen çeşitli derinliklerde presiyometre testleri yapılmıştır. Gümüşler Belediyesi'nce açtırılan 27 adet gözlem çukurunda zemin özellikleri yerinde incelenmiş, örselenmiş ve şelbi tüpleri ile alınan örselenmemiş örnekler üzerinde çeşitli laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Arazi çalışmalarında Gümüşler Belediyesi tarafından temin edilen araçlar kullanılmış, laboratuvar ve büro çalışmalarında ise Pamukkale Üniversitesi'nin imkanlarından yararlanılmıştır.



Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.

İKİNCİ BÖLÜM

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

2.1. Giriş

Çevremizdeki mevcut bilgilerin etkin bir şekilde kullanılamaması ve anlamlı bilgi için sağlıklı veriye erişmede yaşanan sıkıntılar, yaşanan teknoloji çağının en önemli sorunları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilginin yeterince organize edilemeyip zaman içerisinde de yoğun bir bilgi trafiğinin ortaya çıkması başta hızlı karar verme konumundakiler olmak üzere toplumun tüm kesimlerinde bir kargaşa ve paniğe neden olmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

Oysa, dünyada bilgiyi etkin kullanan toplumların çok daha hızlı ve dinamik bir gelişme gösterdikleri yine bu tür toplumlarda yaşayan bireylerin çağdaş hizmetlerden en üst düzeyde yararlandıkları görülmektedir.

Yaşadığımız çağda, bilgi teknolojisi çok değişik alanlarında yoğun bir şekilde insanlığa hizmet etmektedir. Özellikle mekanlara bağlı, yer ve konuma dayalı bilgilerin yönetilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bir çok ekonomik, politik, sosyal ve kültürel kaynakların yönetimi ve birleşimi gibi karmaşık analiz gerektiren uygulamalarda önemli rol oynamaktadır.

CBS, kullanıcıların çok farklı disiplinlerden olması nedeniyle, değişik şekillerde tanımlanmaktadır.

CBS, yeryüzü referanslı verileri toplayan, depolayan, kontrol eden, işleyen, analiz eden ve görüntüleyen bir sistemdir (AGI, GIS Dictionary, 1991).

CBS, belirli bir amaçla yeryüzüne ait verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transferi ve görüntülenmesi işlevlerini yerine getiren araçların tümüdür (Burrough, 1998).

Konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerinin bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir.

CBS, konumsal olmayan bilgiler ile konumsal bilgilerin birbirleri ile ilişkilendirilerek sorgulanabilmesini ve istatistiksel analizler yapılabilmesini sağlayan bilgi sistemleri bütünüdür (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Konumsal ve konumsal-olmayan bilgiler.

Yukarıda CBS'nin değişik yönlü tanımlarından birkaç tanesi verilmiştir. CBS'de grafik ve grafik olmayan bilgiler arasında etkili bir iletişim yapısı mevcuttur.

Coğrafi Bilgi Sistemleri'ni uygulama şekillerine göre değişik isimlerle ifade edebiliriz:

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

CBS'nin uygulama biçimine göre yapılan farklı isimlendirmeleri yanında aşağıdaki konumsal veri işleme teknikleri ile yakından ilişkilidir.

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

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Tarihsel Gelişimi

CBS'nin kavramsal anlamda ilk ortaya çıkışı, 1963 yılında Roger Tomlinson liderliğinde başlatılan ve Kanada'nın ulusal arazilerinin özelliklerine göre tespitine yönelik olarak geliştirilen Kanada CBS projesiyle olmuştur (Yomralıoğlu, 2000).

Yine 1966 yılında Harvard Üniversitesinde gerçekleştirilen bir proje de ilk teorik CBS çalışması olarak bilinir. Bu proje ile, çizgi tabanlı eğitim haritalarının bilgisayar aracılığı ile üretilebileceği anlaşılmış ve bu amaçla SYMAP (Synographic Mapping System) adı verilen bir yazılım geliştirilmiştir.

1970'li yıllarda yine aynı üniversitede, poligon bindirme işlemleriyle veri katmanı oluşumuna olanak sağlayan ODYSSEY adlı yazılım geliştirilmiştir. Bu ürünler, CBS fonksiyonunu yerine getiren konumsal veri işlem alanındaki ilk uygulamalar olarak bilinirler (Coppock ve diğ., 1992).

1971'de Kanada Coğrafi Bilgi Sistemi projesi tam anlamıyla faaliyete geçmiştir.

1972 yılında, ilk Landsat uydusu (orijinal ismiyle ERTS-1) yörüngeye yerleştirildi.

1973 yılında, Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Jeoloji Kurumu (USGS) geniş arazi kaynaklarına ilişkin veri tabanlarının oluşturulması ve bunların yönetilmesi için GIRAS projesini geliştirmeye başladı.

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

1979 yılında, ilk prototip modern vektör tabanlı CBS olarak kabul edilen ODYSSEY yazılımı Harvard Lab tarafından geliştirildi.

1981'de ESRI firması tarafından ArcInfo yazılımı ilk kez piyasaya sürüldü.

1985'de GPS (Global Positioning Systems) uygulanmaya başlandı. İlk raster tabanlı CBS yazılımı GRASS (Geographic Resource Analysis Support System) ABD askeri yapı mühendisliği araştırma laboratuvarında geliştirildi.

1986'da MapInfo firması kuruldu. Aynı yıl ilk SPOT uydusu yörüngeye yerleştirildi.

1994 yılında, Açık CBS Birliği, (Open GIS Consortium, OGC) kuruldu. Coğrafi Bilgi teknolojilerinin kullanımına ve gelişimine yönelik standartlar üretmeye önemli katkılar sağlamaktadır.

1995'de MapInfo Professional for Windows yazılımı piyasaya sürüldü.

1996 yılında, ilk derlenmiş CBS sözlüğü AGI tarafından kullanıma sunuldu. Sözlük 1000'e yakın terim ve 50'nin üzerinde Şekil içerir.

1999'da Landsat TM 7 uydusu yörüngeye yerleştirildi.

2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Fonksiyonları

Coğrafi Bilgi Sistemleri, yeryüzü Şekillerini ve yeryüzünde gelişen olayları haritaya dönüştürmek ve bunları analiz etmek için gerekli olan bilgisayar destekli araçlardan oluşan bir sistem olarak algılanmaktadır. CBS teknolojisi ortak veri tabanlarını birleştirme özelliğine sahiptir. Örneğin haritaların sağladığı görsel ve coğrafik analiz avantajları, sorgulama ve istatistiksel analizler olarak kullanıcıya sunulur. Bu özelliği

bakımından, CBS diğer bilgi sistemlerinden farklıdır. Bunun bir sonucu olarak, CBS, hizmet alanındaki olayların tanımlanmasında ve ileriye dönük tahminlerde bulunarak stratejik planların yapılmasında kamu ve özel sektör tarafından oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

Tüm bu gelişmelerin temelinde CBS'nin diğer sistemlerden farklı olarak sahip olduğu fonksiyonlar vardır. Bu fonksiyonların işlevleri aşağıda açıklanmıştır.

2.3.1. Sayısal verilerin birleştirilmesi

CBS, farklı ortamlarda oluşturulan sayısal ve sözel verilerle entegre bir şekilde çalışma özelliğine sahiptir. Örneğin, CAD yazılımlarıyla üretilen grafiksel veriler, fotoğraf ve benzeri görüntü verileri, veri tabanlarında mevcut olan tablosal veya liste şeklindeki envanter veriler, CBS tarafından girdi verisi olarak kabul edilerek kullanılabilceği gibi, CBS ile üretilmiş olan veriler de diğer sistemlerce girdi verisi olarak kullanılabilir. Bu bakımdan sayısal veriler arasındaki entegrasyon yani veri alış-verişi yönünden CBS önemli bir kolaylık sağlamaktadır.

2.3.2. Konumsal sorgulama

Toplanacak coğrafi verilere daha sonra ihtiyaç duyulması halinde bu verilere yeniden ulaşabilmek için çoğu kez veri tabanı yönetim sistemleri kullanılır. Fakat aynı ortamda, grafik ve grafik-olmayan (tanımsal) bilgileri bir arada görmek veya sorgulamak ancak CBS ile mümkün olabilmektedir. Buna göre grafik bilgiden tanımsal bilgilere veya bunun tersi olarak tanımsal bilgiden grafik bilgiye hızlı bir şekilde erişilebilir.

CBS'nin konumsal sorgulama özelliği ile bilgisayar ortamında bulunan grafik bir kent haritası üzerinde imleç ile seçilecek bir binanın maliki, adresi, kat adeti, vergi değeri gibi tanımsal bilgileri sorgulanabileceği gibi, veri tabanı kısmından seçilecek bir malik adıyla da bu şahsa ait bina grafik olarak yine bilgisayar ekranında görüntülenebilir (Yomralıoğlu, 2000).

2.3.3. Otomasyon

CBS grafik özelliği ile ölçü ve hesap gerektiren işlemlerde kullanıcıya otomasyon yani bilgisayar destekli kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Böylece gerek hesap işlemleri gerekse grafiksel çizimler aynı ortamda hızlı ve doğru bir şekilde yapılabilmektedir.

CBS'nin bu özelliği günümüzde sayısal haritaların gelişmesine önemli katkılarda bulunarak, bu haritaların "akıllı-haritalar" olarak adlandırılmasına neden olmuştur. Daha önceden cetvel ve benzeri basit ölçü aletleriyle kağıt haritalar üzerinde yapılan klasik ölçmeler, yerini doğrudan imleç yardımıyla bilgisayar ekranında ölçü yapılabilir duruma bırakmıştır. Böylece bir harita veya plan üzerinde herhangi bir noktanın konumu, noktalar arası uzaklık veya alan bilgileri ile ilgili noktalar üzerinde imlecin işaretlenmesiyle anında kullanıcıya dinamik olarak aktarılmaktadır. Otomasyon özelliği ile bilhassa harita üretimindeki karmaşık hesap işlemleri, nesnelerin düzenlenmesi ve kartografik gösterimlerde kalitenin artırılması sağlanmıştır.

2.3.4. Görüntüleme

CBS'nin önemli fonksiyonlarından biri de görüntü özelliğine sahip olmasıdır. Daha önceden sadece veri tabanlarının sunabildiği listeleme işlemleri ile ancak grafik-olmayan tablosal bilgilerin sunumu yapılırken, bugün CBS ile bu tür sunumlara grafik bilgiler, video görüntüsü, ses, fotoğraf, ve benzeri çok çeşitli gösterimler ilave etmek mümkün olmaktadır. Yine, daha önceden klasik kağıt ortamında yapılan sunumlar, artık sayısal ortama aktarılarak, internet ve benzeri ortamlarda bilgi alış-verişine de olanak sağlamıştır.

Tabloların rapor halinde diğer görüntülerle ilişkilendirilip birbiriyle bağlantılı olarak sunulması başta ticaret, emlakçılık, turizm, ve istatistik olmak üzere bir çok tanıtım amaçlı uygulamada kullanılarak konumsal bilgilere görsel nitelik kazandırılmıştır (Yomralıoğlu, 2000).

2.3.5. Bilgi Yönetimi

Konumsal veri ile uğraşanların en fazla sorun yaşadığı işlemlerden biri de mevcut verilerle gerektiğinde güncelleme, ayıklama, ekleme, transfer ve benzeri işlemlerin (manipulasyon) yapılamamasıdır. Oysa CBS, çok hızlı ve sağlıklı konumsal veri işleme yeteneğine sahiptir. Bu sayede mevcut bilgilerden yeni bilgiler elde edilerek istenen formatta bilgi üretilip, değişik sistemlere bilgi transferi yapılabilmektedir. CBS'nin bu fonksiyonu ile bilhassa verilerin güncellenmesi ve mevcut verilerin gerektiğinde genellenmesi mümkün olmaktadır.

2.3.6. Konumsal analizler

Grafik ve grafik-olmayan bilgilerin amaca yönelik olarak modellenmesi, sonuçların irdelenip yorumlanması gibi işlemlerin tümü "konumsal analiz" olarak bilinir. CBS'yi diğer bilgi sistemlerinden ayıran en önemli özelliklerinden biri konumsal analizlerdir.

Konumsal analiz işlemlerinde, mevcut veri/bilgi kümelerinden yararlanarak yeni bilgi kümeleri üretilerek, coğrafik özellik gösteren alanların, potansiyel kullanımalarının değerlendirilmesi, konumsal olayların çevreye etkilerinin tahmin edilmesi ve bu olayların yorumlanıp anlaşılır hale dönüştürülmesi gibi uygulamaların tümü konumsal analiz kapsamına girer. CBS'nin önemli bir fonksiyonu niteliğindeki konumsal analizlere örnek olarak; farklı özellikteki harita bilgilerinin üst üste bindirilmesi (örneğin bir kentin imar ve jeolojik yapı haritalarının tek altlıkta birleştirilmesi), bir akarsu boyunca su taşkın sahalılarının tampon bölge olarak tespit edilmesi, kamulaştırma işlemine tabi olacak arazilerin alan ve maliklerinin tespiti, bir kentte adres sorgulaması gibi konuma dayalı analizlerin gerçekleştirilmesi verilebilir (Yomralıoğlu, 2000).

2.3.7. Karar-verme analizleri

Coğrafik verilerin konuma bağlı olarak toplanması yanında, zamana bağlı ya da aynı konuma ait değişik özelliklere göre bilgilerin sağlanması büyük hacimli verilerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum bilhassa envanter ve istatistiksel işlemlere esas

oluşturmak amacına yönelik olarak gerçekleşir. Temel istatistik analizlerine ilave olarak, mevcut verilerden yararlanarak ileriye dönük tahminlerin yapılması, yatırım amaçlı mekanların tespit edilmesi, planlama için gerekli donatıların en uygun alanlara yerleştirilmesi, yığılı verilerin istatistiksel olarak irdelenmesi, yöneylem analizleri, zamana göre konum özelliklerinin değişimlerinin izlenmesi gibi bir çok neden ve niçin sorularına cevap aranacak nitelikteki karar verme analizleri CBS ile çok daha dinamik olmaktadır. CBS bu tür verileri toplar ve önceden belirlenen vasıflara göre sınıflandırıp grafik destekli konumsal bilgilerin daha iyi anlaşılmasında önemli bir fonksiyonu yerine getirir.

2.3.8. Model analizleri

Planlanan bazı projelerin veya doğal olayların gerçekleşmesi halinde meydana gelecek durumun daha önceden gerçekleşmiş gibi gözlenebilmesi işlemleri “simülasyon” olarak bilinir. CBS, coğrafik varlıkların çevreleriyle olan ilişkilerini de dikkate alarak bilgisayar ortamında oluşturacağı modellerle simülasyon işlemlerini gerçekleştirme imkanına sahiptir.

Örneğin, bir deprem, erozyon veya su taşkını gibi olaylar, yol, demiryolu ve boru hattı güzergahlarının projelendirilmesi, yeni bir yerleşim alanının planlanması gibi işlemlere ait toplanacak veriler koordinata dayalı olacağından bunların sayısal arazi modelleri bilgisayar ortamında kolayca oluşturularak, yapılacak değişimler yine bilgisayar ortamında dinamik olarak izlenebilecektir.

CBS, grafik ve tanımsal verileri aynı veri tabanında tutma özelliğine sahip olduğundan, veri tabanındaki ani değişimler, oluşturulan sayısal modele yansiyarak kullanıcıya alternatif sonuçlar üzerinde karar vermede yardımcı olur. Böylece tasarlanan proje sanki gerçekmiş gibi belli bir ölçek dahilinde kuultulerek yönetici veya uzmanlara üzerinde çalıştıkları özel proje hakkında uygulama öncesi detaylı bilgi sağlamış olacaktır.

2.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Bileşenleri

Coğrafi bilgi sistemlerinin temel fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için en az beş ana unsurun bir arada olması gerekir (ESRI Inc., www.esri.com). Bunlar CBS'nin bileşenleri olarak isimlendirilen, donanım, yazılım, veri, insanlar ve yöntemlerdir.

2.4.1. Donanım

CBS'nin işlemlerini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü "donanım" olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözüken bilgisayar yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Örneğin, yazıcı, çizici, tarayıcı, sayısallaştırıcı, veri kayıt üniteleri gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır. Bugün birçok CBS yazılımı farklı donanımlar üzerinde çalışmaktadır. Merkezileştirilmiş bilgisayar sistemlerinden masaüstü bilgisayarlara, kişisel bilgisayarlardan ağ donanımlı bilgisayar sistemlerine kadar çok değişik donanımlar mevcuttur.

2.4.2. Yazılım

Yazılım, diğer bir deyişle bilgisayarda çalışabilen program, coğrafi bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarlardır.

Yazılımların pek çoğu ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmesi yanında üniversite ve benzeri araştırma kurumlarınca da eğitim ve araştırmaya yönelik geliştirilmiş yazılımlar da mevcuttur.

Dünyadaki CBS pazarının önemli bir kısmı yazılım geliştiren firmaların elindedir. Bu bakımdan günümüzde CBS bu tür yazılımlarla neredeyse özdeşleşmiş durumdadır. En popüler CBS yazılımları olarak Arc/Info, Intergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass ve benzerleri verilebilir. Coğrafi bilgi sistemine yönelik bir yazılımda olması gereken temel unsurlardan bazıları şunlardır (Yomralıoğlu, 2000).

- Coğrafi veri/bilgi girişi ve işleme için gerekli araçları bulundurması,
- Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olmak,
- Konumsal sorgulama, analiz ve görüntüyü destekleme,
- Ek donanımlar ile olan bağlantılar için ara-yüz desteği.

2.4.3. Veri

CBS'nin en önemli bileşenlerinden biri de "veri" dir. Grafik yapıdaki coğrafi veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir. CBS, konumsal veriyi diğer veri kaynaklarıyla birleştirebilir. Böylece birçok kurum ve kuruluşa ait veriler organize edilerek konumsal veriler bütünleştirilmektedir.

Veri, uzmanlarca CBS için temel öge olarak kabul edilirken, elde edilmesi en zor bileşen olarak ta görülmektedir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. Nitekim CBS'ye yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin yaklaşık %50'den fazlası veri toplamak için gerekmektedir (Yomralıoğlu, 2000).

2.4.4. İnsanlar

CBS teknolojisi insanlar olmadan sınırlı bir yapıda olurdu. Çünkü insanlar gerçek dünyadaki problemleri uygulamak üzere gerekli sistemleri yönetir ve gelişme planları hazırlar. CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını arttırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir. Dolayısıyla coğrafi bilgi sistemlerinde insanların istekleri ve yine insanların bu istekleri karşılamaları gibi bir süreç yaşanır. CBS'nin gelişmesi mutlak suretle insanların yani kullanıcıların ona sahip çıkmalarına ve konuma bağlı her türlü analiz için CBS'yi kullanabilme yeteneklerini arttırmayı ve değişik disiplinlere yine CBS'nin avantajlarını tanıtmakla mümkün olabilecektir.

2.4.5. Yöntemler

Başarılı bir CBS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. CBS'nin kurumlar içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için gerekli kuralların yani metodların geliştirilerek uygulanıyor olması gerekir. Konuma dayalı verilerin elde edilerek kullanıcı talebine göre üretilmesi ve sunulması mutlaka belli standartlar yani kurallar çerçevesinde gerçekleşir. Genellikle standartların tespiti şeklinde olan bu uygulamalar bir bakıma kurumun yapısal organizasyonu ile doğrudan ilgilidir. Bu amaçla yasal düzenlemelere gidilerek gerekli yönetmelikler hazırlanarak ilkeler tespit edilir (Yomralıoğlu, 2000).

2.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri Nasıl Çalışır

CBS yeryüzüne ait bilgileri, coğrafik anlamda birbiriyle ilişkilendirilmiş tematik harita katmanları gibi kabul ederek saklar. Bu basit ancak konumsal bilgilerin değerlendirilmesi açısından son derece güçlü bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, örneğin, dağıtım görevi üstlenmiş taşıma araçlarının optimum yük dağıtımından, planlamaya dayalı uygulamalara ait detay kayıtlarına, atmosferdeki değişimlerin modellenmesine kadar birçok gerçek dünya probleminin çözümüne imkan sağlar (Yomralıoğlu, 2000).

2.5.1. Coğrafik referanslar

Coğrafik bilgiler, enlem-boylam şeklindeki coğrafi koordinat ya da ulusal koordinatlar gibi kesin değerleri veya adres, bölge ismi, yol ismi gibi tanımlanan referans bilgileri içerirler. Bu coğrafik referanslar objelerin konumlandırılmasına yani koordinatı bilinen bir pozisyona yerleştirilmesine imkan sağlar. Böylece ticari bölgeler, araziler, orman alanları, yeryüzü kabuk hareketleri ve yüzey şekillerinin analizleri konuma bağlı olarak belirlenir. Coğrafik referans konumu belirlerken, konum verisi yani koordinat bilgisi seçilecek veri modeline bağlı olarak ifade edilir.

2.5.2. Temel işlevler

Coğrafi bilgi sistemlerinin sağlıklı bir şekilde çalışması aşağıdaki temel işlevlerin yerine getirilmesine bağlıdır. Bunlar;

- a) Veri toplama (Data collection)
- b) Veri yönetimi (Data management)
- c) Veri işleme (Data manipulation)
- d) Veri sunumu (Data display)

2.5.2.1. Veri toplama

Coğrafik veriler toplanarak, CBS’de kullanılmadan önce mutlaka sayısal yani dijital formata dönüştürülmelidir. Verilerin kağıt ya da harita ortamından bilgisayar ortamına dönüştürülmesi işlemi “sayısallaştırma” (digitizing) olarak bilinir. Modern CBS teknolojisinde bu tür işlemler büyük boyutlu projelerde tarama tekniği kullanılarak otomatik araçlarla gerçekleşir. Küçük boyutlu projelerde daha çok masa tipi sayısallaştırıcılar kullanılarak elle sayısallaştırma yapılabilir. Bugün bir çok coğrafik veri CBS’ne uyumlu formatta hazır halde piyasada mevcuttur. Bunlar üretici firmalardan sağlanarak doğrudan kurulacak sisteme aktarılabilir.

2.5.2.2. Veri yönetimi

Küçük boyutlu CBS projelerinde coğrafik bilgilerin sınırlı boyuttaki basit dosyalarda saklanması mümkündür. Ancak, veri hacimlerinin geniş ve kapsamlı olması, bunun yanında birden çok veri gruplarının kullanılması durumunda Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Data Base Management Systems) verilerin saklanması, organize edilmesi ve yönetilmesine yardımcı olur. Veri tabanı yönetim sistemleri bir bilgisayar yazılımı olup veri tabanlarını yönetir veya birleştirir. Bir çok yapıda tasarlanmış veri tabanı yönetim sistemi vardır, ancak CBS için en kullanışlısı ilişkisel (relational) veri tabanı sistemidir. Bu sistem tasarımında veriler tablo bilgilerinin elde edilişindeki düşünce yapısına uygun olarak bilgisayar belleğinde saklanır. Farklı bilgiler içeren tabloların birbiriyle ilişkilendirilmesinde bu tablolardaki ortak sütunlar kullanılır.

2.5.2.3. Veri işleme

Bazı durumlarda özel CBS projeleri için veri çeşitlerinin birbirine dönüşümü veya irdelenmesi istenebilir. Verilerin sisteme uyumlu olması bunu gerektirebilir. Örneğin, konumsal bilgiler farklı ölçeklerde mevcut olabilir (yol verileri 1/100000, nüfus dağılım verileri 1/10000, bina verileri 1/1000 gibi). Tüm bu bilgiler birleştirilmeden önce aynı ölçeğe dönüştürülmelidir (Yomralıoğlu, 2000). Bu dönüşüm görüntü amacıyla geçici olabileceği gibi bir analiz işlemi için sürekli ve kalıcı da olabilir.

CBS, gerek bilgisayar ortamında nesne üzerine imlecin (mouse) tıklanması ile basit sorgulama kapasitesine, gerekse çok yönlü konumsal analiz araçlarıyla (tools) yönetici ve araştırmacılara istenen süreçte bilgi sunar. CBS teknolojisi artık coğrafi verileri istatistiksel grafikler ve “eğer olur ise” (if conditions) şeklindeki mantık sorgulamaları ve senaryolar şeklinde irdeme aşamasına gelmiştir. CBS teknolojisi konumsal verilerin sorgulanması ve analizinde, yazılımlar sayesinde, birçok veri her türlü geometrik ve mantıksal işleme tabi tutulabilir.

2.5.2.4. Veri sunumu

Görsel işlemler yine CBS için önemli bir işlevdir. Birçok coğrafi işlemin sonunda yapılanlar harita veya grafik gösterimlerle görsel hale getirilir. Haritalar coğrafi bilgiler ile kullanıcı arasındaki en iyi iletişimi sağlayan araçlardır. Haritalar, yazılı raporlarla, üç boyutlu gösterimlerle, fotoğraf görüntüleri ve çok-ortamlı (multimedia) ve diğer çıktı çeşitleriyle birleştirilebilmektedir.

2.6. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Modelleri

Gerçek dünyadaki coğrafi varlıkların, hızlı ve sağlıklı bir şekilde işlenebilmesi için, bu varlıkların matematiksel gösterimlere dönüştürülüp, bilgisayar ortamına aktarılması gerekmektedir. Dönüşüm için öncelikle veriler, grafik ve grafik-olmayan veriler şeklinde iki gruba ayrılırlar. Daha sonra, özellikle grafik veriler coğrafi veri

elementleri şeklinde nokta, çizgi ve poligon biçiminde koordinatlarla tanımlanırlar. Böylece koordinat bilgileri kolayca bilgisayara aktarılabilir. Diğer bir yandan, coğrafik verilerin grafik-olmayan öznitelik bilgileri tablosal dokümanlar şeklinde olduğu düşünülürse, bunlar da metinsel ifadelerle bilgisayar ortamına kolayca aktarılabilirler.

Bundan sonraki aşama iki değişik yapıdaki veri grubu arasında bir bağlantı (link) kurarak, tıpkı haritaların kullanıcıya sağladığı yorum özelliklerinin aynı şekilde sayısal olarak ta sağlanabilmesidir. Bunun gerçekleşebilmesi için, gerçek dünyadaki coğrafik veri modelinin gerçekte olduğu gibi, dijital biçimlere dönüştürülerek bilgisayara yansıtılmasına bağlıdır.

Coğrafik veri modellerinin oluşumu, bu verilerin elde edilmiş yöntemlerine bağlıdır. Örneğin, bir kente ait coğrafik veriler klasik yöntemle hazırlanmış bir harita üzerinde bulunabileceği gibi, bu kentin uydudan alınmış bir uydu fotoğrafı üzerinde de bulunabilir. Bu durumda veri elde yöntemleri farklılık taşıdığından bu farklılığa bağlı olarak ta verilerin bilgisayar ortamına aktarılması ya da bilgisayarda bu şekilde modellenmesi gerekmektedir.

Coğrafi verilerin bilgisayara aktarılması, bilgisayarda işlenmesi ve görüntülenmesi için öncelikle söz konusu ham verilerin sayısal, diğer bir deyişle dijital forma getirilmesiyle mümkündür. Ayrıca, dijital şekle dönüştürülen verilerin, bilgisayarda gerçek modeli yansıtabilmesi için konumsal veri modellerinden biri tercih edilmeli ve veri yapısı buna göre tasarlanmalıdır. Coğrafi Bilgi sistemlerinde konumsal veri modelleri iki şekilde olmaktadır (Yomralıoğlu, 2000). Bunlar;

- a) Vektörel veri modeli (Vector data model)
- b) Hücresel veri modeli (Raster data model)

2.6.1. Vektörel veri modelleri

Coğrafik veriler, vektörel veri modelinde tıpkı bir harita görünümüne sahiptir. Bu görünümde, noktalar; sabit alanların çok küçük boyutlu şekillerini; çizgiler; süreklilik ve alan özelliği gösteren yine çok küçük boyutlu coğrafik varlıkları; poligonlar ise;

homojen yapıya sahip bütünlük gösteren coğrafik varlıkları temsil ederler. Poligon, çok-kenar anlamına gelir. Bazen “alan” olarak ta adlandırılır. Birden çok çizginin birleşmesinden oluşur. Dolayısıyla noktalar serisinden çizgiler, çizgiler serisinden de poligonlar meydana gelmektedir. Bunun tam tersi olarak ta, poligonlardan çizgiler, çizgilerden de noktalar türetilmektedir.

Coğrafik varlığın gerçek modeldeki konumu, referans tabanlı herhangi bir koordinat sisteminde (x, y) koordinat değeriyle gösterilir. Vektörel veri modelinde de, coğrafik varlıklara ait her konum yine bir (x, y) koordinatına sahiptir. Noktalar tek bir koordinat ile temsil edilirken, çizgiler ve poligonlar sıralı koordinat serileriyle temsil edilir. Ancak poligonları temsil eden koordinat serisinde başlangıç ve bitiş noktasının koordinatı aynı olup, bu özelliğiyle çizgilerden ayrılmaktadırlar.

Vektörel veri modelinde, nokta, çizgi ve poligonlar (x, y) koordinat değerleriyle kodlanarak depolanırlar. Nokta özelliği gösteren bir elektrik direği tek bir (x, y) koordinatı ile tanımlanırken, çizgi özelliği gösteren bir yol veya akarsu şeklindeki coğrafik varlık birbirini izleyen bir dizi $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_n, y_n)$ koordinat serisi şeklinde saklanır. Poligon özelliğine sahip coğrafik varlıklar, örneğin imar adası, bina, orman alanı, parsel veya göl, kapalı şekiller olarak, başlangıç ve bitişinde aynı koordinatı olan $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_n, y_n), (x_1, y_1)$ dizi koordinatlar ile depolanır.

Vektörel model coğrafik varlıkların, kesin konumlarını tanımlamada son derece yararlı bir modeldir. Ancak, süreklilik özelliği gösteren coğrafik varlıkların, örneğin toprak yapısı, bitki örtüsü, jeolojik yapı ve yüzey özelliklerindeki değişimlerin ifadesinde daha az kullanışlı bir model olarak bilinir.

Resim veya grafik kullanmaksızın, nokta, çizgi ve poligon şeklindeki coğrafi varlıklar sahip oldukları (x, y) koordinat değerleri ile matematiksel, diğer bir deyişle sayısal olarak temsil edilebilirler.

2.6.1.1. Vektörel veri modellerinin bilgisayarda saklanması

Değişik özellik gösteren coğrafi varlıkların birbirinden ayırt edilebilmesi ve gerektiğinde bu verilere bilgisayar belleğinde kolayca erişilebilmek için, her bir coğrafi varlık diğerlerinden bağımsız olarak tanımlayıcı özel bir kimlik numarası ile adreslendirilir. Bu numara “kod no” veya “identification (ID)” olarak ta adlandırılır. Bir kez tanımlanan kod numarası, coğrafi varlığı tanımlayan koordinat serisiyle ilişkilendirilerek, koordinat değerlerinin hangi coğrafik varlığa ait olduğunu gösterir. Nokta, çizgi ve poligon biçimindeki coğrafik elementler koordinat çiftleriyle tanımlandıktan sonra her bir element için verilen kod numaraları yardımıyla, bu veriler bilgisayar ortamına aktarılarak tablo yapısındaki basit veri tabanlarında saklanırlar.

Vektörel veriler coğrafik elementin yapısını yansıtacak koordinat bilgilerini bilgisayar ortamında saklarken, veri hacmine bağlı olarak bellek kullanımı da söz konusu olmaktadır. Coğrafi varlıkların çokluğu ve çeşitliliği itibarıyla, bellek ihtiyacı ya da boyutu verinin büyüklüğüne göre değişir. Çizgi-düğüm veri yapısı, düğümlerin çizgileri çizgilerin de poligonları oluşturma prensibine dayanır. Düğümler (nodes), bir çizginin başlangıç ve bitişindeki uç noktalardır. Düğümler her zaman bir çizginin ucunda yer almayabilir. Tek başına herhangi bir nokta da düğüm noktası olarak adlandırılır.

Çizgi (line), ise iki düğüm noktası arasındaki sürekli hat olarak tanımlanır. İki düğüm noktası arasında kalarak hat oluşturan çizgi, birbirini izleyen doğru parçalarının bir bütünü şeklindedir. Çizgiyi oluşturan her bir doğru parçasının kesim noktasına verteks (vertex) adı verilir. Verteksler koordinatları bilinen başlangıç ve bitiş noktaları olup, oluşturdukları çizgiye şekil verirler.

Vektörel verilerin bilgisayar ortamında daha az bellek kullanarak saklanabilmesi için uygulanan çizgi-düğüm veri yapısının, veri tabanlarına özgü dinamik yapıda olabilmesi, bilhassa kullanıcıların veri sorgulamasında daha esnek olabilmeleri için, bu tür veriler iki değişik şekilde bilgisayarda depolanmaktadır (Yomralıoğlu, 2000). Bu veri yapıları, spagetti veri yapısı ve topolojik veri yapısı'dır.

2.6.1.1.1. Spagetti veri yapısı

Bu veri yapısında, bir anlamda, kağıt ortamdaki harita, çizgiler halinde koordinat serilerine transfer edilir. Coğrafi varlıklar; nokta, çizgi ve poligon şekillerinden birine benzetilerek, bilgisayarda depolanır ve sunulur. Nokta varlıklar ya da detaylar tek bir (x,y) koordinat çifti şeklinde ifade edilirken çizgi ya da poligonlar bir (x, y) koordinat serisi şeklinde ifade edilir.

Bu veri yapısında detaylar ya da varlıklar, sınıflarına göre kodlanabilirler. Ortak sınırlar, spagetti yapıda, bilgisayar belleğinde en az iki kez kaydedilir. Bu yüzden optimum bir veri depolama veya gösterim şekli değildir. Ancak kayıt veya gösterim, coğrafi varlığın gerçek yapısı aynen korunarak yapılır.

Coğrafi veri elementlerindeki süreklilik yapıları birbirinden bağımsız olarak düşünülür. Örneğin bir akarsu ile yol kesişiminde ortaya çıkan kesişim noktası göz ardı edilerek, yolun veya akarsuyun sürekliliği kesintiye uğramaksızın devam eder. Ortaya çıkan yapı itibarıyla bu tür veri yapıları “spagetti” olarak anılır. Spagetti veri yapısında bütün detayların, koordinat çiftleri ve detay kodları kaydedilirken, bu detaylar arasındaki komşuluk, sağda-solda olma gibi yön bilgisi, detayın içte veya dışta olma hali gibi konumsal ilişkileri kaydedilmez. Bu durum spagetti veri yapısını topolojik veri yapısından ayıran en belirgin özelliktir. Spagetti model, herhangi bir konumsal ilişkinin hesaplama sonrasında elde edilmesi gerektiğinden, bir çok konumsal analizin gerçekleştirilmesinde yetersiz kalmaktadır. Ancak, sayısal harita çoğaltılmasında etkin bir modeldir, çünkü çizim işlemi için gerekmeyen bilgiler, örneğin konumsal ilişkiler, depolanmamaktadır.

2.6.1.1.2. Topolojik veri yapısı

Topoloji (topology), varlıkların metrik özelliklerinden çok birbirleriyle olan ilişkileri ile ilgilenen bir matematik dalı olmasına karşın, coğrafi bilgi sistemlerinde topoloji; coğrafi varlıkların birbiriyle nasıl ve ne şekilde ilişkilendirildiğini geometriden bağımsız

şekilde gösterme biçimi olarak tanımlanır. Topolojinin temelinde bir matematik teorisi olan; grafik teorisi (graph theory) vardır. Grafik teorisine göre, detaylar iki setin birleşiminden oluşur; bunlar düğüm noktaları seti ve çizgiler setidir. Düğüm noktaları seti sınırlı sayıda eleman içerir ve boş olamaz yani en az bir elemana sahip olması gerekir. Çizgiler seti ise sınırsız sayıda elemana sahip olabilir ve de boş olabilir yani hiç elemanı olmayabilir. Ancak çizgiler seti eğer bir elemana sahip ise bu eleman, düğüm noktaları setinin iki elemanından meydana gelmektedir (Yomralıoğlu, 2000).

Harita üzerindeki bilgilerden yararlanarak, değişik coğrafi varlıkların birbirleriyle olan ilişkilerini yorumlamak ve gözlemek mümkündür. Örneğin temel harita bilgisine sahip bir turist, haritayı kullanarak otelinden çıkıp ziyaret etmek istediği bir müzeye kolayca varabilir. Bu eylem sırasında izlenen güzergahtaki detayların metrik boyut bilgilerinden ziyade, güzergah boyunca bulunan detayların birbiriyle olan komşuluk ilişkileri dikkate alınır. Bu noktada haritadan yararlanma tıpkı bir kişinin yol tarifi yapması gibidir. Örneğin bir tarif yapılırsa; otelin çıkış kapısından sonra sağa dönüp ana cadde boyunca postane binasına kadar yürüyünüz, oradan tekrar sağa dönüp, yol boyunca saat kulesinin olduğu kavşağa varınız. Daha sonra saat kulesi karşısındaki belediye binası ile otobüs durağı arasındaki ara yoldan geçip park meydanına çıkınız. Park çıkışındaki üç ana binadan ortada olanı müzedir gibi bir tanımlama aynı zamanda haritadaki topolojik yapının da ifadesidir.

Coğrafi varlıkların geometrik gösterimi, bu varlıkların uzay koordinatlarıyla sabitleştirilmiş şekli olup, varlık ilişkileri ancak koordinat bağlantısıyla belirlenir. Topolojik gösterim ise, geometrik gösterimin bir anlamda deformasyona uğramış biçimi, diğer bir deyişle, elastik yapıya dönüşmüş halidir. Topoloji, şekillerin büyüklük ve biçim özellikleri ile değil, şekil bozulmaları karşısında değişmeden kalan özellikleri ile ilgilenir. Topolojinin bu katkıları şöyle özetlenebilir;

- 1) Veriye daha hızlı erişebilmek için varlık ilişkilerinin (çakışıklık, komşuluk) kolayca tanımlanmasına yardım eder.
- 2) Çakışıklık tanımlarında ortak kenar veya düğüm bir kez tanımlandığından, ortak detayların bir yerde depolanması suretiyle veri fazlalığı en aza indirgenir.

- 3) Geometrik veriler boyunca yönlendirmeye (navigasyona) yardımcı olur.
- 4) Geometrik verinin kendi içinde tutarlı kalmasını sağlar.

Topoloji mantığı coğrafi bilgi sistemleri için geliştirilen yazılımların en önemli bir fonksiyonu niteliğindedir. Bir CBS yazılımında topolojiye olan gereksinimin en büyük nedeni; topoloji sayesinde bir ağ kapsamındaki bağlantıları, yönleri ve bağlantı noktalarına göre modelleme, benzer özellikteki poligonların komşuluk ilişkileri, coğrafi özelliklerin bindirmesi ve benzeri analitik fonksiyonların yerine getirilmesi gibi konum analizlerinin koordinat bilgisine ihtiyaç duyulmadan yapılabilmesidir.

CBS’de, temel topolojik fonksiyonları yerine getirmek için üç temel topolojik veri yapısı mevcuttur. Bunlar ;çizgi-düğüm (arc-node) topolojik veri yapısı, poligon-çizgi (polygon-arc) topolojik veri yapısı, sol-sağ (left-right) topolojik veri yapısıdır.

2.6.1.1.2.1. Çizgi-Düğüm (arc-node) topolojik veri yapısı

Bağlantı yapısını (connectivity) bilgisayarda saklayan bir topolojik veri yapısıdır. Bağlantı, herhangi bir güzergah üzerindeki hatların birbirini nasıl takip ettiği ve bu hatların bağlantı noktaları hakkında bilgi verir. Örneğin, cadde ve sokak bağlantıları, metro ve demiryolu güzergahları ile istasyonlar arasındaki ilişkiler, kanalizasyon, su, elektrik, telefon hattı, akarsu-yol kesişimi gibi. Bağlantı yapısı, çizgi-düğüm topolojik veri yapısıyla ifade edilir. Her bir çizgi (arc) iki düğüm noktasından oluşur. Çizginin başlangıç ve bitiş durumuna göre, düğümden (from node) ve düğüme (to node) şekliyle çizginin bir anlamda akış yönünü gösteren liste oluşturulur. Çizgiler mutlak suretle bir düğüm noktasında birleşirler.

2.6.1.1.2.2. Poligon-Çizgi (polygon-arc) topolojik veri yapısı

Alan tanımlama yapısını (area definition) bilgisayarda saklayan bir topolojik veri yapısıdır. Alan, poligon olarak ta bilinen kapalı şekildir ve bu kapalı şekli çevreleyen çizgiler (arcs) ile sınırlandırılıp tanımlanırlar. Poligon-çizgi topolojisi bir anlamda kapalı alanlar ve bunları çevreleyen çizgiler arasındaki ilişkileri sağlar. Örneğin; bir

gölu çevreleyen yol güzergahı, bir adayı çevreleyen deniz, bir parseli çevreleyen sınırlar, iki mahalleyi birbirinden ayıran sınır gibi.

Alan tanımlama yapısı, poligon-çizgi topolojik veri yapısıyla ifade edilir. Her bir poligon birbirini izleyen (x, y) koordinat serisinden oluşur. Poligonda başlangıç ve bitiş noktası aynı olup, kapalı bir şekil meydana gelir. Bu kapalı şekil alan bilgisine sahiptir. Ancak, poligon-çizgi topolojisinde koordinat yerine, poligonu çevreleyen çizgiler esas alınır. Buna göre, numaralandırılan her bir poligona ait, o poligonu çeviren çizgilerin bir listesi oluşturulur. Bu yaklaşım, özellikle poligon bindirmesini ve aynı sınırı paylaşan poligonların sınır koordinatlarının tekrarlanmasını önlemektedir. Poligonlar arasında uzun ve karmaşık sınırların olduğu kabul edilirse, poligon-çizgi topolojik yaklaşımıyla, bu sınırdaki çizgi koordinatları bir kez bilgisayar belleğine kayıt edilmiş olacaktır.

2.6.1.1.2.3. Sol-Sağ (left-right) topolojik veri yapısı

Geometrik varlıklar arasındaki komşuluk yapısını (contiguity) bilgisayar ortamında saklayan bir topolojik veri yapısıdır. Komşuluk yapısı daha çok, poligonları çevreleyen komşu poligonlar hakkındaki bilgilerden oluşur. Poligonları çevreleyen her bir çizgi mutlak suretle bir başlangıç ve bitiş noktasına sahip olduğundan, bir anlamda her çizginin akış yönü de belli demektir. O halde, her bir çizginin akış yönünün sağ ve solundaki poligonların da adreslenmesi mümkündür. Buna göre komşuluk topolojisiyle; herhangi bir orman alanının etrafındaki tarlalar, bir göle komşu olan araziler, bir yola cephesi olan binalar ve bunlar gibi poligonları ayıran yol, akarsu gibi çizgilerin yönleri sorgulanabilir. Komşuluk yapısı, sol-sağ topolojik veri yapısıyla ifade edilir. Sol-sağ topolojik veri yapısında, komşu poligonlar aralarındaki çizgiyi ortak bir şekilde paylaşırlar (Yomralıoğlu, 2000).

2.6.2. Hücresel (raster) veri modelleri

Coğrafik özelliklerin gösterimleri için kullanılan bir diğer veri modeli de “hücresel“ ya da diğer bir deyişle raster veri modelidir. Vektörel gösterim daha çok harita üzerindeki özelliklerin çizgisel gösterimi şeklinde olurken, raster gösterim, aynı

coğrafi özelliklerin çekilmiş bir fotoğrafı gibidir. Böyle bir fotoğrafın büyüteç altında incelenmesiyle görülecektir ki çok küçük boyutta, farklı renklere sahip kare biçimindeki kutucukların bir araya gelmesiyle bütün bir görüntü oluşmaktadır. Fotoğraf özelliğine sahip bir gösterim şekli olan raster veri modelinde, herhangi bir görüntü bütünü piksel (pixel) veya hücre (cell) adı verilen seri haldeki küçük boyutlu kutulardan ya da diğer bir deyişle gridlerden meydana gelir. Gridler, aynı boyutta olup, farklı renkte olabildikleri gibi, birbirini izleyen herhangi bir rengin tonları şeklinde de olabilir.

Raster gösterimde, farklı özellik gösteren coğrafi varlıklar arasında, vektörel gösterimdeki gibi bir sınır olmayıp, sürekli bir gösterim söz konusudur. Farklı özelliklerin ayırımı, komşu piksel'lerin farklı renk değerleri veya tonlamasıyla olur. Dolayısıyla, her piksel taşıdığı özelliği yansıtmak ve diğer özelliklerden ayırt edilmek üzere farklı bir renk koduna sahiptir.

Varlıklar, yansıttıkları renk değerlerine veya bilgi tiplerine göre; renk skalasındaki (renk ölçü cetveli) değerlere atanırlar. Bu renk skalasına renk veya görüntü derinliği (image depth) denir. Örneğin, bir haritanın raster gösteriminde yollar açık gri tonda, binalar daha koyu gri tonda ve park alanları daha çok daha açık bir gri tonda gösterilebilir. Bu gösterimler istenen hassasiyete bağlı olarak görüntü kalitesini etkileyecek nitelikte olurlar. Haritada gösterilen coğrafi varlığın gerçeği yansıtmaya gücü, diğer bir deyişle hassasiyeti, harita ölçeğine ya da görüntünün elde edilme kalitesine bağlıdır. Raster gösterimde, bu hassasiyet piksel boyutuna göre değişen ayırma veya çözünürlük (resolution) gücü ile ölçülür. Piksellerin boyutu, bilgisayar veya fotoğraf ortamında mikron biriminde ölçülürken, gerçekteki boyutu metre veya santimetre biriminde ölçülebilir. Piksellerin gerçekteki boyutuna yersel çözünürlük denilmektedir.

2.6.2.1. Raster veri modellerinin bilgisayarda saklanması

Vektörel veri modellerinde olduğu gibi, raster modellerin de bilgisayar ortamında saklanabilmesi için konum yani koordinat bilgisine ihtiyaç vardır. Raster veri modelinde her bir konum ayrı bir piksel ile ifade edilir. Bu tür raster gösterimlerde her bir hücrenin koordinatı, satır (row) ve sütun (column) numarasıyla belirlenirken, koordinat

başlangıcı olarak daima, sol-üst köşe başlangıç olarak alınır. Yatay eksen X (sütun), düşey eksen Y (satır) olarak adlandırılır.

Raster yapıdaki bir haritanın tamamı veya bir kısmı, yatay ve düşey konumdaki satır ve sütunların oluşturduğu piksel matrisi ile tanımlanırken, bu tür gösterimler grid model olarak ta bilinirler. Grid üzerindeki her bir piksel yada hücre, taşıdığı coğrafik özelliğe karşılık gelecek şekilde bir nominal değere sahiptir. Bu nominal değer, arazi sınıflamasında kullanılan bir kod değeri olabileceği gibi, o hücrenin rengini 0-255 arasında tanımlayan bir renk ölçü değeri de olabilmektedir.

Vektörel gösterimde olduğu gibi, nokta, çizgi ve polygon şeklindeki coğrafik elementlerin gösterimleri, raster veri modeliyle de ifade edilebilir. Nokta; grid modelindeki tek bir piksel ile, çizgi; lineer haldeki bir dizi piksel serisiyle, poligon ise, bir birine komşu olan bir grup piksel ile gösterilir.

Vektörel gösterimde çizgi kalınlıklarındaki değişime bağlı olarak görüntü hassasiyeti değişirken, raster gösterimde piksel büyüklüğü görüntü hassasiyetini etkiler. Yine vektörde, örneğin, sürekli bir çizgi yer yer kalınlık değişikliği göstermesine karşın, raster gösterimde böyle bir yaklaşım mümkün değildir. Piksel büyüklükleri sabit olup, tek bir hücrenin tamamı aynı coğrafik detay özelliğini taşımak durumundadır. Bu bakımdan raster gösterimde, başlangıçta piksel büyüklüğü tespiti büyük önem taşır.

Raster yapıdaki gösterimlerde piksel boyutunun küçük olduğu alanlar, piksel boyutunun büyük olduğu alanlara oranla daha hassas yani ayırma gücü yüksek bir gösterime sahiptirler. Piksel boyutunun büyümesiyle görüntü kalitesinde bozulma olmasına karşın, görüntünün bilgisayar ortamında saklanması için gerekli bellek büyüklüğü de azalır. Diğer bir ifadeyle ayırma gücü yüksek olan görüntüler için daha fazla belleğe gerek vardır. Piksellerin boyutu ne kadar küçük ise varlıklar o kadar net, renk görüntü derinliği ne kadar fazla ise varlıklar o kadar gerçeğe yakın görünür. Günümüzde kullanılan en genel renk derinlikleri aşağıdaki gibidir. Örneğin; 50 x 70 cm. boyutundaki bir haritanın bilgisayarda 0.1 x 0.1 mm. lik piksellerle temsil edildiği kabul edilirse, tek bir harita katmanındaki matriste 35 milyon eleman bulunacaktır. Her

bir eleman için 1 bit kullanıldığında bir katman için 4MB, 8 bit kullanıldığında ise 33 MB bellek gereksinimi olacaktır. Aynı bölgeye ait değişik harita katmanları olduğu da dikkate alınır ise, büyük bir bellek gereksinimiyle karşı karşıya kalınacağı açıktır. Eğer 1 piksel arazide 250 x 250 m. büyüklüğünde bir arazi parçasına karşılık gelen bir alanı gösterir ise; 1 km uzunluğundaki bir alan ancak 4 piksel ile gösterilebilir. Aynı şekilde 1 x 1 km² lik bir alan 16 piksel ile gösterilir. Daha yüksek bir çözünürlük istenmesi halinde, örneğin 100 x 100 m. nin 1 piksele karşılık gelmesi durumunda 1 km. uzunluğundaki aynı alan için bu defa 10 piksel, 1 x 1 km² lik alan için de 100 piksele ihtiyaç olacaktır.

Raster veri yapılarının gösterim gücünün artırılması için piksel boyutlarının azaltılması ve renk derinliğinin artırılması gerekmektedir. Ancak raster gösterim, bilgisayarın belleğinde, vektörel tekniğe göre daha fazla yer kaplar. Bilhassa vektörel gösterimde haritalarda boş alan olarak gözüken kısımlar, raster gösterimde dolu alan olarak dikkate alındığından, bu alanlar dahi bellekte saklanmak durumundadır. Örneğin, 111110000111000 şeklindeki değerlere sahip bir satırdaki bilgilerin (15 karakter) her biri bellekte saklanır. Ancak çok basit anlamda bu satır 51403130 şeklinde ifade edilerek saklanacak karakter sayısı (8 karakter) önemli ölçüde azaltılabilir. Bu yaklaşım en basit raster veri sıkıştırma tekniği olmasına karşın, raster yapıdaki verilerin sıkıştırılarak bellekte saklanması için değişik yöntemler de kullanılmaktadır.

Raster veri yapılarının bilgisayar ortamında saklanmasına yönelik kullanılan yöntemlerin elbette birbirlerine göre üstünlükleri ve olumsuz yönleri vardır. Raster gösterimde her bir pikselin farklı bir değere ya da özelliğe sahip olması, m*n boyutlu bir veri dizisinin basitleştirmesini zorlaştırır. Bu bakımdan, verilerin büyüklüğü ve bellek gereksinimi önemli bir etkidir. Tematik haritaların homojen bir dağılım gösteren bölgelere sahip olması halinde, bu haritanın raster veri yapılarıyla ifadesi mümkün olabilmektedir. Kullanılacak raster veri sıkıştırma yöntemleriyle önemli bir bellek tasarrufu sağlanacaktır.

2.6.3. Vektör ve raster veri modellerinin karşılaştırılması

Coğrafik verilerin bilgisayar ortamında şekillenebilmeleri için vektör ve raster modeller çok farklı yaklaşımlara ve veri yapılarına sahiptirler. Ancak ilk göze çarpan husus, vektörel yapıdaki konumsal verilerin sahip olduğu hassasiyeti elde edebilmek için, raster yapıdaki verilerin uzun zamanlı bir işleme tabi tutulması gereğidir. Bu durumda da verilerin hem işlenebilmesi hem de saklanabilmesi için çok geniş boyutlu bir belleğe ihtiyaç vardır. Bazı konumsal işlemlerin, örneğin iki poligonun üst üste bindirilmesiyle ortaya çıkacak kesişim noktalarının bulunması vektörel yapıda oldukça zor iken, raster yapıda bu işlem kolaydır, ancak ortaya çıkacak harita ürünleri çirkin görünümlere sahiptir. Her iki veri modelinin kendine özgü olumlu ve olumsuz yönleri vardır. Başlangıçta büyük problem olarak görülen bellek sorunu veya işlem hızı günümüzde devamlı olarak gelişen bilgi teknolojisi ile neredeyse sorun olmaktan çıkacak düzeye gelmiştir. 1024 x 1024 piksel çözünürlükte renkli grafik ekranların gelişmesiyle, 0.3 mm. ayırma gücüne sahip 300 x 300 mm. lik bir alan çok rahat raster yapıda adreslenebilmektedir. Hatta günümüzde her iki veri modeli birleştirilerek daha kombine yani hibrid (hybrid) coğrafik veri modelleri ortaya çıkmaktadır. Tüm bunlara rağmen vektör ve raster veri modellerinin birbirlerine göre olumlu ve olumsuz yönlerini şu şekilde özetlemek mümkündür (Burrough, P.A.,1998).

Vektörel veri modellerinin avantajları;

- a) Gerçek durumun veri yapısına doğrudan yansımaya imkan sağlar.
- b) Bütünlük arz eden bir veri yapısına sahiptir.
- c) Ağ bağlantıları şeklinde topolojik yapı açık ve anlaşılır bir şekilde ifade edilir.
- d) Grafik gösterimin, ölçeğe bağlı doğruluğuna sahiptir.
- e) Grafik ve grafik-olmayan veriye ulaşma, güncelleme ve genelleme mümkündür.

Vektörel veri modellerinin dezavantajları;

- a) Veri yapıları karmaşıktır.
- b) Poligon özelliğine sahip pek çok sayıdaki vektör ve raster şekillerin üst üste bindirilmesinde zorluklarla karşılaşılır.
- c) Coğrafik elementlerin farklı topolojik formasyonda olması sonucu simülasyon zordur

- d) Yüksek kalite ve renkli görüntüleme veya çıktı almak yüksek maliyet gerektirir.
- e) Çok yönlü ve hassas yapıda yazılım ve donanımlara gerek duyulması pahalı teknolojik ürünleri gerektirir.

Raster veri modellerinin avantajları;

- a) Veri yapıları çok basittir.
- b) Uydu veya benzeri görüntülerle haritaların kombinasyonu kolayca mümkündür.
- c) Değişik şekillerdeki konumsal analizlerin gerçekleştirilmesi kolaydır.
- d) Piksellerin aynı boyut ve şekilde olması nedeniyle simülasyon işlemi daha kolaydır.
- e) Raster teknolojisindeki hızlı gelişmelerden dolayı yüksek maliyet gerektirmez.

Raster veri modellerinin dezavantajları;

- a) Grafik veriler çok geniş hacimler gerektirir.
- b) Piksel boyutlarının büyütülmesiyle veri azalmasına karşın, gerçek görünüm bozulmakta ve önemli derecede bilgi kaybı söz konusu olmaktadır.
- c) Raster haritaların görünümü hassas çizilmiş haritalara nazaran çok daha kötüdür.
- d) Ağ yapılandırması ve objeler arası bağlantıların oluşturulması oldukça güçtür.

2.7. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konum Analizleri

CBS bir karar verme aracı olarak grafik ve grafik olmayan bilgilerin bir bütün halinde çok yönlü olarak analiz edilebilmesine imkan vermektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde bulunması gerekli konuma bağlı temel analiz türleri:

- 1) Konumsal sorgulamalar (Spatial query)
- 2) Konumsal analizler (Spatial analysis)
- 3) Ağ analizleri (Network analysis)
- 4) Geometrik işlemler (Geometrical analysis)
- 5) Sayısal yükseklik analizleri (Digital terrain analysis)
- 6) Grid analizleri (Grid analysis)
- 7) İstatistiksel analizler (Statistical analysis)

Coğrafi bilgi sistemleriyle analizde takip edilecek adımlar:

- 1) Amaç, analizdeki kriterler ve yöntemin belirlenmesi.
- 2) Verilerin konumsal analiz için hazırlanması.
- 3) Konumsal analizlerin yapılması.
- 4) Elde edilen verinin tablosal değerlendirme için hazırlanması.
- 5) Tablosal analizlerin yapılması.
- 6) Sonuçların değerlendirilmesi.
- 7) Gerekli görülürse analizde iyileştirmelerin yapılması.

2.8. Uygulama Ortamı (MapInfo)

MapInfo Corp. (Troy, Newyork), masaüstü haritacılığın ilk CBS programlarından biri olan MapInfo'yu üretmiştir. Yazılım, iyi dağılmış kullanıcı gruplarına ve dünya çapında geniş uygulama çeşitliliğine sahiptir. DOS, Windows, Macintosh altında ve çeşitli Unix platformlarında çalışabilir. MapInfo, coğrafi ekonomik, politik, kültürel ve endüstriyel uygulamalar içeren kaynaklara yazılım hizmeti sunmaktadır. MapInfo, farklı uygulamalar için birçok CBS ürününe sahip olup, bunlardan bazıları aşağıdaki şekildedir (Clarke, 1999).

2.8.1. MapInfo Professional

MapInfo Professional; haritacılık ve coğrafi analiz işlevleri için, etkili ticari uygulamalarda ve karar vermede daha iyi sunumlar, analiz ve strateji sağlar. Windows işletim sistemleri ile çalışabilir. Sunumu geliştirmek amacıyla detaylı haritalar üretmek, geniş çaplı veri analizi pazaryeri/müşteri demografikleri, kişi, işyeri, mülkiyet, gibi kazanç tabanlı varlıkların coğrafi olarak yönetimi, lojistik planlar ve acil tepkilere hazırlık olanakları sunar (MapInfo Corp., www.mapinfo.com). MapInfo Professional'ın öne çıkan genel özellikleri; Internet desteği, tablo/grafik hazırlama işlevleri, üç boyut görüntüleme esnekliği, tematik harita ve şablonlar, raster görüntü desteği, harita objelerine veri eklenmesi ve ilişkilendirilmesi, SQL (Structured Query Language) sorgulamalar, nesnelere etrafında tampon bölgeler oluşturma, coğrafi aramalar, sunum

geliştirmek için farklı yazılımlara (MS Word, Excel, Photoshop) dönüşüm, server tabanlı depolama ve veri yönetimi, bir çok CBS yazılım formatına dönüşüm sağlaması şeklinde sıralanabilir.

MapInfo, spagetti denilen, nesnelerin birbirinden bağımsız olduğu, tipte verilerini tutar. Bu verilere istenilirse topoloji (ilişkisellik) kurulabilir. Tutulan nesnelerin hiçbiri birbiri ile bağımlı değildir. Kısaca bir çizgi iki tane nokta nesnesinden değil, iki tane koordinattan oluşur. Her hangi bir noktayı silmek o noktadaki çizgiye hiçbir etkisi yoktur, çizgiyi silerseniz noktaya bir etkisi yoktur.

2.8.2. Programlama (MapBasic)

MapInfo ortamı için tasarlanmış olan uygulama geliştirme ortamıdır. MapInfo, Windows “look&feel” çalışma ortamı sunmaktadır. Kullanıcının, rutin olarak yapması gereken işleri otomatik yaptırabilmek, birden çok iş adımlarını, çok sayıda kayıtlar üzerinde çalışma gerektiren işlemleri programlama ortamı ile çözme gerekliliği vardır. MapBasic, Basic programlama diline CBS yeteneklerinin eklenmesi ile oluşmuş zengin fonksiyon kütüphanesi ve gelişmiş bir CBS uygulama geliştirme dilidir. MapBasic ile kullanıcılar, MapInfo menülerinde değişiklikler yapabilir, kendileri yeni menüler oluşturup ekleyebilirler. Visual Basic (VB), Delphi gibi ortamlarda sunulan görsel araçlarda MapBasic ile programlanabilmekte ve geliştiren uygulamaların da tam olarak Windows standardında olması sağlanmaktadır. Ayrıca sorgulama dili olarak dünya standardı kabul edilen SQL MapBasic içinde standart olarak kullanılmaktadır (Başar Bilgi Sistemleri Merkezi, www.basarsoft.com).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

JEOTEKNİK ÖZELLİKLER

3.1. Giriş

Bu çalışmada, uygulama alanı olarak Denizli iline bağlı Gümüşler Belediyesi mücavir alanı içerisinde kalan bölge seçilmiştir. Birinci derecede deprem bölgesinde yer alan Gümüşler Belediyesi'nin yerleşim alanlarının ayrıntılı jeolojik ve laboratuvar deneyleri destekli jeoteknik etütleri Gümüşler Belediyesi ile Pamukkale Üniversitesi arasında hazırlanan protokol gereği Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünce yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında tamamlanan 26 adet temel sondajı, laboratuvar deneyleri ve bu sondajlarda yapılan SPT verilerinden faydalanarak sıvılaşma potansiyeli indeks değerleri hesaplanmıştır.

3.2. Coğrafi Konum ve Morfoloji

Büyük Menderes Grabeni ile Gediz Grabeni'nin kesiştiği alanın doğusunda yer alan Denizli Havzası içerisinde bulunan inceleme alanı, genişleme tektoniğine bağlı bir morfoloji sunmaktadır. Yerleşim alanının güney tarafı yüksek dağlar ve sarp yamaçlarla kuşatılmış olup, kuzeye doğru gidildikçe daha düşük kotlarda yamaç molozu ve alüvyon yelpazesi niteliğinde kısmen daha yumuşak bir topografya hakim olmaktadır.

Gümüşler Belediyesi yerleşim alanları genellikle engebeli bir yapıdadır. Ancak bu alan içerisinde yerleşime engel olacak kadar yüksek eğimli birkaç küçük alan bulunmaktadır. Belediye imar sınırının hemen dışında ve hemen güneyinde bu eğim

% 50'ye kadar çıkmaktadır. Bir kısmı imar sınırı içinde bulunan kuzey kesimde yer alan ovada ise doğal olarak yatay bir morfoloji hakimdir. Mevcut yerleşim alanları 320 - 490 m. kotları arasında yer alır. Eğim miktarlarının toplam alana oranları şöyledir:

| <u>Eğim Miktarı</u> | <u>Alan (%)</u> |
|---------------------|-----------------|
| <%10 | 81 |
| %10-20 | 13 |
| %20-30 | 1 |
| >%30 | 5 |

Denizli ilinin iklimi İç-Batı Anadolu iklimidir. Ege, Akdeniz ve karasal İç Anadolu iklimi arasında karakteristik bir geçiş teşkil eder. Genel olarak İç Anadolu iklimine daha yakın olduğu söylenebilir. Çünkü yıllık ortalama yağış miktarı Kıyı Ege Bölgesine göre daha az olduğu gibi, yıllık ortalama sıcaklık değerleri de İç Anadolu iklimine daha yakındır. Aynı şekilde günlük ve mevsimlik sıcaklık oynamaları da kıyı bölgelerine göre daha fazladır.

Denizli Devlet Meteoroloji İstasyonu'nun verilerine göre Denizli'de en fazla yağış 77 mm. ile 06.02.1936, en yüksek sıcaklık 41.3°C ile 20.07.1973 ve en düşük sıcaklık -11.6°C ile 09.02.1965 tarihinde kaydedilmiştir. Yağış ölçümlerinin düzenli alınmaya başlandığı 1947 yılından günümüze kadar olan (1947-2000) verilere göre yıllık toplam yağış ortalaması 547.55 mm'dir. En az yağış Ağustos (7.50 mm), en fazla yağış ise Ocak (84.78 mm) ayında olur. Hava sıcaklığı ölçümlerinin düzenli alınmaya başlandığı 1957 yılından günümüze kadar olan (1957-2000) verilere göre ise yıllık ortalama hava sıcaklığı 15.90°C'dir. Temmuz ayı en sıcak (26.92°C), Ocak ayı en soğuk (5.63°C) aylardır.

Çalışma alanı, esme sayısındaki azalma sırasına göre G, KB, B, K ve GB yönlerinden rüzgar almaktadır. Doğudan ise hemen hemen hiç rüzgar etkisi yoktur. Yörede, özellikle kış aylarında esen şiddetli rüzgar ve fırtınaların yağmur bulutlarının hareketi üzerine büyük etkisi vardır.

İnceleme alanının güney sınırını kuşatan dağların zirveleri bitki örtüsü bakımından zayıf olmakla birlikte, eteklerinde ve yerleşim alanlarına yakın kesimlerde, farklı cinslerde çam ormanları mevcuttur. Tarıma uygun özel mülkiyete ait düz alanlarda ise tarla ve bahçe tarımı yapılmaktadır.

Gümüşler'in yakın çevresindeki dağlık kesimlerde bitki örtüsü genellikle zayıftır. Tepelerde seyrek olarak meşe ve ardıç, tarıma uygun düz alanlarda ise insan eliyle dikilen meyve ağaçları bulunur. Tarım olarak tahıl, bakliyat, sebze, özellikle üzüm ve elma olmak üzere meyve üretimi yapılır.

Gümüşler, çevresindeki il, ilçe ve köylere asfalt yollar ile bağlı olup her mevsim ulaşım sağlanmaktadır.

3.3. Jeoloji

Ege bölgesinin başlıca jeolojik unsurları şunlardır; Metamorfik topluluklar, Neojen havza çökelleri, Oligo-Miyosen'den başlayıp Kuvaterner'e kadar aralıklarla gelişimini sürdürmüş magmatik topluluklar, graben havzaları ve Ege denizel ortamı. Menderes Masifi, Ege adalarındaki orta metamorfik masifler kuşağının devamıdır.

Neojen çökelleri, Ege adalarının hemen hepsinde ve Batı Anadolu'da yaygındır. Çökelme, genellikle Erken Miyosen'de karasal bir ortamda başlamış, çoğunlukla birbiriyle bağlantılı ve düşük enerjili bir gölsel ortamda gelişmiştir. Bu ortamın en yaygın birimleri bitümlü şeyllerdir. Bu gölsel ortam, Çanakkale dolayından güneye, Muğla'ya kadarki geniş bir kuşakta, Batı Anadolu'da ve o dönemde Ege Denizi'nin bulunduğu alanda yer alan karasal ortamda, yaygınca gelişim göstermiştir (Rögl ve Steininger, 1984; Yılmaz, 2000). Menderes Masifi'nin günümüzdeki yükselimi o dönemde henüz gelişmiş olmadığı için, çökelme ortamının Menderes Masifi alanlarını da büyük ölçüde kaplamış olduğu anlaşılmaktadır.

Geç Miyosen, Batı Anadolu ve günümüzdeki Ege Denizi alanında yeni bir tektonik dönemin (K-G gerilmenin) başlangıcıdır. K-G gerilme sisteminin ilk belirgin ürünü, Menderes Masifi'nin Bozdağ çevresinde bir horst halinde yükselmesidir. Bu yükselimi sınırlayan listrik normal fay sistemi, masifin üst kesiminde yer alan kalın bir örtüyü tektonik yoldan sıyırmış ve masifin çekirdek kayalarını ortaya çıkarmıştır. Yükselen bu horsttan çevreye, hızla, kalın bir kaba klastik depolanması başlamıştır. Bu kırmızı renkli kaba klastikler, yükselimden uzaklaştıkça ince kırıntılara, çamurtaşlarına ve gösel kireçtaşlarına geçmektedir. Bu dönemde, D-B gidişli grabenler henüz gelişebilmiş değildir. Gösel ortam, kuzeye ve güneye doğru çok geniş alanları kaplamaktadır (Yılmaz, 2000).

Ege bölgesindeki aktif gerilme, yılda 3-4 cm hızla gelişimini sürdürmektedir. Litosferin incilmesi, bölgenin jeotermal enerji potansiyelini artırırken, sismik aktivite bir çok yıkıcı depremin de nedeni olmaktadır (Yılmaz, 2000).

3.4. Stratigrafi

3.4.1. Bölgesel stratigrafi

Denizli il merkezi ve yakın çevresinde yüzeyleyen kaya birimleri; 1) Neojen öncesi temel birimleri, 2) Neojen birimleri, 3) Kuvaterner birimleri olmak üzere 3 bölümde toplanmıştır. Bunlar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

3.4.1.1. Neojen öncesi temel birimleri

Denizli havzasında Neojen öncesi temel birimler daha çok havzayı çevreleyen, dağlık horst alanlarında yüzeyler. Bunların çoğu Menderes masifine ait metamorfik kayalardır. Metamorfik kayalar üzerine yer yer bindirme ile yerleşmiş Mesozoyik-Alt Tersiyer yaşlı nap dilimlerinden oluşan allokton birimler “Likya napları” olarak bilinir (Okay, 1989). Menderes metamorfikleri, alttan üste doğru gnays, şist, kuvarsit ve mermerlerle temsil edilir (Şimşek, 1984).

3.4.1.2. Neojen birimleri

Denizli havzasında Neojen (Üst Miyosen) birimleri Neotektonik dönemde alüvyal yelpaze, yelpaze deltası, göl ve akarsu ortamlarında depolanmış graben dolgularındır. Tortul istifin toplam kalınlığı 3000 m'ye yakındır (Taner, 2001; Şekil 3.1). İstif önceki çalışmalarda alttan üste doğru Kızılburun, Sazak, Kolonkaya ve Tosunlar gibi formasyonlara ayrılarak incelenmiştir (Şimşek, 1984).

| Sistem | Seri | Kat | As Kat | Kalınlık (m) | LİTOLOJİK ÖZELLİKLER | | | | |
|--------|---------|-----|----------|--------------|---|--|--|--|--|
| NEOJEN | MIYOSEN | ÜST | PONSİYEN | | Alüvyon Yeni alüvyal yelpaze Eski alüvyal yelpaze | | | | |
| | | | | 300 | İri taneli sarı renkli kumtaşı- konglomera ardalanması ve sert kalker merceği | | | | |
| | | | | 255 | Gri-beyaz renkli marn | | | | |
| | | | | 765 | İri taneli sarı renkli kumtaşı | | | | |
| | | | | 600 | Beyaz renkli sert plaket kalker ve sarı renkli iri tanelikumtaşı ardalanması | | | | |
| | | | | 175 | Sıkı dokulu kalker | | | | |
| | | | | 300 | Heyelanlı marn | | | | |
| | | | | 450 | Kırmızı renkli fosilsiz konglomera | | | | |
| | | | | PALEOZOYİK | | | | | |

Şekil 3.1: Denizli havzası Neojen-Kuvaterner istifinin geliştirilmiş stratigrafik kesiti (Taner, 2001, Şekil 1'den yeniden düzenlenmiştir).

3.4.1.2.1. Kızılburun formasyonu

Birim ilk defa Sarayköy KB'sında tanımlanmıştır. Paleozoyik temele ait mermerler üzerine uyumsuz olarak gelen formasyon üstte Sazak Formasyonu ile uyumludur. Kalınlığı yer yer değişmekle birlikte en fazla 400-450 m. arasında ölçülmüştür. Alüvyal yelpaze ortamında çökelmiş kırmızı renkli çakıltaşlarından oluşan birimin yaşı Üst Miyosen (Meosiyen)'dir (Taner, 2001).

3.4.1.2.2. Sazak formasyonu

Altta Kızılburun Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Sazak formasyonu başlıca marn, plaketli kireçtaşları ile devam eder. Sarayköy KB'sında Neojen istifinin Paleozoyik mermerler üzerine uyumsuz olarak gelen birim litolojik olarak, kırmızı renkli konglomeralar üzerine beyaz, açık krem-bej renkli marn ve plaketli kireçtaşlarıyla başlayıp, daha üst kısımlara doğru sarı renkli kumtaşı seviyeleri ile aralanır ve en üste doğru giderek kum oranı artar. Bu seviyeler üzerine, orta-iri taneli sarı kumlar gelir. İstifin geriye kalan üst kesimleri gri-beyaz renkli marn, sarı kum, konglomeralarla sona erer.

3.4.1.3. Kuvaterner yaşlı çökeller

3.4.1.3.1. Asartepe formasyonu

Konglomera, kumtaşı ve silttaşlarından oluşan alüvyal kökenli çökeller Asartepe Formasyonu olarak ayırtlanmıştır. Adlama ilk kez Ercan ve diğ. (1977) tarafından kullanılmıştır. Formasyona, stratigrafik konumu nedeniyle Ercan ve diğ. (1977) tarafından Pliyo-Kuvaterner yaşlı verilmiştir.

Genelde kızılımsı, turuncu, yer yer kirli beyaz ve sarımsı renklerin görüldüğü, orta-kalın ve az belirgin tabakalanma gösteren çakıltaşı-kumtaşı-silttaşı-çamurtaşı düzensiz aralanmasından oluşur. Yer yer kıltaşı ve marn mercikleri de içermektedir. Çakıllar çoğunlukla temel kayalara ait ve kuvarsit, kuvars-şist, fillat ve mermer gibi metamorfik

kayaç çakıllardır. Kötü boylanmalı olan konglomeralarda çakıl boyutları 15-20 cm'ye ulaşabilmekte, zaman zaman da blok büyüklüğüne çıkmaktadır. Birimin kalınlığı 50-150 m. arasında değişmektedir.

Asartepe Formasyonu'nun içerdiği çökel topluluğu, temelin oluşturduğu topografya üzerinde akan, alüvyon yelpazesıyla başlayıp, örgülü ve menderesli akarsu çökelleriyle devam eden bir flüvyal ortamı yansıtmaktadır. Kötü boylanmalı ve köşeli elemanlar içeren konglomeralar alüvyon yelpazeleri ortamında, marn, kumtaşı ve silttaşları ise akarsuyun menderesli kanallarında oluşmuştur. Bu flüvyal ortam hiçbir zaman bir göl ortamına ulaşmamıştır (Sun, 1990).

3.4.2. Çalışma alanının stratigrafisi

3.4.2.1. Çalışma alanının neojen birimleri

Gümüşler Belediyesi mücavir alanındaki, Neojen birimleri, havzada çökelmiş olan Neojen karasal istifinin en üst seviyelerini oluşturur. Taner, (2001)'e göre istifin bu kesimleri Üst Miyosen (Ponsiyen) yaşlıdır. Neojen birimleri, arazi gözlemleri ve sondaj verilerine göre 6 (altı) alt bölüme ayrılmıştır. Bunlar, tabandan tavana doğru sırasıyla; Kıltaşı-Marn-Silt birimi (N1), Fosilli Kireçtaşı (N2), Silt-Kum-Çakıl ardalanması (N3), Çakıltaşı-Kumtaşı (N4), Çakıltaşı-Kumtaşı-Kireçtaşı-Silttaşı ardalanması (N5) ve Gölsel Kireçtaşı (N6) birimleridir (Ek 1).

3.4.2.1.1. Kıltaşı-marn-silt birimi (N1)

Bu birim, alt seviyelerinde kıltaşı ve marnlarla temsil olunurken, üst kesimlerine doğru tane boyundaki artış ile siltlere geçmektedir. Siltler, tabanda açık renkli kıltaşı-marnlar üzerinde uyumlu olarak bulunur. Kıltaşı ve marnlar gri, krem renklerde olup oldukça belirgin tabakalanma sunarlar (Şekil 3.2). Tabaka kalınlıkları 3-20 cm. arasında değişmektedir. Kil ve marnların çalışma alanında yoğun olarak gözlemlendiği yerler; çalışma alanının batısındaki Kayaköyü, Değirmenyıkığı tepe ve Sünnetçi tepe ile çalışma alanının KD'sunda bulunan Kahyaoğlu tepe batısıdır. Siltler, arazide gevşek

yapısı, kahverengimsi sarı ve gri renkleriyle karakteristiktir. Sarı ve gri renk farklılıklarıyla belirgin olup (Şekil 3.3). tabaka kalınlıkları, ortalama 15 cm'dir. Kahverengimsi sarı siltlerin toplam tabaka kalınlıkları, birimlerin yanal ve düşey yönde sık sık diğer birimlerle geçişli olmasından dolayı çok değişken olup, 1-20 m. arasında değişir. Siltler bazen kalınlıkları 1 ile 4 m. arasında değişen çakıl bant veya mercceklerinden oluşan ara seviyeler içerir. Çalışma alanında gözlenen en yaygın birimdir. Siltler en yaygın olarak Meska Evleri civarı, Çiğdem tepe civarı (Gümüştay mah.), Gümüştler Belediye binasının KD ve GB'sı, Şemikler mah. civarı ile Bozburun köyü güneyindeki geniş bir alanda yüzeylemektedir. Kahverengimsi sarı siltlerin bazı ara seviyelerinde gastropod ve bivalv kavkaları yaygındır (Şekil 3.3).



Şekil 3.2: Kıltaş-marn biriminin Deli Tepe doğusundaki görünüşü.



Şekil 3.3: Kahverengimsi sarı renkli siltlerin yakından görünüşü (Çiğdem Tepe doğusu yol yarması).

3.4.2.1.2. Fosilli kireçtaşı (N2)

Fosilli kireçtaşı birimi, çalışma alanında Değirmen yıkığı tepe, Kördübek sırtı, Kaya köyü güneyi ile Hacıgüllü dere kuzey ve güney yamaçlarının üst seviyelerinde gözlenir (Şekil 3.4). Tabakalı bir yapı sunan birim, alttaki siltler üzerine uyumlu olarak gelir . Birim üstten de uyumlu olarak çakıltaşı-kumtaşı birimi ile örtülür. Tabaka kalınlıkları 20 cm- 8 m arasında değişen sert yapılı kireçtaşları tamamen bivalv kavkılı fosil kalıplarından oluşan biyosparitik bir özellik sunar.



Şekil 3.4: Fosilli kireçtaşlarının, altındaki kil-silt birimi ve üstündeki çakıltaşı birimiyle olan stratigrafik ilişkisinin karşıdan görünümü (Değirmenyıkığı Tepe güneyi).

3.4.2.1.3. Silt-kum-çakıl ardalanması (N3)

Birim her yerde görülmemekle beraber, genellikle çakıltaşı-kumtaşı biriminin tabanında gözlenir (Şekil 3.5). Silt-kum-çakıl ardalanmasından oluşan birim, birbirleriyle yanal ve düşey yönde tedrici geçişler gösteren merccekler ve bantlar halindedir (Şekil 3.5). Çakıllar ve kumlar çoğunlukla kötü boylanmalı, orta-kaba taneli, bazen granüllü ve ince çakılıdır.



Şekil 3.5: Silt-Kum-Çakıl ardalanmasının arazideki görünümü.

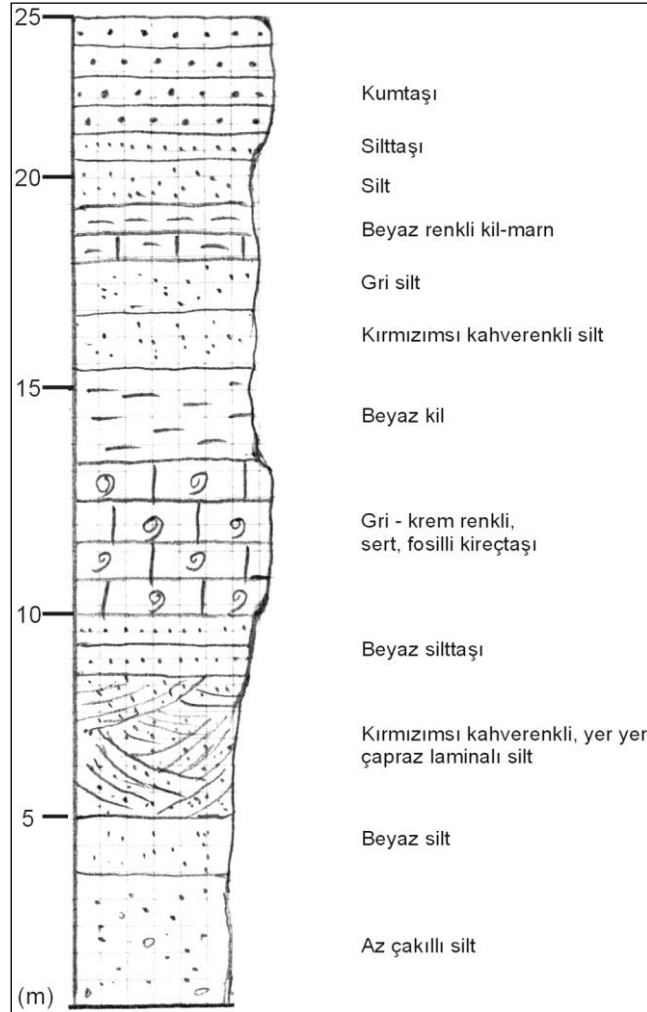
3.4.2.1.4. Çakıltaşı-kumtaşı (N4)

Çakıltaşları, altta nadir olarak fosilli kireçtaşları üzerine, bazen doğrudan aşmalı bir tabanla siltler üzerine bazen de silt-kum-çakıl ar dalanmasından oluşan birimin üzerine gelir. Neojen istifinin üst seviyelerinde yer alan birim, çakıltaşı, kumtaşı ve siltli kumtaşı seviyelerinin ar dalanmasından meydana gelir. Tabaka eğimleri genelde yatay olup, İzmir asfaltının yukarı kesimlerinde faylara yakın kısımlarda yaklaşık KD'ya doğru 10°-30° arasında, İzmir asfaltının aşağı kesimlerinde ise GD'ya doğru 10°-30° arasında değişmektedir. Birim yaygın olarak; Meska Evlerinin olduğu tepe, Karaosman sırtı, Sakızlı düzü, Cinkaya dere KB'sı ve GD'su, Şemikler deresi KB'sı ve GD'su, Kayaköyü KB'sı ve GD'sundaki tepelerdeki geniş düzlüklerde büyük alanlar kaplarken, Çiğdem tepe, Erbakır Fen lisesi civarındaki tepeler ile çalışma alanının KD'sundaki Kahyaoğlu tepe ve çevresindeki tepelerin üstünde ise küçük alanlar kaplayan şapkalar şeklindedir.. Yanal ve düşey yönde kumtaşı, silttaşı ve kıltaşı ile geçişlidir. Çakıltaşları bu ince taneli birimler içerisine düzgün olmayan aşınmalı bir tabanla çökelmiştir. Kalınlık değişken olup, 1-20 m. arasında değişmektedir. Çakıltaşlarının alt düzeylerinde yer yer mollusk ve gastropod gibi makro fosil kavkuları izlenir. Gri renkli bu makro fosil kavkılı çakıltaşı düzeyleri gösel yelpaze deltası ürünleridir. Alttaki gri renkli çakıltaşları üste doğru kırmızımsı-kahve renkli alüvyal yelpaze çakıltaşlarına dönüşür.

Çakıltaşı biriminin en önemli özelliklerinden birisi, birimin çok uzun süre atmosferik şartlara maruz kalan; yani su, hava ve güneşle irtibatlı olan en üst seviyelerinin oksidasyona maruz kalarak kırmızımsı-kahverengimsi bir renk alarak ve iyice çimentolanıp sertleşmesidir (Şekil 3.6). Birimin yol yarmalarında ortaya çıkan daha derindeki taze yüzeyleri, çekiçle vurulduğunda kolayca parçalanıp çakılları çıkmaktadır. Çalışma alanındaki Neojen yaşlı birimlerin litolojik, stratigrafik ve jeolojik özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için ölçülü stratigrafik kesiti alınmıştır (Şekil 3.7). Kesitin sol tarafındaki rakamlar kalınlıkları göstermekte olup, birimlerin daha az kalınlık sunduğu yerlerin ayrıntılı gösterilebilmesi için, kesitler ölçekli çizilmemiştir.



Şekil 3.6: Çakıltaşı biriminin en üst seviyeleri için karakteristik; iyi çimentolanmış, az çok belirgin tabakalanmalı görüntüsü (Şemikler mahallesi güneyi).



Şekil 3.7: Meska Evleri KD'sunun ölçülü stratigrafik kesiti (PAU, 2003).

3.4.2.1.5. Çakıltaşı-kumtaşı-kireçtaşı-silttaşı ardalanması (N5)

Birim, çakıltaşlarının üzerine uyumlu olarak gelir. Kalınlığı değişken olup ortalama 7-8 m. civarındadır. Çakıltaşı-Kumtaşı-Kireçtaşı-Silttaşı ardalanmasından oluşan birim sert bir yapı sunar (Şekil 3.8). Şemikler derenin güneyinde yer alan Gümüşkent sitesi civarında iyi gözlenir.



Şekil 3.8: Çakıltaşı-Kumtaşı-Kireçtaşı-Silttaşı ardalanmasının görünümü (Gümüşkent sitesi GB'sı).

3.4.2.1.6. Gölsel kireçtaşı (N6)

Gölsel kireçtaşları, çalışma alanında Neojen biriminin en üst seviyesini oluşturur. Birim, Çakıltaşı-Kumtaşı-Kireçtaşı-Silttaşı ardalanmasından oluşan istifin üzerine uyumlu olarak gelir. Çalışma alanının GB'sında yer alan Karaosman sırtlarında ve Şemikler derenin güneyinde yer alan Gümüşkent sitesi civarında yüzeyleir (Şekil 3.9). Yeşilimsi gri renkler sunan birim yer yer gözenekli olup çok sert bir litolojik özellik gösterir. Ayrıca, çalışma alanında Karaosman sırtı GD'sunda gözlenen ve çok fazla alanlar kaplamadığı için haritalanamayan kanal dolguları da mevcuttur. Eski akarsu yataklarını karakterize eden bu kanal dolguları çakıllarla doldurulmuştur. Bu kanal

dolgu, Neojen istifinin en üst birimi olan gölssel kireçtaşlarını yaklaşık D-B doğrultusunda oyarak yerleşmiştir. Çakılları genellikle blok boyutundadır. Bileşenleri çoğunlukla metamorfik kökenli olup, başlıca kristalize kireçtaşı, mermer, gnays ve şistlerden türemiştir. Birim, KD-GB doğrultulu, yaşlı fayların oluşumuyla beraber kesilerek yukarıda askıda kalmıştır.



Şekil 3.9: Gölssel kireçtaşlarının yakından görünüşü (Bakırkent Yapı Kooperatifi yanı, Gümüşkent Sitesi güneyi).

3.4.2.2. Çalışma alanındaki kuvaterner tortullar

3.4.2.2.1. Alüvyonlar (Qal)

Gümüşler Belediyesi mücavir alanı içinde kalan Kuvaterner yaşlı alüvyon tortulları, doğal dere yatağı dolguları ve yapay dolgulardan oluşan kil, silt, kum ve çakıl boyutundaki ince ve kaba bileşenlerden meydana gelmiştir. Alttaki Neojen tortulları üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Bu gevşek tortul karışımları, çalışma alanının güneyindeki yüksek dağlardan GB-KD doğrultulu birbirlerine paralel-yarı paralel

dereler ile taşınmıştır. Bu dereler, KB-GD doğrultulu genç faylardan önce oluşmuş KD-GB doğrultulu daha yaşlı fay dereleridir.

GB'dan KD'ya doğru gittikçe tane boyu küçülerek çakıldan, kum, silt, kile doğru bir artış olur. Alüvyal tortullardan yamaç molozları ve alüvyon yelpaze birimleriyle yanal ve düşey yönde geçişlidir. Karışımlarda killerin egemen olduğu yerler genellikle kahverenginin değişik tonlarında ve sarı renklidir. Siltlerin yoğun olduğu yerler kahverengi, yer yer gri ve beneklidir. Yelpaze tortulları içindeki birimlerden en yaygın olanı kum-silt-kil karışımlarıdır. Bu birim yelpaze ortamlarının nispeten daha düşük enerjili kesimlerinde depolanmışlardır. Yanal ve düşey yönde çakıl-çakıltaşı düzeyleri ile geçişlidir. Yüzeyle, bu birim üzerinde kalınlığı 0.5-2 m. arasında değişen çoğunlukla kahverengi bir bitkisel toprak horizonu gelişmiştir.

3.5. Yapısal Jeoloji

3.5.1. Bölgesel tektonik

B. Menderes ve Gediz grabenlerinin kesiştiği bölgenin doğusunda kalan çöküntü alanını Şimşek ve diğ., (1978) Çürüksu grabeni, Westaway (1990) ve Çakır (1999) ise, Denizli havzası olarak adlandırmışlardır. Denizli havzası 50 km. uzunluğunda, 24 km. genişliğinde KB-GD uzanımlı bir çöküntü havzasıdır. Havza kuzey ve güneyden normal faylarla sınırlandırılmıştır. Havza, sınır fayları ve bunlara az çok paralel bir çok sentetik ve dik olarak da antitetik faylarla parçalanmış bloklara ayrılmıştır.

Sınır fayları tek parça olmayıp, uzunlukları en fazla 13 km. olan fay parçalarından (segmentlerinden) oluşmaktadır. Kuzeyde yer alan Pamukkale civarında da bir çok irili ufaklı en fazla 10-15 km'lik fay parçalarından oluşan bir fay demeti mevcuttur. 1-2 km. genişliğinde sıçrama zonları içeren bu fay parçaları arasında gelişen açılma çatlaklarında, traverten oluşumları mevcuttur. Havza, KB-GD doğrultulu gidişli Karakova yükselimi ile ikiye bölünmüştür. Karakova yükselim horstu, kuzeyinde KD'ya güneyinde ise GB'ya doğru eğimli normal faylar ile sınırlandırılmıştır. Karakova yükselimi boyunca çok sayıda sentetik ve antitetik fay gözlenmiştir. Gümüşler

belediyesi mücavir alanı kuzeyde Karakova yükselimi, güneyde Babadağ fayı ile sınırlandırılmış bir alanda yer alır.

Çalışma alanı dışında kalan, ancak bölgeyi güneyden sınırlayan Babadağ fayı doğuda Bağbaşı'ndan başlayıp, batıda Babadağ'a kadar uzanır. Fayın güneydeki taban bloğunda Menderes masifine ait metamorfitler, kuzeydeki tavan bloğu üzerinde ise Neojen ve Kuvaterner birimleri yer alır.

Yaklaşık D-B doğrultulu ve kuzeye eğimli olan Honaz fayı, batıda Karateke köyünden başlayıp, doğuya doğru Honaz üzerinden Menteş ve Kızıyer'e, oradan da alüvyonlar içinden geçip daha batıdaki Bozburun köyü, Laodikya antik kentini de katederek batıya uzanır. Honaz civarındaki, uzunluğu yaklaşık 13 km. olan fay aktif olup, zaman zaman düşük ve orta büyüklükte depremler üretmektedir. 1965 ve 2000 yıllarında sırasıyla 5.7 ve 5.2 büyüklüklerinde iki deprem kaydedilmiştir. 1965 depreminde yüzey kırığı oluşmuştur (Bozkuş ve diğ., 2000, PAÜ, 2002).

3.5.2. Çalışma alanının tektoniği

Çalışılan alanda gelişmiş başlıca tektonik yapılar uyumsuzluklar, tabakalanma, fay ve eklemlerdir. Bunlar aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

3.5.2.1. Uyumsuzluk

Gümüşler Belediyesi mücavir alanı ve yakın çevresinde yüzeylenen birimlerde Neojen öncesi temel birimler olan Menderes metamorfitleri ile Neojen yaşlı karasal, gölssel, akarsu ve yelpaze çökellerinden oluşan birimler arasında (inceleme alanının dışındaki güney bölgeler) uyumsuzluk vardır. Gümüşler Belediyesi mücavir alanı içerisinde ise Neojen yaşlı birimler ile genç Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve yelpaze çökelleri arasında uyumsuzluk bulunur. Yelpaze çökelleri ve alüvyonlar Neojen yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmüşlerdir.

3.5.2.2. Tabakalanma

Bölgedeki Neojen yaşlı genç çökellerde tabakalanma iyi gelişmiş olup eğimleri oldukça azdır ve genellikle 20°'yi geçmez. Ancak fay sınırlarına yakın kısımlarda, tabaka eğimleri artar. Özellikle fayların düşen bloklarında (tavan bloklarında) bulunan tabakaların fay düzlemine doğru eğimli olarak tittlendikleri gözlenmiştir. Faylar listrik şekillidir. Bunun için yüzeyde eğimi oldukça yüksek olmasına karşın (60°-90°) derine doğru eğimleri azalarak yataya yakın bir hale gelir. Bu nedenle bu tür faylar doğrultu atımlı faylar gibi çok derinlere inip litosferi kesemezler. Bölgedeki Neojen yaşlı birimlerin tabakalı kesimlerinden alınan ölçülere göre hazırlanan kontur diyagramında, egemen tabaka konumları üç grup olarak görülmüştür. Bunlardan birincisi ortalama K70°B/20°KD ve ikincisi ise K50°D/15°GD, üçüncü grup ise faylardan etkilenmeyen yatay duruşlu tabakalardır. Yani egemen doğrultu KB-GD, egemen eğim yönü KD ve GB olarak tespit edilmiştir.

3.5.2.3. Faylar

Çalışma alanı ve yakın çevresinde haritalanan faylar, genellikle eğim atımlı normal faylardır. Çalışma alanı içinde kalan faylar, Denizli havzasını güneyden sınırlayan ana fayın tavan bloğu üzerinde gelişen ikincil normal faylardır. Bu faylar çoğunlukla KB-GD doğrultulu olup bölgedeki en genç faylardır (Şekil 3.10 ve Şekil 3.11). Bir diğer fay grubu ise GB-KD doğrultulu, birbirlerine paralel-yarı paralel derelerin de (Gümüşçay deresi, Karaçaydere, Cinkaya dere, Şemikler deresi, Hacıgüllü deresi ve Çatal dere, vs) oluşumunu sağlayan daha yaşlı faylar olup bunların eğim miktarları daha fazladır (Şekil 3.12). KD-GB doğrultulu faylar, KB-GD doğrultulu faylardan daha önce oluşmuştur. Yani KB-GD doğrultulu faylardan daha yaşlı normal faylardır. Bu yüzden tektonik olarak aktif olmadıklarından deprem üretmezler.



Şekil 3.10: Çakıltaşlarında gelişen KB-GD doğrultulu normal fayın görünüşü (Fay, çakıltaşlarının seviyesinin aniden düştüğü yerdedir-EGS Parkın KB'sı).



Şekil 3.11: Çakıltaşı ve siltleri kesen KB-GD doğrultulu normal fayın görünüşü (Erbakır Fen Lisesi KD'su. Bakış yönü GD'ya doğru).



Şekil 3.12: Silt-Kum-Çakıl ar dalanmasının görüldüğü birimde gelişmiş KD-GB doğrultulu normal fayın görünüşü (Cinkaya caddesi, 1 no'lu sağlık ocağı yakını Erbakır Fen Lisesi KD'su).

KB-GD doğrultulu genç faylar, İzmir asfaltının kuzey ve güneyinde gözlenen ve Denizli çöküntü havzasını sınırlayan faylara paralel-yarı paralel gelişmiş KB-GD doğrultulu faylar ise bölgedeki en genç fayları oluşturur. Bu fayların aktiviteleri ise güneyden kuzeye doğru artar. Bir başka deyişle KB-GD doğrultusunda açılan veya genişleyen Denizli havzasının en derin kesimleri olan Pamukkale ile Bozburun arasındaki çöküntü alanı, günümüzde en fazla aktivitenin görüldüğü, yani bu faylara bağlı çökmenin, genişlemenin olduğu alanlardır. Nitekim, TUBİTAK-MAM Yer Bilimleri Araştırma Enstitüsünün, Kasım-2000 tarihli "Denizli Bölgesindeki Mikro deprem Etkinliğinin Araştırılması"na yönelik çalışmalarında da mikro depremlerin, söz konusu bu alanda yoğunlaştığı belirtilmiştir. Bu nedenle Bozburun fayına (Şekil 3.13) yakın olan kesimlerde, fay bloklarının hareketinden kaynaklanan deprem zararlarının fazla olabileceği dikkate alınmalıdır. Buradan şu sonuç çıkarılabilir; Çalışma alanının güneybatı kesimlerinde yer alan KB-GD doğrultulu fayların deprem üretme riskinin olmadığı düşünülmektedir. Bunların bir çoğunun binlerce yıl önce oluşup aktivitelerini kaybetmiş oldukları Şekil 3.13 ve Şekil 3.14' te görülmektedir. Fotoğrafa ve şekle dikkatle bakıldığında fayın üste doğru bir yere kadar devam ettiği, daha üstteki birimleri kesmediği, etkilemediği görülür. Faydan etkilenmeyen birimler ise Neojen yaşlıdır (3-5 milyon yıl). Yani bu gösteriyor ki, o alanda binlerce, hatta 3-5 milyon yıldan beri herhangi bir hareket olmamıştır.

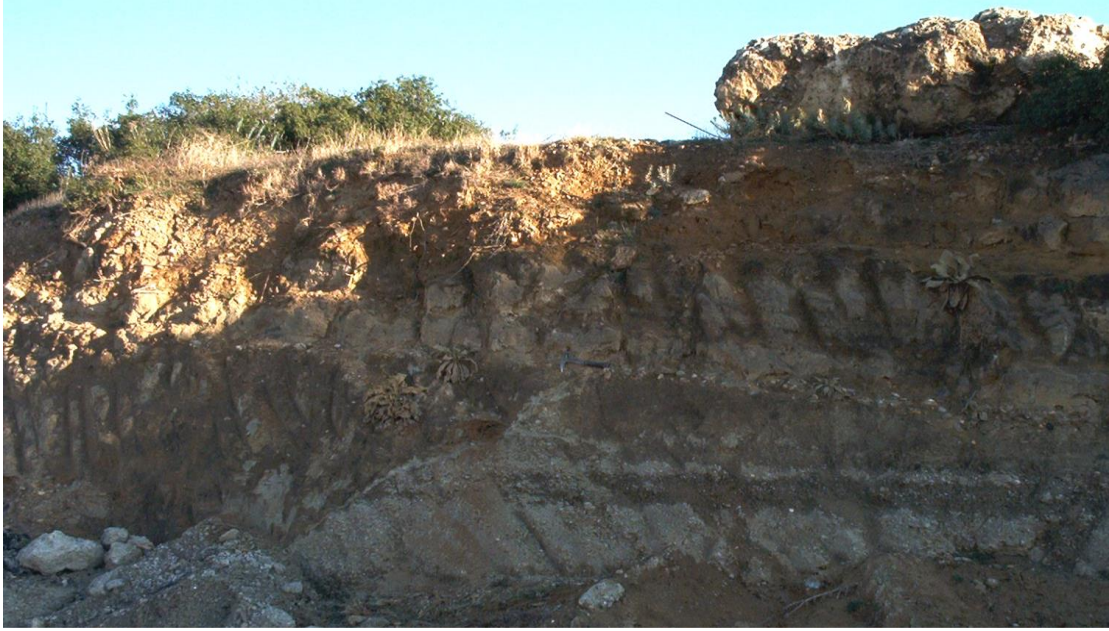


Şekil 3.13: Çalışma alanı ve yakın çevresinin uydu fotoğrafı. Noktalı kesik çizgilerle gösterilen yer Gümüşler belediyesi mücavir alanıdır. Fotoğrafın sağ üst köşesine yakın kısımdaki en kalın siyah çizgi Bozburun Fayını göstermektedir.

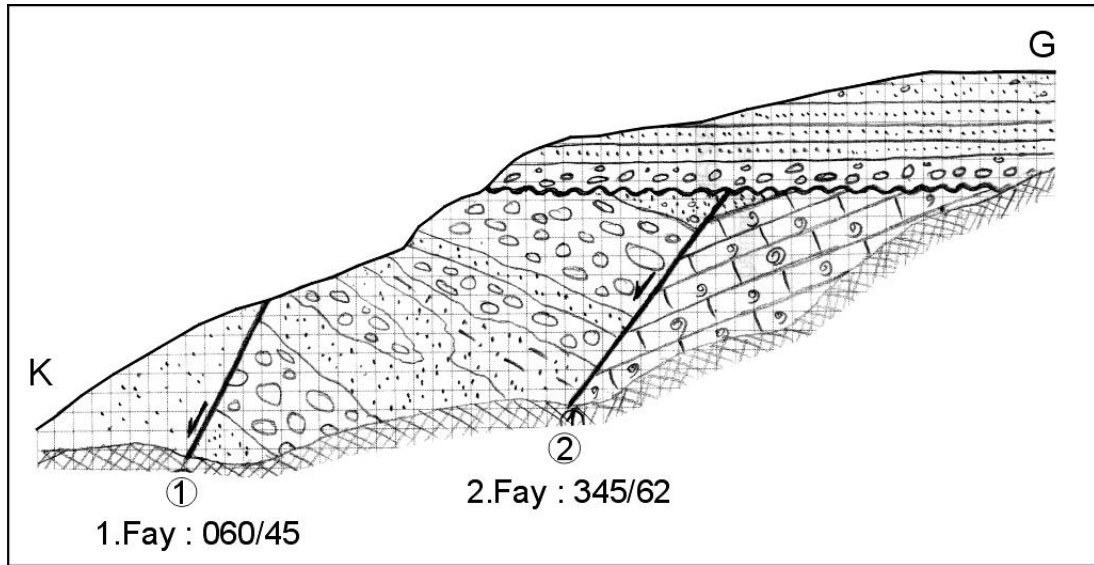
Çalışma alanında görülen ve ölçülebilen fayların düşey atımları 0.50 m ile 7.0 m arasında değişmektedir. Birbirine paralel-yarı paralel fayların arasında daha küçük, onlarca fay gelişmiştir. Bu faylar ile toplam atım miktarları daha da artmaktadır. Alüvyal zeminlerde veya yapılaşmadan dolayı kapalı bölgelerde izlenemeyen fayların konumları tepelik kesimlerde takip edilerek haritalanmıştır. Çalışma alanında yapılan yer altı su seviyesine ait hidrohips eğrilerinin incelenmesi neticesinde bu faylara bağlı olarak bu alanlarda hidrolik eğimin aniden arttığı görülür.

Çalışma alanındaki fayların doğrultuları ve eğimleri ölçülerek kontur diyagramında değerlendirilmiştir (Şekil 3.16). Buna göre 4 ayrı fay takımı tespit edilmiştir. **1)** KD-GB doğrultulu / GD'ya eğimli **2)** KD-GB doğrultulu / KB'ya eğimli **3)** KB-GD doğrultulu / GB'ya eğimli **4)** KB-GD doğrultulu /KD'ya eğimli olanlar. Bu fay takımlarından 1 ile 2 ve 3 ile 4 birbirlerinin eşleniğidir.Yani 1 ile 2. fay takımları aynı zamanda oluşan yaşlı

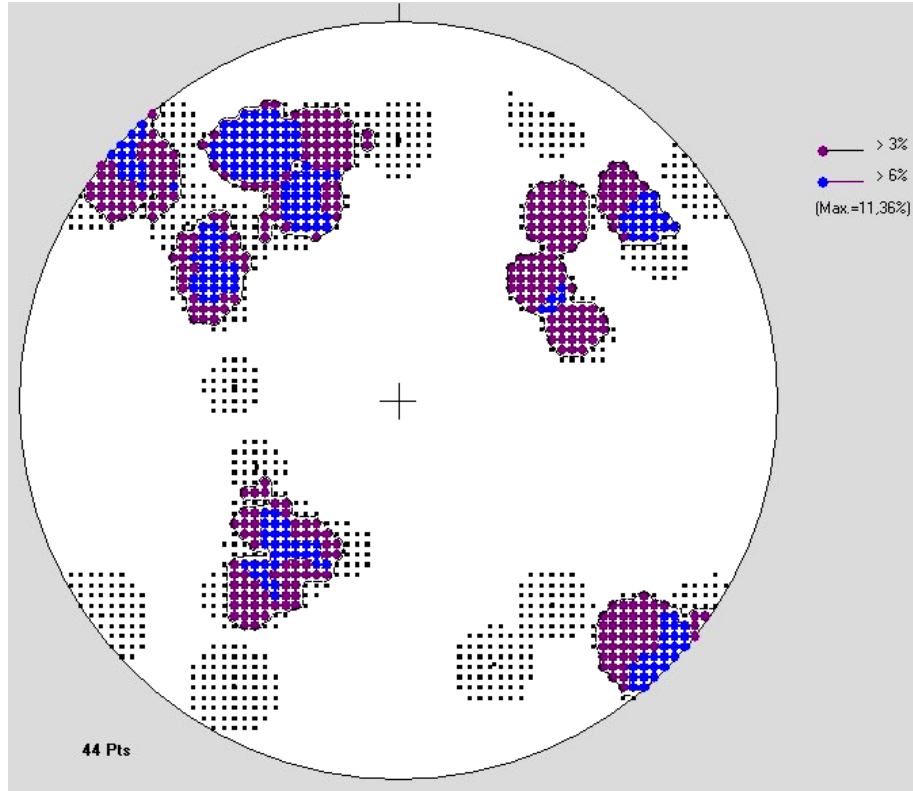
fayları, aynı şekilde 3 ile 4. fay takımları da daha sonraki bir dönemde aynı zamanda oluşan genç faylardır.



Şekil 3.14: Altta beyaz renkli fosilli kireçtaşlarını kesen KB-GD doğrultulu normal fay. Bu fayın üzerine, tabanında çakıllar bulunan silttaşı-kumtaşı birimi gelmiştir. Üstteki birimin, faydan etkilenmediği fotoğraftan ve aynı yerin, Şekil 3.15.'teki kesitinden görülmektedir (Gümüşler belediye binasının KB'sı).



Şekil 3.15: Şekil 3.14'deki yerin kesiti. Kesitin sol tarafındaki 1 nolu fay, fotoğraf alanının dışında kalmıştır (PAU, 2003).



Şekil 3.16: Çalışma alanındaki faylara ait kontur diyagramı (PAU, 2003).

3.6. Hidrojeoloji

3.6.1. Giriş

Bu bölümde Gümüşler Belediyesi mücavir alanı içindeki kaya birimlerinin hidrojeolojik özellikleri incelenmiş; dere, kaynak, sondaj ve tulumbalardan oluşan su noktaları haritalanmıştır. Saha çalışmaları ve Gümüşler Belediyesi'nin bedelli kuyuları ile çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından açtırılan 26 adet sondaj kuyusuna ait dokümanlardan yararlanarak akifer özellik gösteren birimler belirlenmiş, mevcut sondajların uygun olanlarından su seviyesi ölçümleri yapılmış ve sonuçlar haritada gösterilerek yorumlanmıştır.

Gümüşler Beldesi, içme ve kullanma suyu ihtiyacını Denizli ve diğer komşu belediyelerde olduğu gibi Denizli'nin güneydoğusunda bulunan Gökpinar kaynağından temin etmektedir. Bu kaynaktan alınan suyun debisi 64 m³/gün'dür. Suyun depolanması ve dağıtımını belediye sınırları içerisinde bulunan biri ayaklı olmak üzere 7 adet depodan yapılmaktadır.

3.6.2. Yeraltı ve yerüstü suları

3.6.2.1. Dereler

İnceleme alanında mevcut olan başlıca dereler Kuru, Gümüşçay, Karaçay, Cinkaya, Şemikler, Hacıgüllü ve Çatal dereleridir. Derelerin güzergahları birbirlerine paralel olup, güneybatı-kuzeydoğu doğrultulu ve akış yönleri kuzeydoğuya doğrudur.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından "Denizli İl Merkezinin Yan Dereler Taşkınlarından Korunması" başlıklı proje kapsamında Gümüşçay deresi ıslah kanalı ile Karaçay deresinin ıslah kanalının inşası planlanmakta; Cinkaya, Şemikler, Hacıgüllü ve Çatal dereleri ıslah kanallarının ise belirtilen tip kesitlere uygun olarak Gümüşler Belediyesi tarafından inşası önerilmektedir.

3.6.2.2. Yeraltı su seviyeleri

Gümüşler beldesinde Neojen yaşlı gölsel çökeller geniş bir yayılıma sahiptir. Bu birimin çakıllı ve kumlu seviyeleri akifer özellik göstermektedir. Ancak göl ve akarsu ortamında depolanmış olduklarından yanal ve düşey yönlerde killi ve siltli birimler ile geçişli olup, devamlılığı fazla olmayan, düzensiz yığılımlar halinde gözlenmektedirler. Ayrıca bölgede hüküm süren yoğun tektonizmanın neden olduğu faylar, geçirimli ve geçirimsiz birimleri karşı karşıya getirmiştir. Bu şekilde yanal ve düşey yönlerde geçirimli ve geçirimsiz birimlerin ardalanması bileşik bir hidrolik sistem meydana getirmiştir. Bölgede yapılmış ve yapılacak olan sondajlarda bu sistemin farklı seviyelerinden su almak mümkündür. Bu yüzden, yeraltı suyu bazı kesimlerde serbest

akifer özelliği gösterirken, bazı kesimlerde ise negatif (fişkırmayan) artezyen özelliği sunmaktadır.

Kuvaterner yaşı alüvyon birimi yarı geçirimli birimi oluşturur. Alüvyon birimi kendi içinde yatay ve düşey yönde geçişli olan kil-silt-kum-çakıl ve organik kil-siltten yapılıdır. Gevşek tortul karışımlarından oluşan bu birimin bileşenleri, çalışma alanında güneybatıdan kuzey-kuzeydoğuya doğru gelişmiş olan paralel-yarı paralel drenaj ağı vasıtası ile çalışma alanı dışında ve güneyindeki yüksek dağlar ve sarp yamaçlardan taşınmıştır. Bu litolojilerden, geçirimsiz olan kil, silt, organik kil-silt gibi ince taneli bileşenler, nispeten daha iri bileşenli ve geçirimli olan çakıl ve kumlu düzeyler boyunca yüzey suyu akım yönüne paralel olarak güneybatıdan kuzeydoğuya doğru akan yeraltı suyu önünde yer yer geçirimsiz bariyerler oluşturarak yeraltı suyu akımını kısıtlar. Bu durum alüvyonda da yeraltı suyu seviyesinde yerel değişimlere neden olur. Çalışma alanı topoğrafik olarak engebeli bir yapıya sahip olduğu için yeraltı suyunun yüzeyden itibaren derinliği çok değişkendir.

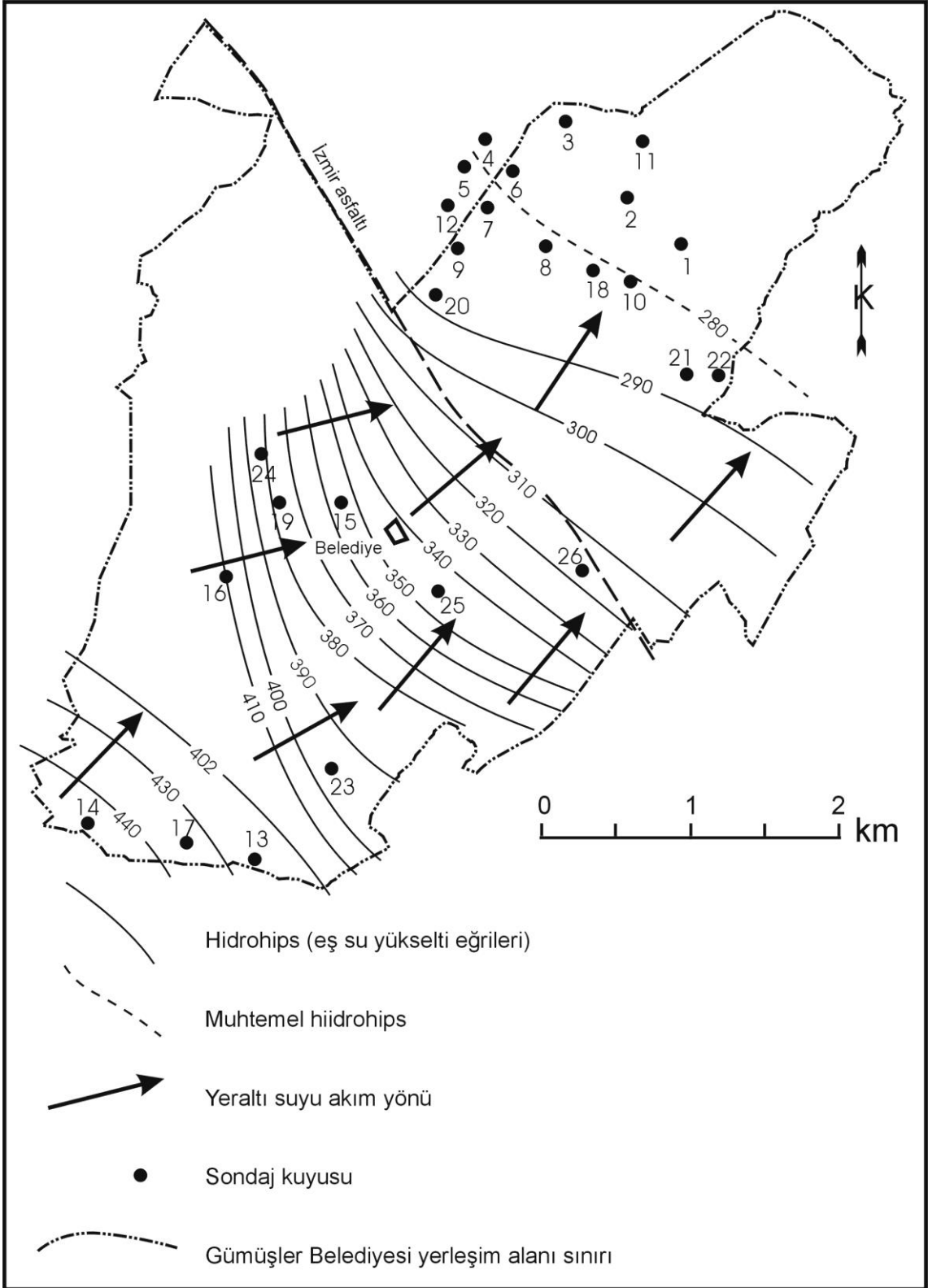
İnceleme alanında Gümüşler Belediyesi'nin bedelli kuyuları ile çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından açtırılan 26 adet sondaj kuyusunda Mart 2003 tarihine ait yeraltı su seviyeleri ölçülmüş ve yeraltı su tablası çizilmiştir (Çizelge 3.1, Şekil 3.17).

Sondajların bir çoğunun kuyu ağzında düdüklü metre probunun girebileceği bir açıklık bulunmadığından seviye ölçümü yapılamamıştır. Ölçüm alınan 26 adet kuyudaki su seviyeleri ile kuyuların açıldığı yıllardaki su seviyeleri karşılaştırıldığında, yıllara göre değişen yağışlı ve kurak periyotlar ile yeraltı suyu işletim miktarının zamanla artmasına bağlı olarak genel bir seviye düşümü görülmektedir.

İnceleme alanında yer alan sanayi bölgesindeki fabrikaların kullandığı kuyulardan ve diğer su kuyularından aşırı pompaj sonucu yer altı suyunun olması gereken seviyeden daha derinde olduğu gözlenmiştir. Herhangi bir nedenle aşırı pompajın durması sonucu yer altı su seviyesinin yükselmesi beklenmektedir. Bu durum sıvılaşma için önemlidir.

Çizelge 3.1: Sondajların Mart 2003 tarihine ait yeraltı su seviyeleri.
(24 nolu kuyu dere yatağı olduğundan imara kapalı alandadır.)

| Kuyu No | Tarih | Kuyu başı seviyesi (Deniz seviyesinden) | Yeraltı suyu derinliği (Yüzeyden) | Yeraltı suyu kotu (Deniz seviyesinden) |
|----------------|--------------|--|--|---|
| 1 | Mart 2003 | 318 | 28 | 290 |
| 2 | Mart 2003 | 313 | 27 | 286 |
| 3 | Mart 2003 | 307 | 22 | 285 |
| 4 | Mart 2003 | 307 | 21 | 286 |
| 5 | Mart 2003 | 307 | 23 | 284 |
| 6 | Mart 2003 | 307 | 23 | 284 |
| 7 | Mart 2003 | 307 | 23 | 284 |
| 8 | Mart 2003 | 307 | 22 | 285 |
| 9 | Mart 2003 | 308 | 24 | 284 |
| 10 | Mart 2003 | 317 | 30 | 287 |
| 11 | Mart 2003 | 315 | 26 | 289 |
| 12 | Mart 2003 | 307 | 22 | 285 |
| 13 | Mart 2003 | 436 | 11 | 425 |
| 14 | Mart 2003 | 490 | 46 | 444 |
| 15 | Mart 2003 | 370 | 14 | 356 |
| 16 | Mart 2003 | 436 | 26 | 410 |
| 17 | Mart 2003 | 476 | 43 | 433 |
| 18 | Mart 2003 | 316 | 35 | 281 |
| 19 | Mart 2003 | 397 | 19 | 378 |
| 20 | Mart 2003 | 307 | 20 | 287 |
| 21 | Mart 2003 | 299 | 18 | 281 |
| 22 | Mart 2003 | 299 | 20 | 279 |
| 23 | Mart 2003 | 411 | 16 | 395 |
| 24 | Mart 2003 | 391 | 3 | 388 |
| 25 | Mart 2003 | 367 | 22 | 345 |
| 26 | Mart 2003 | 335 | 24 | 311 |



Şekil 3. 17: Gümüşler Beldesi yerleşim alanları Mart 2003 dönemine ait yeraltı su tablası haritası (PAÜ, 2003).

Gümüşler Belediyesi ve yakın çevresinde bölgenin jeolojik, hidrojeolojik, tektonik ve topoğrafik yapısı gereği, yüzey ve yeraltı sularının genel akım yönü güneybatıdan kuzeydoğuya doğrudur. Bölgenin güneyinde bulunan yüksek dağların aldığı yağış suları yüzeyden ve yeraltından güneydeki ovalara kanalize olur. Güzergahları genel olarak birbirlerine paralel olup, akış yönleri kuzeydoğuya doğru olan yüzey drenaj ağı, bu durumun bir göstergesidir.

Gümüşler Belediyesi, güneybatı sınırı boyunca Denizli Belediyesi ile komşudur. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Bölümü tarafından 2002 yılında hazırlanan “Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri” adlı projenin Denizli Belediyesi yerleşim alanlarına ait yeraltı su tablası haritası ile bu çalışmada çizilen Gümüşler Belediyesi yeraltı su tablası haritası yan yana karşılaştırılıp birlikte ele alınırsa tam bir uyum olduğu görülmektedir.

Haritada da görüldüğü gibi, inceleme alanının topoğrafik olarak daha fazla eğime sahip olan güneybatı kesimlerinde hidrohipsler (eş su yükselti eğrileri) arasındaki mesafe, kuzeydoğuya doğru giderek azalmakta; İzmir asfaltının kuzeydoğusunda ise ovaya geçilen kısımda ise hızla artmakta, yani yeraltı suyunun eğimi azalarak hemen hemen yataya dönmektedir. Sanayi kuruluşlarının bulunduğu bu düzlük alanda açılmış olan bireysel sondajlardan sürekli yeraltı suyu işletimi yapıldığından dolayı statik seviye ölçümleri çok güvenilir olmadığından (yoğun işletmeden dolayı seviyelerin dinamik seviyeye dönüşmüş olmasından dolayı) hidrohipsler “muhtemel” olarak çizilmiştir. Bu kesimde birbirine yakın kuyularda bile farklı su seviyelerinin ölçülmesinin sebebi, farklı miktarlarda yeraltı suyu işletimi ve jeolojik olarak değişik boyutlardaki malzemelerin düzensiz yığılımlarından oluşmuş olan alüvyonda yerel permeabilite artışlarından kaynaklanmaktadır.

3.6.2.3. Suların beton üzerine etkisi

T.S. 3440, doğadaki suların beton üzerine zararlı etkinlik dereceleri için aşağıdaki sınır değerler verilmiştir.

| | <u>Zararlı etkinlik derecesi</u> | | |
|-----------------|----------------------------------|-----------------|---------------------|
| | <u>Zayıf</u> | <u>Kuvvetli</u> | <u>Çok kuvvetli</u> |
| pH | 6.5-5.5 | 5.5-4.5 | 4.5'dan küçük |
| Magnezyum(mg/l) | 100-300 | 300-500 | 1500'den büyük |
| Sülfat (mg/l) | 200-600 | 600-3000 | 3000'den büyük |

Bu değerler, durgun veya yavaş akan, büyük miktarlarda bulunan ve beton ile doğrudan doğruya temas halinde olan sular için geçerlidir. Suların basınç ve sıcaklığının artması ve/veya betonun bu suyu çalkantılı ya da hızlı akıntı gibi mekanik etkileri karşısında kalması halinde zararlı etkinlik derecesi artar.

Suların beton üzerine etkisi iki türdür. Birincisi, beton karışım suyu olarak kullanıldığında ortaya çıkar. pH'ın 6.5'dan küçük olduğu durumlarda, suda çözülmüş halde bulunan CO₂, önce karbonik asit ve daha sonra kalsiyum bikarbonatı oluşturarak betonun ayrışmasına neden olur. Beton üretiminde kullanılan sülfatlı sular çimento ile reaksiyona girdiklerinde hacim artışı ve betonda patlamalar meydana gelir. Magnezyumun zararı da sülfat gibi olmakla birlikte etkisi sülfattan iki kat daha fazladır. Beton üzerine ikinci etkisi, saldırgan yeraltı sularının bina temellerine verdikleri zarardır. Bu etki yeraltı su seviyesinin yüksek ve suyun hareketli olmasıyla artar.

İnceleme alanı sularından alınan suların Pamukkale Üniversitesi Jeokimya Laboratuvarında yapılan analiz sonuçlarına göre pH değerleri 6.5-7; sülfat içerikleri 150-200 mg/l ve magnezyum içerikleri 75-100 mg/l arasında değişmektedir.

Bu sonuçlara göre suların beton üzerine etkinlik dereceleri bakımından sakıncalı bir durum söz konusu değildir. Yeraltı suyu seviyesinin de jeoteknik açıdan problem olacak seviyelerden daha derinde bulunduğu da dikkate alınır, yapılaşmada kullanılan betonlarda bu soruna karşı herhangi bir özel nitelik aranmasına gerek yoktur.

3.7. Jeoteknik Özellikler

3.7.1 Giriş

Gümüşler Belediyesi'ne ait mevcut ve planlanan yerleşim alanlarında, zeminlerin muhtemel yapıları ve cinsleri esas alınarak temel sondajı planlaması yapılmıştır. İnceleme alanında toplam 26 (Ek 3) adet sondaj yapılmıştır. Bu sondajların toplam uzunluğu 263 metredir. Sondajlarda presiyometre testi yapılan seviyelerde 76 ve 66 mm. çapında auger kullanılmıştır. Bunun dışında tüm seviyelerde sulu rotary sistem kullanılarak sondajlar açılmıştır. Açılan sondajlarda uygun olduğu takdirde SPT ve presiyometre testleri yapılmıştır.

3.7.2. Laboratuvar deneyleri

Zemin sıvılaşma analizinin ilk adımı potansiyel olarak sıvılaşabilir zemin tabakalarının söz konusu zemin profilinde bulunup bulunmadığının belirlenmesidir. Temiz kumların potansiyel olarak sıvılaşabilirliği uzun zamandan beri bilinmektedir. Ancak siltli ya da siltli killi kumlar ile çakıllı zeminlerin sıvılaşabilirliği konusunda görüş birliği henüz oluşmamıştır.

Bu çalışmada sondaj kuyularından alınan örselenmemiş zemin örnekleri, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Uygulamalı Jeoloji ve Jeoteknik Laboratuvarlarında zemin sınıfının belirlenmesi için çeşitli deneylere tabi tutulmuşlardır. Örselenmiş numuneler üzerinde likit limit, plastik limit, elek analizi deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda, zeminlerin kıvam indisleri ve birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre zemin sınıfları tayin edilmiştir.

Bünye özelliklerinden dolayı, bazı zemin örnekleri üzerinde likit ve plastik deneyler yapılamamıştır. Bu tür zeminlerin adlanması, elek analizinden elde edilen sonuçlara göre yapılmıştır.

3.7.3. Zemin sınıflaması

İnceleme alanı içerisinde kalan birimlerin çok yaygın olarak kil boyutundan blok boyutuna kadar değişen farklı boydaki tanelerin karışımlarından oluştuğu gözlenmektedir. Gümüşler Belediyesi yerleşim alanlarının kuzey ve güneyinde kaya zeminler, bu ikisi arasında kalan kesimde ise kaba, orta ve ince taneli zeminler gözlenmektedir.

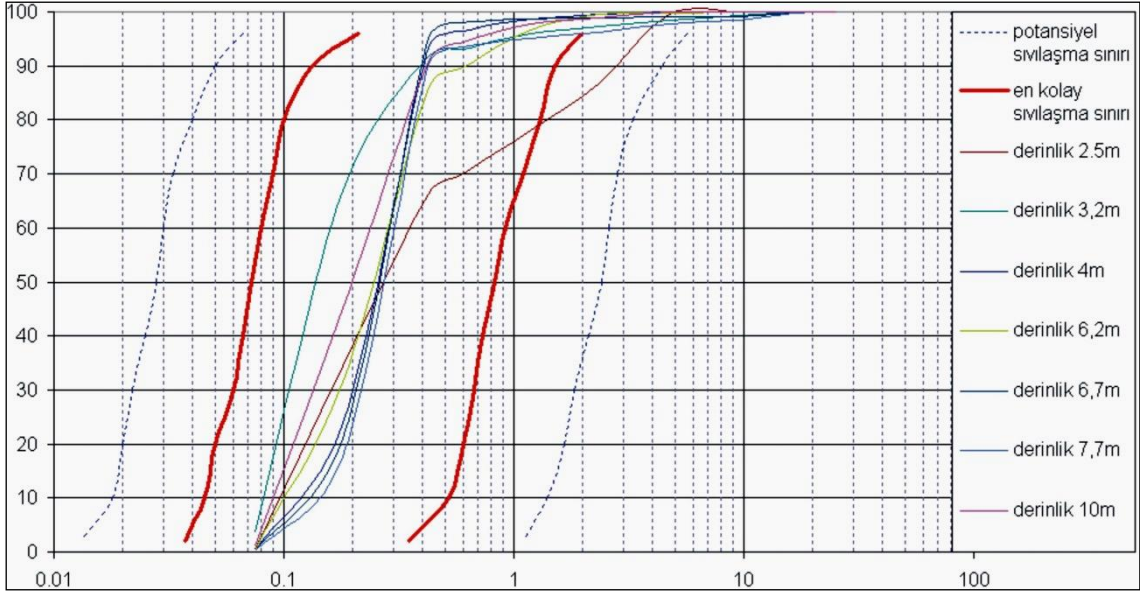
3.7.4. Zeminlerin fiziksel özellikleri

İnceleme alanı içerisindeki zeminlerin çeşitli fiziksel özellikleri incelenmiş, sondaj ve gözlem çukurlarından alınan numuneler üzerinde Atterberg (Kıvam) limitlerinin belirlenebilmesi için deneyler yapılmıştır. Ancak, uygun olmadığı için bazı numunelerin kıvam limitleri belirlenememiştir. Sondajlardan elde edilen numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucu likit limit değerlerinin %14-43 arasında gözlem çukurlarından elde edilen numunelerin ise %15-52 arasında değiştiği görülmektedir. Sondaj numunelerinin plastik limit değerleri %17-35, gözlem çukuru numunelerinin plastik limit değerleri ise %10-29 arasında bulunmuştur. Plastisite indisi değerleri ise sondaj numunelerinde %1-12 gözlem çukuru numunelerinde %3-24 arasında hesaplanmıştır.

3.7.5. Tane boyu dağılımları

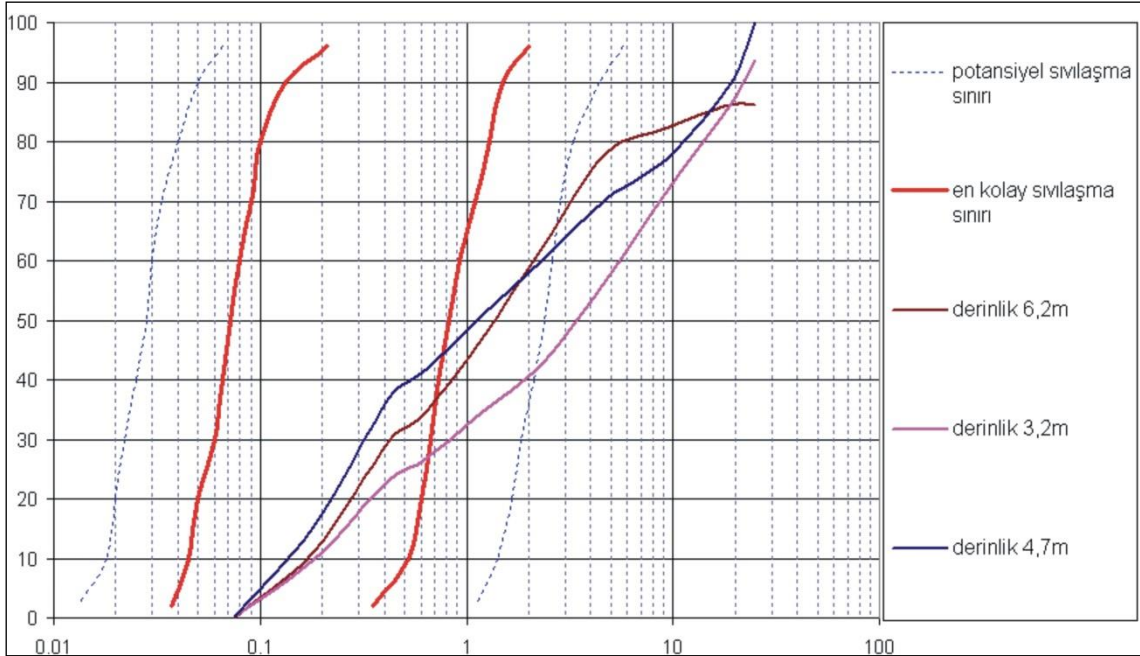
Çalışma alanı içindeki sondajlardan alınan örselenmiş numunelerin tane boyu dağılımları, sıvılaştıran zeminler için Commission on Earthquake Engineering (1985) tarafından önerilen, en kolay ve potansiyel sıvılaşma sınırları, tane boyu dağılımı şekillerinde gösterilmiştir. Tane boyu dağılımlarına göre;

4 numaralı sondaj noktasına ait elek analizi sonuçlarına göre (Şekil 3.18) kum yüzdesinin fazla olduğu görülmektedir. Çakıl %0.5-2.5, kum %90-99 ve kil-silt %0.2-3.6 arasında değişmektedir.



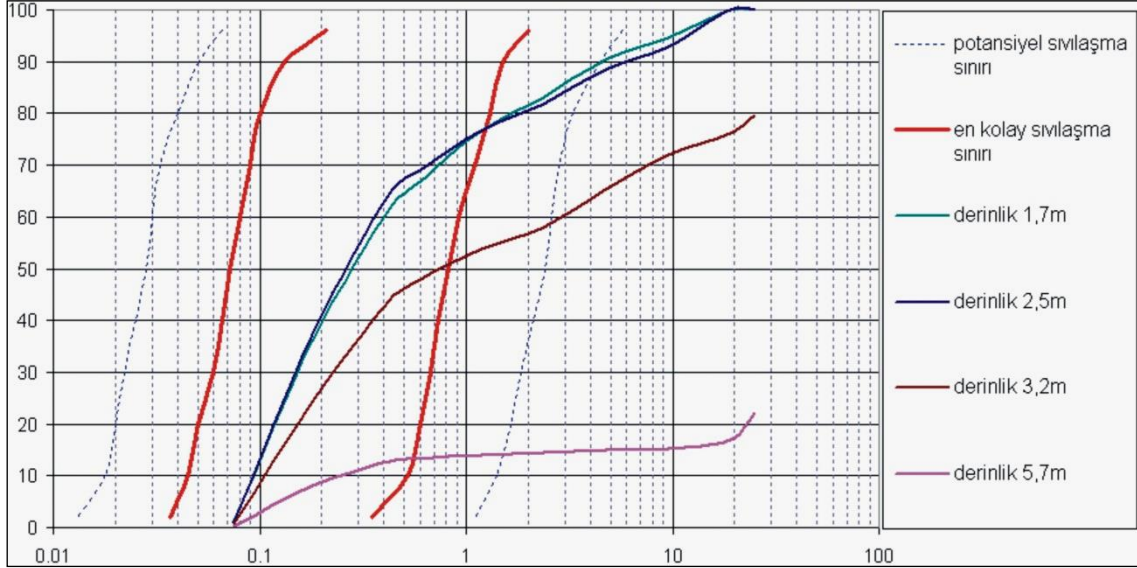
Şekil 3.18: SK 4 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları.

15 numaralı sondaj noktasına ait elek analizi sonuçlarına göre (Şekil 3.19) kum ve çakıl yüzdesinin fazla olduğu görülmektedir. Çakıl %21-43, kum %56-77 ve kil-silt oranı ise % 1 in altında değişim göstermektedir.



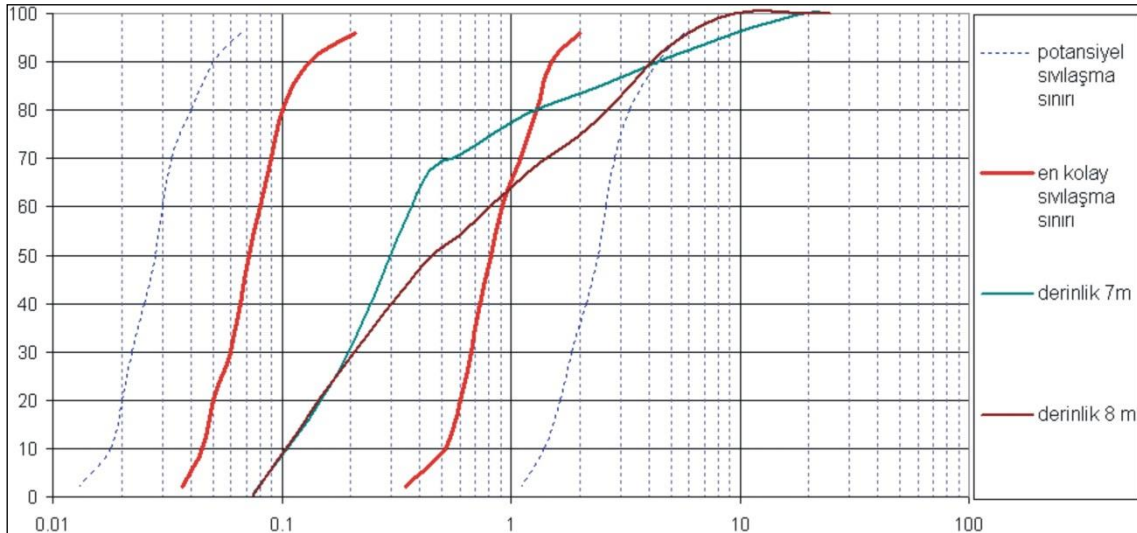
Şekil 3.19: SK 15 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları.

22 numaralı sondaj noktasına ait elek analizi sonuçlarına göre (Şekil 3.20), çakıl %9-84, kum %14-89 ve kil-silt %0.2-2 arasında değişmektedir.



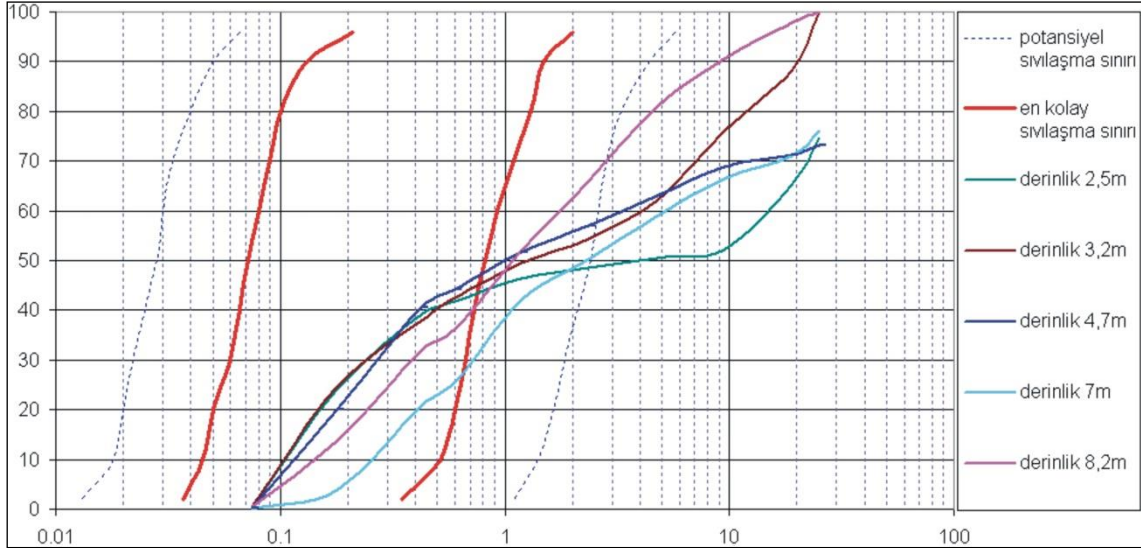
Şekil 3.20: SK 22 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları.

24 numaralı sondaj noktasına ait elek analizi sonuçlarına göre (Şekil 3.21) kum yüzdesinin fazla olduğu görülmektedir. Çakıl %7-9, kum %90-92 ve kil-silt oranı ise %1 in altında değişim göstermektedir.



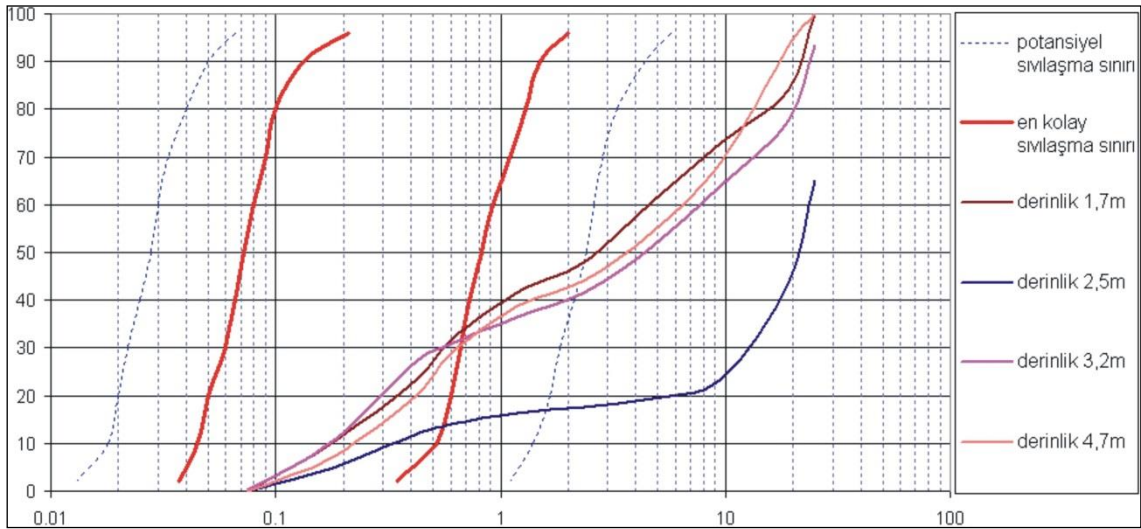
Şekil 3.21: SK 24 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları.

25 numaralı sondaj noktasına ait elek analizi sonuçlarına göre (Şekil 3.22) kum ve çakıl yüzdesinin fazla olduğu görülmektedir. Çakıl %19-49, kum %50-80 ve kil-silt oranı ise % 1 in altında değişim göstermektedir.



Şekil 3.22: SK 25 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları.

26 numaralı sondaj noktasına ait elek analizi sonuçlarına göre (Şekil 3.23) kum ve çakıl yüzdesinin fazla olduğu görülmektedir. Çakıl %19-80, kum %19-60 ve kil-silt oranı % 1 in altında değişim göstermektedir.



Şekil 3.23: SK 26 nolu sondaj kuyusundan alınan numunelerin tane boyu dağılımları.

3.7.6. Deprem durumu

Türkiye, M.Ö. 2000 yılından bu yana kayıtlarına rastlanan hasar yapıcı depremlere maruz kalmıştır (Çizelge 3.2). Deprem tehlike analizlerinin esasını teşkil eden diri fayların sismik olarak segmentlere ayrılmasına bir yaklaşımda bulunmak amacıyla, Türkiye ve civarında oluşmuş depremlerin sayıları, 1 x 1 derecelik alanlardaki dağılımları ayrı ayrı olarak incelenmiştir. Bu diyagramlara ve tabloya bakıldığında diğer bölgelere göre ana tektonik hatlar boyunca deprem sayılarında belirgin farklılıklar görülmektedir. Ana tektonik hatlar boyunca oluşmuş depremlerin sayıları birbirleri ile karşılaştırıldığında, Helenik-Kıbrıs Yayı bölgesi ile Ege Graben Sistemi içerisinde meydana gelmiş depremlerin sayıca oldukça fazla oldukları gözlenmektedir (Demirtaş ve Yılmaz, 2002).

Çizelge 3.2: Denizli ve yakın çevresinde meydana gelen tarihi depremler (Çelik, 2003).

| TARİH | YARATTIĞI HASAR |
|---------|---|
| MS. 17 | Hierapolis kentinin yıkılması. |
| MS. 60 | Pamukkale'deki bazı yapılarda yıkılmalar. |
| MS. 700 | Pamukkale antik kentinde çeşitli hasarlar. |
| 1358 | Pamukkale antik kentinde ağır hasarlar. |
| 1717 | Denizli-Sarayköy-Honaz arasındaki köylerde ağır hasarlar, 6000 ölü. |
| 1878 | Denizli ve Pamukkale'de önemli hasarlar. |
| 1899 | Aydın ve Denizli illerinde ağır hasar, 1117 ölü. |

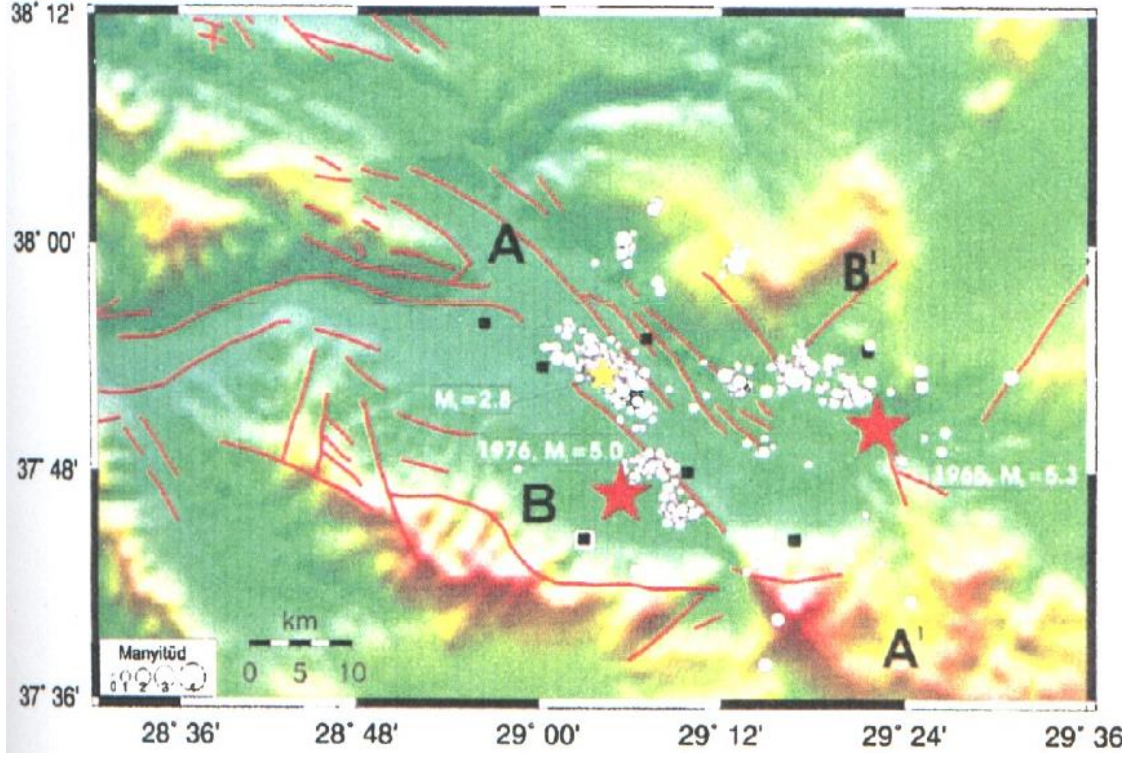
Sismik etkinliğin uzun süre içerisinde nasıl değiştiğini anlamak ve depremlerin uzun süreli tahminlerine bir yaklaşımda bulunmak amacıyla 1900-1995 yılları arasında meydana gelmiş magnitüdü $M_s > 5.5$ olan depremlerin 20 yıllık dönemler içerisindeki dağılımları incelendiğinde, 1900 yılından itibaren günümüze doğru sismik etkinlik, Helenik-Kıbrıs yayından kuzeye Ege graben sistemine doğru kaymıştır. Bu bölgede 1900-1920 yılları arasındaki evrede sismik etkinlikte göreceli bir artış, 1920-1960 yılları arasındaki evrede sismik etkinlikte önemli bir artış ve 1960-Günümüz arasında ise sismik etkinlikte göreceli bir azalma görülmektedir (Demirtaş ve Yılmaz, 2002). Ancak 2000 yılından bu yana meydana gelen deprem kayıtlarına bakıldığında, bu bölgedeki sismik etkinlikte bir artış olduğu söylenebilir.

Çizelge 3.3: Denizli ilinde 1900 yılı ve sonrası meydana gelen magnitüdü 4.5 ve üzerindeki depremler (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Dairesi verileri).

| Tarih | Magnitüd | Yer |
|------------|----------|---------|
| 20.09.1900 | 5 | Denizli |
| 20.11.1922 | 4,8 | Denizli |
| 11.09.1923 | 4,9 | Denizli |
| 07.08.1925 | 5,9 | Denizli |
| 08.05.1929 | 4,6 | Denizli |
| 17.09.1933 | 5,7 | Çivril |
| 21.12.1945 | 6,8 | Denizli |
| 10.08.1948 | 5,1 | Denizli |
| 21.06.1961 | 5,4 | Denizli |
| 11.03.1963 | 5,5 | Denizli |
| 13.06.1965 | 5,7 | Honaz |
| 17.06.1965 | 4,5 | Denizli |
| 02.12.1965 | 4,6 | Denizli |
| 29.03.1966 | 4,9 | Denizli |
| 19.07.1967 | 4,9 | Denizli |
| 25.07.1967 | 4,5 | Denizli |
| 13.11.1967 | 4,5 | Denizli |
| 28.03.1970 | 4,8 | Denizli |
| 20.02.1971 | 4,5 | Denizli |
| 19.08.1976 | 4,9 | Denizli |
| 24.02.1989 | 4,8 | Honaz |
| 18.07.1990 | 5,2 | Çameli |
| 18.08.1995 | 4,9 | Kaklık |
| 21.04.2000 | 5,2 | Honaz |
| 01.10.2000 | 4.7 | Denizli |

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) na bağlı Marmara Araştırma Merkezi (MAM) nin 2000 yılında Denizli şehir merkezine yakın bölgede yaptığı ve aynı yılın Eylül ayına ait mikro depremler incelendiğinde, üç ayrı deprem kümelenmesinin olduğu görülmektedir (Şekil 3.25). Bunlar yoğunluk sırasıyla KB-GD yönlü olarak Denizli Havzasının kuzey sınırında Pamukkale Üzerlik Köyü arasında, Denizli Kaleköy arasında ve D-B yönlü doğu ucunu Karapınar Köyünün oluşturduğu kümelerdir (Özalaybey ve diğ., 2000). Aynı çalışma sonucuna göre, Denizli havzasını sınırlayan güneydeki ana sınır graben faylarında ve Büyük Menderes Grabeninin doğu ucundaki sınır faylarda herhangi bir sismik hareketlilik görülmemiştir.

İnceleme alanının kuzey kesimleri yukarıda sözü edilen mikro deprem kümelerinin bulunduğu alanlardan birisi içerisinde yer almaktadır. Yapılaşmada bu konunun dikkate alınarak, bu bölgede yüksek yapılaşmanın yapılmaması daha uygun görülmektedir.



Şekil 3.25: Denizli ve yakın çevresindeki Eylül-2000 dönemine ait mikro depremler (Özalaybey ve diğ., 2000).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SIVILAŞMA POTANSİYELİ ANALİZLERİ

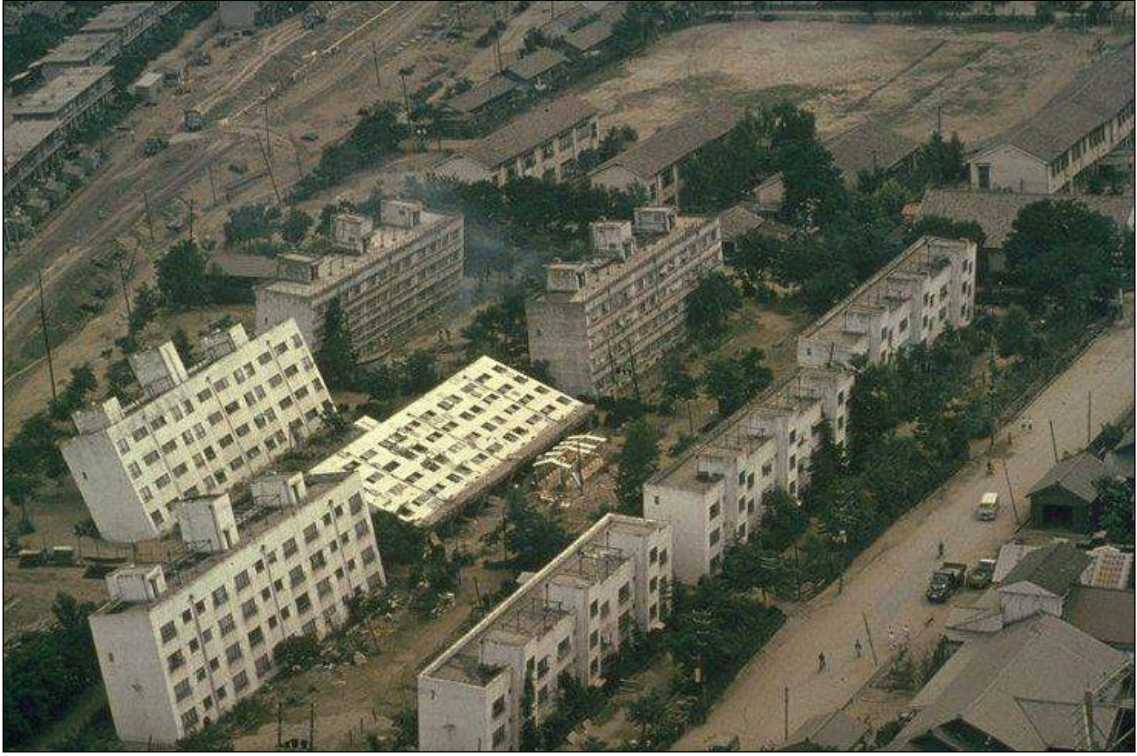
4.1. Giriş

İlk kez 1953 yılında Japon araştırmacılar Mogami ve Kubo tarafından ortaya atılan sıvılaşma sözcüğü, tarihsel süreçte; suyun zemin ortamından uzaklaşmadığı koşullar altında, suya doymun kohezyonsuz zeminlerin tekdüze, geçici veya tekrarlanmalı şekilde örselenmesinden kaynaklanan zemin deformasyonlarını kapsayan davranış biçimlerinin tümü için, ayırım yapılmaksızın, kullanıla gelmiştir (Ulusay, 2000). Genelde, jeolojik açıdan genç ve gevşek alüvyal çökellerde, kumlu, siltli kumlu tane boyutundaki çökellerin depolandığı alanlarda ve yeraltı suyu seviyesinin en fazla 10 m. derinlikte olduğu ortamlar, sıvılaşmanın meydana geldiği ortamlardır.

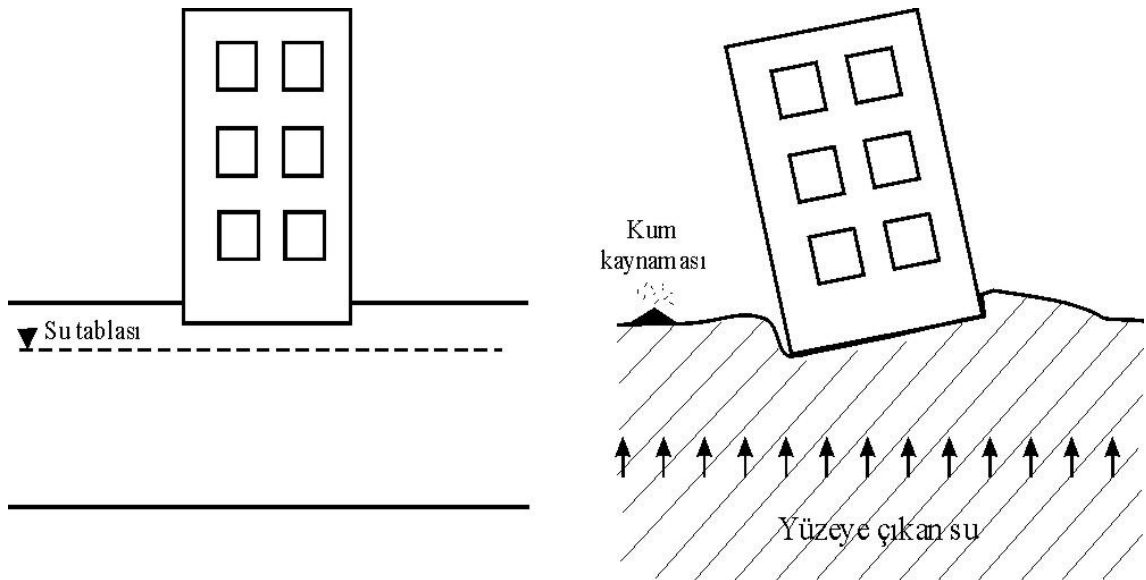
4.2. Sıvılaşma ile Meydana Gelen Zemin Duraysızlıkları

4.2.1. Zeminin taşıma gücünü yitirmesi

Sıvılaşma ile dayanımını yitirmeye başlayan zemin, yapının aktardığı yükleri taşıyamaz hale gelir ve sonuç olarak zemin üzerindeki yapılar değişik yönlerde yatar veya devrilir. 1964' de meydana gelen ve Richter ölçeğine göre büyüklüğü 7.3 olan Niigata (Japonya) depreminde sıvılaşma etkisi ile binaların yana yattığı görülmüş (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2) ve bu depremden sonra araştırmacılar sıvılaşma olgusu üzerine eğilmiş ve günümüze değin bu çalışmalar devam etmiştir. Zeminin taşıma gücünü yitirmesiyle binalar gibi ağır yapıların hasar görmesi yanında, zemine gömülü tanklar, borular v.b. hafif yapılarda sıvılaşma etkisi ile yükselme ve buna bağlı kırılma ve bükülmeler görülebilmektedir.



Şekil 4.1: 1964 Niigata depreminde zemin sıvılaşmasına bağlı olarak binaların oturması ve devrilmesi (Steinbrugge Collection, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley).



Şekil 4.2: Sıvılaşma ile zeminin taşıma gücünü yitirmesi ve yapının yana yatması (Ulusay, 2001).

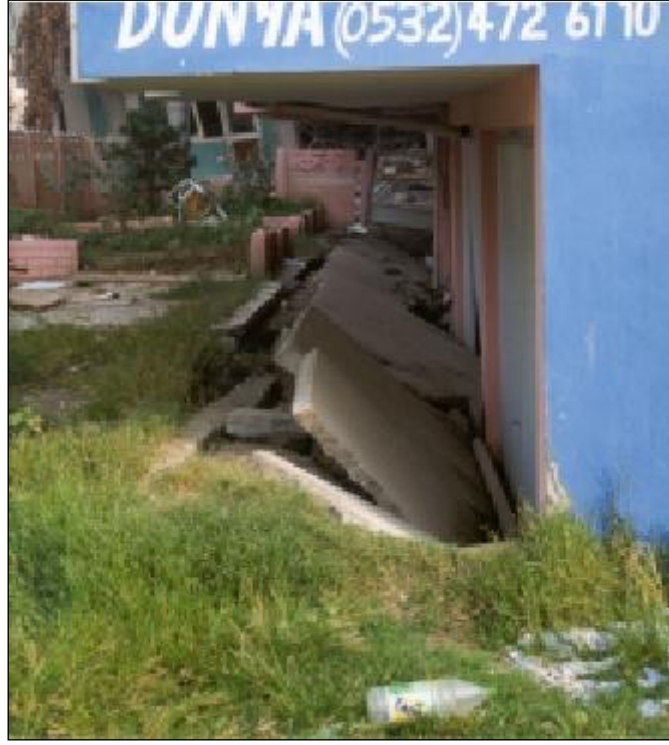


Şekil 4.3: Zeminin taşıma gücünü yitirmesi (17 Ağustos 1999 Kocaeli-İzmit depremi).

4.2.2. Zeminin oturması

Sıvılaşma esnasında tanelerin gösterdikleri bir araya gelme ve uzaklaşma eğilimi ve taşıma gücünün yitirilmesi ile zemin yüzeyinde oturmalar ve binalarda yana yatmalar görülür (Şekil 4.4). 1999 Kocaeli depremi etkisi ile Adapazarı ve Yalova'da hasarlar oluşmuştur. 120 km. uzunluğundaki fay boyunca geniş yayımlı sıvılaşmalar meydana gelmiştir (Aydan ve diğ., 2000b).

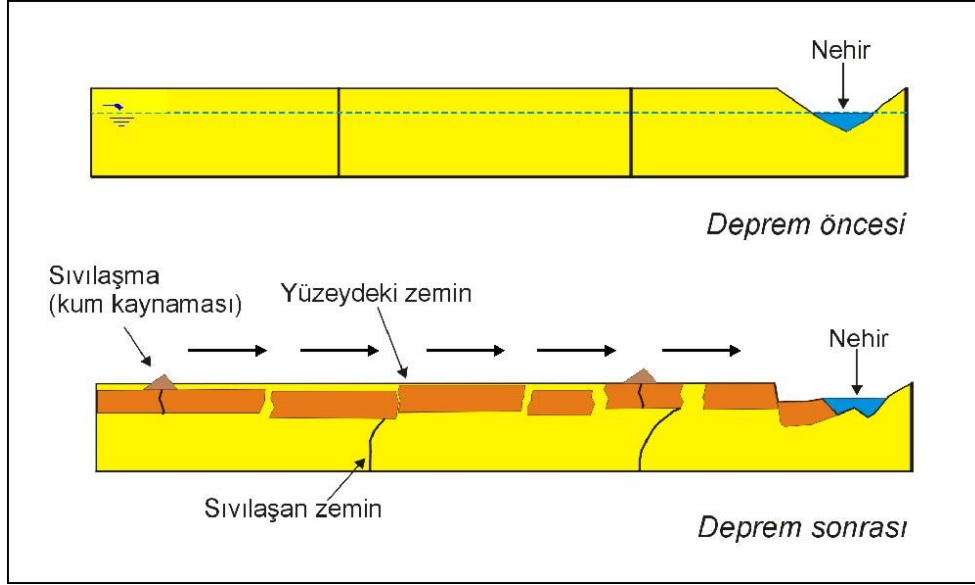




Şekil 4.4: 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı ilinde zemine batmış binalar

4.2.3. Yanal yayılma

Yanal yayılma, sıvılaştıran zemin seviyesinin üzerinde bulunan zemin katmanlarının geniş bloklara ayrılması ve ayrılan blokların yanıl yönde hareket etmesi olarak tanımlanabilir. Yanal yayılma, eğimi % 3-5 olan yüzeyler boyunca ve nehir yatağı, göl veya deniz kıyısı gibi harekete engel olmayacak serbest yüzeylere doğru gelişir. Hareket sonucunda zeminde fisürler, kırıklar, küçük çöküntüler ve yükselmeler meydana gelir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).



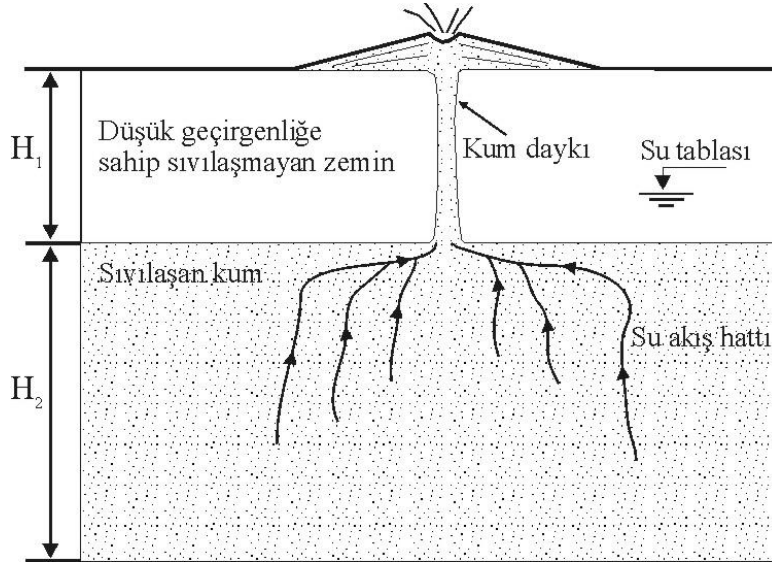
Şekil 4.5: Yanal yayılmanın gelişimi (Obermeier, 1996'dan değiştirilerek).



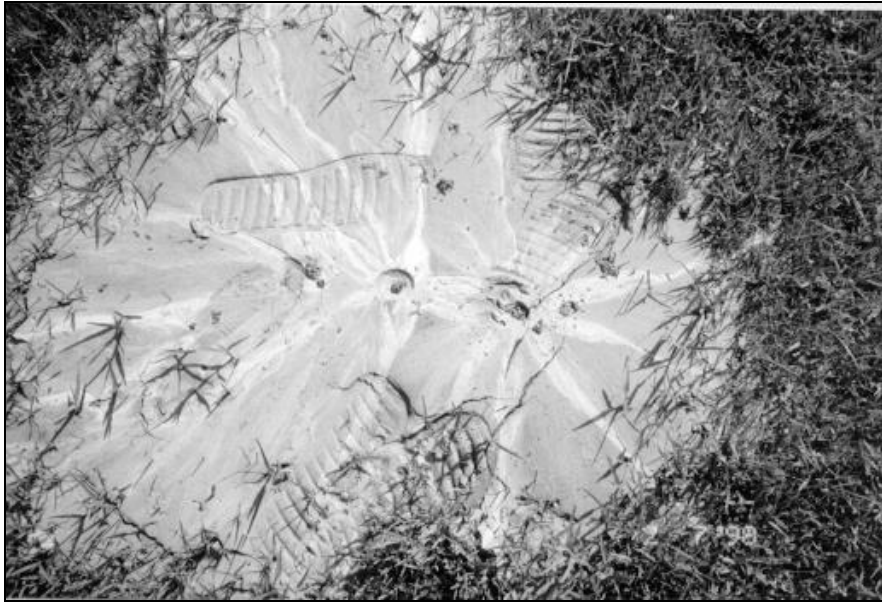
Şekil 4.6: 1999 Kocaeli depreminde, Gölcük-Kavaklı'da yan al yayılma ile denize sürüklenen sahil yolu (Ulusay, 2000).

Ülkemizde, diğ er bir çok depremde oldu ğ u gibi, 1998 Adana-Ceyhan'da meydana gelen, Richter ölçe ğ ine göre 6.3 büyüklü ğ undeki depremde Ceyhan nehri kenarlarında geniş alanlarda sıvılaşma meydana gelmiştir (Ulusay ve diğ ., 2000). Sıvılaşt an zemin her durumda yüze ye ulaşamayabilir. Bu durum sıvılaşt an zemin tabakasının kalınlı ğ ına, sıvılaşmaya yatkın zemin tabakası üzerinde sıvılaşmaya yatkın olmayan baş ka bir zemin

tabakasının varlığına ve bu tabakanın kalınlığına bağlıdır (Şekil 4.7). Ceyhan'da sıvılaştıran kumun yeryüzüne çıkması ile kum volkanları oluşmuştur (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). 1999 Kocaeli ve Bolu-Düzce depremlerinde meydana gelen hasarlarla sıvılaşma geniş kitlelerin ilgisini çekmiştir. 3 Şubat 2003 tarihinde Çay-Eber'de meydana gelen 6.0 büyüklüğündeki (Richter ölçeği) depremde de sıvılaşma sığ derinliklerde (1-1,5m) görülmüş ve bazı yerlerde sıvılaşmanın yüzeysel belirtilerinin olmayışı yüzeye yakın kalın killi ve siltli zemin tabakalarının varlığına bağlanmıştır (Ulusay ve diğ., 2002).



Şekil 4.7: Sıvılaştıran kumun yüzeye çıkışı (Obermeier, 1996'dan değiştirilerek).



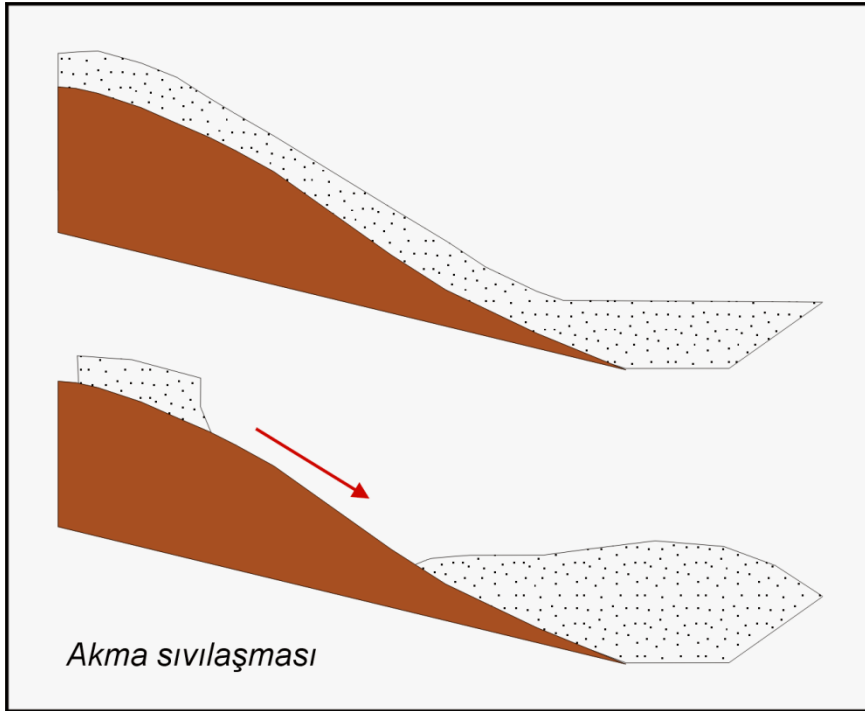
Şekil 4.8: 1998 Adana-Ceyhan depreminde sıvılaşma sonucu oluşmuş küçük boyutlu kum volkanları (Fotoğraf: Halil Kumsar).



Şekil 4.9: 1998 Adana-Ceyhan depremi neticesinde Ceyhan nehrinin sağ sahilinde meydana gelen zemin sıvılaşması ile yüzeyde oluşan kum kaynaması.

4.2.4 Akma sıvılaşması

Akma sıvılaşması, eğimi % 5'den büyük yüzeyler boyunca gerçekleşir. Hareket esnasında çok geniş zemin kütleleri çok kısa sürede hızlı olarak, onlarca kilometre hareket edebilirler. Akma tamamen sıvılaşmış bir zeminde meydana gelebileceği gibi, sıvılaşan zemin üzerinde yer alan daha sert bir malzemeye ait blokların hareket etmesiyle de meydana gelebilir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).



Şekil 4.10: Eğimli bir temel üzerindeki gevşek malzemenin sıvılaşma ile akması (Çelik,2003).



Şekil 4.11: 1999 Kocaeli depreminde, Değirmendere’de denize doğru gelişen akma sızılaşması (Ulusay, 2000).

4.3. Sızılaşma Duyarlılığının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Sızılaşma duyarlılığının belirlenmesinde arazi ve laboratuvar deneylerine bağlı birçok analiz yöntemi literatürde mevcuttur. Laboratuvarda yapılan dinamik üç eksenli deneylerde gerek örselenmemiş numune alımı gereksede deneyin uzun zaman alıcı ve pahalı olması nedeni ile sızılaşma potansiyelinin araştırılmasında yaygın olarak arazi deneyleri tercih edilmektedir. Bu arazi deneylerinden başlıca Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ve Konik Penetrasyon Deneyi (CPT) en yaygın olarak kullanılan arazi deneyleri olup, Beker Penetrasyon Deneyi (BPT), Kayma Dalga Hızına (V_s) bağlı analiz yöntemleri de sızılaşma analizlerinde kullanılmaktadır.

Bu tez kapsamında inceleme alanının sızılaşma duyarlılığının belirlenmesinde arazide elde edilen SPT darbe sayıları kullanılmıştır. İnceleme alanında 21 adet SPT deneyi verisi bulunan sondaj kuyusu mevcuttur. Günümüze değin SPT darbe sayılarına bağlı sızılaşma analizlerinde bilinen temel iki yöntem; Tokimatsu and Yoshimi (1983) ve Seed and DeAlba (1986) yöntemleriydi. Bu çok bilinen iki yöntem ve diğer çalışmacıların önerdiği yöntemlerin yanında 1996 ve 1998 yıllarında zeminlerin sızılaşma dirençlerinin belirlenmesi ve dünya çapında bu konuda bir standart yöntem

oluşturulması amacı ile bu konuda çalışan 20 uzman T. Leslie Youd ve I. M. Idriss başkanlığında NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research) bünyesinde toplanmıştır. Bu toplantılar sonucunda önceki yaklaşımlar ve yöntemler değerlendirilmiş ve araştırmacılar tarafından gerekli görülen düzeltme ve eklemelerle birlikte “Youd ve diğ., 2001” yayınlanmıştır.

Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi, zeminin sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Güvenlik katsayısı, zeminin sıvılaşması için gerekli tekrarlı direnç oranının (CRR), depremin oluşturduğu tekrarlı gerilim oranına (CSR) bölünmesi ile bulunur (Youd ve diğ., 2001).

Deprem sırasında meydana gelen tekrarlı gerilim oranı CSR, bağıntı 4.1 ile hesaplanmaktadır.

$$CSR = (\tau_{av} / \sigma'_{vo}) = 0.65 * (a_{maks} / g) * (\sigma_{vo} / \sigma'_{vo}) * r_d \quad (4.1)$$

Burada,

τ_{av} / σ'_{vo} (CSR) : Depremin oluşturduğu tekrarlı gerilim oranı.

a_{maks} : En büyük yer ivmesi (cm/sn^2).

g : Yerçekimi ivmesi (cm/sn^2).

σ_{vo} : Toplam örtü gerilimi (kPa).

σ'_{vo} : Efektif örtü gerilimi (kPa).

r_d : Gerilim azaltma faktörü.

r_d , derinlikle (z) değişen bir faktör olup 9.15 m. derinliğe kadar bağıntı 4.2, 9.15 m. ile 23 m. arasındaki derinliklerde ise bağıntı 4.3 ile hesaplanmaktadır.

$$z \leq 9.15 \text{ m için } r_d = 1.0 - 0.00765z \quad (4.2)$$

$$9.15 < z \leq 23 \text{ m için } r_d = 1.174 - 0.00267z \quad (4.3)$$

Zeminin sıvılaşmaya karşı olan tekrarlı direnç oranını (CRR) hesaplamada, önceki paragraflarda bahsedildiği gibi SPT darbe sayıları kullanılmıştır. SPT deneyinden elde edilen darbe sayıları (N) bilindiği gibi bir dizi düzeltmeye tabi tutularak, düzeltilmiş SPT darbe sayısı $((N_1)_{60})$ belirlenmektedir. Bu düzeltmeler; örtü yükü düzeltmesi (C_N), tij enerji oranı düzeltmesi (C_E), kuyu çapı düzeltmesi (C_B), deney sırasında kullanılan tij uzunluğu düzeltmesi (C_R) ve iç gömlek (tüp) düzeltmesidir (C_S). Youd ve diğ., (2001) tarafından önerilen SPT düzeltme katsayıları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Örtü yükü düzeltmesi (C_N) için Youd ve diğ., (2001) tarafından önerilen formül (4.4) kullanılmıştır.

$$C_N = 2.2 / (1.2 + (\sigma'_{vo}/P_a)) \quad (4.4)$$

Burada,

P_a : Atmosferik basınç (100 kPa).

σ'_{vo} : Efektif örtü gerilimi (kPa)’dir.

Türkiye’de kullanılan Donut tipi şahmerdanın enerji oranı (E_r) % 45 dir. Tij enerji oranı düzeltmesi (C_E) bağıntı 4.5 ile hesaplanır.

$$C_E = E_r / 60 \quad (4.5)$$

SPT deneyinin yapıldığı her seviye için düzeltilmiş darbe sayılarını $((N_1)_{60})$ bulmak için aşağıdaki ifade kullanılmaktadır.

$$(N_1)_{60} = N \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \quad (4.6)$$

Çizelge 4.1: SPT darbe sayılarını düzeltmede kullanılan katsayılar (Youd ve diğ., 2001).

| | | Katsayı |
|--|-------------------------------------|---------|
| Kuyu çapı (C _B) | 65-115 mm | 1.0 |
| | 150 mm | 1.05 |
| | 200 mm | 1.15 |
| Tij uzunluğu (C _R) | < 3 m | 0.75 |
| | 3-4 m | 0.8 |
| | 4-6 m | 0.85 |
| | 6-10 m | 0.95 |
| | 10-30 m | 1.0 |
| İç gömlek kullanımı (C _S) | Standart numune alıcı | 1.0 |
| | İç gömlek kullanılmadığı durumlarda | 1.1-1.3 |

Youd ve diğ., (2001), SPT'ye göre sınılaşma analizinde ince tane oranının (<0.075mm) artışı ile CRR'nin arttığını belirtmiş ve düzeltilmiş SPT darbe değerlerinin ((N₁)₆₀), zeminin içerdiği ince tane oranına (İTO) göre yeni bir düzeltme önermişlerdir ((N₁)_{60cs}).

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta \cdot (N_1)_{60} \quad (4.7)$$

α ve β aşağıdaki formüllerle hesaplanan katsayılardır.

$$\text{İTO} \leq \% 5 \text{ ise } \alpha = 0, \beta = 1.0 \quad (4.7.a)$$

$$\% 5 < \text{İTO} < \% 35 \text{ ise } \alpha = \exp(1.76 - (190 / \text{İTO}^2)), \beta = (0.99 + (\text{İTO}^{1.5} / 1.000)) \quad (4.7.b)$$

$$\text{İTO} \geq \% 35 \text{ ise } \alpha = 5.0, \beta = 1.2 \quad (4.7.c)$$

Düzeltilmiş SPT darbe sayılarını kullanarak zeminin tekrarlı direnç oranı (CRR) eşitlik 4.8 kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu eşitlik (N₁)₆₀ değerlerinin 30 dan küçük olduğu durumlarda geçerlidir, (N₁)₆₀ ≥ 30 olduğu durumlarda zeminler sınılaşma için çok sıkıdır ve sınılaşmaz olarak nitelendirilir (Youd ve diğ., 2001).

$$\text{CRR}_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (4.8)$$

Bu eşitlik, dünyanın farklı yerlerinde (Amerika, Japonya, Çin) meydana gelmiş 7.5 büyüklüğündeki depremler sırasında zeminde gelişmiş tekrarlı gerilim oranları (CSR) ve $(N_1)_{60}$ verilerinin bir grafikte, ince tane oranının $\leq \% 5$, $\% 15$ ve $\% 35$ olduğu durumlar için çizilmesiyle elde edilmiştir. SPT temiz kum eğrisi olarak adlandırılan ve ince tane oranının ≤ 5 olduğu CRR eğrisi hesaplamalarda kullanılmaktadır (Şekil 4.11).

7.5 büyüklüğündeki bir deprem için hesaplanan $CRR_{7.5}$ değerlerinin incelenen bölgede öngörülen deprem büyüklüğüne göre düzeltilmesi gerekmektedir. Bu düzeltme için Youd ve diğ., (2001) tarafından revize edilmiş büyüklük ölçeklendirme (düzeltme) faktörü (MSF) önerilmiştir (4.9).

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad (4.9)$$

Burada;

M_w : İnceleme alanında beklenen moment magnitüdü cinsinden deprem büyüklüğüdür.
Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı (FS) aşağıdaki ifadeyle (4.10) hesaplanmaktadır.

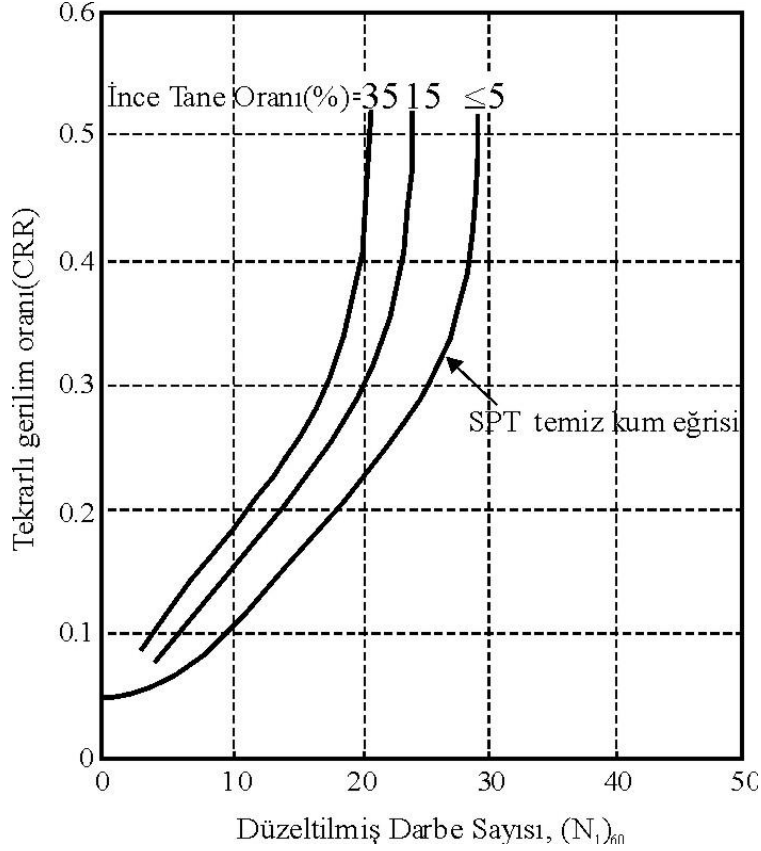
$$FS = \left(\frac{CRR_{7.5}}{CSR} \right) \cdot MSF \quad (4.10)$$

Hesaplanan FS değerleri aşağıdaki aralıklara göre değerlendirilmektedir;

$FS \leq 1$ Sıvılaşma

$1 < FS \leq 1.2$ Potansiyel sıvılaşma

$FS > 1.2$ Sıvılaşma gerçekleşmez



Şekil 4.12: Dünyanın değişik yerlerinde meydana gelmiş 7.5 büyüklüğündeki depremlerden elde edilen sıvılaşma verileri düzeltilmiş SPT darbe sayıları arasındaki ilişki (Youd ve diğ., 2001).

Zeminlerin sıvılaşma duyarlılığının güvenlik katsayısı ile değerlendirilmesinin yanında, Iwasaki ve diğ. (1978) tarafından önerilen sıvılaşma potansiyeli indeksi (SPI) ile sıvılaşma potansiyeli çok düşükten çok yükseğe kadar değişik derecelere ifade edilebilmektedir. Sıvılaşma potansiyeli indeksi, Iwasaki ve diğ. (1978) tarafından sıvılaşmanın bir temel hasarı meydana getirip getiremeyeceğinin tahmini için geliştirmiştir. Yazarlar, Japonya’da altı depremin meydana geldiği toplam 85 inceleme alanında SPT sonuçlarını kullanmışlar ve bu alanların 63’ünde sıvılaşma görmüşler, 22’sinde ise sıvılaşmaya rastlamamışlardır. Sıvılaşma potansiyeli indeksi olarak önerdikleri formül şöyledir.

$$SPI = \int_0^{20m} Fw(z)dz \quad (4.11)$$

Burada,

Eğer $FS < 1$ ise, $F = 1 - FS$

Eğer $FS > 1$ ise, $F = 0$

Eğer $z < 20$ m ise, $w = 10 - 0.5z$

Eğer $z > 20$ m ise, $w = 0$

Denklem 4.11 değişik zemin tabakalarının mevcut olduğu durumlarda SPI değerlerinin SPT sonuçlarıyla hesaplanması gerektiğinde şöyle ifade edilebilir.

$$SPI = \sum_{i=1}^n (F.w.H)_i \quad (4.12)$$

Burada,

Eğer $FS < 1$ ise, $F = 1 - FS$

Eğer $FS > 1$ ise, $F = 0$

Eğer $z < 20$ m ise, $w = 10 - 0.5z$

Eğer $z > 20$ m ise, $w = 0$

n : değerlendirilen zemin tabakalarının sayısı

z : zemin yüzeyinden itibaren seviyelerin orta noktasının derinliği (m)

H : seviye kalınlığı (m)

w : derinlikle değişen sıvılaşma potansiyeli azaltma faktörü

Bir sondaj profilinde her seviye için ayrı ayrı hesaplanan SPI değerleri toplanarak o sondaj için sıvılaşma potansiyeli indeksi belirlenir. Hesaplanan sıvılaşma potansiyeli indeksi değerleri Iwasaki ve diğ., (1978, 1982) tarafından önerildiği gibi Çizelge 4.2’de verilen aralıklara göre derecelenmiştir. Toprak ve Holzer (2003), yaptığı çalışmada Konik Penetrasyon Deney sonuçlarını, Monterey Bay, Kaliforniya, Amerika Birleşik Devletleri, bölgesinde uygulamışlar ve SPI değerinin 5 ve 15 olduğu durumlarda sıvılaşmanın yüzeyde görülebilme olasılığının sırasıyla % 58 ve % 93 olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.2: Sıvılaşma indeksi değerlerine göre sıvılaşma potansiyeli dereceleri
(Iwasaki ve diğ., 1978, 1982).

| Sıvılaşma İndeksi (SPI) | Sıvılaşma Potansiyeli Derecesi |
|-------------------------|--------------------------------|
| 0 | Çok Düşük |
| $0 < I_L \leq 5$ | Düşük |
| $5 < I_L \leq 15$ | Orta |
| $15 < I_L$ | Yüksek - Çok Yüksek |

4.4. İnceleme Alanı Zeminlerinin Sıvılaşma Duyarlılığının Belirlenmesi

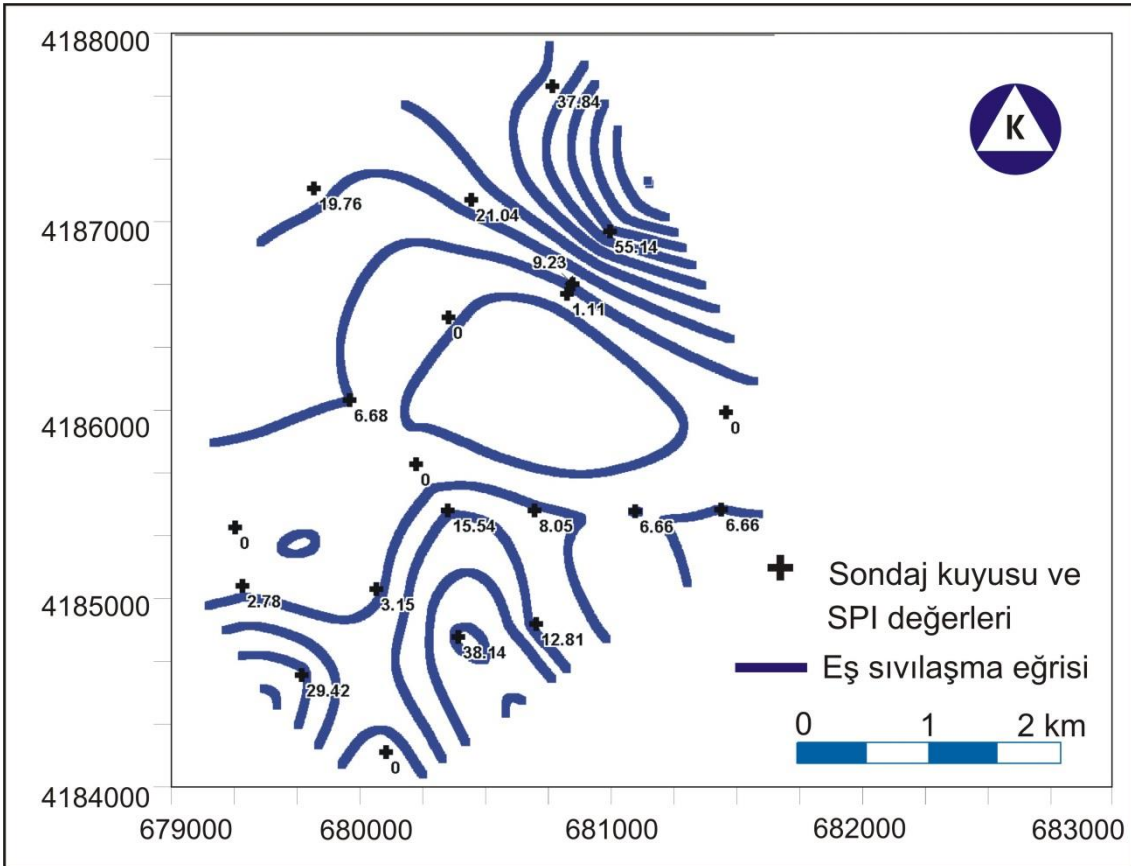
İnceleme alanındaki sondajlar değerlendirilerek, açılan 26 adet kuyudan 21 adet sondaj kuyusu için sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Sıvılaşma analizlerinde Youd ve diğ., (2001)' in önerdiği SPT darbe sayılarının kullanıldığı yöntem kullanılmıştır. SPT verilerine göre hesaplanan güvenlik katsayıları yanında Iwasaki ve diğ., (1978) tarafından önerilen “Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi, (SPI)” her bir sondaj profilindeki katman kalınlıkları dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda her bir sondaj için oluşturulan veri dosyalarının kullanıldığı bilgisayar programından yararlanılmıştır. Öncelikle incelenen seviyelerin tane boyu dağılımları sıvılaşan zeminler için Commission on Earthquake Engineering (1985) tarafından önerilen aralıklara göre değerlendirilmiştir. SPT darbe sayılarının olduğu her seviyede sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı hesaplanmıştır.

Çalışma alanında yapılan sondajlardan elde edilen veriler ışığında bölgeye ait sıvılaşma potansiyel indeks değerleri belirlenmiştir. Bu değerler Yer altı suyu seviyesinin 0.5, 1, 1.5, 2 m., $M_w = 6.3$ büyüklüğünde ve $a_{max} = 400 \text{ cm/sn}^2$ olduğu durumlar için geçerlidir. Bu parametreler değiştirilerek yeni değerlerin hesaplanması mümkündür. Bu koşullarda elde edilen SPI (LPI) değerlerine göre coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılarak (MapInfo) eş sıvılaşma eğrileri oluşturulmuştur. Yer altı suyu yüzeye yaklaştıkça sıvılaşabilen alanların arttığı görülmüştür.

| id | Kuyu_adi | X_Koordinati | Y_koordinati | Z1_Derlilik | LPI | FS_min | YASS | Magnitude | amax_g | KBHA | YBHA | Z_K |
|----|----------|--------------|--------------|-------------|-------|--------|------|-----------|--------|------|------|-----|
| 1 | SK1 | 680,718.6 | 4,185,702.01 | 11 | 0 | 1.9 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 2 | SK2 | 679,673.97 | 4,185,338.51 | 10 | 0 | 1.9 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 3 | SK3 | 680,903.4 | 4,186,549.73 | 11 | 0 | 1.25 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 4 | SK4 | 680,485.81 | 4,184,981.34 | 11 | 3.15 | 0.47 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 5 | SK5 | 681,835.93 | 4,187,047.78 | 11 | 55.14 | 0.2 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 6 | SK6 | 681,504.33 | 4,187,886.17 | 11 | 37.84 | 0.36 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 7 | SK7 | 681,589.67 | 4,186,686.34 | 10 | 1.11 | 0.96 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 8 | SK10 | 682,478.5 | 4,185,440.63 | 10 | 6.66 | 0.76 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 9 | SK11 | 681,984.11 | 4,185,429.81 | 11 | 6.66 | 0.76 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 10 | SK14 | 680,054.91 | 4,184,483.29 | 9.8 | 29.42 | 0.46 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 11 | SK15 | 679,716.01 | 4,184,996.99 | 10.5 | 2.78 | 0.9 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 12 | SK16 | 681,404.41 | 4,185,434.97 | 9.7 | 8.05 | 0.71 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 13 | SK17 | 681,410.9 | 4,184,780.12 | 11 | 12.81 | 0.57 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 14 | SK19 | 680,963.04 | 4,184,703.31 | 9.5 | 38.14 | 0.27 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 15 | SK20 | 680,331.12 | 4,186,072.33 | 10.5 | 6.68 | 0.51 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 16 | SK21 | 680,126.28 | 4,187,297.32 | 10 | 19.76 | 0.38 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 17 | SK22 | 680,899.83 | 4,185,432.92 | 9.6 | 15.54 | 0.44 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 18 | SK23 | 680,544.1 | 4,184,037.28 | 9.3 | 0 | 1.02 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 19 | SK24 | 681,623.32 | 4,186,742.23 | 10.5 | 9.23 | 0.72 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 20 | SK25 | 681,037.23 | 4,187,228.98 | 10.5 | 21.04 | 0.34 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |
| 21 | SK26 | 682,510.19 | 4,186,002.26 | 10 | 0 | 1.31 | 0.5 | 6.3 | 0.4 | 17.6 | 19.7 | |

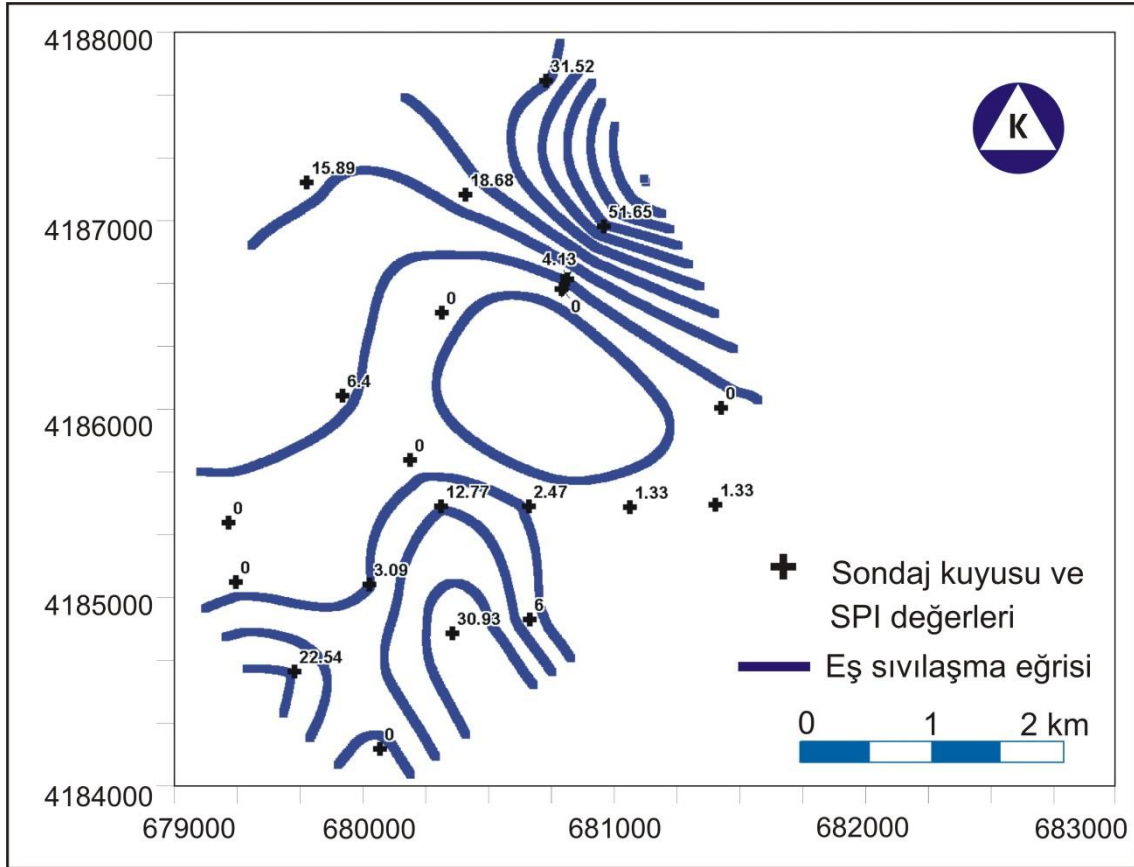
Şekil 4.13: Hesaplanan sıvılaşma potansiyel indeksi (LPI) değerleri.



Şekil 4.14: Eş sıvılaşma eğrileri (YASS= 0.5 m., Şekil 4.13'deki LPI değerlerine göre).

| id | Kuyu_adi | X_Koordinati | Y_koordinati | Z1_Derinalik | LPI | FS_min | YASS | Magnitude | amax_g |
|----|----------|--------------|--------------|--------------|-------|--------|------|-----------|--------|
| 1 | SK1 | 680,718.6 | 4,185,702.01 | 11 | 0 | 1.9 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 2 | SK2 | 679,673.97 | 4,185,338.51 | 10 | 0 | 1.9 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 3 | SK3 | 680,903.4 | 4,186,549.73 | 11 | 0 | 1.53 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 4 | SK4 | 680,485.81 | 4,184,981.34 | 11 | 3.09 | 0.48 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 5 | SK5 | 681,835.93 | 4,187,047.78 | 11 | 51.65 | 0.22 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 6 | SK6 | 681,504.33 | 4,187,886.17 | 11 | 31.52 | 0.37 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 7 | SK7 | 681,589.67 | 4,186,686.34 | 10 | 0 | 1.18 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 8 | SK10 | 682,478.5 | 4,185,440.63 | 10 | 1.33 | 0.93 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 9 | SK11 | 681,984.11 | 4,185,429.81 | 11 | 1.33 | 0.93 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 10 | SK14 | 680,054.91 | 4,184,483.29 | 9.8 | 22.54 | 0.48 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 11 | SK15 | 679,716.01 | 4,184,996.99 | 10.5 | 0 | 1.08 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 12 | SK16 | 681,404.41 | 4,185,434.97 | 9.7 | 2.47 | 0.87 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 13 | SK17 | 681,410.9 | 4,184,780.12 | 11 | 6 | 0.7 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 14 | SK19 | 680,963.04 | 4,184,703.31 | 9.5 | 30.93 | 0.33 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 15 | SK20 | 680,331.12 | 4,186,072.33 | 10.5 | 6.4 | 0.53 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 16 | SK21 | 680,126.28 | 4,187,297.32 | 10 | 15.89 | 0.47 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 17 | SK22 | 680,899.83 | 4,185,432.92 | 9.6 | 12.77 | 0.54 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 18 | SK23 | 680,544.1 | 4,184,037.28 | 9.3 | 0 | 1.25 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 19 | SK24 | 681,623.32 | 4,186,742.23 | 10.5 | 4.13 | 0.77 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 20 | SK25 | 681,037.23 | 4,187,228.98 | 10.5 | 18.68 | 0.42 | 1 | 6.3 | 0.4 |
| 21 | SK26 | 682,510.19 | 4,186,002.26 | 10 | 0 | 1.6 | 1 | 6.3 | 0.4 |

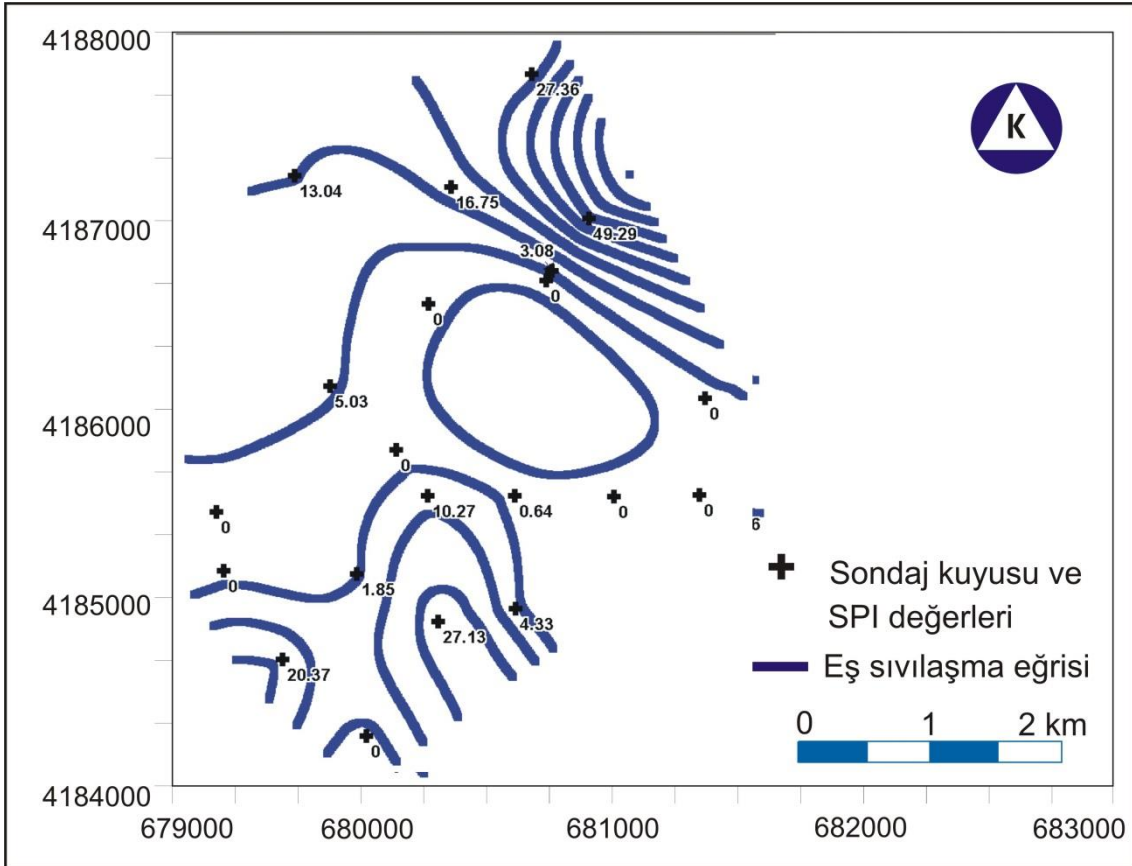
Şekil 4.15: Hesaplanan sıvılaşma potansiyel indeksi (LPI) değerleri.



Şekil 4.16: Eş sıvılaşma eğrileri (YASS= 1 m., Şekil 4.15'deki LPI değerlerine göre).

| id | Kuyu_adi | X_koordinati | Y_koordinati | Z1_Derinlik | LPI | FS_min | YASS | Magnitude | amax_g |
|----|----------|--------------|--------------|-------------|-------|--------|------|-----------|--------|
| 1 | SK1 | 680,718.6 | 4,185,702.01 | 11 | 0 | 1.9 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 2 | SK2 | 679,673.97 | 4,185,338.51 | 10 | 0 | 1.9 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 3 | SK3 | 680,903.4 | 4,186,549.73 | 11 | 0 | 1.58 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 4 | SK4 | 680,485.81 | 4,184,981.34 | 11 | 1.85 | 0.49 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 5 | SK5 | 681,835.93 | 4,187,047.78 | 11 | 49.29 | 0.23 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 6 | SK6 | 681,504.33 | 4,187,886.17 | 11 | 27.36 | 0.39 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 7 | SK7 | 681,589.67 | 4,186,686.34 | 10 | 0 | 1.31 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 8 | SK10 | 682,478.5 | 4,185,440.63 | 10 | 0 | 1.04 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 9 | SK11 | 681,984.11 | 4,185,429.81 | 11 | 0 | 1.04 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 10 | SK14 | 680,054.91 | 4,184,483.29 | 9.8 | 20.37 | 0.5 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 11 | SK15 | 679,716.01 | 4,184,996.99 | 10.5 | 0 | 1.1 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 12 | SK16 | 681,404.41 | 4,185,434.97 | 9.7 | 0.64 | 0.98 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 13 | SK17 | 681,410.9 | 4,184,780.12 | 11 | 4.33 | 0.78 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 14 | SK19 | 680,963.04 | 4,184,703.31 | 9.5 | 27.13 | 0.38 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 15 | SK20 | 680,331.12 | 4,186,072.33 | 10.5 | 5.03 | 0.54 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 16 | SK21 | 680,126.28 | 4,187,297.32 | 10 | 13.04 | 0.53 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 17 | SK22 | 680,899.83 | 4,185,432.92 | 9.6 | 10.27 | 0.63 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 18 | SK23 | 680,544.1 | 4,184,037.28 | 9.3 | 0 | 1.38 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 19 | SK24 | 681,623.32 | 4,186,742.23 | 10.5 | 3.08 | 0.82 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 20 | SK25 | 681,037.23 | 4,187,228.98 | 10.5 | 16.75 | 0.48 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |
| 21 | SK26 | 682,510.19 | 4,186,002.26 | 10 | 0 | 1.74 | 1.5 | 6.3 | 0.4 |

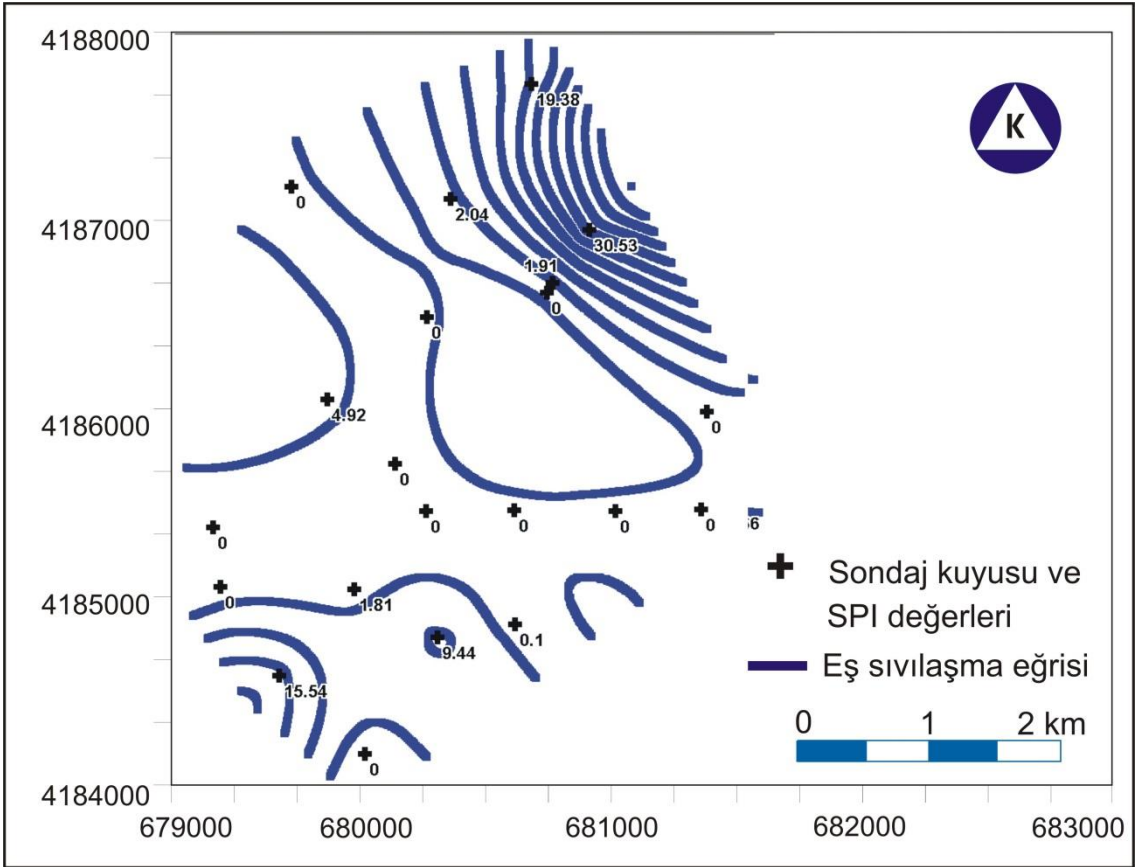
Şekil 4.17: Hesaplanan sıvılaşma potansiyel indeksi (LPI) değerleri.



Şekil 4.18: Eş sıvılaşma eğrileri (YASS= 1.5 m., Şekil 4.17'deki LPI değerlerine göre).

| id | Kuyu_adi | X_Koordinati | Y_koordinati | Z_Koordinati | Z1_Derinlik | LPI | FS_min | YASS | Magnitude | amax_g | K |
|----|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------|--------|------|-----------|--------|---|
| 1 | SK1 | 680,718.6 | 4,185,702.01 | 435 | 11 | 0 | 1.9 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 2 | SK2 | 679,673.97 | 4,185,338.51 | 433 | 10 | 0 | 1.9 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 3 | SK3 | 680,903.4 | 4,186,549.73 | 431 | 11 | 0 | 1.61 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 4 | SK4 | 680,485.81 | 4,184,981.34 | 429 | 11 | 1.81 | 0.5 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 5 | SK5 | 681,835.93 | 4,187,047.78 | 427 | 11 | 30.53 | 0.25 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 6 | SK6 | 681,504.33 | 4,187,886.17 | 425 | 11 | 19.38 | 0.4 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 7 | SK7 | 681,589.67 | 4,186,686.34 | 423 | 10 | 0 | 1.9 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 8 | SK10 | 682,478.5 | 4,185,440.63 | 421 | 10 | 0 | 1.9 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 9 | SK11 | 681,984.11 | 4,185,429.81 | 419 | 11 | 0 | 1.9 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 10 | SK14 | 680,054.91 | 4,184,483.29 | 417 | 9.8 | 15.54 | 0.52 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 11 | SK15 | 679,716.01 | 4,184,996.99 | 415 | 10.5 | 0 | 1.11 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 12 | SK16 | 681,404.41 | 4,185,434.97 | 413 | 9.7 | 0 | 1.9 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 13 | SK17 | 681,410.9 | 4,184,780.12 | 411 | 11 | 0.1 | 0.98 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 14 | SK19 | 680,963.04 | 4,184,703.31 | 409 | 9.5 | 9.44 | 0.41 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 15 | SK20 | 680,331.12 | 4,186,072.33 | 407 | 10.5 | 4.92 | 0.55 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 16 | SK21 | 680,126.28 | 4,187,297.32 | 405 | 10 | 0 | 1.08 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 17 | SK22 | 680,899.83 | 4,185,432.92 | 403 | 9.6 | 0 | 1.9 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 18 | SK23 | 680,544.1 | 4,184,037.28 | 401 | 9.3 | 0 | 1.9 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 19 | SK24 | 681,623.32 | 4,186,742.23 | 399 | 10.5 | 1.91 | 0.88 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 20 | SK25 | 681,037.23 | 4,187,228.98 | 397 | 10.5 | 2.04 | 0.85 | 2 | 6.3 | 0.4 | |
| 21 | SK26 | 682,510.19 | 4,186,002.26 | 395 | 10 | 0 | 1.9 | 2 | 6.3 | 0.4 | |

Şekil 4.19: Hesaplanan sıvılaşma potansiyel indeksi (LPI) değerleri.



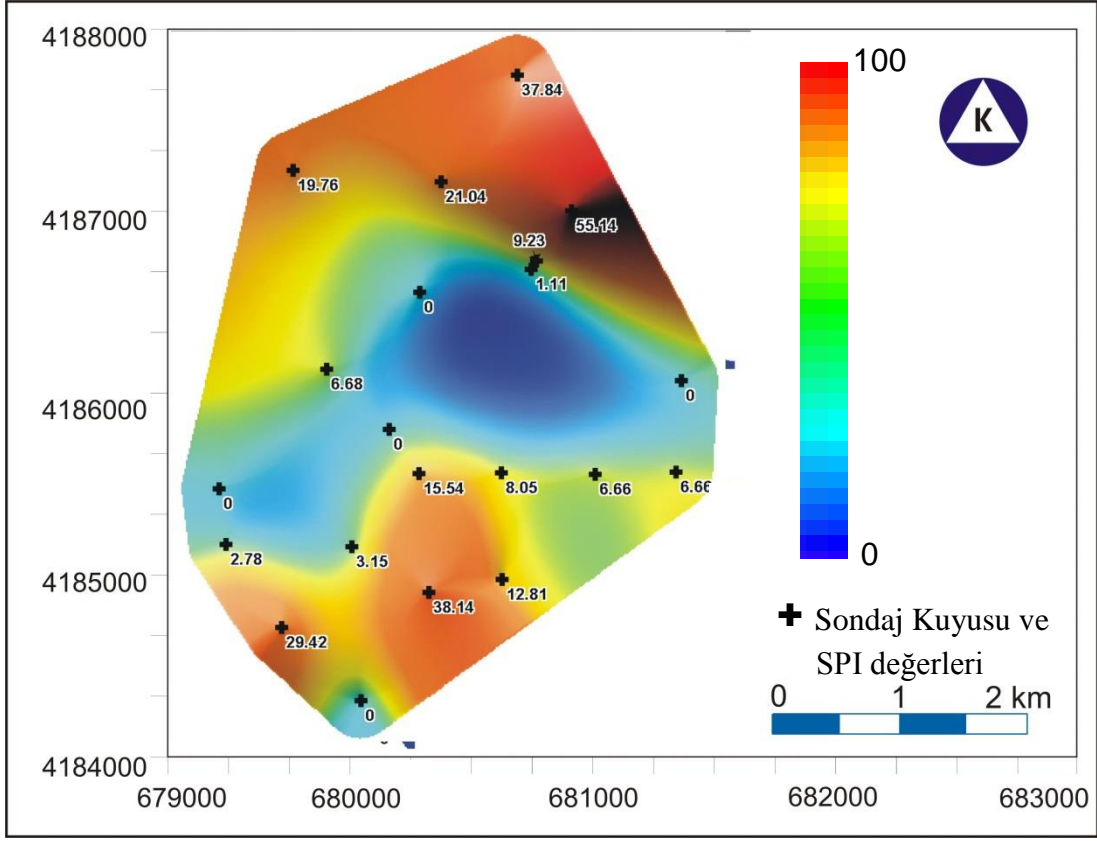
Şekil 4.20: Eş sıvılaşma eğrileri (YASS= 2 m., Şekil 4.19'daki LPI değerlerine göre).

18 km² lik alana sahip inceleme alanında toplam 26 adet sondaj kuyusu açılmıştır. 263 m. toplam sondaj uzunluğu olup, bu kuyuların derinlikleri 11 m. ile 8.5 m. arasında değişmektedir. Açılan bu kuyulardan 21 adetinde SPT deneyi yapılabilmiş ve elde edilen darbe sayıları ile SPI hesaplanmıştır (Şekil 4.13 LPI sütunu). Ayrıca her kuyuda farklı derinlikte ve farklı tabaka kalınlıklarına sahip birimlerin güvenlik katsayıları hesaplanarak kuyulara ait en düşük güvenlik katsayısı (Şekil 4.13 FS_min sütunu) bulunmuştur. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi 1. derece deprem bölgeleri için önerdiği maksimum yer ivmesi hesaplamalarda kullanılmıştır. Ayrıca, Aydan ve diğ. (2000a) yaptıkları çalışmada Denizli bölgesinde ($M_w=6.3$) 6.3 büyüklüğünde deprem olabileceği tahmininde bulunmuşlardır. SPI hesaplamalarında bu değer kullanılmıştır. Bu veriler ışığında yer altı su seviyesinin 0.5 m. (Şekil 4.13), 1 m. (Şekil 4.15), 1.5 m. (Şekil 4.17), 2 m. (Şekil 4.19), olduğu durumlar için SPI değerlerinin değişimi gözlenmiştir. Bu değerlerden elde edilen eş sınıvlaşma eğrileri (Şekil 4.14, 16, 18, 20) MapInfo programı yardımıyla bulunmuştur. YASS'nin 0.5 m. olduğu durumda oluşacak eş sınıvlaşma alanı Şekil 4.21 de verilmiştir. Sınıvlaşma riskinin yüksek olduğu alanlar kırmızı renkle gösterilmiştir. Çalışma alanında en yüksek SPI değeri SK 5'de bulunmuştur (SPI = 55.14). Sınıvlaşmanın çok küçük olduğu alanlar ise mavi renkle ifade edilmiştir.

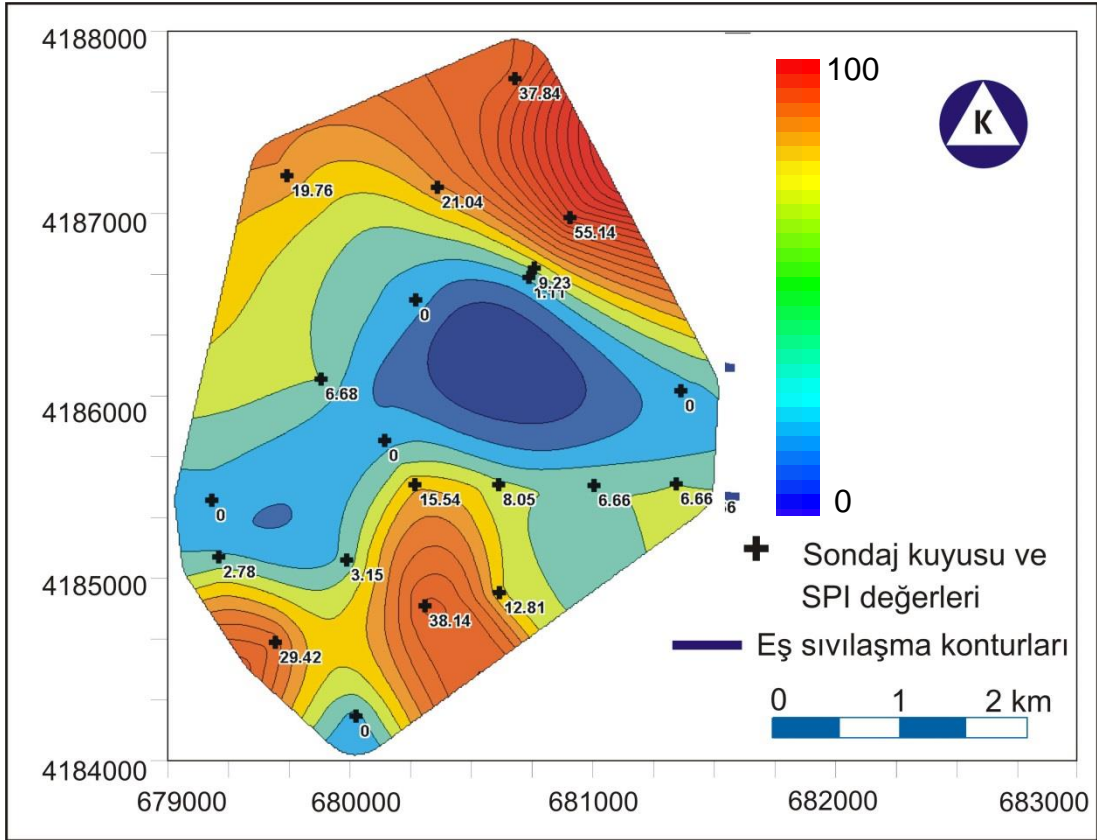
İnceleme alanında SK 5, 6, 14, 19, 21, 22, 25 sınıvlaşma potansiyeli yüksek-çok yüksek, SK 10, 11, 16, 17, 20, 24, sınıvlaşma potansiyeli orta, SK 4, 7, 15 sınıvlaşma potansiyeli düşük, SK 1, 2, 3, 23, 26 ise çok düşük sınıvlaşma potansiyeline sahiptir.

Sınıvlaşma potansiyeli çok düşük olan alanlar (SPI = 0) toplam 5.78 km², sınıvlaşma potansiyeli düşük olan alanlar ($0 < SPI \leq 5$) toplam 1,68 km², sınıvlaşma potansiyeli orta olan alanlar ($5 < SPI \leq 15$) toplam 2,32 km², sınıvlaşma potansiyeli yüksek-çok yüksek olan alanlar (SPI ≥ 15) toplam 4.38 km² olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.22' den).

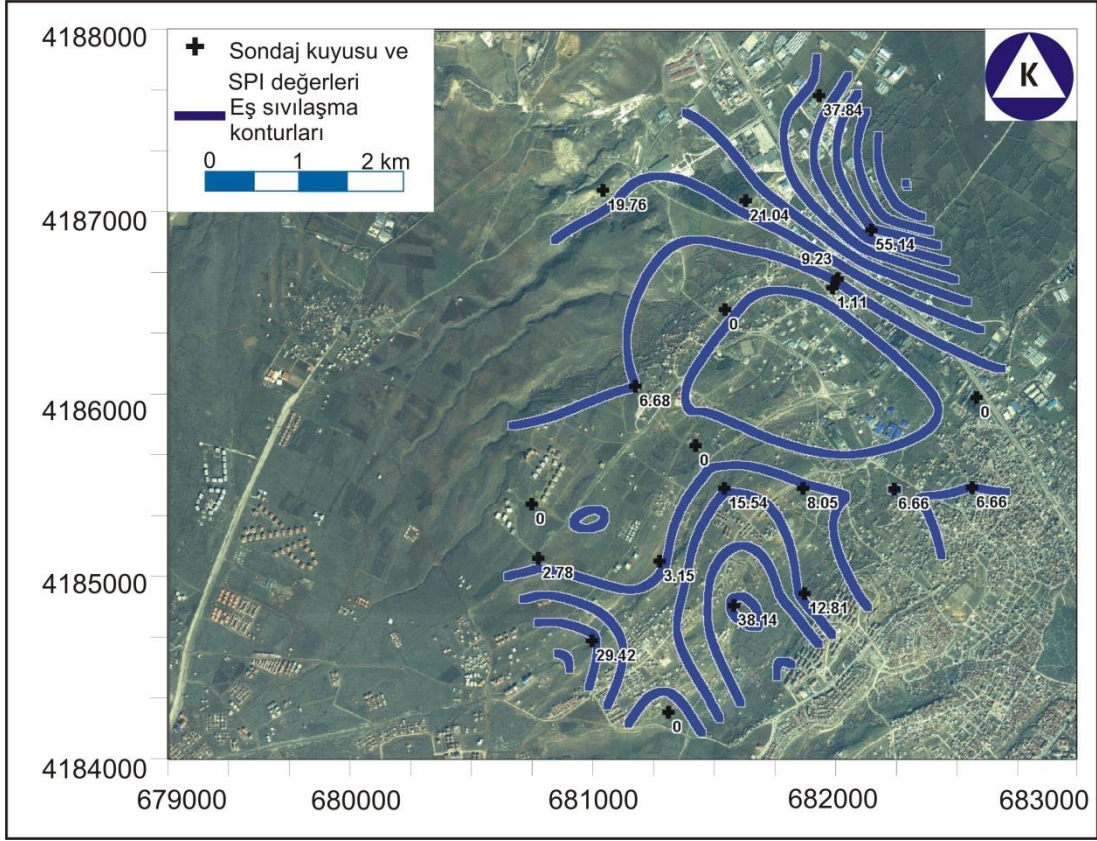
Farklı yer altı suyu seviyelerinde (0.5, 1, 1.5, 2 m.) oluşturulan eş sınıvlaşma eğrileri ve uydu fotoğraflarının karşılaştırılması sonucu risk alanları gözlenebilmektedir (Şekil 4.23, 24, 25, 26).



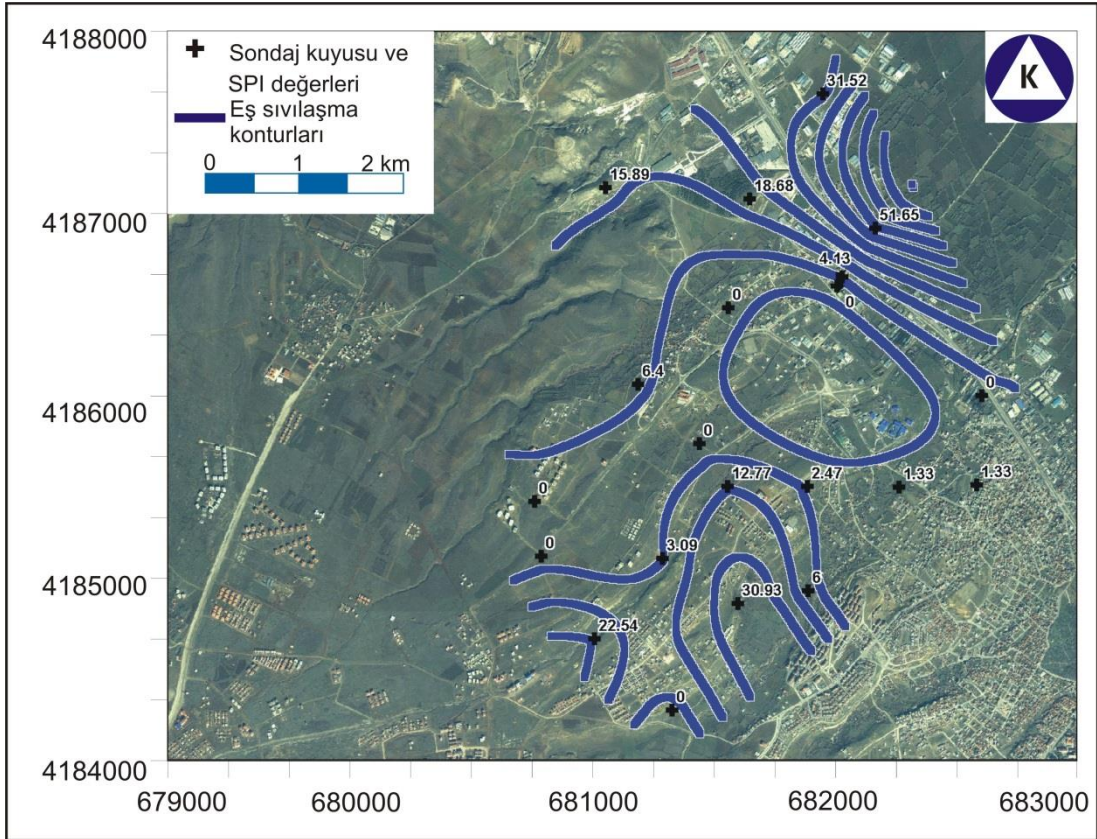
Şekil 4.21: Eş sivilaşma alanları (YASS: 0.5 m.).



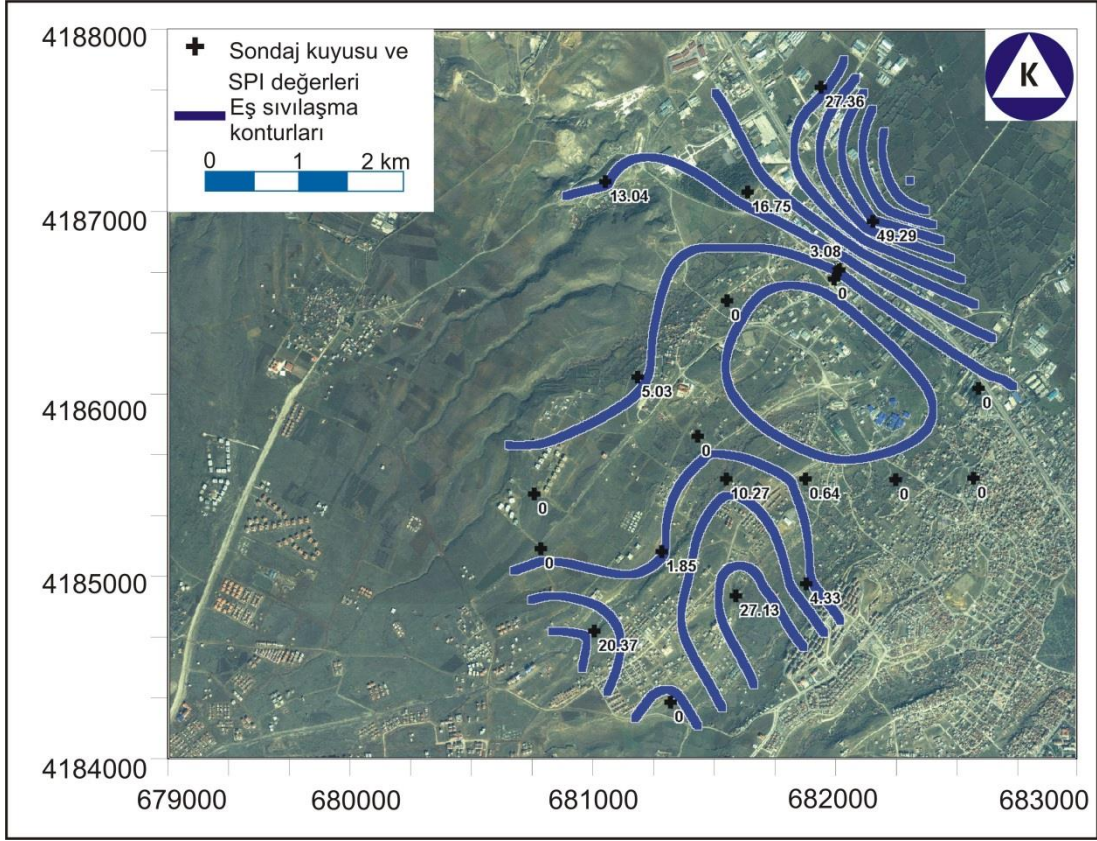
Şekil 4.22: Eş sivilaşma konturları (YASS:0.5 m.).



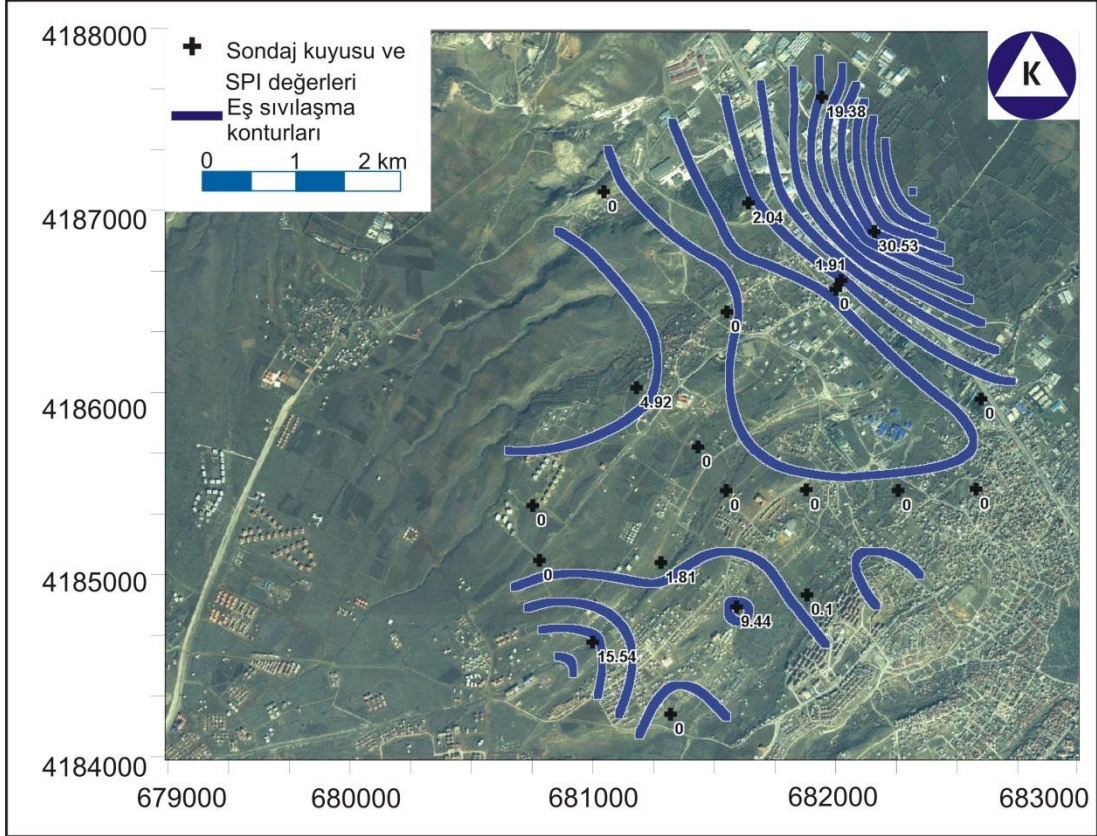
Şekil 4.23: Eş sıvılaşma eğrilerinin uydu fotoğrafıyla çakıştırılması (YASS = 0.5 m.).



Şekil 4.24: Eş sıvılaşma eğrilerinin uydu fotoğrafıyla çakıştırılması (YASS = 1 m.).



Şekil 4.25: Eş sivilaşma eğrilerinin uydu fotoğrafıyla çakıştırılması (YASS = 1.5 m.).



Şekil 4.26: Eş sivilaşma eğrilerinin uydu fotoğrafıyla çakıştırılması (YASS = 2 m.).

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ulusal koordinat sistemine (UTM) göre 7684500 ve 7679200 boylamları ile 4184000 ve 4189700 kuzey enlemleri arasında yaklaşık 18 km² lik bir alanı kapsayan inceleme alanında Üst Miyosen (Ponsiyen) yaşlı Neojen birimleri ayrıntılı olarak çalışılmıştır.

Gümüşler Belediyesi mücavir alan sınırları içinde kalan Neojen birimleri, arazi gözlemleri ve sondaj verilerine göre 6 (altı) alt bölüme ayrılmıştır. Bunlar, tabandan tavana doğru sırasıyla; Kıltaşı-Marn-Silt birimi (N1), Fosilli Kireçtaşı (N2), Silt-Kum-Çakıl ardalanması (N3), Çakıltaşı-Kumtaşı (N4), Çakıltaşı-Kumtaşı-Kireçtaşı-Silttaşı ardalanması (N5) ve Gölsel Kireçtaşı (N6) birimleridir.

Bu tez kapsamında, belirlenen çalışma alanında açılan sondaj noktalarına ait sıvılaşma potansiyel indeksi değerleri hesaplanmış ve bu değerlerden yola çıkarak bölgenin sıvılaşma riski belirlenmiştir. İnceleme alanında açılan sondaj noktalarına ait SPI değerleri:

SK 5, 6, 14, 19, 21, 22, 25 sıvılaşma potansiyeli yüksek-çok yüksek,

SK 10, 11, 16, 17, 20, 24 sıvılaşma potansiyeli orta,

SK 4, 7, 15 sıvılaşma potansiyeli düşük,

SK 1, 2, 3, 23, 26 çok düşük sıvılaşma potansiyeline sahiptir.

Hesaplanan sıvılaşma potansiyel indeksi değerlerine göre eş sıvılaşma eğrileri coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla çizilmiştir.

Sıvılaşma potansiyeli çok düşük olan alanlar (SPI=0) toplam 5.78 km²,

Sıvılaşma potansiyeli düşük olan alanlar (0<SPI≤5) toplam 1.68 km²,

Sıvılaşma potansiyeli orta olan alanlar ($5 < SPI \leq 15$) toplam 2.32 km^2 ,
Sıvılaşma potansiyeli yüksek-çok yüksek olan alanlar ($SPI > 15$) toplam 4.38 km^2 olarak hesaplanmıştır.

Veriler, bölgeye ait rektifikasyonu yapılmış uydu fotoğraflarıyla desteklenip tehlike alanları çok daha hassas tespit edilmelidir.

Bölgede yapılacak bundan sonraki çalışmalardan elde edilecek sonuçlarla veri tabanı zenginleştirilmeli ve sıvılaşma riski olan alanlar ayrıntılı olarak gözlenmelidir.

KAYNAKLAR

- AGI, GIS Dictionary, Association for Geographical Information Standarts Committee Publication, London, 1991.
- Aydan, Ö., Kumsar, H. ve Ulusay, R., GPS Ölçümlerinden Yararlanılarak Batı Anadolu'nun Depremselliğine Bir Yaklaşım, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, İzmir, s., 279-292, 2000a.
- Aydan, Ö., Ulusay, R., Hasgür, Z. ve Taşkın, B., A Site Investigation of Kocaeli Earthquake of August 17, 1999, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/DR 08-49, 176 s., 2000b.
- Aydan, Ö., Kumsar, H. and Ulusay, R., How to Infer The Possible Mechanism and Characteristics of Earthquakes From The Striations and Ground Surface Traces of Existing Faults, Seismic Fault Induced Failures, January, 2001, 153-162, Japan, 2001.
- Başar Bilgi Sistemleri Merkezi, www.basarssoft.com.
- Bozkuş, C., Kumsar, H., Özkul, M. and Hançer, M., Seismicity of Active Honaz Fault Under an Extensional Tectonic Regime, International Earth Science Colloquium on the Aegean Region – IESCA 2000, Proceedings, Dokuz Eylül Univ., İzmir, Turkey, 7-16 s., 2000.
- Burrough, P. A., Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford University Press, 2.ed., 1998.
- Clarke, K. C., Getting Started With Geographic Information Systems, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1999.
- Çakır, Z., Along-Strike Discontinuity of Active Normal Faults and Its Influence on Quaternary Travertine Deposition: Examples From Western Turkey, Tr. J. of Earth Sciences, 8, 67-80 s., TUBİTAK, 1999.
- Çelik, S. B., Denizli İl Merkezi Zeminlerinin Jeolojik, Jeoteknik Açından İncelenmesi ve Sıvılaşma Duyarlılığının Belirlenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 112 s., Denizli, 2003.

- Commision on Earthquake Engineering, Liquefaction of Soils During Earthquakes, National Academy Press, Washington D.C., 240 s., 1985.
- Coppock, J. T., Rhind, D., The History of GIS, in Maguire D.J., Goodchild M, Rhind D (eds.), Geographical Information Systems Principles and Applications, Vol.1, Longman, London, 1992.
- Demirtaş R. ve Yılmaz R., Türkiyenin Sismotektoniği,, Deprem Araştırma Dairesi Web Sitesi, Rapor, 2002.
- Ercan, T., Dinçel, A., Günay, E., ve Türkecan, A., Uşak Yöresinin Jeolojisi ve Volkanitlerinin Petrolojisi. MTA Derleme, No: 6354, Ankara, 1977.
- ESRI Inc., www.esri.com.
- Iwasaki, T., Tatsuoka, F., Tokida, K. I., and Yasuda, S., A Practical Method for Assessing Soil Liquefaction Potential Based on Case Studies at Various Sites in Japan, Proceedings, 2nd. International Conference on Microzonation, San Francisco, 885-896 s., 1978.
- Iwasaki, T., Tokida, K. I., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S., Sato, H., Microzonation for Soil Liquefaction Potential Using Simplified Methods, Proceedings, Third International Earthquake Microzonation Conference, Seattle, 1319-1330 s., 1982.
- Koçyiğit, A., Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim, TJK Bülteni Cilt 27, Sayı 1, 1-15 s., Ankara, 1984.
- Kumsar, H., Çelik, S., B. ve Kaya, M., Kentleşmeye Yönelik Mühendislik Jeolojisi Uygulamalarında Jeolojik ve Jeoteknik Bilgi Sistemlerinin Önemi ve Denizli Örneği, 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 248-250, Ankara, 14-20 Nisan 2003a.
- Kumsar, H., Çelik, S., B. ve Kaya, M., Denizli Merkezi Yerleşim Alanının Jeolojik, Jeoteknik Kent Bilgi Sistemi ve Kentin Gelişimine Olan Katkısı, Bilgi Teknolojileri Kongresi, Bildiriler Kitabı, Denizli, 1-2 Mayıs 2003b.
- MAM, Denizli Bölgesi'nde Mikrodeprem Etkinliğinin Araştırılması, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Proje No: 5007102, 24 s., 2000.
- MapInfo Corp., www.mapinfo.com.

- Obermeier, S. F., Use of Liquefaction-induced Features for Paleoseismic Analysis - An Overview of How Seismic Liquefaction Features can be Distinguished From Other Features and How Their Regional Distribution and Properties of Source Sediment can be Used to Infer The Location and Strength of Holocene Paleo-earthquakes, Engineering Geology, Elsevier, 44, 1-76 s., 1996.
- Okay, A. İ., Denizli'nin Güneyinde Menderes Masifi ve Likya Naplarının Jeolojisi, MTA Dergisi, 109, 45-58 s., Ankara, 1989.
- Özpinar, Y. ve Gökğöz, A., Denizli ve Yakın Dolayının Doğal Afetler Açısından İncelenmesi, Denizli'de Sanayileşme ve Kentleşme Sempozyumu, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Denizli Şubesi, 251-266 s., 1999.
- Özalaybey, S., Ergin, M., Biçmen, F., Tapırdamaz, C., Yörük, A., Tarancıoğlu, A., Saatçılar, R. ve Ergintav, S., Denizli Bölgesi'nde Mikrodeprem Etkinliğinin Araştırılması, TÜBİTAK-MAM, Proje No:5007102, Sonuç Raporu, 2000.
- PAÜ, Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri, 762s., Denizli, 2002.
- PAÜ, Gümüşler Belediyesi (Denizli) Yerleşim Alanlarının Jeolojik ve Jeoteknik İncelemesi, 247 s., Denizli, 2003.
- Rögl, F. ve Steininger, F. F., Von Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys, Ann. Naturhist. Mus. Wien, 85/A, 135-163 s., 1984.
- Seed, H. B. and DeAlba, P., Use of SPT and CPT Tests for Evaluating the Liquefaction Resistance of Sands in Use of in-situ Tests in Geotechnical Engineering, ASCE Geotechnical Special Publication, 6, 281-302 s., 1986.
- Sun, S., Denizli-Uşak Arasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları, M.T.A. Raporu, 86 s., Ankara, 1990.
- Şimşek, Ş., Eşder, T., Uğurlu, A., Suludere, Y., Erişen, B., Aydın-Denizli Jeotermal Alanlarının Jeoloji Haritası, MTA Arşiv No: 37077, Ankara, 1978.
- Şimşek, Ş., Denizli, Sarayköy-Buldan Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Yerbilimleri Fakültesi, İstanbul, 1984.
- Taner, G., Denizli Bölgesi Neojen'ine Ait Katların Stratigrafik Konumlarında Yeni Düzenleme, 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirileri, No:54-79, Ankara, 2001.
- Tokimatsu, K. and Yoshimi, Y., Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT-N Value and Fines Content, Soil and Foundations, 23 (4), pg: 56-74, 1983.

- Toprak, S. and Holzer, T. L., Liquefaction Potential Index: Field Assessment, ASCE, Journal of Geotech. and Geoenv. Eng, Vol. 129, 315-322 s., 2003.
- Ulusay, R., Zemin Sıvılaşması, Mavi Gezegen Popüler Bilim Dergisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 1, 34-45 s., 2000.
- Ulusay, R., Aydan, Ö., Kumsar, H., Sönmez, H., Engineering Geological Characteristics of the 1998 Adana-Ceyhan Earthquake, with Particular Emphasis on Liquefaction Phenomena and Role of the Soil Behaviour, Bulletin of Engineering Geology and Environment, Springer-Verlag, Vol:59, 99-118 s., 2000.
- Ulusay, R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:38, Genişletilmiş 4. baskı, 385 s., 2001.
- Ulusay, R., Aydan, Ö., Erken, A., Kumsar, H., Tuncay, E., ve Kaya, Z., 3 Şubat 2002 Çay-Eber Depreminin Saha İncelemesi ve Mühendislik Açısından Değerlendirilmesi, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/DR 012-79, 209s., 2002.
- Westaway, R., Block Rotation in Western Turkey, 1st Observational Evidence, Journal of Geophysical Research, 95, 19857-19884 s., 1990.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürel, Ö.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. ve Elmas, A., When did the Western Anatolian Grabens Begin to Develop? Geological Society. London. Special Publication 173/ Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. E. Bozkurt, J.A. Winchester ve J.D.A Piper (eds) 2000.
- Yomralıoğlu, T., Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Akademi Kitabevi, ISBN 975-97369-0-X, 480 s., Trabzon, 2000.
- Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., Dobry, R., Liam Finn, W. D., Harder Jr., L. F., Hynes, M. E., Ishihara, K., Koester, J. P., Liao, S. S. C., Marcuson III, W. F., Martin, G. R., Mitchell, J. K., Moriwaki, Y., Power, M. S., Robertson, P. K., Seed, R. B., Stokoe II, K. H., Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, ASCE, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, 817-832 s., 2001.

EK:1
SIVILAŞMA ANALİZLERİNDE KULLANILAN JEOTEKNİK
SONDAJ LOGLARI



PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
PAMUKKALE UNIVERSITY
ENGINEERING FACULTY
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

JEOTEKNİK SONDAJ LOGU GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG

| | | | |
|--|---------------------|---|-----------------------|
| Proje Adı Project Name | Gümüşler Belediyesi | Başlama Tarihi Starting Date | 08.01.2003 |
| Kuyu No Borehole No | SK 5 | Bitiş Tarihi Finishing Date | 08.01.2003 |
| Koordinatlar Coordinates | | Makina Adı ve Türü Machine Brand & Model | Polsan E-25 |
| x | | Sondaj Yöntemi Boring Method | Rotary |
| y | | Sondör Bored by | S. Bursalı-A. Ertekin |
| z | | Logu Alan Logged by | E. Akyol |
| Derinlik Depth | 11.00 m | | |
| Yeraltı Su Seviyesi Groundwater Level | m | | |

| Sondaj Derinliği Borehole Depth (m) | Zemin Profili Soil Profile | Görsel Tasvir Visual Description | q_c (kPa) | Örnekler ve Deneyler-Samples & Tests | | | | | Sivilasma Riski Liquefaction Analysis | Doğal Birim Hac. Ağı. Natural Unit Weight γ_s (kN/m ³) | Kıvam Limitleri Consistence Limits | | | BZS Simgesi Bib Simgesi | |
|---|-------------------------------|--|----------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|--|-------------|--|---|---------------------------------------|----|----|----------------------------|-------------|
| | | | | Çakıl % Gravel % | Kum % Sand % | Kil-Silt % Clay-Silt % | SPT Darbe Sayısı (N) Number of Blows (N) | | | | LL | PL | PI | | |
| | | | | | | | 0-15 cm | 15-30 cm | | | | | | | 30-45 cm |
| 1.00 | | Bitkisel Toprak | 370 | | | | | | | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | | | 3 | 3 | | 18 | NP | | | Silt |
| 3.00 | | | | | | | | | | | 21 | NP | | | Silt |
| 4.00 | | | | | | | | 6 | 5 | | 20 | NP | | | Silt |
| 5.00 | | | | | | | | | | | 30 | 23 | 7 | | ML |
| 6.00 | | Kahverengi kil, silt, kum karışımları Farklı seviyelerde birbirlerine göre oranlarda değişim gözlenmektedir | | | | | | 2 | 2 | | 24 | 19 | 5 | | CL-ML |
| 7.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.00 | | | | | | | | 3 | 5 | | 22 | NP | | | Silt |
| 9.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10.00 | | | | | | | | 7 | 13 | | 20 | 16 | 4 | | CL-ML |
| 11.00 | | | | | | | | 4 | 6 | | 21 | 17 | 4 | | CL-ML |
| 12.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15.00 | | | | | | | 6 | 11 | | 23 | 19 | 4 | | CL-ML | |



PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
PAMUKKALE UNIVERSITY
ENGINEERING FACULTY
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

JEOTEKNİK SONDAJ LOGU GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG

| | | | |
|--|---------------------|---|---------------------|
| Proje Adı Project Name | Gümüşler Belediyesi | Başlama Tarihi Starting Date | 14.01.2003 |
| Kuyu No Borehole No | SK 9 | Bitiş Tarihi Finishing Date | 14.01.2003 |
| Koordinatlar Coordinates | | Makina Adı ve Türü Machine Brand & Model | Polsan E-25 |
| x | | Sondaj Yöntemi Boring Method | Rotary |
| y | | Sondör Bored by | S.Bursalı-A.Ertekin |
| z | | Logu Alan Logged by | E. Akyol |
| Derinlik Depth | 9.80 m | | |
| Yeraltı Su Seviyesi Groundwater Level | m | | |

| Sondaj Derinliği Borehole Depth (m) | Zemin Profili Soil Profile | Görsel Tasvir Visual Description | q_c (kPa) | Örnekler ve Deneyler-Samples & Tests | | | | | | Sivilasma Riski Liquefaction Analysis | Kıvam Limitleri Consistence Limits | | | BZS Simgesi Bib Simgesi |
|---|-------------------------------|---|----------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|--|-------------|-------------|--|---------------------------------------|----|----|----------------------------|
| | | | | Çakıl % Gravel % | Kum % Sand % | Kil-Silt % Clay-Silt % | SPT Darbe Sayısı (N) Number of Blows (N) | | | | LL | PL | PI | |
| | | | | | | | 0-15 cm | 15-30 cm | 30-45 cm | | | | | |
| 1.00 | | Bitkisel Toprak | 540 | | | | | | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | Kil, silt, kum, çakıl ve blok (Dere malzemesi) | | | | | | | | | | | | |
| 5.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| Gevşek yapı nedeniyle sondaj zor ilerledi | | | | | | | | | | | | | | |



PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
PAMUKKALE UNIVERSITY
ENGINEERING FACULTY
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

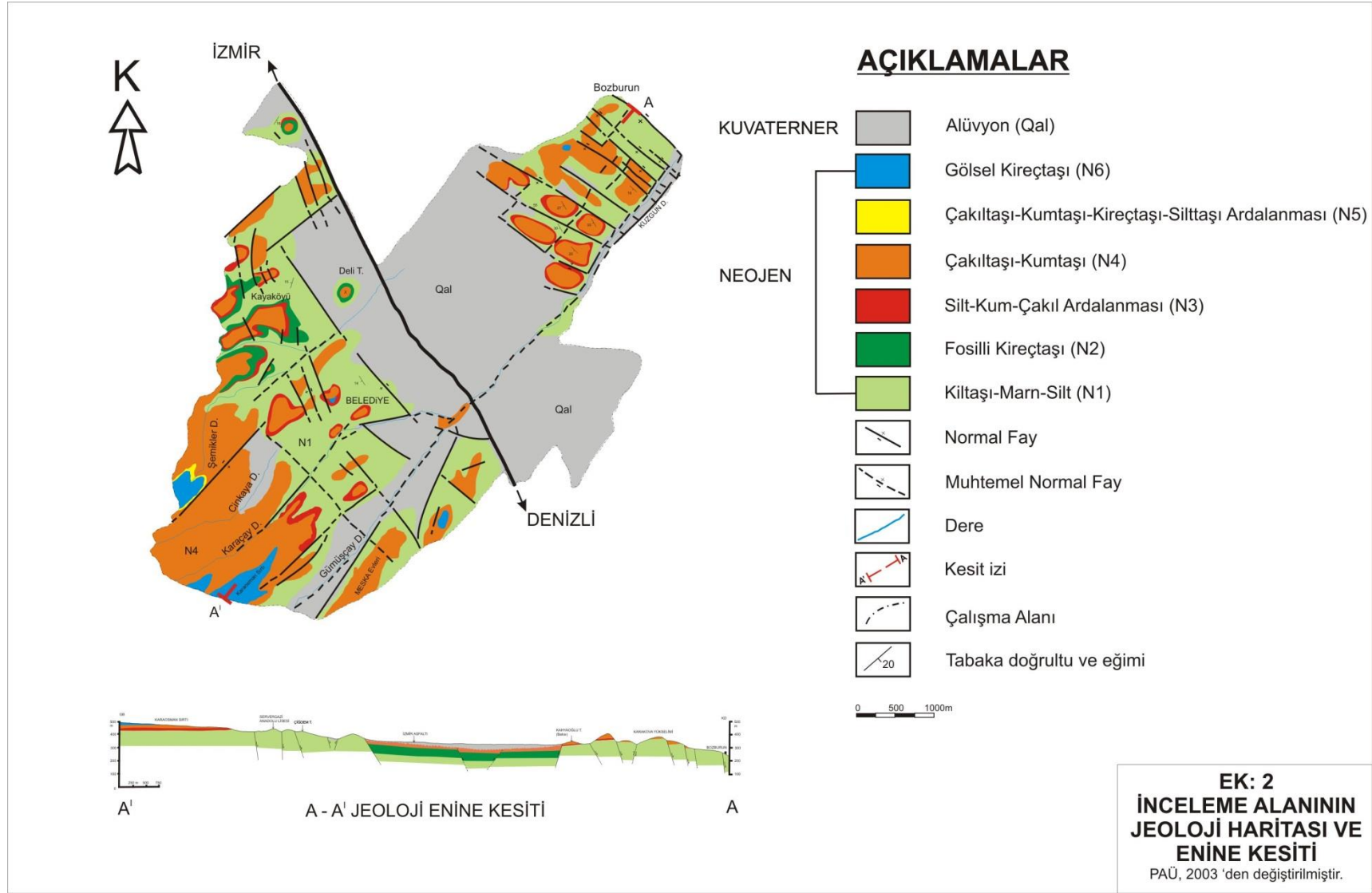
JEOTEKNİK SONDAJ LOGU GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG

| | | | |
|--|---------------------|---|---------------------|
| Proje Adı Project Name | Gümüşler Belediyesi | Başlama Tarihi Starting Date | 28.01.2003 |
| Kuyu No Borehole No | SK 17 | Bitiş Tarihi Finishing Date | 28.01.2003 |
| Koordinatlar Coordinates | | Makina Adı ve Türü Machine Brand & Model | Polsan E-25 |
| x | | Sondaj Yöntemi Boring Method | Rotary |
| y | | Sondör Bored by | S.Bursalı-A.Ertekin |
| z | | Logu Alan Logged by | E. Akyol |
| Derinlik Depth | 11.00 m | | |
| Yeraltı Su Seviyesi Groundwater Level | m | | |

| Sondaj Derinliği Borehole Depth (m) | Zemin Profili Soil Profile | Görsel Tasvir Visual Description | q_u (kPa) | Örnekler ve Deneyler-Samples & Tests | | | | | Sivrilasma Riski Liquefaction Analysis | Doğal Birim Hac. Ağı. Natural Unit Weight γ_s (kN/m ³) | Kıvam Limitleri Consistence Limits | | | BZS Simgesi Bib Simgesi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---|----------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|--|-------------|---|---|---------------------------------------|----|----|----------------------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|----|
| | | | | Çakıl % Gravel % | Kum % Sand % | Kil-Silt % Clay-Silt % | SPT Darbe Sayısı (N) Number of Blows (N) | | | | LL | PL | PI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 0-15 cm | 15-30 cm | | | | | | | 30-45 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.00 | | Bitkisel Toprak | 690 | 8 | 59 | 33 | 6 | 6 | | | 18 | NP | | Silt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 14 | 12 | 16 | 26 | 22 | 4 | ML | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | Sütlü kahverengi kum, silt, kil 6.0-7.0 m. arasında karbonatlı nodüller gözlenmekte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 24 | 28 | 19 | 9 | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.00 | | Kumlu çakıl | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | | | | | | | |
| 9.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | |
| 10.00 | | Kum, silt, kil Yer yer karbonatlı nodüller gözlenmekte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL |
| 11.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.00 | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.00 | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.00 | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 21 | 23 | 15 | 8 | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

EK:2

İNCELEME ALANININ JEOLJİ HARİTASI VE KESİTİ



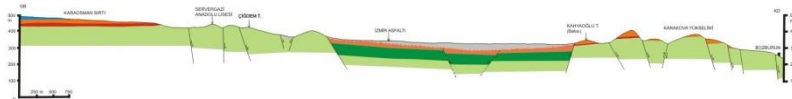
İZMİR

Bozburun

A

DENİZLİ

A'



A'

A - A' JEOLJİ ENİNE KESİTİ

A

EK:3

**SIVILAŞMA HESABI İÇİN KULLANILAN İNCELEME
ALANINDAKİ SONDAJ KUYULARI**



EK:1
SIVILAŞMA ANALİZLERİNDE KULLANILAN JEOTEKNİK
SONDAJ LOGLARI



PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
PAMUKKALE UNIVERSITY
ENGINEERING FACULTY
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

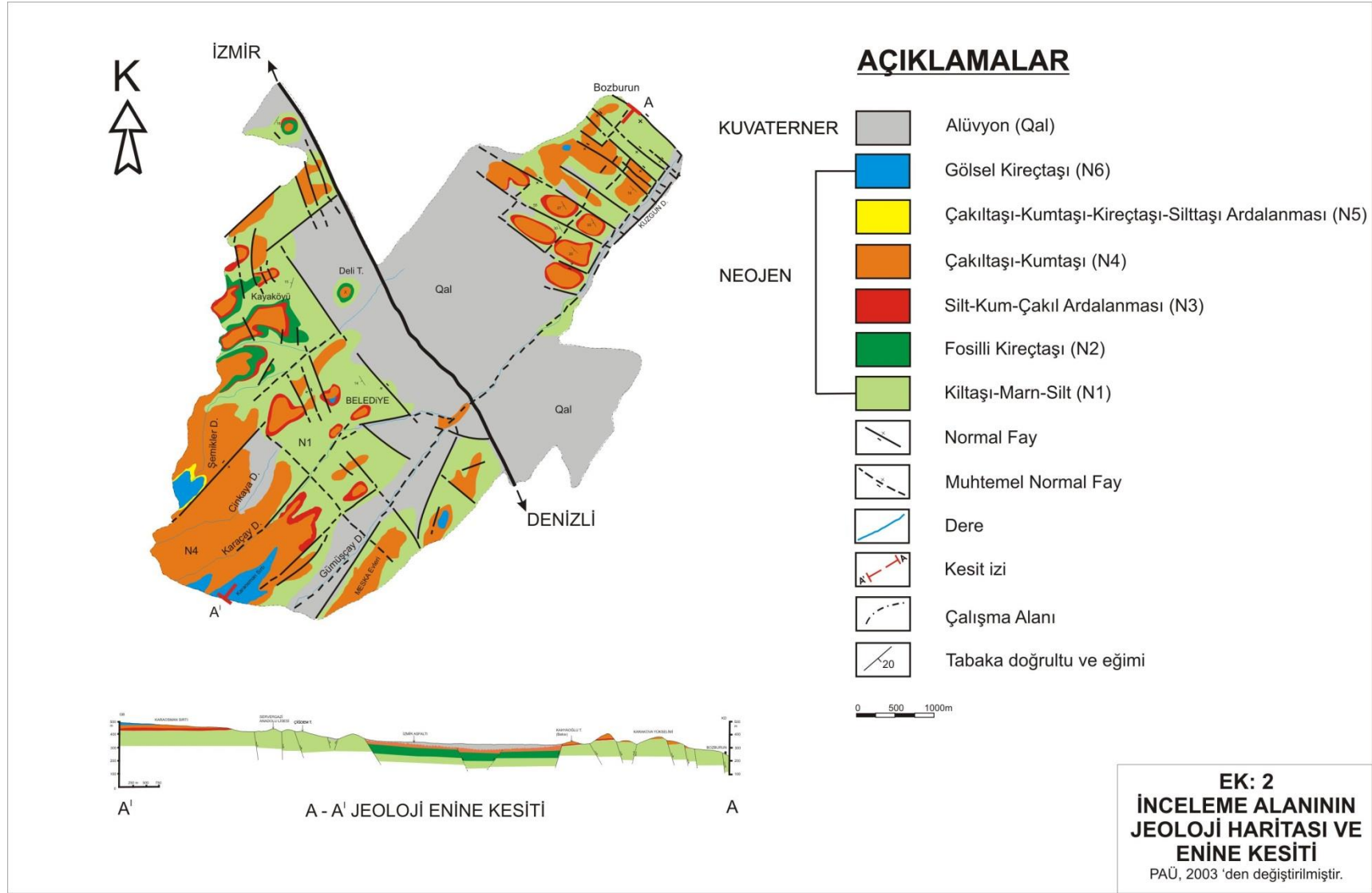
JEOTEKNİK SONDAJ LOGU GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG

| | | | |
|--|---------------------|---|---------------------|
| Proje Adı Project Name | Gümüşler Belediyesi | Başlama Tarihi Starting Date | 14.01.2003 |
| Kuyu No Borehole No | SK 9 | Bitiş Tarihi Finishing Date | 14.01.2003 |
| Koordinatlar Coordinates | | Makina Adı ve Türü Machine Brand & Model | Polsan E-25 |
| x | | Sondaj Yöntemi Boring Method | Rotary |
| y | | Sondör Bored by | S.Bursalı-A.Ertekin |
| z | | Logu Alan Logged by | E. Akyol |
| Derinlik Depth | 9.80 m | | |
| Yeraltı Su Seviyesi Groundwater Level | m | | |

| Sondaj Derinliği Borehole Depth (m) | Zemin Profili Soil Profile | Görsel Tasvir Visual Description | q_c (kPa) | Örnekler ve Deneyler-Samples & Tests | | | | | | Sivilasma Riski Liquefaction Analysis | Kıvam Limitleri Consistence Limits | | | BZS Simgesi Bib Simgesi |
|---|-------------------------------|---|----------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|--|-------------|-------------|--|---------------------------------------|----|----|----------------------------|
| | | | | Çakıl % Gravel % | Kum % Sand % | Kil-Silt % Clay-Silt % | SPT Darbe Sayısı (N) Number of Blows (N) | | | | LL | PL | PI | |
| | | | | | | | 0-15 cm | 15-30 cm | 30-45 cm | | | | | |
| 1.00 | | Bitkisel Toprak | 540 | | | | | | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | Kil, silt, kum, çakıl ve blok (Dere malzemesi) | | | | | | | | | | | | |
| 5.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| Gevşek yapı nedeniyle sondaj zor ilerledi | | | | | | | | | | | | | | |

EK:2

İNCELEME ALANININ JEOLJİ HARİTASI VE KESİTİ



EK:3

**SIVILAŞMA HESABI İÇİN KULLANILAN İNCELEME
ALANINDAKİ SONDAJ KUYULARI**



ÖZGEÇMİŞ

Adı, soyadı : Gulmustafa ŞEN

Ana adı : Hatice

Baba adı : Halil

Doğum yeri ve tarihi : Osmaniye, 30.09.1977

Lisans eğitimi ve mezuniyet tarihi: Çukurova Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık
Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 2001.

Çalıştığı yer: Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği
Bölümü.

Bildiği yabancı dil: İngilizce.