İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE ZEMİN ETÜT RAPORLARI; KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Jeofizik Müh. M. Serhat DURMUŞ
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman
Doç.Dr. Eşref YALÇINKAYA

Kasım, 2011

İSTANBUL

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE ZEMİN ETÜT RAPORLARI; KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Jeofizik Müh. M. Serhat DURMUŞ
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman
Doç.Dr. Eşref YALÇINKAYA

Kasım, 2011

İSTANBUL

Bu çalışma ..../..../ 2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından ..... Anabilim Dalı ..... programında Doktora / Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Eşref Yalçınkaya
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Ali Pınar
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Yıldız Altınok
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Süleyman Dalgıç
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Ali Osman Öncel
Üniversite
Fakülte

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç.Dr. Eşref YALÇINKAYA'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma ve çalışmamın uygulama kısmını destekleyen İstanbul Üniversitesi'ne teşekkürü borç bilirim.

Ekim, 2011 **Mustafa Serhat DURMUŞ**

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ I
İÇİNDEKİLER II
ŞEKİL LİSTESİ V
SEMBOL LİSTESİ VIII
ÖZET XI
SUMMARY XIII
1. GİRİŞ 1
1.1. TÜRKİYE'DE DEPREM 1
1.2. TÜRKİYE'NİN DEPREM BÖLGELERİ 1
1.2.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu 3
1.2.2. Doğu Anadolu Fay Zonu 4
1.2.3. Batı Anadolu Graben Sistemleri 4
1.2.4. Yerel Episantr Zonları 4
1.3. DEPREM TEHLİKESİ BAKIMINDAN BÖLGELERİN DURUMU 5
1.4. zemİn etüdü kavramı ve önemİ 7
1.4.1. Jeolojik Etüt 9
1.4.2. Jeoteknik Etüt 9
1.4.3. Zemin Etüdü 9
1.5. AMAÇ 9
2. GENEL KISIMLAR 11
2.1. AFET KAVRAMI 11
2.2. TÜRKİYE'DEKİ AFET MEVZUATI VE TARİHÇESİ 11
2.2.1. 1944 Yıllı Öncesi 12
2.2.2. 1944-1958 Yılları Arası 13
2.2.3. 1958 Yılı Sonrası 14
2.2.4. 17 Ağustos 2000 Sonrası 15
2.3. TÜRKİYE'DEKİ ZEMİN ETÜTLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE YASAL SÜREÇLER 16
2.4. ZEMİN ETÜTLERİ 25
2.4.1. Makro Bölgeleme Etütleri 25
2.4.2. Mikro Bölgeleme Etütleri 26
2.4.3. Parsel ve Ada Bazında Mikro Bölgeleme Zemin Etütleri 27
2.5. TÜRKİYE'DE ZEMİN ETÜTLERİ 28
2.6. YURTDIŞINDA ZEMİN ETÜT RAPORLARI HAZIRLAMA USUL VE ESASLARI 29
2.7. ZEMİN ETÜTLERİNDE MÜHENDİSLİK DİSİPLİNLERİNİN GÖREV VE SORUMLULUK ALANLARI 34
3. MALZEME VE YÖNTEM 37
3.1. ZEMİN VE TEMEL ETÜT RAPORLARI 37

3.1.1. Gözlemsel Zemin Etüt Raporu 38
3.1.2. Sondaja Dayalı Zemin ve Temel Etüdü Raporu 39
3.2. ÖRNEK BİR ZEMİN ETÜT RAPORU SONUÇ BÖLÜMÜNDE BULUNMASI GEREKENLER 41
3.2.1. Deprem Bölgesi 41
3.2.2. Etkin Yer İvme Katsayısı 42
3.2.3. Zemin Grubu 42
3.2.4. Yerel Zemin Sınıfı 43
3.2.5. Spektrum Karakteristik Periyodu 44
3.2.6. Bina Önem Katsayısı 44
3.2.7.Yer Altı Suyu Seviyesi 45
3.2.8. Zemin Emniyet Gerilmesi 46
3.2.9. Yatak Katsayısı (ks) 47
3.2.10. Temel Derinliği 50
3.2.11. Zemin Sıvılaşma Analizi 50
3.2.11.1. Sıvılaşma Analizi Örneği 52
3.2.12. Zemin İyileştirilmesi 55
3.3. ZEMİNLERİN OTURMA ANALİZİ 57
3.4. YAMAÇLARIN ŞEVLERİN STABİLİTE ANALİZİ 67

4. BULGULAR 72

4.1. VERİ TOPLAMA AŞAMASINDAKİ PROBLEMLER 72
4.1.1. Arazinin Değerlendirilmesiyle İlgili Problemler 73
4.1.2. Sondaj Uygulamalarıyla İlgili Problemler 73
4.1.3. Jeofizik Uygulamaları İle İlgili Problemler 75
4.2.ZEMİN SORUNLARININ TESPİTİNDEN KAYNAKLANAN PROBLEMLER 80
4.2.1. Oturmayı Etkileyen Faktörler 80
4.2.1.1. Oturma 80
4.2.1.2. Oturma Problemine Çözüm Önerisi 81
4.2.2. Şev Stabilite Problemi 81
4.2.2.1. Kayma Veya Yamaç Yenilmesinin Nedenleri 81
4.2.2.2. Şev Duraylılığı Analizleri 81
4.2.2.3. Şev Stabilite Problemine Çözüm Önerisi 84
4.2.2.4. Zemin Sıvılaşma Problemine Çözüm Önerisi 85
4.3.YÖNETMELİK VE GENELGELERDEN KAYNAKLANAN PROBLEMLER 85
4.3.1. Laboratuar Deneylerinde Alt Sınırın Olmaması 85
4.3.2. Zeminlerin Üstyapı Davranışını Etkilemesi 86
4.3.3. Yerel Zemin Şartlarının Yapı Hasar Dağılımı Üzerindeki Etkileri 87
4.4.YORUMLAMA VE RAPOR YAZMADAN KAYNAKLANAN PROBLEMLER 92
4.4.1. Zemin Hakim Periyodu Hesaplamasında Yapılan Hatalar 99
4.4.2. Zemin Büyütmesi ve Zemin Yüzeyindeki Yer İvmesi Hesabı 99
4.4.3. Zemin Sınıflamasının Belirlenmesi 100
4.4.4. Depremsellik, Deprem Tehlike ve Risk Analizi 100
4.5. DENETLEME MEKANİZMASINDAN KAYNAKLANAN PROBLEMLER 101
4.5.1. Yerleşime Uygunluk Durumuna Göre Rapor Onay Mercileri 101
4.5.2. TMMOB Jeoloji ve Jeofizik Odalarının Denetleme Şekli 101
4.5.3. Bayındırlık İl Müdürlüğü ve Afet İşleri Zarar Azalma Daire Başkanlığı Denetleme Şekli 102
4.5.4. Belediyeler ve Yapı Denetim Firmalarında Yer Bilimci Bulunmaması 103
4.6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ 104

5. TARTIŞMA VE SONUÇ 125
KAYNAKLAR 129
ÖZGEÇMİŞ 134

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Türkiye ve çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası. Düz çizgi-yanla atımlı fay, taraklı çizgi-normal fay, üçgenli çizgi-bindirme bölgesi (McClusky vd, 2000) **2**
Şekil 1.2 : Deprem Bölgeleri Haritası (BİB, 1996) **5**
Şekil 2.1: Türk Deprem Yönetmeliği (ABYYHY, 1998)'e göre İstanbul Zemin Sınıflarının Değişimi (İnce, 2005) **26**
Şekil 2.2: Elastik Tasarım Spektrumunun Tipik Şekli (Doğangün ve diğ., 2006). **31**
Şekil 2.3: TDY Z1, Z2 ,Z3, Z4 (a) ; UBC S_A, S_B, S_C, S_D, S_E (b) ; EC8 A, B, C, D, E (c) zemin sınıflarına göre idealleştirilmiş elastik spektrum ivmesinin periyoda göre değişimini (Doğangün ve Livaoğlu, 2006) **32**
Şekil 3.1: Sığ temeller için Terzaghi tarafından verilen ve kayma direnci açısı Ø ile taşıma gücü faktörleri, N, Nγ ve N_q arasındaki ilişkiyi gösteren grafik (Şekercioğlu, 2007). **48**
Şekil 3.2: Yatak katsayısı **48**
Şekil 3.3: Düzeltilmiş SPT Darbe Sayısı (N1(60)) ile Devirsel Direnç Oranı (CRR) İlişkisi Abağı (Youd ve diğ., 2001) ..... Error! Bookmark not defined.
Şekil 3.4: Düzeltilmiş Kayma Dalgası Hızı (Vs1) ile Devirsel Direnç Oranı (CRR) İlişkisi (Andrus ve Stokoe, 1999) **54**
Şekil 3.5: Verilen değerlerle çizilen grafik (Özçep, 2009) **62**
Şekil 3.6: Oturma log zaman eğrisi (Özçep, 2009) **64**
Şekil 3.7: Ortalama oturma hesabı (Özçep, 2009) **66**
Şekil 3.8: Yamaç modeli (Özçep,2009) **68**
Şekil 4.1: Zemin etütlerinde karşılaşılan problemler **72**
Şekil 4.2: SASW yöntemi ile kayama dalgası hız profili (Özçep, 2009) **77**
Şekil 4.3: MASW yöntemi ile kayma dalgası hız profili (Özçep, 2009) **78**
Şekil 4.4: Test alanının kompozit toprak profili (Tran vd., 2008) **78**
Şekil 4.5: Şev Açısı ve Şev Yüksekliği Grafikleri (Koçbay, 2010). **82**
Şekil 4.6: Slide 5.0 Programı İle Şev Analizi. **83**
Şekil 4.7: Slide 5.0 Programı İle Şev Analizi (Deprem Yüklü). **83**
Şekil 4.8: Adapazarı Şehir Merkezi Sondaj Yerlerinin Haritası, Genelleştirilmiş Zemin Profili ve Kayma Dalga Hızları (Sancio, 2003). **88**
Şekil 4.9: Sağdaki Eurocode'a, soldaki ise TDY'ne Göre Tasarım Spektrumu. **89**
Şekil4.10: 50 Metre Derinlikteki Zemin Tabakasına Uygulanan Deprem Hareketlerine Ait İvme Spektrumlarının Tasarım Spektrumları İle Karşılaştırılması (Kutanis ve Bal, 2006). **90**
Şekil 4.11: Lokasyon Haritası (Haşimoğlu ve Ünal, 2004). **93**
Şekil 4.12: Çalışma Alanının Jeoloji Haritası (Haşimoğlu ve Ünal, 2004). **94**
Şekil 4.13:Çalışma Alanının Yerleşime Uygunluk Haritası (Haşimoğlu ve Ünal, 2004). **95**
Şekil 4.14: Çalışma Alanının Yükselti Jeoloji ve Yerleşime Uygunluk İlişkisi (Haşimoğlu ve Ünal, 2004). **96**
Şekil 4.15: Ulusal Geoteknik Veritabanı, İngiltere, National Environment Research Council (NERC, 2010). **97**
Şekil 4.16: Zemin Etütlerinde Yapılan Hataların Temel Maliyetine Etkisi (Alkaya, 1997). **98**
Şekil 4.17: Güvenlik Katsayısı Tablosu (Şekercioğlu, 2007). **99**

Şekil 4.18: Dolgu boşaltılan alanın üst kısmı **104**
Şekil 4.19: Kayan fabrika binası **105**
Şekil 4.20: Fabrika binası alt görünüm **105**
Şekil 4.21: Fabrika binasının hasarları **105**
Şekil 4.22: Fabrika binasının hasarları **106**
Şekil 4.23: Fabrika yapılırken hazırlanan zemin etüt raporundaki sondaj logu **106**
Şekil 4.24: Tarafımızdan yapılan sondaj logu **107**
Şekil 4.25: Tarafımızdan yapılan sismik çalışmanın sonucu **108**
Şekil 4.26: Tarafımızdan yapılan rezistivite çalışmasının sonucu **108**
Şekil 4.27: Fabrika binası **109**
Şekil 4.28: Şev analizi **110**
Şekil 4.29: Şev analizi **110**
Şekil 4.30: MASW analizi **111**
Şekil 4.31: Sismik kırılma analizi **112**
Şekil 4.32: MT-1 arazi kaydı **113**
Şekil 4.33: MT-1 değerlendirme sonucu **113**
Şekil 4.34: Sondaj loğu **114**
Şekil 4.35: A-A' güzergahı boyunca alınan jeolojik kesit ve MASW değerlerini gösteren tabaka sınırı **115**
Şekil 4.36: Sondaj logu **118**
Şekil 4.37: MASW çalışması **119**
Şekil 4.38: DES **119**
Şekil 4.39: Sondaj logu **120**
Şekil 4.40: MAM sonuçları **121**
Şekil 4.41: Sıvılaşma analizi verileri **123**
Şekil 4.42: Sıvılaşma analizi grafiği **124**

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1: Türkiye'de 1903-2010 yılları arasında meydana gelmiş büyük depremler ve sonuçları (Pampal, 2000) **6**
Tablo 1.2: Deprem bölgelerine göre Türkiye'nin yüzölçümü ve nüfus dağılımı (Pampal, 2000). **7**
Tablo 2.1: Jeolojik/Jeoteknik Etütlerle İlgili Yönetmelik ve Genelgeler (Karakuş, 2009). **17**
Tablo 2.2: Etkin Yer İvme Katsayısı (DBYBHY, 2007). **25**
Tablo 2.3: UBC göre zemin sınıflandırılması (Doğangün ve Livaoğlu,.2006). **29**
Tablo 2.4: Türk Deprem Yönetmeliğine göre zemin sınıflandırılması (DBYBHY, 2007). **30**
Tablo 2.5: Türk Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfı (DBYBHY, 2007)..... **30**
Tablo 2.6: EC8 göre zemin sınıflandırılması (Doğangün ve Livaoğlu, 2006). **31**
Tablo 2.7: TEC, UBC ve EC8 elastik tasarım spektrumu karşılaştırılması (Doğangün ve Livaoğlu, 2006). **33**
Tablo 3.1: Türk Deprem Yönetmeliğinde kayma dalgası hızına göre zemin ve kaya ortamlarının sınıflandırılması (DBYBHY, 2007). **43**
Tablo 3.2: Yerel Zemin Sınıfları (DBYBHY, 2007). **44**
Tablo 3.3: Spektrum Karakteristik Periyotları (DBYBHY, 2007). **44**
Tablo 3.4: Bina Önem Katsayısı (I) (DBYBHY, 2007). **45**
Tablo 3.5: Temel şekline bağlı olarak K_1 ve K_2 katsayıları (Şekercioğlu, 2007)..... **47**
Tablo 3.6: Zeminlerde Yatak Katsayıları (ks), kN/m^3 (Bowles, 1996). **49**
Tablo 3.7: Yatak katsayısı (ks) değerinin kestirimi için bağıntılar (Özçep, 2009)..... **50**
Tablo 3.8: Sıvılaşma Analizi için Laboratuvar ve Arazi Verileri (Özçep,2009)..... **52**
Tablo 3.9: Vs hızı için elde edilen değerler (Özçep,2009)..... **55**
Tablo 3.10: SPT verileri için elde edilen parametreler (Özçep,2009) **55**
Tablo 3.11: Yapı temellerinde izin verilen maksimum oturma miktarı (Şekercioğlu, 2007). **58**
Tablo 3.12: Burland ve Burbridge (1985) yaklaşımına göre verilen bir temel sistemi için oturma değerleri (Şekercioğlu, 2007). **58**
Tablo 4.1: Arazide Kullanılan Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtları. **87**
Tablo 4.2: Eurocode 8'de Vs30'a Göre Zemin Sınıflaması. **90**
Tablo 4.3: Çeşitli Depreme Dayanıklı Yapı Yönetmeliklerindeki Kayma Dalgası Hızına (Vs30) Bağlı Yapıların Zemin Sınıflamaları (Pitilakis, 2004). **91**
Tablo 4.4: NEHRP (Ulusal Deprem Risk Azaltma Programı) ve Uniform Building Code'da (Resmi İnşaat Kanunu) Vs30'a göre zemin sınıflaması (U.S.A) .. **92**
Tablo 4.5: Mikrotremör etüdü değerlendirme sonuçları **113**
Tablo 4.6: Yapı temellerinde izin verilen maksimum oturma miktarı (Şekercioğlu, 2007). **117**
Tablo 4.7: Yapı temellerinde izin verilen maksimum oturma miktarı (Şekercioğlu, 2007). **122**

SEMBOL LİSTESİ

c	:	Kohezyon
c^1	:	Drenajlı Efektif Kohezyon
c_u	:	Drenajsız Kayma Mukavemeti
e	:	Kazık Başının Zemin Yüzeyinin Üzerindeki Kısmının Uzunluğu
E	:	Elastisite (Young) Modülü
G	:	Kayma Modülü
I	:	Atalet Momenti
k	:	Zemin Modülü
[k]	:	Rijitlik Matrisi
K	:	Toprak Basıncı Katsayısı
p	:	Zemin Reaksiyonu
{q}	:	Deplasman Vektörü
Q	:	Yük
{Q}	:	Düğüm Noktası Vektörü
{r}	:	Düğüm Noktası Deplasman Vektör
R	:	Rijitlik Faktörü
{R}	:	Toplam Yük Vektörü
T	:	Rijitlik Faktörü
Vx	:	Kesme Kuvveti
y	:	Deformasyon, Deplasman
q_{ult}	:	Nihai Taşıma Gücü
q_a	:	Zemin Emniyet Gerilmesi
γ_1 ve γ_2	:	Zeminin Temel Batanının Üstünde Ve Altında Efektif Birim Ağırlığı,
D_f	:	Temel Derinliği Ya Da Temel Tabanından Yüzeye Olan Uzaklık
B	:	Sürekli Ya Da Kare Temelin Genişliği
R	:	Dairesel Temelin Çapı
N_c, $N\gamma$, N_q	:	Boyutsuz Zemin Taşıma Gücü Katsayıları
Sc, Sq	:	Şekil Katsayıları
d_c	:	Derinlik Katsayıları

Ic, Iq, Iγ	:	Eğim Katsayilari
S_e	:	Elastik Tasarım Spektrumu
T_B-T_C	:	Spektral İvmenin Alt ve Üst Sınırları
T_D	:	Spektrumun Sabit Deplasman Tepki Aralığının Başında Tanımlandığı Değer
β	:	Yatay Tasarım Spektrum İçin Alt Sınır Faktörü
W	:	Yapının Ağırlığı
G_k	:	Güvenlik Katsayısı
A_0	:	Etkin Yer İvme Katsayısı
I	:	Yapı Önem Katsayısı
S(T)	:	Spektrum Katsayısı
R_a(T)	:	Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
k_s	:	Yatak Katsayısı
CSR	:	Devirsel (kayma) Gerilme Oranı
CRR	:	Devirsel Direnç Oranı
σ_o	:	Gerilme
r_d	:	Derinlikle Meydana Gelen Kayma Gerilmesi Azalmasını Gösteren Bir Düzeltme Katsayısı
S_i	:	Ani Oturma
mv	:	Hacimsel Sıkışma Katsayısı
Cc	:	Sıkışma Katsayısı
Vs	:	Kayma Dalga Hızı
$Vs_{,30}$	:	30 m. İçin Ortalama Kayma Hızı
T	:	Yapının Periyodu
Se_A-Se_B	:	A ve B Noktaların da Elastik Tasarım Spektrumları
k_1 ve k_2	:	Temel Tabanına Bağlı Katsayılar
q	:	Zeminin Herhangi Bir Noktadaki Basıncı
G	:	Sabit Yük
Q	:	Hareketli Yük
P	:	Net Taban Basıncı
N	:	Darbe Sayısı
Kh	:	İvme Faktörü
I	:	Bina Önem Katsayısı
Δ P	:	Yapıdan Temele İletilen Gerilme

q	:	Bina Yükü
k	:	Kat Adedi
γn	:	Yoğunluk
ΔH	:	Toplam Oturma
H	:	Sıkışabilir Tabaka Kalınlığı

ÖZET

TÜRKİYE ZEMİN ETÜT RAPORLARI; KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Bilindiği gibi ülkemiz, dünyanın en aktif sismik bölgelerinden biridir. Hemen hemen her yıl karşılaştığımız orta ve büyük ölçekteki depremler ciddi can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Bu nedenle deprem zararlarının azaltılması yönünde yapılan girişimler büyük önem arz etmektedir. Bu girişimlerin en önemli ayaklarından bir tanesi zemin etütlerinin kalitesinin ve işlevselliğinin artırılması oluşturmaktadır. Bu tez kapsamında ülkemizde uygulanan zemin etütlerinde karşılaşılan problemler ve çözüm önerilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, öncelikle zemin etüdü kavramı incelenmiş ve türleri tanımlanmıştır. Zemin etütleri, afet kavramı içinde tarihsel gelişime uygun olarak incelenmiş, yasal süreçlerden bahsedilmiştir. Günümüzde yürürlükte olan zemin etüt yönetmeliği ayrıntılandırılıp, zemin etütlerinin hangi arazi, deney ve büro çalışmalarını kapsaması gerektiğinden bahsedilmiştir.

Araştırmalar sonucu elde ettiğimiz zemin etütlerinde karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri beş başlık altında gruplanmıştır. Bunlar;

1. Veri toplama aşamasında karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri
2. Zemin sorunlarının tespitinden kaynaklanan problemler ve çözüm önerileri
3. Yönetmelik ve genelgelerden kaynaklanan problemler ve çözüm önerileri
4. Yorumlama ve rapor yazımından kaynaklanan problemler ve çözüm önerileri
5. Denetleme mekanizmasından kaynaklanan problemler ve çözüm önerileri

Bu çalışmada ayrıca, karşılaşılan problemlere örnek oluşturabilecek uygulamalara yer verilerek zemin etütlerinin hatalı veya eksik yapılması durumunda doğabilecek sonuçlardan bahsedilmiştir. Bu uygulamaların tamamı tarafımızdan yapılan zemin etütlerinde karşılaştığımız, çözümlediğimiz ve önlem önerdiğimiz uygulamalar olup karşılaşılan problemlere göre verilmeye çalışılmıştır.

SUMMARY

TURKEY GROUND SURVEY REPORTS; ENCOUNTERED PROBLEMS AND SOLUTION SUGGESTIONS

As it is known, Turkey is one of the most active seismic zones in the world. Almost every year we face medium and large-scale earthquakes that cause serious loss of life and property. For this reason, the attempts made to reduce earthquake losses are of great importance. One of the most important pillars of these initiatives is to increase the quality and functionality of ground surveys. This study aims to investigate the problems encountered in ground surveys and to submit the solution suggestions for the problems. Accordingly, first the concept of ground survey and the types of ground survey are issued. The historical development of ground surveys and the legal processes are examined in accordance with the concept of disaster. Ground survey regulation in use today is investigated further. It is discussed which ground surveys should cover the works of field, experiment and office.

Research results and solutions to problems that we encountered in ground surveys are grouped under five headings;

1. The problems encountered for the data collection phase and solution suggestions
2. The problems arising from detection of soil issues and solution suggestions
3. The problems arising from regulation and circulars and solution suggestions
4. The problems arising from interpretation and report writing and solution suggestions
5. The problems arising from inspection solution suggestions

In addition, this study includes sample practices which constitute the encountered problems. It is discussed the examples for the case of incorrect and incomplete ground surveys. All of these implementations consist of the problems that we have encountered and suggested a solution.

1. GİRİŞ

1.1. TÜRKİYE'DE DEPREM

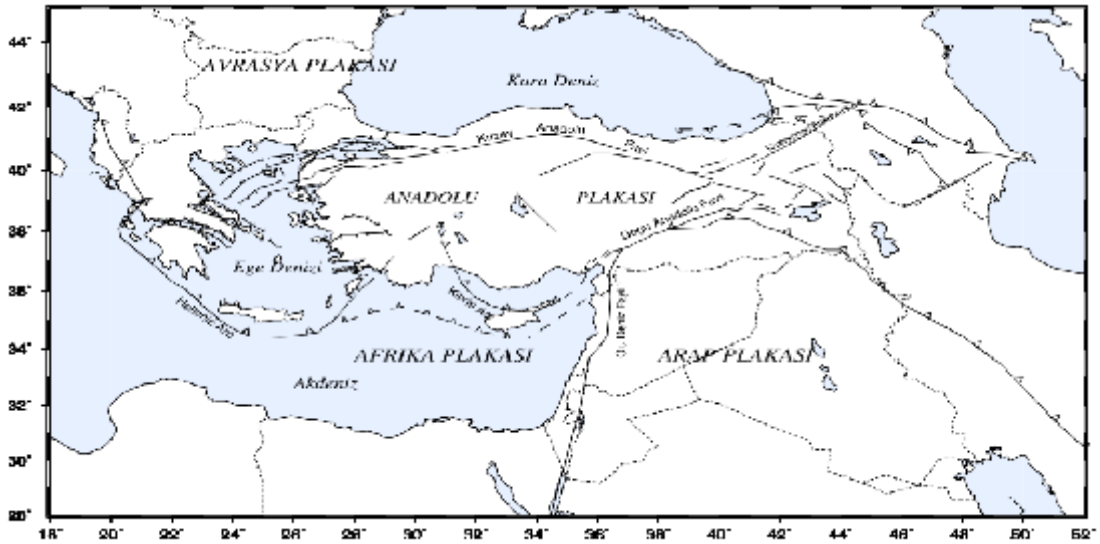
Tarihin eski çağlarından beri Anadolu'nun çeşitli uygarlıklara mezar olmasının nedenlerinden biri, belki de bölgenin depremlerle sürekli sallanmasıdır. Bunun bir sonucu olarak Ege ve Marmara denizi kıyılarında bulunan bazı şehirlerin şiddetli depremlerle yerle bir olup, denizin altına doğru kaydıklarını tarihi kanıtlar göstermektedir. Tarihin ilk çağlarından itibaren sayısız deprem felaketine uğramış bulunan ülkede, yalnızca Cumhuriyet'in kuruluşundan bugüne kadar geçen zaman içinde can ve mal kaybına yol açan 40'dan fazla deprem olmuş, bu depremlerde 100.000 civarında can kaybı meydana gelmiş, 450.000'den fazla yapı da yıkılmış ve ağır hasara uğramıştır. Yapılan istatistiksel çalışmalar her 35-40 yılda bir yıkıcı depremlerin etkisiyle büyük yerleşim alanlarından birinin yerle bir olduğunu göstermektedir. Bunun en tipik örneği Erzincan'dır. Erzincan ve çevresinde son 1000 yılda meydana gelen 17 yıkıcı depremden beşinde bu il yerle bir olmuş, hayatını kaybedenlerin sayısı 150.000'i geçmiştir. Buna rağmen benzer hatalar tekrarlanmış, aynı yerde yanlış yapılaşma sürmüştür.

Türkiye topraklarının %96'sı değişik deprem tehlikesiyle karşı karşıyadır. Nüfusun da %98'i deprem riski altında yaşamaktadır. Büyük sanayi merkezlerinin %98'inin, barajların %92'sinin deprem bölgelerinde yer aldığı görülmektedir.

1.2. TÜRKİYE'NİN DEPREM BÖLGELERİ

Türkiye Alp-Himalaya deprem kuşağı içinde Afrika, Arap ve Avrasya gibi büyük tektonik plakaların birbirleriyle çarpıştığı ve plakaların sınırlarını da içeren bir bölgede yer almaktadır. Türkiye ve çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası Şekil 1.1'de verilmektedir. Bu harita bölge tektonik plaka sınırları ile plaka içinde ve sınırlarında oluşan yanal atımlı ve normal faylar ile bindirme bölgeleri genel hatlarıyla gösterilmiştir. Türkiye ve çevresinin tektonik oluşumunda en önemli etken Afrika ve

Arap plakalarının Avrasya plakası ile çarpışması olarak ifade edilebilir (McKenzie, 1972; Jackson ve McKenzie, 1988).



Şekil 1.1: Türkiye ve çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası. Düz çizgi-yanal atımlı fay, taraklı çizgi-normal fay, üçgenli çizgi-bindirme bölgesi (McClusky ve diğ., 2000)

Bölgedeki tektonik aktivite genel hatlarıyla, Arap plakasının Avrasya plakasına göre kuzey-kuzeybatı doğrultusunda 20mm/yıl hızla hareketi sonucu Bitlis-Zağros bindirme kuşağı boyunca oluşan çarpışma nedeniyle, Doğu Anadolu bölgesinde bir sıkışmanın meydana gelmesi ve bunun sonucunda da Anadolu plakasının 10-20 mm/yıl hızla batıya hareketi ve saat yelkovanı tersinde dönmesi, Afrika plakasının 5-10 mm/yıl hızla kuzey doğrultusunda hareketi ve Avrasya plakasının altına dalması sonucunda da Ege bloğunda güneybatı yönünde 30-35 mm/yıl hızla bir açılmanın ve normal faylanmanın meydana gelmesi şeklinde özetlenebilir (Ayhan ve diğ., 1999; McClusky ve diğ., 2000).

Ülkemizde deprem üreten önemli dört fay zonu vardır. Bunlar;

1. Kuzey Anadolu Fay zonu
2. Doğu Anadolu Fay zonu
3. Batı Anadolu garben sistemleri
4. Yerel episantr zonları

1.2.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu

Kuzey Anadolu Fayı (KAF), ülkemizin olduğu kadar dünyanın da üzerinde yıkıcı depremler üreten en önemli aktif fay kuşaklarından biridir.

Kuzey Anadolu Fayı, doğuda Van gölünden başlayarak batıya doğru Karadeniz kıyılarına yaklaşık paralel olmak üzere başlıca Varto, Karlıova, Erzincan, Niksar, Erbaa, Ladik, Gerede, Bolu, Adapazarı yakınlarından geçer. Kocaeli civarında Marmara denizine girer, deniz içerisinden geçerek Saros Körfezinde tekrar karaya çıkar ve en batıda Ege denizi içlerine kadar uzanır.

KAF, ülkemiz toprakları içerisinde yaklaşık 1200 km'lik bir uzunluğa sahip olup sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur. KAF boyunca depremler esnasında ölçülen yatay kayma miktarı 1.5 ile 5 m arasında değişmektedir. Düşey kaymalarda ise 0.40 ile 1 m arasında değişmektedir. Fay zonunun uzanımı boyunca batı ve doğu kesimlerindeki fay zonu genişliği değişkendir. Genel olarak fay zonu, doğuda birkaç yüz metre arasında iken daha batıda özellikte Marmara bölgesinde fay zonu genişliği yer yer 10 kilometreyi bulmaktadır. Batıda, Marmara bölgesinde oldukça geniş olan fay zonu içerisinde, fayın doğrultu atımına ilaveten normal faylanma mekanizmaları da meydana gelir (Karaman, 2006).

KAF üzerinde son yıllarda büyük hasar yapmış ve büyüklüğü 7.0'nin üzerindeki önemli depremler, oluşum tarihlerine göre şöyledir;

- 1939 Erzincan Depremi
- 1942 Erbaa-Niksar Depremi
- 1943 Tosya Ilgaz Depremi
- 1944 Bolu-Gerede Depremi
- 1957 Bolu-Abant Depremi
- 1967 Mudurnu Depremi
- 1999 Gölcük Depremi
- 1999 Düzce Depremi

1.2.2. Doğu Anadolu Fay Zonu

Doğu Anadolu Fayı (DAF), güneydeki Arap levhasının kuzeyindeki Avrasya levhası ile çarpışması sonucu Anadolu levhası üzerinde gelişmiş sol yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Bu fay aynı zamanda Anadolu levhası içerisinde oluşmuş KAF ile eşlenik bir faydır.

DAF, kuzeydoğuda KAF ile kesiştiği yer olan Karlıova birleşim noktasından başlar ve güneybatıya doğru Bingöl, Palu, Hazar gölü, Pütürge, Çelikhan, Gölbaşı, Kahramanmaraş civarı, Türkoğlu, Islahiye, Kırıkhan ve Antakya doğusundan geçerek ülkemiz sınırından çıkar ve daha güneyde Ölü Deniz Fayı olarak devam eder.

Sol yönlü doğrultu atımlı fay olan DAF' nın ülkemiz içindeki uzunluğu yaklaşık olarak 400 km dolaylarındadır. DAF boyunca her iki yöne değişken kalınlıklara sahip bir fay zonudur. Çoğu yerde 2-3 km genişlikli bir fay zonu durumundadır. Sol yönlü yanal atımı yaklaşık bir değerle 15-22 km civarındadır. Kayma hızı ise yıllık ortalama 5-6 mm civarındadır. Kuzeydoğu ucunda KAF ile kesişmesi nedeniyle, ana fayın gidişine paralel birçok tali faylanma gelişmiştir. DAF ve KAF' nın kesişim yaptığı bölge depremsellik yönünden son derece yüksek risk taşır (Karaman, 2006).

1.2.3. Batı Anadolu Graben Sistemleri

Anadolu'nun batısında, Edremit Körfezinde Toros Dağ zincirinin başladığı Akdeniz'e kadar uzanan bölgeyi kapsar. Büyük ve Küçük Menderes Vadisi, Gediz Vadisi, Edremit ve Kemre Körfezi gibi Ege Graben sistemini (EGS) oluşturan graben alanlarındaki normal fay sistemleri, bu zonun önemli deprem kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu zonun özellikle batısında, Ege denizinin çevresinde, orta derinlikteki depremlerin yoğun olduğu görülür (Pampal, 2000).

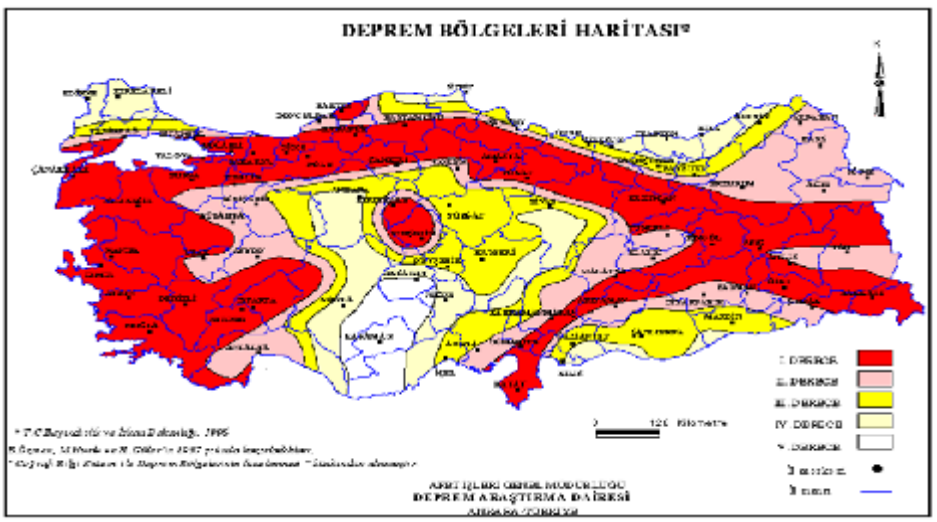
1.2.4. Yerel Episantr Zonları

Orta Anadolu'da Afyon-Akşehir çukurluğu, Ankara-Eskişehir kırık hattı, Kırşehir-Yerköy, Kayseri ve Göller bölgesi ile Güneydoğu Anadolu'da Urfa yöreleri geçmişte sismik bakımından aktif olmuş ve gelecekte de deprem tehlikesi ve riski taşıyan bölgeler olarak değerlendirilmektedir. Örneğin başkent Ankara, bir taraftan Kırıkkale-Kırşehir arasında bulunan Keskin fayı, öte yandan Kuzey Anadolu fayı etkisinde Bolu-

Gerede ve Çankırı bölgelerine olan yakınlığı nedeniyle buralarda meydana gelecek büyük hasar yapıcı depremlerden etkilenecektir. Nitekim 1944 Bolu-Gerede depreminde Ankara il sınırları içerisinde önemli can ve mal kayıpları ortaya çıkmıştır (Pampal, 2000).

1.3. DEPREM TEHLİKESİ BAKIMINDAN BÖLGELERİN DURUMU

Türkiye'nin deprem tehlikesi bakımından bölgelerinin durumunu gösteren deprem bölgeleri haritasında (Şekil 1.2), deprem tehlikesi bakımından Türkiye beş bölgeye ayrılmıştır. Bunlardan I. ve II. derece deprem bölgeler en tehlikeli olanlarıdır. Buralarda çok büyük depremlerin her zaman olması beklenir. III. ve IV. derece deprem bölgelerinde beklenen depremlerin daha küçük şiddetli olacağı söylenebilir. Buraların aynı zamanda I. ve II. derece bölgelerde oluşan şiddetli depremlerden de etkileneceği kabul edilir. Tehlikesiz kabul edilen V. derece bölgede ya hiç deprem olmayacağı, ya da olacaksa bile bu depremlerin hasar yapıcı etki göstermeyecek kadar küçük olacağı kabul edilmektedir (Pampal, 2000). Deprem bölgeleri haritasına bakıldığında I. Derece deprem bölgelerinin, Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı çevresi ve Batı Anadolu bölgesindeki graben sistemi çevresinde yoğunlaştığı görülür (Karaman, 2006). Türkiye' de 6.8-7.4 magnitüdlü ölüm, yaralanma ve hasarla sonuçlanan depremler Tablo 1.1'de gösterilmiştir. Ayrıca diğer bölgelerde meydana gelecek depremlerinde bu bölgeleri etkileyemeyecekleri varsayılmaktadır.



Şekil 1.2: Deprem Bölgeleri Haritası (BİB, 1996)

Tablo 1.1: Türkiye'de 1903-2010 yılları arasında meydana gelmiş büyük depremler ve sonuçları (Pampal, 2000)

Gün/Ay/Yıl	Büyüklük	Yer	Ölü	Yaralı	Ağır Hasarlı Bina Sayısı	Enlem (N)	Boylam (E)	Derinlik (km)	Şiddet (MSK)
09.08.1912	7.3	Mürefte	216	466	5540	40.60	27.20	16	-
13.09.1924	6.9	Pasinler	310	-	4300	39.96	41.94	10	-
06.05.1930	7.2	Hakkâri-sınırı	2514	-	3000	37.98	44.48	70	X
20.12.1942	7	Niksar-Erbaa	3000	6300	32000	40.87	36.47	10	IX
01.02,1944	7.2	Bolu-Gerede	3959	-	20865	41.41	32.69	10	IX-X
19.08.1966	6.9	Varto	2394	1489	20007	39.17	41.56	26	IX
06.09.1975	6.9	Lice	2385	3339	8149	38.47	40.72	32	VIII
24.11.1976	7.2	Çaldıran	3840	497	9552	39.12	44.16	10	IX
30.10.1983	6.8	Erzurum-Kars	1155	1142	3241	40.20	42.10	16	VIII
13.03.1992	6.8	Erzincan-Tunceli	653	3850	6702	39.68	39.56	27	VIII
27.06.1998	7.4	Kocaeli	15000	32000	50000	40.70	29.91	20	IX
12.11.1999	7.2	Bolu-Düzce	800	5000	5883	40.74	31.21	14	X

23.12.1972 tarihinde yürürlüğe giren eski Türkiye deprem bölgeleri haritası, tarihsel deprem kayıtları, neotektonik ve sismolojik bulgulardaki gelişmelerin ışığında yeniden düzenlenerek değiştirilmesi ile hazırlanan ve 18.04.1996 tarihinde yürürlüğe giren yeni deprem bölgeleri haritasına göre Türkiye'nin yüzölçümü ve nüfus olarak çeşitli deprem tehlikesiyle karşı karşıya kalan bölgelerin durumu Tablo 1.2'de verilmiştir (Pampal, 2000).

Deprem bölgeleri haritasının hazırlanması sırasında;

- Deprem kaynak zonu sınırlarının belirlenmesi,
- Tanımlanan her bir kaynak zonu için geçmişteki deprem verilerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi ve kaynak zonların doğurabilecekleri en büyük deprem magnitüdlerinin belirlenmesi,
- Her bir kaynak zonu için azalım ilişkilerinin belirlenmesi,
- Yer hareketi parametresi olarak seçilen ivmeye ait, belirlenen bir zaman için geçerli maksimum birikimli ihtimal dağılım fonksiyonunun hesaplanması,

aşamaları izlenmiştir (Gülkan ve diğ., 1993).

Tablo 1.2: Deprem bölgelerine göre Türkiye'nin yüzölçümü ve nüfus dağılımı (Pampal, 2000).

Deprem Bölgeleri	Yüzölçümü	%	Nüfus	%	Tahmini nüfus	%
I. derece	328.995	42	25.052.683	44	28.498.740	45
II. derece	186.411	24	14.642.950	26	16.674.656	26
III. derece	139.594	18	8.257.582	15	9.334.138	15
IV. derece	97.894	12	7.534.083	13	8.129.711	13
V. derece	32.051	4	985.737	2	1.107.757	2
TOPLAM	784.945		56.473.035		63.745.000	

1.4. ZEMİN ETÜDÜ KAVRAMI VE ÖNEMİ

Türkiye topraklarının %96'sının deprem tehlikesi altında olduğunu düşünürsek, son yüzyılda meydana gelen yıkıcı depremlerde oluşan can ve mal kayıpları, yapılacak her türlü yapının detaylı zemin incelemeleri gerçekleştirildikten sonra yapılmasını zorunlu

kılmaktadır. Bu çalışmalar geoteknik, jeolojik ve jeofizik olarak yapılarak, arazi ve laboratuvar ortamında zeminin statik ve dinamik yapısını detaylı olarak ortaya koyarak, yapının statiğini hazırlayan inşaat mühendisine en doğru şekilde verilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle depremde can ve mal kaybı yaşanmamasının en önemli ve ilk basamağı, zemin etüdünün iyi bir şekil de hazırlanmasıdır.

Yerbilimlerinde etüt kavramı üç başlık altında incelenebilir;

- ✓ Jeolojik Etüd
- ✓ Jeoteknik Etüd
- ✓ Zemin Etüdü

Jeolojik ve jeoteknik etütler birbirinden bağımsız düşünülemez. Jeolojik etütler mevcut jeolojik ve morfolojik özelliklerini planlamaya ve yapılaşmaya uygun olup olmadığını, heyelan, kaya düşmesi, su baskını ve deprem gibi doğal afet riski açısından tehlike bulunup bulunmadığının belirlenmesini hedeflerken, jeoteknik etütler jeolojik etütlerin açıklayamadığı ve planlama için yapılan gözlemler sonucunda "riskli alanlar" olarak belirlediği;

1. Yer altı suyunun seviyesi,
2. Potansiyel kütle hareketlerinin aktif hale geçip geçmeyeceği veya hangi hallerde aktif hale geçeceğini,
3. Fayların aktif olup olmadığının tespiti,
4. Zeminlerin oturma-şişme ve sıvılaşma potansiyellerinin belirlenmesi

gibi değerlendirmelerin yetersiz kaldığı durumlarda aranmaktadır. Ayrıca jeolojik etütler ile hangi sahalarda jeofizik araştırmaların yapılacağı da saptanır.

Zemin etütleri ise jeolojik ve jeoteknik etütler yapıldıktan ve imar planı tamamlandıktan sonra yapılaşma evresinde temel tasarımı ile temelin oturacağı zeminin (kaya veya toprak) birbirleri ile olan etkilerini araştırır. Yani bir yapının inşaat süresince veya inşaattan sonra deprem, heyelan, su baskını gibi doğal afetler ile zeminde meydana gelebilecek deformasyon sonucu zemin yapısının çatlaması, kırılma, çökme, yıkılma, şişme-oturma, eğilme vb. gibi durumlarla karşılaşmaması için alınacak tedbirlerin belirlenmesini kapsayan çalışmalardır (Karakuş, 2009).

1.4.1. Jeolojik Etüt

Belediye ve mücavir alan sınırları içerisinde imar planı yapılacak alanların yerleşim açısından jeolojik özelliklerini araştıran, jeolojik yönden planlamayı etkileyebilecek sakıncaların bulunup bulunmadığını belirten, arazilerin planlanabilirliğini ve yerleşebilirliğini ortaya koyan, ayrıca küçük ölçekli riskleri ortadan kaldırabilecek ve alınabilecek önlemlerin araştırılmasını kapsayan araştırmaların bütünüdür.

1.4.2. Jeoteknik Etüt

Bu etütler, daha önce yapılmış veya yapılacak olan jeolojik etütlerde gözlemsel verilere göre yerleşim için sakıncalı veya riskli bulunan alanlarda; sakıncanın türü ve boyutu ile söz konusu riskin nasıl yok edileceğini ortaya koyan, söz konusu alanlarda yerleşime gidilip gidilemeyeceğini veya hangi koşullarda yerleşim yapılabileceğini, gerektiğinde sismik çalışmalardan da yararlanılarak yerinde ve laboratuvar deneyleri ile araştıran çalışmalardır.

1.4.3. Zemin Etüdü

Temel tasarımı ile zemin-temel-yapı etkileşiminin irdelenmesinde kullanılacak zemin özellikleri ve zemin parametreleri tayini için yapı alanı ve çevresinde zemin ve yeraltı suyu ile ilgili verilerin toplanmasını kapsar (Karakuş, 2009).

1.5. AMAÇ

Ülkemizin bir deprem ülkesi olması, yapılacak tüm inşaatlarda zemin araştırması yapılmasını zorunlu olmuştur. Bu nedenle yapılan zemin etüt raporları gerek hazırlanma aşamasında, gerekse denetleme aşamasında belli standartlara göre yapılması ve denetlenmesi, kullanılan işgücü ve verimliliğin arttırılması açısından ciddi önem arz etmektedir. Bu bağlamda zemin etütleriyle ilgili uygulamaların, raporların denetimleri ve yönetmeliklerden kaynaklanan aksaklıkların belirlenmesi ve bu aksaklıklara çözüm önerisi getirilmesi hedeflenmektedir.

Önerilen tez kapsamında öncelikle, zemin etüt raporlarının dayanağını oluşturan yasa ve yönetmelikler incelenerek, zemin etüt raporlarının ne anlama geldiği, hangi türlerinin olduğu, kimler tarafından hazırlanabileceği, hangi tür gözlem, deney, ölçüm ve

analizlere dayanması gerektiği, nasıl hazırlanıp sunulacağı konusunda bilgiler toplanacaktır. Bu konuda meslek odalarının, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın, belediyelerin ve üniversitelerin görüş ve bilgisine başvurulacaktır. Avrupa Birliği ülkelerinde benzer zemin etüt raporlarının hazırlanması ve içerikleri konusunda araştırma yapılacaktır. Var olan sorunların ve eksikliklerin ortaya konmasından sonra, bilimsel çözüm önerileri tartışılacak ve uygulamaya dönük öneriler getirilecektir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. AFET KAVRAMI

Temel tasarımı ile zemin-temel-yapı etkileşiminin incelenmesinde kullanılacak zemin özellikleri, zemin parametrelerinin tayini için, yapı alanı ve çevresini zemin özellikleri ile yeraltısuyu verilerinin toplanmasını gerektirir (Karakuş, 2009). Zemin etüdü olgusu deprem, heyelan gibi afetlerden dolayı önemle incelememiz gereken bir olgudur. Bu nedenle ülkemizdeki afet yaklaşımına bakmak ve incelemek gerekir.

Ülkemiz, jeolojik ve topografik yapısı ve iklim özellikleriyle doğal afetlerin çok sık yaşandığı bir ülkedir. Geçmiş afetler göz önüne alındığında, gelecekte de büyük afetlere maruz kalabileceğimiz bilinmektedir. Yaşanan her afet, can ve mal kaybının yanında ekonomik olarak büyük hasarlara da neden olabilmektedir. Doğal afetlerden kaynaklanan ekonomik kayıp, her yıl yaklaşık Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH)'nın yüzde 3'üne tekabül etmektedir (Akdağ, 2002).

Afet kavramı; insanlar ve ülkeler için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen doğal, teknolojik veya insan kökenli olaylardır (Akdağ, 2002).

Afet yönetimi ise; afet olguları karşısında planlama, araştırma ve gözlem ile etkilerin azaltılmasına yönelik alınan tedbirlerin gelişimi için önlem, zarar azaltma, hazırlık, acil müdahale ve iyileştirme problemlerine çözüm arayan geniş kapsamlı ve disiplinler arası bir yönetim modelidir (Akdağ, 2002)

2.2. TÜRKİYE'DEKİ AFET MEVZUATI VE TARİHÇESİ

Ülkemizde doğal afet zararlarının azaltılması konusundaki mevzuatı önemli politika değişiklikleri göstermeleri açısından dört dönemde incelemek mümkündür. 1944 yıllı

öncesi, 1944-1958 yılları arası, 1958 yıllı sonrası ve 17 Ağustos 2000 sonrası olarak ele alınacaktır (Akdağ, 2002).

2.2.1. 1944 Yıllı Öncesi

Osmanlı İmparatorluğu döneminde meydana gelen büyük afetlerde halka padişah fermanları ile acil yardım ve konut yardımı yapıldığına dair bazı örnekler verilebilir. Bu konudaki ilk yazılı örnek, 14 Eylül 1509 yılında meydana gelen İstanbul depremi sonrası rastlanır. Zamanın Osmanlı Padişahı 2. Beyazıt çıkardığı bir fermanla deniz kenarındaki dolgu zeminler üzerinde ev yapmak yasaklanmış ve ahşap ev yapımı teşvik edilmiştir.

Bu dönemde şehirleşme ve yapılaşmaları bazı kurallara bağlama ihtiyacı ilk kez 1848 yılında duyulmuş ve o yıl çıkarılan "Ebniye Nizamnamesi" ile yalnız İstanbul içerisinde yapılaşmalara bazı esaslar getirilmiştir. Daha sonra 1877 yılında çıkarılan bir nizamname ile uygulama imparatorluk sınırları içerisinde tüm belediyelerde yaygınlaştırılmıştır.

1882 yılında çıkarılan Ebniye Kanunu ile de belediye teşkilatı olan yerlerde, alt yapılar ve yolların düzenlenmesi konusun da, yapılarla birlikte esaslara bağlanmıştır.

1930 yılında yürürlüğe giren 1580 sayılı "Belediye Kanunu" ile belediyelere, yerleşme ve yapılaşmalarla ilgili denetim görevi ile ihtiyaç sahipleri için konut inşa ettirmek görevi de verilmiştir.

26 Aralık 1939 yılında ülkemizde son yüzyılın en büyük depremi olan Erzincan depreminin meydana gelmesi ve bu depremde 32.962 kişinin hayatını kaybetmesi ve 116.720 yapının yıkılması veya ağır hasar görmesi üzerine, o günkü cumhuriyet hükümeti bazı yasal düzenlemeler yapma ihtiyacı duymuş ve ilk kez 17 Ocak 1940 tarihinde 3773 sayılı "Erzincan da ve Erzincan Depreminden Müteessir Olan Mıntıkalara Zarar Görenlere Yapılacak Yardımlar Hakkında Kanun" çıkarılmıştır.

İlk kez bu kanunla, depremden etkilenen yörelerdeki vergi mükelleflerinin tüm vergileri terkin edilmiş, memur ve diğer çalışanlara 3 maaş tutarında avans verilmesi öngörülmüş

ve evleri yıkılan ve evleri kullanamayacak hale gelen kişilere, ücretsiz arsa verilmesi ve yapı malzemesi yardımı yapılması esasları benimsenmiştir (Akdağ, 2002).

2.2.2. 1944-1958 Yılları Arası

1939-1944 yılları arasında 26 Aralık 1939 büyük Erzincan depremi ile başlayıp, ortalama olarak 7 ay gibi kısa aralıklarla meydana gelen Niksar-Erbaa, Adapazarı-Hendek, Tosya-Ladik ve Bolu-Gerede depremlerinde 43.319 kişinin ölmesi, 75 bin kişinin yaralanması ve 200 bin civarında yapının yıkılması veya kullanılamaz hale gelmesi üzerine o günün Cumhuriyet Hükümeti, deprem olayının doğurduğu sonuçların yalnızca yıkılanın yerine yeni ev yaparak çözülemeyeceği ve ülkemizde mutlaka deprem zararlarının azaltılması konusunda bazı çalışmalar yapılması gerektiği kararına varmış ve 18 Temmuz 1944 tarihinde 4623 sayılı "Yer Sarsıntılarından Evvel ve Sonrası Alınacak Tedbirler Hakkında" kanun çıkarılmıştır.

Ülkemizde gerçek anlamda doğal afet azaltılmasına yönelik çalışmalar bu kanunla başlamıştır. Nitekim bu kanun gereğince Bayındırlık Bakanlığı ilgili üniversitelerle işbirliği yaparak, 1945 yılında Türkiye'nin ilk deprem bölgeleri haritası ile Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği, bugünkü adıyla Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik'i hazırlamış ve uygulanması zorunlu bir yönetmelik olarak yürürlüğe koyulmuştur.

1953 yılında Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği bünyesinde bir deprem bürosu kurulmuştur. Daha sonra 1955 yılında bu büro DE-SE-YA (Deprem, Seyelan, Yangın) şubesi haline getirilmiş ve doğal afet zararlarının azaltılması çalışmaları bu şube tarafından yürütülmeye başlanmıştır.

1950'li yılların ortalarından itibaren gittikçe yoğunlaşan sanayileşme, göç ve şehirleşme hareketleri, şehirlerimizde olumsuz gelişmelere yol açmış ve 1933 yılında çıkarılmış olan "Belediye Yapı ve Yollar" kanunu yerleşme va yapılaşmaların denetimi açısından yetersiz kalmaya başlamıştır. Bunun üzerine, 1956 yılında zamanına göre hayli ileri sayılan 6785 sayılı "İmar Kanunu" çıkarılmıştır. Bu kanunla, yerleşme yerlerinin belirlenmesi sırasında doğal afet tehlikesinin ortaya çıkarılması ve fenni mesuliyet sistemi ile yapı denetimi konularına önem ve öncelik verilmiştir (Akdağ, 2002).

2.2.3. 1958 Yılı Sonrası

1958 yılı ve sonrası ülkemizde doğal afet zararlarının azaltılması çalışmaları açısından önemli politika değişikliklerinin yaşandığı ve uluslar arası alandaki yeni gelişmelere paralel olarak önemli gelişmelerin sağlandığı yıllar olmuştur.

Özellikle ana görevi; afetlerden önce ve sonra gerekli tedbirleri almak, ülkenin bölge, şehir ve köylerinin planlamasını yapmak, konut ve iskan sorununu çözmek, ülkedeki yapı malzemelerinin geliştirilmesi ve standartlarını hazırlamak olan İmar ve İskan Bakanlığı'nın Mayıs 1958 yılında 7116 sayılı kanunla kurulması ve bu kanunlarla ilgili görevleri Bayındırlık Bakanlığı'nın devir alması çok olumlu bir gelişme olmuştur.

En önemli gelişme ise, 15.05.1956 tarihinde, çeşitli değişikliklerle bugün hala yürürlükte olan, 7269 sayılı "Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun" un çıkarılması olmuştur.

7269 sayılı kanununla, depremler ve su baskınları dışında heyelan, kaya ve çığ düşmesi, yangın, fırtına vb. tüm doğal afetleri de kapsamı içerisine alması ve muhtemel afet kavramı getirerek, bu afetler olmadan önce can ve mal güvenliği açısından, gelecekte afete maruz kalabilecek yerleşimleri de kapsamı içerisine almış olmasıdır.

1992 yılında Erzincan'da önemli hasarlara yol açan bir deprem meydana gelmesi ve deprem olaylarının yalnızca fiziksel kayıplara değil, göç, işsizlik, üretim kaybı vb. sosyal ve ekonomik kayıplara yol açması ve halen yürürlükte olan 7269 sayılı kanunun bu tür sosyal ve ekonomik kayıpları azaltmaya imkan vermemesi üzerine, 28.08.1992 tarihinde 3838 sayılı "Erzincan, Gümüşhane ve Tunceli İllerinde Vuku Bulan Deprem Afeti İle Şırnak ve Çukurca'da Meydana Gelen Hasar ve Tahribata İlişkin Hizmetlerin Yürütülmesi Hakkında Kanun" çıkarılmıştır.

7269 sayılı kanunun zaman içerisinde eksik kalmış olan yönlerini tamamlayan bu kanunla Erzincan Depreminin yaraları kısa zamanda sarılmış ve deprem güvenliği arttırılmış yepyeni bir Erzincan inşa edilmiştir.

Yalnızca Erzincan depreminden etkilenen bölgeleri kapsayan bu kanundan sonra meydana gelen afetlerden etkilenen diğer yöreler içinde benzer bir kanun hazırlanması ihtiyacı ortaya çıkmış ve 23.07.1995 tarihinde 4123 sayılı "Tabii Afet Nedeniyle Meydana Gelen Hasar ve Tahribata İlişkin Hizmetlerin Yürütülmesine Dair Kanun" çıkarılmıştır. Acele ile hazırlandığı için 3838 sayılı kanunun bütün maddelerini kapsamayan bu kanun, 01.10.1995 Dinar depreminden sonra 16.11.1995 tarih ve 4133 sayılı kanunla değiştirilmiş ve yeni bazı maddeler eklenmiştir (Akdağ, 2002),

2.2.4. 17 Ağustos 2000 Sonrası

17 Ağustos Depremi ülkemizin yaşadığı en önemli afetlerden birisidir. Bu afeti diğer afetlerden ayıran bir çok özellik mevcuttur. Herşeyden önce çok geniş bir alanı etkileyen bir yapısı vardır. Ülkemizin en yoğun nüfusa ve sanayi alanlarına sahip bölgesinde ve metropol alan ağırlıklı yaşanmıştır. Tüm bu nedenlerle, mevcut afet yönetim yapımız yeterli olamamıştır.

17.08.1999 tarihinde yaşanmış olan deprem nedeniyle; deprem bölgesindeki hasar ve tahribatın giderilmesi, bölgede normal hayata dönülmesi ve bölge ekonomisinin düzeltilmesi, diğer yandan da daha uzun vadeli ve ülke çapında geçerli önlemler alınması için ihtiyaç duyulan yasal tedbirlerin alınabilmesi amacıyla 27.08.1999 tarih ve 4452 sayılı "Doğal Afetlere Karşı Alınacak Önlemler ve Doğal Afetler Nedeniyle Doğan Zararların Giderilmesi İçin Yapılacak Düzenlemeler Hakkında Yetki Yasası" çıkarılmıştır (Akdağ, 2002).

Ülkemizde, yukarıda ana hatları ile anlatılan afet zararlarının azaltılması için yapılan mevzuat çalışmalarından şu sonucu çıkarmak en doğru yaklaşım olacaktır. Osmanlı dan günümüze kadar afet meydana gelmeden, afet zararlarının azaltılmasına yönelik herhangi bir çalışma malesef yürütülmemiştir. Afet meydana geldikten sonra ise çoğunlukla kamuoyunun tepkisi üzerine kısa vadeli ve geçici önlemlerin alınması yoluna gidilmiştir. Bunun en son örneğini 1999 İzmit-Gölcük depreminde de üzülerek izledik. Marmara depremi üzerinden yaklaşık 10 yıl geçmiş olmasına rağmen etkin bir afetle mücadele çalışması görülmemektedir.

Çağdaş afet yönetimi ve doğal afetlerle mücadele, herşeyden önce doğadaki mevcut tehlikelerin iyi bilinmesine bağlıdır. Bu tehlikelerin yaratacağı riskleri azaltabilmek için, afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası alınabilecek önlemler, tedbirler koordinasyon ve organizasyon toplumu oluşturan her birey ve kurumun katılımlarıyla gerçekleştirilebilecektir.

Aksi halde yapılacak tüm çalışmalar uzun vadede yetersiz kalmaya mahkûm olacaktır. Bu nedenle doğal afet zararlarının, ancak doğal afet olmadan önce alınacak yasal, idari ve teknik önlemlerle azaltılabileceğine her kademede inanmak ve uygulanacak afet yönetim sistemini buna göre düzenlemek gerekmektedir (Karakuş, 2009).

2.3. TÜRKİYE'DEKİ ZEMİN ETÜTLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE YASAL SÜREÇLERİ

Bu gün hazırlanan imar planları 09.05.1985 tarihinde kabul edilen 3194 sayılı imar kanunu ve bu kanun gereğince çıkarılan bir dizi yönetmeliğe göre yapılmaktadır. 1985 tarih ve 18916 sayılı resmi gazetenin mükerrer baskısında yayımlanan "İmar Planı Yapılması ve Değişikliklerine Ait Esaslara dair Yönetmelik" te jeolojik etütlerle ilgili bir madde bulunmamasına rağmen, yönetmeliğin 8. Maddesinde planların hazırlanma sürecinde, planı düzenlenecek alan ve yakın çevresindeki alanlarda jeolojik durum ve akarsular, taşkın alanları ile ilgili olarak ilgili kurum ve kuruluşlardan veriler elde edilmesi istendiği ve imar planı lejantlarında jeolojik sakıncalı alanların "j" harfi ile tanımlandığı görülmektedir (Karakuş, 2009).

Ayrıca 02.11.1985 gün ve 18916 sayılı resmi gazete de yayımlanan plansız alanlar yönetmeliği'nin 39. maddesinde sanayi yapıları için yapılacak mevzii imar planlarının "jeolojik yapı"da dikkate alınarak hazırlanması istenmiştir.

Kanun kapsamı dışında kalan belediyeler tip imar yönetmeliğinin "tehlikeli alanlar" başlığı altındaki 23. maddesinde; "taşkın, heyelan ve kaya düşmesi gibi afet alanlarında bulunan, sıhhi ve jeolojik mahzurları olan veya bunlar gibi tehlikeli durumlar arz etmesi yüzünden imar planlarına veya ilgili idarece hazırlanmış veya onaylanmış raporlara göre yapı yapılması yasak edilen alanlar ifraz edilemez" denilmektedir.

Tablo 2.1: Jeolojik/Jeoteknik Etütlerle İlgili Yönetmelik ve Genelgeler (Karakuş, 2009).

Tarih ve sayı	Adı	Türü	Yayımlayan kurum/kuruluş
2.11.1985/18916 (resmi gazete)	Plansız alanlar imar yönetmeliği	Yönetmelik	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
2.11.1985/18916 (Resmi gazete)	3030 sayılı kanun kapsamı dışında kalan belediyeler tip imar yönetmeliği	Yönetmelik	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
1986	İmar planların düzenlenmesi ile ilgili teknik şartlaşma	Şartname	İller Bankası
17.08.1987/1634	Jeolojik raporlar hakkında	Genelge	Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
31.05.1989/4343	Jeolojik etüt raporu	Genelge	Afet İşleri Genel Müdürlüğü
15.10.1999/12297 (10 no'lu)	17 ağustos 1999 deprem sonrası	Genelge	Afet İşleri Genel Müdürlüğü
31.01.2000/2023	3030 sayılı kanun kapsamı dışında kalan belediyeler tip İmar yönetmeliği	Genelge	Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
04.02.2000/2360	Plan yapımında uyulacak kurallar	Genelge	Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
31.05.2001/13620	Plan yapımına ait esaslara dair yönetmelik	Genelge	Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
18.08.2005/847	Zemin temel etüdü raporu formatı	Genelge	Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
19.07.2006/5075	Imar planlarında yapı yüksekliği ve kat adedinin belirlenmesi genelgesi	Genelge	Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
06.10.2008/10337	Plana esas jeolojik ,jeolojik-jeoteknik ve mikrobölgeleme etüt	Genelge	Afet İşleri Genel Müdürlüğü

İmar planı yapılmadan önce jeolojik etüdün yaptırılması gerektiği, ilk defa imar planı yapılması ve değişikliklerine ait esaslara dair yönetmeliğin 7. maddesinde belirtilen İller Bankası Genel Müdürlüğü'nce bu amaçla hazırlanan tip sözleşme ve teknik şartnamenin 2.02.1. maddesinde "plan öncesi ön bilgi ve dökümanların toplanması aşamasında jeolojik rapor elde edilmesi…" belirtilmiştir.

Ayrıca aynı şartnamenin 3.4. maddesinde jeolojik durum, deprem, akarsular ve taşkın durumu başlığında; "jeolojik etüt ve rapora dayalı olarak deprem durumu ve heyelanlı alanlarla jeolojik sakıncalı ve yasaklı alanlar incelenir. Akarsular taşkın durumu ve ıslah projesine dayanarak önlem alınıncaya kadar yerleşmeye yasaklanacak taşkın alanları

belirlenir" şeklinde bir açıklama getirilerek, jeolojik etüt çalışmalarının kapsamı ilk defa bu şartnamede yer almıştır.

Bu şartnameye göre ülkemizde ilk imar planına esas jeolojik etüt raporları İller Bankası'nca hazırlanmaya başlanmıştır.

Bugün uygulanmakta olan 3194 sayılı imar kanunu ile harita ve imar planlarının yapma, yaptırma ve onaylama yetkisi belediyelere verilmiştir. Bu durum pek çok belediyede İller Bankası tarafından hazırlanan tip sözleşme ve teknik şartnameye uyulmadan imar planlarının yaptırılıp onaylanmasına neden olmuş ve İller Bankası'nca hazırlanan jeolojik etüt raporlarında yerleşim için sakıncalı bulunan arazilerdeki eski plan kararları değiştirilmeye başlanmıştır. Bu durumun Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından fark edilmesi üzerine 17.08.1987 gün ve b-09-1634 sayılı genelge ile üniversite döner sermayeleri ve özel jeoloji büroları tarafından hazırlanan jeolojik etüt raporlarının öncelikle İller Bankası veya Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce incelenip onaylandıktan sonra ilgili idarelerce işleme konulması istenmiştir.

Ancak bu hususta yapılan çalışmalarda, raporların eksik düzenlendiği, gözlemsel ve sondaj faaliyetlerinin zeminlerin özelliklerini tam yansıtmadığı, yapılaşmaya yeterli ışık tutmadığı ve 7269 sayılı yasa çerçevesinde sahanın değerlendirilmediği görülmüş olup, 31.05.1989 gün ve 4343 sayılı genelge ile birlikte "Yerleşim Amaçlı Jeoloji ve Jeoteknik Etüt Raporu ve Ekleri İle İlgili Esaslar" adında bir format yayınlanmıştır. Plana esas gözlemsel jeolojik etüt raporları ile sondajlı etüt raporlarının bu rapor formatına göre hazırlanması gerektiği belirtilmiştir.

17 Ağustos 1999 Marmara depreminden sonra yayımlanan 2 Eylül 1999 ve 13 Temmuz 2000 tarihli "3030 Sayılı Kanun Kapsamı Dışında Kalan Belediyeler Tip İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" lerde yapı ruhsatı verilmesi için parselin durumunu belirleyen jeolojik etüt raporunun eklenmesi şart koşulmuştur (Karakuş, 2009).

İmar planı ve jeoloji ilişkisini detaylı olarak irdeleyen en kapsamlı genelge Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından çıkarılan 15.10.1999 tarih ve 12297sayılı "17 Ağustos 1999 Marmara Depremi Sonrasında Planlama ve Yapılaşmalarla İlgili İşlemler" konulu genelgedir.

Bu genelgeye göre;

- Jeolojik etüt raporu olmaksızın yapılmış imar planlarının derhal iptal edilmesi, jeolojik/jeoteknik etüt raporları hazırlandıktan sonra imar planının yeniden yapılması gerektiği,
- Jeolojik/jeoteknik etüt raporlarında "yerleşime uygun olmayan alanlar" olarak belirlenmesine rağmen, imar planında yapılaşmaya açılmış alanların, imar planında jeolojik sakıncalı alanlar olarak belirlenmesi ve yapılaşmaya açılmamasının sağlanması ve bu kapsamda ortaya çıkabilecek yerleşim alanı ihtiyacının, mevcut yada yeniden yapılacak jeolojik/jeoteknik etüt raporu kapsamında belirlenen yerleşime uygun alanlarda imar planı revizyonu ya da ilave imar planı ya da imar planı dışında yeni yerleşim alanları oluşturulması suretiyle sağlanması gerektiği,
- İmar planları ile ilgili olarak yapılan incelemeler sırasında, jeolojik/jeoteknik etüt raporunda yeterli detayın bulunmamasından kaynaklanan hatalı yer seçimi kararları saptanması halinde, jeolojik/jeoteknik etüt raporu ve buna bağlı olarak imar planının yeniden hazırlanması,
- Jeolojik/jeoteknik etüt raporu yeterli olmasına rağmen, imar planı yapımı sırasında dikkate alınmamasından kaynaklanan hatalı yer seçimi ve plan kararlarının jeolojik/jeoteknik etüt raporuna uygunluğunu sağlamak üzere, gerekli imar planı revizyonlarının yapılması örneğin; jeolojik/jeoteknik etüt raporunda "önlemli alan" veya "ayrıntılı jeoteknik etüt gerektiren alan" olarak belirlenmesine ve bu alanlardaki planlamalara ve yapılanmalara ilişkin önlemler belirlenmiş olmasına rağmen, bu doğrultuda plan kararı içermeyen imar planlarının yeniden düzenlenmesi,
- İmar planı yapımı sırasında jeolojik/jeoteknik etüt raporuna uyulmuş olmasına rağmen rapora aykırı imar planı değişiklikleri yapılmış ise, söz konusu imar planı değişiklerinin iptal edilmesi (örneğin; jeolojik etüt raporunda yapı yasağı getirilen alanların imar planı değişikliği ile yapılaşmaya açılması, raporda öngörülen önlemler dikkate alınmaksızın kat adetlerini arttırılmasına dair yapılmış plan değişiklikleri vb. işlemler),

- Jeolojik/jeoteknik etüt raporlarında; planlamaya konu olan alanın yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesinin yapılarak:
    1. Yerleşime uygun alanların
    2. Önlem alınmadan yapılaşmaya izin verilmeyecek alanların
    3. Ayrıntılı jeoteknik etüt gerektiren alanların
    4. Yerleşime uygun olmayan alanların

açıkça belirlenmesi ve plan ölçeğindeki harita üzerinde gösterilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Daha sonra imar planları yapımında jeolojik etütlerin önemi daha da belirgin hale gelmiş ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından çıkartılan 31 Ocak 2000 tarihli ve 2023 sayılı genelgede inşaat ruhsat taleplerinde parselin durumunu belirten jeolojik etüt raporlarının bulunması gerektiği bir daha vurgulanmış ve ruhsata esas statik projenin hazırlanmasından önce zemin etüt raporu yapılması gerektiği de belirtilmiştir (Karakuş, 2009).

Bu genelgede zemin etütleri ile ilgili olarak;

- Jeolojik etütler, yerinde ve/veya laboratuarda yapılacak zemin/kaya mekaniği deneylerini ve gerekli görülmesi halinde sondajları kapsayan araştırmalar, jeoloji mühendislerince yapılacaktır.
- Ruhsat talep edilen parsel jeolojik etüt raporuna göre; birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde kalmayan, jeolojik/jeofizik ve jeoteknik etütler sonucu yapılaşma yönünden hiçbir sakınca olmayan, doğal afet riski taşımayan, sıvılaşma, oturma, göçme, şişme ve kayma yönünden riski bulunmayan yerleşime uygun alan ise; toprak zemine oturan temeller için 2 katı, kaya zemine oturan temeller için 4 katı geçmeyen konut yapıları için ayrıca zemin etüdü aranmaz. Bu alanlar arasında kalan resmi yapılar ile organize ve küçük sanayii alanlarında yapılacak yapılara ait zemin etütleri, jeolojik/jeofizik ve jeoteknik etüt raporlarında adanın bir kısmı için özel bir etüt türü önerilmemiş ise imar adası bütününde yapılır.

- Birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde kalan parsellerde jeolojik etüt raporunda sahanın kaya ve homojen bir zemin olduğu belirtilmiş ise, iki katı geçen yapılarda imar adası veya parsel bazında, sahanın toprak zemin olduğu durumlarda her parsel için zemin etüdü istenecektir.
- Parsel, birinci ve ikinci derece deprem bölgesi dışında olmakla birlikte, jeolojik etüt raporunda "önlemli alan" olarak sınırlanan alanlarda olup da gerekli önlemler alınması kaydı ile yapılaşmaya açılmış ise, ilgili idarece yapı sahibinden parsel bazında zemin etüdü yaptırılması ve statik projelerin zemin etüdü sonucuna göre hazırlanması istenir.

Daha sonra 04.02.2000 gün ve 2360 sayılı "Plan Yapımında Uyulanacak Kurallar" konulu bir genelge yayınlanarak, planlama alanının fiziksel yapısı ile ilgili araştırmalar arasında yer alan jeolojik yapı, taşkın, sel, heyelan, çığ gibi afet olasılığını da belirleyen ve alınacak önlemlerle ilgili sonuçları da ortaya çıkaran özelliklerin jeolojik etüt raporlarında belirlenmesi gerektiği belirtilerek bu raporların imar planlarının eki olduğu vurgulanmıştır.

13 Temmuz 2000 tarih ve 24108 sayılı resmi gazetde yayımlanan "3030 Sayılı Kanun Kapsamı Dışında Belediyeler Tip İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" yapı ruhsat işleri başlıklı 12. maddesinde ilgili idarece imar planının yapımına veri teşkil eden jeolojik/jeoteknik etüt raporunun parsel sahibine verileceği belirtilmiştir. Ayrıca bu bilgilere göre gerektiğinde ilgili mühendislerce zemin etüt raporu da hazırlanacağı belirtilmiştir (Karakuş, 2009).

Aynı yönetmeliğin 3. maddesi ile 02.09.1997 tarih ve 23098 mükerrer sayılı resmi gazetede yayımlanan yönetmeliğin 5. maddesi değiştirilerek "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" hükümlerine uyulması zorunluluğu getirilmiştir (Bu yönetmelik 06.03.2006 tarihli ve 26100 sayılı resmi gazetede "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" olarak değiştirilerek yayınlanmıştır). Bu maddeden de anlaşılacağı üzere %96'sı 1., 2., 3. ve 4. Derece deprem bölgelerinde yer alan ülkemizde, yapılar imar planlarına uygun olmalarının yanında, statik yönden "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" hükümlerine de uygun inşaa edilmek zorundadır. Ancak bugüne kadar çıkarılan imar yasalarında; yapılacak yapıların afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında

yönetmeliğe uygun olarak yapılması hükmünün açık olarak yer almaması, genelde anlam karmaşası yaratmış, kamu oyunda afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmeliğin, sadece yer kayması, kaya düşmesi, çığ düşmesi veya su baskınına uğramış ve bakanlar kurulundan "afete maruz bölge kararı" alınmış yerlerde uygulanacağı şeklinde yorumlara neden olmuştur.

Söz konusu yönetmelik, deprem nedeni ile arazilerin yapılaşmaya kapatılması yerine, depreme dayanıklı yapıların yapılması için gerekli koşulları belirtmekte ve uyulmasını zorunlu kılmaktadır.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 19.07.2006 tarih ve 2006 /13 sayılı "İmar Planlarında Yapı Yüksekliği ve Kat Adedinin Belirlenmesi Genelgesi" adında bir genelge daha yayınlanmıştır. Bu genelgeye göre;

- Fiziksel planlara altlık teşkil eden jeolojik, jeoteknik ve jeofizik etüt raporları, sadece zeminin litolojik özellikleri ve dayanım gücünü belirlemek amacıyla değil; 7269 sayılı umumi hayata müessir afetler nedeniyle alınacak tedbirler ve yapılacak yardımlara dair kanunda tanımlı tüm doğal afet tehlikelerini değerlendirmek, litolojik birimlerin ve yapısal unsurların konum ve davranış şekillerini, jeolojik/jeoteknik/jeofizik tüm yerbilimsel verileri elde etmek, bu verilerin bölgesel olarak değerlendirilmesi sonucunda, gerekiyorsa teknik gerekçelere bağlı olarak her türlü önlem ve öneriyi tanımlayarak, düzenli ve sağlıklı planlamaya altlık ve esas oluşturması amacıyla yapılmakta ve yaptırılmaktadır.
- Plan yapma, yaptırma ve onay yetkisine sahip tüm kurum ve kuruluşlar, planlanacak alana ait jeolojik-jeoteknik etüt raporları hazırlanmadan ve ilgili kurum tarafından onaylanmadan plan yapamaz, yaptıramaz ve onaylayamaz. Buna aykırı şekilde hazırlanan ve onaylanan planlarda, hukuki sorumluluk planı onaylayan kurum, kuruluş ve kişilere aittir.
- Mevcut onaylı imar planı olan alanlarda, plana esas jeolojik-jeoteknik etüt raporları yenilenmeden ve ilgili kurum tarafından onaylanmadan yoğunluk ve kat yüksekliği artırıcı imar planı revizyonu yapılamaz.

- Yoğunluk ve kat yüksekliği artırmak amacıyla hazırlanacak imar planına esas yeni jeolojik/jeoteknik etüt raporlarının bir önceki çalışmadan daha detaylı, daha fazla veri, yorum, önlem ve öneri içermesi gerekmektedir (Karakuş, 2009).
- İmar planlarında, yoğunluk ve bu doğrultuda oluşturulacak yapı yükseklikleri ve kat adetleri genel olarak imar planı kararları ile belirlenecektir. Ancak, alandaki doğal afet tehlikeleri ve yerel zemin koşullarının gereklilikleri nedeniyle alana ait jeolojik-jeoteknik etüt raporlarının sonucunda belirlenmiş "önlemli alanlarda" kütlesel yoğunluk (alanda inşaa edilecek yapının arazideki yoğunluk dağılımı) ve kat yüksekliği önerileri getirilebilir. Bu öneriler imar planı yapımı ve onayında dikkate alınmalıdır.
- Alana ait jeolojik-jeoteknik etüt raporu sonuçlarına göre getirilmiş olan kütlesel yoğunluk ve kat yüksekliği önerilerine yerine, ilgili kurum tarafından onaylanan, bir önceki çalışmadan daha ayrıntılı hazırlanmış, daha ayrıntılı veri, yorum, önlem, öneri ve proje içeren çalışmalar sonucunda yeni öneriler getirilebilir.
- Bina statik projesine esas olmak üzere hazırlanan parsel bazında zemin etüt raporlarının sonuçlarına göre yoğunluk ve kat yüksekliği artırımına yönelik plan revizyonu yapılamaz.

Koşulları getirilerek yukarıdaki hususlara uyulması istenmiştir.

Farklı kurum, kuruluş ve tüzel kişilikler tarafından hazırlanan plana esas etüt raporlarının güncellenmesi, standartlarının geliştirilmesi ve yükseltilmesi amacıyla 31.05.1989 gün ve 4343 sayılı genelge ve rapor formatı iptal edilmiş ve hazırlanacak etüt raporlarının esasları, formatları, ekleri ve onay makamları yeniden belirlenmiştir.

Ayrıca jeolojik /jeoteknik araştırmalar tüm plan çalışmalarını kapsayacak şekilde genişletilmiş ve planı yapılacak yerleşim birimlerini;

- Deprem bölgelerinde kalan ve nüfus ≥ 30.000 olan yerleşim birimleri,
- Diğer yerleşim birimleri (4. ve 5. deprem bölgeleri ile 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri ve nüfus < 30.000 de dahil) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

Yine 15.10.1999 gün ve 2023 sayılı genelgeye atıf yaparak "mevcut yerleşim alanlarında imar planına esas etüt varsa, bu genelge ekinde verilen formata uygun olarak yenilenmesi; yoksa hazırlatılması gerektiği" belirtilmiştir.

Ayrıca ülkemizde ilk defa Türkiye deprem bölgeleri haritasında 1., 2. ve 3. derece deprem bölgeleri içerisinde kalan ve nüfusu 30.000 den fazla olan yerleşim alanlarında imar planına altlık oluşturması amacıyla mikrobölgeleme etüt raporlarının hazırlanması gerektiği belirtilmiştir (Karakuş, 2009).

Rapor onaylama makamları ise yeniden düzenlenerek İller Bankası Genel Müdürlüğü'nün onaylama yetkisi alınmış ve Bayındırlık Bakanlığı'na bağlı kuruluşlar olan Afet İşleri Genel Müdürlüğü ile Bayındırlık İl Müdürlüklerine rapor onaylama yetkisi verilmiştir.

06.10.2008 gün ve 10337 sayılı genelgeye göre raporların içeriğine bağlı olarak Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından onaylanacak olan raporlar aşağıda belirtilmiştir;

- Üst ölçekli planlara esas olacak raporlar
- Mikrobölgeleme etüt raporları
- Plana esas olmak üzere hazırlanan raporların yerleşime uygunluk değerlendirmesinde uygun olmayan alan (UOA) ve ayrıntılı jeoteknik etüt gerektiren alan (AJE) ve Jeoteknik Gerekli Alan (JEGA) olarak belirlenmiş alanların yerleşime uygunluğunun yeniden değerlendirilmesi için hazırlanan raporlar
- İller Bankası Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan veya hazırlatılan raporların yerleşime uygunluk değerlenmesinde uygun olmayan alan (UOA) ve/veya ayrıntılı jeoteknik gerektiren alan (AJE) içeren raporlar

06.10.2008 gün ve 10337 sayılı genelgeye göre raporların içeriğine bağlı olarak Bayındırlık İl Müdürlükleri tarafından onaylanacak olan raporlar ise;

- Planlara esas olmak üzere hazırlanan raporların yerleşime uygunluk değerlendirmesinde; uygun alan (UA) ve/veya önlemli alan (OA) içeren raporlar

- İller Bankası Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan veya hazırlatılan raporların yerleşime uygunluk değerlendirmesinde uygun alan (UA) ve/veya önlemli alan (OA) içeren raporlar olarak belirlenmiştir (Karakuş, 2009).

2.4. ZEMİN ETÜTLERİ

Deprem hasarlarını en aza indirgemek maksadıyla, heyelan, sel ve taşkın, çığ gibi diğer afet tehlikelerini azaltmaya yönelik yapılan zemin etüt çeşitleri Keçeli (2009)'a göre üç grupta ele alınır.

1. Makro bölgeleme etütleri
2. Mikro bölgeleme etütleri
3. Parsel ve ada bazında mikrobölgeleme zemin etütleri

2.4.1. Makro Bölgeleme Etütleri

Makrobölgeleme deprem tehlikesini azaltmayı gerektiren ülke çapında büyük tehlikeye sahip olanlardan nispeten daha küçük tehlikeye sahip olan alanları ayırt etmek ve değerlendirme çalışması için öncelik sırasını belirlemektir. Bu bağlamda makrobölgeleme haritaları Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve M.T.A gibi bakanlık kuruluşları tarafından yapılır (Keçeli, 2009).

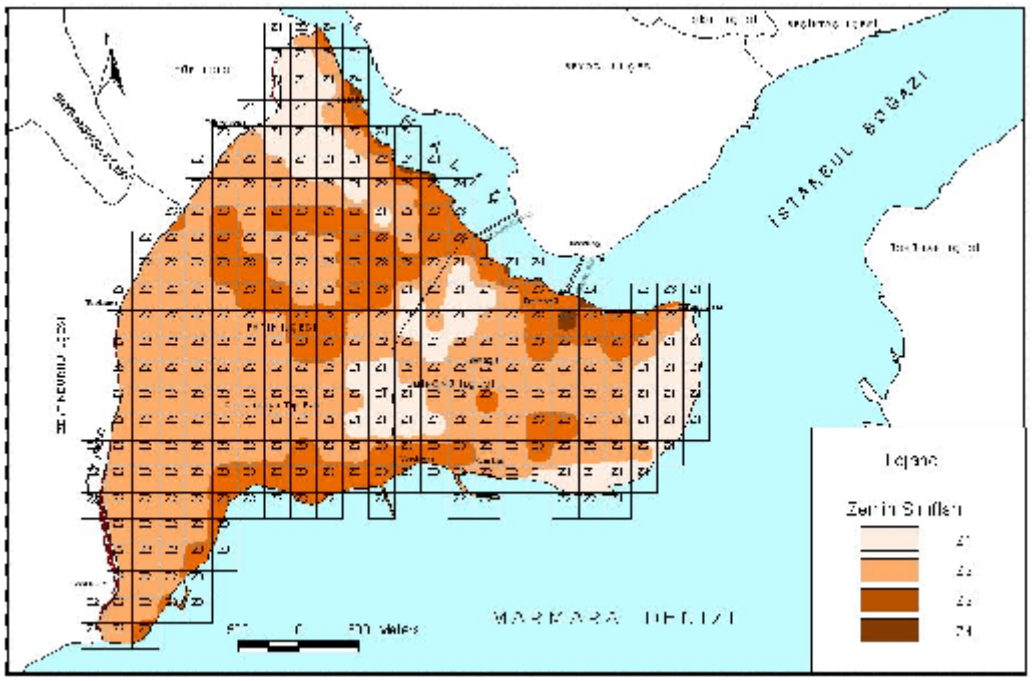
Makrobölgeleme ekseriya deprem tekrarlanması ve beklenen deprem büyüklüğünü temel alır, lokal koşulları dikkate almaz. Makrobölgeleme küçük ölçekli tehlike haritası olup kaba bir yöntemdir. Ülkemizdeki deprem bölgeleri haritası (Şekil 1.2) aşağıdaki Tablo 2.2'de yer alan etkin yer ivme katsayılarına göre yapılmıştır.

Tablo 2.2: Etkin Yer İvme Katsayısı (DBYBHY, 2007).

Deprem bölgesi	Ao
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

2.4.2. Mikro Bölgeleme Etütleri

Mikrobölgeleme, benzer depremlerde farklı etkilere maruz kalacak bölgelerin küçük bölgeler halinde bölünmesi olarak tanımlanır. Mikrobölgeleme deprem şiddetini artıran zemin sıkılığı, heyelan, zemin sıvılaşması, yer altı suyu koşulları, inşaat temellerinin statik ve dinamik karakteristikleri ve yamaç stabilitesi gibi yerel jeolojik koşulları, deprem hareketine zemin yanıtı ve binaların tasarımında dikkat edilecek inşaat güvenliğine etkilerin araştırılmasını gerektirir (Keçeli, 2009). Şekil 2.1'de İstanbul zemin sınıflarının değişiminin mikrobölgeleme haritası verilmiştir.



Şekil 2.1: Türk Deprem Yönetmeliği (ABYYHY, 1998)'e göre İstanbul Zemin Sınıflarının Değişimi (İnce, 2005)

Mikrobölgeleme şehir planlamalarında ve imar planı revizyonlarında ise önceden belirlenen olası ağır hasar mevkilerinin yeşil alan olarak, önemli ve yüksek binaların daha güvenli zeminlere göre planlanmalarını sağlamaktır. Bu bağlamda mikrobölgeleme haritaları belediyeler tarafından yapılır veya yaptırılır.

Mikrobölgeleme haritaları, afet tehlike haritalarına dayalı olarak, afet zararlarını en aza indirgemek amacıyla arazinin jeolojik, jeoteknik, jeofizik, sismolojik, hidrojeolojik, hidrometeorolojik, jeomorfolojik, litolojik, yapısal özelliklerinin ayrıntılı olarak incelendiği, yerel zemin koşullarının ve yerel afet tehlikelerinin de değerlendirildiği

açıklama raporu ile bir bütün oluşturan ve yerleşime uygunluk değerlendirmeleriyle bölgelendirilmiş imar planına esas teşkil eden sayısal büyük ölçekli haritalardır. Mikrobölgeleme ölçeği 1/25.000-1/5000 veya ayrıntılı inceleme gerektiğinde 1/1000 ölçeklidir.

Mikrobölgeleme çalışmalarında inceleme derinliği, havzanın taban kaya topoğrafyasının tespitini sağlayacak derinliği kadar birkaç bin metreden en az 100 metre, kaya zeminlerde 30 metredir**.**

2.4.3. Parsel ve Ada Bazında Mikro Bölgeleme Zemin Etütleri

Parsel başına zemin etütlerin de ruhsata esas statik projelerin hazırlanmasından çok önce mikrobölgeleme haritaları dikkate alınır. Jeolojik ve jeofizik etütler yerinde ve laboratuvar ortamında zemin-kaya mekaniği deneyleri ile yapılır. Deneyler sonucu elde edilen verilerle bir deprem anında zemine gelecek dinamik yükler altında zeminin davranışını ve zemin-temel-yapı etkileşiminin belirlenmesi sağlanır. Ayrıca stabilite problemleri ve zemin mekaniği, zemin dinamiği ve zemin emniyet gerilmesi hesaplanır. Bu etütler karşılaşılabilecek sorunları ve çözüm önerilerini de içeren ilgililerince hazırlanan ve ilgili idareye onaylanmak üzere sunulan etütlerdir. Parsel ve ada bazındaki zemin etütleri için küçük ölçekli mikrobölgeleme zemin etütleri de denebilir.

Parsel Bazında Etütlerde Saptanması Gereken Önemli Öncelikler

1. Alüvyon zeminlerde yüksek katlı binalar için tabankaya derinliğinin saptanarak bina temelinin mümkün ise tabankayaya oturtulması veya yükünün tabankayaya aktarılması
2. Yeriçi jeolojik birimlerin en az 30 metre derinliklere kadar yapısal, yeraltısuyu, litolojik, fiziksel ve dinamik plastik özelliklerinin jeofizik yöntemlerle saptanarak yatay ve düşey kesitlerin ve üç boyutlu modelin elde edilmesi
3. Zemin sınıflamasının öncelikle kayma dalgası hızı ölçümlerinin 30 metre derinliğe kadar yapılması, ancak bu mümkün olmadığı takdirde 30 metre derinlikli SPT yapılması
4. Alanı 300 metrekareye kadar olan parsellerde jeolojik ve jeofizik verilerin yönlendireceği ve bina oturma alanında olacak şekilde en az bir adet mekanik

sondajın yapılması, artan her 300 metrekareye de sondaj sayısının da bir arttırılması ve yeterli numunelerin alınması

5. Olası ise, potansiyel zemin sıvılaşması ve heyelan analizlerinin yapılması
6. Yüksekliği 15 metreyi geçen binalar için, zemin sıvılaşma olasılığı olan mevkilerde ivme spektral analizi yapılması
7. Yüksekliğine bakılmaksızın okul, hastane ve köprü gibi bina önem katsayısı yüksek yapılarda spektral ivme katsayılarının, ivme ölçümlerinin spektrumundan saptanması (Keçeli, 2009).

2.5. TÜRKİYE'DE ZEMİN ETÜTLERİ

3030 sayılı Kanun Kapsamı Dışında Kalan Belediyeler Tip İmar Yönetmeliğinde;
İmar Kanununun 21. maddesi ile, kanunun 27. maddesinde belirtilen ve ruhsat alınmadan yapılması mümkün olan köy ve mezraların yerleşik alanlarında ve civarında, köyde sürekli oturan ve köy nüfusuna kayıtlı olanlar tarafından yapılacak konut, tarım ve hayvancılık amaçlı yapılar dışında kalan tüm yapılar için inşaat ruhsatı ve yapı kullanma izni alınması zorunluluğu hükme bağlanmıştır. Yönetmelikle ruhsata esas statik projelerin hazırlanmasından önce zemin etüdü yapılması gereği belirtilmiştir.

Şayet bu rapora göre ruhsat talep edilen parsel; birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde kalmıyor, jeolojik/jeofizik ve jeoteknik etütler sonucu yapılaşması yönünde hiçbir sakınca olmayan, doğal afet riski taşımayan, sıvılaşma, oturma, göçme, şişme ve kayma yönünden riski bulunmayan "yerleşmeye uygun alan" ise, toprak zemine oturan temeller için 2, kaya zeminlere oturan temeller için 4 katı geçmeyen konut yapıları için ayrıca "zemin etüdü" aranmaz. Bu alanlarda kalan resmi yapılar ile organize ve küçük sanayi alanlarında yapılacak yapılara ait zemin etütleri, jeolojik/jeofizik ve jeoteknik etüt raporlarında adanın bir kısmı için, özel bir etüt türü önerilmemişse, imar adası bütününde yapılır (BİB, 2000).

Birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde kalan parsellerde jeolojik etüt raporunda sahanın kaya zemin ve homojen olduğu belirtilmiş ise, iki katı geçen yapılarda imar adası veya parsel bazında, sahanın toprak zemin olduğu durumlarda her parsel için zemin etüdü istenecektir.

Söz konusu etütlerle ilgili rapor her koşulda, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" hükümlerine uyulması zorunludur (BİB, 2000).

2.6. YURTDIŞINDA ZEMİN ETÜT RAPORLARI HAZIRLAMA USUL VE ESASLARI

Türk Deprem Yönetmeliğine (TDY), Uniform Building Code (UBC) ve Eurocode 8 (EC8) zemin sınıflandırmalarına bakıldığında zemin koşulları her birin de farklı sınıflandırılmıştır. TDY için Tablo 2.4 ve Tablo 2.5'de, UBC için Tablo 2.3'de, EC8 için Tablo 2.6'da zemin sınıflandırılmaları verilmiştir.

Tablolar incelendiğinde zemin grupları TDY dört grup, UBC altı grup olduğu görülüyor. Doğangün ve diğ., (2006) nin hazırladığı makalede EC8 1998 basımında sadece A, B, C zemin gruplarının tanımlandığı söylenmiştir. EC8 in son basımında zemin grupları beş ana zemin grubu A, B, C, D, E ve iki özel zemin grubu S1, S2 olmak üzere gruplandırılmıştır.

Tablolar incelendiğinde TDY ve UBC yönetmeliklerine göre zemin sınıflandırılmaları kayma dalga hızına (Vs) bağlı olduğu, EC8 yönetmeliğinde zemin sınıflandırılmaları 30 m için ortalama kayma hızı ($V_{s,30}$)'na göre yapıldığı görülür

Tablo 2.3: UBC göre zemin sınıflandırılması (Doğangün ve Livaoğlu,.2006).

ZEMİN TÜRLERİ	AÇIKLAMA
S_a	Sert kaya V_s>1500 m/sn
S_b	Kaya V_s≈760-1500 m/sn
S_c	Yumuşak kaya V_s≈360-760 m/sn
S_d	Sert toprak V_s≈180-360 m/sn
S_e	Yumuşak toprak V_s<180 m/sn
S_f	Özel bir zemin tipi (detaylar IBC de mevcut)

Tablo 2.4: Türk Deprem Yönetmeliğine göre zemin sınıflandırılması (DBYBHY, 2007).

ZEMİN GRUBU	AÇIKLAMA
A	Masif volkanik kayaçlar, ayrışmamış sağlam metamorfik kayaçlar ve sert çimentolu tortul kayaçlar Vs>1000 m/sn Çok sıkı kum ve çakıl Vs>700 m/sn Sert kil ve siltli-kil Vs>700 m/sn
B	Tüf veya aglomera gibi gevşek volkanik kayaçlar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar Vs≈700-1000 m/sn Sıkı kum, çakıl Vs≈400-700 m/sn Çok katı kil ve siltli kil Vs≈300-400 m/sn
C	Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayaçlar ve çimentolu tortul kayaçlar Vs≈400-700 m/sn Orta sıkı kum, çakıl Vs≈200-400 m/sn Katı kil ve siltli kil Vs≈200-300 m/sn
D	Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakalar, Vs<200 m/sn Gevşek kum,Vs≈200 m/sn Yumuşak kil, siltli kil, Vs<200 m/sn

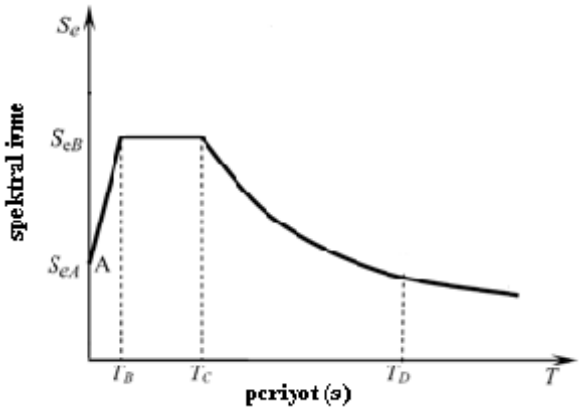
Tablo 2.5: Türk Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfı (DBYBHY, 2007).

YEREL ZEMİN SINIFI	Tablo 2.4'e Gore Zemin Grubu ve En Ust Zemin Tabakası Kalınlığı (h1)
Z1	(A) grubu zeminler $h1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Tablo 2.6: EC8 göre zemin sınıflandırılması (Doğangün ve Livaoğlu, 2006).

ZEMİN TÜRLERİ	AÇIKLAMA
A	Yüzeyde en fazla 5m zayıf malzeme içeren ve kayma hızı en az $V_{s,30}$>800 m/sn olan kaya yada diğer jeolojik formasyon
B	En az 10m kalınlığında çok sıkı kum, çakıl yada rijit kil tabakaları $V_{s,30}$≈360-800 m/sn
C	Onlarca, yüzlerce metre kalınlığa sahip sıkı yada orta sıkılıkta kum, çakıl yada rijit kil $V_{s,30}$≈180-360 m/sn
D	Gevşek- orta kohezyonsuz zemin (yada bazı kohezyonlu tabakalara sahip) yada yumuşak-sert kohezyonlu zemin tabakaları $V_{s,30}$<180 m/sn
E	Kalınlığı 5m ile 20m arasında değişen C ve D tipi zemine ait $V_{s,30}$ değerine sahip yüzey alüvyon tabakasından oluşan zemin $V_{s,30}$>800 m/sn
S_1	En az 10m kalınlığında yüksek plastik indeksli (PI>40) ve su içerikli yumuşak kil-siltden oluşan yada içeren yığınlar $V_{s,30}$<100 m/sn
S_2	Akışkanlaşabilir zemin yada hassas kil tabakaları ile A, E ve S_1 zemin gruplarına dahil olmayan zeminler

Doğangün ve diğ., (2006) nin hazırladığı makalede TDY göre tasarım spektrumunun UBC, ve EC8 ile karşılaştırmaları verilmiştir.



Şekil 2.2: Elastik Tasarım Spektrumunun Tipik Şekli (Doğangün ve diğ., 2006).

Yatay tasarım elastik spektrumu Şekil 2.2'de görüldüğü gibi tipik şekilde çizilir. Bu şekilde;

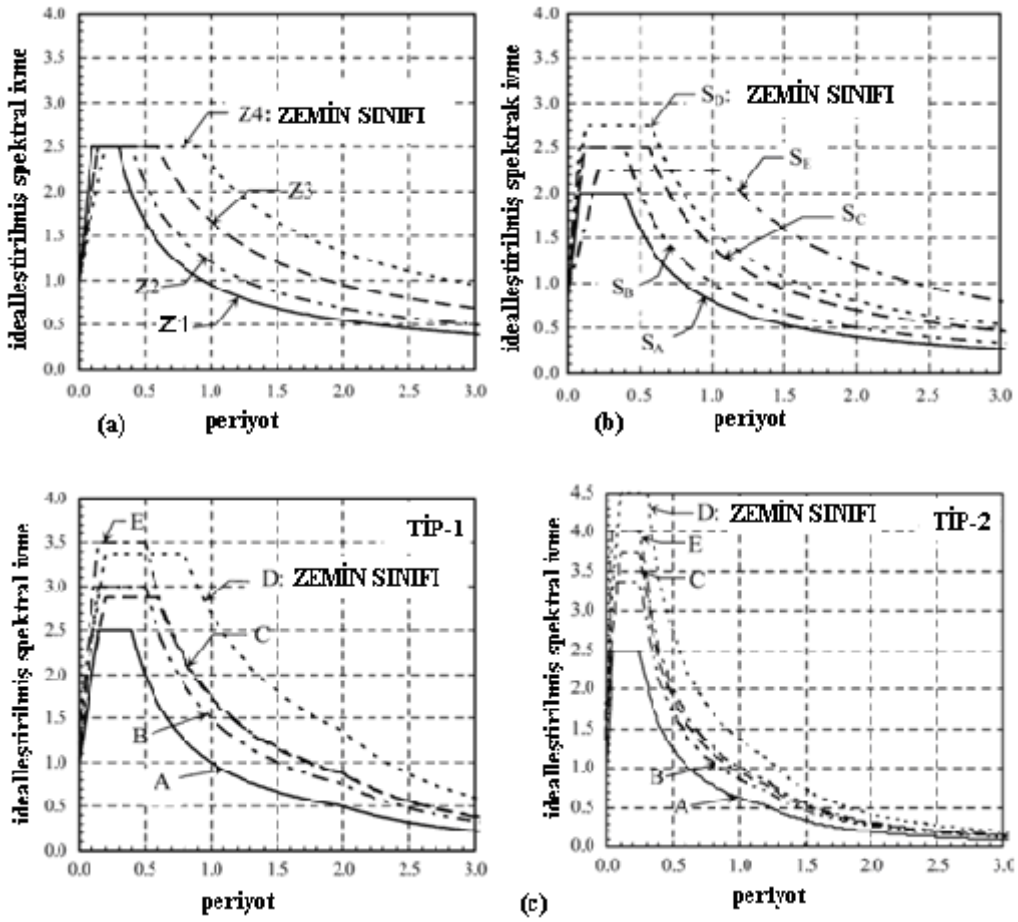
T: Yapının periyodu

S_{eA}-S_{eB}: A ve B noktaların da elastik tasarım spektrumları

T_B-T_C: Sabit spektral ivmenin alt ve üst sınır periyotları

T_D: Spektrumun sabit deplasman tepki aralığının başında tanımlandığı değer

Şekil 2.3: TDY Z1, Z2 ,Z3, Z4 (a) ; UBC S_A, S_B, S_C, S_D, S_E (b) ; EC8 A, B, C, D, E (c) zemin sınıflarına göre idealleştirilmiş elastik spektrum ivmesinin periyoda göre değişimini (Doğangün ve Livaoğlu, 2006)



Kodları tanımlanan tüm zemin sınıfları için elastik tasarım spektrumu Şekil 2.3'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi sadece TDY tüm zemin türleri için aynı tepe değerini dikkate alır.

TDY, UBC ve EC8 elastik tasarım spektrumu önemli noktaları, farklılıkları ve benzerlikleri ve tanımlanması için gerekli hususlar Tablo 2.7'da verilmiştir.

Tablo 2.7: TEC, UBC ve EC8 elastik tasarım spektrumu karşılaştırılması (Doğangün ve Livaoğlu, 2006**).**

TEC	**UBC**	**EC8** İki tip spektrum (Tip-1, Tip-2) deprem büyüklüğüne bağlı
Sadece yerel zemin sınıfına bağlı olarak tanımlanır. Z1, Z2, Z3, Z4 zemin türleri için T_B değerleri sırayla 0.10, 0.15, 0.15, 0.20	Tanımlanan zemin türleri ve deprem bölgesine bağlı. Deprem bölgesi 4 için aynı zamanda yakın kaynak faktörlerine bağlıdır. $T_B=0{,}2*(C_v/2.5*C_a)$ T_B değerleri 0.1-0.22 arasında değişir.	Tip-1 için A, B, C, D ve E zemin türlerine denk gelen T_B değerleri sırasıyla 0.15, 0.15, 0.20, 0.20 ve 0,15 Tip-2 için A, B, C, D ve E zemin türlerine denk gelen T_B değerleri sırasıyla 0.05, 0.05, 0.10, 0.10 ve 0.05
Tanımlanan sadece toprak atlı sınıflara bağlı. Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin türleri için T_C değerleri sırasıyla 0.3, 0.4, 0.6, 0.9	Tanımlanan zemin türleri ve deprem bölgesine bağlıdır. Deprem bölgesi 4 için aynı zamanda yakın kaynak faktörüne bağlıdır. $T_C=0.2*(C_v/2.5*C_a)$ T_c değerleri 0.4-1.07 arasında değişir.	Tip-1 için A, B, C, D ve E zemin türlerine denk gelen T_C değerleri sırasıyla 0.4, 0.5, 0.6, 0.8 ve 0.5 Tip-2 için A, B, C, D ve E zemin türlerine denk gelen T_C değerleri sırasıyla 0.25, 0.25, 0.25, 0.3 ve 0.25
T_D değeri tanımlanmamış	T_D değeri tanımlanmamış	Tip-1 için $T_D=2$ Type2 için $T_D=1.2$ $S*a_g$ $2.5*S_g*\eta*a_g$
$S_{eA}=1.0*a_g$ $S_{eB}=2.5*a_g$	$S_{eA}=1.0*C_a*g$ $S_{eB}=2.5*C_a*g$ C_a ve C_v parametreleri toprak değiştirmiş yer hareketlerinde vardır.	Tip-1 için %5 sönüm oranı dikkate alınarak, A, B, C, D ve E zemin türlerine denk gelen S_e değerleri sırasıyla 2.5, 3, 2.875, 3.375 ve 3.5 çarpı a_g alınabilir Tip-2 için %5 sönüm oranı dikkate alınarak, A, B, C, D ve E zemin türlerine denk gelen S_e değerleri sırasıyla 2.5, 3.375, 3.75, 4.5 ve 4 çarpı a_g alınabilir

Doğangün ve diğ. (2006) çalışmasına göre yönetmelikler arasındaki (TDY,UBC,EC8) farklar şu şekilde özetlenebilir:

- Yakın kaynak etkileri sadece UBC yönetmeliğinde dikkate alınır. EC8 ve TDY yönetmeliklerinde yakın kaynak etkileri tanımlanmaz. EC8 yönetmeliğinde yüzey dalgası manyitüdünün 5.5'ten büyük olması durumu için Şekil 2.3 deki Tip-2 spektrumu tanımlanmıştır.
- UBC yönetmeliğinde dizayn spektrumun ordinat değeri küçük periyotlar için ($T<T_B$) T ile artarken, TDY ve EC8 yönetmeliklerinde azalır.
- TDY yönetmeliği tüm zemin sınıfları için aynı maksimum spektral değeri kullanırken, UBC ve EC8 farklı zemin tipleri için farklı maksimum değerler kullanır.
- EC8 ve UBC zemin sınıflaması için V_{S30} (30 m için ortalama S dalga hızı) değerini kullanırken, TDY en üst zemin tabakası hızını kullanır.

2.7. ZEMİN ETÜTLERİNDE MÜHENDİSLİK DİSİPLİNLERİNİN GÖREV VE SORUMLULUK ALANLARI

2004 yılı deprem şurası mavzuat komisyonu, zemin mevzuatı alt komisyonu raporu kararına ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü'ün hazırlattığı zemin-temel etütleri ve zemin iyileştirme yönetmelik taslağındaki zemin etütlerinde mühendislik disiplinlerinin görev ve sorumlulukları kararına göre genel olarak aşağıdaki gibidir;

1. Arazide bölgesel/yerel jeoloji, hidrojeoloji ve jeomorfoloji konularında veri toplayıp değerlendirme: deneyimli jeoloji mühendisi
2. Sondajların ve SPT deneylerinin, yeraltı suyu ve gözlemlerinin yapılması, sondaj arazi cetvellerinin (logların) hazırlanması, her türde örselenmiş ve örselenmemiş örneklerin alınması, uluslar arası standartlarda tanımlanan statik parametrelere yönelik diğer arazi deneylerinin yapılması (SPT, CPT, pressiyometre, kanatlı kesici, plaka yükleme vb.) ve raporlarının hazırlanması: konularında uzmanlaşmış jeoloji, jeofizik, inşaat ve maden mühendisleri
3. Zemin ve kaya mekaniği laboratuvar deneylerinin kabul edilmiş ulusal ve uluslararası standartlara göre yapılması, sonuçlarının rapor edilmesi: bu deneylerde uzmanlaşmış jeoloji, jeofizik, inşaat ve maden mühendisleri

4. Kayaların mühendislik tanımlamalarının ve kaya kütlesinin karakterizasyonunun yapılması ve değerlendirilmesi: deneyimli jeoloji mühendisi
5. Etüt kapsamında ortamın dinamik parametrelerine yönelik, uluslararası standartlarda tanımlanan jeofizik arazi deneyimine sahip olan mühendislerce ölçümlerin (sismik refraksiyon, refleksiyon, rezistivite, jeoradar, gravite-manyetik vb.) yapılması, yapısal ve hidrojeofizik özelliklerinin yorumlanması ve rapor edilmesi: uygulamalı jeofizik konusunda uzmanlaşmış jeofizik mühendisi
6. Temel kayanın sağlam kayaya kadar olan derinlik, deprem riski, olası bir deprem alanında zemine gelecek dinamik yüklere karşı zemin davranışının belirlenmesine esas teşkil eden sismik dalga hız değerlerinin, ivmenin, zemin büyütmesinin belirlendiği araştırmalar: deneyimli jeofizik mühendisi
7. İncelenen sahada kirlenme ve kirleticilerin (zararlı kimyasal ve biyolojik maddeler vb.) bulunup bulunmadığının saptanması: çevre geotekniği konusunda uzmanlaşmış çevre mühendisleri, jeoloji ve jeofizik mühendisleri
8. Geoteknik değerlendirmeler; zemin sıvılaşması, heyelan ve şev duraysızlığı analizleri için sonuç parametrelerinin seçimi, (taşıma gücü, oturma, dayanma yapıları, zemin iyileştirmesi, zemin sınıflaması, vb. sonuç rapor yapılması: jeoteknik konusunda uzmanlaşmış inşaat mühendisi, jeoloji ve jeofizik mühendisleri
9. Arazinin kullanıma uygunluk haritasının hazırlanması: jeofizik, jeoloji ve jeoteknikte uzman inşaat mühendisleri

Zemin etüt verileri elde edebilmek için sondaj ve arazi-laboratuvar etüt programı ve kapsamının planlanması ve yönlendirilmesi, ilgili mühendislik dallarına mensup uzman mühendislerle birlikte yapılmalıdır. Etüt kapsamında bu kısımda tanımlanan çok sayıda konu ile ilgili çalışmalar ve bulgular, yine yukarıda tanımlanan uzmanlık dallarındaki mühendisler tarafından kendi içlerinde yorumlanarak zemin etüt sonuç raporunun değişik bölümlerini hazırlayan mühendisler ile sonuç, değerlendirme ve tavsiyelerini hazırlayan mühendisler ayrı ayrı belirterek imzalarını alarak raporu sunar. Önceden hazırlanmış mikrobölgeleme etütlerinde ağır hasar mevkileri belirlenmemiş yerlerdeki parsel üzerinde yapılmış veya yapılacak yapıda olası bir depremde meydana gelebilecek ağır hasarlardan parsel bazında zemin inceleme raporunu hazırlayanların etüt raporlarında sorumluluk üstlenemeyeceği belirtilmelidir. Hem cezai hem de hukuki

sorumlulukları dikkate alınarak, imza sahiplerinin sorumlulukları kurumsal ve/veya kişiseldir (Keçeli, 2009).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ZEMİN VE TEMEL ETÜT RAPORLARI

Halen yürürlükte olan zemin ve temel etüt raporunun genel formatı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 2005 yılında yayınlanan 847 No'lu genelgeye dayanır. Bu genelgede rapor formatı 5 ana başlık altında incelenmiştir;

1-Genel Bilgiler: Birinci bölümde, mevcut yerel zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri ile jeolojik koşullara ait verilere ilişkin bilgilere yer verilmelidir.

2-Arazi çalışmaları, deneyler

3-Laboratuar deneyleri, analizler: İkinci üçüncü bölümlerde, tasarım için seçilen zemin parametreleri ve yapılan çalışmalar literatüre atıfta bulunularak güncel bilimsel yöntemlere göre açıklanmalı.

4-Mühendislik analizleri ve değerlendirmeler: Dördüncü bölümde, temel tasarımına yönelik zemin parametreleri, sıvılaşma, oturma, şişme-büzülme, çökebilme, şev duraylılığı, temel çukurunda stabilite gibi muhtemel problemlerin mühendislik analizleri ile ortaya konulmalı ve değerlendirilmelidir.

5-Sonuç ve öneriler: Beşinci bölümde ise, temel tasarımı ve inşaatına yön verecek öneriler ve uyarılar yer almalıdır (BİB, 2005).

Etüt raporları kategorilere göre aşağıda belirtildiği şekilde olacaktır;

3.1.1. Gözlemsel Zemin Etüt Raporu

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın Zemin ve Temel Etüdü Raporunun Hazırlanmasına İlişkin Esaslar binalar için imar planına esas jeolojik-jeoteknik rapordan inceleme alanı ve çevresine ilişkin jeolojik bilgiler alınıp yapı parselinde muayene çukuru açtırılarak, mevcut şev aynalarının ve çevre yapılarının incelenmesi sonucunda Gözlemsel Zemin Etüdü Raporu hazırlanacak, bu raporun içeriği aşağıda belirtilen başlıklar altında toplanacaktır (BİB, 2005).

Kapak sayfası ve İçindekiler,

1. GENEL BİLGİLER
    1.1. Etüdün Amacı ve Kapsamı
    1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması
        1.2.1. Jeomorfolojik ve Çevresel Bilgiler
        1.2.2. Projeye Ait Bilgiler
        1.2.3. İmar Planı Durumu
        1.2.4. Varsa Önceki Zemin Çalışmaları
    1.3. Jeoloji
        1.3.1. Genel Jeoloji
        1.3.2. İnceleme Alanının Mühendislik Jeolojisi
2. ARAZİ ARAŞTIRMALARI VE DENEYLER
    2.1. Yeraltı ve Yerüstü Suları
3. LABORATUVAR DENEYLERİ VE ANALİZLER
4. DEĞERLENDİRME
    4.1. Bina-Zemin İlişkisinin Belirlenmesi
    4.2. Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi
5. SONUÇ VE ÖNERİLER
6. EKLER
    1- Muayene Çukurlarına Ait Çizim ve Fotoğraflar
    2- İnceleme Alanının Plankotesi ve Vaziyet Planı
    3- İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Raporlardan inceleme alanına ait sağlanmış bilgiler

4- Fotoğraflar (arsanın genel görünümü, sorunlu kısımlar, yarmalar, vb.)

3.1.2. Sondaja Dayalı Zemin ve Temel Etüdü Raporu

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın "Zemin ve Temel Etüdü Raporunun Hazırlanmasına İlişkin Esaslar" başlıklı 93/94 belgesinde, binalarda sondaj çalışmaları, arazi deneyleri, alınan örselenmiş veya örselenmemiş zemin ve karot örneklerinin laboratuvarda gerekli deneylere tabi tutulması sonucunda Zemin ve Temel Etüdü Raporu hazırlanacaktır. İmar planına esas inceleme alanı ve çevresine ilişkin jeolojik-jeoteknik bilgiler alınarak zemin araştırmalarına dayanarak oluşturulacaktır. Bu raporun içeriği aşağıda belirtilen başlıklar altında toplanacaktır. Gerekli görülmesi durumunda formatta belirtilmeyen ek çalışmalara da yer verilebilir (BİB, 2005).

Kapak sayfası ve içindekiler;

1. GENEL BİLGİLER
   - 1.1.Etüdün Amacı ve Kapsamı
   - 1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması
     - 1.2.1. Jeomorfolojik ve Çevresel Bilgiler
     - 1.2.2. Projeye Ait Bilgiler
     - 1.2.3. İmar Planı Durumu
     - 1.2.4. Varsa Önceki Zemin Çalışmaları
   - 1.3. Jeoloji
     - 1.3.1. Genel Jeoloji
     - 1.3.2. İnceleme Alanının Mühendislik Jeolojisi
2. ARAZİ ARAŞTIRMALARI VE DENEYLER
   - 2.1. Arazi, Laboratuar ve Büro Çalışma Metotlarının Kısaca Tanıtılması ve Kullanılan Ekipmanlar
   - 2.2. Arazi Çukurları
   - 2.3. Sondaj Kuyuları
   - 2.4. Yeraltı ve Yerüstü Suları
   - 2.5. Arazi Deneyleri
     - 2.5.1. SPT Deneyleri
     - 2.5.2. Konik Penetrasyon (CPT) Deneyleri
     - 2.5.3. Presşyometre

2.5.4. Kanatlı Kesici Deneyleri
2.5.5. Plaka Yükleme Deneyi
2.5.6. Jeofizik Çalışmalar
2.5.6.1. Sismik kırılma
2.5.6.2. Sismik yansıma
2.5.6.3. Elektrik özdirenç
2.5.6.3.1. Mikrotremör Çalışmaları
3. LABORATUAR DENEYLERİ VE ANALİZLER
3.1. Zeminlerin İndeks/Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi
3.2. Zeminlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi
3.3. Kayaların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi
4. MÜHENDİSLİK ANALİZLERİ VE DEĞERLENDİRMELER
4.1. Bina ve Zemin İlişkisinin İrdelenmesi
4.2. Zemin ve Kaya Türlerinin Değerlendirilmesi
4.2.1. Ayrışmış Kaya ve Zemin Türlerinin Sınıflandırılması
4.2.2. Kaya Türlerinin Sınıflandırılması
4.2.3. Zemin Profilinin Yorumlanması
4.2.4. Sıvılaşma ve Yanal Yayılma Analizi ve Değerlendirilmesi
4.2.5. Oturma-Şişme ve Göçme Potansiyellerinin Değerlendirilmesi
4.2.6. Karstik Boşlukların Değerlendirilmesi
4.2.7. Temel Zemini Olarak Seçilen Birimlerin Değerlendirilmesi
4.2.8. Şeyl Duyarlılığı Analizi ve Değerlendirilmesi
4.2.9. Kazı Güvenliği ve Gerekli Önlemlerin Alternatifi Olarak Değerlendirilmesi
4.2.10. Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi
5. SONUÇ VE ÖNERİLER
6. YARARLANILAN KAYNAKLAR
7. EKLER

3.2. ÖRNEK BİR ZEMİN ETÜT RAPORU SONUÇ BÖLÜMÜNDE BULUNMASI GEREKENLER

Deprem bölgeleri haritasından kaçıncı derece deprem bölgesinde kaldığı belirtilmeli ve buna göre etkin yer ivme değeri yazılmalıdır. Yapılacak yapının türüne göre bina önem katsayısı yazılmalıdır. Yapılan sondajlardan ölçülen yeraltı suyu seviyelerinin 7 günlük ortalama değeri alınarak belirtilmelidir. Türk deprem yönetmeliği zemin sınıfı ve zemin grubu tablosundan zemin sınıfı ve zemin grubu yazılmalı buna bağlı olarak zemin karakteristik periyotları belirtilmelidir. Yatak katsayısı (yük altında zeminin yer değiştirmeye karşı gösterdiği direnç) kN/m³ cinsinden hesaplanmalıdır. Binanın oturacağı sağlam zemin temel derinliği olarak belirtilmelidir. Zemin emniyet gerilmesi (1 m² yüzeye oturabilecek maksimum yük miktarı) belirtilmelidir. Sıvılaşma potansiyeli varsa belirtilmelidir. Zemin iyileştirilmesi gerekiyorsa önerilmelidir (BİB, 2005).

Önalp ve diğ., (2003)'e göre örnek bir zemin etüt raporu sonuç bölümünde gerekenler şu şekilde sıralanmıştır;

1) Deprem Bölgesi
2) Etkin Yer İvme Katsayısı
3) Zemin Grubu
4) Yerel Zemin Sınıfı
5) Spektrum Karakteristik Periyodu
6) Bina Önem Katsayısı
7) Yeraltı Su Seviyesi
8) Zemin Emniyet Gerilmesi
9) Yatak Katsayısı (ks)
10) Temel Derinliği
11) Zemin Sıvılaşma Analizi
12) Zemin İyileştirilmesi

3.2.1. Deprem Bölgesi

Çalışma alanının hangi deprem bölgesinde yer aldığı Türkiye Deprem Bölgeleri haritası kullanılarak belirlenir. Türkiye Deprem Bölgeleri haritasında 5 tür derecelendirme yapılmıştır (Şekil 1.2). 1.derece ile gösterilen kırmızı renkli kısımlar fay zonlarının

üzerinde bulunan ve faya yakın kısımların yer aldığı, deprem olduğunda etki alanında bulunan kısımları belirtmektedir.

3.2.2. Etkin Yer İvme Katsayısı

Yapının yapılacağı yerin kaçıncı deprem bölgesinde bulunduğuna bağlı olarak Deprem Yönetmeliğinden alınan bir değerdir (Darılmaz, 2008).

İnşaat mühendisleri statik hesap yaparken, yapıya etkiyen deprem yükü hesabında etkin yer ivme katsayısını kullanırlar. Deprem yükü hesabında kullanılan bağıntı şu şekildedir;

$$V_t = W\ (A_0 * I * S(T) / R_a(T)) \qquad (3.1)$$

Burada;
W: Yapının ağırlığı
A_0: Etkin yer ivme katsayısı
I: Yapı önem katsayısı
S(T): Spektrum katsayısı
$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

Türk Deprem Yönetmeliğinde, etkin yer ivme katsayısı
1. derece deprem bölgesinde: 0,40
2. derece deprem bölgesinde: 0,30
3. derece deprem bölgesinde: 0,20
4. derece deprem bölgesinde: 0,10
olarak kabul edilir.

3.2.3. Zemin Grubu

DBYBHY (2007) de kayma dalgası hızına göre zemin ve kaya ortamlarının sınıflaması Tablo 3.1'de yer almaktadır. Tablo dikkatlice incelendiğinde zemin grubu belirlenirken jeolojik tanımlama ve karşılığındaki kayma dalga hızı, ayrı ayrı belirtilerek sınıflamanın yapıldığı görülmüştür. Zemin etüdü hazırlanırken arazinin zemin grubunun saptanması

sırasında, sondaj logu ile sismik verilerinin korelasyonu sonucunda zemin grubunun saptanmasının uygun olacağı görülmektedir.

3.2.4. Yerel Zemin Sınıfı

Yerel zemin sınıfı belirlenirken, zeminin en üst tabaka kalınlığına göre bir sınıflama yapılmıştır, bu nedenle yorumlama yaparken üst tabaka kalınlığı göz ardı edilmeden sınıflama yapılmalıdır. Tablo3.2 de DBYYHY (2007)' ye göre yerel zemin sınıfları verilmiştir.

Tablo 3.1: Türk Deprem Yönetmeliğinde kayma dalgası hızına göre zemin ve kaya ortamlarının sınıflandırılması (DBYBHY, 2007).

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

Tablo 3.2: Yerel Zemin Sınıfları (DBYBHY, 2007).

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h1)
Z1	(A) grubu zeminler h1 ≤ 15 m olan (B) grubu zeminler
Z2	h1 > 15 m olan (B) gubu zeminler h1 ≤ 15 m olan (C) grubu zeminler
Z3	15 m < h1 ≤ 50 m olan (C) grubu zeminler h1 ≤ 10 m olan (D) grubu zeminler
Z4	h1> 50 m olan (C) grubu zeminler h1> 10 m olan (D) grubu zeminler

3.2.5. Spektrum Karakteristik Periyodu

DBYBHY (2007)'e göre yerel zemin sınıflarına ait spektrum karakteristik periyotları aralıklar halinde verilmiştir (Tablo3.3). Yani her bir zemin sınıfı için T_A ve T_B değerleri tabloda okunur.

Tablo 3.3: Spektrum Karakteristik Periyotları (DBYBHY, 2007).

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

3.2.6. Bina Önem Katsayısı

Statik hesaplar yapılırken, binanın taban kesme kuvveti hesabında kullanılan önemli bir parametredir. Bina önem katsayısı arttıkça taban kesme kuvveti artar. DBYBHY (2007)'ye göre bina önem katsayıları Tablo3.4 de verilmiştir.

Tablo 3.4: Bina Önem Katsayısı (I) (DBYBHY, 2007).

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2.İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyaların saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaeveleri, vb. b) Müzeler	1.4
3.İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4.Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara giren diğer binalar	1.0

3.2.7. Yeraltı Suyu Seviyesi

İnceleme alanında yeraltı ve yerüstü sularının gözlendiği en düşük ve en yüksek seviyelerde ölçüm noktaları esas alınarak en az 7 günlük değerler tablo halinde verilmelidir. Yer altısuyu seviyesi, PVC boru ile teçhiz edilmiş olan sondaj kuyularından, sondaj sıvısı kullanılması durumunda ve ortamı temsil edebilecek seviyenin oluşabilmesi için uygun bir süre beklenilmesi sonrasında yapılacak olan ölçümlerle belirlenmelidir. Çalışma alanında yeraltı suyuna rastlanması ve su tablasının temel seviyesine yakın olması durumunda, yeraltı suyunun betona ve diğer imalatlara yapabileceği olumsuz etkilerin belirlenmesi için laboratuvar deneyleri (sülfat içeriği, ph vb.) yapılmalı ve sonuçları verilmelidir. Ayrıca inceleme sahasındaki drenaj özellikleri ile don derinliği konusunda açıklama getirilmelidir (Özçep, 2009).

Özdemir (2008) in hazırlamış olduğu Çok-Elektrotlu Jeofizik Rezistivite Ölçümlerinin Yeraltı Suyu ve Jeotermal Arama Alanlarındaki Uygulamalarının Değerlendirilmesinde

yeraltı suyunun jeofizik yöntemlerle de bulunacağı konusunda şöyle demiştir; "Yer altı sularından en iyi şekilde yararlanmak yeraltı suyunun yeraltında oluş, bulunuş ve dağılış özelliklerinin iyi bilinmesi ve bunları yüzeye çıkartacak yöntemlerin iyi uygulanması ile gerçekleşir." Suyun yeraltında toplanıp hareket etmesi ile içinde bulunduğu ortam arasında çok sıkı bir ilişki vardır. Bu bakımdan yeraltı sularının aranıp bulunmasındaki başarı her şeyden önce, ortamın litolojik özelliklerinin ve yapısının, kısaca jeolojisinin iyi bilinmesine bağlıdır. Yeraltının jeolojik yapısının belirlenmesinde çok-elektrotlu özdirenç yöntemi oldukça etkili bir yöntemdir.

3.2.8. Zemin Emniyet Gerilmesi

Bir yapı temelinin amacı, yapı yüklerini güvenli olarak zemine veya kaya ortamına transfer etmektir. Bir zeminin yenilmesi /kırılması /göçmesi iki biçimde olur:

a)Eğer kayma mukavemeti uygulanan yükü desteklemede yetersiz ise temelin altındaki zemin göçer.

b) Kısmen uygulanan kayma gerilmesinin bir sonucu olarak zemin kütlesinin bozulması kısmen de artan normal gerilmenin bir sonucu olarak zeminin konsolidasyonu nedeniyle yapının aşırı oturması.

Hem oturma ve hem de kayma yenilmesine karşı direnç, temelin şekli ve boyutu ile onun yüzeyden derinliğine bağlıdır. Bir temelin tasarımında yenilmenin her iki biçiminin olma olasılığının belirlenmesi gerekir (Özçep, 2009).

Zemin taşıma gücü; yerin göçmeden, ayrı ayrı oturma yapmadan taşıyabileceği en büyük yük miktarıdır (q_u). Bu değerin güvenlik katsayısına (G_k) bölümünden ise zemin emniyet gerilmesi elde edilir (q_a).

$$q_a = q_u / G_k \qquad (3.2)$$

Tablo 3.5: Temel şekline bağlı olarak K_1 ve K_2 katsayıları (Şekercioğlu, 2007).

Temel Taban Şekli	Şerit L= ∞	Dikdörtgen B < L	Kare B = L	Daire L = B = D
k_1	1	1+ 0.2 (B/L)	1.2	1.2
k_2	0.5	0.5- 0.1 (B/L)	0.4	0.3

Sığ Temellerin Taşıma Gücü:

Sığ temellerin taşıma gücü hesaplanmasında en yaygın kullanılan Terzaghi (1943) formülü olup aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$q_u = k_1 * c * N_c + \gamma_1 * D_f * N_q + k_2 * N_\gamma * B * \gamma_2 \quad (3.3)$$

k_1 ve k_2 = temel tabanına bağlı katsayılar (Tablo3.5)

c = zeminin kohezyonu

γ_1 ve γ_2 = zeminin temel alanının üstünde ve altında efektif birim ağırlığı

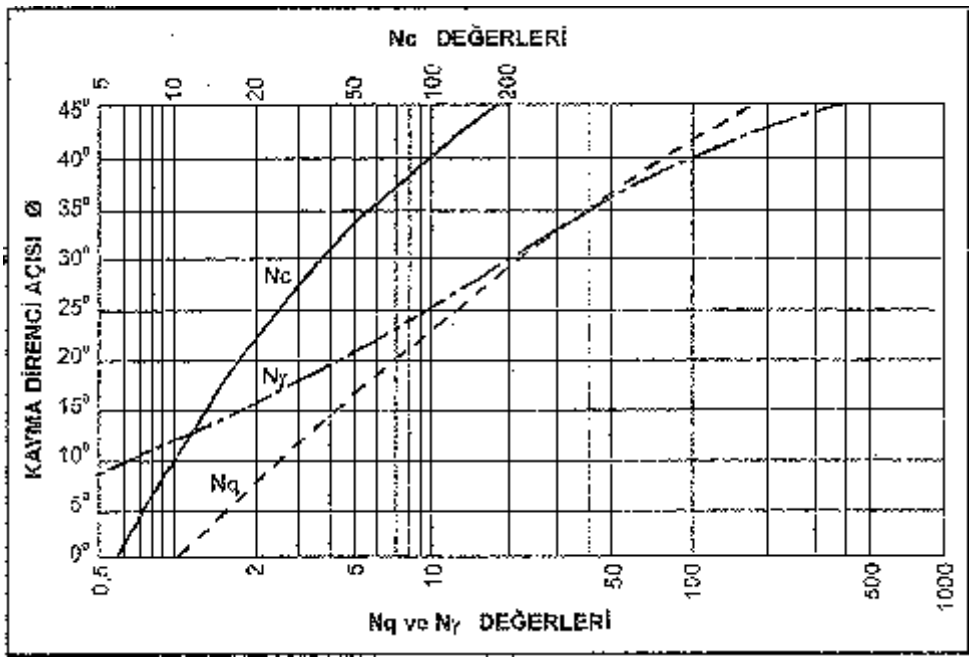
D_f = temel derinliği ya da temel tabanından yüzeye olan uzaklık

B = temel genişliği

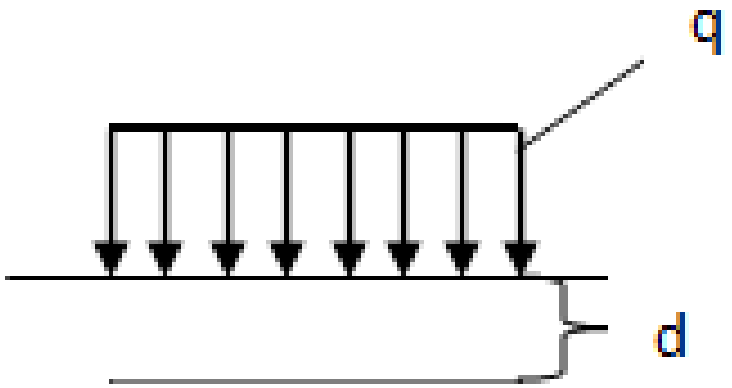
N_c, $N\gamma$, N_q = boyutsuz zemin taşıma gücü katsayıları, bu değerler içsel sürtünme açısının (φ) fonksiyonudurlar. Bu değerler φ değerinden Şekil3.1 deki abak yardımıyla hesaplanabilir.

3.2.9. Yatak Katsayısı (ks)

Yatak katsayısı, belirli bir gerilme altında zeminde meydana gelen oturma olarak tanımlanır (Keçeli, 2009)



Şekil 3.1: Sığ temeller için Terzaghi tarafından verilen ve kayma direnci açısı Ø ile taşıma gücü faktörleri, N, Nγ ve N_q arasındaki ilişkiyi gösteren grafik (Şekercioğlu, 2007).



Şekil 3.2: Yatak katsayısı

$$k_s = q / d \qquad (3.4)$$

k_s = yatak katsayısı

q = zeminin herhangi bir noktadaki basıncı

d = aynı noktadaki oturması

Yatak katsayısı, homojen ve izotrop bir zemin içerisinde yatay olarak sabit olabileceği gibi değişik değerlerde alabilmektedir. Düşey doğrultuda ise yatak katsayısı özellikle derinlikle değişim göstermekte ve belirli bir sınır değere kadar derinliğin artışına paralel olarak artabilmektedir. Yatak katsayısı değeri genellikle arazide yükleme deneyleri ile belirlenmekte olup, laboratuvar deneyleri veya aynı bölgede daha önce yapılmış deneylere ait tablolar kullanılarak da elde edilebilmektedir (Karaca, 2007).

Bowles (1996) tarafından verilmiş olan Tablo3.6 çeşitli zemin türleri için yatak katsayısının alabileceği değer aralıklarını göstermektedir.

Yatak katsayısı değişik deney sonuçlarına göre değişik araştırmacılar tarafından Tablo3.7 da ki gibi formüle edilmiştir;

Tablo 3.6: Zeminlerde Yatak Katsayıları (ks), kN/m^3 (Bowles, 1996).

Zemin Türü	**(ks), kN/m^3**
Gevşek Kum	4.800- 16.000
Orta Sıkılıkta Kum	9,600- 80,000
Sert Kum	64,000- 128,000
Siltli Orta Sıkı Kum	24,000-48,000
Killi Zemin (qu<0.2 Mpa)	12,000-24,000
Killi Zemin (qu= 0.2-0.4 Mpa)	24,000-48,000
Killi Zemin (qu> 0.8 Mpa)	>48,000

Güvenlik katsayısı; zemin emniyet gerilmesinin (q_a), taşıma gücüne (q_u) oranıdır.

$$q_a = q_u / G_k \qquad (3.5)$$

q_a= izin verilebilir taşı

q_u= taşıma gücü

G_k= güvenlik katsayısı

q_u; zeminin uç sınırlarındaki taşıma gücüdür. Güvenli alanda kalmak, olası zemin göçmeleri ve zararlı oturmaları önlemek amacıyla güvenlik katsayısına (G_k) bölünerek değer küçültülür.

Tablo 3.7: Yatak katsayısı (ks) değerinin kestirimi için bağıntılar (Özçep, 2009).

Scot (1981)	ks = 1800 N (kN/m^3)	N SPT darbe sayısı (2.5)
Bowles (1988)	ks = 40 qa Gk (kN/m^3) ve Gk güvenlik katsayısı	qa (zemin emniyet gerilmesi, kN/m^2) (2.6)
Bowles (1988)	ks = qnet/ (S/1000) (kN/m^3) S oturma (mm)	qnet (net taban basıncı, kN/m^2), (2.7)

3.2.10. Temel Derinliği

Tasarlanacak yapının özelliklerine uygun, aynı zamanda taşıma gücü olarak en sağlam olan derinlik tercih edilmelidir. Binanın mimari projesi tasarlanırken zeminin sağlam olduğu tabaka dikkate alınarak binadaki bodrum sayısı belirlenmelidir. Temel derinliği binanın sömellerinin oturacağı derinliktir.

3.2.11. Zemin Sıvılaşma Analizi

Deprem süresince sismik dalgalar, özellikle kayma dalgalarının etkisi ile genellikle drenajsız suya doygun ve gevşek zeminler içinde yayılırken birbirine göre kayma kuvvetleri yaratarak zemin partiküllerinin yer değiştirmesine neden olurlar. Bu koşullar altında doygun ve gevşek zemin partikülleri birbirine yakınlaşma eğilimi gösterirler. Bu durumdaki partiküllerin temas noktalarındaki gerilim partikülleri çevreleyen suya iletilir. Deprem süresince sismik dalgalar ani ve çok kısa süreli hareketlere neden olmasından dolayı, partiküller arası suyun drene olması için gereken yeterli süreye olanak tanımamaktadır. Dolayısıyla ortamdan uzaklaşamayan gözenek suyunun basıncı aniden artmaktadır. Gözenek suyundaki bu ani artış, zemin partiküllerini bir arada tutan temas kuvvetlerini yok ederek partikülleri birbirinden uzaklaştırır. Böylece zemin dayanımını yitirir. Efektif düşey basıncın sıfır olduğu bu koşullar altında zemin, deprem öncesi gösterdiği katı zemin davranışı yerine, bir sıvı gibi davranarak suyla birlikte

yüzeye doğru hareket eder ve bu yüzeyden fışkırmaya başlar. Zeminin dinamik yükler altında ortaya koyduğu bu davranış biçimi, sıvılaşma olarak tanımlanır. Zemin sıvılaşması, yeraltı su seviyesi altındaki tabakaların geçici olarak mukavemetlerini kaybederek, katı yerine viskoz sıvı gibi davranmalarıdır. Özellikle, kil bulunmayan kum ve siltler ve bazen çakıllar sıvılaşma potansiyeline sahiptirler. Deprem sırasında, dalgaların özellikle kayma dalgalarının suya doymuş daneli tabakalardan geçerken, dane yerleşim düzenini değiştirir, gevşek olarak bulunan tanelerin göçerek yerleşmesine ve sıkışmasına sebep olur. Bu yerleşme sırasında daneler arasında su yol bulup kaçamazsa boşluk suyu basıncı yükselir. Eğer bu basınç üstte bulunan tabakaların ağırlığına yakın bir seviyeye ulaşırsa, taneli tabaka geçici olarak sıvı gibi davranarak sıvılaşma olayını ortaya çıkarır. Zeminin sıvılaşması sonucu yapı, zemine batma veya hafif yapılarda yukarı doğru hareket ederek yüzme eğilimi gözlenebilir. Sıvılaşan zemindeki küçük kayma gerilimleri altında büyük şekil değiştirmelere sebep olur ve yapılarda zemin göçmesi hasarları meydana getirir. Bir zeminin sıvılaşması esas olarak gevşek bir yerleşime sahip olmasına, taneler arasındaki bağ ve kil miktarına ve boşluk suyunun drenajının engellenmesine bağlıdır (Celep ve Kumbasar, 2000; Uyanık, 2002).

Yapıların tasarımı ve inşaatında sıvılaşma tehlikesini azaltmak için temelde üç yol vardır.

1) Sıvılaşmaya Duyarlı Zeminlerden Kaçınma
2) Sıvılaşmaya Dayanıklı Yapılar Üretme
3) Zemin İyileştirmeleri

Sıvılaşmaya Duyarlı Zeminden Kaçınma

Bir zeminin sıvılaşma duyarlılığını belirlemek için çeşitli ölçütler vardır. Bu ölçütlere göre yapı yerinde zeminin karakterize edilmesi ile yapı yerinin sıvılaşmaya duyarlı olup olmadığına karar verilebilir.

Sıvılaşmaya Dayanıklı Yapılar Üretme

Eğer mekansal sınırlamalar nedeniyle sıvılaşmaya duyarlı zeminlerde inşaat yapılacak ise, sıvılaşma etkilerine dirençli olarak yapı temeli elemanlarının tasarımı ile sıvılaşmaya dayanıklı yapı yapmak mümkün olabilir (Özçep, 2009).

Zemin İyileştirmeleri

Bu üçüncü opsiyon, sıvılaşma tehlikelerinin azaltılması yönünde zeminin mukavemet, yoğunluk ve/veya drenaj karakteristiklerinin yapay yollarla iyileştirilmesini içermektedir. Bu çeşitli zemin iyileştirme yöntemleri kullanılarak başarılabilir.

3.2.11.1. Sıvılaşma Analizi Örneği

Tablo 3.8'de laboratuvar ve arazi verileri için hem S dalga hızına hem de SPT değerine göre M=7,5 ve a=0,4g lik ivme için yer altı suyunun 1m'de olduğu durum için sıvılaşma analizi yapılmıştır (Özçep, 2009)

Tablo 3.8: Sıvılaşma Analizi için Laboratuvar ve Arazi Verileri (Özçep,2009)

ARAŞTIRMA DERİNLİĞİ	SPT (Arazi)	γ (gr/cm^3)	FC (İnce Oranı)	Vs (arazi) m/s
1,8	15	1,7	5	120
3,3	18	1,8	5	143
4,8	18	1,8	5	143
6,3	18	1,8	5	143
7,8	18	1,8	5	143
9,3	18	1,8	5	143
10,8	18	1,8	5	143
12,3	18	1,8	5	143
13,8	18	1,8	5	143
15,3	18	1,8	5	143
16,8	18	1,8	5	143
18,3	18	1,8	5	143
19,8	18	1,8	5	143
21,3	18	1,8	5	143

Çözüm: SPT verileri için elde edilen değerler aşağıda verilmiştir. CRR değerleri Şekil 3.3 ve Şekil 3.4 den CSR değeri

$$CSR = 0.65 (a_{max}/g) (\sigma_o/ \sigma_o') r_d \quad (3.6)$$

formülünden elde edilmiştir.

Bu formülde;

CSR= Devirsel (kayma) gerilme oranı

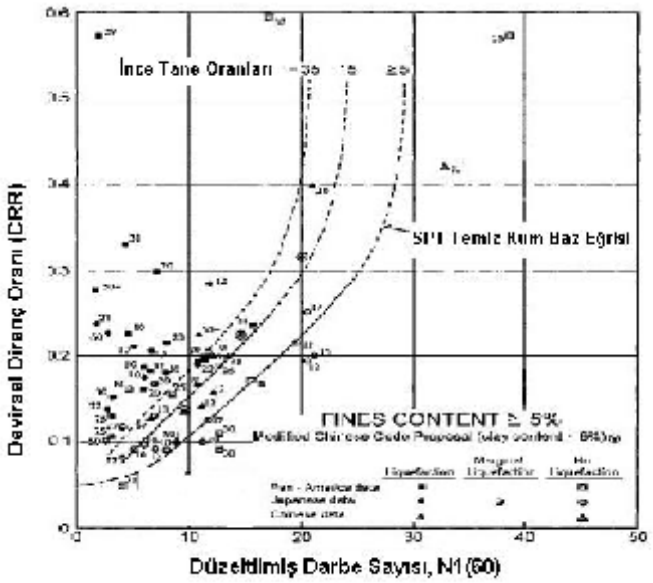
CRR= Devirsel direnç oranı

a_{max}/g= Yüzeyde oluşan en büyük yatay ivme değeri (g) cinsinden,

σ_o= İncelenen derinlikteki toplam düşey gerilme (overburden stress),

σ_o'= Efektif düşey gerilme,

r_d= Derinlikle meydana gelen kayma gerilmesi azalmasını gösteren bir düzeltme katsayısı. Bu katsayı üst 9.15 m için rd=1.0-0.00765z ve 9.15 m ile 23 m derinlikler arasında ise rd=1.174-0.0267 bağıntıları kullanılarak hesaplanır. Burada z metre cinsinden derinlikleri göstermektedir.

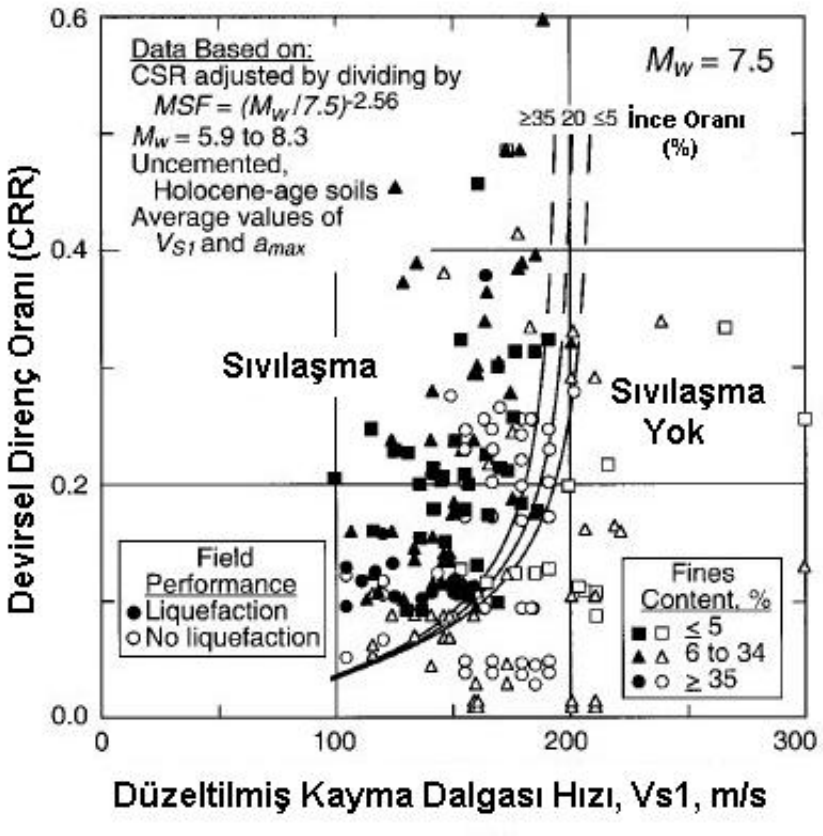


Şekil 3.3: Düzeltilmiş SPT Darbe Sayısı (N1(60)) ile Devirsel Direnç Oranı (CRR) İlişkisi Abağı (Youd ve diğ., 2001)

Gk değeri = CRR/CSR (3.7)

den hesaplanmıştır. Eğer Gk ≥ 1 ise sıvılaşma potansiyeli düşük, Gk ≤ 1 ise sıvılaşma potansiyeli yüksek kabul edilir.

SPT Arazi değeri önce enerji oranı düzeltmesi için 45/60 değeri ile ve sonra efektif gerilme düzeltmesi (CN =(100/σv')0.5) ile çarpılmıştır. Sonra bulunan değer CN, CB ve CR düzeltme katsayıları ile çarpılmış ve $N_{1(60)}$ elde edilmiştir. V_s hızı için elde edilen değerler Tablo 3.9'da, SPT verileri için elde edilen parametreler Tablo 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.4: Düzeltilmiş Kayma Dalgası Hızı (Vs1) ile Devirsel Direnç Oranı (CRR) İlişkisi (Andrus ve Stokoe, 1999)

Tablo 3.9: Vs hızı için elde edilen değerler (Özçep,2009)

Vs (arazi) m/s	CV	Vs_1, m/s	CRR (z)	Gk
120	1,46	174,88	0,1211	0,35
143	1,31	187,35	0,1635	0,39
143	1,22	173,91	0,1186	0,26
143	1,15	164,23	0,0974	0,21
143	1,10	156,75	0,0843	0,18
143	1,05	150,72	0,0750	0,16
143	1,02	145,70	0,0679	0,14
143	0,99	141,41	0,0622	0,14
143	0,96	137,69	0,0576	0,13
143	0,94	134,41	0,0537	0,13
143	0,92	131,49	0,0503	0,13
143	0,90	128,86	0,0473	0,13
143	0,88	126,47	0,0447	0,13
143	0,87	124,29	0,0423	0,13

Tablo 3.10: SPT verileri için elde edilen parametreler (Özçep,2009)

σv (kPa)	σv' (kPa)	CN	CB	CS	CR	N1(60)	.rd	CRR (Z)	CSR (D)	Gk
30,0	22,2	1,7	1,0	1,0	0,80	5,1	0,9881470	0,07281	0,348	0,21
56,5	33,9	1,7	1,0	1,0	0,80	18,4	0,9773893	0,19590	0,423	0,46
83,0	45,7	1,48	1,0	1,0	0,80	16,0	0,9669309	0,16999	0,456	0,37
109,5	57,5	1,32	1,0	1,0	0,80	14,2	0,9551352	0,15255	0,473	0,32
136,0	69,3	1,20	1,0	1,0	0,80	13,0	0,9397014	0,14033	0,480	0,29
162,5	81,0	1,11	1,0	1,0	0,80	12,0	0,9179441	0,13116	0,478	0,27
188,9	92,8	1,04	1,0	1,0	0,80	11,2	0,8875651	0,12395	0,470	0,26
215,4	104,6	0,98	1,0	1,0	0,80	10,6	0,8478937	0,11810	0,454	0,26
241,9	116,3	0,93	1,0	1,0	0,80	10,0	0,8008678	0,11323	0,433	0,26
268,4	128,1	0,88	1,0	1,0	0,80	9,5	0,7507104	0,10910	0,409	0,27
294,9	139,9	0,85	1,0	1,0	0,80	9,1	0,7022129	0,10554	0,385	0,27
321,4	151,7	0,81	1,0	1,0	0,80	8,8	0,6589112	0,10244	0,363	0,28
347,9	163,4	0,78	1,0	1,0	0,80	8,4	0,6223666	0,09970	0,344	0,29
374,3	175,2	0,76	1,0	1,0	0,80	8,2	0,5925368	0,09726	0,329	0,30

Elde edilen sonuçlara göre Gk ≤ 1 olduğu için sıvılaşma potansiyeli yüksektir.

3.2.12. Zemin İyileştirilmesi

Zemin iyileştirmesine şu durumlarda yapılmalı;

- Sıvılaşma riski olduğunda
- Oturma problemi olduğunda
- Şev stabilite problemi olduğunda
- Taşıma gücü problemi olduğunda

Sismik olarak aktif veya aktif olmayan bölgelerde zemin iyileştirme teknikleri var olan zemin koşullarının olumsuz bir performans sergileyeceğinin düşünüldüğü alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Olumsuz performans birçok şekilde ortaya çıkabilir, fakat genellikle kabul edilemez büyük zemin hareketleri olarak ifade edilirler. Hareketler düşey ve yatay bileşenlere sahip olabilirler ve deprem hareketi sırasında veya sonrasında oluşabilirler. Deprem hareketinin olmadığı durumlarda kabul edilmeyen hareketler genellikle yetersiz zemin mukavemeti veya sertliği nedeniyle oluşurlar. Sonuç olarak; çoğu zemin iyileştirme teknikleri zemin yapısının mukavemetini ve sertliğini arttırmak için uygulanırlar (Özçep, 2009).

Zemin iyileştirme tekniklerine yapıların statik yükleri altında istenen performansı gösteremediği anlaşılan zeminlerde de sık ihtiyaç duyulmaktadır. Ortaya çıkan problemler ve bunlardan kaynaklanan zararlar zayıf zemin koşullarında gerçekleştirildiğinden, başlangıç veya referans noktası arazinin, zemin ve yeraltı suyu koşullarının genel bir değerlendirmesi olmalıdır. Tasarım ve projenin gereksinimleri kısmen iyi zemin koşullarında da iyileştirme işleri yapılmasına yol açabilir. İyileştirme gerektiren zayıf ve problemli zemin koşullarının ve iyileştirme yapılmasını öngören tasarım ve yapım gereksinimlerinin incelenmesinden sonra uluslararası alanda uygulanan tüm teknikler değerlendirilmelidir (Ergun ve diğ., 2005).

Zemin/kaya iyileştirilmelerinde iki temel amaç vardır; birincisi zemini, kaya ortamını daha dayanıklı hale getirmek, mukavemetlerini arttırmaktır. İkincisi ise, zeminlerin su tutma yeteneklerini ve permaabilitelerini azaltmaktır. Grouting (harçlama ya da harç enjeksiyonu) yaygın bir biçimde kullanılan zemin/kaya iyileştirme yöntemlerindendir. Amaç kayaların figürlerini ve kum, çakıl ya da alüvyon türü zeminlerin boşluklarını doldurmak ve zemini daha yoğun ve sıkı hale getirmektir. Başarılı bir harç enjeksiyonun ön koşullarından birisi de enjeksiyon öncesi ve sonrası yeterli ve ayrıntılı zemin araştırmalarının yapılmış olmasıdır (Çinicioğlu, 1997).

Bir proje kötü zemin koşullarına sahipse, olası alternatif çözümler aşağıdaki gibi olmaktadır:

Var olan kötü zeminden kaçınma, yeni yer seçimi.Yapının tasarımını değiştirme. Çeşitli temel türleri zeminin (kötü) etkisini ortadan kaldırmak için tasarlanabilir. Oturma nedeniyle zarara yol açmayacak çok sağlam bir yapı tasarımı sağlanabilir ya da farklı hareketleri/kuvvetleri karşılayacak olan veya dengelemesine izin veren çok esnek inşaat yöntemi seçilebilir. Çözüm, genellikle duraylılık, deformasyon ve sızıntı gibi parametrelerle ilişkilidir. Uygun olmayan zeminlerin kazınarak atılması.Var olan kaya ve zeminin iyileştirilmesi. Benzer seçenekler, temeller, yollar, barajlar, vb. inşaatlar için ihtiyaç duyulan iyi kalite granür malzemenin olmaması durumunda da hesaba katılmalıdır.

3.3. ZEMİNLERİN OTURMA ANALİZİ

Zemin üzerine inşa edilen her yapı için oturma olayı söz konusudur. Bazı oturmalar konuma bağlı olarak kaçınılmazdır ve bazıları da tolere edilebilir boyuttadır. Zeminlere yapılar inşa edildiğinde, oturmanın nasıl oluştuğunun ve nasıl davrandığının, belirli bir konuma bağlı olarak ne ölçüde ve ne kadar hızlı bir oturmanın oluşacağının bilinmesi istenir.

Oturmayı etkileyen en önemli faktörler şunlardır;

- Zeminin geçirgenliği (permabilite)
- Zeminin drenajı
- Zemindeki yüklerin gelişimi
- Yer altı suyu düzeyi

Oturma olayı hem zemin sıkışması ile hem de yüklenmiş bir bölge altındaki zeminlerin yatay yöndeki hareketi neden olur. Kohezif zeminler daima sıkışma ile oturma olayına maruz kalırken, kohezyonsuz zeminler ise yatay hareketle oluşurlar. Oturma olayına ilişkin daha az etkili nedenler arasında dinamik kuvvetler, yer altı suyu düzeyindeki değişimler, yakın bölgelerde yapılan kazılar sayılabilir. Sıkışma sonucu oluşan deformasyon, zemin tanelerinin yeniden dizilimine eşlik eden boşluk hacminin azalmasına neden olmaktadır. Boşluk hacmindeki azalma ve zemin tanelerinin yeniden dizilimi zamanın bir fonksiyonudur. Bu deformasyonların zamana bağlı olarak nasıl

geliştiği, zeminin yükü ve dış ortamdan uygulanan yükün mukavemetine ya da dayanımına bağlı olmaktadır (Airey, 2006).

Oturma olayı genel olarak ani ve konsodilasyon oturması olarak gerçekleşmektedir. Ani oturma yükün uygulanması ile birlikte ve hemen gelişir. Ani oturma zemini oluşturan tanelerin gerilme altında sıkışması ve yer değiştirmesi nedeniyle gerçekleşir. Konsodilasyon oturması ise suya doygun zeminlerde taneler arasındaki gerilme ile oluşan aşırı boşluk suyu basıncının drene olmasıyla oluşur (Janbu ve diğ., 1956).

Oturma analizi sonuçlarının değerlendirilmesi Tablo3.11'e göre değerlendirilir.

Tablo 3.11: Yapı temellerinde izin verilen maksimum oturma miktarı (Şekercioğlu, 2007).

Temel Tipi	ρ (toplam oturma)	δ (farklı oturmalar)
Münterif sömeller		
Killer	7.5 cm	4.5 cm
Kumlar	5.0 cm	3.2 cm
Radye jeneral temeller		
Killer	12.5 cm	4.5 cm
Kumlar	7.5 cm	3.2 cm

1) Tablo 3.12'de parametreleri verilen bir temel sistemi için oturmayı Burland ve Burbridge (1985) yaklaşımı kullanarak hesaplanmıştır (Özçep, 2009).

Tablo 3.12: Burland ve Burbridge (1985) yaklaşımına göre verilen bir temel sistemi için oturma değerleri (Şekercioğlu, 2007).

Yapı yükü (q)	75	ton/m^2
Temel uzunluğu (L)	20	M
Temel genişliği (B)	5	M
Temel ayağının etki derinliği (H)	5	M
Zaman (t)	5	Yıl
SPT(N) Düz.		10
Temel derinliği (Df)	0,8	M
Birim hacim ağırlık (γ)	1,7	ton/m^3

Çözüm:

$$S = fs\ fi\ ft\ ((qnet)\ (B^{0,7})\ (Ic))/100 \quad (3.8)$$

Ic: SPT değerlerine bağlı parametreler

$$Ic = (1,71/(SPT(N)^{1,4}))100 \quad (3.9)$$

f_s, f_i, f_t: Analiz yapılan tabaka kalınlığı ve B ye bağlıdır.

$$f_s = ((1,25L/B)/((L/B)+0,25))^2 \quad (3.10)$$

Eğer H<Z1 ise $f_i = (H/Z1)\ (2-(H/Z1))$ değilse $f_i=1$

$$Z1 = 0,924\ B^{\ 0,7819} \quad (3.11)$$

$$f_t = (1+0,3+(0,3\ LOG(t/3))) \quad (3.12)$$

Bu denklemler kullanılarak yukardaki verilerle

Ic	7
Fs	1,4
Fı	1,0
Ft	1,3
Si (Oturma)	282,2 mm

belirlenir. Tablo 3.12'ye göre değerlendirildiğinde 28.22cm oturma maksimum oturma miktarını aşmıştır. Bu zemine oturmanın önlenmesi veya azaltılması için zemin iyileştirilmesi önerilmelidir.

2) Bir yapı yerinde kumlu zeminde SPT arazi deneyi yapılmıştır. 2B derinliği boyunca düzeltilmiş SPT(N) değeri 15 bulunmuştur ve yapı parametreleri B=1,5 m ve q=240 kN/m^2 olarak verilen alan için oturma hesaplanmıştır (Özçep, 2009).

Çözüm:

SPT (N) Değerinden (Meyerhof 1965) yaklaşımı

$$S= 4q /N \quad B\leq 4 \text{ ft} \tag{3.13}$$

$$S = 6q /N [(B/(B+1)]^2 \quad B>4 \text{ ft} \tag{3.14}$$

Burada q=kip/ft^2

Değerler yukardaki birimlere çevrilip yerine konursa, S=34.5 mm bulunur. Bulunan 3.45 cm'lik oturma Tablo3.12'ye göre değerlendirildiğinde izin verilen maksimum oturmanın aşılmadığı görülür.

SPT (N) Değerinden (Meyerhof 1975) yaklaşımı

$$S= q (B)^{0,5} /2N \quad \text{Kum ve Killer} \tag{3.15}$$

$$S= q (B)^{0,5} /N \quad \text{Siltli Kum} \tag{3.16}$$

Burada q=ton/ft^2

Değerler yukardaki birimlere çevrilip yerine konursa, S=32.27 mm bulunur. Bulunan 3.227cm lik oturma Tablo3.8' e göre değerlendirildiğinde izin verilen maksimum oturmanın aşılmadığı görülür.

SPT (N) Değerinden (Bowles 1977) yaklaşımı

$$S= 2,5\ q\ /N \qquad B\leq 4\ ft \tag{3.17}$$

$$S = 4q\ /N\ [(B/(B+1)]^2 \qquad B>4\ ft \tag{3.18}$$

Burada $q=kip/ft^2$

Değerler yukardaki birimlere çevrilip yerine konursa, S=23 mm bulunur. Bulunan 2.3cm'lik oturma Tablo 3.8'e göre değerlendirildiğinde izin verilen maksimum oturmanın aşılmadığı görülür.

3) Zemin örneğinin başlangıç boşluk oranı odometre testi sırasında 0.945 ve her bir yükleme sırasında 24 saat sonra kalınlıkları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Cc sıkışma katsayısı ve Mv hacimsel sıkışma katsayısı bulunmuştur (Özçep, 2009).

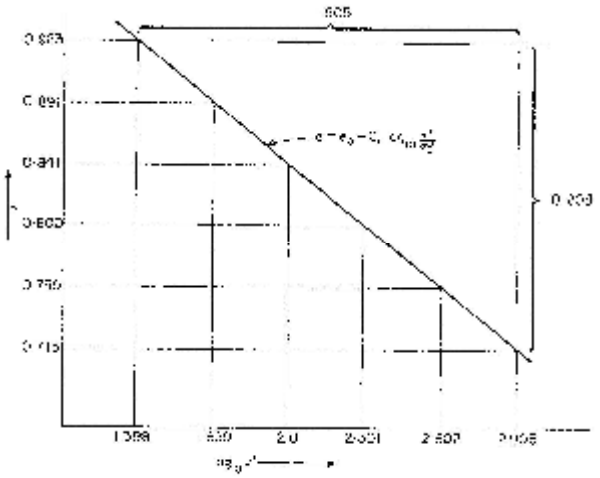
Çözüm:

Yük [σ (kN/m^2)]	0	25	50	100	200	400	800
Kalınlık (mm)	19.05	18.85	18.44	18.03	17.63	17.21	16.80

Bu değerlerden ,

Log σ (kN/m^2)	-	1.398	1.699	2.00	2.301	2.602	2.903
Boşluk oranı (e)	0.945	0.923	0.891	0.841	0.800	0.759	0.715

elde edilir. Bu değerler grafik olarak çizilirse Şekil 3.5 elde edilir. Bu şeklin doğrusal kısmının eğimi; Cc: Sıkışma indisi, Cc= 0.208 /1.505, Cc =0.138'dir.



Şekil 3.5: Verilen değerlerle çizilen grafik (Özçep, 2009)

Mv: Hacimsel sıkışma katsayısı

$$Mv = [dH/d\,\sigma\,]\,(1/\,(H)) \qquad (3.19)$$

formülünden yararlanırız**.**

dH (mm)	0.2	0.41	0.41	0.40	0.42	0.41
dH/d σ	0.080	0.0164	0.008	0.0040	0.0021	0.0010
Mv (m^2/kN)	0.00042	0.00088	0.0045	0.00022	0.00012	0.00006

4) Yumuşak killi bir zemin örneği üzerinde bir konsolidasyon deneyi sırasında aşağıda verilen zaman oturma değerleri elde edilmiştir. Ortalama kalınlık 19.05 mm'dir.

a) karekök-zaman yöntemi

b) log zaman yöntemi ile konsolidasyon katsayısı Cv bulunmuştur (Özçep,2009).

Zaman (dakika	½	1	2 1/4	4	9	16	25	36	49	24 saat
Oturma (mm)	0.140	0.282	0.425	0.565	0.840	1.02	1.148	1.231	1.275	1.308

Aşağıdaki bu değerler karekök zaman ve log zaman fonksiyonu olarak işaretlenmiştir:

Cv: Konsodilasyon katsayısı

$$Cv = \pi d^2 / 4 t_1 \qquad (3.20)$$

d= ortalama kalınlık /2 = 19.05/2 olur ise;

$Cv= \pi (19.05/2)^2 / 4 t_1$

Cv=1.76 mm/ yıl

b)Oturma log zaman eğrisinden Şekil3.6

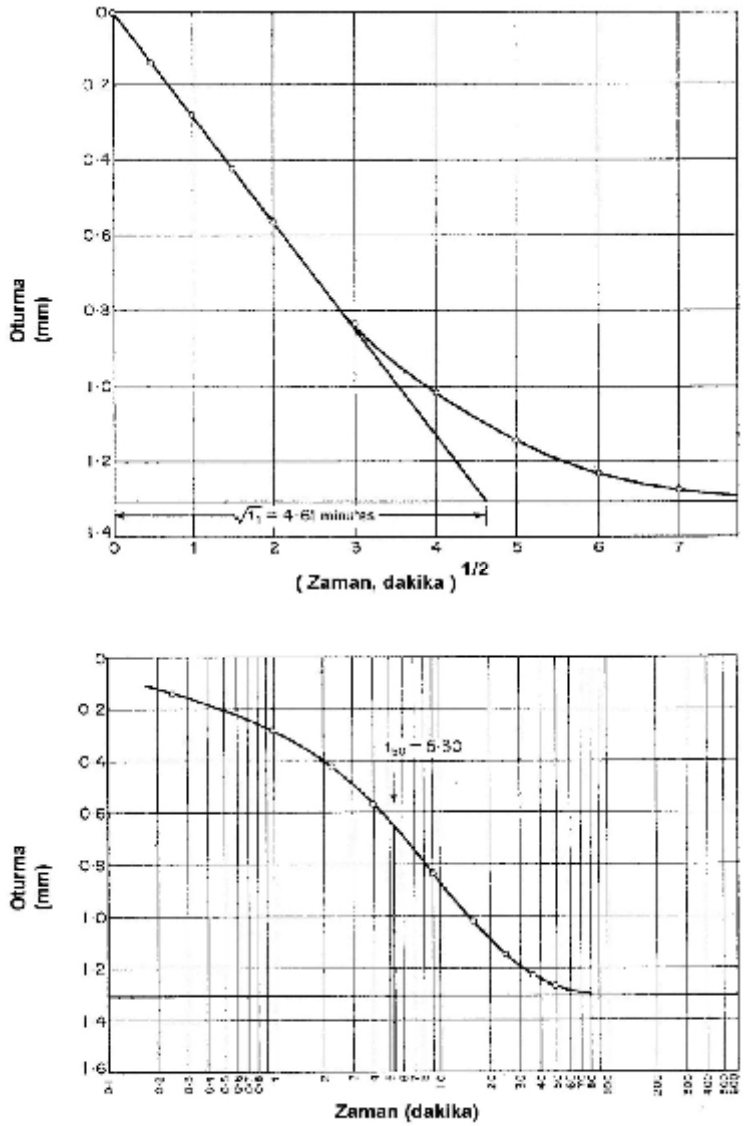
t_{50} = 5.30 dakika alınırsa

$Cv = 0.196 d^2/4 t_{50}$

formülünden

=3.35 mm^2/dakika

=1.76 m^2/yıl bulunur.



Şekil 3.6: Oturma log zaman eğrisi (Özçep, 2009)

5) Net taban basıncı qnet= 150 KN/m^2 olan bir temel 4,5 m kalınlığında bir kil tabakası üzerine oturtuluyor. Bu kilin hacimsel sıkışma katsayısı Mv=1x 10^{-4} m^2/kN ise konsolidasyon oturmasını belirlenmiştir (Özçep,2009).

Çözüm

$$Sc = qnet\ Mv\ H = 67,5\ mm \qquad (3.21)$$

bulunur. Elde edilen 6.7cm oturma Tablo3.8' e göre değerlendirildiğinde oluşacak oturmanın müsaade edilebilir limitlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

6) 6 m uzunluğunda ve 3,5 m genişliğinde bir temel için qnet = 200 kN/m^2 olarak veriliyor. Oturması düşünülen tabakanın poison oranı 0,5 ve elastisite modülü 7 MN/m^2 olduğuna göre rijit ve bükülebilir temel için oturmayı hesaplanmıştır (Özçep, 2009).

Çözüm:

Oturma

$$Si = qnet\ B\ (1-(\nu^2))\ Is / Es \qquad (3.22)$$

denklemi ile verilir.

Burada bükülebilir temel için, Is =((0,6293LN(L/B))+(1,0998)) =1,44; Rijit Temel için Is = (0,5745*LN(L/B)+0,7998)=1,11 Si= 107,4 mm (bükülebilir Temel için) ve 83,2 mm (riijit temel için) belirlenir. Tablo3.8'e göre değerlendirildiğinde oluşacak oturmanın müsaade edilebilir limitlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

7) Aşağıda parametreleri verilen zemin için oturma Janbu ve diğ. (1956) yöntemine göre belirlenmiştir (Özçep,2009).

γ	20 kN/m^3
Q	240 kN/m^2
B	3 M
L	6 M
Df	1,5 M
H	3,5 M
Ed	20 MN/m^2

Çözüm: Oturma aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$Si = \mu 0 \mu 1 (qnet.\ B) / Es \qquad (3.23)$$

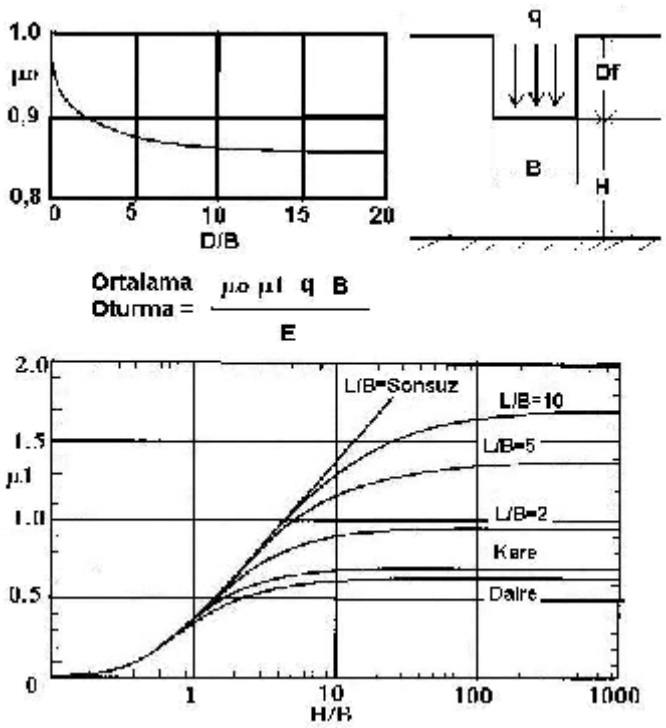
Qnet	210	kN/m^2
μ0 (Şekil 3.7 den)		0,9
μ1 (Şekil 3.7 den)		0,55

Ve oturma

Si	15,59 Mm

olarak belirlenir.

Elde edilen 1.559cm lik oturma Tablo 3.8'e göre değerlendirildiğinde izin verilen maksimum oturma miktarını aşmadığı görülür.



Şekil 3.7: Ortalama oturma hesabı (Özçep, 2009)

3.4. YAMAÇLARIN ŞEVLERİN STABİLİTE ANALİZİ

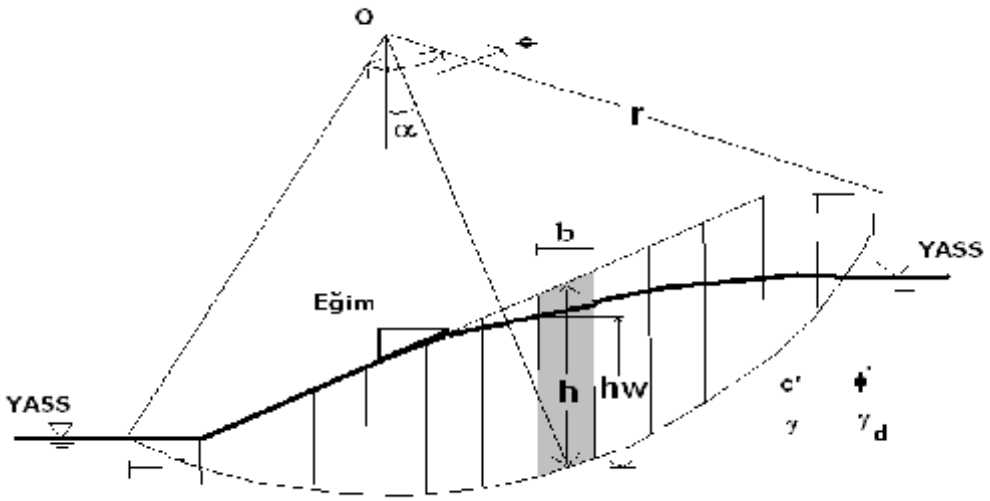
Zemini oluşturan malzemelerin ilk konumlarını kaybederek hareket etmelerine kütle hareketleri denir. Kütle hareketlerinin en önemli nedenlerinden biri az yada çok eğimli yüzeylerin, yani yamaçların dengelerini kaybetmeleridir. Kütle hareketinin nedenleri iç ve dış nedenler olmak üzere sınıflandırılabilirler. İç nedenler, boşluk suyu basıncının artması ve zeminin kohezyonunun azalmasıdır. Dış nedenler ise, şev ve yamaç eteklerindeki kazılar, şev ve yamaç topuklarının sularla oyulması, aşınması ile şev eğiminin artması, şevin ve şev üstü örtünün kaldırılması, ağaç ve bitkilerin koparılması, çatlak ve fisurlarda suların donması, depremler ve yapay patlatma ve sarsıntılar olarak sayılabilir (Gürpınar, 1999).

Yatayla herhangi bir açıda duran korunmasız bir yer yüzeyi önü alınmamış bir yamaç karakterindedir.

Eğer yer yüzeyi yatay değilse , gravite bileşeni zemini aşağı doğru hareket ettirecektir. Şayet gravite bileşeni yeterince büyükse ve içsel sürtünme açısı ya da kayma mukavemeti yeterince küçükse, bir yamaç kayması-kırılması ya da yenilmesi oluşabilir. Mühendis, potansiyel bir kırılma/yenilmeye karşı yamacı kontrol eder ve zeminin kayma mukavemeti ile kırılma yüzeyi boyunca kayma gerilmesini belirler ve karşılaştırır (Özçep,2006).

Yamaçların/şevlerin stabilite analizine örnekler;

1) Aşağıdaki Şekil 3.8'deki yamaç modelinin dilim parametreleri çizelgede verilmiştir. Verilen yamaç için kaymaya karşı güvenlik parametresini dilim yöntemi ile efektif gerilmelere göre bulunmuştur (Özçep, 2009).



Şekil 3.8: Yamaç modeli (Özçep,2009)

	Dilim Eni	Dilim Boyu	Dilimin YASS Yüksekliği	Birim Ağırlık	Düşeyden Açı
Dilim No	b (m)	h (m)	hw (m)	γ (kN/m^3)	A
1	5,0	2,5	2,0	17	-22,0
2	4,4	3,5	3,4	17	-18,0
3	4,4	5,2	5,0	17	-9,0
4	4,4	6,5	6,4	17	-3,0
5	4,4	8,0	7,4	17	1,0
6	4,4	9,0	8,4	17	7,0
7	4,4	9,9	8,6	17	13,0
8	4,4	10,4	8,8	17	19,5
9	4,4	10,6	7,1	17	26,0
10	4,4	10,5	7,1	17	33,0
11	4,4	9,8	5,9	17	45,0
12	4,4	9,1	3,9	17	48,5
13	3,5	5,5	1,2	17	56,7
14	2,5	2,6	0,0	17	65,5
c'	12	kN/m^2			
ϕ'	15	Derece			

Çözüm:

$$GK = [\Sigma\, c' bi / \cos \alpha i + \tan \varphi' \Sigma\, Wi \cos \alpha i - ubi / \cos \alpha i\,] / \Sigma Wi \sin \alpha i) \qquad (3.24)$$

GK: güvenlik katsayısı

W: yapının ağırlığı

c': zemin kohezyonu

b: dilim eni

i: dilim no

α: düşeyden açı

ϕ':tabakanın içsel sürtünme açısı

u: boşluk suyu basıncı

u = hw.γw

Dilim No	Wi	bi/cosαi	wi.cosαi	Ui	ubi/cosαi	wi.sinαi
1,0	212,5	5,4	197,0	20,0	107,8	-79,6
2,0	261,8	4,6	249,0	34,0	157,3	-80,9
3,0	389,0	4,5	384,2	50,0	222,7	-60,8
4,0	486,2	4,4	485,5	64,0	282,0	-25,4
5,0	598,4	4,4	598,3	74,0	325,6	10,4
6,0	673,2	4,4	668,2	84,0	372,4	82,0
7,0	740,5	4,5	721,6	86,0	388,3	166,5
8,0	777,9	4,7	733,3	88,0	410,7	259,5
9,0	792,9	4,9	712,7	71,0	347,5	347,4
10,0	785,4	5,2	658,8	71,0	372,4	427,6
11,0	733,0	6,2	518,5	59,0	367,0	518,1
12,0	680,7	6,6	451,3	39,0	258,8	509,6
13,0	327,3	6,4	179,8	12,0	76,4	273,4
14,0	110,5	6,0	45,9	0,0	0,0	100,5
Toplam		72,3	6604,2		3689,2	2448,5

Değerler formülde yerine konduğunda GK = 0,7 bulunur. GK≤1 olduğundan yenilme veya göçme görülebilir.

2) Aşağıda parametreleri verilen yamaca eğer 0,2g lik bir deprem ivmesi etki etse idi, yamacın güvenlik katsayısı ne olurdu? (Özçep, 2009)

Dilim No	Dilim Eni b (m)	Dilim Boyu h (m)	Dilimin YAS Yüksekliği hw (m)	Birim Ağırlık $\gamma(kN/m^3)$	Düşeyden Açı αn	Merkezden Dilimin Ortasına uzaklık L
1	3,0	1,0	1,0	19	-22,0	21
2	2,4	2,5	2,4	19	-18,0	20
3	2,4	4,2	4,0	19	-9,0	19
4	2,4	5,8	5,4	19	-3,0	18
5	2,4	7,0	6,4	19	1,0	17
6	2,4	8,0	7,4	19	7,0	16
7	2,4	8,9	7,6	19	13,0	15
8	2,4	9,4	7,5	19	19,5	14
9	2,4	9,6	6,1	19	26,0	13
10	2,4	9,5	6,1	19	33,0	12
11	2,4	8,8	4,9	19	40,5	11
12	2,4	7,1	2,8	19	48,5	10
13	1,6	4,5	0,2	19	56,7	9
14	1,5	1,6	0,0	19	65,5	8

Çözüm: Herhangi bir deprem ile ivme etkisi ile tetiklenecek yamaç için güvenlik katsayısı

$$GK = [\Sigma^{p}_{n=1} \ (cB_n \sec\alpha n \ W_n + \cos\alpha_n \tan\varphi)] / [\Sigma^{p}_{n=1} \ ([Wn \sin\alpha_n \ + kh \ W_n \ (Ln/R)]] \quad (3.25)$$

olarak verilmişti. Dikkat edilirse bu denklem, bir önceki problemi çözmek için kullanılan denklemin aynısıdır, tek fark paydaya ivme nedeniyle oluşacak etkiyi temsil etmek üzere [kh Wn (Ln/R)] faktörü eklenmiştir. Bu denkleme yer altı suyu nedeniyle oluşacak efektif gerilme faktörünü de eklediğimizde denklem;

$$GK = [\Sigma^{p}_{n=1} \ (cB_n \sec\alpha n + W_n \cos\alpha_n \tan\varphi - ub_n / \cos\alpha_n)] / [\Sigma^{p}_{n=1} \ ([Wn \sin\alpha_n \ + kh \ W_n \ (Ln/R)]] \quad (3.26)$$

biçimini alır.

Bu durumda;

Dilim No	Wi	$B_n \sec\alpha_n$	$wi.\cos\alpha_n$	u_n	$ub_n/\cos\alpha_n$	$w_n.\sin\alpha_n$	kh w_n (L/R)
1,0	57,00	3,24	52,85	10,00	32,35	-21,34	10,49
2,0	114,00	2,52	108,43	24,00	60,56	-35,21	19,97
3,0	191,52	2,43	189,16	40,00	97,20	-29,95	31,88
4,0	264,48	2,40	264,12	54,00	129,78	-13,83	41,71
5,0	319,20	2,40	319,15	64,00	153,62	5,57	47,54
6,0	364,80	2,42	362,08	74,00	178,93	44,44	51,13
7,0	405,84	2,46	395,45	76,00	187,19	91,25	53,33
8,0	428,64	2,55	404,08	75,00	190,94	143,01	52,57
9,0	437,76	2,67	393,50	61,00	162,87	191,81	49,85
10,0	433,20	2,86	363,38	61,00	174,53	235,83	45,54
11,0	401,28	3,16	305,23	49,00	154,61	260,50	38,67
12,0	323,76	3,62	214,63	28,00	101,37	242,39	28,36
13,0	136,80	2,91	75,16	2,00	5,82	114,30	10,79
14,0	45,60	3,61	18,93	0,00	0,00	41,48	3,20

elde edilir ve Kh=0,20; R=22,83 değerleri ile

c'	12	kN/m^2
ϕ'	24	Derece

değerlerini yerine koyduğumuzda

GK	0,7

değerini buluruz. GK≤1 olduğundan yenilme veya göçme görülür.

4. BULGULAR

Zemin etütlerinde rastlanan problemler beş başlık altında toplanabilir.

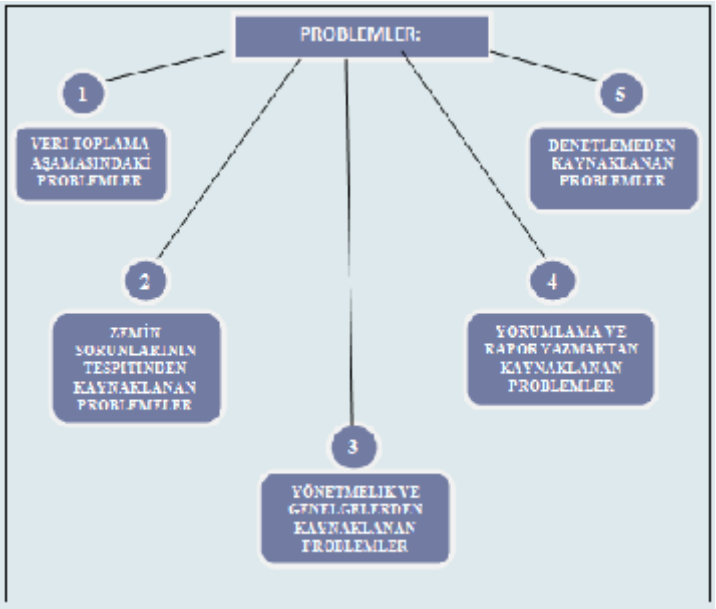
-Veri toplama aşamasındaki problemler,

-Zemin sorunlarının tespitinden kaynaklanan problemeler,

-Yönetmelik ve genelgelerden kaynaklanan problemler,

-Yorumlama ve rapor yazmadan kaynaklanan problemler,

-Denetlemeden kaynaklanan problemler,



Şekil 4.1: Zemin etütlerinde karşılaşılan problemler

4.1. VERİ TOPLAMA AŞAMASINDAKİ PROBLEMLER

Zemin etüt raporları hazırlanırken, yapılan hesapların doğruluğu ve yorumların sağlıklı olabilmesi için veri toplama aşamasının titizlikle ele alınması , raporun hazırlanış amacı

doğrultusunda verilerin değerlendirilmesi çok önemlidir. Veri toplama aşamasında karşılaşılan problemler şu şekilde sınıflandırılabilir (Özdemir ve Özcan, 2008);

4.1.1. Arazinin Değerlendirilmesiyle İlgili Problemler

- Arazi yerinin Harita Müh. tarafından belirlenerek aplikasyon kazıklarının çakılmaması.
- Yapı ile ilgili mimardan ön bilgi alınmaması.
- SPT standartlarına uyulmaması.
- Arazide, loglar Uzman Jeoloji Mühendisi tarafından düzenlenmemesi.
- Alınan numunelerin en kısa sürede uygun şekilde laboratuvara ulaştırılmaması
- Yer altı suyu seviyesi(YASS) ölçümüne gereken önemin verilmemesi.

Bu sorunların oluşmaması için; zemin etüdü yapılacak yerin arazi çalışması yapılmadan önce harita mühendisleri tarafından belirlenip aplikasyon kazıklarının çakılarak netleştirilmesi gerekir. Zemin etüdüne başlamadan önce projeyi çizecek olan mimardan proje bilgileri alınarak yapının oturacağı derinlik öğrenilmelidir.

4.1.2. Sondaj Uygulamalarıyla İlgili Problemler

Yeraltı zemin koşullarının belirlenmesi aşamasında en etkin yöntemlerden biri de sondaj çalışmalarıdır. Sondajlardan sağlanan örneklerle zemin profili ve örnekler üzerinde yapılan laboratuar deneyleri ile zeminin fiziksel ve mekanik parametreleri belirlenir. Ayrıca sondaj kuyusunda yapılan yerinde deneyler (SPT, pressiyometre, permeabilite v.b.) vasıtasıyla zeminin özellikleri ve davranışı hakkında veriler sağlanır. Zemin etüdü yapılacak alanda araştırma derinliği, sondaj sayısı, sondaj aralığı ve sondaj derinliği konusunda bir standart mevcut değildir. Bu nedenle sözü edilen konular burada ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılacaktır.

Sondaj aralıkları, zemin koşullarının değişkenliği, projenin türü, deneyim ve mühendislik sorgulaması ile bağıntılıdır. Sondajların lokasyonları öngörülen yapının büyüklüğüne ve şekline bağlı olarak değişebilir. Bir parselde yapılacak tüm sondajların aynı derinlikte olması gerekmez. Pilot sondajdan sağlanacak verilere göre diğer sondajların derinlikleri optimumda tutulabilir. Bu nedenle pilot sondaj diğer sondajların planlanmasına ışık tutacak bir lokasyona yerleştirilmelidir. Sondaj aralıkları değişken

zemin koşullarında 7-8 metre kadar kısa, homojen zeminlerde ise 150 m kadar geniş olabilmektedir.

Fazla sondaj ve sık aralıklar az gelişmiş bölgelerde, önceki çalışmaların az veya gerekli verilerin bulunmadığı alanlar için düşünülebilir.

Araştırma sonuçlarına göre beklenenden daha karmaşık zemin şartlan ile karşılaşılması durumunda ek sondaj istenebilir. Sondaj sayısının planlamasında aşağıdaki kriterlere uyulması ancak bunlarla sınırlı kalınmaması önerilmektedir.

1000 m^2'den küçük 250 m^2'den büyük binalar için asgari 4 sondaj gereklidir. Ancak genelde 5 sondaj (binanın kenarları ve ortası) tercih edilmektedir. 250 m^2'den küçük yapılar için asgari 3 sondaj yeterli olabilir. Kule gibi büyük ve tekil yapılarda stratigrafinin bilinmesi koşuluyla 1 sondaj yapılması yeterlidir. Öte yandan yapı çok küçük olsa bile tek sondaj zemin koşullarının belirlenmesi açısından yeterli sayılmaz. Elde edilen verilerin yanıltıcı olma ihtimali olabilir (örneğin büyük bir bloğun kesilmesi ve ana kaya olarak yorumlanması gibi). Bu nedenle bina temellerinde asgari 2 sondaj yapılmasında yarar vardır.

Sondaj uygulanmasındaki problemler şunlardır;

- Sondaja başlamadan önce sondaj ekibinin çalışılacak alanın jeolojik yapısı ile ilgili ön bilgi sahibi olmadığı,
- Sondaj sayısı ve derinlikleri belirlenirken, yapı özellikleri ve önemi, zemin özellikleri, bölgenin depremselliği vb. konulara dikkat edilmediği,
- Zemin ve kaya ortamlarında yanlış ve düşük kaliteli sondaj ekipmanlarının kullanıldığı,
- Kaya ortamlarında tek ve çift tüplü karotiyer kullanım kriterine dikkat edilmediği,
- SPT deneyinin her türlü zemin ve kaya ortamında yapılmaya çalışıldığı,
- Elde edilecek geoteknik verilerden çok, günlük delgi kapasitesinin ön plana çıkabildiği,

- Kayalarda yapılan sondajlı jeolojik-geoteknik etütlerde, alınan karot numunelerinin konulduğu karot sandığı fotoğraflarının bir çok durumda rapor ekinde verilmediği,
- İncelenen sondaj loglarında, ülkemizdeki kaya birimlerin neredeyse tamamına yakınının ileri derecede ayrışmış olarak değerlendirildiği,
- SPT deneyinde refüyle karşılaşıldığında, zemin koşullarının yeniden değerlendirilerek yeni bir plan yapılmadığı,
- Geoteknik sondajların bir başka kuruluştan hizmet olarak alındığı çalışmalarda, ilgili kuruluş tarafından sondaj çalışmalarının belirli bir derinliğe kadar delik delme veya alanın jeolojik istifinin belirlenme olarak algılanabildiği,
- Sondaj logları hazırlanırken, günlük metraj derinliğine bakıldığında sondaj çalışması başlangıç ve bitiş tarihlerine pek dikkat edilmediğine,
- Sondaj çalışmalarının çoğunlukla mühendissiz veya deneyimsiz mühendisler tarafından yapıldığı veya denetlendiği,
- Sondaj logu bilgilerinin arazi mühendisi tarafından sağlandığı, sondaj logunun ise büro mühendisi tarafından hazırlandığı, kuruluşlarda iki mühendis arasındaki koordinasyonun genelde zayıf olduğu,
- Presiyometre deneyine hemen hemen hiç yer verilmediği.

Bu sorunların oluşmaması için; yapılacak sondajlarda numune alınırken binanın oturacağı derinlikten numune alınmasının sağlanmalıdır. Sondaj standartlara uygun olarak deneyimli jeoloji mühendisi gözetiminde yapılmalı ve loglar doldurulmalı, karot sandığı fotoğrafı mutlaka çekilmelidir.

4.1.3. Jeofizik Uygulamaları İle İlgili Problemler

Sismik yöntem, ölçümlerde jeofonun zemine iyi temas etmemesi durumunda sinyalin zayıf algılanmasının yanında gürültüyü de arttırır. Sığ derinlikli refleksiyon etütlerinde en büyük sorun sismik gürültülerden biri olan büyük genlikli Rayleigh dalgalarının olmasıdır. Yüzey dalgası dalga boyunun yarısı şeklindeki gibi iki jeofon yerleştirilerek minimumlaştırılabilir. Bu iki jeofonun çıkışı toplanırsa yüzey dalgası çıkışta

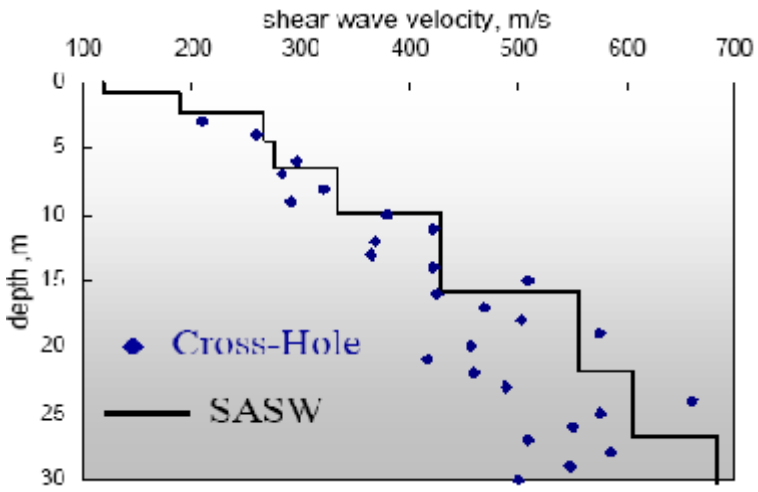
olmayacaktır. Görünmeyen ve saptanamayan ince tabaka, gizli tabaka, yanal hız değişimleri olarak sıralanabilir. İki tür görülmeyen tabaka sorunu vardır. Birincisi, herhangi bir katmandan, kalınlığı veya katmanlar arasındaki hız farkı az olması sebebiyle ilk varış sinyali algılanamaz. Enerji kaynağının şiddeti veya derinliği artırılarak sorun giderilebilir. İkincisi katmanlar arasındaki çamur veya kum seviyeleri gibi düşük hız tabakasının olmasıdır. Bu durumda en sağlıklı çözüm sismik uygulamanın diğer yöntemlerden özellikle özdirenç yöntemiyle desteklenmesidir.

Elektrik özdirenç yöntemi; ıslak veya nemli ortamlarda akım taşıyan elektrolizin yüzeyinde elektrodiyaliz olduğundan yüzeyi kirlenen elektrotlar polarizlenerek elektrot direnci yükselir. Bu nedenle elektrotlar temiz olmalı ve polarize olmayan veya paslanmayan eletrotlar kullanılmalı. Akım ve potansiyel kablolarının birbirine yakın serilmesi ve birbirine karışması bozucu etkilerin oluşmasına neden olur. Bu nedenle kabloların serimin de ve uzunluklarına dikkat edilmeli. Topografyası engebeli arazilerde akım hatları tepelerde seyrek, vadilerde sıklaşır. Akım hatlarının seyreldiği ortamlarda özdirenç değerleri göreceli olarak büyür, akım hatlarının sıkıştığı ortamlarda ise özdirenç değerleri göreceli olarak küçülür. Böyle durumlarda yer altı ortamının gerçek özdirençleri saptanamaz. Bu nedenle topografya etkilerini minimum indirmek için ölçü profil doğrultusu eğim doğrultusuna paralel olmalıdır. Özdirenç derinlik sondajında akım miktarının yeterli olmaması durumunda veya ölçülen potansiyelin 5 milivoltun altına düşmesi halinde potansiyel elektrotları açıklığı artırılabilir. Potansiyel elektrotu açıklığının artırıldığı durumlarda elde edilen görünür özdirenç değerlerinde bir miktar değişiklik normaldir. Ancak ölçü ortasında elektrotların yer değiştirmesinde çift alınan görünür özdirenç değerleri küçük bir öteleme ile paralel olmalıdır. Çapraz olması durumunda ölçülerde hata var demektir ve ölçü kontrollü olarak tekrarlanmalıdır (Keçeli, 2009).

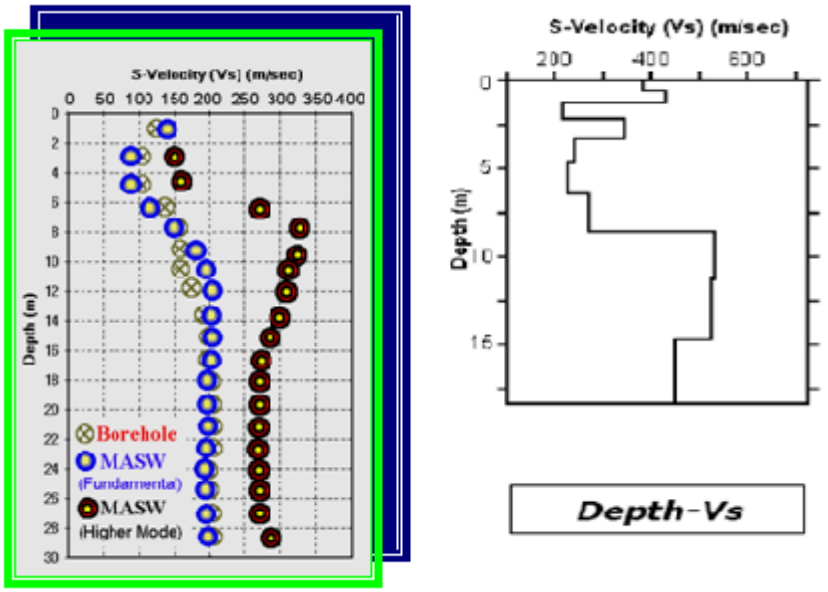
SASW yöntemi (yüzey dalgalarının spektral analizi) ; avantajı basit bir saha testi operasyon ve sinyal analizi vardır. Bu yöntem en enerjik gelen dalganın Rayleigh dalgaları olduğunu var sayar. Gürültülü kentsel alanlarda ve daha enerjik cisim dalgaları olduğu zaman Rayliegh dalgalarının gücü bulanır, SASW bu durumda güvenilir sonuç vermez. Ayrıca bu yöntemde verilerin işlenmesi sırasında kesin sonuçları etkiliyecek bazı özel yargılar gerektirir.

Aktif MASW yöntemi (yüzey dalgalarının çok kanallı analizi); SASW yönteminin eksikliklerini gidermek için geliştirilmiştir. Bu yöntemin en önemli avantajı dönüştürülmüş verilerde cisim dalgaları gibi tanımlanan ve olmayan kaynak yüzey dalgaları oluşturan Rayleigh dalgalarının elenmesini sağlar. Sonuç olarak temel Rayleigh dalgalarının dispersiyon eğrisi modu ile ayrılmış sinyal görüntüsü doğrudan algılanabilir. Elde edilen dispersiyon eğrisi SASW yönteminden daha net olması beklenir. Şekil 4.2 ve şekil 4.3 de SASW ve MASW yöntemi ile elde edilen dispersiyon eğrileri verilmiştir. Deneyimli bir operatör gerekmez böylece otomatik olabilir. Bu yöntemin diğer bir avantajı çok kanallı kayıt nedeniyle ölçüm süreci kısa ve hızılıdır.

Pasif MASW (yüzey dalgalarının çok kanallı analizi); teknik karayolu, demir yolu trafiği, okyanus dalgaları, sanayi ve inşaat faaliyetleri gibi ortamlarda enerji kaynağının yarattığı Rayleigh yüzey dalga enerjisini kullanır. Pasif dalgalarının kullanımının en önemli avantajı alanda çok az çaba ile karakterizasyonu düşük frekanslı yüzey dalgası enerjisini kullanır ve böylece daha derinlerden bilgi elde edilir. Pasif dalgalara her yönden ulaşılabilinir. Ancak bu yöntemin veri analizi etkin dalga yöntemlere göre daha karmaşıktır.

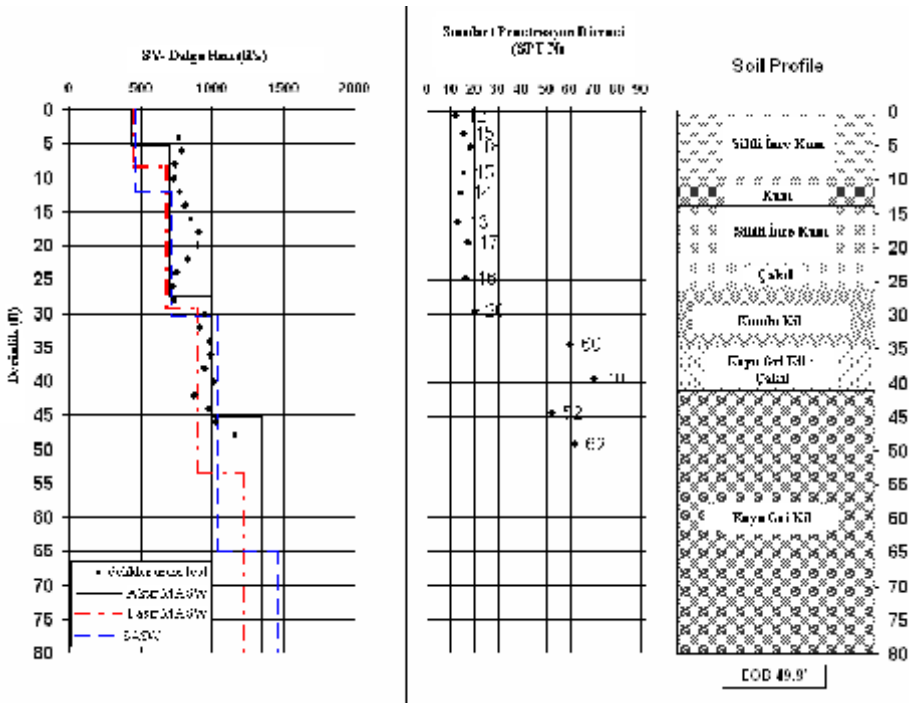


Şekil 4.2: SASW yöntemi ile kayama dalgası hız profili (Özçep, 2009)



Şekil 4.3: MASW yöntemi ile kayma dalgası hız profili (Özçep, 2009)

Sert kil, ince siltli kumdan oluşan yaklaşık 10 metrelik bir üst katmanda yapılan SASW, aktif MASW ve pasif MASW ölçümleri yapılmıştır. Bu alanda yer altı suyu yaklaşık 5 metre derinliğindedir.



Şekil 4.4: Test alanının kompozit toprak profili (Tran vd., 2008)

Şekil 4.4 da alınan ölçüm değerleri, SPT-N değerleri ve alanda yapılan jeoteknik sondaj verileri verilmiştir. SAWS ve pasif MASW dispersiyon eğrileri uyum içindedir.

Mikrotremör; sismik gürültü 0.5 Hz den daha küçük frekanslar için mikrosismik ve daha büyük frekanslar için mikrotremör olarak katagorize edilir. Bu ayırım mikrotremörün spektral karakteristiğini tanımlamada kolaylık sağlar. Mikrotremor ile yerel davranışın fondementel rezonans frekansını belirlemek mümkündür.
Mikrotremör ölçümlerde inceleme alanında yer altı modeli yarı sonsuz 3-4 katman sayısıyla tahmin edilir. En alt katman taban kaya kabul edilir ve katmanların Vs hızları mikrotremör ölçümlerden elde edilir. Taban kaya üzerindeki katman derinlikleri dikkate alınmaz. Mikrotremör kayıtlardan yatay bileşen (H), düşeybileşen (V) olmak üzere H/V oranı saptanır. Elde edilen mikrotremör H/V oranı ile teorik Rayleigh dalgaları arasındaki uyumsuzluk minimuma indirilmesi sağlanır. Mikrotremör ve Rayleigh dalgası arasında özellikle Rayleigh dalgası spektrum oranı yaklaşık değişim gösterir. Genel anlamda, Ryaleigh dalgası spektrum oranı daima mikrotremör spektrum oranından daha yavaştır. Bunun sebebi mikrotremörün Rayleigh dalgasını içermesi gibi shear ve Love dalgalarınıda içermesidir.

Re-Mi spektral analizi; Re-Mi tekniğinin sismik enerji kaynağı mikrotremördür. Ortalama kayma dalgası elde edilmek isteniyorsa Re-Mi de SASW ve MASW tekniklerinde kullanılan güçlü sismik enerji kaynağına ihtiyaç yoktur. Mikrotremör gürültünün şiddetli olduğu yerde çok yararlıdır. Re-Mi en yoğun yerleşim alanlarında, şehir içinde ve yoğun trafik olan yerlerde ucuz ve hızlı işleyen bir tekniktir. Aynı zamanda yer altı yapılarını 100 m derinliğe kadar olan jeolojik yapıların kayma dalgası hızlarını detayla inceleme yeteneğine sahiptir (Louie, 2001). SASW tekniklerinin yetersiz olduğu yerlerde Re-Mi tekniği Rayleigh dalgalarını başarılı olarak analiz eder.

MAM (Microtremor Array Measurements) Mikrotremor Hat Ölçümü; Yapı-yeri incelemelerinde S dalgası hızlarını elde edebilmek için yeni bir yöntem olan MASW-MAM yöntemleri ile dar alanlarda kırılma yönteminin etki derinliğinden daha fazla derinlerden bilgi alınması yanısıra, sinyal/gürültü oranının yetersiz kaldığı şehir içi çalışmalarında ihtiyaç duyulan 30 m ve üstü derinliklerden bilgi alınabilmesine olanak sağlamaktadır. Yönetmeliklerde 30 m araştırma derinliği yeterli görülmekle birlikte,

zemin hakim periyodunun belirlenebilmesi için en az 760 m/sn hız değerine sahip katmana kadar sismik hızların belirlenebilmesi de yöntemle mümkündür. Bu sayede zemin hakim periyodu, mikrobölgeleme amaçlı zemin büyütmesi, zemin grubu/sınıfı daha yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir. Ayrıca doğal zemine gerek duyulmaksızın asfalt, beton, kaldırım, taş zemin v.b. ortamlarda da jeofonların satıhla iyi bir bağlantısı sağlanarak ölçüm alınabilmektedir.

4.2. ZEMİN SORUNLARININ TESPİTİNDEN KAYNAKLANAN PROBLEMLER

Killi zeminlerde 4,5 cm, kumlu zeminlerde ise 3,2 cm'den daha fazla oturmalar, inşaatta göçme ve yıkılmaya neden olmaktadır. Yeraltısuyu probleminin olduğu ince daneli kumlu zeminler sismik aktiviteye maruz kaldıklarında sıvılaşma problemi görülür. Kot farkının 4 m den fazla olduğu, kayma dalgası hızı (V_s) ≤ 200 m/sn olduğu, eğim açısının 15°'yi geçtiği, düşük kohezyonlu, yer altı suyu problemi olan zeminlerde şev stabilite problemi görülme ihtimali yüksektir.

4.2.1. Oturmayı Etkileyen Faktörler

Zeminin geçirgenliği (permabilite), zemin drenajı, zemine aktarılan yük (statik veya dinamik), zemindeki yüklerin gelişimi (normal yada aşırı konsolide), yer altı suyu düzeyi (Gündoğdu ve Özçep, 2003).

4.2.1.1. Oturma

Yapılarda meydana gelen oturma, statik yükler, hareketli yükler, su muhtevasındaki değişiklikler ve temel altının boşaltılması sonucu zeminde meydana gelen deformasyonlardır.

- Ani oturma: Yükün uygulanması ile hemen gerçekleşir.
- Konsolidasyon oturması: Suya doygun zeminlerde zamana bağlı olarak gerçekleşir (Özçep, 2009).

Buradaki asıl problem oturma hesabı yapılırken genelde konsolidasyon deneyi yapılmamasıdır. Konsolidasyon deney süresinin 12 gün olması nedeniyle pek tercih edilmemesi ciddi bir problemdir.

4.2.1.2. Oturma Problemine Çözüm Önerisi

Arazi çalışmasında bulunan jeoloji mühendisi sondaj sırasında aldığı numunelere, SPT darbe sayılarının (N<4) düşüklüğüne göre, jeofizik mühendisinin sismik sonuçlarını karşılaştırıp özellikle Vs ≤ 200 m/sn ise bu tür zeminlerde konsolidasyon deneyi yaptırmalı ve oturma riskini zemin etüdünde belirtilmeli ve zemin iyileştirilmesi önerilmelidir.

4.2.2. Şev Stabilite Problemi

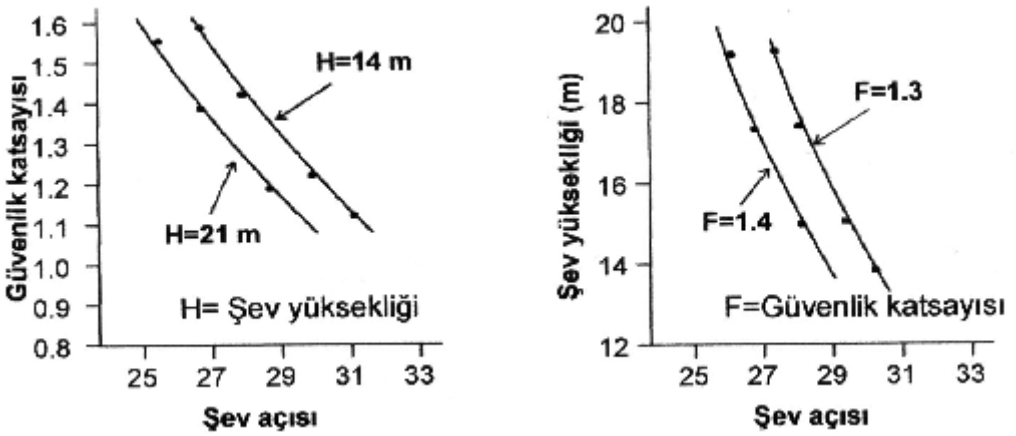
4.2.2.1. Kayma Veya Yamaç Yenilmesinin Nedenleri

Jeolojik özellikler (kayaçların litolojisi ve süreksizlikleri), bitki örtüsü (yüzeysel akışı yavaşlatmaktadır), kayaçların ayrışma derecesi (mekanik ve kimyasal ayrışma), doğal yada yapay titreşimler (deprem yada patlatma sonucu), yamaç eğiminin değişmesi (erozyon ve kazılar), yamaçların aşırı yüklenmesi (bina inşaatı), yeraltısuyu seviyesi değişimi, sismik aktivite (depremler), volkanik patlamalar şev stablite problemlerini oluşturan etkenlerdir (Koçbay, 2010).

0

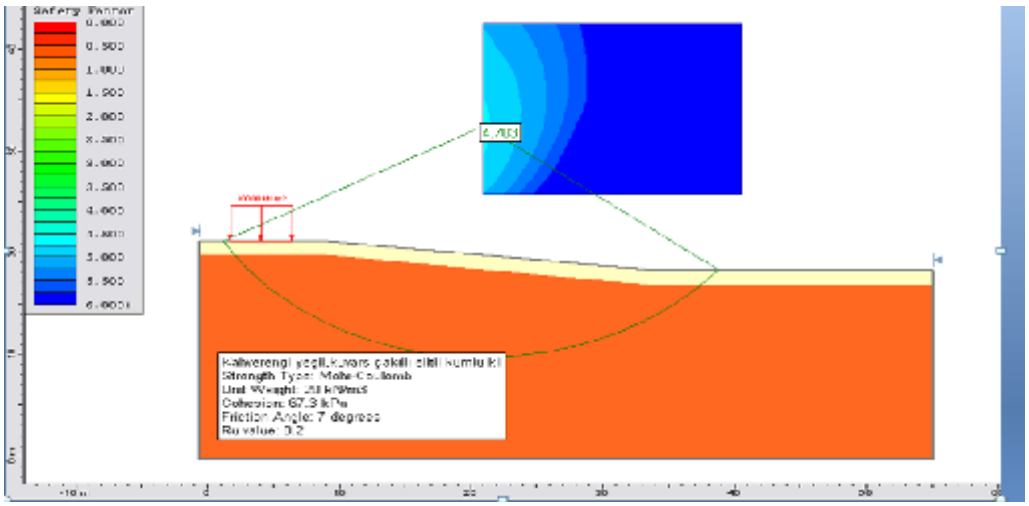
4.2.2.2. Şev Duraylılığı Analizleri

Değişik koşullar altında farklı özellikteki şevlerin duraylılığının hesaplanması için şev yüksekliği ve şev açısı gibi şev tasarımı parametrelerinin tayini amacıyla şev ve malzeme parametrelerinin birbirine bağlı değişiminin incelenmesi için yapılır.Şekil 4.5'da görüldüğü gibi Güvenlik katsayısı ve Şev yüksekliği ile Şev açısı arasında ters orantı olduğu görülmektedir.

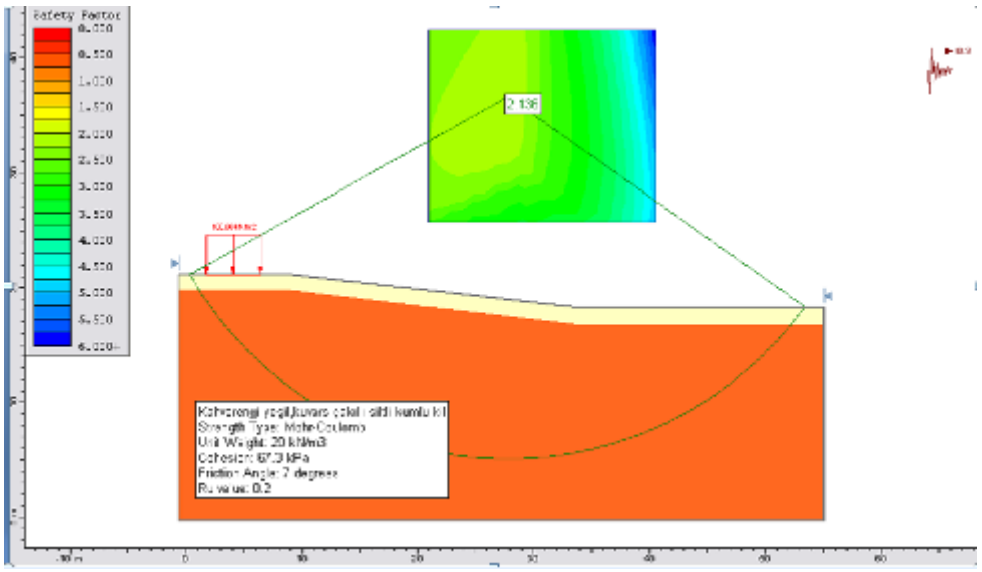


Şekil 4.5: Şev Açısı ve Şev Yüksekliği Grafikleri (Koçbay, 2010).

Şev duraylılığı analizlerinde zemin ve kayalar için kullanılan pek çok program vardır. Ancak bu programları kullanırken çok dikkatli olmak gerekir. Analizde kullanılacak yöntem kaymanın tipi, jeolojik birimin zemin veya kaya olması, birimin özellikleri doğru olarak belirtildikten sonra amaca yönelik olarak seçilmelidir (Koçbay, 2010). Örneğin Beylikdüzü bölgesinde yapılmış olan bir şev analizi örneği şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de ayrı ayrı belirtilmiştir. Slide 5.0 programında hazırlanmış olan şev analizi Gürpınar Formasyonu'na ait (siltli killi zemin) bir arazide 2010 yılı içersinde yapılmıştır. Ortalama 5 katlı bir binanın yere uyguladığı basınç olan 100 kN/m² lik bir yük olduğu varsayılarak hesaplanan ilk analizde güvenlik katsayısı 4,703 bulunmuştur (Şekil 4.6). Güvenlik katsayısı(Gk)>1 için şevin duraylı olduğu görülmektedir. Şekil 4.7 incelendiğinde 0.2 g'lik deprem yükü altında şev bir kez daha hesaplanmış bu defa da güvenlik katsayısı 2,136 olarak bulunmuştur ve güvenlik katsayısı (Gk)>1 için şevin duraylı olduğu görülmektedir.(Yapılan analizde kohezyon: 67.3 kPa,Doğal birim hacim ağırlığı : 20 Kn/m³ , İçsel sürtünme açısı : 7º , Boşluk suyu basıncı 0.2 alınmıştır.)



Şekil 4.6: Slide 5.0 Programı İle Şev Analizi.



Şekil 4.7: Slide 5.0 Programı İle Şev Analizi (Deprem Yüklü).

Birinci derece deprem bölgesinde deprem yükünün 0.2 alınmasının hesabı aşağıdaki gibidir;

$Ch=0.3*(I+1)*A_0$ (4.1)

$Ch=0.2*(I+1)*A_0$ (4.2)

Ch: Deprem faktörü

I: Bina önem katsayısı

A_0: Etkin yer ivme katsayısı (ABYYHY,1997)

Birinci derece deprem bölgesinde $A_0=0.4$, I=1 olan bir bölge de deprem yüklü olarak yapılan şev analizinde;

$Ch_1=0.3*(1+1)*0.40=0.24$

$Ch_2=0.2*(1+1)*0.40=0.16$

$(Ch_1+Ch_2)/2=(0.24+0.16)/2=0.2$

4.2.2.3. Şev Stabilite Problemine Çözüm Önerisi

Şev stabilite programlarının pahalı olması nedeniyle büyük firmalar ve üniversitelerde yapılmakta ve Bayındırlık ve Afet işleri tarafından onaylanacak raporlarda, yerleşime uygunluk durumunda AJE (Ayrıntılı jeolojik etüt) gerektiren alanlarda kullanılmaktadır. Parsel bazında yapılan raporlarda TMMOB Jeoloji ve Jeofizik Mühendisleri Odası'nda denetlenirken şev stabilite analizi aranmamaktadır.

Parsel bazındaki raporlarda, arazi eğiminin 15°'yi, kot farkının 4 m'yi geçtiği kohezyon ve içsel sürtünme açısının düşük olduğu, yer altı suyu problemi olan, Vs hızı 200 m/sn'nin altında olan zeminlerde sondajlarda detaylı laboratuar deneyi yapılarak kohezyon ve içsel sürtünme açılarının derinlikte değişimlerine bakılmalı ve şev stabilite analizi mutlaka yapılmalıdır. Eğer şev stabilite problemi varsa mutlaka zemin etüt raporunda belirtilmeli, gerekiyorsa zemin iyileştirme yöntemi önerilmelidir.

4.2.2.4. Zemin Sıvılaşma Problemine Çözüm Önerisi

Şehirler için mikrobölgelendirme etütleri yapılırken sıvılaşma riski olan alanlar belirtilmelidir. Bu bölgeler belediyeler bazında imar uygulamaları hazırlanırken yerleşime uygunluk durumlarında gösterilmelidir.

Sıvılaşma analizi zemin etütlerinde standart olarak yapılan bir analiz değildir. Sadece Bayındırlık ve Afet işleri gibi kurumlar tarafından istenirse yapılmaktadır. Oysa ki zemin sıvılaşma analizi jeoloji ve jeofizik mühendisleri odasında denetleme yapılırkende aranması gerekir. Örneğin, Vs = 200 m/sn altında bulunan,yer altı suyu problemi olan kumlu zeminlerde mutlaka sıvılaşma analizi yapılarak bölgenin sıvılaşma riski raporda belirtilmelidir ve gerekiyorsa önlem önerilmelidir.

4.3. YÖNETMELIK VE GENELGELERDEN KAYNAKLANAN PROBLEMLER

Depremden sonra yapılan 1/1000 ölçekli imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporlarda yapılan sondaj ve jeofizik çalışmaların sayıları yeterli değildir. Bu duruma verilecek en iyi örnek Mart-2010'da Çatalca Belediyesinin 1123 hektar alan için imar planına esas 1/1000 ölçekli hazırlanacak jeolojik-jeoteknik etüt ihalesi için yapılmasını istediği arazi çalışması; 88 sondaj, 80 sismik kırılma, 57 rezistivite, 55 REMI'dir. Oysa aynı ölçekteki bir arazide yapılması gereken jeolojik ve jeofizik arazi çalışmasının daha detaylı olması gerekirdi. Bu durumun asıl sebebi ihaleyi belediyelerin özel firmalardan en düşük fiyat teklifi yapan firmaya vermesi olarak söylenebilir. Bu durum beraberinde fiyatı düşürmek adına detaydan uzak imar planına esas jeolojik jeoteknik raporların hazırlanmasına neden olmaktadır.

4.3.1. Laboratuar Deneylerinde Alt Sınırın Olmaması

Halen yapılmakta olan etütlerde, laboratuvar deneylerinde herhangi bir sınırlama en az sayı veya kriter yoktur. Bu nedenle genellikle sondaj kuyu başına 1 numune ile değerlendirme yapılmaktadır. Oysa, sondaj kuyu başına;

- Konsolidasyon: 1 adet
- Üç eksenli basınç yada direk kesme: 1 adet
- Tek eksenli basınç: 1 adet

- Atterberg limitleri ve elek analizi:
- Zemin özelliklerini belirleyecek sayıda Hidrometre:1 adet yapılması gerekir. (Deprem şurası, 2004)

4.3.2. Zeminlerin Üstyapı Davranışını Etkilemesi

Zeminler üst yapı davranışını iki şekilde etkiler:

1. Üst yapıya aktarılacak sismik sarsıntının özellikleri (sarsıntının şiddeti,süresi ve frekans içeriği) temel zeminlerince değiştirilir.
2. Üst yapı tarafından aktarılan statik ve dinamik yükleri üst yapının kabul edebileceği deplasmanlarla (yerdeğiştirme) taşımaktır.

Mevcut deprem yönetmeliğimizde sunulan 4 ayrı zemin grubu ve sunulan yerel zemin sınıfları mühendislik açısından önemli derecede farklılık gösterebilen zeminlerin dinamik ve statik davranışlarının genel özelliklerini yakalamakta yetersizdir.

Örneğin 1999'da 17 Ağustos Kocaeli ve 12 Kasım Düzce depremleri sonrası hemen hemen aynı büyüklükteki 2 deprem bu iki il'e eşit mesafede gerçekleşmiş ancak hasar ve kayıplar çok farklı olmuştur.

Deprem yönetmeliğimiz dünyada halen uygulanmakta olan deprem şartnameleriyle kıyaslandığında ana kaya üzerinde yeralan zeminlerin deprem hareketinin yüzey spektrumu üzerindeki büyütme ve küçültme etkisini dikkate almaması bakımından önemli bir eksiklik arz etmektedir.

Yönetmeliğimize göre; 1.derece deprem bölgesi, yerel zemin sınıfı Z4 ve bina önem katsayısı 1 için verilen tasarım spektrumunda en büyük spektral ivme değeri 1 g ve kesme periyodu T_B = 0,9 sn olarak belirtilmektedir. Diğer taraftan Adapazarı için 17 Ağustos depreminde alınan saha analizleri sonuçları, deprem sırasında kentin 200 m derinliğe ulaşan alüvyon tabakaları üzerinde yer alan bölümlerinde 0,2-0,9 aralığında değil 1,5 sn seviyesinde ölçülmüştür (Deprem şurası-2004).

4.3.3. Yerel Zemin Şartlarının Yapı Hasar Dağılımı Üzerindeki Etkileri

Kutanis ve Bal (2006)'ın yapmış oldukları çalışmada, deprem yönetmeliklerinde depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılacak elastik tasarım ivme spektrumlarının oluşturulmasında, yerel zemin koşulları göz önünde bulundurulur. Çünkü genlik, frekans ve süre gibi kuvvetli yer hareketi parametreleri yerel zemin şartlarından etkilenmektedir. Bu etkinin sınırlarının zemin tabakalarının malzeme ve geometrik özelliklerine, deprem dalgasının karakteristiklerine bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Bu çalışmada, kuvvetli yer hareketi parametrelerine etki eden zemin tabaka kalınlığı, zemin sınıfı ve dinamik zemin parametreleri üzerinde, Şekil 4.8'de görüldüğü gibi Adapazarı şehir merkezi zemin şartları göz önünde bulundurularak, sayısal analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Eurocode 8 ve Türk Deprem Yönetmeliği'nde (TDY, 2006) tasarım ivme spektrumlarıyla karşılaştırılmıştır (Kutanis ve Bal, 2006).Arazide kullanılan kuvvetli yer hareketi kayıtları Tablo 4.1'de belirtilmiştir

Tablo 4.1: Arazide Kullanılan Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtları.

No	Deprem	İstasyon	R	Zemin	M	C	PGA
3	Erzincan, Turkey 1992	Erzincan	2.0	D, C	6.9	N-S	0.515
5	Kocaeli, Turkey 1999	SKR	3.1	B, B	7.4	090	0.376
6	Landers 1992	5071 Morongo	19.3	C, B	7.3	000	0.188

R : Faya En Yakın Mesafe (km)

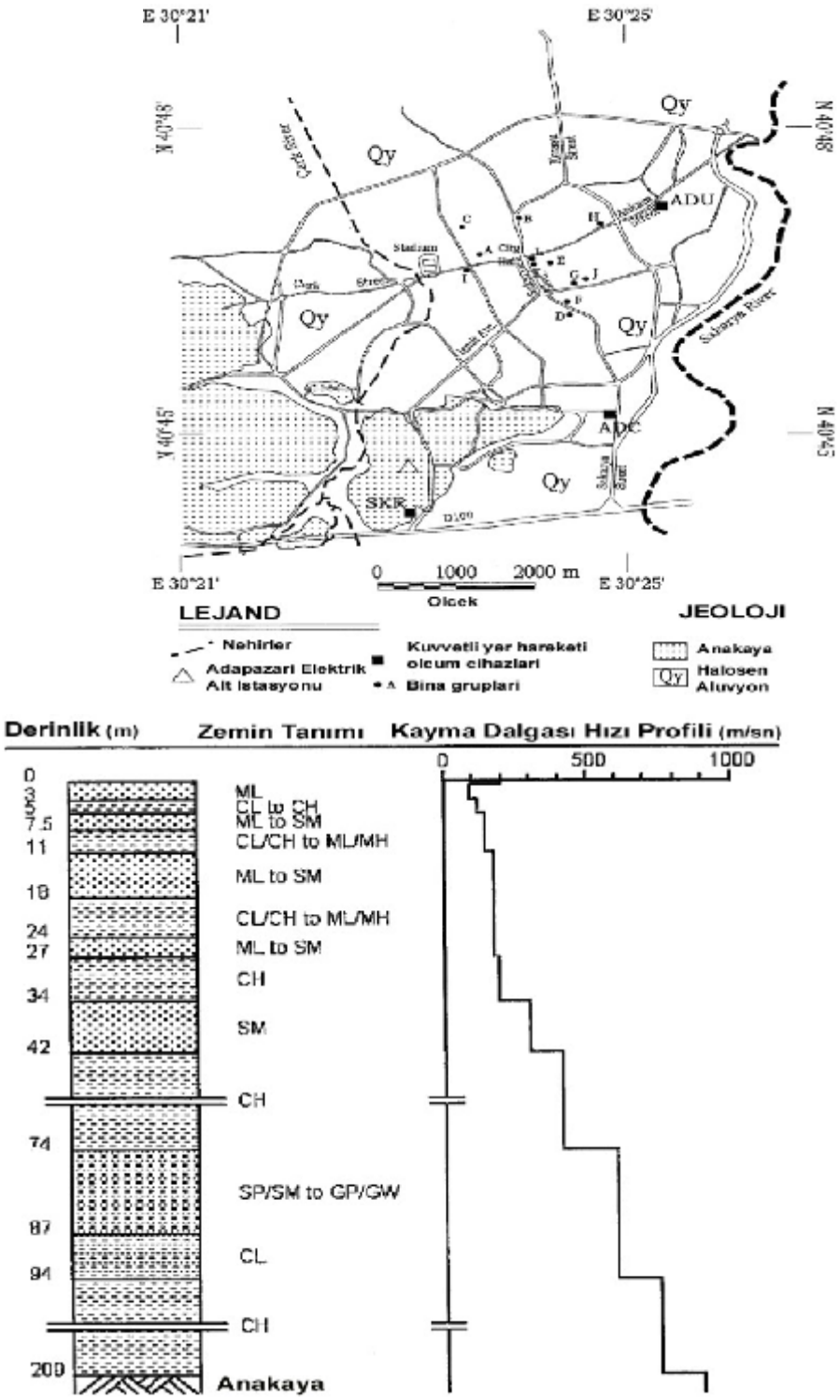
Zemin : Zemin grupları. Birinci terim Geomatrix; ikinci terim USGS'e göre yazılmıştır. http://peer.berkeley.edu/smcat/sites.html

M : Moment Büyüklüğü

C : İvme Bileşeni

PGA : En büyük İvme Değeri (g)

Kaynak: http://peer.berkeley.edu/smcat/index.html

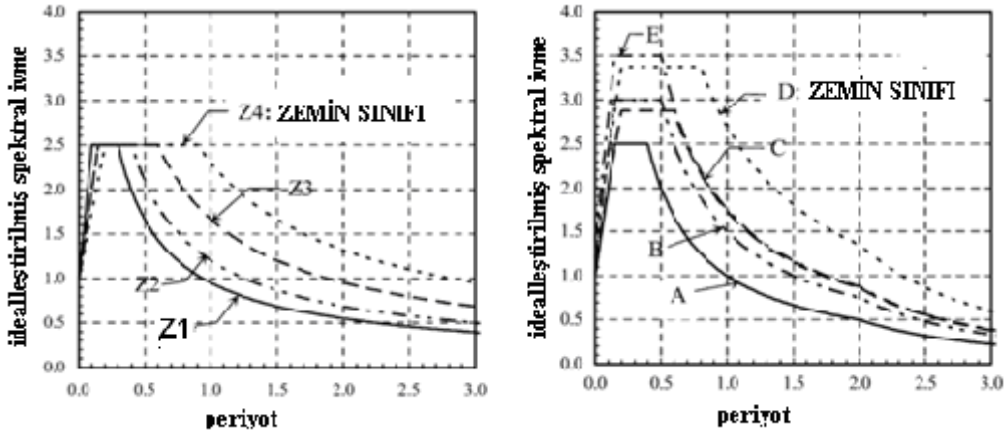


Şekil 4.8: Adapazarı Şehir Merkezi Sondaj Yerlerinin Haritası, Genelleştirilmiş Zemin Profili ve Kayma Dalga Hızları (Sancio, 2003).

TDY 98 ve 2006'da, deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılması için esas alınan Spektral İvme Katsayısı A(T), %5 sönüm oranı için Etkin Yer İvmesi Katsayısı (deprem bölgesi) A_0, Bina Önem Katsayısı I ve Spektrum Katsayısı S(T)'na bağlı olarak

$$A(T)=A_0*I*S(T) \qquad (4.3)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Burada yerel zemin koşullarının etkisi, sadece Spektrum Katsayısı S(T) hesaplanırken kullanılan Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B ile ifade edilebilmektedir.



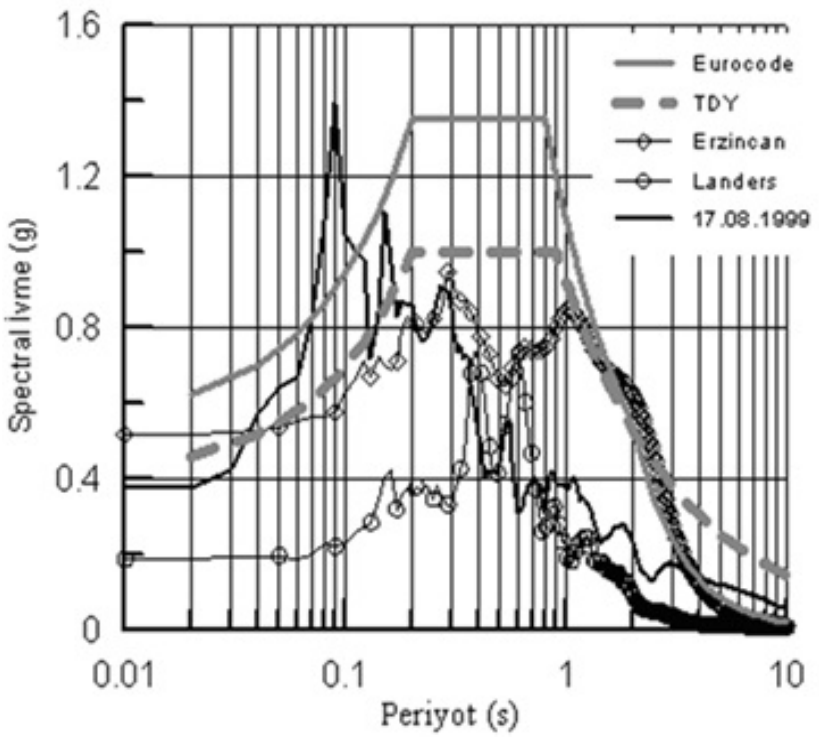
Şekil 4.9: Sağdaki Eurocode'a, soldaki ise TDY'ne Göre Tasarım Spektrumları**.**

Deprem dalgalarının zemin tabakalarının içinden geçerek serbest zemin yüzeyine değişim geçirerek çıkması bilinen bir gerçektir. Bu değişim genellikle, zemin hakim periyodunda uzama (kayada ≅0.2 s, derin halosen zeminlerde ≅1.4 s, çok derin zeminlerde ≅2.0 s) genlik artışı veya düşüşü ve yer hareketi süresinde uzama şeklinde gerçekleşmektedir. TDY'nde bu etki sadece, zemin hakim periyodunda uzama şeklinde yer almıştır.

Şekil 4.9'de 50 m derinlikte zemin tabakasına uygulanan deprem hareketlerine ait ivme spektrumlarının, tasarım spektrumlarının altında kaldığı görülmektedir.

Yukarıda yapılan çalışmada, zemin hakim periyodunun ve spektral ivme genliğinin, Türk deprem yönetmeliğinde sınırların çok ilerisine geçtiğini göstermektedir. Bazı

durumlarda, küçük ivmeli deprem hareketlerinde, büyük zemin büyütmelerinin ortaya çıkabileceği de belirlenmiştir.



Şekil 4.10: 50 Metre Derinlikteki Zemin Tabakasına Uygulanan Deprem Hareketlerine Ait İvme Spektrumlarının Tasarım Spektrumları İle Karşılaştırılması (Kutanis ve Bal, 2006).

Bu verilerden yola çıkarak, özel zemin koşullarına sahip yerleşim bölgelerindeki yapıların maruz kalacakları deprem etkilerinin farklı olabileceği açıkça görülmektedir. Bunun sonucunda ortaya çıkacak yapısal hasarı sadece üst yapı performansının yetersizliği ile açıklamak doğru olmayacaktır (Kutanis ve Bal, 2006).

Tablo 4.2: Eurocode 8'de Vs30'a Göre Zemin Sınıflaması

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Kaya ya da diğer kaya benzeri formasyonlar	V_S >800
B	Çok Sıkı Kum, Çakıl ya da Çok Sert Killer	360< $V_S \leq$ 800
C	Sıkı ya da Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Killer	180< $V_S \leq$3 60
D	Gevşek'ten Orta Sıkı'ya kadar Kohezyonsuz Zemin veya Yumuşak'tan Sert'e kadar Kohezyonlu Zemin	180< V_S

Tablo.4.2'de görüldüğü gibi Japonya,Yeni Zelenda, Yunanistan gibi ülkelerin zemin sınıflamaları yapılırken Vs30 değerinin kullanıldığı görülmektedir.

Tablo 4.3: Çeşitli Depreme Dayanıklı Yapı Yönetmeliklerindeki Kayma Dalgası Hızına (Vs30) Bağlı Yapıların Zemin Sınıflamaları (Pitilakis, 2004).

Vs30 (m/sn)	180 360 760 1500			
UBC/797 ABD IBC/2000	S_E	S_D	S_C	S_B S_A
YUNANİSTAN EAK 2000	D-C	C B A		A
EC8 (ENV 1998)	C	C B A		A
EC8 (pr EN 1998) (Draft4,…)	D	C	B	A
YENİ ZELENDA 2000	D (T > 60 s ⇨V_S30< 200)	C(T > 60 s ⇨V_S30< 200)	B	A
JAPONYA (Highway Bridges)	III (T>60 s ⇨V_S30< 200	II (I) (T=0.2-0.6 s ⇨V_S30=200-600		I (T<0.2 s ⇨V_S30>600
TÜRKİYE	Z_4-Z_3	Z_3-Z_2	Z_4-Z_3-Z_2-Z_1	Z_1
AFPS/90	S_3-S_4	S_3-S_2-S_1	S_1-S_0	S_0

Amerikada uygulanan yönetmelikler incelendiğinde zemin sınıflaması yapılırken Türk deprem yönetmeliğinden farklı olarak 5 tür sınıflama yapıldığı görülmektedir (Tablo 4.3). Vs kayma dalgası hızı 180<Vs<1500 m/sn aralığında bulunmaktadır.

Standartlar incelendiğinde özellikle depremlerin en yoğun yaşandığı Japonya'da zeminin en az 30 m derinliğine kadar yer içi özelliklerinin saptanması gerekmektedir. Standartlarda 30 m derinlik zorunluluğunun nedeni deprem hasarlarında en büyük nedenlerden biri olan yüzey dalgalarının derinlikle eksponansiyel (aşırı hızlı) olarak azalan genliklerinin 30 m'den sonra önemli biçimde küçülmesidir (Keçeli, 2010).

Tablo 4.4: NEHRP (Ulusal Deprem Risk Azaltma Programı) ve Uniform Building Code'da (Resmi İnşaat Kanunu) Vs30'a göre zemin sınıflaması (U.S.A)

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Sert Kaya	V_S >1500
B	Kaya	760< V_S≤1500
C	Çok Sıkı/Sert Zemin ya da Yumuşak Kaya	360<Vs ≤760
D	Sert/Sıkı Zemin	180< Vs ≤ 360
E	Zayıf Zemin	Vs< 180

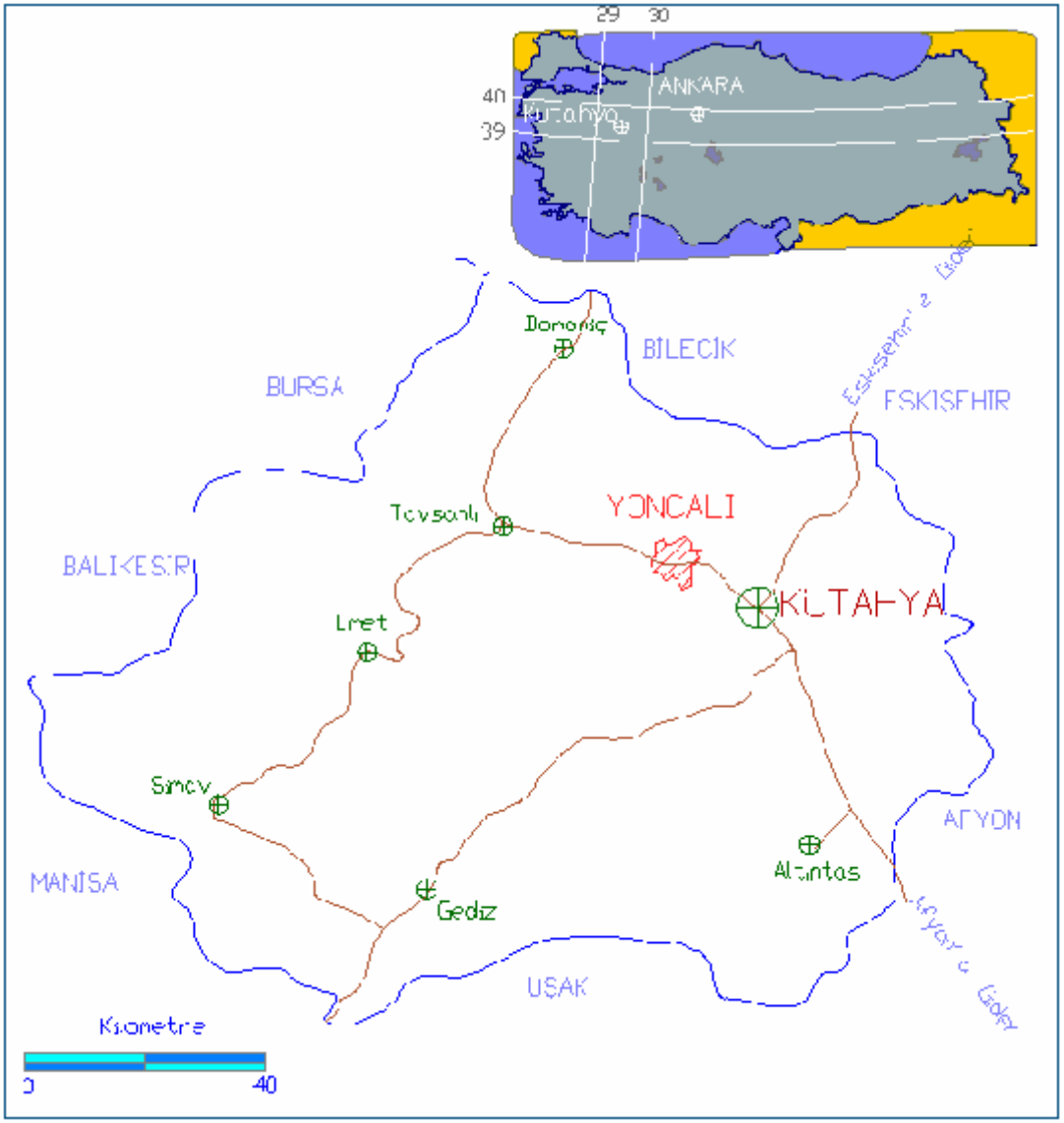
4.4. YORUMLAMA VE RAPOR YAZMADAN KAYNAKLANAN PROBLEMLER

Tüm belediyelerde, jeoloji ve jeofizik mühendisi bulunmamaktadır ve gelen zemin raporlarındaki sonuçları dijital olarak belediye tarafından biriktirilmemektedir.

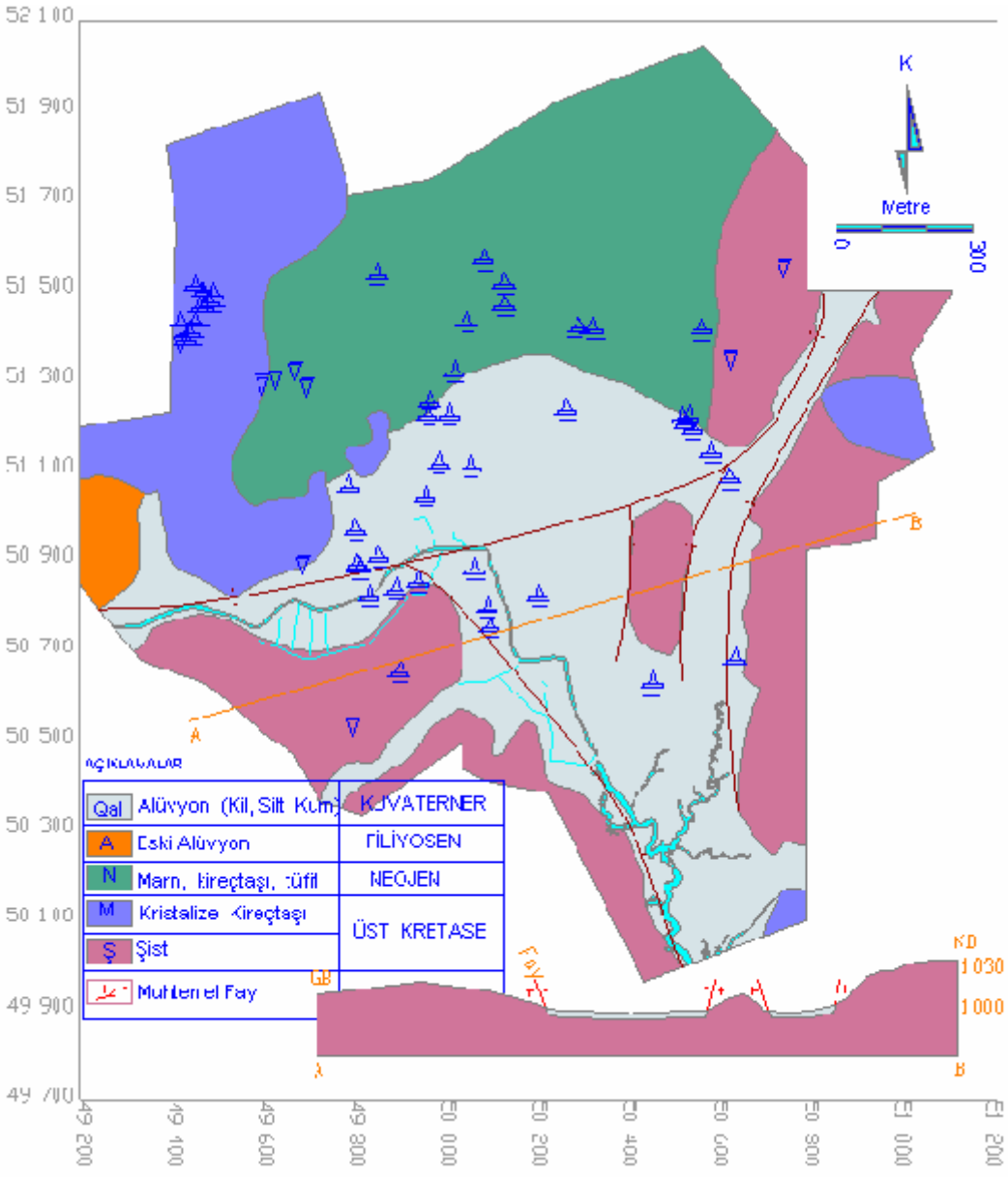
Haşimoğlu ve Ünal (2004) Kütahya'da zemin etüt bilgi sistemini oluşturulmasıyla ilgili 2,4 km²'lik bir alanda CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) sistemi kullanarak, 45 sondaj, 11 araştırma çukuru, 10 adet dinamik penetrasyon sondajı olmak üzere verileri sayısallaştırarak çeşitli haritalar elde etmişler zemin etüt bilgi sistemi oluşturmaya çalışmışlardır.

Yapılan çalışmalar sonucunda, uzaktan algılama ve bilgisayar yazılımları kullanarak (CBS) ortamında zemin etüt bilgi sistemi oluşturulmalıdır. Ayrıca zemin etüt raporlarındaki tüm sayısal ve sözel bilgiler bir bedel karşılığında yada bedelsiz, kullanıcıların erişimine sunulması ve bu konuda gerekiyorsa yasal düzenlemeler yapılması gerekmektedir (Haşimoğlu ve Ünal, 2004).

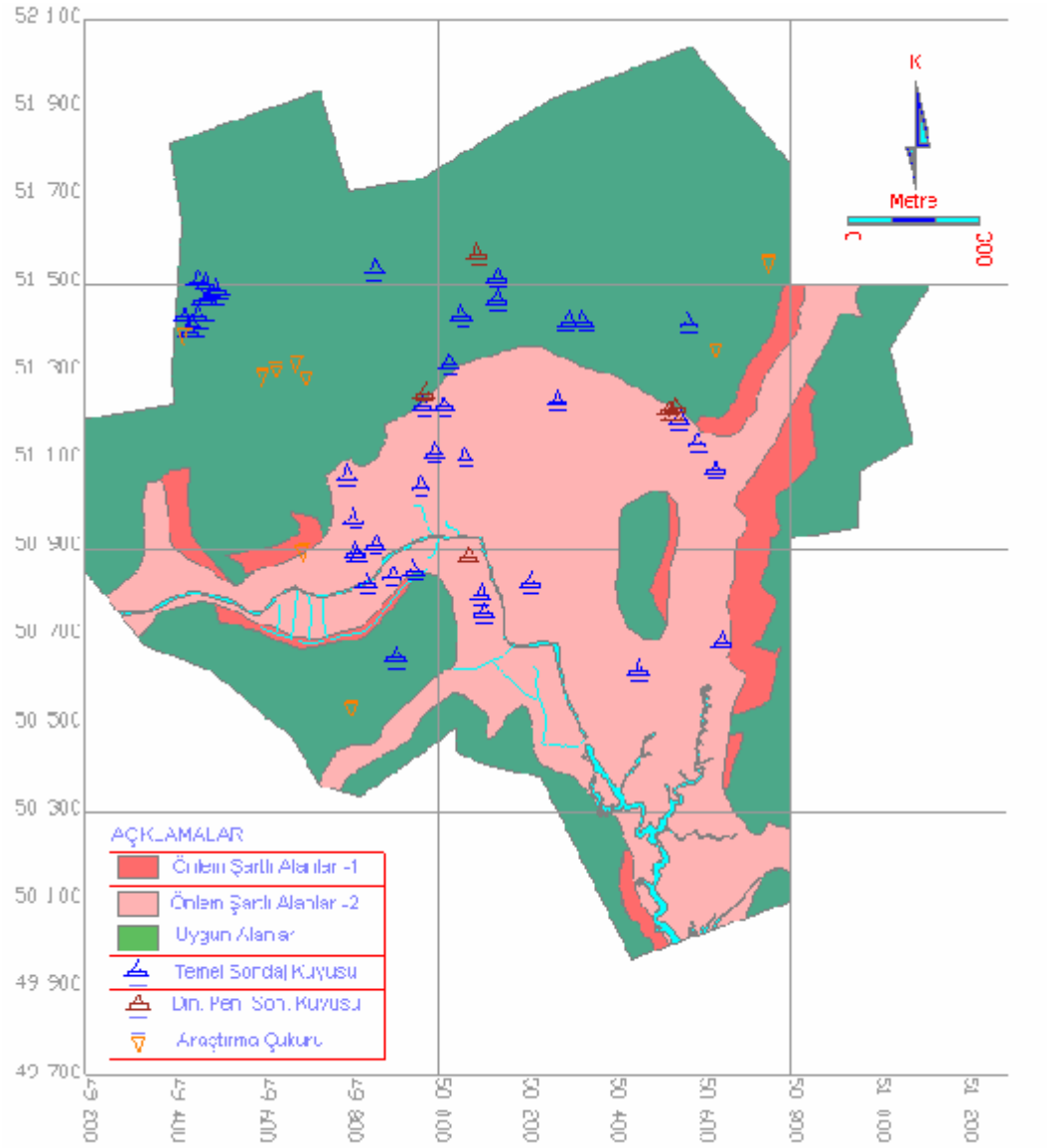
Şekil 4.11'da inceleme alanını lokasyon haritası, Şekil 4.12'de çalışma alanını jeolojik haritası, Şekil 4.13'de çalışma alanını yerleşime uygunluk haritası, Şekil 4.14'da çalışma alanının yükselti jeoloji ve yerleşime uygunluk ilişkisi arazi datalarının girilmesi sonucu görsel olarak değerlendirilmiş ve bölge'nin analizi yapılmıştır.



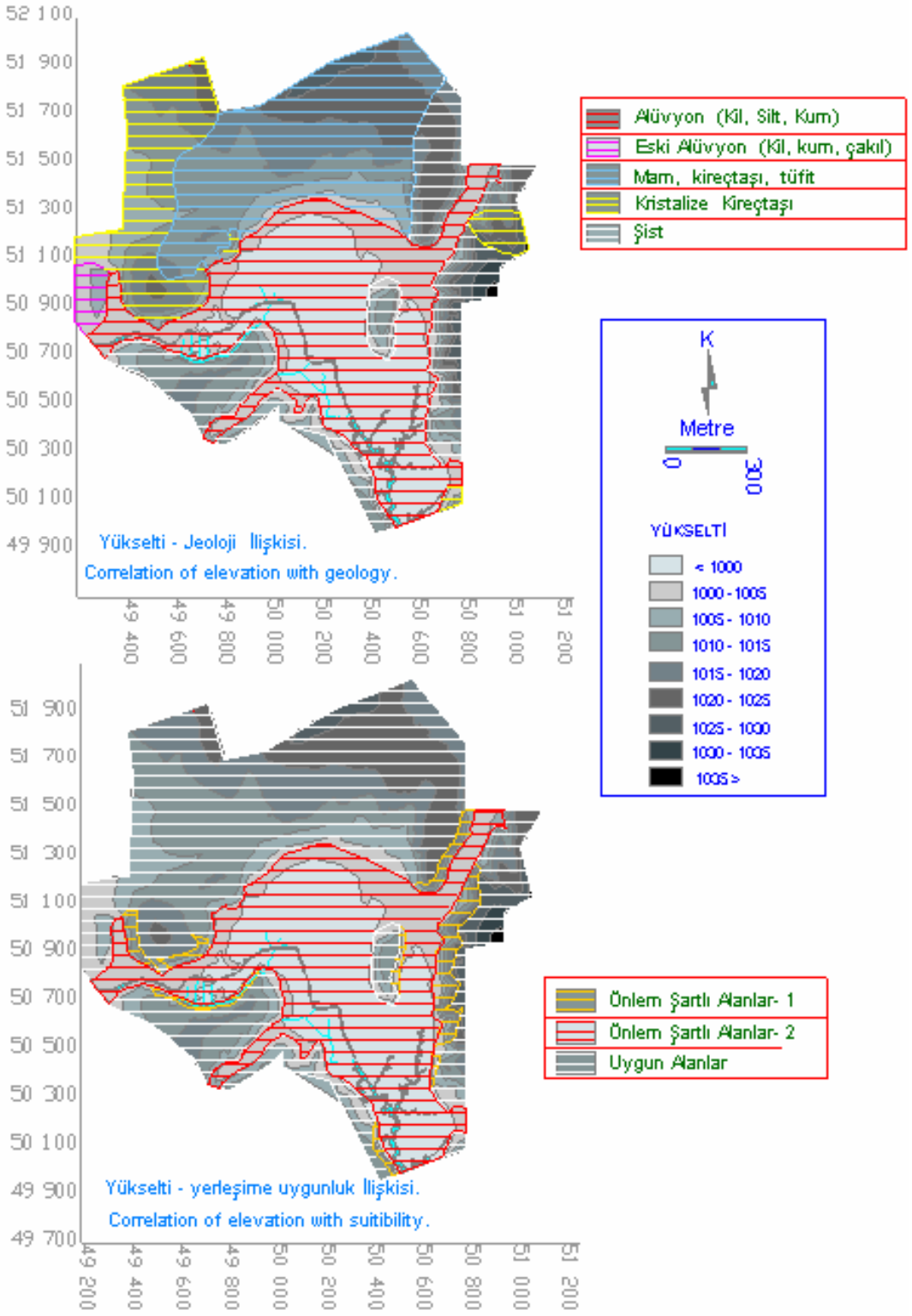
Şekil 4.11: Lokasyon Haritası (Haşimoğlu ve Ünal, 2004).



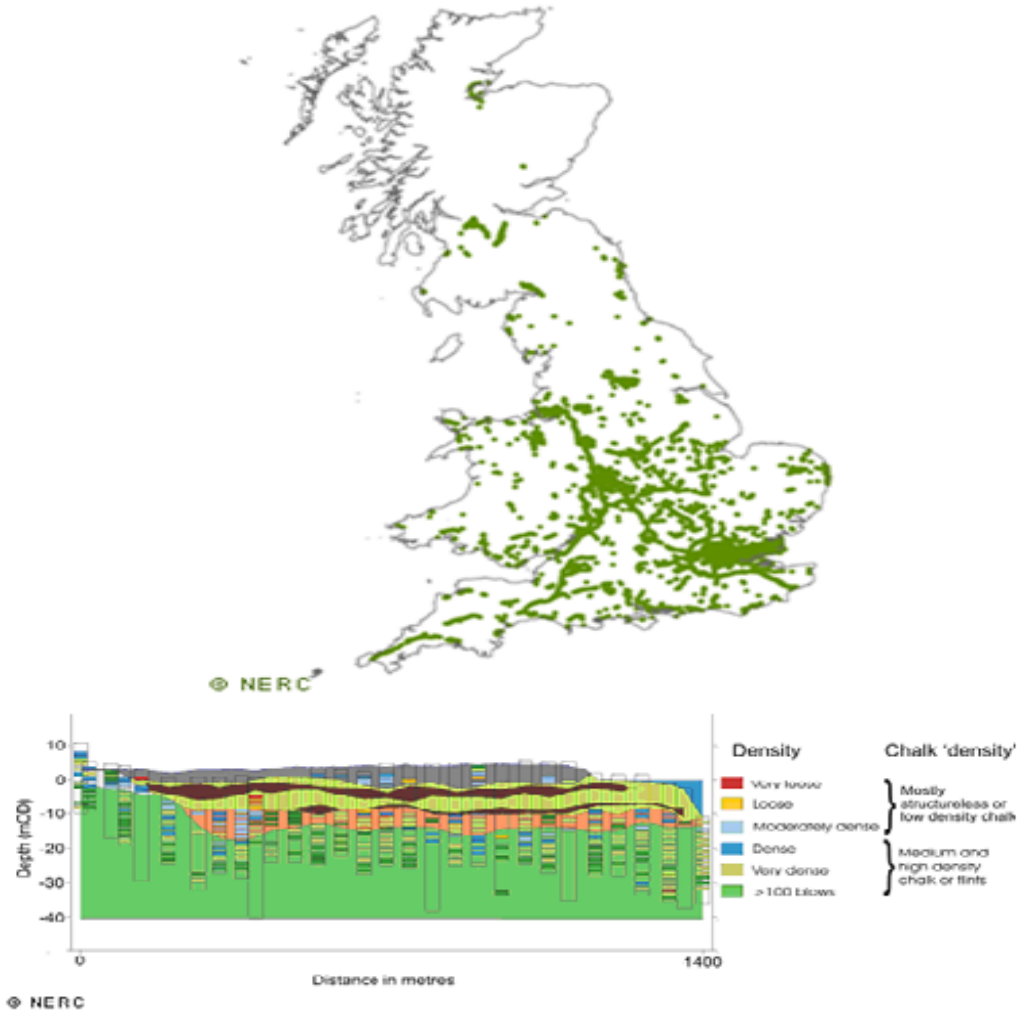
Şekil 4.12: Çalışma Alanının Jeoloji Haritası (Haşimoğlu ve Ünal, 2004).



Şekil 4.13: Çalışma Alanının Yerleşime Uygunluk Haritası (Haşimoğlu ve Ünal, 2004).



Şekil 4.14: Çalışma Alanının Yükselti Jeoloji ve Yerleşime Uygunluk İlişkisi (Haşimoğlu ve Ünal, 2004).



Şekil 4.15: Ulusal Geoteknik Veritabanı, İngiltere, National Environment Research Council (NERC, 2010).

Zemin etüt veri tabanı oluşturulmasına verilebilecek en güzel örneklerden biride İngilteredir. Şekil 4.15'de görüldüğü gibi İngilterede ulusal geoteknik veri tabanı bulunmaktadır. Bu veri tabanında yaklaşık 3400 sondaj verisi ve 280.000 laboratuvar deney sonucu vardır (NERC, 2010).

Zemin etüt sonuçları yorumlanırken ve rapor yazılırken en çok karşılaşılan sorunlardan biride zemin emniyet gerilmesi hesaplanırken güvenlik katsayısının büyük alınarak İnşaat maliyetinin gereksiz yere arttırılmasıdır.

$$Qs = Qu / Gk \quad (4.4)$$

Qs = Zemin emniyet gerilmesi,

Qu = Taşıma gücü,

Gk = Güvenlik katsayısı

Qs kg/cm²	Donatı kg	D.m.	Beton m³	B.m.	Toplam Maliyet 2003-tl		Toplam Maliyet 2005-tl	
0,5	6326	4928	136	9455	14.383		17.116	
1	5786	4507	90	6257	10.764		12.810	
1,5	5291	4121	55	3823	7.945		9.455	
2	5071	3950	38	2642	6.592		7.845	

Şekil 4.16: Zemin Etütlerinde Yapılan Hataların Temel Maliyetine Etkisi (Alkaya, 1997).

Örneğin;

Taşıma gücünün 6 Kg/cm² olduğunu varsayalım. Güvenlik katsayısını 5 aldığımızda zemin emniyet gerimesi Qs=6/5=1,2 Kg/cm² olurken, güvenlik katsayısını 3 aldığımızda zemin emniyet gerilmesinin 2 Kg/cm² olduğunu görürüz. Burada insiyatif raporu yazan mühendistedir. Eğer güvenlik katsayısını gereksiz yere yüksek alırsa Şekil 4.16'de görüldüğü gibi yaklaşık %40 arttırmış olur. Oysa güvenlik katsayıları Şekil 4.17'deki gibi alınsa bu problemi ortadan kaldırmak mümkündür.

Sınıf	Yapı Cinsi	Proje Özelliği	GÜVENLİK KATSAYISI	
			Zemin Etüdü Yeterince Yapılmış	Zemin Etüdü Yeterince Yapılmamış
A	Demiryolu köprüsü Ambarlar Yüksek fırınlar İstinat duvarları Silolar	En büyük tasarım yükü uygulanır. Duyarsızlık çok kötü sonuçlara neden olur.	3.0	4.0
B	Otoyol köprüleri Hafif sanayi yapıları ve işyeri binaları	En büyük tasarım yükü gerekirse kullanılır. Duyarsızlık ciddi sonuçlar doğurur.	2.5	2.5
C	Apartmanlar Resmi binalar	En büyük tasarım yükü uygulanmaz.	2.0	3.0

Şekil 4.17: Güvenlik Katsayısı Tablosu (Şekercioğlu, 2007).

4.4.1. Zemin Hakim Periyodu Hesaplamasında Yapılan Hatalar

Bilindiği gibi zemin projelerinde sismik kırılma yöntemi ile genellikle 15-20 metre derinliğe kadar S dalgası hızı belirlenmekte daha derinlerdeki hızlar belirlenmemektedir. Zemin hakim periyodunun hesaplanmasında bağıntı gereği temel kayanın derinliği ve bu derinlikteki S dalgası hızının bilinmesi gerekmektedir. 15-20 metre derinlikteki hızlar genelde 400-500 m/sn olup Afet İşleri Müdürlüğü'nün öngördüğü 700 m/sn'lik temel kayayı yansıtmamaktadır. Projelerde temel kayanın derinliğini farazi 50 metre ve bu derinlikteki hızın 700 m/sn olduğunu kabul ederek hesaplanan zemin hakim periyodu yarı gözlemsel yarı teorik olup 15-20 m derinliğe göre hesaplanacak olan zemin hakim periyoduna göre ciddi anlamda büyük çıkacaktır (0,21 sn- 0,45 sn gibi). Zaten zemin kalınlığının farazi olarak arttığını varsaymak doğal olarak zemin hakim periyodunu arttırmaktadır (Tomur, 2007). Zemin hakim periyodu deprem tepki analizi yöntemiyle spektrumlar üzerinden ya da mikrotremör ile hesaplanabilir.

4.4.2. Zemin Büyütmesi ve Zemin Yüzeyindeki Yer İvmesi Hesabı

Projelerde zemin tabakalarındaki sismik hızlara göre hesaplanan zemin büyütmesi mühendislik temel kayasının herhangi bir depreme (ivme kaydı) göre uyarılması sonucu elde edilen zemin büyütmesi ile örtüşmemektedir. Halbuki mühendislik kayasından giriş yapan bir deprem dalgası zemin yüzeyinden çıktığında genliğinin ne kadar büyütülüp küçültüldüğü (zemin büyütmesi) Fourier genlik spektrumuna (çıktı/girdi)

göre irdelenebilir. Ve yine zeminin bir boyutlu deprem tepki (ivme) analizi ile yatay ivmenin zemin yüzeyinde ya da yapı temelinde ne düzeye ulaşabileceği hesaplanabilir. Sadece deprem kuşakları haritasına bakılarak Afet İşleri Müdürlüğü'nün belirlediği ivme değerleri değil de, gözlem noktasında zemin yüzeyinde yapı temelini etkileyebilecek yatay yer ivme hesabı yapılmalıdır. EERA (Eşdeğer-Doğrusal Deprem Tepki Analizi) programı (Excel tabanında) ivme analizi yapan program olup internetten indirilerek kullanılabilir (Tomur, 2007).

4.4.3. Zemin Sınıflamasının Belirlenmesi

Eğer projelerde zemin sınıflaması bir bölgenin deprem tehlikesi ve riskine, heyelan, yeraltı suyu problemi ya da diğer doğal etkilere göre yapılacaksa o zaman S dalgası hızına göre 1998 Türkiye Deprem Afet Yönetmeliği zemin sınıflaması yapmaya gerek kalmamaktadır. Çoğu zaman S dalgası hızının 400-500 m/sn olduğu zemin ortamlarının Z2 zemin olması gerekirken deprem riski yüksek ve yeraltı suyu probleminin olduğu bölgelerde (Mimarsinan-Güzelce, Eyüp-Kemerburgaz) Z3 zemin tavsiye edilmektedir. Ancak bu sınıflama (Z3) deprem riski ya da doğal etkileri olmayan bölgelerde de verildiğinde inşaatlarda aşırı kolon, kriş, demir yığını ve maliyeti meydana getirmektedir. Bu sınıflama sorunu, eğer zeminin deprem tepki analizine göre ya da diğer yöntemlere göre (mikrotremor) yapılabilse, spektrumun kısa, hakim ve uzun periyotlarını içine kapsayacak şekilde (0,15-0,60 sn) 1998 Türkiye Deprem Afet Yönetmeliği zemin sınıflaması karşılaştırması ile çok kolay çözülebilir. En azından Z2-Z3 zemin sınıflaması jeofizik-sismoloji bilimi ile zemin raporuna doğru bir şekilde yansıtılabilir (Tomur, 2007).

4.4.4. Depremsellik, Deprem Tehlike ve Risk Analizi

2010 yılı itibarı ile, Türkiye'de yapılan zemin etüdlerinde, "Tarihsel Depremler" ve "Deprem Risk Analizleri" bölümleri veya paragrafları yer almaktadır. Hatta bu koşul, jeofizik raporlarının "denetim formatlarında" da yer almaktadır. Buna karşılık, raporlarda yer alan bu çalışmalar, belirli bir yerleşke için, başkaları tarafından yapılmış olan, parselle ilgisiz bir çalışmanın "kes-yapıştır" kopyasıdır. Çoğu kez rapor yazarının, bu risk analizinden hiçbir şey anlamadığı, yaptığı kısaltmalar nedeniyle belli olmaktadır. Bu durumda çalışılan parsel için, Deprem Tepki Analizi'nin sanal olarak

değil, gerçek olarak yapılması zorunluluğu adına kolay uygulanabilen ve güvenilir bir yöntem önerilmektedir.

Zemin etüdü yapılan herhangi bir parselde, o parselin tüm jeofizik özellikleri üzerine titizlikle gidilirken, yapının depremdeki davranışını tanımlayan ve asıl yaşamsal önemi olan deprem tepki spektrumu göz ardı edilmektedir. Statik olarak düşey yüklere karşı koyan yapı, dinamik olarak yatay ivmelere karşı nasıl davranacaktır? Bu sorunun yanıtı verilmedikçe ve bu yanıta göre donatı tip ve boyutlandırması yapılmadıkça, ne kadar yeterli ve kapsamlı zemin etüdü yapılırsa yapılsın, o yapının deprem güvenli olup olmadığı bilinemez. Bunu rastlantıya bırakmamak için, deprem tepki spektrumunun, her parsel için çözümlenmesi gerekmektedir. Bu çözümü EERA yazılım programıyla kısa sürede sağlamak mümkündür (Tomur, 2007).

4.5. DENETLEME MEKANİZMASINDAN KAYNAKLANAN PROBLEMLER

4.5.1. Yerleşime Uygunluk Durumuna Göre Rapor Onay Mercileri

Yerleşime uygun alanlar için (YU), TMMOB Jeofizik ve Jeoloji Mühendisleri Odası'ndan onaylatılması gerekir. Önlemli alanlar için (ÖA), muhtemel risklere karşı (şev, sıvılaşma, oturma, şişme, büzülme vb.) önlem alınıp alınmaması gerektiği raporda belirtilmelidir. TMMOB Jeofizik ve Jeoloji Mühendisleri Odası'ndan veya Üniversiteden onaylatılması gerekir. Ayrıntılı jeolojik etüt gerektiren alanlar (AJE), Ankara Afet İşleri Zarar Azaltma Daire Başkanlığı'ndan onaylatılması gerekir. Yerleşime uygun olmayan alanlar (YUO) eğer yapılan çalışmalar sonucu arazi zemin iyileştirme yöntemleri sonucu imara açılabilecek durumda ise Ankara Afet İşleri Zarar Azaltma Daire Başkanlığı'ndan onaylatılması gerekir. İmar planı revizyonu sonucu kat yükseltme işlemi yapılacaksa, rapor Bayındırlık İl Müdürlüğü'nden onaylatılması gerekir.

4.5.2. TMMOB Jeoloji ve Jeofizik Odalarının Denetleme Şekli

Jeoloji Mühendisleri Odası denetleme ekseninde sadece sondaj vardır. Yani sondaj resimleri, kaç adet yapıldığı, logların incelemesi, labaratuvar tarihi ve sondaj tarihinin örtüşüp örtüşmediği, kaç katlı bina yapılacağı, kaç m²'ye bina oturtulacak, tapu ve imar durumu fotokopisinin bulunup bulunmadığına bakılır. Jeofizik Mühendisleri Odası'nda

ise denetleme ekseninde sismik vardır. Simik kırılma izleri ve değerlendirilmesi, yüzey dalgaları analizleri yapılmışsa (MASW, MAM, REMI, Microtremor) kayıtlar ve kesitler incelenir, resimler kontrol edilir, tapu ve imar durumu kontrol edilir. Ayrıca her iki odada fatura fotokopilerini alıp kesilen tutarın uygun olup olmadığını inceler. Yani genel olarak bakıldığında şekilsel bir denetleme mekanizması vardır. Oysa denetleme sonucunda odaların onayladığı ve mühürleyip imza attıkları kısım sonuç ve öneriler kısmıdır. Bu kısımda zemin emniyet gerilmesi, düşey yatak katsayısı, zemin sınıfı, zemin grubu, zemin hakim periyodu, temel derinliği, bina önem kaysayısı, yeraltısuyu problemi olup olmadığı varsa kaç meterede olduğu, sıvılaşma, şev, deprem büyütmesi, oturma problemi olup olmayacağı belirtilmektedir. Bu nedenle denetlemenin bu yönde yapılmasının raporların yapılış amacına daha uygun olacağını düşünüyorum.

4.5.3. Bayındırlık İl Müdürlüğü ve Afet İşleri Zarar Azalma Daire Başkanlığı Denetleme Şekli

Rapor, 2008 yılında yürürlüğe giren 10337 sayılı genelge ve 3 formatında yazılacaktır. Bu formatın gerektirdiği arazi, sondaj, jeofizik çalışmalar, gerekli laboratuvar deneyleri yapılarak hazırlanır ve kat yükseltme işlemi ise İl Bayındırlık Müdürlüğü'ne, AJE veya YUO ise Ankara Afet İşleri Zarar Azaltma Daire Başkanlığı'na gönderilir. Arazi bir süre sonra ilgili müdürlük yada daire mühendisleri tarafından denetlenir. Jeolojik yapı ve topoğrafya incelenirken daha önce bölgeye altlık olan zemin etüt çalışmasında öngörülen riskler açısından arazi değerlendirilir. Rapor detaylı bir şekilde incelenerek gerekli düzeltmeler için hazırlayan firmaya geri gönderilir. Bu sürede arazide yapılan çalışmalar yeterli görülmezse ek sondaj yada ek jeofizik çalışmalar istenebilir. Rapor bu ön düzeltme ve istenenler yapıldıktan sonra başka bir grup mühendis tarafından daha incelenir. Rapordaki tüm düzeltmeler tamamlanınca 8 nüsha çoğaltılarak jeoloji ve jeofizik odasına onaylatılarak aynı zamanda CD ortamında son olarak onay için gönderilir. Bu süre 3 ay ile 12 ay arası bir zaman dilimi içerisinde devam eder.

Burada yaşanan sorunları sıralayacak olursak, Bayındırlık İl Müdürlükleri ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü bu konudaki istekleri ile ilgili bir seminer vermemiştir.Yani bu yap boz sistemi deneme yanılma şeklinde her arazi için istenenler sürekli değişerek devam edegelmektedir. Bu durum aslında kurumların isteklerinin nasıl karşılanacağına dair herhangi bir çalışma yapılmamasından kaynaklanmaktadır.

Üniversiteler, Odalar, Bayındırlık ve Afet İşleri bu konuyu netleştirememiştir. Örneğin şev analizi, sıvılaşma analizi, oturma analizi gibi konular, hesap için istenen formüller ve programlarda bile bir netlik yoktur. Bu kaos ortamı raporun onaylanma süresini uzatmakta ve süreç içerisinde o parselde hiçbir inşaat çalışmasına başlanamamasına neden olarak, ekonomiye zarar vermektedir. Ayrıca raporu hazırlayan firma ve mühendislerinin prestij kaybetmelerine neden olmaktadır. İl Bayındırlık ve Ankara Afet İşleri Koordinasyon Merkezi ise 3 ila 12 ay gibi bir sürede rapor onaylaması çok büyük bir problemdir. Bu raporların onay süreleri mutlaka kısaltılmalıdır. Sorun personel azlığı ise mutlaka bu departmanlarda çalışan nitelikli yerbilimci mühendis sayısı arttırılmalıdır.

4.5.4. Belediyeler ve Yapı Denetim Firmalarında Yer Bilimci Bulunmaması

Maalesef büyük deprem riski altında bulunan İstanbul'un yapılaşma hızı yüksek, gelişmekte olan ilçelerinde bile (Büyükçekmece, Esenyurt) hiçbir yerbilimci mühendis çalışmamaktadır. Raporlar arazi çalışması ve içerik olarak denetlenmemektedir. Oysa tüm belediyelerde jeoloji ve jeofizik Mühendisleri gerek arazide gerekse raporların denetlenmesi aşamasında bulunmalıdır.

Yapı denetim firmalarında ise zemin etütlerini denetleyecek denetçi jeoloji ve jeofizik mühendisi bulunmamaktadır. Zemin etütleri konunun uzmanı olmayan inşaat mühendisleri tarafından kontrol edilmekte ve imzalanmaktadır. Bu durum inşaatların her anını denetlemek için kurulmuş olan yapı denetim firmalarının kuruluş gayesine aykırıdır.

Yapı denetim firmalarında yer bilimciler laboratuvar denetçisi olarak geçmektedir. Ancak yapı denetim bünyesinde yerbilimci bulundurma zorunluluğu yoktur.

Bu konuyla ilgili Jeofizik Mühendisleri Odası'nın Eylül 2010'da yayımladığı Jeofizik Bülteni'nde Oda Yönetim kurulu başkanı Metin Altay'ın Yapı denetim uygulama yönetmeliği için oda görüşü çok önem arz etmektedir (Altay, 2010).

2001 tarihli 4708 sayılı yapı denetim yönetmeliği 2008 yılında güncellenmiş ve 1.1.2011 tarihinden itibaren tüm yurtta yapı denetim uygulamalarının başlayacağı bildirimiştir.

Bu konuda Altay'ın bildirdiği oda görüşü aşağıdaki gibidir;

2007 tarihinde resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik hükümleri gereği binalarda tahribatsız jeofizik incelemeler yapılması ve yapı statik projesine göre hazırlanacak olan jeoteknik rapor (jeofizik, sondaj, arazi ve laboratuvar deneyleri) içindeki çalışmaların arazide denetlenmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi, üst yapıda tahribatsız incelemeler, yapının depremsellik analizi parametreleri ve yapıya ait jeoteknik rapor hazırlanması Bayındırlık ve İskan Bakanlığı gereği jeofizik mühendisleri tarafından yapılmaktadır. Yapı üretim sürecinden bitimine kadar söz konusu çalışmalar jeofizik mühendisleri tarafından yapılmakta ve önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda jeofizik mühendisleri olmazsa olmaz bir şekilde yapı denetim kuruluşları ortağı olarak, zemin laboratuvarı deneyleri, jeoteknik etüt ve yapıda tahribatsız jeofizik testlerle ilgili proje müellifi ve denetçisi olarak görevlendirilmek zorundadır.

4.6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Birinci örneğimiz; Esenyurt 103 ada 4 parselde bulunan yaklaşık 2200 m^2 oturuma sahip bir fabrikanın, 50m üst kısımdan 15m kot farkıyla 8–9 m. hafriyat boşaltılması sonucu zemin yükü taşıyamayarak hareket etmiş ve alt kısımda bulunan fabrika 70cm yatay yönde yer değiştirmiştir. Bu deplasman yapının taşıyıcılarına ve istinat perdesine zarar vermiş ve kayma 1 cm/gün olarak devam etmiştir.



Şekil 4.18: Dolgu boşaltılan alanın üst kısmı



Şekil 4.19: Kayan fabrika binası



Şekil 4.20: Fabrika binası alt görünüm

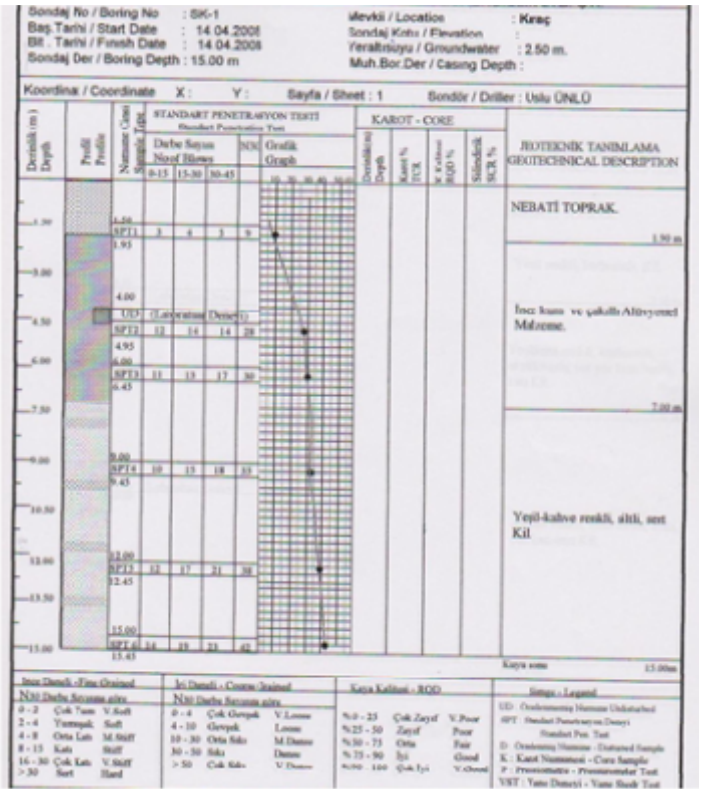


Şekil 4.21: Fabrika binasının hasarları



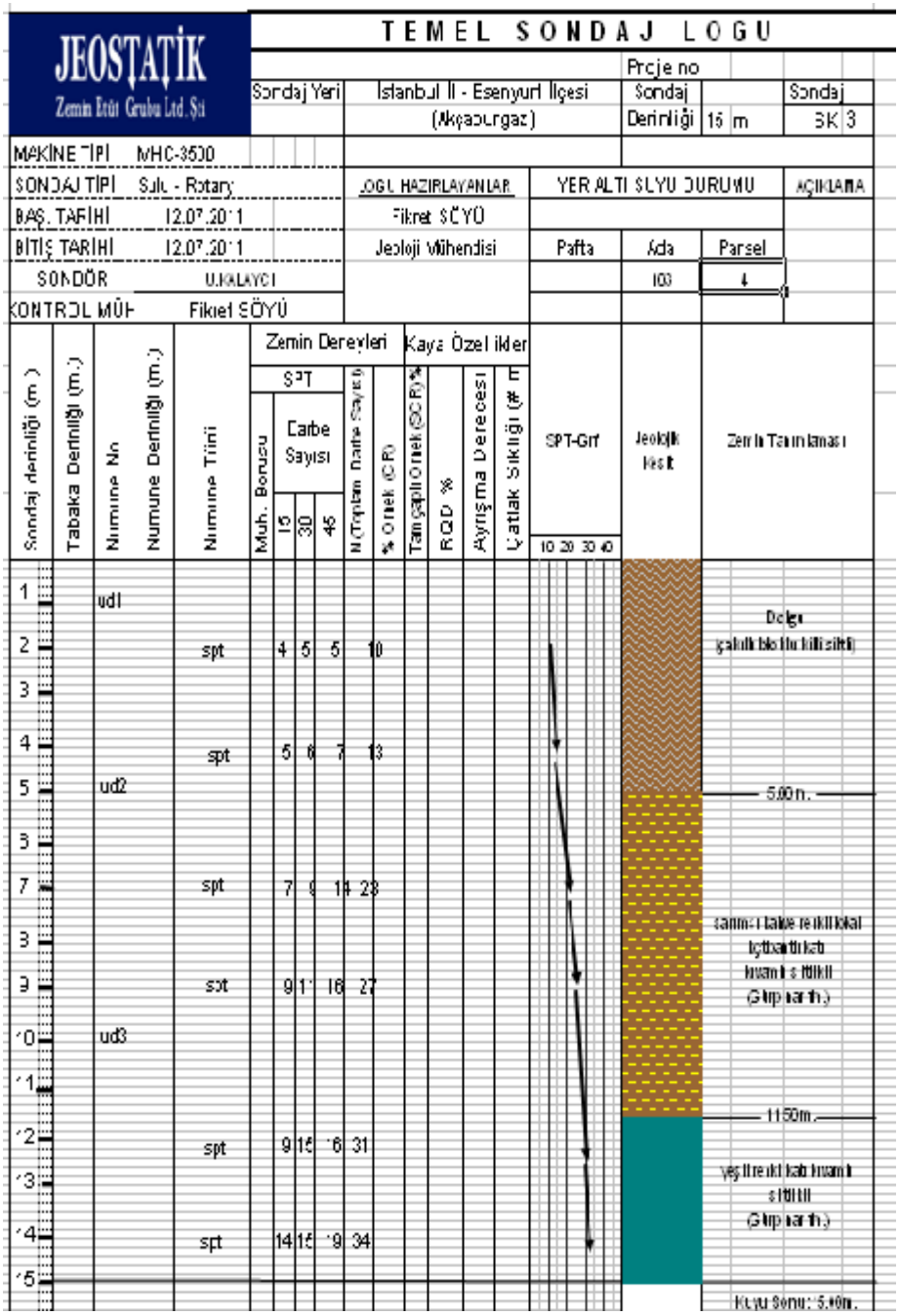
Şekil 4.22: Fabrika binasının hasarları

Bu arazide ilk yapılan zemin etüt çalışmasında yapılan hata, veri toplama aşamasından kaynaklanan problemdir. Fabrika yapılırken hazırlanan zemin etüt raporunda sondaj logların da dolgu belirtilmemiş 1,5 m nebati toprak olarak yazılmıştır. İlk yapılan zemin etüdündeki sondaj logu Şekil 4.23' te verilmiştir.



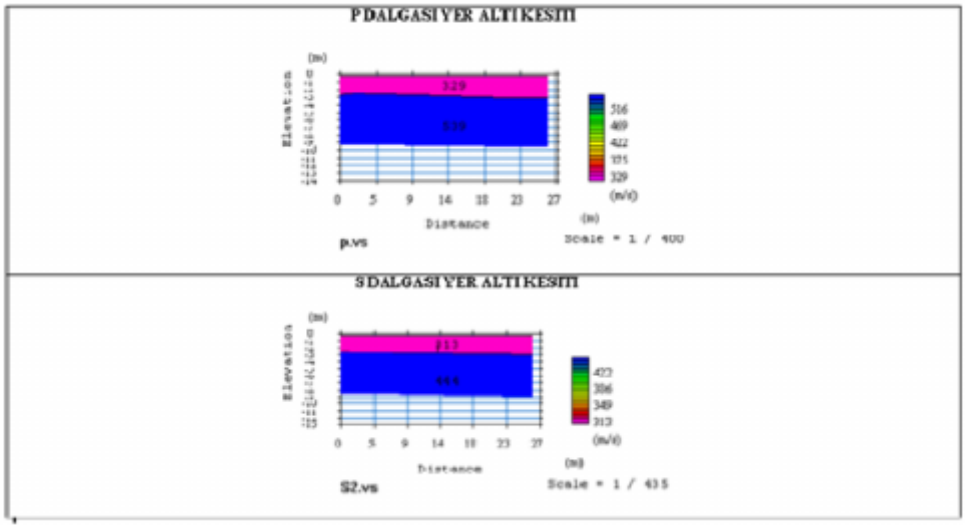
Şekil 4.23: Fabrika yapılırken hazırlanan zemin etüt raporundaki sondaj logu

Tarafımızdan yapılan sondaj loguda Şekil 4.24' de verilmiştir. Burada 5 m derinliğe kadar dolgu olduğu görülmektedir. Burada sondaj yapılırken deneyimli bir mühendisin olmaması işin sondore bırakılmasından dolayı böyle bir sorun oluşmuştur.

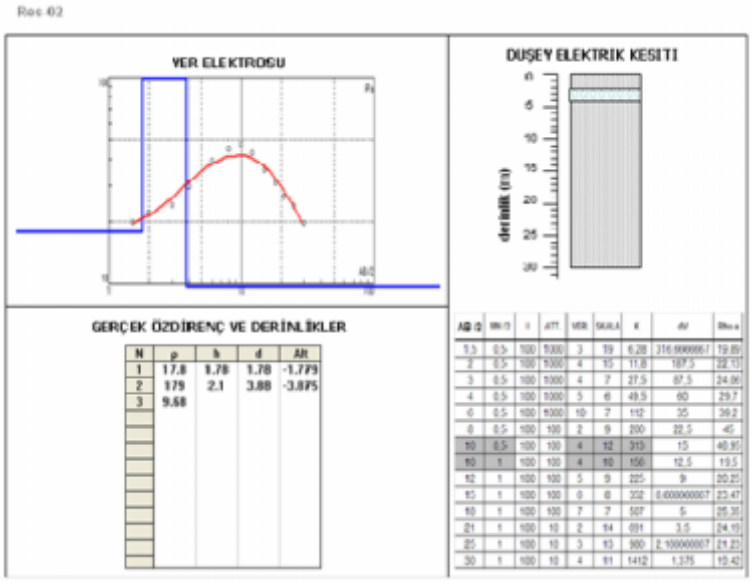


Şekil 4.24: Tarafımızdan yapılan sondaj logu

Arazide hiç jeofizik çalışma yapılmadığı için dolgu kalınlığının karşılaştırılabileceği bir veri olmaması nedeniyle yapılan bu hata gözden kaçmıştır. Oysa daha sonra tarafımızdan yapılan sismik (Şekil 4.25) ve rezistivite (Şekil 4.26) çalışmasında arazide ki dolgu kalınlığı net olarak şekilde gösterilmiştir. Dolgu kalınlıklarının raporda yanlış belirtilmesi statik projeyi yapan İnşaat Mühendisi tarafından bir problem olarak algılanmamış bu nedenle de bodrum yapma gereği duyulmadan ve zemin iyileştirilmesi önerilmeden fabrika binası dolgunun üzerine oturtulmuştur.



Şekil 4.25: Tarafımızdan yapılan sismik çalışmanın sonucu



Şekil 4.26: Tarafımızdan yapılan rezistivite çalışmasının sonucu



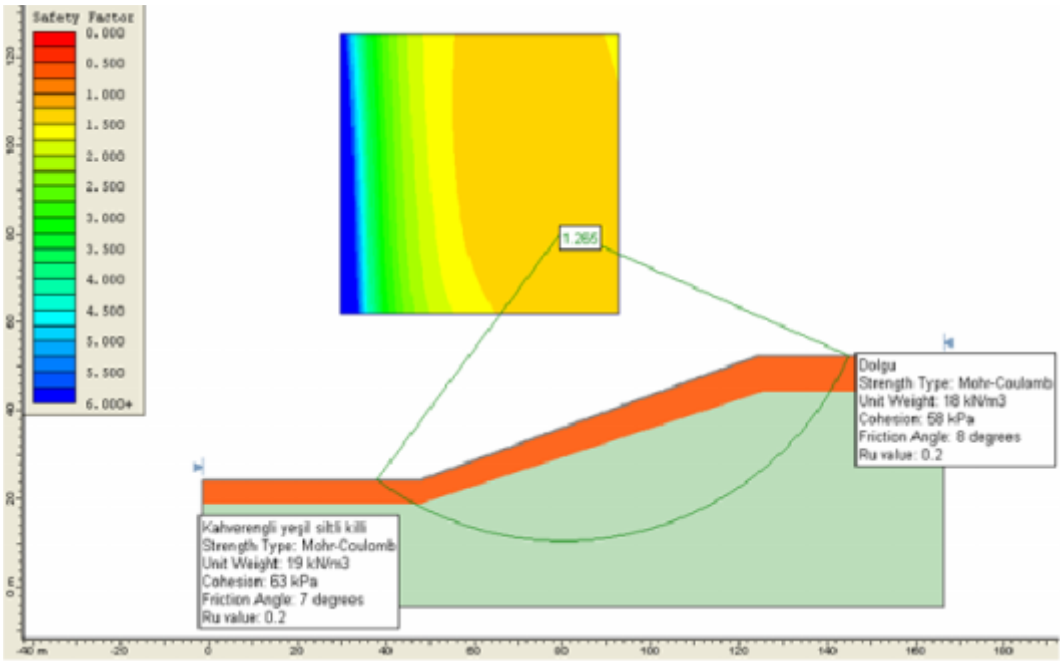
Şekil 4.27: Fabrika binası

Bu uygulamada kayma düzleminin tam olarak belirlenebilmesi için fabrikanın ön kısmında bulunan istinat perdesinin arka kısmında iki noktadan 30 m sondaj yapılarak inklinometre deneyi yapılmalıdır. Böylece kayma düzlemi derinlik olarak belirlendikten sonra iksa projesinin bu derinlikler göze alınarak hesaplanması ve bu sonuçlara göre fore kazık yapılarak kaymanın durdurulması önerilmiştir.

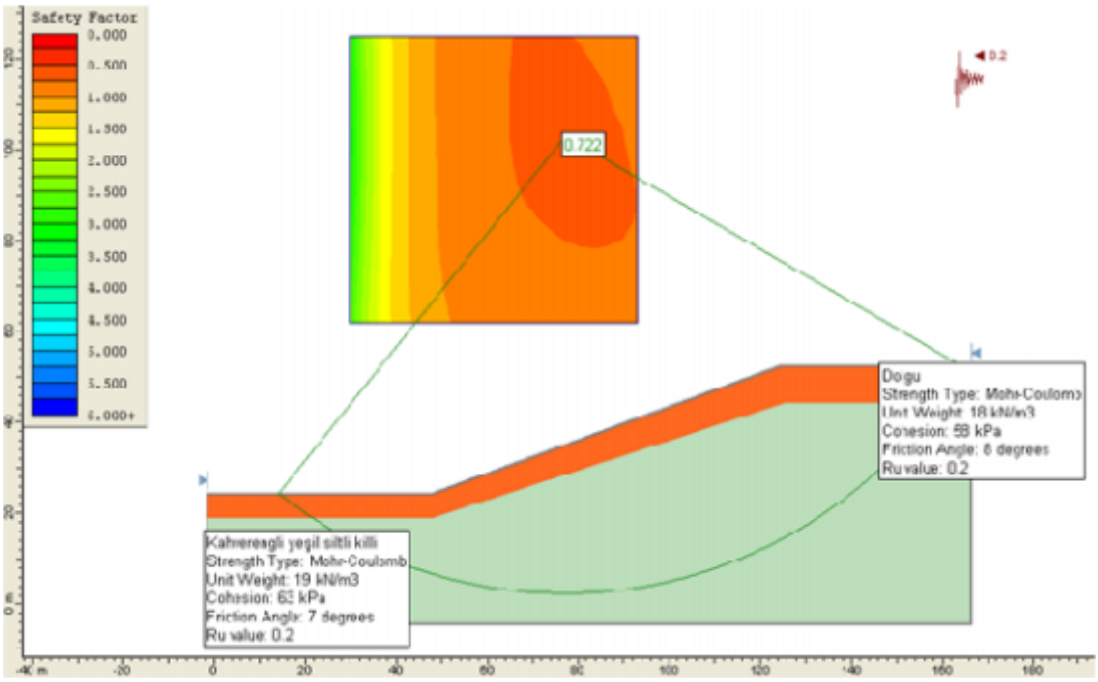
Ayrıca bu arazi için hazırlanan raporda zemin sorunlarının tespitinden ve denetlemeden kaynaklanan problemlerde görülmektedir.

İlk yapılan zemin etüdünde oda tarafından şev analizi aranmamıştır. Oysa şev analizi istenmiş olsa güvenlik katsayısının limitte olduğu ve deprem olduğunda şevin duraysız olacağı ortaya çıkacaktır.

Arazide tarafımızdan yapılan şev analizi sonuçları Şekil 4.28 ve Şekil 4.29 de verilmiştir.



Şekil 4.28: Şev analizi

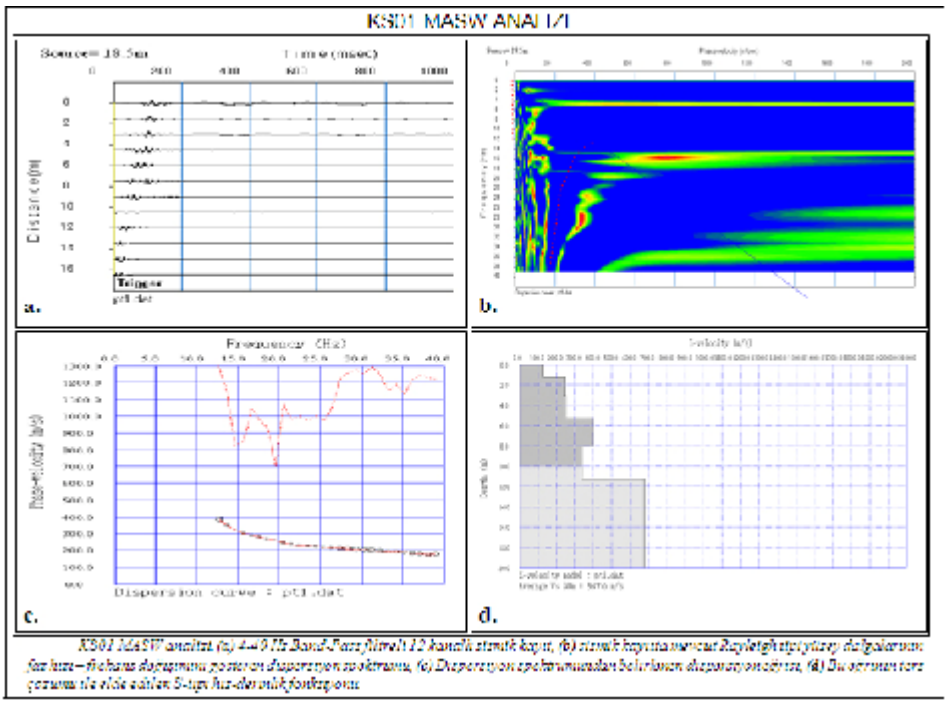


Şekil 4.29: Şev analizi

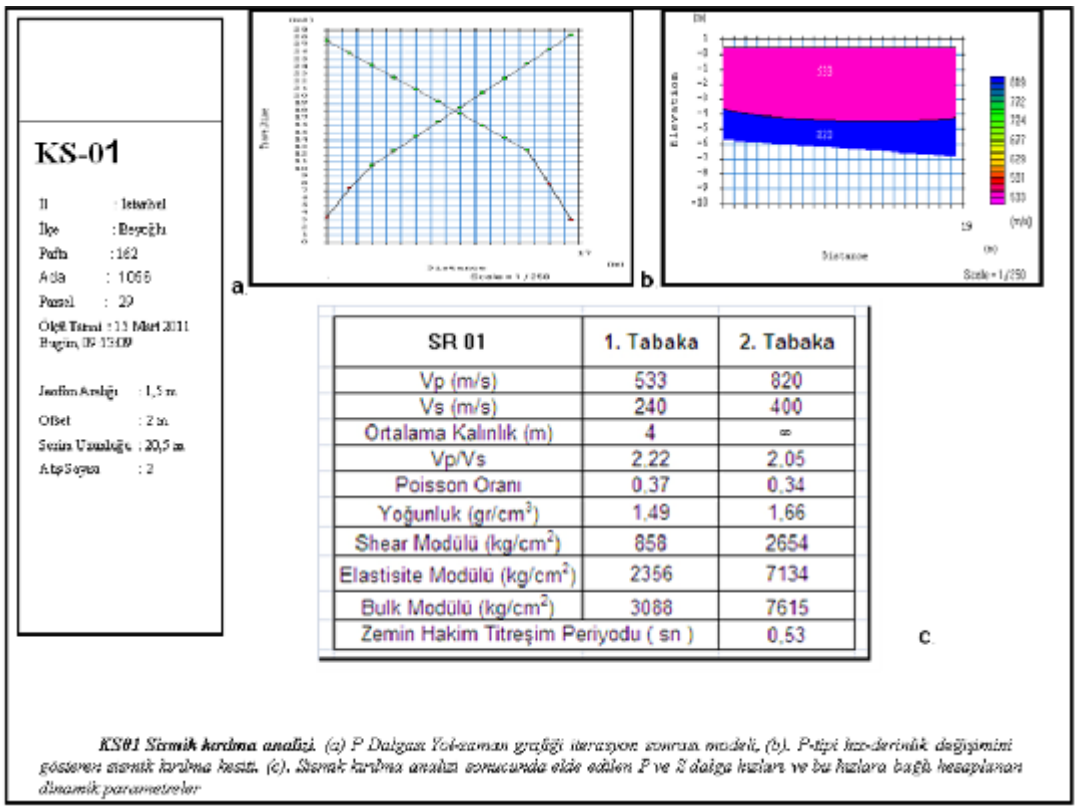
Arazide yapılan deprem yüksüz şev analizinde güvenlik katsayısı 1.2 sınırında bulunmuştur. Bu sonuç Şekil 4.28 de görülmektedir. Deprem yüklü şev analizinde (Şekil 4.29) görüldüğü gibi güvenlik katsayısı 0.7 bulunduğundan dolayı şevin duraysız olacağı net olarak görülmüştür. Bu tür arazilerde şev analizi oda tarafından muhakkak aranmalıdır. Şev stabilite problemi varsa zemin iyileştirilmesi önerilmelidir.

Bu uygulamada yapılan hatalar sonucunda bilirkişi incelemeleri sonucu fabrikanın yıkılıp yeniden yapılmasına karar verilmiştir. Takribi maddi kayıp 2.000.000 $ olarak belirtilmiştir.

İkinci örneğimiz; BEYOĞLU-KASIMPAŞA bölgesinde yapılan MASW ve sismik kırılma çalışmalarından zemin hakim periyodu Şekil 4.30 ve Şekil 4.31 da görüldüğü gibi 0,53 sn. hesaplanırken, Mikrotremor için Şekil 4.33 de görüldüğü gibi 0,34 sn olarak hesaplanmıştır. Bu fark zemin sınıfını belirlerken MASW için Z3, Microtremor için Z2 alınmasını gerektirmiş ayrıca bina inşaat maliyetinde farklılığa neden olmuştur.



Şekil 4.30: MASW analizi



KS01 Sismik kırılma analizi. *(a) P Dalgası Yol-zaman grafiği iterasyon sonrası modeli, (b). P-tipi hız-derinlik değişimini gösteren sismik kırılma kesiti. (c). Sismik kırılma analizi sonucunda elde edilen P ve S dalga hızları ve bu hızlara bağlı hesaplanan dinamik parametreler*

Şekil 4.31: Sismik kırılma analizi

İnceleme alanında 1 noktada yapılan "tek nokta Mikrotremör (titreşimcik) etütleri" ile zemini oluşturan tabakaların doğal salınımları kaydedilerek tabakalara ait baskın salınım periyodu ile spektral büyütme oranı belirlenmiştir.

Mikrotremör etüdünde, her bir noktada Güralp System CMG6TD model hızölçer yardımı ile 30 dk.'lık hız kayıtları alınmıştır. Alınan kayıtlar Scream 4.4 programı yardımı ile bilgisayar ortamında kayıt edilmiş ve Sesarray Geopsy Programı ile veri işlemden geçirilmiştir.

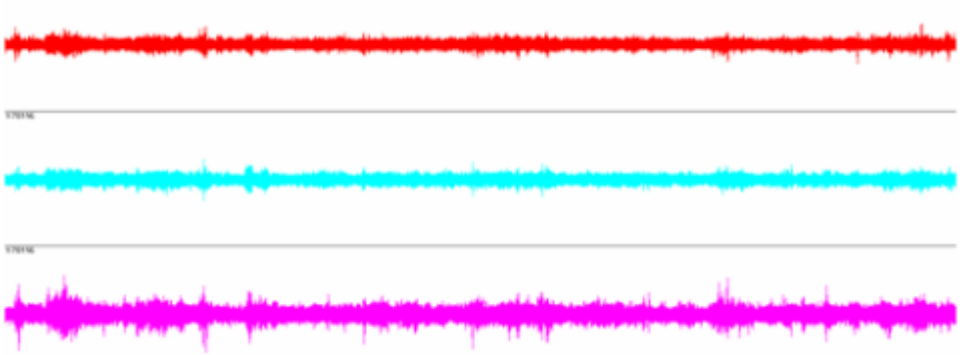
İnceleme alanından elde edilen ham veriler 0,1–10 Hz arasında Butterworth filtresi kullanılarak 10 sn'lik pencerelere bölünmüş ve %50 katlama oranı kullanılarak 40 sn 'lik Konno – Ohmachi penceresi ile düzgünleştirilip %10 kosinüs penceresi ile yuvarlatılmıştır. Verilerin örnekleme aralığı 100 Hz 'dir.

Tablo 4.5: Mikrotremör etüdü değerlendirme sonuçları

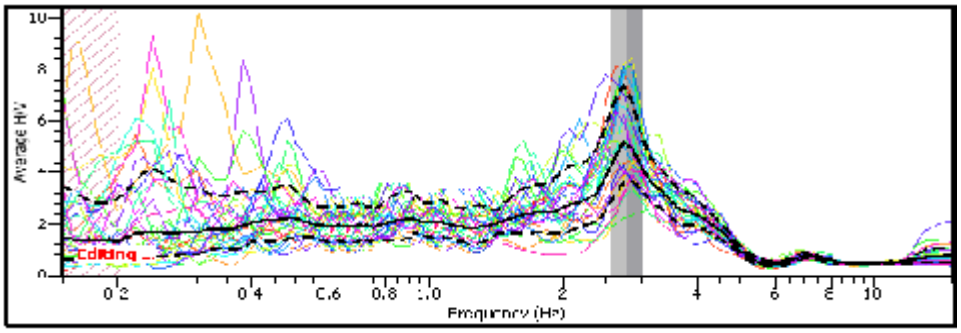
Ölçü Noktası	Periyot (Hz)	Periyot (sn)	Spektral Büyütme (%)
MT-1	**2,97**	***0,34***	***4,99***

Tek nokta mikrotremör ölçülerinin değerlendirilmesi sonucu Şekil 4.32 de arazi kaydı verilmiş ve Şekil 4.33 den de görüldüğü gibi zemine ait baskın periyot değeri 0,34 saniye olarak, spektral büyütme oranı ise 4,99 olarak belirlenmiştir.

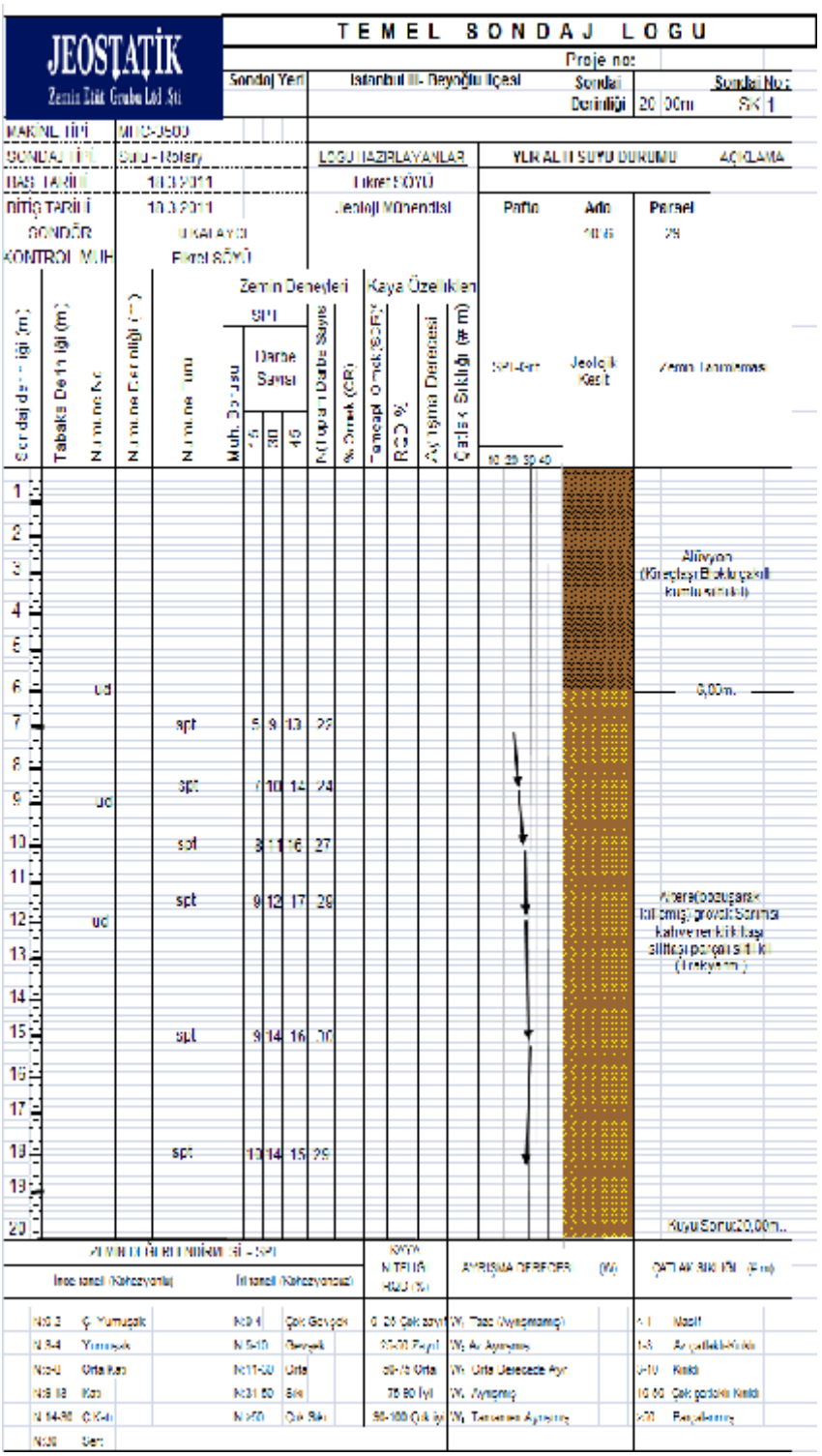
Alanda alınan ölçüler sonucunda elde edilen T_0 değerlerine ve "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik" hükümlerine göre, alanda dolgu altında kalan jeolojik birimler için Yerel Zemin Sınıfı Z2 olarak belirlenmiştir.



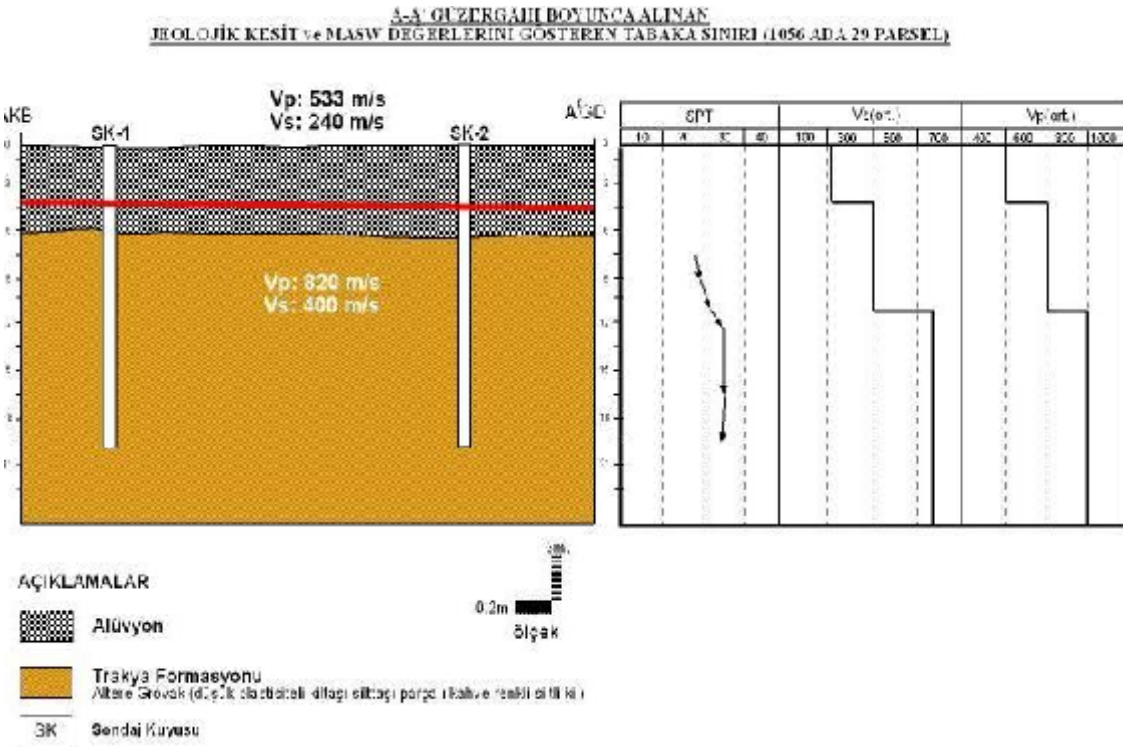
Şekil 4.32: MT-1 arazi kaydı



Şekil 4.33: MT-1 değerlendirme sonucu



Şekil 4.34: Sondaj loğu



Şekil 4.35: A-A' güzergahı boyunca alınan jeolojik kesit ve MASW değerlerini gösteren tabaka sınırı

Bu arazi çalışmasında yorumlama ve rapor yazmadan kaynaklanan bir problem görülmektedir. Bu arazide yapılan MASW ve Microtremor çalışmalarından elde edilen T_0 değerleri daha sonra yapılan sondaj (Şekil 4.34) çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Şekil 4.35 de jeolojik kesik ve MASW karşılaştırılması verilmiştir. Yapılan jeofizik çalışmalar ve arazi sondaj verileri karşılaştırıldığında mikrotremor çalışması sonucu elde edilen T_0 değerinin daha doğru olduğu görülmüştür. Böylece zemin hakim periyodu hesaplanırken Mikrotremor yönteminin kullanılmasının daha doğru olacağı ortaya çıkmıştır.

Üçüncü örneğimiz; 8207 m² arazide yapılan sondajlarda SPT oranı çok düşük olan ara birimlerle karşılaşılmıştır. Bu arazi çalışmasındaki SPT oranları düşük olduğundan oturma ihtimali araştırılmıştır. Oysa denetlemeden sorumlu olan TMMOB Jeofizik Mühendisleri odası oturma analizi şartı aramamaktadır. Bu nedenle karşılaşılan durum, zemin sorunlarının tespitinden kaynaklanan ve denetleme mekanizmasından kaynaklanan problemlere bir örnek olarak verilmiştir.

Konsolidasyon Deney Sonucuna Göre Oturma Hesabı (binada 3 bodrum olacağından dolayı 10.00 metre için)

$$\Delta P = q * k - \gamma n * Hn \quad (4.5)$$

Δ P=Yapıdan temele iletilen gerilme (kg/cm2)
q=Bina yükü= 100 kN/m
k=Kat adedi= 5
γn=yoğunluk
Hn=10 m kabul edilirse

20*5= 100 kN/ m2 = 10,0 t/ m^2
Δ P=10,0 t/m^2 – (0,0018*10)=1,0 kg/ cm^2- 0,018 kg/cm^2 = 0,982 kg/cm^2

$$\Delta H = Mv * \Delta P * H \quad (4.6)$$

ΔH= Toplam oturma
Mv = Hacimsel sıkışma katsayısı
ΔP = Yapıdan temele iletilen gerilme (kg/cm2)
H = Sıkışabilir tabaka kalınlığı

Df ≥ 10.00m olacağı için
H= 1000 cm olacaktır.

Konsolidasyon deney sonuçlarına göre;
Mv = 0,0177 olarak bulunduğundan;
ΔH = 0,0177 x 0,98 x 1000 = 17,35 cm olur.

Konsolidasyon Deney Sonucuna Göre Oturma Hesabı (binada 3 bodrum olacağından dolayı 9.00 metre için)

$$\Delta P = q * k - \gamma n * Hn \quad (4.7)$$

Δ P=Yapıdan temele iletilen gerilme (kg/cm2)

q=Bina yükü= 100 kN/m2

k=Kat adedi= 5

γn=yoğunluk

Hn=9 m kabul edilirse

20*5= 100 kN/ m^2 = 10,0 t/ m^2

Δ P=10,0 t/m^2 – (0,0017*9)=1,0 kg/ cm^2- 0,0153 kg/cm^2 = 0,9847 kg/cm^2

$$\Delta H = Mv * \Delta P * H \quad (4.8)$$

ΔH= Toplam oturma

Mv = Hacimsel sıkışma katsayısı

ΔP = Yapıdan temele iletilen gerilme (kg/cm^2)

H = Sıkışabilir tabaka kalınlığı

Df ≥ 9.00m

H= 900 cm olacaktır.

Konsolidasyon deney sonuçlarına göre;

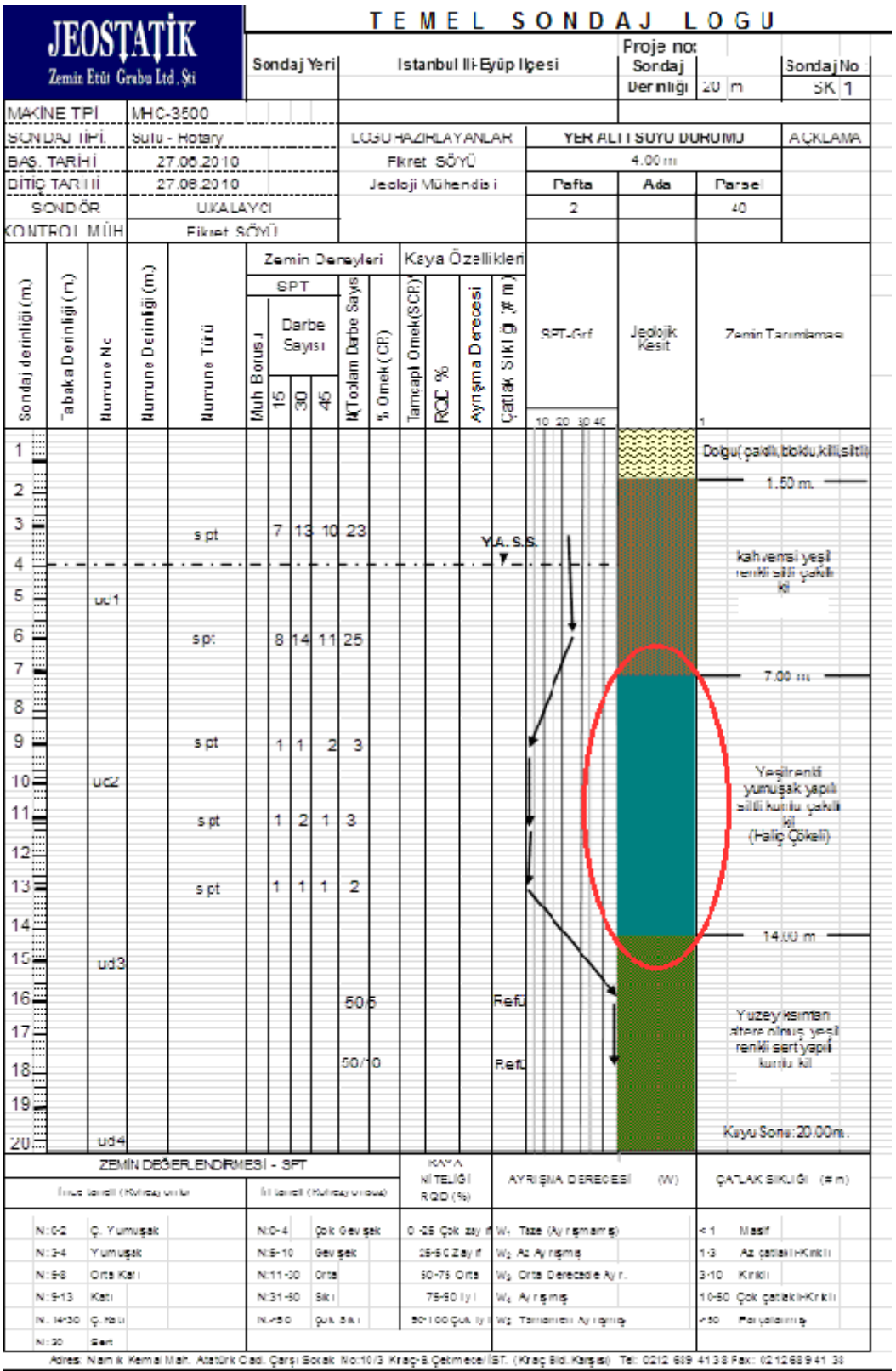
Mv = 0,0167 olarak bulunduğundan

ΔH = 0,0167 x 0,98 x 900 = 14,72 cm olur.

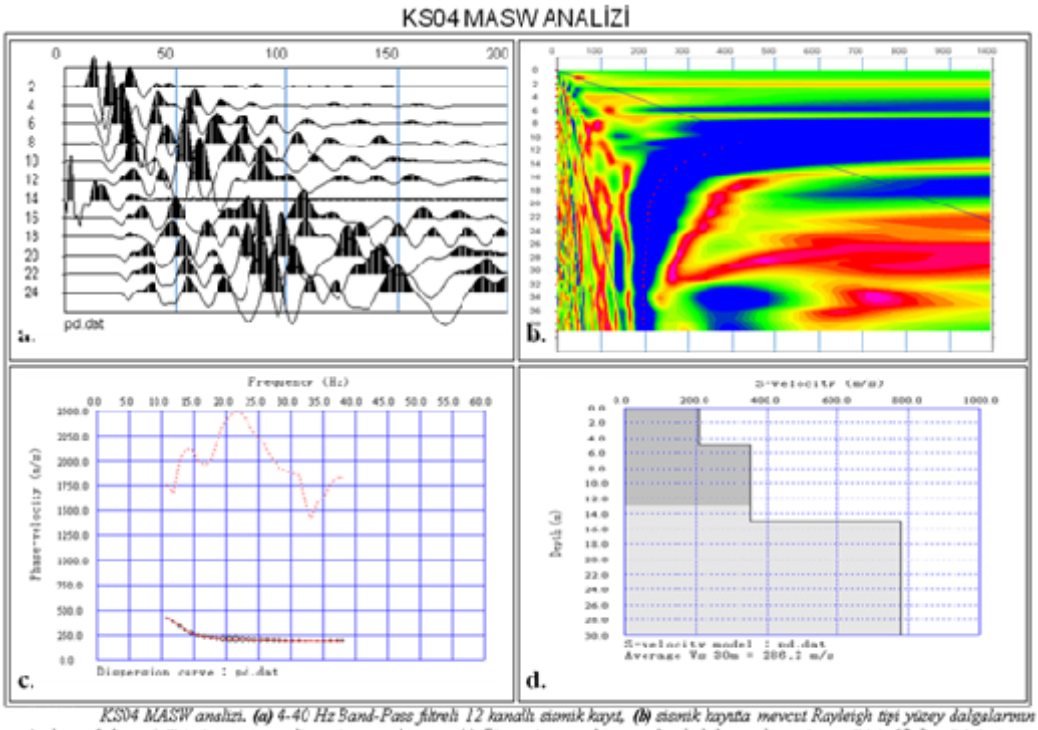
Tablo 4.6 da görüldüğü gibi radye temel tipi için killerdeki kabul edilebilir oturma oranı 4.5 cm' den fazla olmamalıdır. Oysa konsolidasyon deney sonuçlarına göre mevcut arazideki oturma oranı 14.72 cm ile 17.35 cm arasında hesaplanmış olup zemin iyileştirilmesi önerilmesi gerekmektedir.

Tablo 4.6: Yapı temellerinde izin verilen maksimum oturma miktarı (Şekercioğlu, 2007).

Temel Tipi	ρ (toplam oturma)	δ (farklı oturmalar)
Münterif sömeller		
Killer	7.5 cm	4.5 cm
Kumlar	5.0 cm	3.2 cm
Radye jeneral temeller		
Killer	12.5 cm	4.5 cm
Kumlar	7.5 cm	3.2 cm

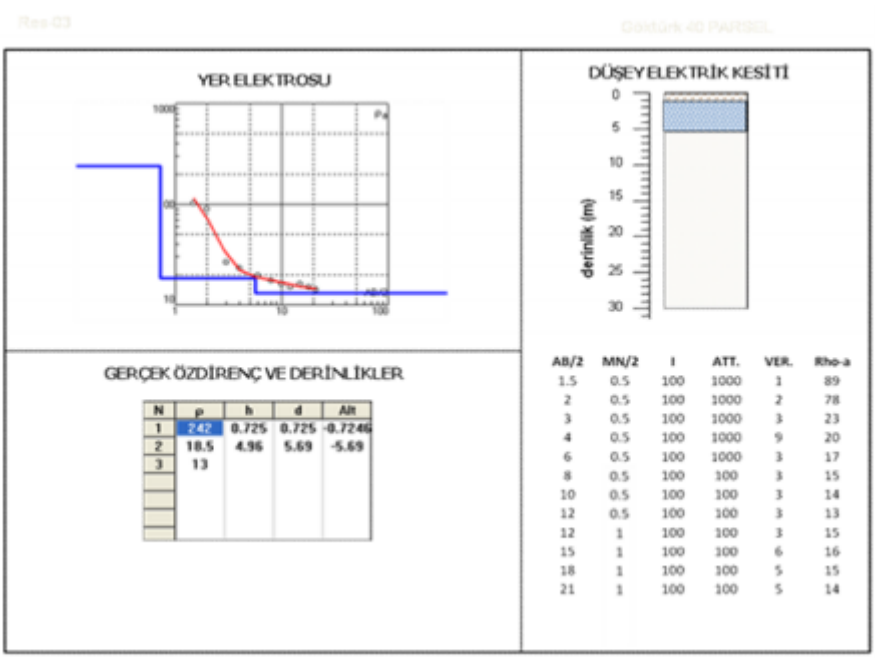


Şekil 4.36: Sondaj logu



*KS04 MASW analizi. **(a)** 4-40 Hz Band-Pass filtreli 12 kanallı sismik kayıt, **(b)** sismik kayıtta mevcut Rayleigh tipi yüzey dalgalarının faz hızı – frekans değişimini gösteren dispersiyon spektrumu, **(c)** Dispersiyon spektrumundan belirlenen dispersiyon eğrisi, **(d)** Bu eğrinin ters çözümü ile elde edilen S-tipi hız-derinlik fonksiyonu.*

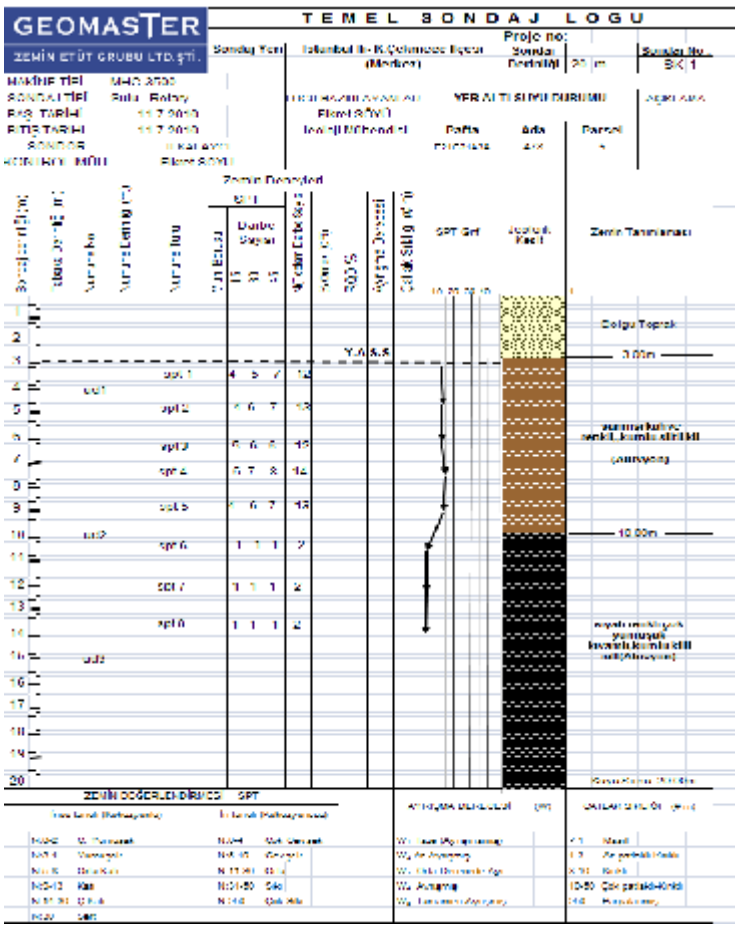
Şekil 4.37: MASW çalışması



Şekil 4.38: DES

Şekil 4.36 daki sondaj logunda oturmaya neden olacak olan formasyon haliç çökeli olarak görülmektedir. Şekil 4.37 ve Şekil 4.38 de yapılan jeofizik çalışmalarda sondaj logunu doğrular niteliktedir. Oturma problemi olan bölgelerde yeraltısuyu seviyesi probleminden dolayı donatısız taşkolon yapılarak zemin iyileştirmesi önerilmiştir.

Dördüncü örneğimiz; Küçükçekmece de benzin istasyonu yapılması planlanan alanın tam yanından dere geçmektedir ve 1000 m^2 oturması planlanan istasyonda yeraltı suyu problemi olduğundan ve zemin 20 m alüvyon tabakasından oluşmasından dolayı oturma ve sıvılaşma riski araştırılmıştır. Raporlar odadan onaylanırken bu analizlerin istenmesi zorunlu olmadığından dolayı bu uygulama, zemin sorunlarının tespitinden kaynaklanan ve denetleme mekanizmasından kaynaklanan problemlere örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.39: Sondaj logu

4.2.2.4 de de verildiği gibi Vs≤200 m/sn altında bulunan, yer altı suyu problemi olan kumlu zeminlerde mutlaka sıvılaşma analizi yapılarak bölgenin sıvılaşma riski raporda belirtilmelidir ve gerekiyorsa önlem önerilmelidir.

Şekil 4.39 deki sondaj logunda yeralltısuyu problemi ve kumlu zemin olduğu görülmektedir. Şekil 4.40 deki MAM sonuçlarına göre 15 m derinliğe kadar Vs≤200 m/sn olduğu görülüyor.

Mikrotremor jeofon aralığı: 5 m
Ölçü Tipi: MAM LINEER 20.03.2010

Sismik Hızlar

	V_s Hızı
1. Tabaka	109 m/sn
2. Tabaka	180 m/sn
3. Tabaka	197 m/sn
4. Tabaka	250 m/sn
5. Tabaka	268 m/sn
6. Tabaka	372 m/sn

Tabaka Derinlikleri

	H
1. Tabaka	3.00 m
2. Tabaka	9.50 m
3. Tabaka	15.10 m
4. Tabaka	22.25 m
5. Tabaka	33.58 m
6. Tabaka	

Hesaplanan Parametreler

	Yoğunluk (ρ)	Yoğunluk Hesaplama Referans
1. Tabaka	1.59 gr/cm^3	JFMO Kurs Notları 1999 göre
2. Tabaka	1.70 gr/cm^3	JFMO Kurs Notları 1999 göre
3. Tabaka	1.73 gr/cm^3	JFMO Kurs Notları 1999 göre
4. Tabaka	1.81 gr/cm^3	JFMO Kurs Notları 1999 göre
5. Tabaka	1.84 gr/cm^3	JFMO Kurs Notları 1999 göre
6. Tabaka	2.01 gr/cm^3	JFMO Kurs Notları 1999 göre

	Shear Modülü (G)
1. Tabaka	193 kg/cm^2
2. Tabaka	564 kg/cm^2
3. Tabaka	685 kg/cm^2
4. Tabaka	1159 kg/cm^2
5. Tabaka	1348 kg/cm^2
6. Tabaka	2834 kg/cm^2

Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_0): 0.83 sn yüzey seviyesinde
V_{s30} **:** 201 m/sn yüzey seviyesine göre

Yüzey Seviyesi için;
Zemin Büyütmesi (A): 2.82 oran (Midorikava 1987)
Zemin Büyütmesi (A): 3.48 oran (Borcherdt ve diğ. 1991)

Şekil 4.40: MAM sonuçları

Yapılan oturma analizi;

Yaklaşık 4 metre seviyeleri için, tüm sondajlardaki ortalama SPT değerleri dikkate alınarak ve bina statik ve dinamik yüklerine göre Terzaghi-Peck (1967) tarafından belirlenen oturma hesabı;

$$\Delta H=31,2\ (P/Nort) \tag{4.9}$$

bağıntısı kullanılır.

G= Sabit yük = 3643,70 t

Q= Hareketli yük = 910 t

Temelden gelen yük = 1350 t

Toplam Yük = 5903,7 t /m^2

P= Net taban basıncı kg/cm^2

P= Yapı yükü/temel alanı = 5903,7 /1000 = 5,90 t/ m^2 =0,59 kg/ cm^2

N = Darbe sayısı (Nort; 2),

ΔH = 31,2 (0,59/ 2) = 9,20 cm. olarak bulunur.

Tablo 4.7: Yapı temellerinde izin verilen maksimum oturma miktarı (Şekercioğlu, 2007).

Temel Tipi	ρ (toplam oturma)	δ (farklı oturmalar)
Münterif sömeller		
Killer	7.5 cm	4.5 cm
Kumlar	5.0 cm	3.2 cm
Radye jeneral temeller		
Killer	12.5 cm	4.5 cm
Kumlar	7.5 cm	3.2 cm

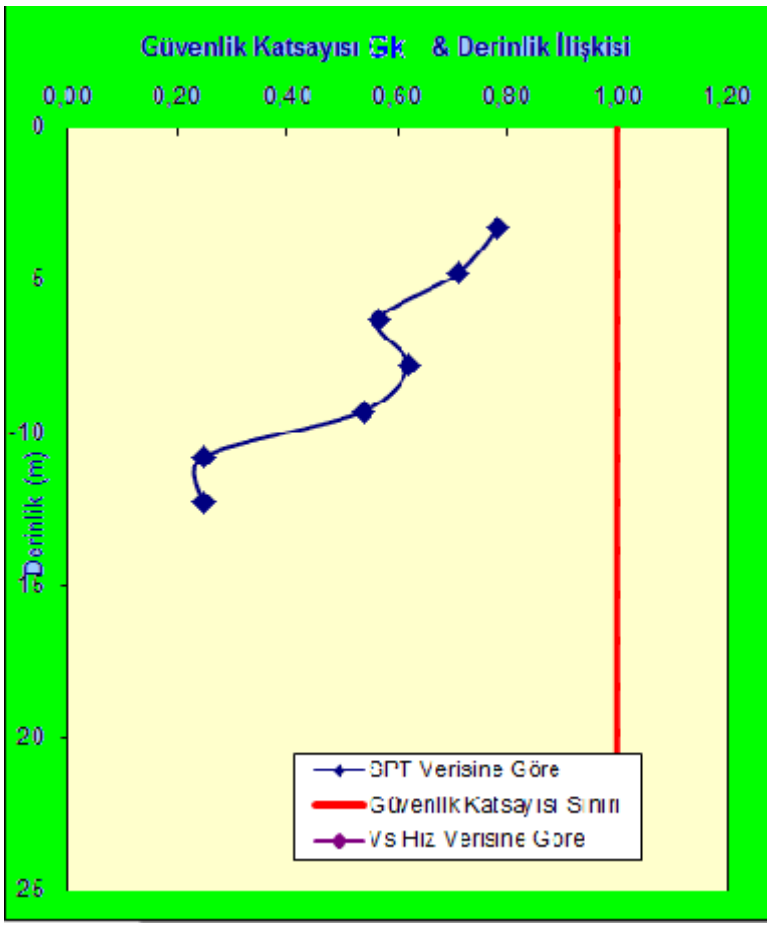
Tablo 4.7 de radye temel sistemde kumlu zeminler dikkate alındığında elde edilen 9.20 oturmanın müsade edilen oturmadan fazla olduğundan oturma probelemi ile karşılacağı görülmektedir.

Arazide yapılan sondaj çalışmaları ve laboratuvar verileri değerlendirildiğinde sıvılaşma analizi yapılmıştır. SPT değerlerine göre sıvılaşma analizi yapılmıştır. SPT değerlerine göre yapılan sıvılaşma analizi 3.2.11.1 Sıvılaşma Analizi Örneği kısmında matematiksel olarak anlatırmıştır. Şekil 4.41 de sıvılaşma analizi sonucuna göre Gk<1 olduğu görülmektedir.

AD	γ (gr/cm3)	FN=İnce Oranı	σv (kPa)	σv' (kPa)	SITK (m)	rd	CSR (D)
1,8	1,7	34	30,0	30,0	0,00	0,9881470	0,257
3,3	1,7	34	55,0	52,1	0,30	0,9773893	0,268
4,8	1,8	34	81,5	63,9	1,80	0,9669309	0,321
6,3	1,8	34	108,0	75,6	3,30	0,9551352	0,355
7,8	1,8	34	134,5	87,4	4,80	0,9397014	0,376
9,3	1,8	34	161,0	99,2	6,30	0,9179441	0,387
10,8	1,8	34	187,5	111,0	7,80	0,8875651	0,390
12,3	1,8	34	214,0	122,7	9,30	0,8478937	0,384
13,8	1,8	34	240,4	134,5	10,80	0,8008678	0,372

AD	SPT (Arazi)	CN	CE	CB	CS	CR	N1(60)	CRR (Z)	Gk	Prob L (%)
1,8		1,70	0,75	1,1	1,1	0,75	4,9	VeriYok	VeriYok	VeriYok
3,3	12	1,39	0,75	1,1	1,1	0,75	17,8	0,21006	0,782	43
4,8	13	1,25	0,75	1,1	1,1	0,85	19,2	0,22787	0,71	49
6,3	12	1,15	0,75	1,1	1,1	0,85	17,0	0,20080	0,566	65
7,8	14	1,07	0,75	1,1	1,1	0,95	19,6	0,23333	0,621	57
9,3	13	1,00	0,75	1,1	1,1	0,95	17,7	0,20919	0,54	67
10,8	2	0,95	0,75	1,1	1,1	1,00	6,9	0,09630	0,247	94
12,3	2	0,90	0,75	1,1	1,1	1,00	6,8	0,09544	0,248	94
13,8	2	0,86	0,75	1,1	1,1	1,00	6,7	0,09470	0,254	93

Şekil 4.41: Sıvılaşma analizi , (Özçep,2009)



Şekil 4.42: Sıvılaşma analizi grafiği , (Özçep,2009)

Sıvılaşma analizi sonucuna göre (Şekil 4.41 ve Şekil 4.42) sıvılaşma potansiyeli yüksek olduğu hesaplanmıştır. Sonuç olarak arazide YASS problemi olduğundan dolayı temel altı fore kazık çalışmasının zaman içerisinde donatı sisteminde korozyon problemi oluşturabileceği düşünülerek JET-GROUT sistemi yani donatısız taş kolan yapılarak zemin iyileştirilmesi yapılması önerilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Zemin etütleri ile ilgili yaptığımız araştırmalar, karşılaşılan sorunları beş başlık altında toplamamıza imkan vermiştir. Bunlar;

1. Veri toplama aşamasındaki problemler
2. Zemin sorunlarının tespitinden kaynaklanan problemler
3. Yönetmelik ve genelgelerden kaynaklanan problemler
4. Yorumlama ve rapor yazmadan kaynaklanan problemler
5. Denetleme mekanizmasından kaynaklanan problemler

Şeklinde sıralanabilir. Problemlerin belirlenmesi beraberinde çözüm önerilerinin şekillenmesini doğurmuştur. Bu tez kapsamında tartışılan çözüm önerileri, problem başlıklarına benzer şekilde aşağıda özetlenebilir.

Veri toplama aşamasında oluşan problemlere çözüm önerileri;

Zemin etüdü yapılacak yer, arazi çalışması yapılmadan önce harita mühendisleri tarafından belirlenip aplikasyon kazıkları çakılarak netleştirilmelidir. Zemin etüdüne başlanmadan önce projeyi çizecek olan mimardan proje bilgileri alınarak yapının oturacağı derinlik netleştirilmeli böylelikle, yapılacak sondajlarda numune alınırken binanın oturacağı derinlikten numune alınması sağlanılmalıdır. Yapılacak sondajlar standartlara uygun olarak deneyimli Jeoloji Mühendisi gözetiminde yapılmalı ve loglar doldurulmalı, karot sandığının fotoğrafı mutlaka çekilmelidir. SPT'ler standartlara uygun olarak yapılmalı, sondajlarda yeraltısuyu seviyeleri ölçülmeli, arazi büyüklüğüne göre sondaj sıklığına ve derinliğine dikkat edilmelidir. Jeofizik yöntemler amaca uygun olarak seçilmeli, elde edilen kesitler sondaj loglarıyla karşılaştırılmalıdır. Özellikle Vs dalga kayıtları titizlikle alınmalı ve incelenmelidir. Jeofizik yöntemlerden elde edilen zemin dinamik parametreleri laboratuvar deneyleriyle karşılaştırılmalı, sondaj logları ve jeofizik kesitler incelenerek arazi hakkında yorum yapılmalıdır.

Zeminden sorunlarının tespitinde oluşan problemlere çözüm önerileri;

Arazi çalışmasında bulunan jeoloji mühendisi sondaj sırasında aldığı numunelere, SPT darbe sayılarının düşüklüğüne göre, jeofizik mühendisinin sismik sonuçlarını karşılaştırıp oturma problemi görülme riski olan zeminlerde konsolidasyon deneyi yaptırmalı ve oturma riskini zemin etüdünde belirtmelidir. Parsel bazındaki raporlarda, arazi eğiminin 15°'yi, kot farkının 4 m geçtiği kohezyon ve içsel sürtünme açısının düşük olduğu, yer altı suyu problemi olan, Vs hızı 200 m/sn'nin altında olan zeminlerde sondajlarda detaylı labaratuvar deneyi yapılarak kohezyon ve içsel sürtünme açılarının derinlikte değişimlerine bakılmalı ve şev stabilite analizi mutlaka yapılmalıdır. Vs=200 m/sn altında bulunan, yer altı suyu problemi olan kumlu zeminlerde mutlaka sıvılaşma analizi yapılarak bölgenin sıvılaşma riski raporda belirtilmelidir.

Yönetmelik ve genelgelerden kaynaklanan problemlere çözüm önerileri;

1/1000 ölçekli imar planına esas jeolojik-jeoteknik raporların belediyeler tarafından ihale edilerek yapılması, işin teknik olarak detaylı bir şekilde planlanmadan, ihale bedeli en düşük olan firmaya verilmesine neden olmaktadır. Ülke genelinde mevcut yerleşim alanlarının durumu yeniden incelenerek imar planlarının revize edilmesi. Yapılan raporların laboratuvar deneylerinde sayı ve kriter sınırlaması yoktur bu durum raporların geoteknik açıdan yetersiz olmasına neden olmaktadır. Raporlar için laboratuar deney sayısı ve kriteri konulmalıdır. Yönetmelikte, Z4, T_A-T_B=0,2 sn-0,9sn sınırı vardır. Oysa Adapazarı depreminde kesme periyodu 1,5 sn olarak ölçülmüştür. Bu sonuçtan yola çıkarak, özel zemin koşullarına sahip yerleşim bölgelerindeki yapıların maruz kalacakları deprem etkilerinin farklı olabileceği açıkça görülmektedir. Uniform Building Code (ABD) ve Eurocode (EC8) incelendiğinde zemin sınıflamasının TDY (Türk deprem yönetmeliği) farklı olarak A,B,C,D,E kadar sınıflandığını Vs kayma dalgasının V_{s30} olarak kullanıldığı görülmektedir.

Yorumlama ve rapor yazımında oluşan problemlere çözüm önerileri;

Belediyelerde,zemin etüt verileri CBS sistemi uygulanarak, sayısal olarak biriktirilmeli ve zemin etüt bilgi sistemi ağı oluşturulmalıdır. Zemin emniyet gerilmesi hesaplanırken güvenlik katsayısının gereksiz yere yüksek alınması inşaat maliyetini etkilediğinden güvenlik katsayısına dikkat edilmelidir. Yurt dışında yapılan zemin etütleriyle Türkiye'de yapılan zemin etütleri karşılaştırıldığında en büyük farkın laboratuvar deneylerinin detaysızlığından kaynaklandığı görülmektedir buna bir standardın gelmesi zorunludur. Zemin hakim titreşim periyodunun, deprem tehlike analizi yöntemiyle spektrumlar üzerinden yada mikrotremorla hesaplanması gerekir. Deprem bölgeleri haritasına bakarak ivme değeri yazmak yerine, zemin yüzeyinde yapı temelini etkileyebilecek yatay yer ivme hesabı yapılması daha uygun olacaktır. Zemin sınıflaması yapılırken Vs dalga hızı baz alınmalıdır.Aksi taktirde, örneğin Vs dalga hızına göre Z2 verilecek bir yere sadece daha güvenli olsun diye Z3 yada Z4 verilmesi durumunda inşaat maliyeti ciddi oranda artmaktadır.

Denetleme sırasında oluşan problemlere çözüm önerileri;

Raporlarda detaylandırma yapılamamasının temel problemi zemin etüt raporlarının gerçek bedellerinin çok altında yapılmasından kaynaklanmaktadır. Normalde Zemin etüt raporu tüm inşaat maliyetinin %0,5-2 arasında bir maliyete yapılması gerekirken bu rakamların çok altında yapılması raporun kalitesini düşürmektedir (Birand, 2006). Bu durumu önlemek amacıyla TMMOB Jeoloji ve Jeofizik Mühendisleri Odası'nın uyguladığı fatura denetleme mekanizması piyasa koşullarındaki problemler nedeniyle tam olarak amacına ulaşamamıştır. Bu nedenle zemin etütleri fiyatlandırılırken toplam inşaat maliyetine göre %0,5-2 arasında bir tutara yapılması daha uygun olacaktır. Bayındırlık ve Afet İşleri Acil Durum Müdürlüğü, raporların nasıl yapılması gerektiğiyle ilgili jeoloji ve jeofizik mühendisleri odasına bağlı bürolarda çalışan mühendislere seminer vermelidir. Bu kurumlarda çalışan nitelikli yer bilimci sayısı arttırılarak raporların denetim süresi kısaltılmalıdır. Türkiye'de bulunan bütün belediyelerde en az birer adet jeoloji ve jeofizik mühendisi çalıştırılmalıdır. Bu mühendisler arazi çalışmalarını kontrol etmeli raporları incelemelidir. 01.01.2011 itibariyle tüm Türkiye'de yapı denetim şirketleri faaliyet göstermektedir. Ancak ne yazıkki mevcut olan yapı denetim şirketlerinin hiçbirinde jeoloji ve jeofizik mühendisi çalışmamaktadır. Raporlar konuya hakim olmayan inşaat mühendisleri tarafından

imzalanmaktadır. Bu durumun en kısa sürede düzeltilmesi ve yapı denetim şirketlerinde denetmen olarak en az birer adet jeoloji ve jeofizik mühendisi çalıştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada ayrıca, zemin etütlerinde karşılaşılan problemlerle ilgili örnek uygulamalara yer verilmiştir.

Birinci uygulama; sondaj loglarının deneyimli bir mühendis tarafından yapılmaması sonucu dolgu kalınlığının 1.5 m verilmesi, statiği yapan inşaat mühendisi tarafından bir problem olarak algılanmamış ve fabrika dolgunun üzerine hiçbir önlem alınmadan, bodrum dahi yapılmadan oturtulmuştur. Bu arazide hiç jeofizik çalışma yapılmaması da büyük eksikliktir. Zira daha sonra yapılan sondaj ve jeofizik çalışmalarında dolgunun 5 m civarında olduğu açıkça görülmektedir. Fabrikanın üst kısmında yer alan yol çalışmasında kullanılan dolgu zemini hareket etmiş ve fabrika 70 cm yatayda yer değiştirmiştir. Sonuçta 2.000.000$ civarında maddi zarar oluşurken şans eseri can kaybı yaşanmamıştır. Ayrıca arazinin topografyası gereği şev analizi yapılsaydı şevin stabilite limitinde olacağı açıkça görülürken, deprem yüklü olarak yapılan analizde şevin duyarlılığını yitirdiği de görülmektedir.

İkinci uygulamada; aynı arazide yapılan sismik kırılma, MASW ve Mikrotremor karşılaştırılmıştır. Sondaj loglarıyla zemin yorumlandığında zemin sınıflaması yapılırken Mikrotremor yönteminin daha uygun olduğu görülmüştür.

Üçüncü uygulamada; yapılan sondajlarda SPT değerlerinin düşük olduğu zonlarda oturma analizleri yapılmıştır. Bunun sonucunda oturmanın kabul edilebilir limitlerin üzerinde olduğu görülmüş ve geoteknik önlem önerilmiştir.

Dördüncü uygulamada; sondaj logları ve jeofizik çalışmalar karşılaştırılmış ve arazide yapılan oturma ve sıvılaşma analizlerine göre geoteknik önlem önerilmiştir.

KAYNAKLAR

ABYYHY,1997, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakında Yönetmelik,* 1997 DepremYönetmeliği, http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Doc/Yonetmelik/1997_Afet_Bolgelerinde_Yapilacak_Yapilar_Hakkinda_Yonetmelik.pdf, sayfa87

AKDAĞ, S. E., 2002, *Mali Yapı ve Denetim Boyutlarıyla Afet Yönetimi*, Araştırma, T.C Sayıştay

AIREY, D., 2006, *Soil Mechanics Lecture Notes,* University of Sydney, http://www.civil.usyd.edu.au/courses/civ12410/

AKI, K., 1957, *Space And Time Spectra Of Stationary Stochastic Waves With Special Reference To Microtremors, Bull. Earthq. Res. Inst.,* 35, 415-456.

ALKAYA, D.,1997,*Temel zemin etütleri ve yapı zemin ilişkisi*,Türkiye İnşaat Mühendisleri 14.teknik kongresi,749-758.

ALTAY, M.,2010, *Yapı Dentimi Uygulama Yönetmeliği,TMMOB* Jeofizik mühendisleri odası görüşü,Jeofizik Bülteni,36-41.

ANDRUS, R. D., STOKOE, K. H., II., 1999, *Liquefaction Evaluation Procedure Based on Shear Wave Velocity in Wind and Seismic Effects,* US./Japan Natural Resources Development Program (UJNR) Joint Meeting, 31st. Technical Memorandum of PWRI 3653, Proceedings, May 11-14, Tsukuba, Japan, 469-474.

AYHAN, M.E., DEMİRKOL, Ö., GÜNDOĞDU, O., *Türkiye Ulusal Deprem Raporu*, HGK, Aralık 1999, http://www.hgk.msb.gov.tr/dergi/makaleler/123_1.pdf.

BAŞOKUR, A. T., *Yapı Yeri İncelemelerinde Makaslama Dalgası Hız Kesitinin ReMi Yöntemi ile Saptanması,* 2005, Deprem Sempozyumu, Kocaeli

BİB, 2007, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,* 26454, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara

BİB, 2005, *Zemin ve Temel Etüdü Raporu Genel Formatı,* B.09.0.Y.İ.G.0.13.00.09/847, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara

BİB, 2000, *3030 Sayılı Kanun Kapsamı Dışında Kalan Belediyeler Tip İmar Yönetmeliği,* Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, B.09.0.TAU.0.15.00.00-86-2023, Ankara

BİB, 1996, *Türkiye Deprem Bölgesi Haritası,* Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

BIRAND, A., 2006, *Sığ(Yüzeysel) Temeller,* Teknik Yayın evi, Ankara, 2-253.

BOWLES, J. E., 1988, *Foundation Analysis and Design*, McGraw Hill Book Company, New York .

BULLEN, K., 1963, *Inroduction to Theory of Seismology*, Cambridge Univ. Press.

BURLAND, J. B., BURBRIDGE, M. C., 1985, *Settlement Of Foundations on Sand and Gravel,* Proccedings of Institution of Civil Engineers, 78(1), 1325-1381.

CELEP, Z., KUMBASAR, N., 2000, *Deprem Mühendisliğine Giriş,* Beta Yayınları, İstanbul.

ÇİNİCİOĞLU F.,1997, *Zemin mekaniğinde harç enjeksiyonu*, İ.Ü.Yayınları,İstanbul.
Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 1997.

DARILMAZ, K. , 2008, *Deprem Yükleri Hesap Yöntemi,* Yapı Mühendisliğinde SAP2000 Kullanımı, İMO İzmir.

DBYBHY, 2007, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,* 2007 Deprem Yönetmeliği,
http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Doc/Yonetmelik/DBYBHY-2007.pdf

DEPREM ŞURASI, 2004, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

DOĞANGÜN, A. , LİVAOĞLU, R. , 2006, *A Comparative Study of the Design Spectra Defined by Eurocode 8, UBC, IBC and Turkish Earthquake Code on R/C Sample Buildings,*

ERGUN, U., ÖZKAN, Y., ÖNALP, A., KEÇELİ, A., 2005, *Parsel bazında Zemin ve Temel Etütleri ve Zemin İyileştirme Hakkında Yönetmelik Taslağı Ön Raporu*, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

ERGİN, K., 1995, *Advanced Seismology (Ray and Waves),* TÜBİTAK Pub.

GÜLKAN, P. , KOÇYİĞİT, A. , YÜCEMEN, N. S. , DOYURAN, V. , BAŞÖZ, V. , 1993, *En Son Verilere göre Hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası*, Rapor no: METU/EERC 93-01, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, 156s,
http://www.deprem.gazi.edu.tr/upload/20080605140453.pdf

GÜNDOĞDU, O., ÖZÇEP, F., 2003, *Jeofizikte Zemin Davranışı,* İstanbul Üniversitesi, Jeofizik Müh. Böl., Ders Notları.

GÜRPINAR, O., 1999, *Zemin Mekaniği,* Ders Notları, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

HAŞİMOĞLU, ÜNAL, 2004,*CBS bilgi sistemiyle zemin etüt bilgi sisteminin oluşturulması*, Kütahya.

İNCE, G.Ç. , 2005, *Sismik Bölgeleme ve İstanbul'un Deprem Zararlarının Tahmini*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul, http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/2635.pdf

JACKSON, J., MCKENZIE, D., *The Relationship Between Plate Motions and Seismic Moment Tensors and The Rates of Active Deformation in the Mediterranean and Middle East. Geophysical Journal*, No.93, pp. 45-73, 1998, http://www.hgk.msb.gov.tr/dergi/makaleler/123_1.pdf.

JANBU, N., BJERRUM, L., KJAERNSLI, B., 1956, *Veillendning ved Losningav Fundamenteringsopp- Gaver*, Norwegian Geotechnical Institune Publication 16, Oslo, 30-32.

KARAKUŞ, K., 2009, *Plana Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt Çalışmaları ve Yasal Mevzuat,* Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını No:104, Ankara, 978-9944-89-695-5.

KARAMAN, M. E., 2006, *Yapısal Jeoloji ve Uygulamaları*, Akdeniz Üniversitesi, Ankara, 975-94970-0-X .

LOUİE, J. N., 2001, Faster, *Beter: Sheaar-Wave Velocity to 100 Meters Depth From Refraction Microtremor Arrays: the Bulletin of the Seismological Society of America*, vol.91, no.2, 347-364

KEÇELİ, A., 2009, *Jeofizi, Jeoloji, Jeoteknik, Maden Mühendislerine uygulamalı Jeofizik,* TMMOB Jeofizik Mühendisleri odası eğitim yayınları, Ankara, 17-452.

KOÇBAY, A., 2010, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Jjeoteknik Etüt Kursu*, İstanbul.

M. KUTANİS , İ. E. BAL, 2006, *Yerel Zemin Şartlarının Yapı Hasar Dağılımı Üzerinde Etkileri,* Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onbirinci Ulusal Kongresi 7-8 Eylül 2006, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

MCCLUSKY, S., vd., (2000), GPS Constraints on Crustal Movements and Defornations in the Eastern Mediterranen (1988-1997)[onlien], Implications for Implications for Plate Dynamics. JGR.Vol.105, No.B3, 5695-5719, 2000, http://www.hgk.msb.gov.tr/dergi/makaleler/123_1.pdf

MCKENZIE, D. P., *Active Tectonics of the Mediterranen Region*, Geophys. J. R. Astr. Soc., 30, 109-185, 1972. http://www.hgk.msb.gov.tr/dergi/makaleler/123_1.pdf.

MEYERHOF, G., 1975, *Ultimate Bearing Capacity of Footing on Sand Layer Overlaying Clay,* Canadian Geotechnical Journal, 11(2): 223-229.

MEYERHOF, G., 1965, *Shallow Foundations,* Proc. ASCE, V91, NO:SM2, 21-31.

MEYERHOF, G. G., 1961, *The Ultimate Bearing Capacity of Wedge-shaped Foundations, Procid. V. ICSMFE,* Paris, Vol. II., str. 105-109.

NERC, 2010, *Ulusal Geoteknik Veri Tabanı*,İngiltere.

OKADA, H., 2003, *Microtremor Survey Method*, Society of Exploration Geophysics, USA.

ÖNALP, A., ÖZTURAN, T., ÖZDEN, Ş., BEYAN, K., 2003, *Zemin Etütleri Nasıl Yapılmalı,* Swis Agency Development and Coorporation, 17 Sayfa, İzmit.

ÖZÇEP, F., 2009, *Zeminlerin Geoteknik ve Jeofizik Analizi,* Nobel yayınları, Ankara.

ÖZÇEP,T.,2008, *Vs30 ve Diğer Zemin Büyütme Kestirimlerinin Karşılaştırılarak Zemin Sınıflamalarında Güvenilirliğin Araştırılması*, İ.Ü.Fen Bil.Ens., Doktora Tezi, İstanbul

ÖZDEMİR, A., ÜLGEN, D., ÖZKAN, M.Y., 2007. *Ülkemizde Yapılan Geoteknik Etüt Sondajları ile İlgili Bazı Değerlendirmeler*, 2.Geoteknik Sempozyumu, Adana, 22-23 Kasım 2007, Bildiriler Kitabı, 473-479 .

ÖZDEMİR, A., 2008, *Çok-Elektrotlu Jeofizik Rezistivite Ölçümlerinin Yeraltısuyu ve Jeotermel Arama Alanlarındaki Uygulamalarının Değerlendirilmesi,* http://www.adilozdemir.com/dosyalar/1278917640_23.pdf

ÖZDEMİR ve ÖZCAN, 2008, *18. Uluslar arası jeofizik kongresi, 14-17 Ekim, 2008*, Ankara.

ÖZÇEP, F., Aşçı, M., Alpaslan, N., Yas, T., *Gündoğdu, D., 2005, Statik ve Dinamik(Deprem) Etkiler Altında Zemin Davranışı, Deprem Sempozyumu, Kocaeli 2005, Kocaeli Üniversitesi*, İzmit

ÖZMEN, B, NURLU, M. GÜLER, H., 1997, *Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi,* 1997.

PAMPAL, S., 2000, *Depremler*, Alfa, İstanbul, 975-316-293-6.

PITILAKIS, K., 2004, Site Effects, *Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation*, ed. by A. Ansal, /2004/, Kluwer Academic Publishers, p.139.

RICHARD, F. E., Hall, J. R. & Woods, R. D., 1970, *Vibrations of Soils and Foundations. Prentice Hall, Inc.,* Englewood Chiffs, New Jersey.

RODRIGUEZ, A., 2001, ABRAHAMSON, N.A., *An Emprical Geotechnical Seismic Site Response Procedure*, Earthquake Spectra.

SCOTT, R. F., 1981, *Foundation Analysis, Prentice Hall,* Englewood Clifss, N.J.

ŞEKERCİOĞLU, E., 2007, *Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi,* TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 13-278.

TERZAGHİ, K., PECK, R. B., 1967, *Soil Mecharics in Engineering Practica,* Secand Edition, A Wiley International Edition, NewYork.

TEZCAN, S., ÖZDEMİR, Z., KEÇELİ, A., ERKAT, A., 2007, *A Rapid Techniques, Higher Education Research Foundation*, İstanbul, Turkey.

TOMUR, S., 2007, *İstanbul'da PS Logu ile Belirlenmiş Karakteristik Zeminlerin Deprem Ttepki Spektrumlarının İncelenmesi,*Yüksek lisans tezi*,* İ.T.Ü.İstanbul.

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI, *Deprem tehlikesini değerlendiren zemin yapı tepkisinin zemin etütlerindeki önemi*, TMMOB Jeofizik Mühendisleri odası web sitesi. **www.jeofizik.org.tr/**

TRAN, K. T., HİLTUNEN, D. R., ASCE, M., P. E., 2008, *A Comparison of Shear Wave Velocity Profiles from SASW, MASW, and ReMi Techniques,* Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics IV.

UYANIK, 2002, *Kayma Dalgası Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analizi,* Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.

YOUD, T. L., IDRISS, I. M., ANDRUS, R. D., ARANGO, I., CASTRO, G., CHRISTIAN, J. T., DOBRY, R., FINN, W. D. L., HARDER, L. F. Jr., HYNES, M. E., ISHIHARA, K., KOESTER, J. P., LIAO, S. S. C., MARCUSON, W. F. III., MARTİN, G. R., MITCHELL, J. K., MORİWAKİ, Y., POWER, M. S., ROBERTSON, P. K., SEED, R. B. & STOKOE, K. H. II., 2001, *Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NFS Workshop on Evaluation of Liquefacton Resistance of Soils,* Journal of Gotechnical Enginerring, ASCE, (127)10:817-833.

XIA, J., MILLER, R. D., Park, C. B., 1999, *Estimation of Near- Surface Velocity by Inversion of Rayleigh Waves: Geophyciscs,* v.64, p. 691-700.