

9005-144



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

**ADANA İLİ VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOTEKNİK
KOŞULLARININ STATİK VE SİSMİK DURUMLAR
İÇİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

63881

PROJE NO: ÇYDABAG - 103Y004

**Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri
Araştırma Grubu**

Environment, Atmosphere, Earth and Marine Sciences
Research Grant Group

9005-144



TÜBİTAK

TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

~~KOŞULLARININ~~
İÇİN COĞRAFI BİLGİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

AR

63881

PROJE NO: ÇYDABAG - 103Y004

DOÇ.DR. ŞAZIYE BOZDAĞ
DR. İBRAHİM ÇOBANOĞLU
DOÇ.DR. HALİL KUMSAR
DR. LEVENT ATATANIR

HAZİRAN 2005
ADANA

**ADANA İLİ VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOTEKNİK
KOŞULLARININ STATİK VE SİSMİK DURUMLAR
İÇİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

63881

PROJE NO: ÇYDABAG - 103Y004

**DOÇ.DR. ŞAZIYE BOZDAĞ
DR. İBRAHİM ÇOBANOĞLU
DOÇ.DR. HALİL KUMSAR
DR. LEVENT ATATANIR**

**HAZİRAN 2005
ADANA**

ÖNSÖZ

Her türlü zemin koşulunda yapılaşmanın olabildiği ülkemizde, 1999 Marmara depremi ve sonrasında yaşananlar ile bu konuda yapılan yanlışlıklar da ortaya çıkmıştır. Bu anlamda özellikle kalabalık yerleşim yerlerinin yerel zemin koşulları ve yapılaşma açısından değerlendirilmesi hususunda jeoteknik çalışmalar daha fazla anlam ifade eder hale gelmiştir. Artık zeminlerin kuvvetli yer hareketlerine maruz kaldıklarında verdikleri tepkilerin farklılığı daha iyi anlaşılmış ve bu konularda çalışan farklı disiplin kollarındaki meslek grupları için daha fazla önemsenir olmuştur.

Bir kent jeoteknik çalışması şeklinde gerçekleştirilmiş olan bu çalışma, başta bölgesel jeoloji olmak üzere jeoteknik, jeofizik ve hidrojeolojik temel unsurların belirlenmesini ve bunlara bağlı olarak elde edilmiş verileri bünyesinde taşıyan bir kent bilgi sisteminin oluşturulmasını amaçlamıştır. 1998 Adana-Ceyhan depremi esas olarak Ceyhan ilçe merkezinde ağır hasarlar yapmış olmakla birlikte bilinen ve belirlenmiş olandan daha fazla yapısal hasar almış binaların olduğu bu çalışma sırasında görülmüştür. Adana ili kent alanı litolojik açıdan farklı özellikler sunan 4 esas birim olan Handere Formasyonu, taraça, kaliş ve alüvyon üzerinde kurulu bulunmaktadır. Bu litolojik farklılıklar aynı zamanda birimlere ait temel fiziksel ve mekanik parametrelere de doğrudan etki etmektedir.

Adana ili yerleşim alanında litolojik farklılıklar dikkate alınmaksızın çok katlı yapılaşmanın yaygın olduğu dikkati çekmektedir. Aynı zamanda tüm jeolojik materyalin aynı mühendislik incelemelerine tabi tutulduğu görülmektedir. Oysa taraça ve kaliş çökelleri klasik sondaj yöntemleri ile bilgi sahibi olunamayacak birimlerdir ve bu çalışmada vurgulanarak belirtilmiştir.

Bu proje, şu ana kadar yapılması gereken temel mühendislik çalışmaları ile birlikte bilimsel anlamda önem taşıyacak bazı spesifik konuları da içeriyor olmasından dolayı Adana ili için oldukça özel ve kaynak bir çalışma olmayı hedeflemiştir. Ortaya konulanlar hususunda ticari bir kaygı duyulmaması çalışmanın güvenilirliğini ve hassasiyetini olumlu yönde etkilemiştir. Elde edilenlerin, şu ana kadar konuya gereken önemi vermeyen kişi ve kurumlarla paylaşılması bu anlamda toplumsal bir kazanç sağlayacaktır.

Bu çalışma, TÜBİTAK YDABAG 103Y004 no'lu proje kapsamında yürütülmüş olup elde edilen maddi destek çalışmanın planlanan şekilde yürütülebilmesine yardımcı olmuştur. Bu açıdan TÜBİTAK'a teşekkürü borç biliriz.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XIX
ÖZET.....	XVIII
ABSTRACT	XXIX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İnceleme Alanının Tanıtılması.....	3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Genel Jeoloji Çalışmaları.....	7
2.2. Uzaktan Algılama Çalışmaları.....	7
2.3. Jeoteknik ve Arazi Kullanımı Çalışmaları.....	8
2.4. Zemin Dinamik Özellikleri Çalışmaları.....	11
2.5. Depremsellik ve Sismik Risk Çalışmaları.....	13
2.6. Hidrojeoloji Çalışmaları.....	16
2.7. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Bölgeleendirme Çalışmaları.....	17
3. MATERYAL VE METOD.....	19
3.1. Materyal.....	19
3.2. Metod.....	19
3.2.1. Mevcut Literatür İncelemeleri.....	20
3.2.2. Topoğrafik Haritaların Temini.....	20
3.2.3. Jeoloji Haritalarının İncelenmesi ve Yeni Jeoloji Haritasının Oluşturulması.....	20
3.2.4. Uydu Görüntülerinden Faydalanma.....	21
3.2.5. Jeoteknik Verilerin Temini.....	21
3.2.6. Arazi Çalışmaları.....	22
3.2.7. Laboratuvar Çalışmaları.....	22
3.2.8. Uzaktan Algılama Çalışmaları.....	23
3.2.8.1. Landsat TM Bantları.....	23
3.2.8.2. Uzaktan Algılamada sınıflandırma Yöntemleri.....	24
3.2.9. Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmaları.....	25

3.2.9.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Yararları.....	25
3.2.9.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri.....	25
3.2.10. Elde Edilen Verilerle İlgili Analizlerin Yapılması.....	26
3.2.10.1. Kayma Dalgası Hızlarının Belirlenmesi.....	26
3.2.10.2. Sıvılaşma Risk Analizlerinin Yapılması.....	27
3.2.10.3. Zeminin Şişme Potansiyelinin Belirlenmesi.....	30
3.2.10.4. Zemin Taşıma Gücü Analizleri.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	32
4.1. Genel Jeoloji.....	32
4.1.1. Handere Formasyonu.....	32
4.1.2. Taraça.....	34
4.1.3. Kalış.....	36
4.1.4. Alüvyon.....	38
4.2. Hidroloji.....	42
4.2.1. İstatistiksel Hidroloji Çalışmaları.....	42
4.2.2. Su Bilançosu.....	44
4.3. Birimlerin Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi.....	49
4.3.1. Handere Kili.....	49
4.3.1.1. Fiziksel Özellikleri.....	51
4.3.1.2. Mekanik Özellikleri.....	55
4.3.1.3. Konsolidasyon Özellikleri.....	57
4.3.1.4. Taşıma Gücü Özellikleri.....	62
4.3.1.5. Şevlerin Duraylılık Özellikleri.....	63
4.3.1.6. Şişme ve Büzülme Özellikleri.....	65
4.3.1.6.(1). Handere Kilinin Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri.....	66
4.3.1.6.(2). Şişme Deneyleri.....	68
4.3.1.6.(3). Şişme Potansiyeli.....	71
4.3.1.6.(4). Şişme İndisi.....	75
4.3.1.7. Zemin Emmesi ve Toplam Şişme.....	76
4.3.1.8. Jeofizik Özellikleri.....	77
4.3.1.8.1. Sismik Özellikler.....	77
4.3.1.8.2. Özdirenç Değerleri.....	79
4.3.1.9. Hidrojeolojik Özellikleri.....	80

4.3.1.10. Yorum ve Öneriler.....	81
4.3.2. Taraça Çökelleri.....	82
4.3.2.1. Fiziksel Özellikleri.....	83
4.3.2.2. Mekanik Özellikleri.....	92
4.3.2.2.(1). Schmidt Çekici Deneylei.....	94
4.3.2.2.(2). Tek Eksenli Basma Dayanımı Deneylei.....	96
4.3.2.3. Taşıma Gücü Özellikleri.....	106
4.3.2.3.(1). Zemin Özelliği Gösteren Taraça Çökelleri İçin Taşıma Gücü Analizleri.....	106
4.3.2.3.(2). Kaya Özelliği Gösteren Taraça Çökelleri İçin Taşıma Gücü Analizleri.....	106
4.3.2.4. Şev Duraylılık Özellikleri.....	108
4.3.2.5. Jeofizik Özellikleri.....	109
4.3.2.5.(1). Sismik Özellikler.....	110
4.3.2.5.(2). Özdirenç Değerleri.....	113
4.3.2.6. Hidrojeolojik Özellikleri.....	114
4.3.2.7. Yorum ve Öneriler.....	115
4.3.3. Kalış Çökelleri.....	117
4.3.3.1. Karbonat Tüplerinden Oluşan Kalış.....	118
4.3.3.2. Karbonat Kapak (Karbonat Kabuk, Masif Kalış).....	120
4.3.3.2.(1). BK Grubu Kalışlere Ait İnce Kesit İncelemeleri.....	121
4.3.3.2.(2). KK Grubu Kalışlere Ait İnce Kesit İncelemeleri.....	125
4.3.3.2.(3). ÇK Grubu Kalışlere Ait İnce Kesit İncelemeleri.....	126
4.3.3.3. Kalış Toprağı.....	127
4.3.3.4. Fiziksel Özellikleri.....	127
4.3.3.5. Mekanik Özellikleri.....	133
4.3.3.5.(1). Schmidt Çekici Deneylei.....	133
4.3.3.5.(2). Tek Eksenli Basma Dayanımı Deneylei.....	133
4.3.3.6. Konsolidasyon Özellikleri.....	141
4.3.3.7. Taşıma Gücü Özellikleri.....	146
4.3.3.7.(1). Yumuşak Kalış Biriminin Taşıma Gücü Özellikleri.....	146
4.3.3.7.(2). Sert Kalış Biriminin Taşıma Gücü Özellikleri.....	147
4.3.3.8. Şev Duraylılık Özellikleri.....	148

4.3.3.9. Jeofizik Özellikleri.....	150
4.3.3.9.(1). Sismik Özellikler.....	150
4.3.3.9.(2). Özdirenç Değerleri.....	153
4.3.3.10. Hidrojeolojik Özellikleri.....	154
4.3.3.11. Yorum ve Öneriler.....	155
4.3.4. Alüvyon Çökelleri.....	157
4.3.4.1. Fiziksel Özellikleri.....	158
4.3.4.1.(1). Zemin Sınıfları.....	158
4.3.4.1.(2). Kıvam Özellikleri.....	160
4.3.4.2. Mekanik Özellikleri.....	162
4.3.4.3. Konsolidasyon Özellikleri.....	162
4.3.4.4. Taşıma Gücü Özellikleri.....	170
4.3.4.5. Sıvılaşma Özellikleri.....	171
4.3.4.5.(1). Sıvılaşmanın Oluşması İçin Gereken Kriterlerin Belirlenmesi.....	172
4.3.4.5.(2). Adana İli Yerleşim Alanı İçin Sıvılaşma Analizi.....	174
4.3.4.6. Jeofizik Özellikleri.....	177
4.3.4.6.(1). Sismik Özellikler.....	177
4.3.4.6.(2). Özdirenç Değerleri.....	185
4.3.4.7. Hidrojeolojik Özellikleri.....	189
4.3.4.. Yorum ve Öneriler.....	189
4.4. Sondaj Çalışmaları.....	191
4.4.1. SPT Darbe Sayılarının Değerlendirilmesi İle Taşıma Gücü Değerlerinin Belirlenmesi.....	193
4.4.2. Kuyu Tanımlamaları ve Kuyu Örneklerinin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi.....	193
4.4.3. Arazi ve Laboratuar Deney Verilerinin Değerlendirilmesi.....	222
4.5. Jeofizik Çalışmalar.....	228
4.5.1. Rezistivite Ölçümleri.....	228
4.5.2. Sismik Ölçümler.....	231
4.6. Depremsellik Parametrelerinin Belirlenmesi İçin Aktif Fay Verilerinin Kullanılması.....	234
4.6.1. Depremin Olası Moment Büyüklüğü.....	235

4.6.2. Sismik Moment.....	236
4.6.3. Yüzey ve Cisim Dalgalarına Göre Deprem Büyüklüğü.....	236
4.6.4. Depremin Enerjisi.....	237
4.6.5. Depremin Olası Şiddeti.....	237
4.6.6. Ortalama Yüzey Kırığı Uzunluğu.....	238
4.6.7. Fayın Ortalama Yırtılma Alanı.....	238
4.6.8. Fayın Ortalama Atımı.....	238
4.6.9. Depremin Süresi.....	239
4.6.10. Maksimum Yer İvmesi.....	239
4.7. Sismik Risk Çalışmaları.....	241
4.7.1. Deprem Sıklıkları ve Magnitüd-Frekans İlişkisinin Değerlendirilmesi.....	241
4.7.2. Üstel Dağılım Modeli İle Sismik Tehlikenin Belirlenmesi.....	244
4.7.2.1. Ki-Kare (x^2) Uyumun İyiliği Testi.....	244
4.7.2.2. Veri Analizi.....	245
4.7.3. Poisson Modeli Kullanılarak Sismik Tehlikenin Belirlenmesi.....	248
4.7.4. Gumbel Modeli Kullanılarak Sismik Tehlikenin Belirlenmesi.....	251
4.7.5. Yorum ve Öneriler.....	253
4.8. Hidrojeolojik Koşulların İncelenmesi.....	255
4.8.1. Yeraltı Su Seviyesi Ölçümleri ve Yeraltı Suyu Derinlik Haritasının Hazırlanması.....	255
4.8.2. Akifer Karakteristiklerinin Belirlenmesi.....	259
4.8.3. Suların Fiziko-Kimyasal Özellikleri.....	263
4.8.3.1. pH Değerleri ve Eş-pH Haritası.....	263
4.8.3.2. Suların Elektriksel İletkenliği (EC) ve Eş-EC Haritası.....	266
4.8.3.3. Suların Sertliği ve Eş Sertlik Haritası.....	268
4.8.3.4. Sülfat Değerleri ve Eş Sülfat Haritası.....	270
4.8.4. Suların Çözünmüş Toplam Katı Madde Miktarına Göre Sınıflaması.....	270
4.8.5. Suların Kullanılabilme Özellikleri.....	270
4.8.5.1. İnceleme Alanı Yeraltı Sularının İçme Suyu Olarak Kullanılabilme Özellikleri.....	273
4.8.5.2. İnceleme Alanı Yeraltı Sularının Sulamada Kullanılabilme	

Özellikleri.....	273
4.8.5.2.(1). Artıksal Sodyum Karbonat (RSC).....	273
4.8.5.2.(2). Wilcox Diyagramı.....	277
4.8.5.2.(3). Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR).....	280
4.8.5.2.(4). Klorür Tehlikesi.....	280
4.8.5.2.(5). ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	280
4.9. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmaları.....	283
4.9.1. Uzaktan Algılama Çalışmaları.....	283
4.9.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmaları.....	288
4.10. Mühendislik Jeolojisi Haritalarının Oluşturulması ve Jeoteknik Koşulların Belirlenmesi.....	295
4.10.1. Sayısallaştırılmış Topoğrafik Kontur Haritası.....	295
4.10.2. Eş Topoğrafik Kontur Haritası.....	295
4.10.3. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM).....	297
4.10.4. Sayısallaştırılmış Yol Haritası.....	297
4.10.5. Dökümantasyon Haritası.....	297
4.10.6. Eş Rezistivite Haritaları.....	301
4.10.7. Eş Kayma Dalgası Hızı Haritası.....	306
4.10.8. Eş SPT-N Haritası.....	309
4.10.9. Pik Zemin İvmesi Haritası.....	311
4.10.10. Eş Zemin Büyütmesi Haritası.....	321
4.10.11. Zemin Hakim Titreşim Periyodu Haritası.....	323
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	326
KAYNAKLAR.....	330
EKLER	
EK-1 ARAŞTIRMA ÇUKURLARI	
EK-2 SONDAJ LOGLARI	
EK-3 SİSMİK RİSK ANALİZİNDE KULLANILAN ALETSEL DÖNEM DEPREM KAYITLARI	

ŞEKİLLER DİZİNİ	SAYFA
Şekil 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. Adana ili için aylara bağlı olarak sıcaklık değerlerinin değişimi....	4
Şekil 1.3. Adana ili için yağışın yıllara bağlı olarak değişimi.....	4
Şekil 3.1.a. Karot alımı için araziden getirilen bazı blok örnekler.....	20
Şekil 3.1.b. Örneklerin karot alımından sonraki görünümü.....	20
Şekil 3.2. Devirsel gerilme oranı ve penetrasyon direncime bağlı olarak sıvılaşma riskinin belirlenmesi.....	30
Şekil 3.3. Zemin taşıma güçlerinin hesaplanmasında kullanılan bilgisayar programının girdi ve çıktı bilgileri.....	31
Şekil 4.1. Handere Formasyonu'nun (Handere kili) inceleme alanındaki genel görünümü ve incelenen bir yarma.....	32
Şekil 4.2. Handere Formasyonuna ait kiltaşları içerisinde gözlenen eğimli tabakalar ve kama şekilli çapraz tabakalar.....	33
Şekil 4.3. İnceleme alanı kuzeyinde görülen Handere Formasyonu, kalış dokanağı.....	34
Şekil 4.4. Seyhan baraj gölü sahilinde mostra veren taraça birimlerinin görünümü.....	35
Şekil 4.5. Taraça içerisinde yer alan tanelerin birim içindeki dağılımları.....	35
Şekil 4.6. Taraça birimi içerisinde kama şekilli kum merceği (AÇ 48, Ordu Evi doğusu).....	36
Şekil 4.7. Gevşek tutturulmuş taraçada tane destekli yapı ve boylanma.....	36
Şekil 4.8. Handere Formasyonu ile dokanak halinde olan kalış birimi.....	37
Şekil 4.9. Kuzey Adana bölgesinde geniş yayılım sunan kalış birimi ve yaygın karbonat tüpü oluşumlarının görünümü (02950 D/ 02310 K noktası).....	38
Şekil 4.10. Belediye Evleri Mahallesinde karbonat kabuk ve altta yumuşak kalış biriminin görünümü (01098 D/ 02984 K noktası).....	38
Şekil 4.11. Alüvyon birimi içerisinde görülen koyu kahverenkli kil birimi ve beyaz renkli organizma kavkılarının görünümü.....	39
Şekil 4.12. İnceleme alanı için oluşturulmuş ve mühendislik çalışmalarına esas teşkil eden genel jeoloji haritası.....	41

Şekil 4.13.	Aylara bağlı olarak ortalama yağışın 2002 yılı içindeki değişimi...	43
Şekil 4.14.	Ortalama yıllık yağış miktarlarının 1970-2002 yılları arasındaki değişimi.....	43
Şekil 4.15.	Yıllık yağış miktarları kullanılarak elde edilen eklenik sapma ve ortalama yağış grafikleri.....	44
Şekil 4.16.	Etp'nin aylık değişimleri.....	46
Şekil 4.17.	Adana ilinin 1929 – 2001 yılları için yağış ve Etp değerlerinin aylık değişim grafiği (su bilançosu).....	48
Şekil 4.18.	Handere kili ve taraça araştırma çukuru yerlerinin çalışma alanı içindeki dağılımı.....	50
Şekil 4.19.	Arazi çalışmaları sırasında alınan kıltaşı blok numunelerinin görünüşleri.....	51
Şekil 4.20.	Örnekleme yapılan yerlerdeki zemin numunelerine ait su muhtevası (w_n), likit limit (LL) ve plastik limit (PL) değerlerinin değişimleri.....	53
Şekil 4.21.	Kıvam limiti deney sonuçlarına göre elde edilmiş likit limit- plastisite indisi ilişkisi.....	55
Şekil 4.22.	Konsolidasyon deneyinde kullanılan örneklerin deney sonrası görünüşleri.....	57
Şekil 4.23.	Bazı konsolidasyon parametrelerinin lokasyonlara göre değişimleri	58
Şekil 4.24.	Handere Kili örneklerinin konsolidasyon deneylerinden elde edilmiş deney eğrileri.....	59
Şekil 4.25.	Farklı araştırmacılar tarafından önerilen ampirik bağıntılar ile bu çalışmadan elde edilen sıkışma indisi değerlerinin örnek yerlerine göre dağılımları.....	60
Şekil 4.26.	Bu çalışma ile elde edilmiş $m_v - a_v$ ilişkisi.....	61
Şekil 4.27.	Bu çalışma ile elde edilmiş $a_v - P$ (gerilme) ilişkisi.....	61
Şekil 4.28.	Bu çalışma ile elde edilmiş $m_v - P$ (gerilme) ilişkisi.....	62
Şekil 4.29.	Analizi yapılan yol yarması şevinin statik durumdaki duraylılık analizi ve olması muhtemel kayma dairesi şekli.....	65
Şekil 4.30.	Zeminlerin şişme ve büzülmesinin tespitinde kullanılan yöntemler	68
Şekil 4.31.	Şişme deneyine tabi tutulmuş 2 farklı kil numunesinin deney sonundaki durumları.....	70

Şekil 4.32.	Büzülme limitinin belirlenmesi amacıyla Casagrande tarafından önerilen abak ve incelenen lokasyonların dağılımı.....	73
Şekil 4.33.	Deney ve formülle bulunan sıkışma indisi değerlerinin örnek yerlerine göre dağılımları.....	76
Şekil 4.34.	JF-8 (AGV arazisi) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	78
Şekil 4.35.	JF -14 (Başkent Okulları) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti..	79
Şekil 4.36.	JF 8 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	80
Şekil 4.37.	JF 14 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	80
Şekil 4.38.	Taraça araştırma çukuru yerlerinin çalışma alanı içindeki dağılımı.	84
Şekil 4.39.	İncelenen AÇ-3 ve AÇ-19 araştırma çukurlarına ait kesitler ve elde edilen tane boyu eğrileri.....	86
Şekil 4.40.	İncelenen AÇ-41 ve AÇ-62 araştırma çukurlarına ait kesitler ve elde edilen tane boyu eğrileri.....	87
Şekil 4.41.	İncelenen AÇ-57 ve AÇ-67 araştırma çukurlarına ait kesitler ve elde edilen tane boyu eğrileri.....	88
Şekil 4.42.	İncelenen araştırma çukurları ve elde edilen tane boyu eğrileri	89
Şekil 4.43.	İncelenen AÇ-10 araştırma çukurlarına ait kesit ve elde edilen tane boyu eğrisi.....	90
Şekil 4.44.	Ağırlıkça su emme deneylerinde kullanılan karot parçaları	90
Şekil 4.45.	Taraça örneklerinde ağırlıkça su emmenin zamana bağlı olarak değişimi.....	91
Şekil 4.46.	Dilberler sekisi boyunca görülen yol yarmasında Schmidt çekici ile taranan taraça çökelleri.....	95
Şekil 4.47.	Schmidt çekici ile taranan bazı taraçaların arazi görünüşleri	95
Şekil 4.48.	Tek eksenli basma dayanımı deneylerinde kullanılan karot numuneler.....	97
Şekil 4.49.	ST 13 numaralı taraça örneğine ait tek eksenli basma dayanımı deney verileri ve gerilme – birim deformasyon grafiği.....	98
Şekil 4.50.	YT 1 numaralı taraça örneğine ait tek eksenli basma dayanımı deney verileri ve gerilme – birim deformasyon grafiği.....	99
Şekil 4.51.	YT 1 numaralı taraça örneğine ait tek eksenli basma dayanımı deney	

	verileri ve gerilme – birim deformasyon grafiği.....	100
Şekil 4.52.	En düşük ve en yüksek tek eksenli basma dayanımı değerlerine sahip karot numuneleri için elde edilmiş taraça kaya dayanımı parametreleri.....	104
Şekil 4.53.	Kaya taşıma gücünün belirlenmesi için oluşturulmuş bilgisayar programına ait veri giriş parametreleri ve hesaplananlar.....	108
Şekil 4.54.	Taraça örnekleri için kohezyon değerlerinin kaya taşıma gücü ile ilişkisi (birim hacim ağırlığı 24 kN/m ³ olan numuneler için).....	109
Şekil 4.55.	JF-5 (oto pazarı) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	110
Şekil 4.56.	JF-6 (Beyazevler Mah) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	111
Şekil 4.57.	JF-7 (Mahfesiğmaz Mahallesi) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	112
Şekil 4.58.	JF-15 (Mavi Bulvar) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti	113
Şekil 4.59.	JF 5 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	114
Şekil 4.60.	JF 6 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	114
Şekil 4.61.	JF 7 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	115
Şekil 4.62.	JF 15 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	115
Şekil	4.63. Değişik kalış oluşum seviyelerinin 47 numaralı inceleme noktasında tespit edilmiş görünümleri ve aynı yerin şematik gösterimi (00805 D/ 02769 K, 123 m).....	119
Şekil 4.64.	Karbonat tüplü kalışın killi birim içindeki sütunsu görünümü.....	120
Şekil 4.65.	Karbonat kabuk içerisinde yer alan bitki kök kalıntıları.....	121
Şekil 4.65.	B kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.....	123
Şekil 4.66.	C kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.....	123
Şekil 4.67.	D kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.....	124
Şekil 4.68.	E kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.....	124
Şekil 4.69.	F kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.....	125
Şekil 4.70.	KK kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.....	126
Şekil 4.71.	KK kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.....	126

Şekil 4.72.	ÇK kesitlerinin polarizan mikroskoptaki tipik görünüşleri.....	127
Şekil 4.73.	Ağırlıkça su emme deneylerinde kullanılan karot parçaları.....	129
Şekil 4.74.	Beyaz kalışlerde ağırlıkça su emmenin zamana bağlı olarak değişimi.....	129
Şekil 4.75.	Kırmızı kalışlerde ağırlıkça su emmenin zamana bağlı olarak değişimi.....	130
Şekil 4.76.	Çakıllı kalışlerde ağırlıkça su emmenin zamana bağlı olarak değişimi.....	130
Şekil 4.77.	Tek eksenli basma dayanımı (UCS) deneylerinde kullanılan kalış gruplarına (BK, KK ve ÇK) ait karot örnekleri.....	134
Şekil 4.78.	KK grubu kalış örneğinde yapılan deformasyon kontrollü tek eksenli basma dayanımı deneyi ile elde edilmiş gerilme – gerinme eğrisi ve hesaplanmış elastisite modülü değerleri.....	135
Şekil 4.79.	BK grubu kalış örneğinde yapılan deformasyon kontrollü tek eksenli basma dayanımı deneyi ile elde edilmiş gerilme – gerinme eğrisi ve hesaplanmış elastisite modülü değerleri.....	136
Şekil 4.80.	ÇK grubu kalış örneğinde yapılan deformasyon kontrollü tek eksenli basma dayanımı deneyi ile elde edilmiş gerilme – gerinme eğrisi ve hesaplanmış elastisite modülü değerleri.....	137
Şekil 4.81.	Kalış örneklerinde tek eksenli basma dayanımı deneyleri sonucu oluşan dik ya da dike yakın tipik kırılma yüzeyleri.....	139
Şekil 4.82 a.	En düşük tek eksenli basma dayanımı değerine sahip karot numuneleri için elde edilmiş kaya dayanım parametreleri.....	140
Şekil 4.82 b.	En yüksek tek eksenli basma dayanımı değerine sahip karot numuneleri için elde edilmiş kaya dayanım parametreleri.....	141
Şekil 4.83.	AÇ-43 inceleme yerine ait konsolidasyon eğrisi.....	143
Şekil 4.84.	AÇ-14 inceleme yerine ait konsolidasyon eğrisi.....	144
Şekil 4.85.	AÇ-13 inceleme yerine ait konsolidasyon eğrisi.....	144
Şekil 4.86.	SK-15 sondaj inceleme yerine ait konsolidasyon eğrisi.....	145
Şekil 4.87.	Kalış örneklerinin kohezyon değerlerinin taşıma gücü ile ilişkisi (birim hacim ağırlıkları 18 kN/m^3 olan örnekler için hesaplanmıştır).....	148
Şekil 4.88.	100. Yıl Mahallesinde, sert kalış birimi içerisinde görülen kaya	

	devrilmesi türü kütle hareketleri.....	149
Şekil 4.89.	Belediye Evleri Mahallesinde bir dere yamacındaki yumuşak kalınlarda oluşan küçük boyuttaki kütle hareketi.....	149
Şekil 4.90.	JF-11 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	150
Şekil 4.91.	JF-12 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	152
Şekil 4.92.	JF-13 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	153
Şekil 4.93.	JF 11 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	154
Şekil 4.94.	JF 12 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	154
Şekil 4.95.	JF 13 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	155
Şekil 4.96.	Taraça biriminin güneye doğru yüzeyden derine doğru inmesi ile alüvyon kilindeki kalınlaşmayı gösteren şematik kesit.....	157
Şekil 4.97.	CH grubu alüvyon killeri için ortaya konulan PI – LL ilişkisi.....	161
Şekil 4.98.	CL grubu alüvyon killeri için ortaya konulan PI – LL ilişkisi.....	162
Şekil 4.99.	SK-2 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.....	163
Şekil 4.100.	SK-3 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.....	164
Şekil 4.101.	SK-4 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.....	165
Şekil 4.102.	SK-5 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.....	166
Şekil 4.103.	SK-6 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.....	167
Şekil 4.104.	SK-8 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.....	168
Şekil 4.105.	SK-10 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.....	169
Şekil 4.106.	SK-17 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.....	169
Şekil 4.107.	Siltlerin sıvılaşma potansiyellerinin belirlenmesinde kullanılan plastisite kartı (TS 1500, 2000).....	174
Şekil 4.108.	Sıvılaşma risk analizi için oluşturulmuş programa ait ekran görüntüsü ile girdi ve çıktı parametreleri.....	175
Şekil 4.109.	JF-1 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	178
Şekil 4.110.	JF-2 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	179
Şekil 4.111.	JF-3. ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	180
Şekil 4.112.	JF-4 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	181
Şekil 4.113.	JF-9 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	182

Şekil 4.114.	JF-10 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	183
Şekil 4.115.	JF-16 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	184
Şekil 4.116.	JF-17 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.....	185
Şekil 4.117.	JF 2 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	186
Şekil 4.118.	JF 3 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	186
Şekil 4.119.	JF 4 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	187
Şekil 4.120.	JF 9 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	187
Şekil 4.121.	JF 10 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	188
Şekil 4.122.	JF 16 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	188
Şekil 4.123.	JF 17 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.....	189
Şekil 4.124.	Bu çalışmada kullanılan TSM 750 kızaklı sondaj makinesi.....	191
Şekil 4.125.	SK 1 (Sinanpaşa Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	194
Şekil 4.126.	SK 2 (Başak Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	195
Şekil 4.127.	SK 3 (Bahçelievler Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm....	197
Şekil 4.128.	SK 4 (Çamlıbel Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	198
Şekil 4.129.	SK 5 (Yenidoğan Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	200
Şekil 4.130.	Karnıyarık tüpü içinden çıkan karbonat yumrulu kil birimi.....	200
Şekil 4.131.	SK 6 (Levent Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	202
Şekil 4.132.	SK 7 (Yavuzlar Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	204
Şekil 4.133.	Burgu ile 4 m derinlikten çıkarılan alüvyon kili.....	204
Şekil 4.134.	SK 8 (Narlıca Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	205
Şekil 4.135.	SPT tüpü ile 4.50 m derinlikten çıkarılan plastik alüvyon kili.....	206
Şekil 4.136.	SK 9 (Fevzipaşa mah) sondaj çalışmasından alınan kil örneğinin görünümü.....	207
Şekil 4.137.	SK-9 sondajında kesilen yüksek plastisiteli alüvyon kili.....	207
Şekil 4.138.	9.00 metreden sonra karşılaşılan kırmızı renkli alüvyon kili.....	208

Şekil 4.139.	SK 10 (Yeşiloba Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	209
Şekil 4.140.	Alüvyon kili içerisindeki karbonatlı seviyelerden birinin görünümü	210
Şekil 4.141.	SK 11 (Hipodrom) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	211
Şekil 4.142.	SK 11 sondajında kesilen koyu kahverengi, plastik alüvyon kili....	212
Şekil 4.143.	Yeraltı su seviyesi altında burgu ile çıkarılmış alüvyon kili.....	212
Şekil 4.144.	SK 12 (Yeşilevler Mah) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	214
Şekil 4.145.	SPT tüpü ile alınmış kum içeren alüvyon kili örneği.....	214
Şekil 4.146.	SK 13 (2000 Evler Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm....	216
Şekil 4.147.	SK 13 lokasyonu üst seviyelerinde kesilen karbonatsız kalış kili...	216
Şekil 4.148.	SK 14 (100 Yıl Kadirbeyoğlu Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	217
Şekil 4.149.	SK 15 (Pınar Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.....	218
Şekil 4.150.	Kırmızı renkli karbonat yumrulu kalış kili.....	219
Şekil 4.151.	SK 17 (Mirzaçelebi Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm...	221
Şekil 4.152.	SK 17 sondajından alınan alüvyon kilinin örneğinin görünümü....	221
Şekil 4.153.	Serbest basınç dayanımı deneylerinde kullanılmış bazı örneklerin deney sonrası görünümü.....	224
Şekil 4.154.	Hara ve diğ., 1971 (Yıldırım, 2002'den) bağıntısı kullanılarak elde edilmiş SPT-N, kohezyon değerleri ilişkisi.....	225
Şekil 4.155.	Deneye tabi tutulan örneklerden elde edilen kohezyon değerlerinin sondaj noktalarına göre değişimleri.....	226
Şekil 4.156.	Düşey elektrik sondajı (DES) ölçümlerinde kullanılan rezistivite sistemi.....	230
Şekil 4.157.	Sismik cihaz ile elde edilmiş veri kayıtlarından örnekler.....	233
Şekil 4.158.	Çukurova bölgesine ait fay haritası.....	234
Şekil 4.159.	Bu çalışma kapsamında incelenen Çukurova bölgesi episantr dağılım haritası.....	241
Şekil 4.160.	Deprem sayılarının yıllara göre değişimi (1900 – 2001 yılları için)	242
Şekil 4.161.	Yıl içerisinde oluşan depremlerin aylara göre oluş sayılarının dağılımı.....	243
Şekil 4.162.	İncelenen veriler için ortaya konulan magnitüd – frekans ilişkisi...	244
Şekil 4.163.	İnceleme alanı için Poisson modeliyle hesaplanmış sismik tehlike değerleri.....	250

Şekil 4.164.	Gumbel modeli kullanılarak belirlenmiş tekrarlanma periyotları....	253
Şekil 4.165.	Yüreğir Belediyesi veri noktasında yeraltı su seviye ölçer ile kuyu başında seviye ölçüm işlemi.....	256
Şekil 4.166.	İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu derinlik haritası.....	258
Şekil 4.167.	Ruh sağlığı hastanesine ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.....	259
Şekil 4.168.	Karşıyaka mahallesi veri noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.....	260
Şekil 4.169.	Çukobirlik veri noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.....	260
Şekil 4.170.	Adana Demirspor kulübü veri yerine ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.....	261
Şekil 4.171.	Karşıyaka mahallesi noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.....	261
Şekil 4.172 a.	Sarıhuğlar veri noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.....	262
Şekil 4.172 b.	Çukurova Üniversitesi tarlası veri noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.....	262
Şekil 4.173.	İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu eş-pH haritası.....	289
Şekil 4.174.	İnceleme alanındaki suların toplam iyon-EC grafiği.....	266
Şekil 4.175.	İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu eş-EC (mikromho/cm) haritası.....	269
Şekil 4.176.	İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu eş-sertlik (FS) haritası.....	271
Şekil 4.177.	İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu eş-sülfat (mek/l) haritası.....	272
Şekil 4.180.	Suların Schoeller içilebilirlik diyagramı.....	274
Şekil 4.181.	İnceleme alanı sularının Wilcox diyagramındaki dağılımı.....	279
Şekil 4.182.	1992 yılı Landsat 7 ETM+ 4. (IR), 3. (kırmızı) ve 2. (yeşil) band kombinasyonu ve Histogram Equalization metodu kullanılarak zenginleştirilmiş görüntüsü.....	284
Şekil 4.183.	2002 yılı Landsat 7 ETM+ 4. (IR), 3. (kırmızı) ve 2. (yeşil) band	

	kombinasyonu ve Histogram Equalization metodu kullanılarak zenginleştirilmiş görüntüsü.....	285
Şekil 4.184.	Çalışma alanının 1992 Landsat 7 ETM+ için 6 sınıfta oluşturulmuş ve filtrelenmiş unsupervised görüntüsü.....	286
Şekil 4.185.	Çalışma alanının 2002 Landsat 7 ETM+ için 6 sınıfta oluşturulmuş ve filtrelenmiş unsupervised görüntüsü.....	287
Şekil 4.186.	Sayısallaştırılmış topoğrafik eğriler, dere yatakları ve baraj gölü...	288
Şekil 4.187.	İşlenen sondaj lokasyonlarının bu çalışma ile ortaya konulmuş genel jeoloji haritası üzerinde görülen dağılımları.....	289
Şekil 4.188.	CBS'de oluşturulan "Araştırma Çukurları" tabakasına ait veri bankasının bilgisayar görüntüsünü.....	290
Şekil 4.189.	Yeraltı suyu kimyasal analiz değerlerini gösteren veri bankası.....	293
Şekil 4.190.	"Yapılan Sondajlar" tabakası içinde yer alan bir lokasyona ait bilgileri gösteren açılmış veri penceresi görünümü.....	293
Şekil 4.195.	İnceleme alanı için sayısal koordinatlarda oluşturulmuş topoğrafik harita.....	296
Şekil 4.192.	İnceleme alanına ait eş-topoğrafik kontur haritası.....	298
Şekil 4.193.	İnceleme alanına ait oluşturulmuş yükseklik modeli.....	299
Şekil 4.194.	İnceleme alanına ait sayısallaştırılmış yol haritası.....	300
Şekil 4.195.	İnceleme alanına ait veri gruplarını içeren dokümantasyon haritası.....	302
Şekil 4.196.	İnceleme alanına ait eş-rezistivite haritası (10 m derinlik için oluşturulmuş).....	303
Şekil 4.197.	İnceleme alanına ait eş rezistivite haritası (20 m derinlik için oluşturulmuş).....	304
Şekil 4.198.	İnceleme alanına ait eş rezistivite haritası (30 m derinlik için oluşturulmuş).....	305
Şekil 4.199.	Çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen bağıntılar kullanılarak oluşturulmuş SPT – V_s ilişkisi.....	308
Şekil 4.200.	İnceleme alanına ait eş kayma dalgası hızı haritası (6 m derinlik için oluşturulmuş).....	310
Şekil 4.201.	İnceleme alanına ait eş SPT-N haritası (3 m derinlik için oluşturulmuş).....	313

Şekil 4.202.	İnceleme alanına ait eş SPT-N haritası (7.5 m derinlik için oluşturulmuş).....	314
Şekil 4.203.	İnan ve diğ, (1996) bağıntısı kullanılarak elde edilmiş zemin ivmesi azalım ilişkileri.....	316
Şekil 4.204.	Aydan ve diğ, (1996) bağıntısı kullanılarak elde edilmiş deprem ivmesi azalım ilişkisi grafiği.....	317
Şekil 4.205.	Pik zemin ivmesi hesaplamalarında kullanılan Misis fayının çalışma alanı içindeki konumu.....	319
Şekil 4.206.	İnceleme alanına ait pik zemin ivmesi (pga, mG) değerlerinin değişimi gösteren bölgelendirme haritası.....	320
Şekil 4.207.	Midorikawa (1987) bağıntısı kullanılarak üretilmiş zemin büyütmesi grafiği.....	322
Şekil 4.208.	İnceleme alanına ait zemin büyütme haritası.....	324
Şekil 4.209.	İnceleme alanına ait zemin hakim titreşim periyodu haritası.....	325

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1.	Adana ili yerleşim alanı içerisinde mahallelerin ilçelere göre dağılımları.....	4
Çizelge 4.1.	Gözlem yıllarına bağlı olarak inceleme alanındaki yağış miktarları ile yıllık yağıştan sapma ve eklenik sapma değerleri....	45
Çizelge 4.2.	Adana ilinin 1929-2001 yılları arasını kapsayan denetirmeli su bilançosu.....	47
Çizelge 4.3.	İncelenen noktalardan alınmış numuneler üzerinde yapılan deneylere göre elde edilmiş doğal birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık değerleri.....	52
Çizelge 4.4.	Handere Kili'ne ait bazı fiziksel özelliklerin lokasyonlara bağlı olarak değişimleri.....	53
Çizelge 4.5.	Derinliğe bağlı olarak kıvam parametreleri ile zemin sınıflarının değişimi.....	54
Çizelge 4.6.	Handere Formasyonu içerisindeki kil grubu örneklerle ait hesaplanmış drenajsız kayma dayanımı parametreleri.....	56
Çizelge 4.7.	British Standards Institution (1975), drenajsız kayma dayanımı değerine göre zeminlerin sınıflandırılması.....	56
Çizelge 4.8.	Konsolidasyon deneylerinden elde edilmiş konsolidasyon parametreleri.....	57
Çizelge 4.9.	Sıkışma indisinin belirlenmesi amacıyla farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş bağıntılar.....	60
Çizelge 4.10	İncelenen Handere Kili örnek yerleri için elde edilmiş taşıma gücü değerleri.....	63
Çizelge 4.11.	İncelenen örnek yerlerine ait kimyasal analiz (%) sonuçları.....	67
Çizelge 4.12.	İncelenen lokasyonlar için elde edilmiş <i>pH</i> ve <i>KDK</i> değerleri.....	67
Çizelge 4.13.	Bazı kil minerallerinin <i>KDK</i> değerleri (Grim, 1968; Yılmaz, 2000b'den).....	68
Çizelge 4.14.	Modifiye serbest şişme indisine bağlı olarak şişmenin tanımlanması.....	70
Çizelge 4.15.	İnceleme noktalarına göre serbest ve modifiye şişme değerlerinin hesaplanmış değerleri ve şişme derecelerinin	

	tanımı.....	70
Çizelge 4.16.	Plastisite indisine bağlı olarak şişen zeminlerin tanımlanması.....	71
Çizelge 4.17	USAEWES şişme potansiyeli sınıflaması.....	72
Çizelge 4.18.	Örnek yerlerine göre tanımlanmış şişme potansiyeli değerleri.....	72
Çizelge 4.19.	Örnek yerlerine ait likit limit ve plastisite indisi parametreleri kullanılarak elde edilmiş büzülme limiti değerleri.....	74
Çizelge 4.20.	Büzülme limiti ve lineer büzülmeyi kullanarak şişme potansiyelinin belirlenmesi için önerilen rehber (Altmeyer, 1955).....	74
Çizelge 4.21.	Farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş şişme potansiyeli kriterleri.....	74
Çizelge 4.22.	Konsolidasyon deneyleri sırasında deneyle hesaplanan ve formülle bulunan sıkışma indisi değerlerinin veri noktalarına göre değişimleri.....	75
Çizelge 4.23.	Örnek yerlerine bağlı olarak zemin emmesi ve toplam şişme miktarlarının değişimi.....	77
Çizelge 4.24.	Karşlı Mahallesindeki (AGV arazisi batısı) sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 8).....	78
Çizelge 4.25.	Başkent Okulları sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 14).....	79
Çizelge 4.26.	Elde edilen bazı verilerin değerlendirilmesiyle elde edilmiş bazı fiziksel özelliklerin taraça çökelleri içerisindeki değişimleri.....	85
Çizelge 4.27.	Deney numunelerinin 210 gün sonundaki ağırlıkça su emme değerleri.....	91
Çizelge 4.28.	Tutturulmuş taraça numuneleri ile taraçayı oluşturan tanelere ait birim hacim ağırlığı değerleri.....	92
Çizelge 4.29.	İncelenen yüzey kazalarına ait sürtünme açısı ve birim hacim ağırlık değerleri.....	93
Çizelge 4.30.	Taraçalarda elde edilen Schmidt çekici darbe sayılarının dağılımı.....	95
Çizelge 4.31.	Schmidt sertlik değerlerinin tanımlanması (Schmidt, 1951).....	96
Çizelge 4.32.	Taraça kaya örneklerinin tek eksenli basma dayanımı	

	deneylerinden elde edilen veriler.....	101
Çizelge 4.33.	Kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımının tanımlanması (ISRM, 1978).....	102
Çizelge 4.34.	Deere ve Miller (1966) kaya dayanımı sınıflaması.....	102
Çizelge 4.35.	Kayaçların dayanım deney sonuçlarına göre sınıflandırılmaları (Hoek, 1998).....	103
Çizelge 4.36.	Taraça örneklerine ait kaya dayanım parametreleri.....	105
Çizelge 4.37.	İncelenen taraça lokasyonları için elde edilmiş taşıma gücü değerleri.....	107
Çizelge 4.38.	Taraçalara ait emin taşıma gücü değerlerinin kohezyon ve birim hacim ağırlığı değerlerine bağlı olarak değişimi.....	109
Çizelge 4.39.	Oto Pazarı (Çukurova Üniv. güneyi) sahasındaki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 5).....	111
Çizelge 4.40.	Beyazevler Mahallesindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 6).....	111
Çizelge 4.41.	Mahfesiğmaz Mahallesindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 7).....	112
Çizelge 4.42.	Mavi Bulvar ölçüm noktasında sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 15).....	113
Çizelge 4.43.	İnceleme alanı içerisinde yer alan kalış numuneleri ile çevredeki farklı kalış birimlerine ait kimyasal analiz (%) sonuçları.....	122
Çizelge 4.44.	Elde edilen bazı verilerin değerlendirilmesiyle elde edilmiş bazı fiziksel özelliklerin kalış çökeltilerinde değişimleri.....	128
Çizelge 4.45.	Deney numunelerinin 210 gün sonundaki ağırlıkça su emme değerleri.....	131
Çizelge 4.46.	Kalış karbonat kabuk gruplarına ait birim hacim ağırlıklarının değişimi.....	132
Çizelge 4.47.	Kalış numunelerine ait bazı fiziksel parametreler.....	131
Çizelge 4.48.	Masif kalış numunelerinden elde edilen Schmidt çekici darbe sayılarının dağılımı ve kaya tanımlaması.....	133
Çizelge 4.49.	Tek eksenli basma dayanımı (UCS) deneylerinden elde edilen veriler.....	138

Çizelge 4.50.	Kaliş örneklerine ait kaya dayanım parametreleri.....	142
Çizelge 4.51.	AÇ 43 inceleme yerine ait, elde edilmiş konsolidasyon deney parametreleri.....	143
Çizelge 4.52.	AÇ 14 inceleme yerine ait, elde edilmiş konsolidasyon deney parametreleri.....	143
Çizelge 4.53.	AÇ 13 inceleme yerine ait, elde edilmiş konsolidasyon deney parametreleri.....	144
Çizelge 4.54.	SK-15 inceleme yerine ait (2.50-3.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.....	145
Çizelge 4.55.	İncelenen sondaj inceleme noktaları için konsolidasyon eğrilerinden elde edilmiş olan bazı konsolidasyon parametreleri.....	146
Çizelge 4.56.	Yumuşak kaliş birimindeki lokasyonlardan elde edilmiş taşıma gücü parametreleri.....	147
Çizelge 4.57.	Sert kaliş birimine ait emin taşıma gücü değerlerinin kohezyon ve birim hacim ağırlığı değerlerine bağlı olarak değişimi.....	148
Çizelge 4.58.	Umudum Özel Eğitim Kurumu (JF – 11) doğusundaki sahada yapılan sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler.....	151
Çizelge 4.59.	Bahçeşehir (Kireçocağı) Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 12).....	152
Çizelge 4.60.	Belediye Evleri Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 13).....	153
Çizelge 4.61.	Alüvyon biriminde farklı veri noktalarından alınan örneklere ait fiziko-mekanik parametreler.....	159
Çizelge 4.62.	Veri gruplarından elde edilmiş kıvam parametreleri ve plastisite tanımları.....	160
Çizelge 4.63.	İnce taneli zeminlerin plastisite derecesi sınıflamaları (Leonards, 1962).....	161
Çizelge 4.64.	SK-2 sondajına ait (11.50-12.00 m.) konsolidasyon deney parametreleri.....	163
Çizelge 4.65.	SK-3 sondajına ait (11.50-12.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.....	164

Çizelge 4.66.	SK-4 sondajına ait (2.50-3.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.....	165
Çizelge 4.67.	SK-5 sondajına ait (9.00-9.55 m) konsolidasyon deney parametreleri.....	166
Çizelge 4.68.	SK-6 sondajına ait (11.50-12.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.....	166
Çizelge 4.69.	SK-8 sondajına ait (5.50-6.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.....	167
Çizelge 4.70.	SK-10 sondajına ait (5.50-6.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.....	168
Çizelge 4.71.	SK-17 sondajına ait (9.00-9.50 m) konsolidasyon deney parametreleri.....	169
Çizelge 4.72.	İncelenen sondaj noktaları için konsolidasyon eğrilerinden elde edilmiş olan bazı konsolidasyon parametreleri.....	170
Çizelge 4.73.	Alüvyon yüzey kazılarından elde edilmiş olan taşıma gücü değerleri.....	171
Çizelge 4.74.	Deprem magnitudüne bağlı olarak sıvılaşma oluşabilecek alanın faydan uzaklıklarının, D (km cinsinden) hesaplanan değerleri.....	173
Çizelge 4.75.	Sıvılaşma analizleri kapsamında incelenen veri noktaları.....	176
Çizelge 4.76.	İncelenen veri noktaları için sıvılaşma risk değerlendirmesi.....	176
Çizelge 4.77.	Farklı araştırmacıların deprem episantrından uzaklığa bağlı olarak oluşacak maksimum ivme (a_{maks}) değerleri.....	177
Çizelge 4.78.	Dedekorkut (Anadolu) Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 1).....	178
Çizelge 4.79	Koza Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF-2).....	179
Çizelge 4.80.	Atakent (Afetevleri) Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 3).....	180
Çizelge 4.81.	PTT Evleri Mahallesi'ndeki (JF 4) sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler.....	181
Çizelge 4.82.	Onur Mahallesiindeki (Otogar karşısı) sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 9).....	182

Çizelge 4.83.	Real kuzeyindeki sahada yapılan sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 10).....	183
Çizelge 4.84.	Döşeme Mahallesiindeki (valilik arkası) sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 16).....	184
Çizelge 4.85.	Güneşli Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 17).....	185
Çizelge 4.86.	Yapılan sondajlara ait genel bilgiler.....	192
Çizelge 4.87.	SK 1 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	195
Çizelge 4.88.	SK 1 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	195
Çizelge 4.89.	SK 2 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	196
Çizelge 4.90.	SK 2 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	196
Çizelge 4.91.	SK 3 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	197
Çizelge 4.92.	SK 3 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	198
Çizelge 4.93.	SK 4 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	199
Çizelge 4.94.	SK 4 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	199
Çizelge 4.95.	SK 5 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	201
Çizelge 4.96.	SK 5 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	201
Çizelge 4.97.	SK 6 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	202
Çizelge 4.98.	SK 6 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	203
Çizelge 4.99.	SK 7 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	204

Çizelge 4.100.	SK 7 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	205
Çizelge 4.101.	SK 8 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	206
Çizelge 4.102.	SK 8 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	206
Çizelge 4.103.	SK 9 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	208
Çizelge 4.104.	SK 9 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	209
Çizelge 4.105.	SK 10 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	210
Çizelge 4.106.	SK 10 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	211
Çizelge 4.107.	SK 11 (Hipodrom) sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	213
Çizelge 4.108.	SK 11 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	213
Çizelge 4.109.	SK 12 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	215
Çizelge 4.110.	SK 12 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	215
Çizelge 4.111.	SK 13 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	216
Çizelge 4.112.	SK 13 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	217
Çizelge 4.113.	SK 14 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	218
Çizelge 4.114.	SK 15 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	219
Çizelge 4.115.	SK 15 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	219
Çizelge 4.116.	SK 16 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış	

	deney verileri.....	220
Çizelge 4.117.	SK 16 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	220
Çizelge 4.118.	SK 17 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.....	222
Çizelge 4.119.	SK 17 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.....	222
Çizelge 4.120.	SPT-N değerleri ile killerin kıvam dereceleri arasındaki ilişki (Das, 1988).....	223
Çizelge 4.121.	Yapılan sondajlardan elde edilmiş SPT-N değerlerine göre kıvam tanımı.....	223
Çizelge 4.122.	Sondajlardan elde edilmiş kohezyon değerlerinin değişim aralıkları.....	226
Çizelge 4.123.	Farklı jeofizik yöntemlerin elde edilen bilgiler açısından karşılaştırılması.....	228
Çizelge 4.124.	Jeofizik ölçüm yapılan araştırma noktalarına ait bilgiler.....	229
Çizelge 4.125.	Rezistivite ölçüm noktalarında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş öz direnç değerleri.....	232
Çizelge 4.126.	Poisson ve V_p/V_s oranlarına göre zemin sıklık tanımlaması (Ercan, 2001).....	233
Çizelge 4.127.	Maksimum yer ivmesi (a_{maks}) değerlerinin deprem bölgelerine göre değişimi (DAD, 2004).....	240
Çizelge 4.128.	İncelenen depremler için magnitüd-deprem sayıları	243
Çizelge 4.129.	İnceleme alanı için magnitüd değer aralıkları ve bu aralıklarda meydana gelen deprem sayıları.....	246
Çizelge 4.130.	Oluşturulan sınıflara ait sıklık dağılım çizelgesi.....	247
Çizelge 4.131.	Oluşturulan model için deneysel ve teorik dağılım fonksiyonlarına ait değerler tablosu.....	247
Çizelge 4.132.	Modele ait sınıf değerleri için tekrarlanma periyotları.....	248
Çizelge 4.133.	Çalışma alanı için depremsellik parametreleri.....	249
Çizelge 4.134.	Çalışma alanı için elde edilmiş sismik tehlike ve dönüş periyotları.....	250
Çizelge 4.135.	Ulutaş ve diğ. (2001) tarafından Poisson modeli kullanılarak	

	yapılan çalışmaya ait sismik risk değerleri.....	251
Çizelge 4.136.	Gumbel modeli kullanılarak hesaplanmış sismik tehlike parametreleri.....	252
Çizelge 4.137.	ASKİ Çatalan suyu temin projesi kapsamında DAD tarafından yapılan deprem risk analizi verileri (ASKİ, 1999).....	536
Çizelge 4.138.	Yeraltı su derinlik haritasının oluşturulmasında kullanılan lokasyonlara ait statik su seviyesi değerleri.....	256
Çizelge 4.139.	İncelenen lokasyonlara ait fiziko-kimyasal analiz sonuçları.....	264
Çizelge 4.140.	Suların Fransız sertliği değerlerine göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991).....	268
Çizelge 4.141.	İçme sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri (TSE, 266).....	275
Çizelge 4.142.	İncelenen suların TSE 266 (1966)'ya göre kimyasal açıdan değerlendirilmesi.....	276
Çizelge 4.143.	RSC değerlerine göre sulamaya uygunluk sınıflaması.....	277
Çizelge 4.144.	İncelenen lokasyonlar için elde edilmiş iyon dağılımları ve %Na ile SAR değerleri.....	278
Çizelge 4.145.	SAR değerlerine göre sulama suyu sınıfları.....	280
Çizelge 4.146.	Suların Wilcox, ABD Tuzluluk ve SAR sınıflarına göre değerlendirilmesi.....	281
Çizelge 4.147.	Kayma dalgası hızları için önerilen ampirik bağıntılar.....	307
Çizelge 4.148.	İncelenen ampirik bağıntılarla hesaplanmış kayma dalgası hızı değer aralıkları ve darbe sayılarına göre değer aralıkları.....	309
Çizelge 4.149.	Taraça birimi için Aydan (2001) (Ulusay ve diğ., 2004'den) bağıntısı kullanılarak elde edilmiş maksimum zemin ivmesi (PGA) değerlerinin değişimi.....	318
Çizelge 4.150.	Zemin büyütmesini veren çeşitli ampirik bağıntılar.....	321

ÖZET

Bu çalışma, ülkemizin 4. büyük ili olan Adana için oluşturulmuş jeoteknik verileri ve değerlendirmeleri içeren kent bilgi sisteminin oluşturulması amaçlamaktadır. Adana ili yerleşim alanı farklı litolojilere sahip 4 birim üzerinde kurulu bulunmaktadır. Handere Formasyonu inceleme alanı içerisinde CH, MH, CL, ML türü ince taneli zeminlerden oluşan en yaşlı birimdir. Taraça çökelleri gevşek ve sıkı tutturulmuş olmak üzere 2 ayrı özellik sunmaktadır. Gevşek tutturulmuş taraça, zemin özelliği göstermekte olup GW, GP zemin grubu ile temsil edilmektedir. Sıkı tutturulmuş taraça ise tek eksenli basma dayanımına göre çok düşük kaya grubunda yer almaktadır. Yumuşak kalış büyük çoğunluğu CH olan zemin özelliği gösterirken sert kalış çok düşük dayanımlı kaya özelliği göstermektedir. Alüvyon çökelleri en eski yapılaşmanın üzerinde geliştiği bir birimdir ve 1998 Ceyhan depreminde de yapısal hasarların en fazla olduğu zemin türlerini içermektedir. Yapılan sondajlar, sismik ve rezistivite çalışmaları ile elde edilen veriler Adana ili alüvyonları içerisinde CH ve CL türü ince taneli taşkın ovası çökellerinin yaygın olduğunu ortaya koymuştur.

Taşıma gücü değerlendirmeleri açısından taraça ve Handere Kili problem göstermemektedirler. Kalış ve alüvyon çökelleri ise bu anlamda daha kritik değerler vermektedir. Bu çalışma ile elde edilen veriler gerçek koordinat sisteminde hazırlanmış topoğrafik haritalara işlenmiş ve her nokta için temel jeoteknik bilgileri içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu amaçla Arcview 3.3 programı kullanılmıştır. Sayısal verilerin lineer enterpolasyonla değerlendirilmesi amacıyla da Spatial Analyst 2.0a bilgisayar programından yararlanılmıştır. Verilerin kullanılmasıyla incelenen bölge için eş SPT-N, eş rezistivite, eş-zemin büyütmesi, eş-kayma dalgası hızı, eş taşıma gücü haritaları oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Adana, Kent Mühendislik Jeolojisi, Coğrafi Bilgi Sistemi

ABSTRACT

This studies aim to produce urban information system including results of geotechnical informations and evaluations for Adana, the fourth big city of Turkey. Adana province is located on four different lithological units. Handere Formation is the oldest unit in CH, MH, CL, ML types fine grains size soils in investigated area. Terrace units have two different properties as loose and hard. Loose terrace is characterized by GW, GP soil group. Hard terrace is situated in very low strength rock group based upon uniaxial compressive strength. Soft caliche has CH soil properties but hard caliche shows very low strength rock properties. Alluvium units, the oldest urbanization of Adana was developed on it, include soil types on which heavy structural damages occurred during in 1998 Ceyhan earthquake. Drilling, seismic and resistivity explorations shows that CH, CL types of fine grains sized floodplain deposits are widespread.

Terrace and Handere clay units are do not bring about problems, considering with bearing capacity evaluations. In contrast, caliche and alluvium deposits give critical low bearing capacity values. The data, obtained from this study, is located on topographical maps prepared with real coordinate system and a database, includes geotechnical information for all points is made. For this aim, Arcview 3.3 program is used. Numerical data is evaluated with linear interpolation by means of Spatial Analyst 2.0a computer program. Using all data, equal SPT-N, equal resistivity, equal soil amplification, equal shear wave velocity and equal bearing capacity maps are prepared for investigation area.

Key words: Adana, City Engineering Geology, Geographical Information System

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, kalabalık nüfusa sahip bir yerleşim yeri olan Adana il merkezi ve yeni yapılaşmanın olduğu yakın çevresi için, başta yerel zemin koşulları olmak üzere diğer jeoteknik parametrelerin ortaya çıkarılması, bölgenin sismik durumlardaki risk analizlerinin belirlenmesi, hidrojeolojik koşulların ortaya konulması ve elde edilen veriler ışığında Coğrafik Bilgi Sistemi kullanılarak Adana ili için jeoteknik veri tabanlı bir kent bilgi bankası sisteminin oluşturulmasıdır.

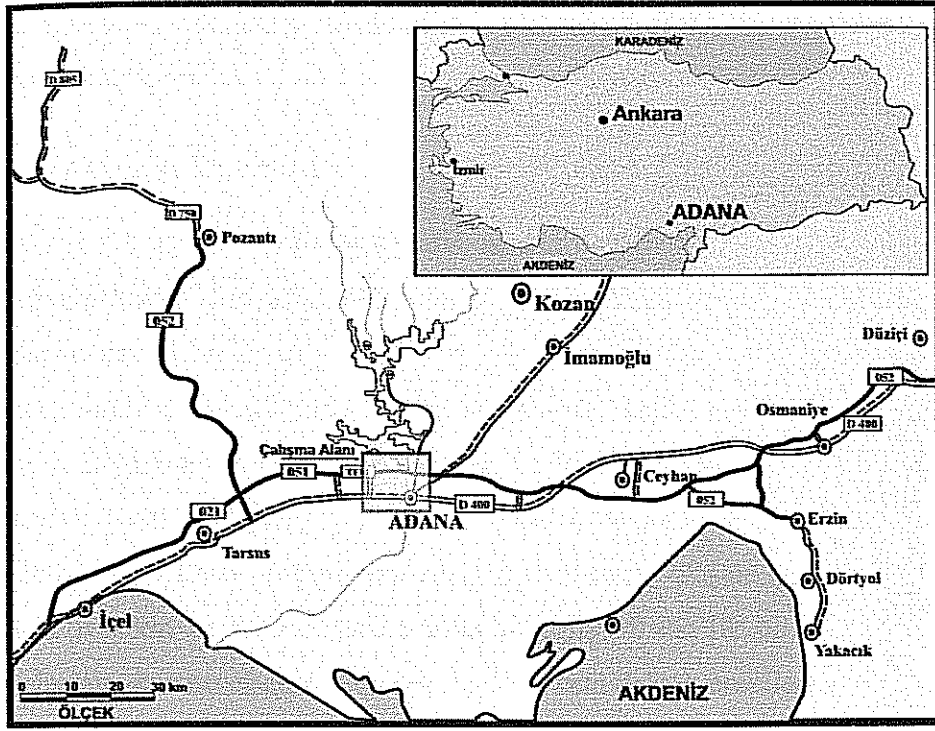
Deprem bölgelerindeki yerleşim yerlerinde yapılacak mühendislik çalışmalarında depremden daha az etkilenmek için depreme dayanıklı yapı üretmek tek başına yeterli olmamaktadır. Yapılaşma için daha uygun alanların belirlenmesi ve mevcut alanlar için detaylı jeoteknik çalışmaların yapılması ile maliyet azalması sağlanarak aynı zamanda ülke ekonomisi açısından kaynakların daha doğru kullanılması sağlanmış olacaktır.

Türkiye’de yerleşim yeri kurulu bir çok alanda olduğu gibi Adana ili ve yakın çevresi de ova rejiminin hakim olduğu bir alan üzerinde kurulu bulunmaktadır. Bu tür Kuvaterner çökellerinin bulunduğu alanlar üzerinde kurulu yerleşim yerlerinde depremler neticesinde sıvılaşma olaylarının sıkça meydana gelmesi, bu konunun Adana yerleşim yeri için de önemli olabileceğini ve araştırılması gerektiğini ifade etmektedir.

Türkiye’nin % 42’sinin 1. derece deprem bölgesi üzerinde kurulmuş olması ve bu bölgelerin büyük çoğunluğunun önemli ve kalabalık kentsel nüfusa sahip olması bu konularda yapılması gereken jeoteknik çalışmaların önemini daha da artırmaktadır. Özellikle 1999 Kocaeli depreminden sonra bir çok şehirde yapılan ve yapılmakta olan jeolojik, jeoteknik, hidrojeolojik ve jeofizik çalışmalar ile bilimsel verilere dayalı sonuçlar elde edilmektedir. Ancak son 10 yılda küçük bir kentten büyük şehire dönüşen Adana ili için yapılmış ve yapılmakta olan bu tür çalışmaların olmaması ve şu ana kadar da oldukça geç kalınmış olması, bunun yanında belediyeler gibi konuya ilgi göstermesi gereken yetkili organların ve teknik elemanların ilgisiz olmaları oldukça üzüntü vericidir.

Çalışma alanı, esas olarak Adana ili yerleşim alanı olup, yakın çevre olarak nitelendirilen ve halen yeni yapılaşmanın yaygın olarak devam ettiği Kuzey Adana da çalışma kapsamındadır (Şekil 1). Alansal büyüklük olarak ele alındığında çalışma 3 ayrı bölgeden oluşmaktadır. Bunlardan en küçüğü Adana ili yerleşim alanının dahil olduğu *kentsel jeoteknik alan*, bu alandan biraz daha büyüğü bölgenin hidrojeolojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla araştırılmış, kısmen yakın beldeleri de kapsayan *hidrojeolojik alan* ve en

büyüğü bölgenin depremselliğini ortaya koymak amacıyla yakın ilçeleri de içine alan *sismolojik alan*'dır.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Çalışma, benzer çalışmalar ve çalışma ile ilgili alt konuları içeren ulusal ve uluslararası literatürün derlenmesi ve incelenmesi, bölgede resmi ve özel kurumlarca yapılmış jeoteknik, hidrojeolojik verilerin elde edilmesi, arazi, sondaj, jeofizik ve laboratuvar çalışmalarının yapılması ve sağlanan verilerin analiz edilerek irdelenmesi ve uygun olanların bilgisayar ortamına aktarılması ve değerlendirilmesi safhalarından oluşmaktadır. Çalışmaların, daha önceden yapılmış 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalara dayandırılması başta amaçlanmışsa da arazi çalışmalarından elde edilen veriler ışığında mevcut jeoloji haritası revize edilmiştir. Bu haritanın oluşturulmasında dokanak tamamlama yöntemi kullanılmıştır.

Adana ili yerleşim alanının üzerinde kurulu olduğu zemin türlerinin değişkenliğinin fazla olması yapılacak çalışmaların çeşitliliğine doğrudan etki etmektedir. Çalışma ile farklı jeoteknik özelliklere sahip birimlerin yayılımları, fiziksel ve mekanik özellikleri, diğer birimlerle olan ilişkileri ele alınmıştır. Hidrojeolojik koşullar ve bölgenin depremselliği de ayrıca incelenmiştir.

Çeşitli resmi ve özel kurumlardan elde edilen ve bu çalışma ile sağlanan veriler kullanılarak, incelenen bölge için kayma dalgası hızları, zemin özdirenç değerleri, sıvılaşma riskleri ortaya konularak, oturma oluşturacak zeminler için oturma, şişme oluşturacak

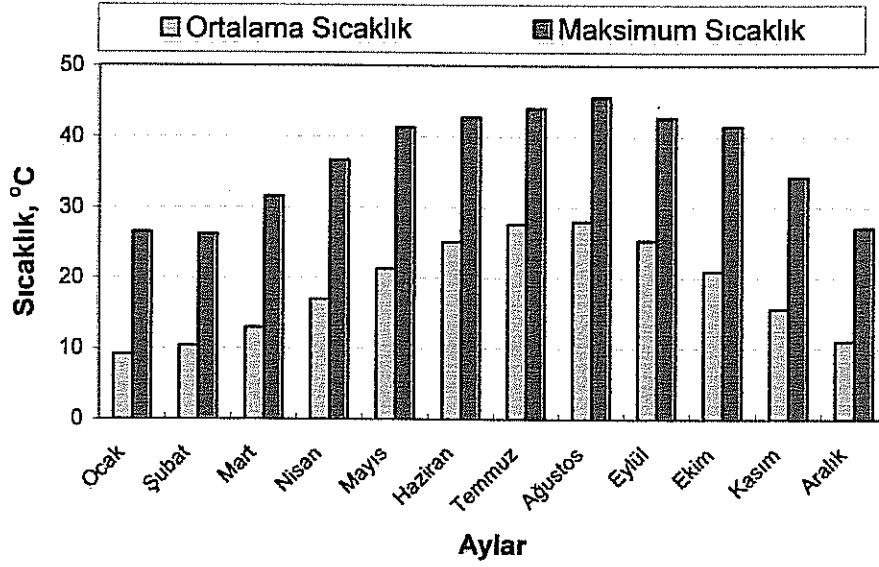
zeminler için şişme analizleri yapılmıştır. Elde edilen çeşitli veriler coğrafi bilgi sistemine girilerek daha önce elde edilen farklı haritalarla incelenen bölge için değişik parametreleri bünyesinde bulunduracak arazi kullanımına yönelik mühendislik jeolojisi haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır.

1.1. İnceleme Alanının Tanıtılması

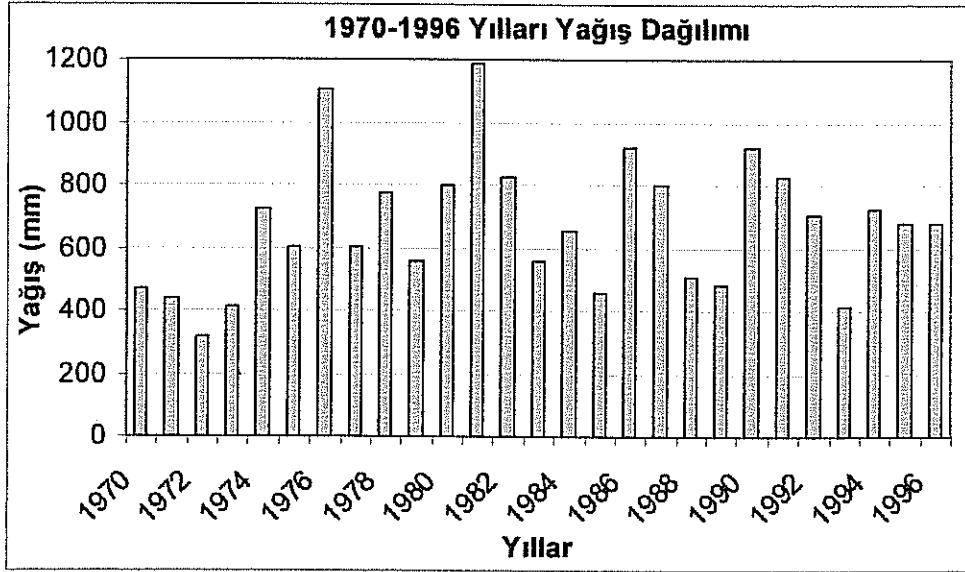
Adana ili ve yakın çevresi topoğrafik açıdan dağlık ve ovalık alan olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. İlin kuzeybatı, kuzey ve kuzeydoğu bölümleri Orta Toroslar adı verilen dağlar ile çevrelenmiştir.

Genel olarak ele alındığında Adana bölgesinde dağlık ve ovalık araziler bir arada bulunmaktadır. Dağlık araziler doğudan başlayıp ve kuzeye doğru uzanırlar. İlin kuzeyi genel olarak dağlıktır. Kozan, Ceyhan ve Yüreğir ovaları bölgenin düz ve düze yakın eğimli arazilerini oluşturur. Büyük çoğunluğu alüvyal ovalardan oluşan Çukurova havzası D-B doğrultusunda 100 km ve K-G doğrultusunda yaklaşık 70 km'lik bir uzanımına sahiptir. Bu ovalar birbirlerinin devamı olmakla beraber, hafif ve orta dalgalı arazilerle kısmen birbirinden ayrılırlar. Bu tip araziler aynı zamanda ovalarla dağlık araziler arasında geçiş bölgesi oluşturan yer şekilleridir. Kuzey sınırını teşkil eden sırt ve tepeliklerin yükseklikleri 1700-2000 m arasında değişmektedir. Seyhan ve Yüreğir ilçe merkezleri Adana ilinin ovalık kısmında yer alır ve geniş bir alan kaplar.

Çalışma alanının da içinde bulunduğu Adana ili iklimi, dağlık ve ovalık alanlarda farklılık göstermekle beraber Akdeniz ikliminin tipik özelliklerini taşır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Ortalama sıcaklık 18.71 °C, ortalama yağış metrekareye 663.24 mm'dir. Yılın en sıcak ayı Ağustos ve en soğuk ayları Ocak ve Şubat'tır (Şekil 1.2). Yılın ortalama 76 günü yağışlı geçer ve yağışın mevsimlere dağılımı oldukça düzensizdir. Ancak çoğu zaman Ocak ve Aralık aylarında yağış miktarında fazlalaşma olduğu görülmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.2. Adana ili için aylara bağlı olarak sıcaklık değerlerinin değişimi.



Şekil 1.3. Adana ili için yağışın yıllara bağlı olarak değişimi.

İnceleme alanı mahalle bazında ele alındığında Seyhan ilçe sınırlarında yerleşimin fazlalığına bağlı olarak mahalle sayısının Yüreğir ilçesine göre daha fazla olduğu görülür (Çizelge 1.1). Yapılaşma ve yapı yoğunluğu açısından ele alındığında da yüksek katlı ve sık yapıların Seyhan ilçesinde Yüreğir ilçesine göre oldukça fazla olduğu dikkati çekmektedir. Seyhan ilçesi litolojik çeşitliliğe bağlı olarak daha farklı türdeki birimler üzerinde yer almaktadır. Yüreğir ilçesinde ise yapıların büyük çoğunluğu alüvyal çökeller üzerinde yer almaktadır.

Çizelge 1.1. Adana ili yerleşim alanı içerisinde mahallelerin ilçelere göre dağılımları.

<i>SEYHAN İLÇESİ</i>			<i>YÜREĞİR İLÇESİ</i>	
Kurttepe	Şakirpaşa	Gazipaşa	Kışla	Koza
100. Yıl	Onur	Namık Kemal	PTT Evleri	Atakent
Belediye Evleri	Uçak	Mithatpaşa	Köprülü	
Güzelyalı	Kayalıbağ	İsmetpaşa	Kazım Başer	
Mahfesiğmaz	Karasoku	Aydınlar	Kiremithane	
Toros	Hanedan	Barış	Dadaloğlu	
Yurt	Kocavezir	Yeşilevler	Tahsilli	
Huzurevleri	Yeşilyuva	Bahçelievler	Yavuzlar	
Beyazevler	Sarıyakup	Narlıca	Akıncılar	
Pınar	Türkocağı	Denizli	Sarıçam	
2000 Evler	Mirzaçelebi	Cemalpaşa	Dervişler	
Gürselpaşa	Gülbaçesi	Kurtuluş	Yenidoğan	
Yeniyurt	Mestanzade	Döşeme	Özğür	
Yeşilyurt	Havuzlubahçe	A. Remzi Yüreğir	Sinanpaşa	
Yeni Baraj	Yenibey	Sakarya	Cumhuriyet	
Sümer	Akkapı	Hürriyet	Anadolu	
Fatih	Bey	Şehit Duran	Levent	
Ziyapaşa	Alidede	Dağlıoğlu	19 Mayıs	
Emek	Sucuzade	Barbaros	Yamaçlı	
İstiklal	Dumlupınar	Reşatbey	Güneşli	
Çınarlı	Beşocak	Meydan	Haydaroğlu	
Hurmalı	Tepebağ	Kireçocağı	Seyhan	

Bu çalışma ile Adana ili için eksik oldukları hissedilen ve aşağıda maddeler halinde sıralanan hususların bilinmesi, değerlendirilmesi ve sunulması amaçlanmıştır;

- 1- Adana ili kent yerleşim alanı için güncel bir genel jeoloji haritasının yapılması.
- 2- Yerleşim alanı içerisinde yer alan jeolojik birimlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi.
- 3- Birimlere ait bazı özel mühendislik parametrelerinin (kaya dayanımı, elastisite modülleri, su emme, şişme ve büzülme, konsolidasyon özellikleri vb.) belirlenmesi.
- 3- Belirlenmiş birimlerin sismik ve elektrik özdirenç özelliklerinin araştırılması ve bu anlamda değerlendirilmesi.
- 4- Bölgenin hidrojeolojik koşullarının incelenmesi.
- 5- Bölgenin depremsellik riskinin araştırılması ve depremsellik parametrelerinin belirlenmesi.

6- Elde edilen verilerin bilgisayar ortamına girilerek yorumlanabilir hale getirilmesiyle jeoteknik veri tabanlı bir kent bilgi sisteminin oluşturulması ve farklı kullanıcılar tarafından gerektiğinde kullanılabilmesi için bu bilgilerin depolanması.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez kapsamında incelenen farklı konular bir arada yer almakta olduğundan önceki çalışmalar kısmı, bu farklılığa bağlı olarak alt bölümler halinde sunulmuştur. Bu kısımda mevcut literatür elenerek, çalışmaya daha fazla örnek teşkil edecek nitelikte olanlar seçilmiştir. Bölge olarak tek başına ele alındığında benzer bir çalışmanın Adana yerleşim alanı için yapılmamış olması önceki çalışmalardaki bu eksikliği de ortaya koymaktadır.

2.1. Genel Jeoloji Çalışmaları

Schmidt (1961), bölgede stratigrafik olarak detaylı çalışmaları yapan en eski araştırmacıdır. Adana havzasının büyük bölümünü çalışmış olan araştırmacı çoğu formasyonları da isimlendirip yaşlandıran kişi olmuştur.

Yetiş ve Demirkol (1986) tarafından yapılan “Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü” isimli çalışma ile Adana ili yerleşim alanının da içinde bulunduğu geniş bir alanın 1/25.000 ölçekli detay jeoloji haritası yapılmıştır. Çalışma alanı içinde yer alan birimler temel olarak Handere Formasyonu, Taraça ve Kaliş ile eski ve yeni alüvyondan oluştuğu belirtilmiştir.

Demirkol ve diğ. (1991) tarafından 1/100.000 ölçekli olarak hazırlanan Kozan K-20 paftasında inceleme alanında yer alan temel jeolojik birimler ile ilgili tanımlamalarda bulunulmuştur.

2.2. Uzaktan Algılama Çalışmaları

Canıgür ve Yerel (2001), uzaktan algılama yöntemlerini kullanarak Eskişehir ili için bir drenaj analizi yapmış, aynı zamanda Eskişehir ve çevresindeki fayların uzaktan algılamayla belirlenmesini sağlamışlardır. Görüntü analiz yöntemlerini kullanarak çizdikleri drenaj ağları yönelimlerinden bölgede yer alan fayların atımlarının hangi yönde olduğunun yorumlarını yapmışlardır. Benzer şekilde su kaynaklarının yoğunlaştığı yerleri fay olma olasılığı yüksek olan alanlar olarak değerlendirmişlerdir.

Şener ve Özçelik (2001), Burdur ili için yaptıkları çalışmada, jeolojik, jeofizik, sondaj, mühendislik jeolojisi, hidrojeoloji verileri ışığında, deprem hasarını artıran faktörleri dikkate alarak yerleşime uygun olmayan alanlar (UOA), uygun olan alanlar (UA) ve önlemleri uygun alanlar (OUA-1 ve OUA-2) olarak yerleşime uygun alanları sınıflandırılmış ve coğrafi bilgi sistemini kullanarak 1/5000 ölçekli yerleşime uygunluk haritası yapmışlardır. Çalışma ile Burdur yerleşim alanının mühendislik jeolojisi, yeraltı su seviyeleri, eğim grupları haritaları

ile imar haritalarının veri tabanları hazırlanarak mantıksal ve mekansal sorgulamalara uygun hale getirilmiştir.

2.3. Jeoteknik ve Arazi Kullanımı Çalışmaları

Hennesy ve diğ. (1983), New Mexico'nun güneyinde bulunan kalişlerin su emme, permeabilite ve su muhtevası özelliklerini incelemişlerdir. İncelenen kalişlerin ortalama birim hacim ağırlıkları $1.8-2.0 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Doymun hale getirilen kalişlerin atmosferik koşullarda bünyelerindeki suyu oldukça yavaş bir şekilde bıraktıkları buna karşılık kaybettikleri suyu oldukça hızlı bir şekilde geri aldıkları belirtilmiştir.

Kasapoğlu (1986), Ankara kenti zeminlerini toprak zeminler ve kaya zeminler olarak iki gruba ayırarak 1/15.000 ölçekli jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritaları oluşturmuştur. Toprak zeminleri, akarsu ve göl çökelleri ile alüvyonlardan, kayaç zeminleri ise andezit, aglomera, tuf, grovak, kireçtaşı, şist ve spilitler olmak üzere ayırarak bu birimlerin jeolojik ve mühendislik jeolojisi özelliklerini ortaya koymuştur. Çalışma ile toprak zeminlerin büyük çoğunluğunun MH ve CH türü zemin sınıfında ve kaya zeminlerin ise Birleştirilmiş Kayaç Sınıflamasında CM grubunda (orta dayanımlı ve modül oranlı) yer aldıkları ortaya konulmuştur.

Yılmaz ve Smith (1992), Kalişin oluşum ortamlarından bahsederek Adana-Tarsus-Mersin arasında yer alan kaliş birimlerinin jeolojik ve mühendislik özelliklerini ortaya koymuşlardır. Kaliş oluşumunun Üst Pliyosen'den günümüze kadar değişen hızlarla meydana geldiği belirtilmiştir. Çalışmada otoyol güzergahı boyunca görülen kaliş birimleri içerisindeki kitle hareketlerinin mekanizmaları incelenmiş ve kalişin (yumuşakken) içsel sürtünme açısının $< 5^\circ$, rezidüel kohezyonun ise 25 kPa olduğu laboratuvar deneyleri ile ortaya konulmuştur. Yumuşakken seviyelerinin plastisite indislerinin plastisite kartında A hattı üzerinde olduğu görülmüş ve dolgu malzemesi olarak kullanılmasının uygun olmayacağı vurgulanmıştır.

Gori (1994), farklı 3 grup kil numune üzerinde yaptığı deneyler ile killi zeminlerin kimyasal özelliklerinden pH ve CEC (katyon değişim kapasitesi) değerleri ile LL değerleri arasında ilişkileri incelemiştir. Kaolinit grubundaki killerin LL (likit limit) değerlerinin pH değerlerinden etkilenmediğini ortaya koymuştur. Pliyosen grubu killeri için ise bunun tersine LL değerlerinin kilin pH ve CEC değerlerinden etkilendiğini belirtmiştir.

Tsiambaos ve Tsaligopoulos (1995), Yunanistan'da şişme özelliği gösteren Neojen yaşlı sedimanlar ve Alüvyon çökellerle ilgili bir çalışma yaparak kil ve kil içerikli birimlerin

mineralojik ve petrografik analizlerini yapmıştır. Yazarlar, inceledikleri birimlerin şişme yüzdelerini ve şişme basınçlarını da bularak şişme basıncı oranı olarak isimlendirdikleri bir ifade elde etmişlerdir. Çalışma bu birimlerin şişme değerleri üzerinde yoğunlaşmıştır. İncelenen zeminlerin şişme basınçları 62-900 kPa olarak tespit edilmiştir.

Al-Homoud ve diğ. (1996), Ürdün'de Amman otoyol güzergahında kitle hareketlerine sebep olan şişen killer üzerinde yaptığı çalışmalarında petrografik, kimyasal ve mühendislik özelliklerini inceleyerek şişme ve konsolidasyon parametrelerini belirlemiş ve iyileştirme alternatifleri önermişlerdir.

Laman ve Yıldız (1996), zemin laboratuvar deneyleri ve zemin etütlerinin yapılışı ile dikkat edilmesi gereken hususlarla ilgili bilgiler vermiş ve Seyhan Küçük Baraj gölü üzerinde yapılması planlanan bir asma köprü için yapılan zemin etüt çalışmasından bahsederek Çukurova bölgesinde yapılan zemin etütlerine örnek vermiştir.

Wei ve diğ. (1996), New Madrid sismik bölgesinde yer alan zeminlerden elde edilmiş SPT deney sonuçlarını kullanarak derinliğe bağlı olarak kayma dalgası hızlarının bulunması için ampirik metoda dayalı olarak çeşitli abaklar üretmiştir. Çalışmada, kayma dalgası hızlarının özellikle zeminin tipi, boşluk oranı ve efektif çevre basıncı parametrelerinden etkilendiği vurgulanmaktadır. Çalışmada zeminler S1, S2, S3 kumlu zemin ve C1, C2 killi zemin kategorilerinde olmak üzere 5 tipe ayrılmışlardır. Üretilen abaklar da bu farklı zemin kategorileri için ayrı ayrı oluşturulmuşlardır.

Şimşek ve Dalgıç (1997), Düzce ovasındaki killerin konsolidasyon özelliklerini inceleyerek onların jeolojik evrimleriyle ilişkilerini araştırmışlardır. Bölgede yer alan killerin % 29'unun CH grubu, % 62.5'inin CL grubu siltli killerden oluştuğu belirlenmiştir. Killerin 3-10 m derinliklerdeki konsolidasyon özelliklerine göre aşırı konsolide oldukları bu derinliklerin altındaki derinliklerde ise normal konsolide kil özellikleri gösterdikleri tespit edilmiştir. Ovada yapılan otoyol güzergahı boyunca oturma plakaları ile yapılan ölçümler teorik yaklaşıma dayalı konsolidasyon hesaplamaları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta birbirlerine yakın olan sayısal değerler elde edilmiştir.

Yılmaz (1999), bir regülatör güzergahı üzerinde yer alan killi zeminlerin şişme özelliklerinin kanal yapısı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Orta-yüksek şişme potansiyeline sahip killerin şişme basınçlarının inceleme alanı içersindeki bazı lokasyonlarda boş kanal sürşarj basıncını aştığını belirlemiştir. Kil tabakasının çok derinlerde olduğu durumlarda ise şişme basınçlarından doğan olumsuz bir durumun olmayacağını belirtmiştir.

Yılmaz (2000a), aşırı konsolide killerin kayma dayanımlarının konsolide olmamış killerden daha yüksek olduğunu vurgulayarak bunun su muhtevası farklılığına bağlı likitlik indisi değerine de bağlı olduğunu vurgulamıştır. Türkiye'nin çeşitli yerlerinden derlenen numuneler üzerinde yapılan üç eksenli test sonuçları ve likitlik indisi değerlerini korele ederek likitlik indisi parametresi kullanılarak kayma dayanımının elde edilebileceği ampirik bir bağıntı önermiştir.

Attom ve diğ. (2001), örselenmemiş ve sıkıştırılmış 3 farklı zemin grubu üzerinde yaptıkları deneyler ile şişme basıncı, şişme potansiyeli ve serbest basınç dayanımı değerleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Bu parametrelerin zemin örneklerinin hazırlanmasında kullanılan kompaksiyon yönteminden etkilendikleri belirlenmiştir. Aynı zamanda başlangıç su muhtevası değerlerinin örneklerin hem şişme basıncı ve hem de serbest basınç dayanımı değerlerini etkilediği görülmüştür. Örselenmemiş örneklerden elde edilen şişme basıncı, şişme potansiyeli ve serbest basınç dayanımı değerlerinin kompakte edilmiş örneklere ait değerlerden daha yüksek değerler verdikleri de bu çalışmada ortaya konulmuştur.

Ergüler ve Ulusay (2002), Ankara kili üzerinde yaptıkları detaylı bir çalışma ile killi zeminlerin şişme potansiyellerinin belirlenmesine yarayan bir test yöntemi geliştirmişlerdir. Önerdikleri test yönteminde hem örselenmiş hem de örselenmemiş zemin örnekleri kullanılabilir. Çalışmalarında söz konusu zeminleri yatay ve düşey şişme miktarlarını da ölçmüş ve yatay yöndeki şişme miktarının düşey yöndekinden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar zamana karşı düşey şişme miktarlarını ve aynı şekilde basınca karşı şişme miktarları ilişkilerini veren şekiller ortaya koyarak değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Shi ve diğ. (2002), Çin'de yaygın olarak gözlenen şişen zeminleri 6 farklı lokasyonu ele alarak incelemiştir. Buna göre şişen killeri oluşum ortamlarına bağlı olarak lakustrin, alüviyal, plüviyal ve elüviyal olarak ayırtlayarak kimyasal içeriklerini ortaya koymuşlardır. Yazarlar bu birimlerin fiziko-mekanik ve şişme özelliklerini de ortaya koyarak lokasyonlar arasında karşılaştırmalar yapmışlardır. Yapılan analizler ile zeminlerin tane boyu dağılımları, fiziko-kimyasal özellikleri, mikro yapıları ve mekanik özellikleri ortaya konulmuştur. Genel olarak ele alındıklarında şişen zeminlerin mühendislik özelliklerinin onların orijini, jeolojik tarihçeleri ve çökelme işlevleri, materyal kaynakları, bileşimleri ve mikro yapıları tarafından etkilenecekleri belirtilmiştir.

Yıldırım (2002), sıkıştırılmış killi zeminlerin şişme basınçları ile emme kapasitelerini bazı zemin özelliklerinden yararlanarak belirlemeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Bu amaçla plastisite indisleri farklı olan 6 grup kil numuneleri kullanmıştır. Ödometre deneyi ile

hesaplamış olduğu şişme basıncı sonuçlarından, su muhtevası artışına karşılık şişme basıncının azaldığını, kuru birim hacim ağırlığı ve plastisite indisinin artmasıyla şişme basıncının arttığını belirlemiştir. Çalışma ile belirli bir plastisite indisine sahip kilin emme kapasitesinin artmasıyla şişme basıncının azaldığı da ortaya konulan grafiklerle ifade edilmiştir.

Yıldırım ve Adatepe (2002), İstanbul'a bağlı Küçük Çekmece ilçe sınırlarındaki 14.63 km²'lik bir alanda jeoloji, jeofizik ve mikrotremor ölçüm sonuçlarını değerlendiren jeoteknik çalışmalarla bölgenin jeolojik yapısı ve zeminlerin mühendislik özelliklerini tespit etmişlerdir. Çalışma ile yerleşime uygunluk haritası oluşturularak inceleme alanı A, B, C ve D grubu yerleşime uygun alanlar olarak sınıflandırılmışlardır.

Xeidakis ve diğ. (2004), Yunanistan'ın kuzeyinde inşa edilen bir yol güzergahında yer alan şişen zeminlerin mineralojik, petrografik ve şişme karakteristikleri açısından ele alarak incelemişlerdir. Çalışmaya konu olan zeminlerde Katyon değişim kapasiteleri (KDK) 35-74 mek/100 g gibi yüksek değerler vermiştir. Bu değerlerin ise yüksek su emme kapasitesine bağlı olarak şişme kapasitesi yüksek smektit ve vermikülit türü kil minerallerinden kaynaklanacağı bildirilmiştir.

2.4. Zemin Dinamik Özellikleri Çalışmaları

Soydemir ve Özkan (1981), "Gevşek kumlu zeminlerin sıvılaşma yönünden değerlendirilmesi – Türkiye için bir taslak şartname önerisi" başlıklı çalışmalarında sıvılaşma analizinde kullanılan yöntemlerden bahsetmişler ve kum ve kumlu zeminlerde sıvılaşma analizi yapılabilmesi için bir yaklaşım metodu önermişlerdir. Bu yaklaşım için farklı deprem bölgelerini ele alarak değişik yeraltı tablası ve deprem ivmesi değerleri için abaklar önermişlerdir.

Teme (1990), "Liquefaction potaentials of a sandy substratum in the South-Eastern Lower Niger Delta of Nigeria" isimli çalışmasıyla Nijerya'da Bori bölgesinde yapılacak bir enerji santrali sahasında yer alan zeminlerin sıvılaşma potansiyellerini incelemiştir. Bu amaçla inceleme bölgesinde yapılan SPT deney verilerini kullanmış ve magnitüdüleri 6, 7.5 ve 8.25 olan 3 senaryo deprem durumunda sıvılaşmanın zemin içindeki durumlarını incelemiştir.

Trifunac (1995), "Empirical criteria for liquefaction in sands via standard penetration tests and seismic wave energ" isimli çalışmasında 90 lokasyondan alınan verileri değerlendirerek farklı sıvılaşma analiz yöntemleri ile ilgili değerlendirmelerde bulunmuştur.

Bu çalışmada yazar deprem magnitudü, episantr uzaklığı, örtü basıncı ve düzeltilmiş SPT sayılarını da değerlendirmiştir.

Teri ve Tezcan (1996), "Zemin sıvılaşma kriterlerinin değerlendirilmesi" başlıklı çalışmalarında eşik ivme değerleri, efektif SPT sınırları, sıvılaşma endeksi ve granülometrik dağılım gibi sıvılaşma olasılığını saptamaya yarayan yöntemleri irdeleyerek İzmir Konak meydanı için olabilecek kuvvetli bir deprem durumunda sıvılaşma potansiyelini tespit etmişlerdir.

İyisan (1996), zeminlerin dinamik özelliklerini belirlemede en önemli parametrelerden biri olan kayma dalgası hızını belirlemek için arazi penetrasyon dirençleri ile kayma dalgası hızları arasında bağıntılar ortaya koymuştur. Bu amaçla SPT, DPT ve dinamik sonda deney verileri kullanılmıştır. Çalışmada kayma dalgası hızına zemin tipinin ve düşey gerilmenin etkileri de ele alınmıştır. Özellikle SPT-N değerleri ile V_s kayma dalgası hızları arasında anlamlı korelasyonların olduğu vurgulanmıştır.

Ulusay ve diğ. (2000a), "Engineering geological characteristics of the 1998 Adana-Ceyhan earthquake, with particular emphasis on liquefaction phenomena and the role of soil behaviour" isimli makalelerinde 6.2 büyüklüğündeki Adana-Ceyhan depreminde yerel zemin koşullarını incelemişler ve depremin mühendislik jeolojisi açısından ele alarak sıvılaşma olgusu ile zemin ve yeraltı suyu koşullarını ele alarak depremin zemin koşulları ve mevcut binalar üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

Ulusay ve diğ. (2000b), "Türkiye'de son depremlerde gözlenen sıvılaşma olgusu ve Batı Anadolu'da sıvılaşma potansiyeline genel bir bakış" isimli çalışmalarında oluşturdukları veri tabanı ile Türkiye'de son depremlerde gözlenen sıvılaşma olgusunu değerlendirmişlerdir. Bu çalışmalarında ayrıca Türkiye için Kuvaterner çökelleri ile gözlenmiş sıvılaşma lokasyonlarının dağılımlarını ortaya koymuşlardır.

Chu ve diğ. (2003), Taiwan'da 1999 yılında meydana gelen 7.6 büyüklüğündeki Chi-Chi depreminde meydana gelen zemin yenilmelerini incelemiştir. Bu amaçla depremden sonra araştırmanın yapıldığı Wufeng bölgesinde 25 adet sondaj ve 6 adet koni penetrasyon deneyi yapılmıştır. Elde edilmiş olan SPT, CPT ve V_s kayma dalgası hızı verileri kullanılarak NCEER tarafından önerilen metod ile sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Çalışmada sıvılaşmanın daha çok eski nehir yatakları çevresinde yoğunlaştığı belirtilmiştir.

Özay ve Erken (2003), örselenmemiş düşük plastisiteli ($I_p=21-24$) killi zeminlerin sismik gerilmelerden nasıl etkilendiklerini ortaya koymak amacıyla bu zeminler üzerinde dinamik üç eksenli basınç deneyleri yapmışlardır. Tekrarlı gerilmeler etkisi ile boşluk suyu

basınçları ve deformasyonların arttığı, gerilme-şekil değiştirme ilmiklerinin yatıklaştığı, rijitliğin azaldığı, iç yapının bozularak zeminde yumuşamanın meydana geldiği belirtilmiştir.

Erken ve diğ. (2003), Kocaeli depreminde oluşan hasarlı bölgeler ile yerel zemin koşulları arasındaki ilişkileri incelemiştir. Buna göre hasarın en fazla olduğu kesimlerde temel zemininin düşük plastisiteli veya plastik olmayan siltli zemin tabakalarından (ML, SM) oluştuğu belirlenmiştir. Bu tabakaların kimi yerlerinde kum içeriğinin % 50'ye kadar ulaştığı görülmüştür. Çalışmada Japon Yol Kurumu tarafından önerilen bir sıvılaşma analiz yöntemi irdelenerek sıvılaşma analizleri de yapılmıştır.

Gündoğdu ve diğ. (2003), kent depremi olarak nitelendirdiği Gölcük depremi ile ilgili yaptığı çalışmada depremin eş şiddet haritasını çizmiş ve arazi gözlemleriyle elde etmiş olduğu verilerle ilgili değerlendirmelerde bulunmuştur. Adapazarı ve Gölcük için maksimum şiddeti XI olarak belirtmiştir.

Ulusay ve diğ. (2003), Çay-Eber depremi olarak adlandırılan 3 Şubat 2002 tarihli depremin özelliklerini ve yerel zemin koşulları açısından ele alarak zemin-hasar ilişkisi ile ilgili değerlendirmelerde bulunmuştur. Deprem etkisi ile meydana gelen sıvılaşma olgusu da incelenerek sıvılaşmanın 1-1.5 m derinliklerde meydana geldiği bildirilmiştir. Geriye dönük yapılan sıvılaşma ve dinamik üç eksenli deneylerinden, sıvılaşmanın gerçekleşebilmesi için en az 210 g değerindeki bir ivmenin etkimiş olması gerektiği belirlenmiştir.

2.5. Depremsellik ve Sismik Risk Çalışmaları

Villacis ve diğ. (1997), Ekvador'un Quito bölgesi için yapılan çalışma ile, oluşturulmuş bir sismik senaryo için azalm ilişkileri ortaya konularak sismik tehlike analizi yapılmıştır. Bölgedeki mevcut binalar, betonarme ve çelik mühendislik binaları ile kerpiç ve yığma şahıs yapısı binalar olmak üzere iki gruba ayrılarak ortaya konulan veriler ışığında meydana gelebilecek sismik tehlikenin boyutları tartışılmıştır.

Arıoğlu ve diğ. (1999), aktif fayların tüm depremsellik parametrelerinin önceden kestirilmesi konusunu sayısal bir örnek üzerinde incelemiştir. Çalışmada deprem büyüklüğünün fayın uzunluğu ile olduğu kadar fayın türü ile de alakalı olduğu ifade edilmiştir.

Gülkan ve diğ. (1999), mevcut olan deprem bölgelendirme haritasıyla ilgili eksiklikleri vurgulayarak Adana ve yöresi için geçerli olacak bir harita önermişlerdir. Bu haritanın günümüzde kullanılan deprem bölgelendirme haritasından ciddi derecede farklı olduğu dikkat çekmektedir. Yazarlar halen kullanılmakta olan deprem bölgeleri haritasında olan eksiklik ve

hataların varlığına dikkati çekerek yapılabileceklerle ilgili önerilerde bulunmuşlardır. Makalede, aktifliği tartışılan fayların durumları ile ilgili belirsizliklerin, fay bölgeleri ile bina hesabında alınacak kuvvetler arasındaki ilişkinin ve kullanılan azalım ilişkileri geçerliliğinin ekonomik olmayan deprem haritalarını ortaya çıkarmakta olduğu da vurgulanmıştır.

Bağcı (2000), 1900-1999 yılları arasında İzmir ve çevresinde meydana gelen ve magnitudü 4 ve daha büyük olan depremleri inceleyerek bölge için bir magnitud-frekans bağıntısı ortaya koymuştur. Yazar, Poisson ve Gumbel uç değerler dağılım modelini kullanarak depremlerin gelecekte olma olasılıklarını ve dönüş periyotlarını belirlemiştir.

Öztemir ve diğ. (2000), 36-38 K enlemleri ile 35-38 D boylamları arasında kalan alan için Antakya ve çevresinin depremselliğini araştırmışlar ve çeşitli aletsel dönem depremleri için odak mekanizması çözümlerine gitmişlerdir. Yazarlar depremlerde açığa çıkan enerjinin yıllara göre değişimlerini de inceleyerek 1945 yılında açığa çıkan enerji miktarını $7.6 \cdot 10^{20}$ erg olarak hesaplamışlardır.

Romeo ve diğ. (2000), İtalya için yaptıkları çalışma ile bölgenin depremsellik parametrelerini inceleyerek sismik risk analizi yapmışlar ardından zeminleri zemin katılığına ve kayma dalgası hızına bağlı olarak A, B1 ve B2 olmak üzere 3 kategoriye ayırmışlardır. Buna göre Pliyo-Kuvaterner yaşlı A grubu zeminler için $V_s > 800$ m/sn, Pliyo-Pleyistosen yaşlı B2 grubu zeminler için V_s 400-800 m/sn ve Holosen yaşlı B1 grubu zeminler için $V_s < 400$ m/sn olarak alınmıştır. Yazarlar çalışmanın son kısmında elde edilen veriler ışığında pik zemin ivmesine göre, V_s kayma dalgası hızına göre ve zemin büyütmesine göre sismik tehlike haritası oluşturmuşlardır. Buna göre bölge aşağıda sıralanan pik zemin ivmesi değerlerine göre hasar seviyeleri belirlenmiştir;

- 0.05 – 0.15 g düşük hasar seviyeli alan
- 0.15 – 0.25 g orta hasar seviyeli alan
- 0.25 – 0.35 g yüksek hasar seviyeli alan
- > 0.35 g çok yüksek hasar seviyeli alan

Bauer ve diğ. (2001), Amerikanın çeşitli eyaletleri için yaptıkları çalışma ile zemin büyütme haritaları oluşturmuşlardır. Bu amaçla FEMA (Federal Emergency Management Agency) tarafından önerilen zemin sınıflamalarını kullanmış ve birimleri esas olarak tabaka kalınlığı, zemin homojenliği ile sıklık ve yoğunluk değerlerinin değişimi faktörlerine bağlı çökeller olarak sınıflandırmışlardır. Yaptıkları haritalama çalışmaları için zeminlere ait kayma dalgası parametrelerini kullanmışlardır.

Kalafat ve Bağcı (2001), Doğu Anadolu fay zonunun depremsellik özelliklerini inceleyerek 35-39 K Enlemleri ile 35-41 D Boylamları arasındaki alan içinde meydana gelmiş depremleri ele alarak magnitüd-frekans ilişkisini ortaya koymuşlardır. Bu çalışma ile depremsellik parametreleri olarak a için 5.056 ve b için 0.63 değerlerini elde etmişlerdir. Çalışmada Poisson modeli kullanılarak sismik risk analizi yapılmış ve 6.5 büyüklüğündeki bir depremin 10 yıllık bir süre içerisinde olma olasılığı % 50 olarak bulunmuştur.

Marinos ve diğ. (2001), Atina'da 1999 yılında meydana gelen 5.9 büyüklüğündeki deprem sonrası bölge için bir sismik mikro bölgeleme yapmıştır. Bu amaçla mevcut mühendislik jeolojisi ve jeoteknik verileri bölgesel gözlemler ve arazi çalışmalarıyla birleştirmiştir. Bu çalışmada yazarın kullanmış olduğu Yunan sismik yönetmeliği A, B, C, D ve X kategorilerinde olmak üzere zemin ve kayaları 5 farklı gruba ayırmaktadır. Yazar bu farklı kategorileri kullanarak oluşturduğu mikro- bölgeleme haritası ile depremde meydana gelen hasar dağılımını da korele ederek çalışmanın uygunluğunu ortaya koymuştur.

Campbell ve diğ. (2002), tektonik ve sismik verileri kullanarak Taiwan için bir sismik tehlike modeli oluşturmuşlardır. Çalışmada Taiwan'da kullanılan M_L lokal magnitüd ölçeği ile M_w moment magnitüdü ölçeği arasındaki ilişki incelenmiş ve bu amaçla bazı eşitlikler önerilmiştir. Çalışma için ele alınan maksimum deprem büyüklüğü tarihsel depremlerin incelenmesi ile belirlenmiş ve 4.0 – 8.0 M_w moment magnitüdü büyüklüklerindeki depremlerin tekrarlanma periyotları hesaplanmıştır. Buna göre bölge için 6.5-7.0 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlanma periyodu 100 yıl olarak bulunmuştur. Çalışmada kayma dalgası hızlarına bağlı olarak 5 farklı zemin grubu ayırt edilmiştir.

Kayabalı (2002), Türkiye için 14 ayrı sismik zon belirlemiş ve her sismik zon içinde kırılabilir fay uzunluklarını kullanarak oluşabilecek maksimum deprem magnitüdlerini ortaya koymuştur. Ardından yine aynı sismik zonlar için regresyon katsayısı, fay uzunlukları ve maksimum deprem magnitüdlerini diğer araştırmacıların ortaya koydukları sayısal değerler ile karşılaştırmıştır. Yazar elde ettiği veriler ile 100 ve 475 yıllık dönüş periyodunu kullanarak Türkiye için eş ivme haritası ile deprem hasar haritası oluşturmuştur.

Ulutaş ve diğ. (2001), Çukurova bölgesinin depremselliğini belirlemek amacıyla 35.5-38 K enlemleri ve 34.5-37 D boylamları arasında kalan bölge için aletsel dönem depremleri inceleyerek bölgenin magnitüd-frekans ilişkisini $\log N = 6.06-0.94 M$ bağıntısıyla ortaya koymuşlardır. İncelenen bölge için Poisson, Gumbel ve Weibull modellerini kullanarak sismik risk analizleri yapmış ve depremlerin tekrarlanma periyotları ile sismik çekincelerini belirlemişlerdir.

Özmen (2002), İstanbul kenti için yaptığı deprem senaryosu çalışmasında, kentsel deprem senaryolarının hazırlanmasında deprensellik ve mikro-bölgelendirme çalışmaları, hasar görülebilirlik belirlemeleri ile deprem risk senaryolarının bir arada etüt edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Yazar bu çalışmasıyla bölgede meydana gelebilecek senaryo deprem ile İstanbul'un farklı semtlerinde meydana gelecek ağır, orta, hafif hasarlı bina sayılarını da ortaya koymuştur.

Tepeuğur ve Kaplan (2002), Hatay ve çevresinin deprenselliğinin belirlemeye yönelik yapmış olduğu çalışma ile tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtlarını incelemiş, deprem sayıları ve depremde açığa çıkan enerji miktarlarının incelenen yıllar içerisindeki dağılımlarını belirlemiştir. Depremlerin en fazla 1071, 1986 ve 1998 yıllarında meydana geldiğini belirterek Ceyhan-Karataş fayının deprem oluşumlarında en önemli rolü oynadığını belirtmiştir.

2.6. Hidrojeoloji Çalışmaları

Abacı (1997), Adana ili yer altı suyu kalitesini belirlemeye yönelik olarak yaptıkları çalışmada suyun içme ve kullanma açısından uygunluğunu ortaya koymuştur. Çalışmadan elde edilen verilerle tuzluluk, alkalinite, sodyum absorpsiyon oranı ve Mg tehlikeleri belirlenerek suyun sulama suyu olma özellikleri incelenmiştir.

Abacı (1997) tarafından yapılan bir diğer çalışma ile Adana ovasının hidrojeolojik koşulları tanımlanmış ve özellikle yer altı suyu kalitesi ile kirlilik potansiyeli araştırılmıştır.

Çobanoğlu (2001), Adana ili Yüreğir ilçesi için yapmış olduğu çalışmada, bu bölgede yer alan birimlerin hidrojeolojik özelliklerini incelemiş ve bölgenin yeraltı su tablası haritasını çıkararak, su kalitesinin belirlenmesine yönelik su kimyası çalışmaları yapmıştır. Elde edilen verilere göre bölgedeki suların hafif ve orta sert su sınıfında ve içilebilirlik diyagramına göre ise içilebilir sular sınıfında oldukları ifade edilmiştir. Çalışmada, suların kimyasal özelliklerinin tarımsal amaçlı ve endüstriyel alanlarda kullanım özellikleri de araştırılmıştır.

İzcankurtaran (2003), Yüreğir bölgesinin hidrojeolojik incelemesini yaparak bölgenin hidrojeolojik durumunu ve suların kimyasal özelliklerini belirlemeye çalışmıştır. Çalışmacı, kimyasal analiz sonuçlarını kullanarak suları Piper, Schöller ve Stiff diyagramlarını kullanarak sınıflandırmış ve yorumlamıştır.

2.7. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Bölgeleendirme Çalışmaları

Ondrasik ve diğ. (1992), Çekoslovakya'nın Danube şehri için mühendislik jeolojisi ve sismik özellikleri bünyesinde bulunduran bir mikro-zonlama çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada zemin türlerindeki farklılıklarla birlikte bina tiplerini de çalışma kapsamına almıştır.

Ayday (1993), Ankara ili için yerleşimin yoğun olduğu kuzey-orta kısımlarındaki 20 km²'lik bir alanı ele alarak ve daha önceden elde edilmiş mühendislik jeolojisi verileri kullanarak coğrafik bilgi sistemi ile 1/50.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritaları oluşturmuştur. Çalışmada kaya kütlelerinden alınmış süreksizlik ölçümlerinin yer aldığı aynı ölçekli bir süreksizlik haritası da ortaya konmuştur.

Doroudan ve diğ. (1996), "Development of 3- Dimensional Geotechnical Data Base for Los Angeles Seismic Microzonation" isimli çalışmalarında bir bölgeye ait zeminlerin tabakalanma durumlarını, fiziksel ve mekanik özelliklerini, SPT-N darbe sayılarını ve kayma dalgası hızlarını coğrafi bilgi sisteminde 3 boyutlu olarak analiz edip sismik mikro-bölgeleendirme yaparak sonuçları daha önceden karşılaşılan yapısal hasarlarla korele etmişlerdir.

Luzi ve Pergalani (1996), "Applications of Statistical and GIS Techniques to Slope Instability Zonation, Soil Dynamics and Earthquake Engineering" isimli makalelerinde coğrafi bilgi sistemini kullanarak çalıştıkları bölgenin statik ve dinamik durumları için şev stabilitesi analizleri yapmıştır.

Güllü ve diğ. (1998), Afyon'un Dinar ilçesinde 1995 depreminden sonra yapılan arazi deneylerinden elde edilen mikrotremor ve sondaj verileri ışığında eşdeğer kayma dalgası hızlarını hesaplayarak elde ettikleri büyütme katsayılarına göre coğrafi bilgi sistemini kullanarak zemin büyütmesinin Dinar sınırları içindeki değişimini incelemişlerdir. Bu sayede ilçe için farklı bölgeleendirme haritaları ortaya koymuşlardır.

Koikis ve Sabatakakis (2000), "Engineering geological environment of Athens, Greece" isimli çalışmalarında Atina (Yunanistan) şehrinin mühendislik jeolojisini inceleyerek yerleşim amaçlı planlamalara esas teşkil edecek bir jeoteknik veri tabanı oluşturmuşlardır. Bölgede yer alan birimleri 11 gruba ayırarak, bu birimlere ait jeoteknik özellikleri belirlemişlerdir. Elde etmiş oldukları jeoteknik verilere göre üniteler oluşturarak bir mühendislik jeolojisi zonlama haritası ortaya koymuşlardır.

Lav (2001), tarafından yapılan çalışma ile Eski İstanbul'da zemin büyütme özelliklerinin coğrafi dağılımı, en büyük ivme değerleri 0.25-0.35 g aralığındaki depremler için oluşturulmuştur. Çalışmada yüksek plastisiteli zeminlerin bünyelerinde büyük kalıcı deformasyonlar oluşturmadan kayma deformasyonları yapabildikleri belirtilerek bunun incelenen bölge zeminleri ile ilişkisi de ele alınmıştır. Zemin büyütme fonksiyonlarının belirlenmesinde SHAKE bilgisayar yazılım programı kullanılmıştır.

Nas ve Berktaş (2001), Konya kenti için yaptıkları çalışmada su sondaj kuyusu verilerini kullanarak bölge için yeraltı suyu sertlik haritası oluşturmuşlardır. Yazarlar yaptıkları haritaya göre, gelecekte açılacak kuyu yerlerinin daha uygun bir şekilde belirlenmesine yardımcı olmayı amaçlamışlardır. Verilerinin değerlendirilmesinde Arcview 3.2 ve Spatial Analyst 1.1 programlarından faydalanmışlardır.

Nefeslioğlu ve diğ. (2001), yaptıkları çalışmalarıyla Kuzey Anadolu fayı'na 80 km uzaklıktaki Eskişehir ili için bir çalışma yapmışlar ve Eskişehir ilindeki zemin türlerini ve sıvılaşma potansiyellerini konik penetrasyon test cihazı ile belirlemiştir. Bu amaçla inceleme alanında yapılan 40 CPT deneyi sonuçlarına ait 495 katmandan alınan veriler incelenerek coğrafi bilgi sistemi ile değerlendirilmiş ve sıvılaşmaya aday bölgelerin haritaları oluşturmuştur. Çalışma ile 2 m derinlik seviyesinde 0.57 km² ve 5 m derinlik seviyesinde 6.36 km² alanın sıvılaşma potansiyeli taşıdığı ortaya çıkarılmıştır.

Kumsar ve diğ. (2003) Denizli ili yerleşim alanı için JEO-BS adlı bir jeolojik ve jeoteknik bilgi sistemi oluşturmuşlardır. Sistem içerisine topoğrafik veriler, imar adalarına ait sınırların koordinatları, jeolojik ve tektonik bilgiler ile sondaj logları, jeoteknik parametreler gibi çeşitli veriler konulmuştur. Yazarlar elde etmiş oldukları verileri değerlendirerek yerleşime temel teşkil edecek uygunluk haritaları hazırlamışlardır.

Topal ve diğ. (2003), Bursa'nın Yenişehir yerleşim alanı için sismik tehlikeye yönelik bir mikro-bölgelendirme çalışması yapmışlardır. Bu amaçla kuyu loglarına ait bilgiler, zeminlerin indeks ve mekanik özellikleri, SPT test sonuçları ve yeraltı su seviye ölçümleri verilerini kullanmışlardır. Elde edilen veriler ve yapılan analiz bilgileri kullanılarak bölge 2 jeoteknik zona ayrılmıştır. Bunlardan kuzeydeki alanın killi zeminlerden oluştuğu ve yüksek şişme özelliği gösterdikleri, bu bakımdan sığ temellerden kaçınılması gerektiği, güneydeki bölgenin ise kumlu ve killi birimlerden oluştuğu ve dinamik etkiler altında sıvılaşma tehlikesi taşıdığı belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışma alanı başta Adana ili kent merkezi olmak üzere kent merkezi ile bağlantılı yakın çevreden oluşmaktadır. Arazi incelemelerinde çalışma alanını teşkil eden 1/25.000 ölçekli N 34 c3, N 34 c4, N 34 d3, O 34 b1, O 34 b2 ve O 34 a2 paftalarına ait 6 topoğrafik haritadan faydalanılmıştır. Ancak incelenen alan büyüklükleri paftalar içinde eşit olarak dağılmış durumda bulunmamaktadır. Bu konuda kısıtlayıcı etmen, yerleşim alanlarının yayılımları ve arazi inceleme olanakları olmuştur. Zira özellikle eski Adana olarak adlandırılan Güney Adana bölgesi, eski yapılaşmanın yaygın olması ve kentleşmenin kökenini oluşturması nedeniyle arazi çalışmalarına uygun olmayan bölgeleri oluşturmaktadır. Bu yüzden bu tür yerler ancak yapılan sondaj ve jeofizikli çalışmalar ve önceden o bölgede yapılmış etüt çalışmalarından elde edilen bilgilerle detaylı olarak incelenebilir hale gelmiştir. Yeni yapılaşmanın yaygın olarak geliştiği N 34 c4 paftası detaylı arazi incelemelerinin yapılabildiği ve alan olarak da en büyük çalışma bölgesini oluşturmaktadır.

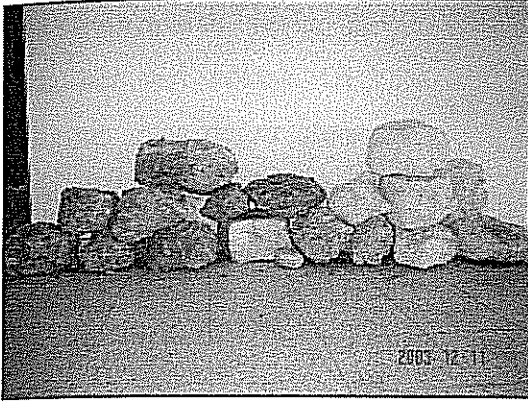
Arazi çalışmaları, yerleşim alanı içerisinde yer alan birimlere ait dokanakların sınırlarının ortaya konulması, yüzey kazısı, yarma veya doğal şev gibi örnekleme ve litolojik tanımlamaya uygun yerlerden örnekleme ve tanımlama işlemlerinin yapılması şeklinde yürütülmüştür. Bu aşamada incelenen lokasyonlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş deney numuneleri laboratuvar ortamına taşınarak mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik çeşitli deneylere tabi tutulmuşlardır. Lokasyon ve dokanak noktalarının sonradan sayısal ortama taşınmasından dolayı nokta bazında koordinatlar GPS kullanılarak alınmıştır.

İnceleme alanında hem zemin ve hem de kaya özelliği gösteren materyalin bulunması nedeniyle örnek alım işlemlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Arazide yerinde deney yapma imkanının olmadığı durumlarda mümkün olduğunca blok kaya numuneleri alınarak laboratuvar da 42 mm ve 54 mm'lik karotlar haline getirilerek fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemeye yönelik deneylere tabi tutulmuşlardır (Şekil 3.1a ve b).

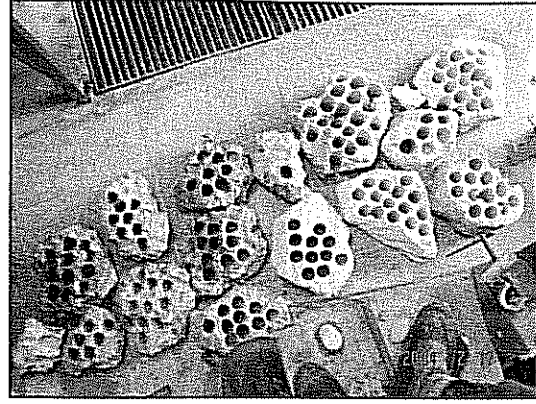
3.2. Metod

Çalışma, bölgede daha önceden yapılan verilerin toplanması ile arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde yürütülmüştür. Yerleşim alanı içerisinde yer alan birimlerin özellikleri arasındaki farklılıklar yüzünden araştırma sırasında uygulanan analiz yöntemleri de

farklıklar sunmaktadır. Bu kapsamda uygulanan çalışma yöntemi detaylı şekilde alt başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.



Şekil 3.1a. Karot alımı için araziden getirilen bazı blok örnekler.



Şekil 3.1b. Örneklerin karot alımından sonraki görünümü.

3.2.1. Mevcut Literatür İncelemeleri

Çalışma başlangıcından yazım aşamasına kadar, daha önce konuyla ilgili yapılmış yayın, rapor ve tezler incelenmiştir. Bu amaçla özellikle yurt dışı içerikli internet sitelerinden de faydalanılmıştır.

3.2.2. Topoğrafik Haritaların Temini

Çalışmada Adana ili yerleşim yeri ve yakın çevresine ait 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalardan faydalanılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında araziden elde edilecek veriler lokasyonları küresel konumlandırma sistemi (GPS, Global Positioning System) ile belirlenerek bu topoğrafik haritalar üzerine işlenmiştir.

Kullanılacak uydu görüntüleri üzerindeki unsurların topoğrafik haritalarla uyumlu olması için inceleme alanına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar lisanslı Arcview 3.3 programı kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Bu işlemler için Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Uzaktan Algılama Laboratuvarı kullanılmıştır.

3.2.3. Jeoloji Haritalarının İncelenmesi ve Yeni Jeolojik Haritanın Oluşturulması

Şimdiye kadar yapılmış jeolojik çalışmalardan ve Maden Tetkik Arama Enstitüsü'nün 1/25.000 ve 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarından yararlanılmıştır. Ancak bir kısım yerlerde özellikle nokta belirlemede koordinatlar hassas bir şekilde belirleneceğinden mevcut olan jeolojik haritanın revize edilmesi işlemi de gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanı bir yerleşim yeri olduğundan ve dokanakların izlenip sınırların uzaktan ve gözle ayırt etme ile çizimi mümkün olmadığından bu çalışmada “*dokanak tanımlama*” yöntemi kullanılarak harita alımı gerçekleştirilmiştir. Dokanakların hassas olabilmesi amacıyla her veri noktası GPS ile sayısal koordinatlarıyla haritaya işlenerek sınırların geçerliliğinin daha doğru olması sağlanmıştır. Kaliş ve taraça birimleri içinde çeşitliliğin yanal yayılımdan ziyade düşey olarak değişmekte olmasından dolayı bu birimler sadece anılan adları ile haritalanabilmişlerdir.

3.2.4. Uydu Görüntülerinden Faydalanma

Adana Metropolitan alanına ait 30x30 m çözünürlüğündeki LANDSAT TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmada uydu görüntüleri yardımıyla yerleşim alanı gelişimi de inceleneceğinden bu görüntülerin eski (1992) ve en yeni (2002) olanları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Böylelikle yerleşimin eski ve yeni durumu ile ilgili bir karşılaştırma yapılabilmiş ve alansal büyüklükleri ile birlikte mevcut kent gelişiminin hangi jeoteknik unsurlar üzerinde gelişmekte olduğu ortaya konulabilmiştir. Bu yöntem kullanılarak birimlerin yansıma karakteristiklerine bağlı olarak bölgeye ait eğitimsiz (unsupervised) sınıflandırma haritası oluşturularak mevcut olan jeolojik harita ile denestirilmiştir. Bu çalışma sırasında yansıma karakteristikleri yerleşim alanına ait yapısal donanımdan etkilenmiş olmalarından ötürü bu haritalama ile özellikle çıplak arazi yüzeylerinin bulunduğu alanlar incelenebilmiştir. Uydu görüntüleri ile ilgili çalışmalarda Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Uzaktan Algılama Laboratuvarı ve lisanslı Erdas Imagine 8.4 bilgisayar programından faydalanılmıştır.

3.2.5. Jeoteknik Verilerin Temini

Bölgeyle ilgili jeoteknik veriler, şu ana kadar bu amaçla açılmış olan mevcut sondaj kuyusu bilgilerinden, yapılmış zemin etütlerinden, arazi çalışmaları kapsamında incelenen yüzey kazılarında ve *TÜBİTAK* bütçesi ile araştırma amaçlı olarak açtırılmış sondaj kuyuları ile yapılan jeofizik sismik ve öz direnç çalışmalarından elde edilmiştir. Bu konuda Bayındırlık İl Müdürlüğü, Seyhan Belediyesi, Yüreğir Belediyesi, Devlet Su İşleri, Köy Hizmetleri, İnşaat Mühendisleri Odası Adana Şubesi, Jeoloji Mühendisleri Odası Adana Şubesi, ASKİ ve özel olarak çalışan bazı mühendislik bürolarının araştırma verilerinden yararlanılmıştır. İnceleme alanının hidrojeolojik koşullarının da yapılan analizlerde kullanılmış olmasından dolayı bu durum ile ilgili veri ve analizler de değerlendirilip

yorumlanmıştır. Bu çalışma ile elde edilenler ve temin edilenlerle birlikte toplam 111 adet araştırma çukuru, 129 adet sondajlı zemin etüdü, 17 adet jeofizik sismik etüt, 16 adet rezistivite ölçümü, 96 adet yeraltı su seviye ölçümü ve 44 adet yeraltı suyu kimyasal analiz verisi değerlendirme aşamasında kullanılmıştır.

3.2.6. Arazi Çalışmaları

Elde edilen verilerle birlikte yapılacak laboratuvar deneyleri için araziden örnek alımı yapılmıştır. Bu çalışmalarda özellikle yapılaşmanın yoğun olduğu alanlar üzerinde yoğunlaşmıştır.

Arazi çalışmalarında örnekleme özellikle yarma, yüzey kazıları (temel çukurları) ve doğal şevlerden elde edilmiştir. Bu verilerin haritaya işlenmesinde lokasyon belirlemeye yarayan GPS cihazından faydalanılmıştır. Araziden veri elde edilecek her araştırma lokasyonu 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita üzerine işaretlenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında sistematik örnek alım işlemleri gerçekleştirilmiş, bu örnekleme sırasında farklı özelliklere sahip birimlerin ayırt edilmesi yönünde çaba sarf edilmiştir. İnceleme alanı içerisinde hem zemin ve hem de kaya türünden malzemeler bulunduğu için hem örnek alım ve hem de yapılan deney türleri farklılıklar sunmuştur. Taraça birimlerinde arazi Schmidt çekici deneyleri yapılırken imkan bulunmamış olmasından dolayı sert kalış birimleri üzerinde laboratuvar Schmidt sertlik deneyleri yapılmıştır. Zeminlerden örnek alımı örselenmiş ve örselenmemiş olmak üzere iki ayrı şekilde yapılırken taraça ve sert kalış birimlerinden alınan blok numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır.

Arazi çalışmaları kapsamında yapılan sondajlı etüt araştırmaları ve örnek alım işlemleri TS 1901 (1975) ile TS 5744 (1988), standardına göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.7. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanından alınmış örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik özellikleri ortaya koymaya yönelik zemin ve kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Özellikle mekanik parametreleri belirlemeye yönelik yapılan bazı deneyler (serbest basınç dayanımı ve kesme kutusu) için bölüm imkanları uygun olmadığından Alfa Zemin ve Beton Laboratuvarı laboratuvar cihazlarından faydalanılmıştır. Deneylerin yapımı TS 1900 (1987), TS 699 (1987) ve ISRM (1981) standartlarına göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.8. Uzaktan Algılama Çalışmaları

Uzaktan algılama, güneş ışınlarının herhangi bir yeryüzü objesine gelip yansımaları ve bu yansıma değerlerinin bir algılayıcı tarafından sayısal olarak ölçülerek değerlendirilmesi çalışmasıdır. Bu yansıma değerleri farklı disiplin grupları tarafından farklı amaçlarla kullanılırlar. Zira bu değerler kaya türleri, mineral içerikleri, yüzeyin doygunluğu, bitki örtüsünün türü, su yüzeylerinin kirliliği, yapıların fiziksel konumları gibi farklı bir çok özellik hakkında bilgi verebilmektedirler.

Tarım ve ormancılık, haritacılık, arkeoloji, jeolojik araştırmalar ve arazi kullanımı, askeri ve stratejik araştırmalar gibi farklı amaçlara yönelik olarak Amerikan Havacılık ve Uzay Araştırmaları Merkezi (NASA) tarafından 1972 yılında başlatılan LANDSAT uydu projeleri uzaktan algılama çalışmalarının günümüzdeki teknolojik imkanlara kavuşmasına neden olmuştur. 30*30 m hassasiyetinde olan bu görüntüler, fazla spektral (renk) özellikleri barındıran bantlardan oluştuğundan, özellikle geniş alan kullanımı içeren mekansal işlemlerde yoğun olarak kullanılmaktadırlar.

Bu çalışmada kentsel gelişimin zaman içerisindeki değişiminin incelenmesi ve yeryüzü objelerinin bir arada görüntülenebilmesi amacıyla 1992 ve 2002 yıllarına ait 4., 3. ve 2. banda ait Landsat sayısal uydu görüntüleri kullanılmıştır.

3.2.8.1. Landsat TM Bantları

Landsat 7 uydusu farklı dalga boylarında yansıma değerlerini algılama gücüne sahip 7 bant içermektedir. Bu bantlardan hangilerinin kullanılacağı yapılan çalışmanın amacına göre kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Temel özellikleriyle bantlar ve belirgin özellikleri şunlardır;

1. Blue (Mavi Bant, 0.45-0.52 μm dalga boyu): Mavi renge, su yüzeylerine, nemli alanlara ve H₂O içeren minerallere hassastır. Su yüzeylerinin tespiti, toprak ve bitkilerin ayırt edilmesi, orman tiplerinin belirlenmesi ve yapay materyallerin tespitinde kullanılır.

2. Green (Yeşil Bant, 0.52-0.60 μm dalga boyu): Yeşil renge hassastır. Bitki örtüsünün ve yapay materyallerin tespitinde kullanılır.

3. Red (Kırmızı Bant, 0.63-0.69 μm dalga boyu): Kırmızı renge ve demir içeren minerallere hassastır. Bitki türlerinin ayırt edilmesi, yapay materyallerin tespiti, toprak sınıfları ve jeolojik sınırların tespitinde kullanılır.

4. Near Infrared-NIR (Yakın Kızılötesi Bant, 0.76-0.90 μm dalga boyu): Klorofile hassastır. Bitki örtüsünün tespitinde ve bitkilerin ayırt edilmesinde kullanılır. Toprak, bitki ve su yüzeyleri arasındaki farklılıkları belirginleştirir.

5. Mid Infrared-MIR (Orta Kızılötesi Bant, 1.55-1.75 μm dalga boyu): Organik topraklardaki hidroksil iyonuna, kalsit, siderit gibi karbonit minerallerine, bitkilerin içerdiği suya hassastır. Tarımsal ve jeolojik çalışmalarda, bulut, kar ve buzun ayırt edilmesinde kullanılır.

6. Thermal Infrared (Termal Kızılötesi, 10.40-12.50 μm dalga boyu): Isı yayan materyallere hassastır. Suda kirlenme tespitinde, yerleşim-üretim alanlarının tespitinde kullanılır.

7. Mid Infrared (Kızılötesi, 2.08-2.35 μm dalga boyu): Hidroksil iyonuna ve karbonat minerallerine hassastır. Jeolojik kaya formasyonları ve toprak sınıflarını tespit etmekte kullanılır.

Bu çalışmada uydu görüntüleri (4., 3. ve 2. bant) Erdas Imagine 8.4 bilgisayar programı kullanılarak zenginleştirilmiş ve unsupervised sınıflandırılmış görüntüler haline getirilerek yorumlanmıştır.

3.2.8.2. Uzaktan Algılamada Sınıflandırma Yöntemleri

Uzaktan algılama yöntemiyle yeryüzünden olan yansımanın sayısal değerleri kullanılarak yeryüzü objelerine ait sınıflandırmalar ve buna bağlı haritalar yapılabilmektedir. Burada, görüntü içindeki yansıma değerini içeren her piksel o noktaya ait bir sayısal değeri ifade eder. Bu yöntemlerde kullanılan sayısal görüntüye ait her bir piksel çeşitli algoritmalar yoluyla komşu piksellerdeki değerleri ile karşılaştırılır. Elde edilen yakınlık ve benzerlik bulguları kullanılarak pikseller birbirleri ile karşılaştırılarak gruplandırılırlar. Temelde kullanılan 2 tür sınıflandırma yöntemi bulunmaktadır;

1- Supervised (eğitilmiş- denetimli) sınıflandırma:

Bu sınıflandırmada analizcinin elinde sınıfı bilinen veriler bulunur. Bu veriler denetimi analizci tarafından yapılacak bir sınıflandırmanın oluşmasını sağlar.

2- Unsupervised (eğitimsiz –denetimsiz) sınıflandırma:

Bu sınıflandırmada ise analizcinin elinde sınıfı bilinen veriler bulunmaz. Bu nedenle bu sınıflandırmada sadece aynı sınıfa ait piksel değerlerinin birbirleri ile benzeştirilerek kümeleştirilmeleri sağlanır. Analizcinin doğrudan müdahale edebilecek bir girişimi olmamaktadır. Sadece oluşturulacak küme (sınıf) sayısının amacına uygun olarak seçilmesini ve haritada kullanılacak renk kombinasyonlarının belirlenmesi şeklinde bir tercih yapılabilmektedir.

3.2.9. Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmaları

Coğrafi bilgi sistemleri önceleri çeşitli amaçlarla hazırlanmış haritaların bilgisayar ortamlarında saklanması amacıyla oluşturulmuş fakat sonraları konu gruplarına ait olarak farklı verilerin hem grafik ve hem de sözel bilgiler şeklinde depolanmasını ve sorgulanmasını sağlayan genel amaçlı ve kapsamlı bir yazılım ve donanım sistemi haline gelmiştir. Bu sistemin bir özelliği de farklı veri gruplarına ait bilgilerin (yollar, göller, eş yükselti eğrileri, yerleşim alanları, ormanlık alanlar vb.) katmanlar halinde alt alta program içinde tutulabilmeleridir.

3.2.9.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Yararları

Coğrafi Bilgi Sistemi ile ilgilenen farklı sektör ve kuruluşlar sistemin kendi konularına getirebileceği yararlılardan faydalanma amacını güderler. Günümüzde coğrafik elemanların kullanıldığı her meslek kolu için farklı ölçekli topoğrafik haritaların büyük bir önemi vardır. Böylesi öneme sahip bilgileri içeren ve boyutsal olarak oldukça fazla yer kaplayan paftaların uzaydaki gerçek koordinatları ile bir bilgisayar ortamına taşınarak kullanılabilir hale getirilmesi her şeyden önce büyük bir işlem kolaylığı sağlayacaktır. Genel hatları ile ele alındıklarında CBS sistemlerinin yararlarını maddeler halinde şu şekilde özetleyebiliriz;

- Veri üretimi ve üretilen verilerin sürekli güncelleştirilebilmeleri mümkün olabilmektedir. Bu işlemler için sonradan bir masrafa gerek duyulmaz.
- Veri üretimi zamandan büyük tasarruf sağlar.
- Sistem maddi açıdan olduğu gibi insan gücü açısından da tasarruf sağlar.
- CBS sayesinde sistemi kullanan kişi hataları daha kolay fark eder ve gereken düzeltmeleri yaparak olumsuzlukları ortadan kaldırabilir.
- Farklı disiplin grupları arasında ortak kullanımların olabirliğini sağlayarak efektif kazanç elde edilmesine yardımcı olur.

3.2.9.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojik açıdan farklı bileşenlerden meydana gelmektedir. Bileşenlerin sayısı ve çeşitliliği sistemin özelliklerine bağlıdır. Genel hatlarıyla CBS sistemlerinde verilerin depolanması, işlenmesi, güncellenmesi, sunulması ve analiz edilebilir olması gerekir. Bu genel özelliklerin yerine getirilmesinden ise teknolojik imkanlar

sorumludurlar. Bu amaçla üretici firmalar tarafından çeşitli donanımlar ve yazılımlar geliştirilerek kişilerin kullanımına sunulmuşlardır. Genel olarak bir CBS'nin kullanılabilir olması için gerekli temel elemanlar şu şekilde sıralanabilir;

- 1- Coğrafi tabanlı veriler
 - Grafikselsel (konumsal) veriler
 - Grafik olmayan (öznitelikselsel) veriler
 - Topolojik veriler
- 2- CBS için uygun olacak bir donanım (bilgisayar, tarayıcı, sayısallaştırıcı, yazıcı vb.)
 - Veri giriş elemanları (sayısallaştırıcılar)
 - Veri depolama elemanları (disket, cd, flashdisk vb.)
 - Veri işleme elemanı (bilgisayar işlemcileri)
 - Veri sunuş elemanları (çizici-plotter-, printer)
- 3- CBS için üretilmiş bir yazılım (Arc/Info, ArcView, ErMapper, Cad-GIS, Tigris vb.)
- 4- Sistemin kullanımı için bu konuda eğitim görmüş personel.

Bu çalışmada kapsamında elde edilen veriler farklı alanlarda değerlendirebilmek amacıyla coğrafi bilgi sistemine aktarılmıştır. Bu amaçla Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Uzaktan Algılama Laboratuvarı bünyesinde bulunan lisanslı Arcview 3.3 coğrafik bilgi sistemi ve ilgili modülleri (Spatial Analyst 1.0a) kullanılmıştır.

3.2.10. Elde Edilen Verilerle İlgili Analizlerin Yapılması

Elde edilmiş veriler kullanılarak, incelenen bölge için kayma dalgası hızları, farklı derinliklere bağılı olarak zemin özdirenç değerleri, zemin hakim titreşim periyotları, zemin büyötmeleri, SPT-N ve bazı fizikselsel ve mekanik zemin parametreleri ile ilgili değerlendirmelerde bulunulmuştur. Hidrojeolojik çalışmalarla ilgili olarak su sondaj kuyusu verilerine ait kimyasal analiz sonuçları ve bunlardan elde edilen bazı parametreler kullanılarak sertlik, EC, pH, SO₄ haritaları oluşturularak yorumlanmışlardır.

3.2.10.1. Kayma Dalgası Hızlarının Belirlenmesi

Zeminin dinamik etkiler altındaki davranışını belirlemeye yönelik olarak kullanılan parametrelerden en önemlisi zemin veya kayanın kayma dalgası yani S dalgası hızı (V_s) parametresidir. Bu parametre jeofizik sismik yöntemlerle doğrudan veya çeşitli

araştırmacıların önermiş oldukları ampirik bağıntılarla SPT-N değerlerinden dolaylı olarak bulunabilmektedir.

3.2.10.2. Sıvılaşma Risk Analizlerinin Yapılması

Jeoteknik mühendisleri 1964 Nigata ve Alaska depremlerinden sonra bu konu ile ilgili detaylı incelemelerde bulunmuşlardır. Bu çalışmalar sıvılaşmanın olduğu zemin ve deprem koşullarının belirlenmesini sağlamıştır. Sıvılaşma esas olarak aşağıda sıralanan tüm kriterlerin sağlanması durumunda meydana gelebilmektedir,

- Zemin kohezyonsuzdur
- Zemin suya doygundur
- Zemin gevşektir
- Zeminde belirli bir süre devam eden belirli bir şiddette deprem hareketi vardır
- Zemin hareketi drenajsız zemin koşullarını ortaya çıkarır.

Sıvılaşmaya neden olan ana etkenleri aşağıdaki şekilde ifade etmek mümkündür;

- a- Depremin büyüklüğü
- b- Deprem kaynağına olan uzaklık
- c- Yeraltı su seviyesi
- d- Rölatif sıklık
- e- Zeminin ince tane yüzdesi
- f- İnce tanelerin plastisitesi
- g- Ortalama tane çapı
- h- Aşırı konsolidasyon oranı

Sıvılaşma analizlerinde kullanılan çeşitli kriterler bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

- 1- Eşik İvme Kriteri
- 2- Devirsel Kayma Gerilmesi Kriteri (Seed ve Idriss., 1971)
- 3- Sıvılaşma İndisi Kriteri
- 4- Kumların Rölatif Sıklıklarının İrdelenmesi
- 5- Boşluk Suyu Basıncı Artış Oranı
- 6- Tane Boyu Dağılımı
- 7- Kritik Boşluk Oranı
- 8- SPT verileri

Sıvılaşma analizlerinde “Devirsel Kayma Gerilmesi Kriteri” ya da “Devirsel Kayma Oranı” isimleri ile bilinen yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla sıvılaşması muhtemel lokasyonlar aranmış ve belirlenenler üzerinde adı geçen yöntem kullanılarak risk analizleri yapılmıştır.

Seed ve Idriss, (1971) tarafından oluşturulan ve yaygın olarak kullanım bulan “Devirsel Gerilme Oranı Kriteri” sıvılaşmaya karşı bir güvenlik sayısı önermektedir. Buna göre güvenlik sayısı ;

$$F_s = \frac{\tau_s}{\tau_o} \quad (3.1)$$

bağıntısı ile ifade edilmektedir. Burada;

τ_s = sıvılaşan zemin için devirsel kayma gerilmesi,

τ_o = deprem tarafından üretilecek kayma gerilmesi değerleridir.

Bu kriterde de sıvılaşma riski güvenlik sayısının 1’den küçük yada büyük olmasına göre irdelenir.

$F_s \leq 1 \quad \Rightarrow$ kolay sıvılaşabilir

$1 < F_s \leq 1.2 \quad \Rightarrow$ potansiyel sıvılaşabilir

$F_s > 1.2 \quad \Rightarrow$ sıvılaşma olmaz, şeklinde yorum yapılır.

Bu kriterle verilen eşitlik zemin tabakasının derinliğini, yeraltı suyu konumunu ve deprem şiddetini dikkate almış olmasından ötürü önem kazanmaktadır.

Araziden elde edilmiş veriler de kullanılarak elde edilmiş devirsel kayma gerilmesi oranı aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenebilmektedir;

$$\frac{(\tau_o)_{ort}}{\sigma_o'} = \frac{a_{maks}}{g} * \frac{\sigma_v}{\sigma_o'} * r_d \quad (3.2)$$

Bu bağıntıda;

$\frac{(\tau_o)_{ort}}{\sigma_o'}$ = deprem tarafından oluşturulacak devirsel kayma gerilmesi oranı

a_{maks} = zemin yüzündeki maksimum ivme

σ_v = incelenen derinlikteki düşey toplam gerilme

σ_o' = incelenen derinlikteki düşey efektif gerilme

r_d = gerilme indirgeme faktörü = $1 - 0.015 z$

r_d gerilme indirgeme faktörü zemin yüzeyinde 1 olup zemin yüzeyinden 10 m derinlikte 0.9 değerine sahip olmaktadır. Devirsel kayma gerilmesi oranı (α) devirsel kayma gerilmesinin (τ_v)_{ort} efektif düşey gerilmeye (σ_v') oranı şeklinde ifade edilmektedir.

Daha önce meydana gelmiş depremlerden elde edilen düzeltilmiş SPT direnci (N_I) değerlerine karşılık belirlenmiş devirsel gerilme oranları kullanılarak sıvılaşmaya karşı riskli alanların belirlenmesi için bir abak geliştirilmiştir.

Şekil 3.2'deki abakta N_I penetrasyon direnci 10 t/m^2 'lik efektif düşey gerilmeye göre düzeltilmişlerdir. Bu düzeltme için;

$$N_I = C_N * N \quad (3.3)$$

bağıntısı kullanılmaktadır.

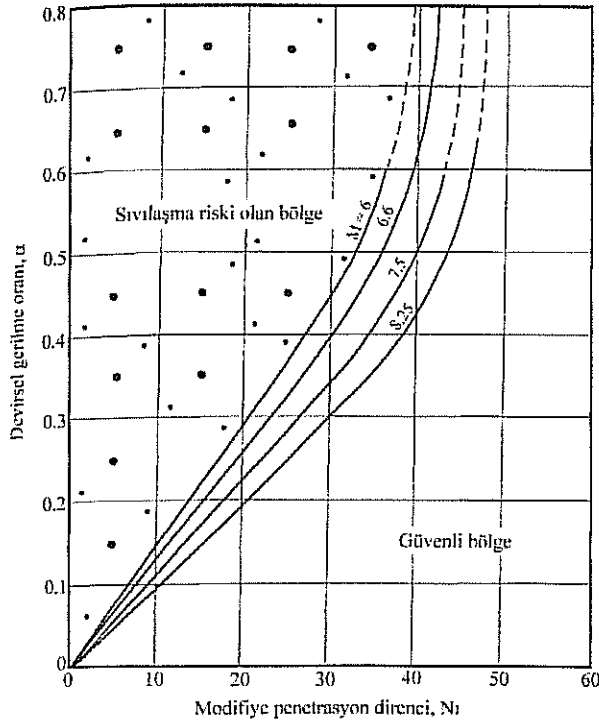
Bu bağıntıda C_N değeri incelenen derinlikteki efektif düşey gerilmenin fonksiyonu olup aşağıdaki bağıntıdan bulunmaktadır;

$$C_N = 0,85 * \log\left(\frac{145}{\sigma_v'}\right) \quad \sigma_v' = \text{t/m}^2 \quad (3.4)$$

Bu yöntem kullanılarak yapılacak hesaplama basamakları şöyle sıralanabilir;

- 1- Devirsel kayma gerilmesi eşitliği kullanılarak (τ_v)_{ort} değeri belirlenir.
- 2- Efektif düşey gerilmesinin belirlenmesinden sonra C_N düzeltme faktörü yukarıda bahsedilen ilgili bağıntı kullanılarak bulunur (bunun için oluşturulmuş bir abak da bulunmaktadır).
- 3- $N_I = C_N * N$ bağıntısı kullanılarak düzeltilmiş SPT direnci belirlenir.
- 4- Devirsel gerilme oranı (α), deprem magnitüdü ve N_I değerine bağlı olarak Şekil 3.2'den belirlenir.
- 5- Devirsel gerilme oranı (α), eşitliğinden zeminin devirsel kayma gerilmesi (τ_v) bulunur ve ardından $F_s = \tau_s / \tau_v$ bağıntısı kullanılarak güvenlik katsayısı belirlenir.

Sonuçta, $F_s > 1$ için sıvılaşma potansiyelinin olmadığı ve $F_s \leq 1$ için yüksek sıvılaşma riski bulunduğu sonucuna varılır.



Şekil 3.2. Devirsel gerilme oranı ve penetrasyon direncine bağlı olarak sıvılaşma riskinin belirlenmesi (Seed ve Idriss, 1971).

3.2.10.3. Zeminin Şişme Potansiyelinin Belirlenmesi

Yüksek plastisiteli zeminler tane yapılarına, kil mineralinin türüne ve miktarına, doğal su muhtevasına ve boşluk oranı değerlerine bağlı olarak hacim değişimleri gösterirler. Bu tür zeminler su ile temaslarında duraylı yapılarını kaybederek bazı olumsuz davranış şekilleri gösterirler. Bunlara genel olarak "*problemli zeminler*" denilmektedir. İklimsel su muhtevası değişimlerine bağlı olarak hacimsel değişim gösteren plastik killer şişen kil olarak tanımlanmaktadır. Bu tür zeminler kuruduklarında büzülürler ve ıslandıklarında şişerler.

Bu çalışmada şişme deneyleri sadece Handere Formasyonu'na ait killer (Handere-Kili) için yapılmış ve incelenen lokasyonlar için şişme dereceleri ile ilgili değerlendirmelerde bulunulmuştur. Şişme deneyleri "*serbest şişme*", "*düzeltilmiş (modifiye) serbest şişme*" ve "*konsolidasyon cihazında tek boyutlu şişme*" olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.10.4. Zemin Taşıma Gücü Analizleri

Zemin taşıma güçleri zemine ait parametreler olduğu kadar bina tipi ve boyutlarına da bağlıdır. Taşıma güçleri ile ilgili analizlerin yapılabilmesi ve elde edilen verilerin birlikte değerlendirilebilmeleri amacıyla her veri noktası için aynı olacak bir model oluşturulmuştur. Hesaplamaların tamamında Terzaghi ve Peck (1967) temel taşıma gücü (q_{suv}) bağıntısı kullanılmıştır. Hesaplamalar Excel program kodları kullanılarak oluşturulmuş bir bilgisayar

programı yardımı ile yapılmıştır. Programda temel tipi verisi girildiğinde temel şekil katsayıları (k_1, k_2) ve aynı şekilde içsel sürtünme açıları girildiğinde taşıma gücü katsayıları (N_c, N_q, N_γ) otomatik olarak bağıntılardaki yerlerini almaktadır. Zemin emin taşıma gücü (q_{emin}) net taşıma gücünün (q_{net}) bir güvenlik katsayısına (G_s) bölünmesiyle bulunmuştur. Emin taşıma yükü de (Q_{emin}) emin taşıma gücünün temel genişliği (B) ve temel uzunluğu (L) ile çarpılmasıyla elde edilmiştir;

$$q_{sınır} = k_1 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (3.5)$$

$$q_{net} = q_{sınır} - (\gamma \cdot D_f) \quad (3.6)$$

$$q_{emin} = q_{net} / G_s \quad (3.7)$$

$$Q_{emin} = q_{emin} * (B \cdot L) \quad (3.8)$$

Şekil 3.3. taşıma güçleri ile ilgili analizlerin yapılmasında kullanılan Excel formatında oluşturulmuş bilgisayar programı ekran görüntüsü ile girdi ve çıktı parametrelerini göstermektedir.

TEMELE AİT VERİLER			TAŞIMA GÜCÜ PROGRAMI		
Temel tipi	İlk boyutları	Birimler			
Kohezyon	6	t/m ²	Lokasyon : Üçgül Otomotiv		
Ø	0	Derece	Program: Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU		
B.h.a.	1,944	t/m ³	ZEMİN TAŞIMA GÜCÜ BİLGİLERİ		
D _f	3	m	q _{sınır} =	44,592 t/m ²	4,4592 kg/cm ²
B	2	m	q _{emin} =	14,864 t/m ²	1,4864 kg/cm ²
L	3	m	Q _{emin} =	89,184 t	89184 kg
G _s	3		q _{net} =	38,76 t/m ²	3,876 kg/cm ²

Şekil 3.3. Zemin taşıma güçlerinin hesaplanmasında kullanılan bilgisayar programının girdi ve çıktı bilgileri.

Hesaplamalarda, tüm veri noktalarının birlikte değerlendirilebilmesi için temel tipi ve boyutlarına ait parametreler her veri noktası için aynı seçilmiştir. Bu amaçla zemin yüzeyinden 3 m derinlikte 2x3 m boyutlarında dikdörtgen şekilli bir temel model alınmıştır. Hesaplamaların tamamında güvenlik katsayısı 3 olarak alınmıştır. Temel tipi dikdörtgen olduğu için temel şekil katsayıları da her veri noktası için aynı olmuştur. Hesaplamalarda kullanılan taşıma gücü eşitliği, oturma hesapları ile ilgili eksikliklerden dolayı oturmalar açısından ayrıca değerlendirilmemiştir. Dolayısıyla bahsedilen taşıma gücü değerleri zemine ait genel taşıma gücü değerleridir.

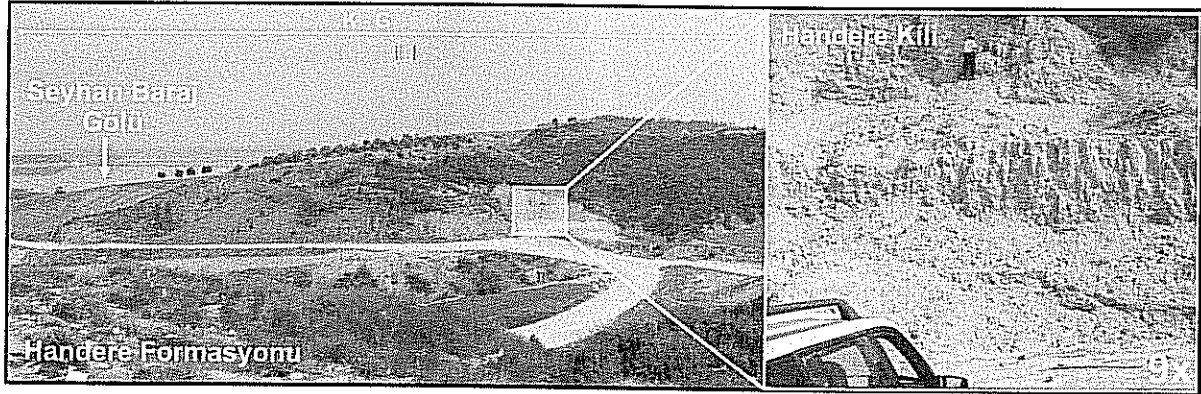
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Genel Jeoloji

Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu geniş bir bölgenin jeolojisi çeşitli araştırmacılar tarafından detaylı olarak çalışılmıştır. Bu bakımdan bu bölümde sadece incelenen alan içerisinde yer alan birimlerin jeolojik özelliklerine değinilmiş ve bu çalışma kapsamında çizilen yeni jeoloji haritası sunulmuştur. Önceki araştırmacılarca ortaya konulanlarla birlikte yapılan arazi çalışmalarına ait bilgiler de bu bölümde yer almaktadır. İnceleme alanında yer alan en yaşlı birim Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı Handere Formasyonu'dur. Handere Formasyonu'nun üzerine Kuvaterner yaşlı Taraça ve Kaliş birimleri gelmektedir. Tüm bu birimleri ise genç alüvyon çökelleri üstlemektedir.

4.1.1. Handere Formasyonu

Formasyon niteliğinde ilk olarak Schmidt (1961) tarafından adlandırılan birim Adana ili yerleşim alanı kuzeyinde geniş yayılım sunmaktadır. Bu yayılım çalışma alanı içerisinde de verdiği geniş mostralarla dikkat çekmektedir. Birimin esas olarak çakıltası, kumtaşı ve silttaşından oluştuğu bildirilmiş ve birime Üst Miyosen – Pliyosen yaşı verilmiştir (Schmidt, 1961). Birimin kalınlığı Yetiş ve Demirkol (1986) tarafından 120 – 700 m olarak bildirilmiştir. Seyhan ilçesinde yeni yapılaşmanın olduğu Kuzey Adana bölgesinde Seyhan baraj gölü güney sahili boyunca ve doğu-batı uzanımında geniş bir yayılım sunmaktadır (Şekil 4.1).

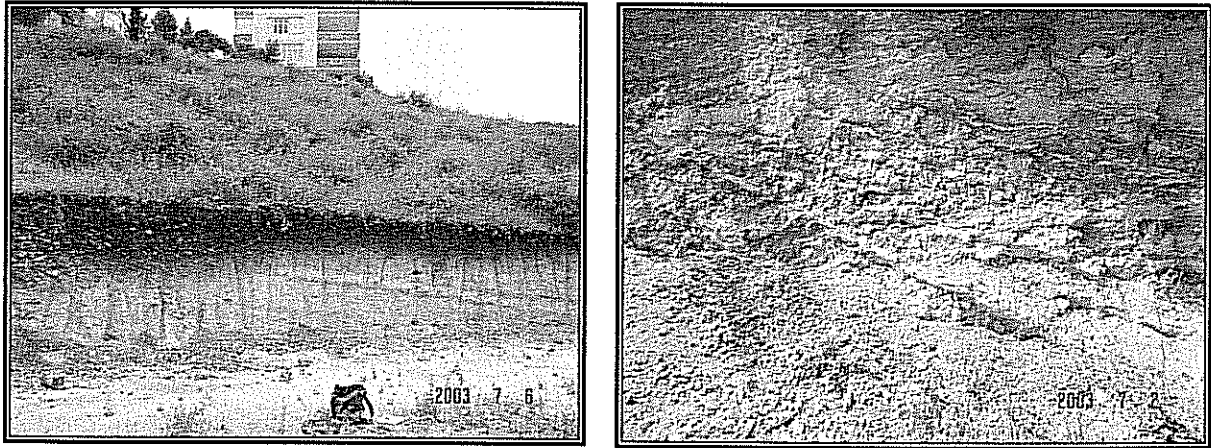


Şekil 4.1. Handere Formasyonu'nun (Handere kili) inceleme alanındaki genel görünümü ve incelenen bir yarma.

Birim, inceleme alanı içerisinde geniş yayılım sunan Kuvaterner yaşlı taraça, kaliş ve alüvyon çökelleri ile örtülmektedir. Ortam olarak Handere Formasyonunun tabandan tavana

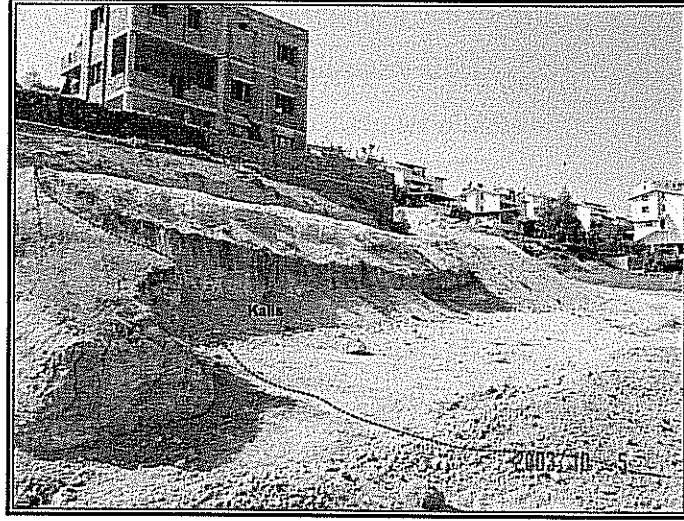
doğru sığ deniz, akarsu ve gl ortamlarını karakterize eden istifler sunduğu bildirilmiştir (Yetiş ve Demirkol, 1986).

Birden fazla litolojik birim içeren Handere Formasyonu'nun inceleme alanı içerisinde baskın olarak yüksek ve düşük plastisiteli kil grubundaki ince taneli malzemelerden oluştukları tespit edilmiştir. Bu bakımdan çeşitli araştırmacılarca "*Handere Kili*" adıyla tanımlanan adın özellikle Adana ili yerleşim alanı için daha uygun olacağı dşnlmştir. Zira inceleme alanı içerisinde yayılım sunan birimin geneline yakını kil, kiltası ve silt türündeki ince taneli malzemelerden oluşmaktadır. Bu bakımdan Handere Formasyonu'na ait mühendislik özelliklerinin incelenmesinde birim için "Handere Kili" adının kullanılması tercih edilmiştir. Birim, arazide genellikle açık kahverengi, bej ve sarımsı renklere yayılım sunmaktadır. Sarımsı renkte görünüm sunan birim içerisinde kum ve silt boyutundaki malzeme miktarı daha fazla olup kil miktarı oldukça azalmaktadır. Birim inceleme alanında 80-120 metreler arasında yükseltilere sahip topoğrafyayı oluşturmakta ve bu özelliği ile daha yüksek rakımdaki alanları kaplamaktadır. Handere Formasyonu içerisinde yer alan tabakalanmanın genel olarak 5-10° GD eğimli oldukları belirlenmiştir. Ancak kaliş ile dokanakta bulunduğu kesimlerde ve kimi yerlerde mercek ve kama Şekilli tabakalanmalar nedeniyle eğimlerde değişiklikler olabilmektedir (Şekil 4.2.)



Şekil 4.2. Handere Formasyonuna ait kiltaları içerisinde gözlenen eğimli tabakalar ve kama Şekilli apraz tabakalar.

Handere Formasyonu inceleme alanının kuzeyinde doğrudan kaliş birimi ile dokanak sunmaktadır (Şekil 4.3). Kalişin, bazı kısımlarda Handere Formasyonuna ait litolojiler içinde gelişmiş olması da bu dokanak ilişkisi nedeniyle.



Şekil 4.3. İnceleme alanı kuzeyinde görülen Handere Formasyonu, kaliş dokanağı.

4.1.2. Taraça

Taraça çökellerinin Adana havzası içinde esas olarak iki tür malzeme sundukları daha önceki çalışmacılar tarafından bildirilmiştir (Yetiş ve Demirkol, 1986). Nehir taraçalarının 50 m kadar kalınlığa eriştiği ifade edilmiştir (Schmidt, 1961). Birim Adana ili yerleşim alanı içerisinde Seyhan baraj gölünün batısında doğu-batı ve doğusunda kuzeydoğu-güney batı uzanımında yayılım sunmaktadır. Taraça biriminin üzerine Adana ovasının güncel alüvyon çökelleri gelmektedir.

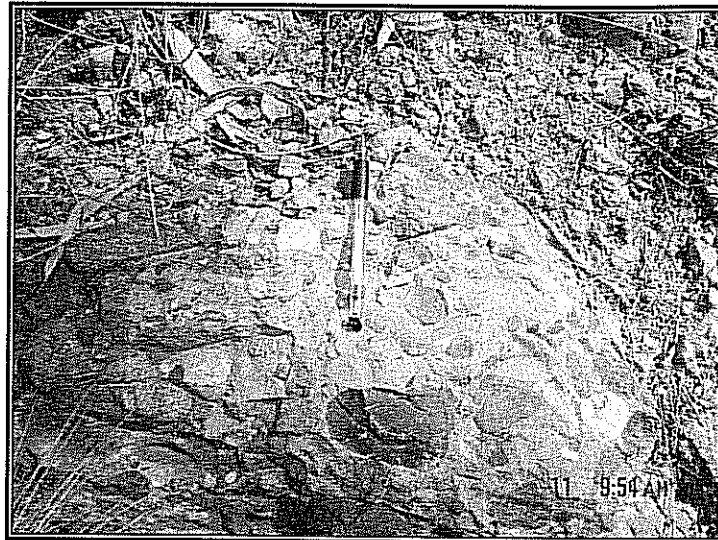
İnceleme alanı içerisinde esas olarak 3 tip taraça malzemesinin var olduğu bu çalışma sırasında yapılan arazi incelemeleri ile ortaya konmuştur. Bunlardan ilki, sıkı tutturulmuş, kil ve kum boyutu malzemenin daha az olduğu kompakt, dayanımı yüksek kaya özelliği gösteren taraçalardır, ikinci tip taraça malzemesi ise daha gevşek tutturulmuş, kil ve kum boyutu malzeme miktarı daha fazla ve nispeten daha düşük dayanımlıdır. Üçüncü tip ise kalişleşmiş taraçadan oluşmaktadır. Bu grupta diğerlerinden farklı olarak yaygın bir kaliş oluşumu ve kaliş birimine ait karbonatlı kesimler görülmektedir. Kalişleşme neticesinde bu taraçalarda taraça özelliği kısmen yok olmakta, özellikle karbonat içeriği yüksek olan blok ve çakıl boyutundaki malzemelerde dayanım özellikleri tamamen kaybolmaktadır. Bu ise birim içerisinde kısmen ayrışmaya bağlı kum boyutu malzeme miktarının artmasına neden olmaktadır. Bu tür taraçalarda birimin altta dayanımı yüksek 1. grup taraçalara geçişin olduğu gözlenmiştir. Tespit edilen taraça türlerinin düzensiz yayılımları, bir lokasyonda birden fazla türün aynı anda görülebilmesi nedenleriyle taraça biriminin alt türleri haritalanamamıştır. Taraça malzemesinin özellikleri ile ilgili tanımlamalar ancak lokasyon bazında ele alınabilmektedir.

Taraça birimi de Handere Formasyonuna ait ince taneli malzemeler gibi yüksek rakımlı topoğrafyaya sahip bir morfolojiyi oluşturmaktadır. Birim Seyhan baraj gölü batısında göl kıyısı boyunca yüksekliği fazla olmayan diklikler oluşturmaktadır (Şekil 4.4).

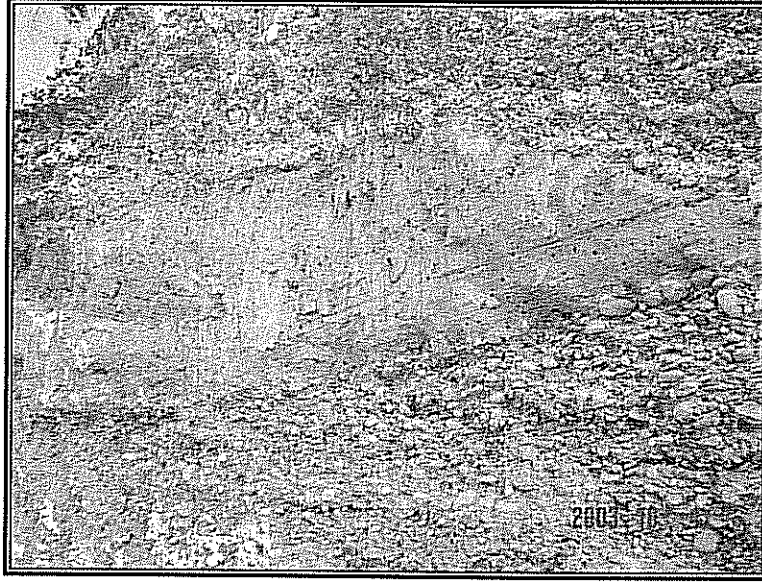


Şekil 4.4. Seyhan baraj gölü sahilinde mostra veren taraça birimlerinin görünümü.

Taraça birimi Köprülü mahallesinde, Seyhan ırmağının hemen bitişiğinde 20 m gibi düşük kotlarda olduğu gibi Toros mahallesinde 120 metrelik yüksek kotlarda da görülebilmektedir. Birim genel olarak iyi boylanmış, iyi yuvarlaklaşmış, kısmen matriks destekli çakıl ve blok boyutunda tanelerden oluşmaktadır (Şekil 4.5). Birimi oluşturan tanelerin büyük çoğunluğu bazalt, mikrogabro, diyabaz, diyorit, granit, radyolarit, kuvarsit ve kireçtaşı çakıl ve bloklarından oluşmaktadır. Oluşum esnasındaki farklı beslenime bağlı olarak birim içinde kum ve silt mercek ve kamaları ile tutturulmuş ve tutturulmamış gevşek zonlar bir arada bulunabilmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Taraça içerisinde yer alan tanelerin birim içindeki dağılımları.



Şekil 4.6. Taraça birimi içerisinde kama şekilli kum merceği (AÇ 48, Ordu Evi doğusu).

Genel olarak ele alındığında taraça birimlerinde tanelerin kötü boylandıkları, kil ve karbonat bileşimindeki matriks ile birlikte tane destekli de oldukları görülmektedir. Gevşek tutturulmuş taraça malzemelerinin genelinde bağlayıcı malzemenin azlığı, taneler arasındaki bağın tam olarak oluşmamasına neden olmuştur (Şekil 4.7).

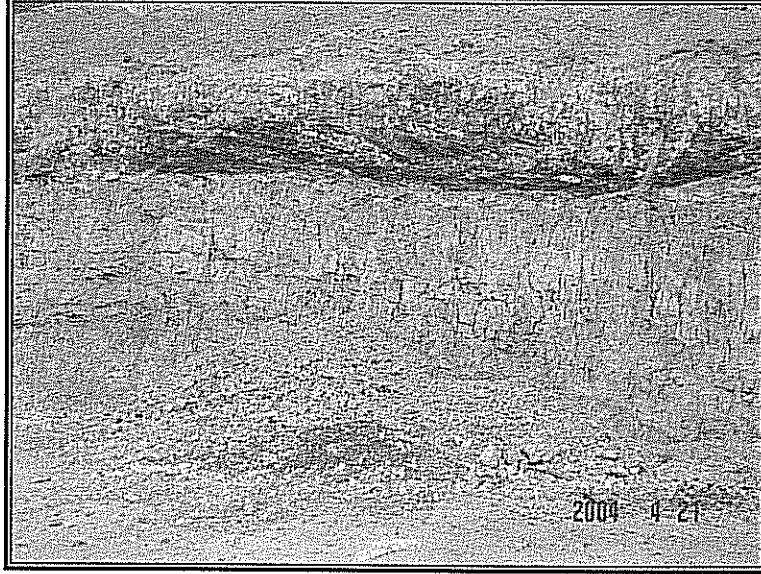


Şekil 4.7. Gevşek tutturulmuş taraçada tane destekli yapı ve boylanma.

4.1.3. Kalış

Yağışın buharlaşmadan daha az olduğu iklim koşullarına ait tipik oluşumlardan biri kalış çökelleridir. İnceleme alanı içerisinde taraça çökelleri ile birlikte ancak ondan daha dar bir alanda yayılım sunan bir litolojiyi oluşturmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından sadece

taraca çökelleri içerisinde kaliş malzemesinin oluşmuş olduğu bildirilmekle birlikte arazi çalışmaları sırasında inceleme alanı içerisinde Handere Formasyonu ile dokanak halinde ve bu birim içerisinde oluşmuş olduğu düşünülen bir diğer kaliş birimine de rastlanmıştır (Şekil 4.8). Adana ili yerleşim alanı içerisinde birimin ayırtılan diğer tüm birimlerle dokanak halinde olduğu görülmektedir. Kaliş çökelleri altta Handere Formasyonu'na ait ince taneli birimler ve Taraca ile üstte ise Alüvyon birimleriyle ilişkilidir. Yetiş ve Demirkol (1986) birimin Kuvaterner yaşlı olduğunu bildirmişlerdir.

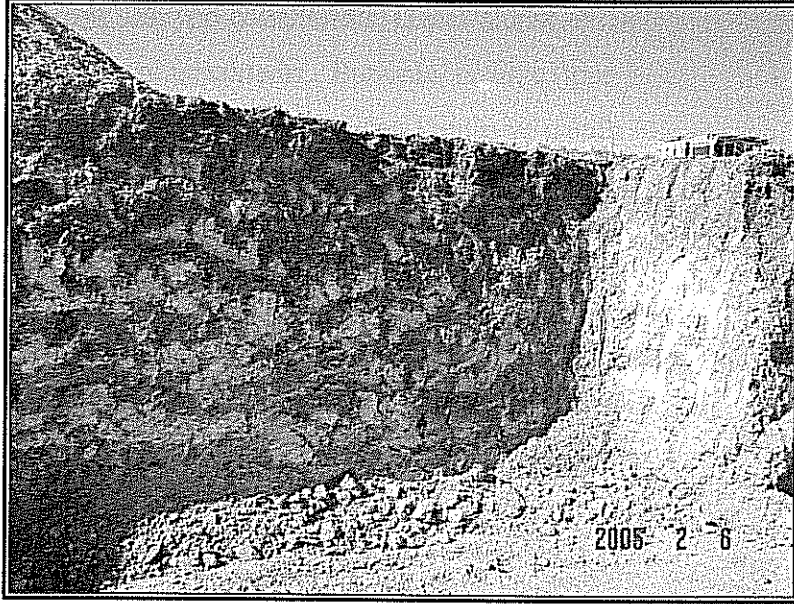


Şekil 4.8. Handere Formasyonu ile dokanak halinde olan kaliş birimi.

Birim, yapılaşmanın yaygın olarak geliştiği Kuzey Adana bölgesinde geniş yayılım sunmaktadır. Kireçocağı Mah., Huzurevleri Mah, Belediye evleri Mah, 100. yıl Mah. ve Pınar Mah. yaygın kaliş birimlerinin gözlemlendiği yerleşim alanlarıdır. Bu bölgelerde yer alan kaliş birimleri de farklı litolojik özellikler sunmaktadır, ancak bunların içerisinde en fazla göze çarpan, karbonat tüplerinden oluşan toprağımsı özellikteki kırmızı kaliş birimidir (Şekil 4.9). Bunun haricinde karbonat kabuk olarak nitelendirilebilecek özelliklere sahip kaliş birimi de Esenşehir mevkiinde (Kurttepe mah.) olduğu gibi 123 m'lik yüksek rakımlardaki mostraları ile dikkat çekmektedir. Ayrıca 100. Yıl ve Belediye Evleri mahallelerinde de bu tür kabuk oluşumlarına rastlanmaktadır (Şekil 4.10). Bu bölgedeki kaliş birimi nispeten dayanımlı, kompakt bir görünüm sunmakta ve daha altta doğrudan Handere Formasyonu ile dokanak halinde bulunmaktadır.

Karbonat kabuk şeklindeki sert kaliş birimi de çökelim koşullarındaki değişikliklere bağlı olarak kısmen farklı özellikler sunmaktadır. Bunların bir kısmı beyaz, kırılğan ve breşik yapıda ve daha yüksek dayanımlıdır. Diğer bir kısım ise kırmızımsı, yumuşak ve daha düşük

dayanımlıdır. Karbonat kabuk topoğrafik olarak kısmen yüksek yerlerdeki mostralarıyla dikkat çekmektedir. Karbonat kabuk olarak ele alınan kalış birimi zayıf kaya, ve karbonat tüplü kırmızı kalış birimi ise zemin olarak ele alınıp incelenecek özellikler taşımaktadırlar.



Şekil 4.9. Kuzey Adana bölgesinde geniş yayılım sunan kalış birimi ve yaygın karbonat tüpü oluşumlarının görünümü (02950 D/ 02310 K noktası).



Şekil 4.10. Belediye Evleri Mahallesinde karbonat kabuk ve altta yumuşak kalış biriminin görünümü (01098 D/ 02984 K noktası).

4.1.4. Alüvyon

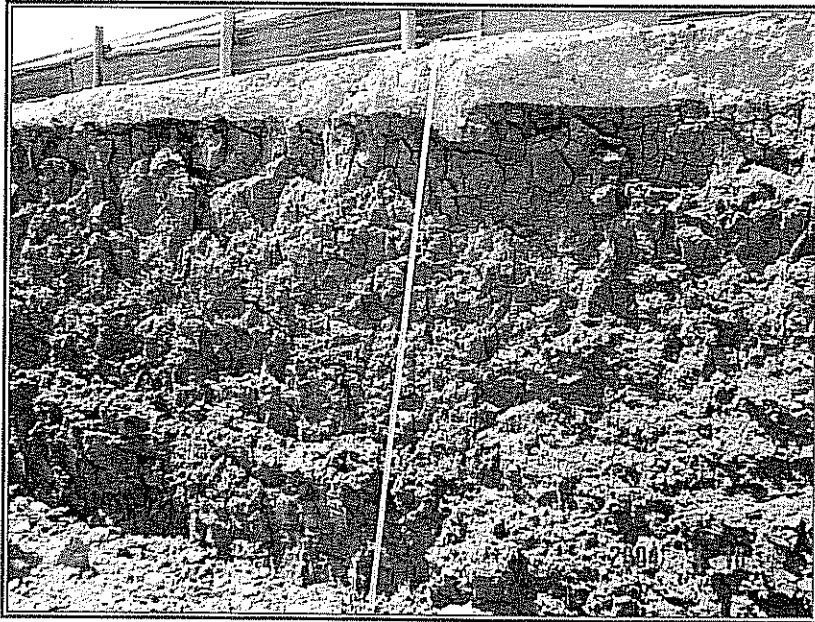
Önceki çalışmalarda Adana ovasını oluşturan alüvyonların eski ve yeni alüvyonlar olarak ikiye ayrıldıkları görülmektedir. Eski alüvyonların bitkisel toprakla örtülü buldukları, yeni alüvyonların ise daha çok dere kenarlarında gelişmiş kötü boylanmalı,

tutturulmamış çakıl, kum ve killi malzemeden oluştuğu belirtilmiştir (Yetiş ve Demirkol, 1986).

Adana ili yerleşim alanının özellikle de eski Adana'nın üzerinde gelişmiş olduğu litoloji Kuvaterner yaşlı alüvyon çökelleridir. Genel olarak ele alındıklarında, çökellerin çoğu ince taneli malzemeden oluşmaktadır. Bununla birlikte ince taneli malzemelerle beraber yayılım sunan ve ara seviyeler halinde yer alan kumlu ve çakıllı birimlere de rastlanmaktadır. Alüvyon birimlerinin yayılımı düz bir topoğrafyayı oluşturmakta ve buna bağlı olarak yeraltı suyu seviyesi de yüzeye yaklaşmaktadır. Alüvyon içerisinde hakim litolojiyi oluşturan ve tipik taşkın ovası çökellerini temsil eden killi birimlerde güncel organizma kavkuları ile bitki kök kalıntılarına sıklıkla rastlanmaktadır (Şekil 4.11). Kil türü ince taneli istif içerisinde kalışlaşmaya bağlı olarak oluşmuş karbonatlı seviyeler yerleşim alanı içerisindeki geniş yayılımları ile dikkat çekicidirler. Bu seviyeler içerisinde ince çakıl boyutu malzemeler gelişigüzel dağılmış durumda bulunmaktadır. Kalış-alüvyon dokanağında kalış kili içerisindeki karbonatlaşmanın fazlalığı kalış kili ile alüvyon kilinin birbirinden ayırt edilebilmesini sağlamaktadır.

Adana yerleşim alanı içerisindeki alüvyon çökellerinin alansal yayılımı Yüreğir ilçesinde Seyhan ilçesine göre daha fazladır.

Katı kıvamda yüksek plastisiteli kil (CH), düşük ve orta plastisiteli siltli ve kumlu killer (CL), siltli kum (SC, SM), siltli kumlu çakıl (GP, GC) alüvyon birimi içerisinde genel olarak yayılım gösteren zemin türlerini oluşturmaktadır.



Şekil 4.11. Alüvyon birimi içerisinde görülen koyu kahverenkli kil birimi ve beyaz renkli organizma kavkularının görünümü.

Alüvyon çökellerinin tamamı 10 – 40 m. gibi düşük rakımlı topoğrafyada yer almaktadır. Topoğrafyadaki alçalmaya bağlı olarak yer altı suyundaki yükselme ve kısmen yüzey suları etkisiyle alüvyon çökelleri doğal halleri ile yüksek nem içeren çökellerdir. Killerde nem etkisiyle oluşan yumuşaklık kuruma etkisiyle kaybolarak sertleşmekte ve oldukça yüksek dayanım değerleri elde edilebilmektedir.

Üzerlerinin örtülü olmasından dolayı Alüvyon birimleri ile ilgili jeolojik çalışmalarda da yüzey kazısı ve sondajlardan elde edilmiş bilgiler kullanılmıştır.

Yukarıda açıklanan jeolojik birimlerin arazi incelemeleri ile ortaya konulmuş olan sınır ilişkilerini gösteren 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

Bir jeolojik birim olarak ayırtılmamış olmakla birlikte, inceleme alanında oldukça dar bir alan kaplayan bir materyal de dolgu malzemeleridir. Dolgu birimler arazi çalışmalarında tipik bazı özellikleri ile ayırt edilebilmektedirler. Tespit edilen bu özellikler şu şekilde sıralabilir;

- Homojen bir dağılım ve görünüm sunmamaktadırlar,
- Daha çok, gevşek ve tutturulmamış olarak bulunmaktadır,
- Kiremit, tuğla, döşeme taşı parçaları ve bazı sentetik malzemeler içermektedirler,
- Güncel bitki kalıntılarınca zengin olmaları nebati niteliklerini artırmaktadır,
- İncelenen kazı profilleri içerisinde belirli yönde bir çökelim izi göstermemektedirler.

Eski Adana’nın üzerinde kurulduğu Tepebağ bölgesi eski dolgu malzemelerinin olduğu bir bölgeyi oluşturmaktadır. Bu bölgedeki dolgunun yüksekliği incelenen bir araştırma kazısı kesitinde 4.00 m olarak ölçülmüştür. Bunun yanında Süleyman Demirel Bulvarı üzerinde güncel olarak oluşturulmuş bir diğer dolgu malzemesi lokasyonu Bilfen Okulları bitişiğinde yer almaktadır. Yayılım alanı belirlenebilen bu dolgunun ölçülen bir kalınlığı bulunmamaktadır. Bununla birlikte korelasyon yoluyla elde edilen kalınlık değerinin 6-8 m olduğu düşünülmektedir. Bu lokasyonlarla birlikte Güney Adana’da yer alan Kocavezir mahallesinde de ölçülmüş kalınlığı 3.5 metreyi bulan ve içerisinde bol miktarda inşaat artıkları ve moloz içeren dolgu malzemesi bulunmaktadır. Cumhuriyet Mahallesinde 2 m kalınlığında, Mirzaçelebi Mahallesinde 3 m kalınlığında dolgu malzemesinin var olduğu tespit edilmiştir. Yapılan arazi incelemeleri birçok kazı kesitlerinde de kalınlığı 1 – 1.5 metreyi geçmeyen dolgu malzemelerine de rastlanmıştır. Ancak bu birimlerin tamamı mühendislik açısından bir önem taşımadıklarından mühendislik anlamında değerlendirilmemiş ve haritalama kapsamına alınmamışlardır.

4.2. Hidroloji

Akdeniz Bölgesinin önemli akarsularından olan 560 km uzunluğundaki Seyhan nehri Adana il sınırları içerisinde geçmektedir. Adana ili göller bakımından kısmen fakirdir. Seyhan baraj gölü ve sulama göletleri dışında inceleme alanı içerisinde başka göl bulunmamaktadır.

İnceleme alanında yılın 12 ayı akış halinde olan tek dere Seyhan nehridir. Harita alanını kuzeyden güneye yaklaşık 12 km kat eden ve güneye akışlı olan Seyhan ırmağının debisi mevsimlere ve baraj tarafından kullanıma bağlı olarak değişmektedir.

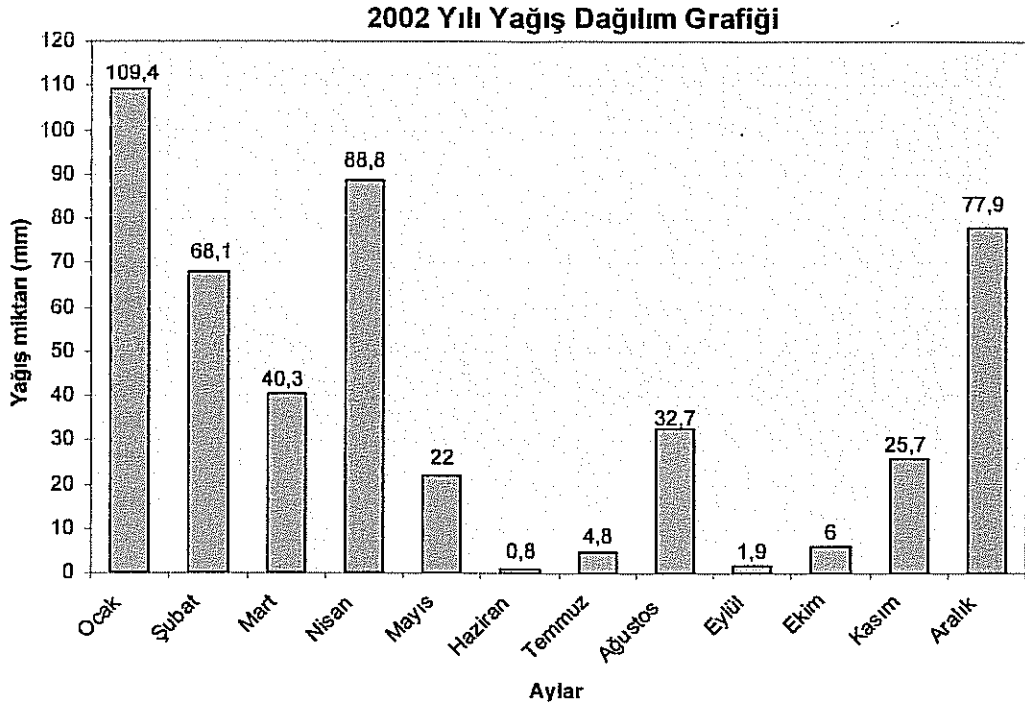
Seyhan nehri Hadırlı ve Yarbaşı dolaylarına kadar kuzey-güney istikametinde akarken bundan sonra bir karp yaparak güneybatıya yönelir ve Berdan nehrine yaklaşarak Karaburun mevkiinde Akdeniz'e dökülür. Nehir üzerinde 60 Mw gücünde, 3 türbinli, elektrik ve sulama amaçlı yapılmış Seyhan barajı ve daha kuzeyde içme suyu amaçlı olarak yapılmış Çatalan barajı bulunmaktadır. Adana ili kuzeybatısını 1 milyon m³ hacmiyle Seyhan baraj gölü kuşatmaktadır.

4.2.1. İstatistiksel Hidroloji Çalışmaları

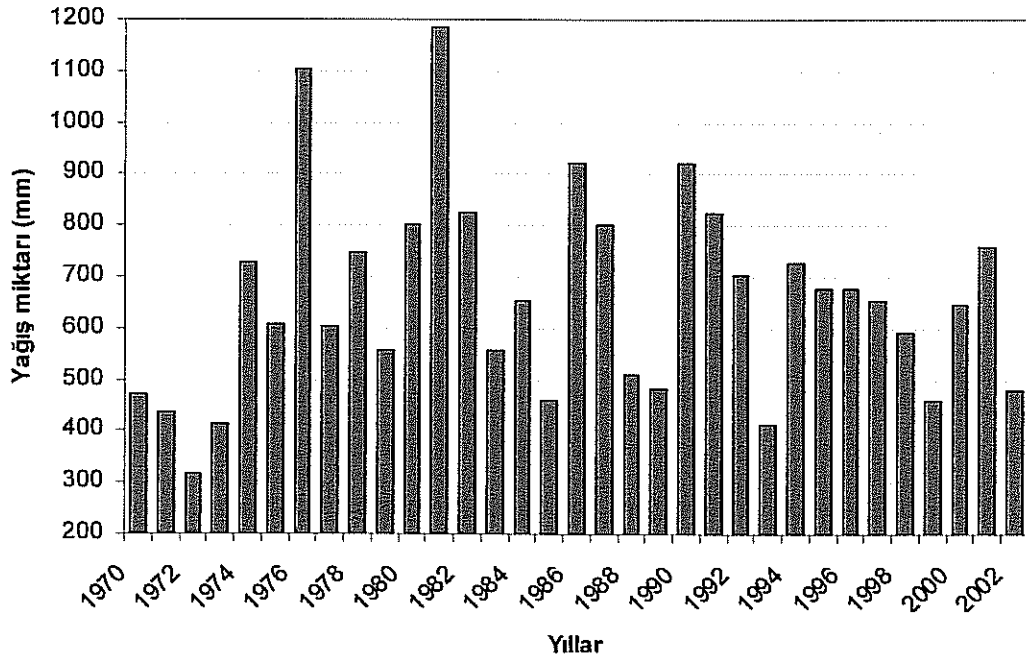
Özellikle hidrojeolojik çalışmalarda doğrudan kullanılabilir nitelikte veriler olmalarından dolayı meteorolojik ve hidrolojik bilgiler önem taşımaktadır. Akiferlerde uzun süreli doğal su seviyesi değişimlerinin yıllık yağış verileriyle olan anlamlı ilişkileri nedeniyle bu tür bilgiler ayrıca önem taşımaktadır.

Bölgeye ait 2002 yılı yıllık ortalama yağış değerlerine bakıldığında en fazla yağışın Ocak ve Nisan aylarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.13). 1970-2002 yılları arasında kapsayan 32 yıllık bir değerlendirme ile yıllara bağlı olarak ortalama yağış miktarlarının değişimi ortaya konulmuştur (Şekil 4.14). Bu periyot içerisinde 1976 ve 1982 yıllarında düşen yağış miktarlarının oldukça fazla olduğu dikkati çekmektedir.

Hidrolojik çalışmaların diğer bölümünde 1970 – 2002 yılları için elde edilmiş meteorolojik yağış verileri kullanılarak ortalama yıllık yağışlar ve ortalama yıllık yağıştan sapma değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). İnceleme aralığındaki yıllar için hesaplanmış ortalama yağış yüksekliği 657.25 mm olarak bulunmuştur. Hesaplanan yıllık yağıştan eklenik sapma değerlerine göre çizilen grafik ile dönem içerisindeki kurak ve yağışlı periyotlar belirlenmiştir.

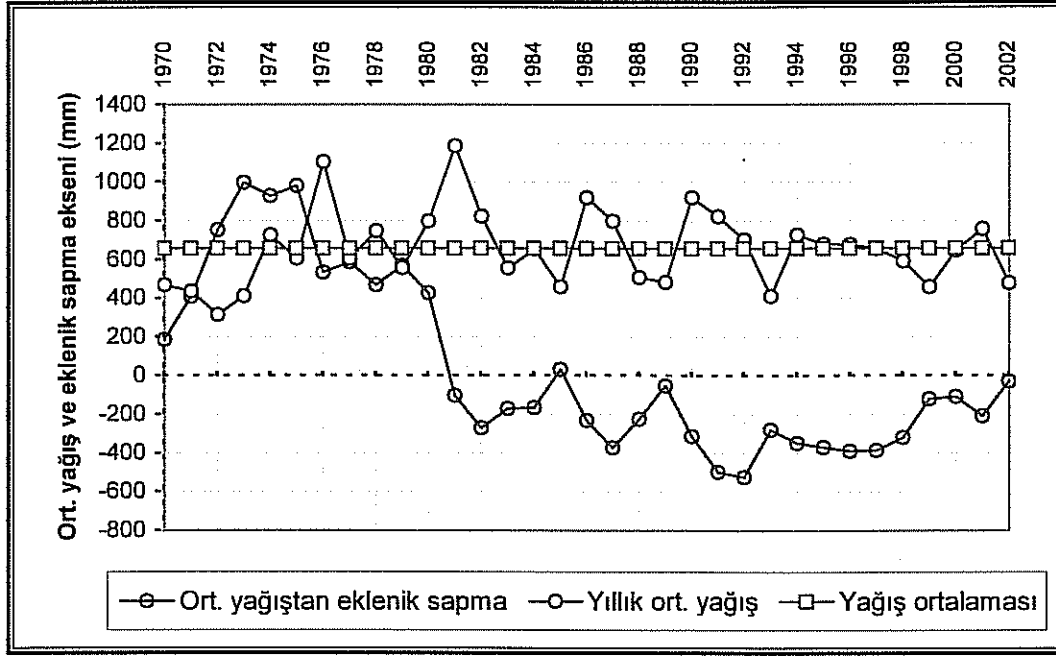


Şekil 4.13. Aylara bağlı olarak ortalama yağışın 2002 yılı içindeki değişimi.



Şekil 4.14. Ortalama yıllık yağış miktarlarının 1970-2002 yılları arasındaki değişimi.

Çizelge 4.1 verileri kullanılarak elde edilen ortalama yağıştan eklenik sapma, yıllık ortalama yağış eğrileri de Şekil 4.15'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.15. Yıllık yağış miktarları kullanılarak elde edilen eklenik sapma ve ortalama yağış grafikleri.

4.2.2. Su Bilançosu

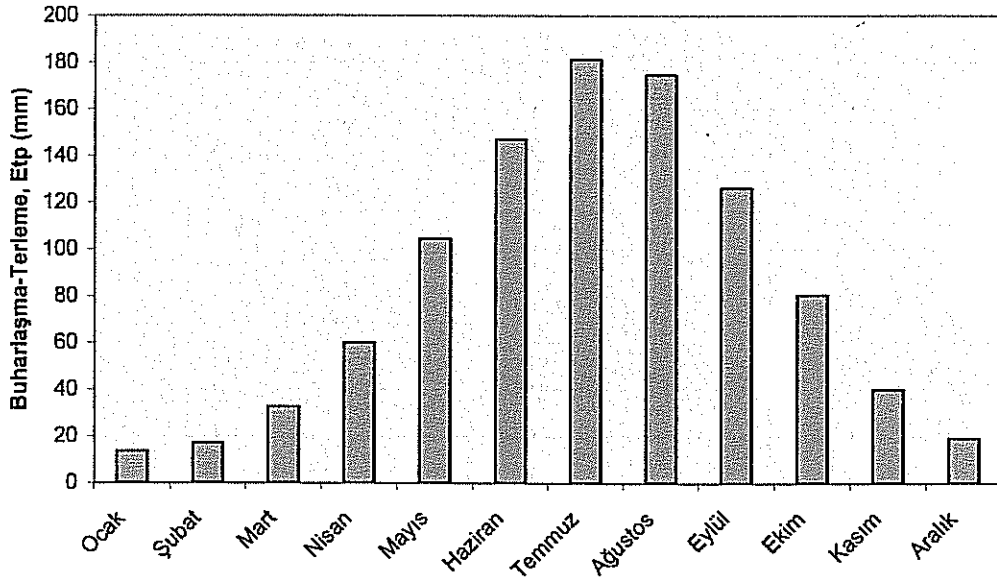
Çalışmanın bu bölümünde 1929 – 2001 yıllarına ait sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak bölgenin su bilançosu çıkarılmıştır. Belirtilen yıllar için potansiyel ve gerçek buharlaşma-terleme değerleri, karşılaştırma için Thornthwait yöntemi ile hesaplanmıştır.

Bu yöntemle, 1929-2001 yılları için yıllık potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) 1116.97 mm, yıllık gerçek buharlaşma-terleme (Etr) ise 409.28 mm hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Etp'nin aylık değişimleri Şekil 4.16'da verilmiştir.

Mart ayı sonuna kadar yağışın Etp'den fazla olduğu görülmektedir. Bu nedenle Etp, Etr'ye eşit olur. Yağış fazlası ise 221.67 mm'dir. Bu yağışın bir kısmı yüzeysel akışa geçer, bir kısmı da yeraltına süzülür. Mart ayı sonundan Mayıs ayı sonuna kadar zemin rezervi olan ve teorik olarak 100 mm kabul edilen su kullanılır. Mayıs ayı sonundan Ekim ayı sonuna kadar su noksanı, başka bir deyişle tarım su açığı vardır. Etp'nin yağıştan fazla olduğu kurak dönemde Etp 1006.44 mm ve yağış 198.76 mm'dir. Buna göre su noksanı 723.88'dir.

Çizelge 4.1. Gözlem yıllarına bağlı olarak inceleme alanındaki yağış miktarları ile yıllık yağıştan sapma ve eklenik sapma değerleri.

<i>Gözlem Yılları</i>	<i>Yağış Miktarı (mm)</i>	<i>Ortalama yıllık yağıştan sapma (mm)</i>	<i>Ort. yıllık yağıştan eklenik sapma (mm)</i>
1970	470	187,25	187,25
1971	435,7	221,55	408,80
1972	314,7	342,55	751,35
1973	411,5	245,75	997,10
1974	726,3	- 69,05	928,05
1975	605,2	52,05	980,10
1976	1104	- 446,75	533,35
1977	605	52,25	585,6
1978	774,7	- 117,45	468,15
1979	556,8	100,45	568,60
1980	798,9	- 141,65	426,95
1981	1186,3	- 529,05	-102,10
1982	823,1	- 165,85	-270,95
1983	555,8	101,45	-169,50
1984	653,6	3,65	-165,85
1985	460	197,25	31,40
1986	920	- 262,75	-231,35
1987	798,9	- 141,65	-373,00
1988	508,4	148,85	-224,15
1989	484,2	173,05	-51,10
1990	920	- 262,75	-313,85
1991	823,1	- 165,85	-497,70
1992	702,1	- 44,85	-524,55
1993	411,5	245,75	-278,80
1994	726,3	- 69,05	-347,85
1995	677,8	- 20,55	-368,40
1996	677	- 19,75	-388,15
1997	654,8	2,45	-385,7
1998	590,8	66,45	-319,25
1999	458,3	198,95	-120,3
2000	646,6	10,65	-109,65
2001	756,8	- 99,55	-209,20
2002	478,2	179,05	-30,15
Ortalama	657,25		

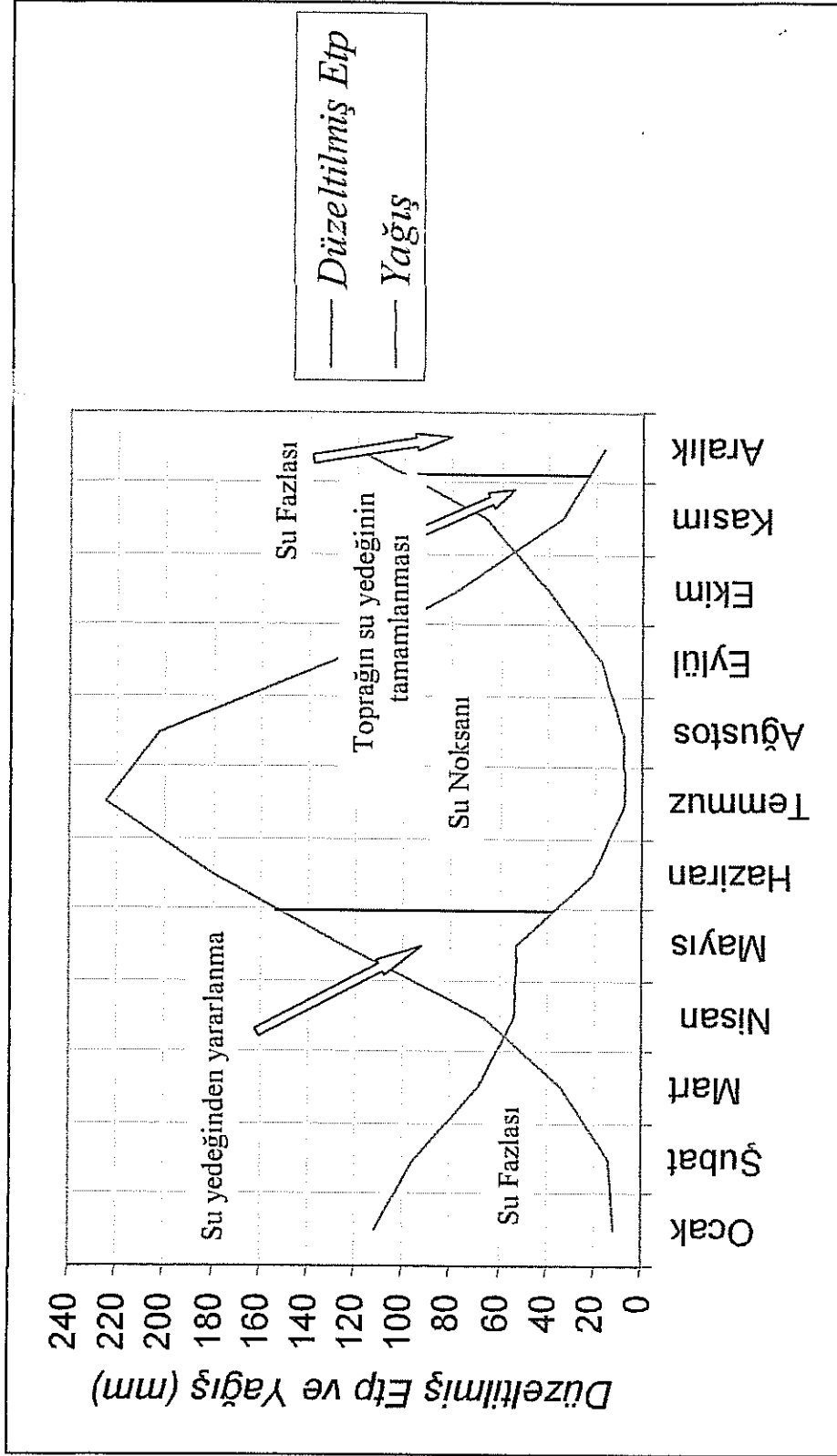


Şekil 4.16. Etp'nin aylık değişimleri.

Kasım ayından itibaren yağış Etp'den fazladır. Aralık ayı ortalarında fazla yağış zemin rezervini tamamlar. Bu hesaplamalara göre yıllık ortalama yağışın % 61.70'ine karşılık gelen 409.28 mm, buharlaştırma-terleme ile atmosfere geri dönmektedir. Ocak, Şubat, Mart ve Aralık aylarında görülen yağış fazlası toplam yağışın % 33.42'sidir. Yapılan su bilançosu için kullanılan ve elde edilen değerler tablo halinde Çizelge 4.2'de verilmiş ve Şekil 4.17'de grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Adana ilinin 1929-2001 yılları arasında kapsayan deneşirmeli su bilançosu

METEOROLOJİK ELEMANLAR	AYLAR (1929-2001)												YILLIK TOPLAM
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama sıcaklık (°C)	9.4	10.4	13.1	17.2	21.4	25.3	27.8	28.1	25.6	21.1	15.5	11.1	18.8
Aylık endeks	2.517	3.03	4.248	6.377	8.972	11.55	13.282	13.575	11.643	8.718	5.653	3.344	92.909
Etp (mm)	13.644	17.10	32.60	60.038	104.4	146.92	181.093	174.433	126.05	80.534	39.93	19.289	
Düzeltilme katsayısı	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84	
Düzeltilmiş Etp (mm)	11.87	14.535	33.58	66.04	126.32	179.24	224.55	202.34	129.83	78.117	34.34	16.20	1116.97
Yağış (mm)	109.4	88.9	65.8	52.5	47	20.6	6.3	5.3	15.6	43.5	73.9	124.45	653.2
Zemin rezervi (mm)	100	100	100	87.81	13.99	0	0	0	0	0	32.28	100	
Etr (mm)	11.87	14.53	33.58	66.04	126.32	34.7	6.82	7.95	16.99	39.94	34.34	16.20	409.28
Su noksanı (mm)	0	0	0	0	0	144.54	217.73	194.39	112.85	38.17	0	16.20	723.88
Su fazlası (mm)	100.49	80.84	34.99	0	0	0	0	0	0	0	0	5.35	221.67



Şekil 4.17. Adana ilinin 1929-2001 yılları için yağış ve Etp değerlerinin aylık değişim grafiği (su bilançosu).

4.3. Birimlerin Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi

Bu bölüm, çalışma kapsamında incelenen birimlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalara ait bilgileri içermektedir. Anlatımlarda birliktelik olabilmesi açısından tüm birimler için incelenen alt başlıkların aynı olmasına çalışılmıştır. Başlangıçta birimin yayılımı ve genel özellikleri verilmiş, sonuçların elde edilmesinde izlenen araştırma yöntemlerinden bahsedilmiş ve ardından birimlerin temel mühendislik özelliklerine geçilmiştir.

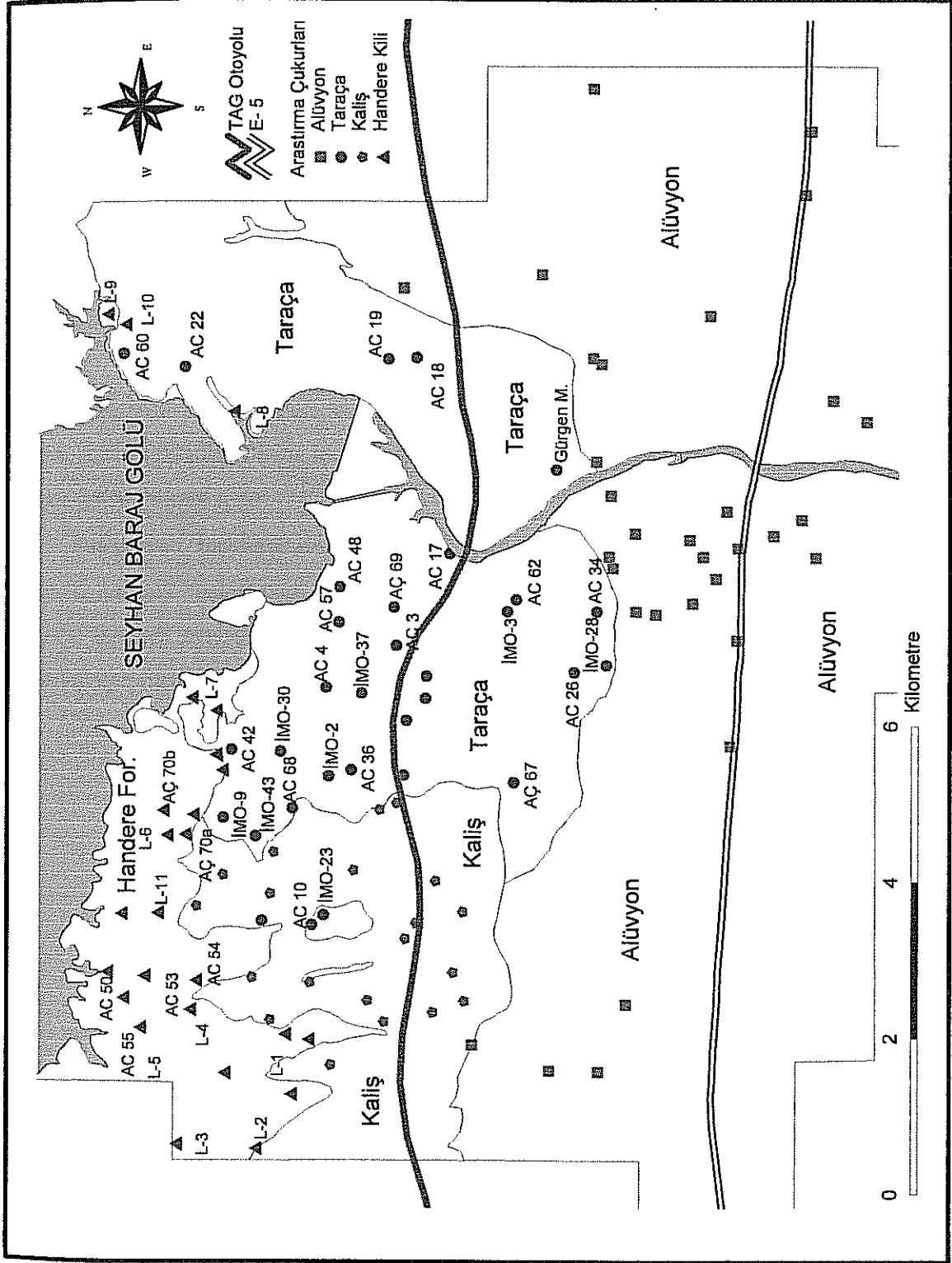
4.3.1. Handere Kili

Handere Kili, Seyhan baraj gölü güney kıyısı boyunca, doğu-batı uzanımında Adana ili yerleşim alanı içerisinde geniş bir alan kaplamaktadır (Şekil 4.12). Yeni yapılaşmanın da olduğu Kuzey Adana bölgesinin bir kısmı bu litoloji üzerinde kurulu bulunmaktadır. Birim tabakalı bir yapı göstermekle birlikte düzgün tabakalanmalı yapıyı her yerde görebilmek mümkün olamamaktadır.

Çalışmanın ilk aşamasında inceleme alanı içerisinde yeni yapılaşmanın sürdürülmekte olduğu alanlar gözetilerek örneklemelerin de kolay yapılabilceği bir lokasyon ağı oluşturulmuştur. Bu amaçla 11 veri noktası (L1 - L11) belirlenmiştir (Şekil 4.18). Her noktadan sayısal koordinatlar alınmış ve bunlar haritaya işlenmiştir. Veri noktaları içerisinde derinliğe bağlı olarak meydana gelebilecek farklı özellikleri belirleyebilmek amacıyla aynı noktanın değişik derinliklerinden örselenmiş ve örselenmemiş (blok) örnekler alınmıştır (Şekil 4.19).

Açılmış yol yarmaları, şevler ve yüzey kazılarının incelenmesi çalışmanın ikinci aşaması içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Üçüncü aşamada birimin genel jeofizik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla aynı nokta için geçerli olmak üzere jeofizik sismik ve rezistivite ölçümleri yapılmıştır. İncelenen tüm veri noktalarına ait konum bilgileri daha önceden elde edilmiş verilerle birlikte, bu çalışma kapsamında oluşturulmuş Coğrafi Bilgi Sistemi veri bankası içerisinde koordinatlarıyla birlikte yer almaktadır.



Şekil 4.18. Handere kili ve taraça araştırma çukuru yerlerinin çalışma alanı içindeki dağılımı

4.3.1.1. Fiziksel Özellikleri

Handere kili genel olarak yüksek, kısmen de düşük plastisiteli, katı-sert kil grubunda yer alan bir zemin türünü oluşturmaktadır. Fiziksel özellikler şu genel nitelikleri ile tanımlanmışlardır;

Renk: İnceleme alanı genelinde birim krem, açık sarımsı kahverengi ve açık kahverengi renk tonlarında görülmektedir. Silt oranının artması ile birim daha sarımsı bir renk almaktadır.

Doku: Birim ince taneli ve kısmen düzenli ince tabakalıdır.

Sertlik: Kiltası ve siltaşı litolojilerinde de görülebilen birim kolay ayrışabilir özellikte olduğundan daha çok toprağımsı bir görünüm sunmaktadır. Bu bakımdan sertliği çok düşüktür.

Ayrışma: Yüzey suları ve bitki örtüsü nedeniyle fiziksel ayrışma türlerinin yaygın olduğu görülmektedir. Birim içerisindeki bazı kısımlarda ayrışma etkisiyle tamamen zemin özelliği görülebilmektedir.

Taşlaşma: İnceleme alanındaki en yaşlı birim olan formasyon kısmen diyajenez etkisinde kalarak taşlaşmıştır. Ancak bu özellik birimin geneli için geçerli değildir. Zira özellikle fiziksel ayrışma tabakalı yapının bozulup, diyajenez süreci içerisinde taşlaşmaya başlamış olan birimin topraklaşarak zemin özelliği kazanmasına neden olmuştur.



Şekil 4.19. Arazi çalışmaları sırasında alınan kiltası blok numunelerinin görünüşleri.

Çalışılan ilk 11 veri noktasındaki örneklemeler tamamen zeminin fiziksel özellikleri ile konsolidasyon özelliklerini belirlemek amacıyla yapıldığından bu bölümde sadece adı geçen lokasyonlardan elde edilmiş bilgiler sunulmuştur. Bunun dışında incelenen ve araştırma

çukuru olan ele alınan diğer lokasyonlara ait bilgiler bu bölümde incelenmiş 11 çalışma noktası ile birlikte EK 1'deki araştırma çukuru kesitlerinde verilmiştir.

Veri noktalarından alınan numunelerin tamamı kesek ve blok numuneler olduğundan doğal haldeki birim hacim ağırlıklarının belirlenmesinde parafinleme yöntemi kullanılmıştır. Her noktadan birden fazla sayıda örnek alınmış olduğundan birim hacim ağırlığı değerlendirmelerinde elde edilmiş olan en küçük, en büyük ve ortalama değerler ayrı ayrı belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Buna göre incelenen noktalardan elde edilmiş örneklerin özgül ağırlıkları 2.50-2.68 arasında ortalama birim hacim ağırlıkları ise 1.58 gr/cm³ ile 2.01 gr/cm³ değerleri arasında değişim göstermektedir.

Çizelge 4.3. İncelenen noktalardan alınmış numuneler üzerinde yapılan deneylere göre elde edilmiş doğal birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık değerleri.

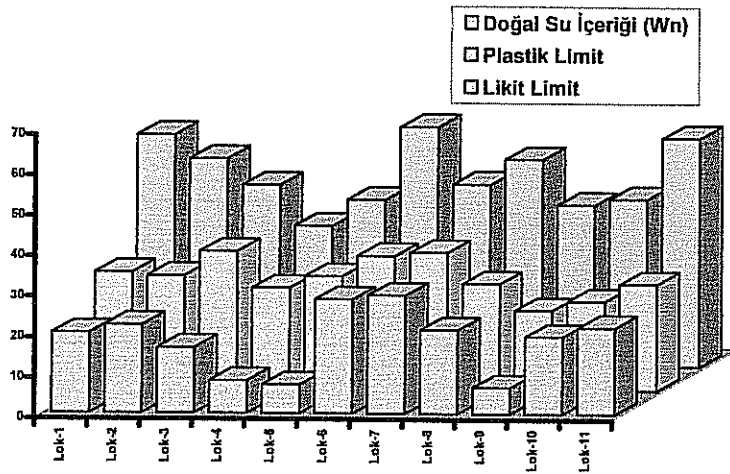
Veri Noktası	Özgül Ağırlık	Doğal Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)		
		Minimum	Maksimum	Ortalama
L1	2.58	1.73	1.84	1.78
L2	2.68	1.61	1.67	1.64
L3	2.60	2.00	2.02	2.01
L4	2.68	1.66	1.72	1.69
L5	2.63	1.56	1.60	1.58
L6	2.60	1.67	1.69	1.68
L7	2.50	1.75	1.78	1.77
L8	2.68	1.71	1.76	1.74
L9	2.58	1.61	1.69	1.65
L10	2.61	1.71	1.73	1.72
L11	2.65	1.81	2.00	1.90

Birimlere ait diğer fiziksel parametreler temel faz ilişkilerinden yararlanarak ortaya konulmuş ve bu şekilde hesaplanmış olan doygunluk derecesi (S), boşluk oranı (e), porozite (n), kuru birim hacim ağırlık (γ_k), doygun birim hacim ağırlık (γ_d) ve batık birim hacim ağırlık (γ') Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Bu çizelgeden doygunluk derecesinin % 25.44 - % 84.94 gibi geniş bir aralıkta, boşluk oranının 0.50 ile 1.04 ve porozitenin % 33.47 - % 51.08 gibi daha dar bir aralıkta değişim sundukları görülmektedir.

Örnekleme Eylül ayında yapılmış olup belirtilen ay için geçerli olmak üzere doğal haldeki su içerikleri ve bu değerlerin likit ve plastik limit deneylerinden elde edilen sonuçlarla birlikte Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Handere Kili'ne ait bazı fiziksel özelliklerin lokasyonlara bağlı olarak değişimleri.

Veri No	S (%)	e	n (%)	γ_k (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)	γ' (gr/cm ³)
L1	71.83	0.75	42.97	1.47	1.90	0.90
L2	60.22	1.00	50.05	1.34	1.84	0.84
L3	83.72	0.50	33.47	1.73	2.06	1.06
L4	30.30	0.71	41.65	1.56	1.98	0.98
L5	48.63	0.96	48.98	1.34	1.83	0.83
L6	79.89	1.04	51.08	1.27	1.78	0.78
L7	84.59	0.90	47.32	1.37	1.84	0.84
L8	64.64	0.86	46.22	1.44	1.90	0.90
L9	25.44	0.67	39.99	1.55	1.95	0.95
L10	61.92	0.81	44.71	1.44	1.89	0.89
L11	84.32	0.71	41.51	1.55	1.97	0.97



Şekil 4.20. Örnekleme yapılan yerlerdeki zemin numunelerine ait su muhtevası (w_n), likit limit (LL) ve plastik limit (PL) değerlerinin değişimleri.

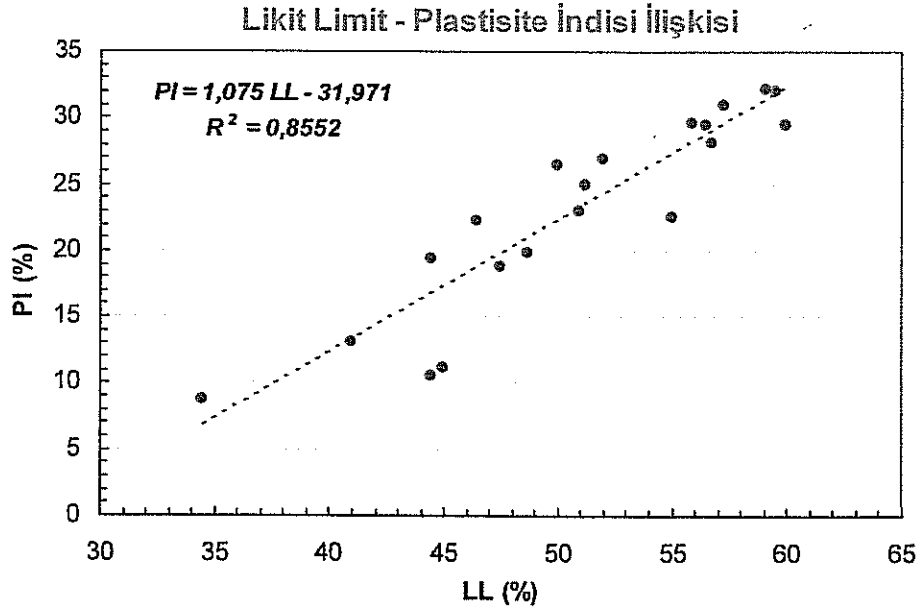
Her veri noktası için derinliğe bağlı olarak örnekleme yapıldığından, kıvam limiti deneylerinde seviyelerdeki değişimleri ve aynı şekilde zemin sınıfındaki değişimleri görebilmek amacıyla deneyler farklı derinliklerden alınmış örnekler için ayrı ayrı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve değişim aralıkları Çizelge 4.5'de sunulmuştur. Buna göre incelenen zeminlerin plastik limit değerleri % 22.00 - % 35.47 arasında değişmektedir ki bu değer likit limit değerlerine göre daha dar bir aralık sunmaktadır. Kıvam limitlerinden elde edilen değerlerin plastisite kartında değerlendirmeleri ile Handere Formasyonu'na ait ince taneli zeminlerin CH, MH, CL ve ML zemin grubunda yer aldıkları belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Derinliğe bağlı olarak kıvam parametreleri ile zemin sınıflarının değişimi.

<i>Veri No</i>	<i>Derinlik (m)</i>	<i>w_n (%) ort.</i>	<i>LL</i>	<i>PL</i>	<i>PI</i>	<i>I_L</i>	<i>Zemin Sınıfı</i>
L1 - SM2	3	19.81	59.1	26.88	32.22	- 0.219	CH
L1 - SM3	4	15.53	52.0	25.10	26.90	- 0.355	CH
L1 - SM4	5	20.98	59.5	27.51	31.99	- 0.204	CH
L1 - SM5	6	19.84	56.8	28.76	28.04	- 0.318	CH
L2 - SM1	1	20.50	56.5	27.04	29.46	- 0.221	CH
L2 - SM2	2	22.52	50.0	23.50	26.50	- 0.215	CH
L2 - SM3	3	21.76	51.0	28.00	23.00	- 0.462	CH
L3 - SM2	3	16.20	44.5	33.97	10.53	- 1.687	ML
L4 - SM2	2	8.07	34.5	25.74	8.76	- 2.017	ML
L5 - SM2	3	9.37	47.5	28.72	18.78	- 1.030	ML
L5 - SM3	4	17.75	48.7	28.83	19.87	- 0.557	ML
L5 - SM5	7	7.09	41.0	27.93	13.07	- 1.594	ML
L6 - SM1	2.5	24.35	60.0	30.60	29.40	- 0.212	CH
L6 - SM2	3.5	32.08	58.0	35.47	22.53	- 0.150	MH
L7 - SM3	3	29.22	45.0	33.92	11.08	- 0.424	ML
L8 - SM2	5	20.73	51.2	26.31	24.89	- 0.224	CH
L9 - SM3	3	6.57	40.0	19.75	19.35	- 0.681	CL
L10 - SM3	4	19.18	41.5	22.00	25.30	- 0.111	CL
L11 - SM1	9	20.22	57.25	26.32	30.93	- 0.197	CH
L11 - SM2	10	22.58	55.88	26.30	29.58	- 0.125	CH
Değer Aralığı	1 - 10	6.5 - 32.08	34.5 - 60	22 - 35.47	4.76 - 32.22		

Yapılan kıvam limit deneyleri likit limit (*LL*) ile plastisite indisi (*PI*) değerleri arasında oldukça anlamlı bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur (Şekil 4.21). Bu ilişki aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir;

$$PI = 1.075 LL - 31.97 \quad (4.1)$$



Şekil 4.21. Kıvam limiti deney sonuçlarına göre elde edilmiş likit limit- plastisite indisi ilişkisi.

4.3.1.2. Mekanik Özellikleri

Yukarıda incelenen örnek yerlerindeki zeminlerin mekanik özellikleri belirlemeye yönelik olarak yapılan kesme kutusu deney verileri incelenen yerlere ait profillerin tanımlamaları kısmında EK-1'de verilmiştir. Araştırma çukuru olarak incelenen diğer lokasyonlar üzerinde yapılan kesme kutusu deney sonuçları ile doğrudan elde edilen parametreler haricinde ampirik bağıntılar da kullanılmıştır. Bunlardan en eskisi Skempton ve Bjerrum (1957) tarafından önerilen bağıntıdır ki killerin drenajsız kayma dayanımlarının bulunması amacıyla kullanılmaktadır;

$$\sigma_v' = \frac{c_u}{0.11 + 0.0037 * PI} \quad (4.2)$$

Bu bağıntıda,

c_u : drenajsız kayma dayanımı,

σ_v' : efektif düşey gerilme,

PI : plastisite indisi (%) değerleridir.

Daha güncel olan ve bu özelliği ile bu çalışmada da kullanılan bir diğer bağıntı ise Yılmaz (2000a) tarafından killi birimlerin drenajsız kayma dayanımlarının belirlenmesi için önerilmiş olan aşağıdaki bağıntıdır;

$$c_u = e^{(0.026 - 1.21 \cdot I_L)} \quad (4.3)$$

Bu bağıntıda,

c_u : drenajsız kayma dayanımı (kg/cm^2)

I_L : likitlik indisi

Yılmaz (2000) tarafından kil zeminler için önerilen bağıntı kullanılarak elde edilmiş drenajsız kayma dayanımı parametreleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Bu hesaplamalarda önerilen bağıntının geçerlilik sınırlarını aşıyor olmasından dolayı ve likitlik indisi değerlerinin de yüksek olmasından ötürü ML türü zemin grupları kapsam dışı bırakılmıştır. Killerin drenajsız kayma mukavemetlerinin BSI (1975) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre (Çizelge 4.7) “Çok Sert – Sert” dayanıma sahip oldukları görülmektedir. Birim içinde zemin araştırması amaçlarıyla yapılmış olan sondajlara ait SPT verileri de bu dayanım değerlerinin doğru olduklarını kanıtlamaktadır. Bu özellik, Handere killerinin mühendislik açısından oluşabilecek bir çok probleminin kendiliğinden çözümlenmesini sağlamaktadır.

Çizelge 4.6. Handere Formasyonu içerisindeki kil grubu örneklere ait hesaplanmış drenajsız kayma dayanımı parametreleri.

Örnek Yeri	c_u (kg/cm^2)	Tanımlama	Örnek Yeri	c_u (kg/cm^2)	Tanımlama
L1 - SM2	1.312	Sert	L6 - SM1	1.326	Sert
L1 - SM3	1.577	Çok sert	L6 - SM2	1.231	Sert
L1 - SM4	1.313	Sert	L8 - SM2	1.345	Sert
L1 - SM5	1.507	Çok sert	L9 - SM3	2.340	Çok sert
L2 - SM1	1.340	Sert	L10 - SM3	1.174	Sert
L2 - SM2	1.331	Sert	L11 - SM1	1.302	Sert
L2 - SM3	1.795	Çok sert	L11 - SM2	1.193	Sert

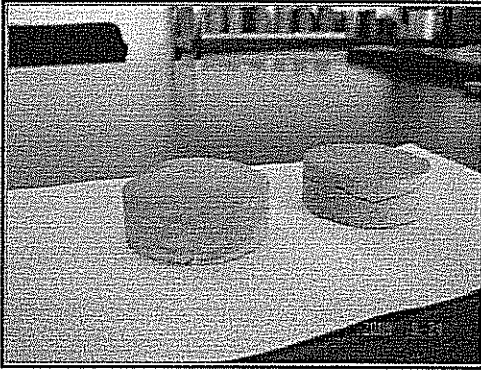
Çizelge 4.7. British Standards Institution (1975), drenajsız kayma dayanımı değerine göre zeminlerin sınıflandırılması.

Drenajsız kayma dayanımı (kPa)	Drenajsız kayma dayanımı (kg/cm^2)	Tanımlama
< 20	< 0.2	Çok yumuşak
20 - 40	0.2 - 0.4	Yumuşak
40 - 75	0.4 - 0.75	Orta sert
75 - 150	0.75 - 1.5	Sert
> 150	> 1.5	Çok sert

4.3.1.3. Konsolidasyon Özellikleri

Özellikle üzerinde yapılaşmanın olduğu killi zeminlerde yapılaşma ile ilgili olarak karşılaşılan problemlerin en önemlisi killi zeminlerin gösterdikleri konsolidasyon davranışlarıdır. Zeminde meydana gelebilecek oturma miktarlarının belirlenmesini sağlayan laboratuvar deneylerinin uzun ve zaman alıcı işlemler gerektirmesi, kimi zaman konuya gereken ilginin gösterilmemesine neden olmaktadır.

Çalışma alanındaki zeminlerin konsolidasyon özelliklerini belirlemek için araziden alınan blok numuneler 50 mm çapında ve 20 mm yüksekliğindeki konsolidasyon ringi içerisine alınarak yüklemeli ve boşaltmalı konsolidasyon deneyleri yapılmıştır (Şekil 4.20). Her deney 12 gün sürdürülmüş ve deney safhası toplam 132 günde tamamlanmıştır. Elde edilen sıkışma ve kabarma eğrilerinden ön konsolidasyon basınçları (P_c), sıkışma (C_c) ve şişme indisleri (C_s) belirlenmiştir. Elde edilen değerler örtü yükü ve aşırı konsolidasyon oranı (OCR) değerleriyle birlikte Çizelge 4.8’de verilmiştir.

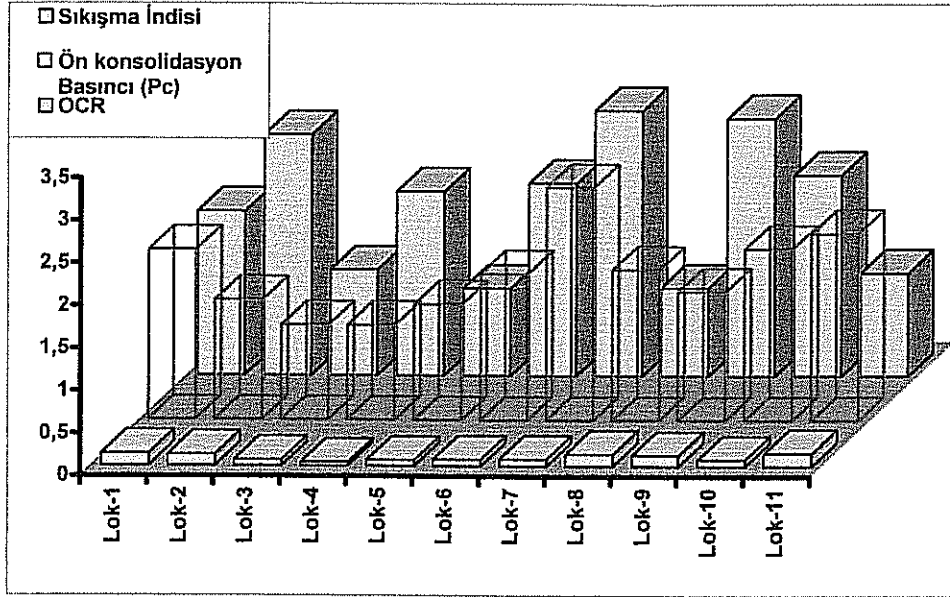


Şekil 4.22. Konsolidasyon deneyinde kullanılan örneklerin deney sonrası görünümü

Çizelge 4.8. Konsolidasyon deneylerinden elde edilmiş konsolidasyon parametreleri.

Lokasyon	Örtü Yükü	P_c	OCR	C_c	C_s	Zemin Türü
L1	1.038	2.00	1.926	0.142	0.05	CH
L2	0.498	1.410	2.831	0.132	0.035	CH
L3	0.900	1.118	1.242	0.065	0.036	ML
L4	0.516	1.116	2.162	0.040	0.017	ML
L5	1.326	1.360	1.025	0.066	0.034	ML
L6	0.760	1.720	2.263	0.076	0.042	CH
L7	0.875	2.740	3.130	0.079	0.031	ML
L8	1.710	1.775	1.038	0.139	0.047	CH
L9	0.501	1.520	3.033	0.126	0.050	CL
L10	0.855	2.02	2.36	0.073	0.039	CL
L11	1.818	2.20	1.21	0.149	0.038	CH
Değer Aralığı	0.5 – 1.82	1.1 – 2.75	1.2 – 3.13			

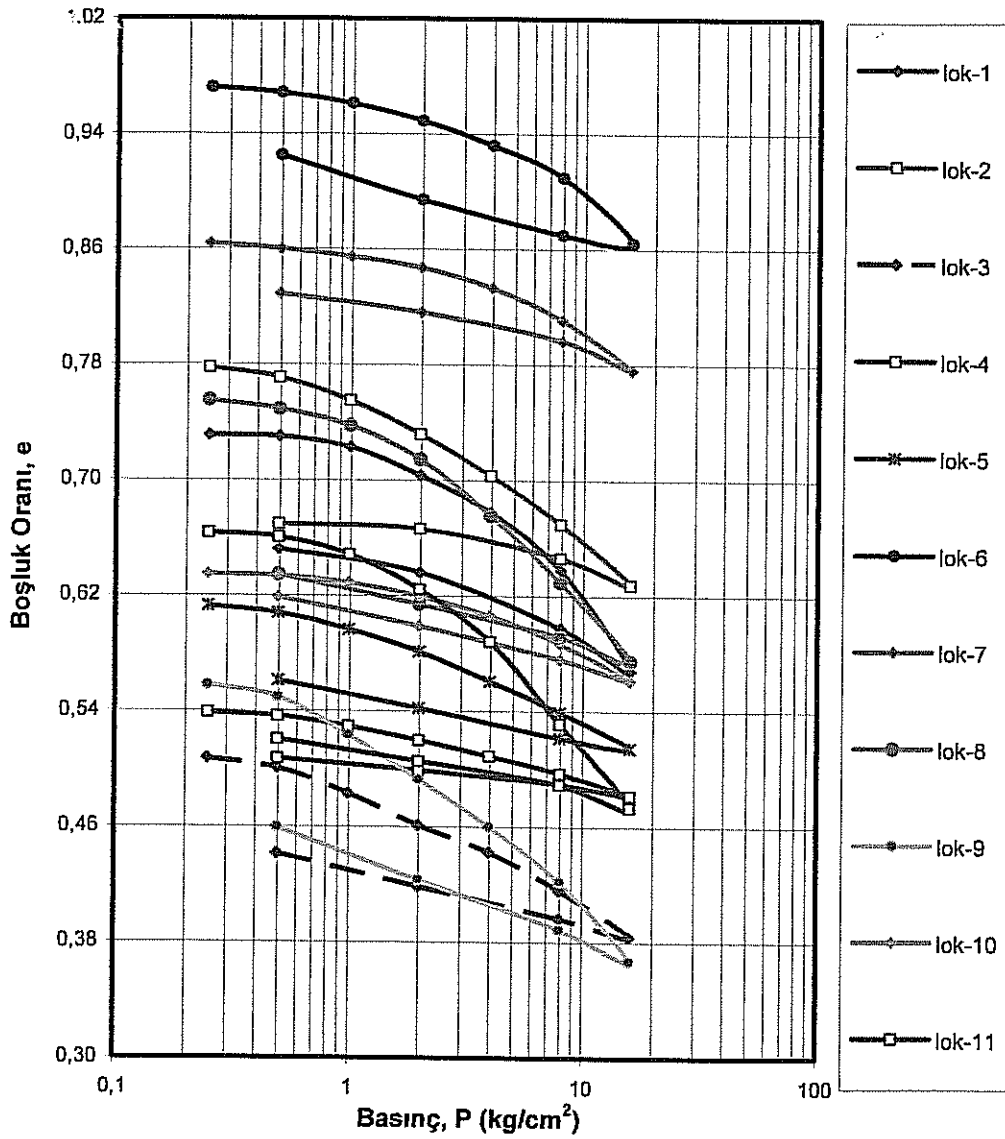
Konsolidasyon deneyleri ile belirlenmiş olan sıkışma indisi (C_c), ön konsolidasyon basıncı (P_c) ve aşırı konsolidasyon oranı (OCR) değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.23'de grafik halinde görülmektedir.



Şekil 4.23. Bazı konsolidasyon parametrelerinin lokasyonlara göre değişimleri

Konsolidasyon deneylerinden elde edilmiş olan konsolidasyon eğrileri e (boşluk oranı) – *logaritma gerilme* (yük kademesi) grafikleri cinsinden ifade edilerek çizilmiş ve Şekil 4.24'de gösterilmiştir.

Literatürde C_c sıkışma indisinin belirlenmesi amacıyla önerilmiş bir çok ampirik bağıntı mevcuttur (Çizelge 4.9). Bu çalışmada elde edilen sıkışma indisi değerleri, literatürdeki çok sayıdaki bağıntıdan bu çalışmada ele alınan zemin türlerine benzer olanları kullanılarak elde edilmiş ve sonuçlar diğerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu inceleme ile Şekil 4.25'de grafik halinde gösterilmiş olan ilişkiler ortaya çıkmıştır. Şekilde farklı araştırmacıların önerdikleri bağıntılar kullanılarak elde edilen sıkışma katsayısı değerlerinin de geniş bir aralıkta yayılım sundukları görülmektedir. Ancak, bu çalışmada elde edilen parametrelerin Azzouz ve diğ. (1976 c) (Carter ve Bentley, 1996'dan) ile Nagaraj ve Murphy (1985) tarafından önerilen bağıntılarla elde edilen sonuçlara daha yakın olduğu dikkati çekmektedir.



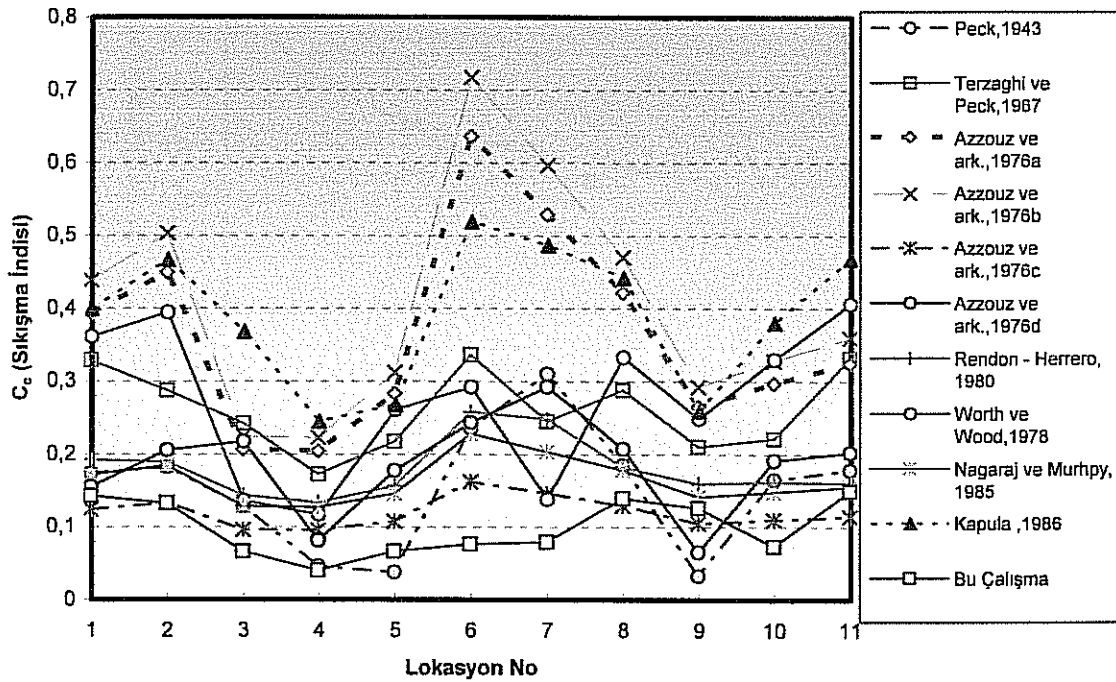
Şekil 4.24. Handere Kili örneklerinin konsolidasyon deneylerinden elde edilmiş deney eğrileri

Yapılan konsolidasyon deneylerinden elde edilen konsolidasyon parametreleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde özellikle a_v (sıkışma katsayısı) ile m_v (hacimsel sıkışma katsayısı) arasında ve uygulanan gerilme kademeleriyle bu iki parametrenin her birisi arasında korelasyon katsayıları açısından oldukça yüksek ve anlamlı ilişkilerin olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.26 - 4.28).

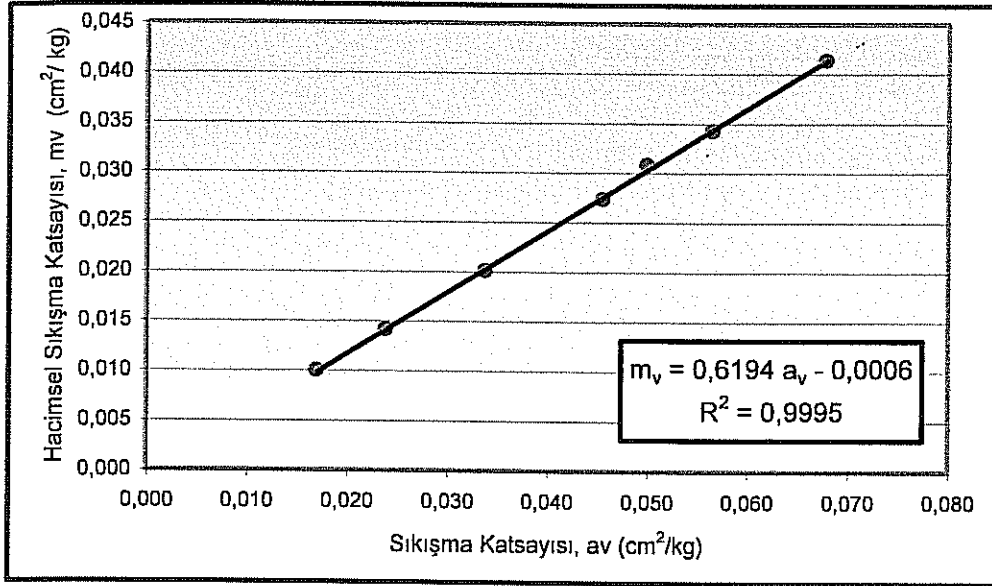
Çizelge 4.9. Sıkışma indisinin belirlenmesi amacıyla farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş bağıntılar.

Bağıntı No	Bağıntı	Kaynak
1	$C_C = 1.766 w_n^2 + 0.593 w_n - 0.0135$ (Chicago killeri,)	Peck (1943)*
2	$C_C = 0.009 (w_L - 10)$	Terzaghi ve Peck (1967)
3	$C_C = 0.37*(e_o + 0.003 w_L + 0.0004 w_n - 0.34)$	Azzouz ve ark. (1976 a)*
4	$C_C = 1.15 (e_o - 0.35)$	Azzouz ve ark. (1976 b)*
5	$C_C = 0.156 e_o + 0.0107$	Azzouz ve ark. (1976 c)*
6	$C_C = 0.01 w_n$ (Chicago killeri)	Azzouz ve ark. (1976 d)*
7	$C_C = 0.5 * \left(\frac{1 + e_o}{G_s} \right)^{2.4}$ ($e_o \leq 0.8$)	Rendon-Herrero (1980)
8	$C_C = -0.0997 + 0.0009 w_L + 0.0014 I_p + 0.0036 w_n + 0.1165 e_o + 0.0025 c_p$ (c_p : kil yüzdesi)	Kappula (1981)*
9	$C_C = 0.2343 e_o$	Nagaraj ve Murthy (1985)
10	$C_C = 0.009 w_n + 0.005 w_L$	Kappula (1986)

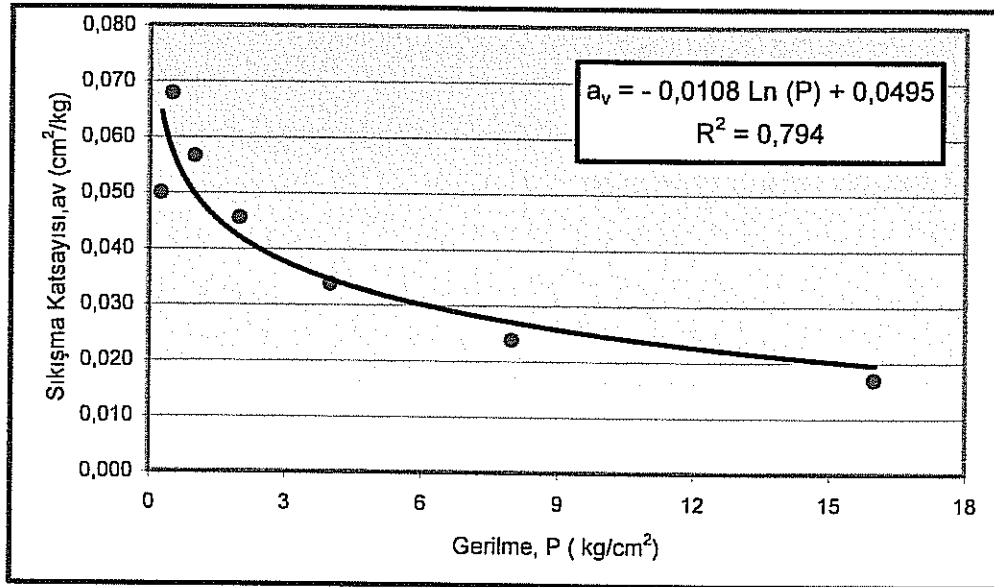
* Carter ve Bentley (1991)'den alınmıştır



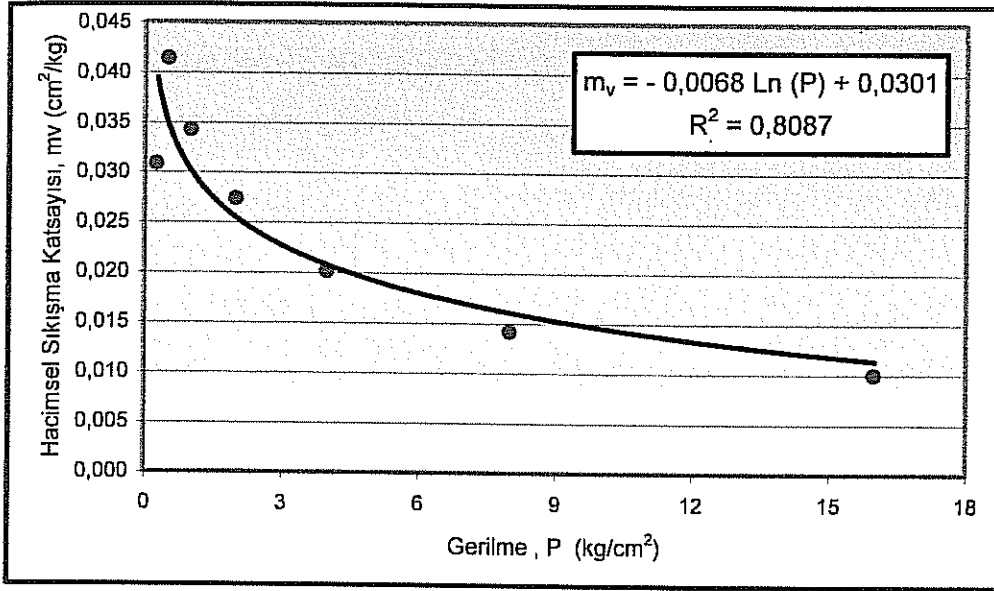
Şekil 4.25. Farklı araştırmacılar tarafından önerilen ampirik bağıntılar ile bu çalışmadan elde edilen sıkışma indisi değerlerinin örnek yerlerine göre dağılımları.



Şekil 4.26. Bu çalışma ile elde edilmiş $m_v - a_v$ ilişkisi.



Şekil 4.27. Bu çalışma ile elde edilmiş $a_v - P$ (gerilme) ilişkisi.



Şekil 4.28. Bu çalışma ile elde edilmiş $m_v - P$ (gerilme) ilişkisi.

Konsolidasyon deney verilerinden m_v hacimsel sıkışma katsayısı ve a_v sıkışma katsayısı değerlerinin doğrusal ilişkisi;

$$m_v = 0.6194 a_v - 0.0006 \quad (4.4)$$

bağıntısıyla ortaya konulmuştur. Benzer olarak a_v ve m_v değerlerinin deneyde uygulanan gerilme kademelerine bağlı olarak değişimleri ile elde edilen ilişkiler aşağıdaki bağıntıların ortaya konulmasını sağlamıştır;

$$a_v = -0.0108 \ln(P) + 0.0495 \quad (4.5)$$

$$m_v = -0.0068 \ln(P) + 0.0301 \quad (4.6)$$

Üzerinde yapılaşmanın hızlı bir şekilde yayıldığı, incelenen Handere Formasyonu killi birimlerinin konsolidasyon özelliklerinin daha çabuk bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlayacak olmalarından dolayı bu ilişkiler anlamlılık kazanmaktadır. Gerilme seviyelerinin yapılan konsolidasyon deneylerinde yüksek tutulmuş olması, yapı yüklerinin fazla olması durumları için de önerilen bağıntıların geçerlilik sunacak olmaları beklenmektedir.

4.3.1.4. Taşıma Gücü Özellikleri

Zemin taşıma gücü özelliklerinin belirlenmesi amacıyla mekanik zemin parametrelerinden yola çıkılmış ve oluşturulmuş bir temel tipi için taşıma gücü bağıntısı kullanılarak taşıma gücü değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla oluşturulmuş olan bilgisayar programı ile ilgili bilgi "3. Materyal ve Metot" bölümünde verilmiştir.

Hesaplamalarda Handere Kili'nde yapılan 1. ve 2. aşama çalışmalardan elde edilen tüm veri noktaları birlikte değerlendirilmiştir. Temel tipi ve boyutlarına ait parametreler her

veri noktası için aynı seçilmiştir. Bu amaçla zemin yüzeyinden 3 m derinlikte 2x3 m boyutlarında dikdörtgen şekilli bir temel model alınmıştır. Sonuçlar olarak ele alındığında Çizelge 4.10'da sunulan taşıma gücü değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. İncelenen Handere Kili örnek yerleri için elde edilmiş taşıma gücü değerleri.

<i>Veri No</i>	<i>B.h.a (gr/cm³)</i>	<i>Kohezyon (kg/cm²)</i>	<i>İçsel sür. açısı</i>	<i>Sınır taşıma gücü (kg/cm²)</i>	<i>Emin taşıma gücü (kg/cm²)</i>
L 1	1.78	1.30	-	8.93	2.98
L 2	1.64	1.34	-	9.15	3.05
L 3	2.01	1.41	-	9.71	3.24
L 4	1.69	1.01	-	7.03	2.34
L 5	1.58	0.88	-	6.16	2.05
L 6	1.68	1.23	-	8.45	2.82
L 7	1.77	1.13	-	7.83	2.61
L 8	1.74	1.34	-	9.18	3.06
L9	1.65	2.34	-	15.61	5.20
L10	1.72	1.17	-	8.07	2.69
L11	1.80	1.19	-	8.23	2.74
AÇ 50 (kumlu)	2.02	0.17	19.7	6.43	2.14
AÇ 53	1.99	0.38	-	3.05	1.02
AÇ 54	1.95	1.01	-	7.75	2.58
AÇ 55	1.92	0.74	-	5.36	1.79
AÇ 70a	1.92	1.44	-	9.87	3.29
AÇ 70b	1.84	1.43	-	9.78	3.26
Değer Aralığı:				3.05 – 15.61	1.02 – 5.20

Yüzey kazılarının incelenmesi ile elde edilmiş sınır taşıma gücü değerlerinin 3.05 ile 15.61 kg/cm² ve güvenlik sayısı 3 değeri için emin taşıma gücü değerlerinin 1.02 ile 5.20 kg/cm² değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir.

4.3.1.5. Şevlerin Duraylılık Özellikleri

Handere Kili, Adana yerleşim alanı içinde üzerinde yapılaşmanın da olduğu topoğrafik yükseltiler oluşturmaktadır. Bu bakımdan özellikle şev duraylılığı açısından incelenmesi gereken bir litolojiyi oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan arazi incelemeleri ile birim içerisinde yerel kütle hareketleri belirlenmiştir. Ancak boyutları itibariyle mühendislik açısından bir önem arz etmediklerinden detaylı bir incelemeye alınmamışlardır. Adana Güçbirliği Vakfı (AGV) arazisi olarak bilinen ve yetkililer tarafından kaydedildiği söylenen bölge

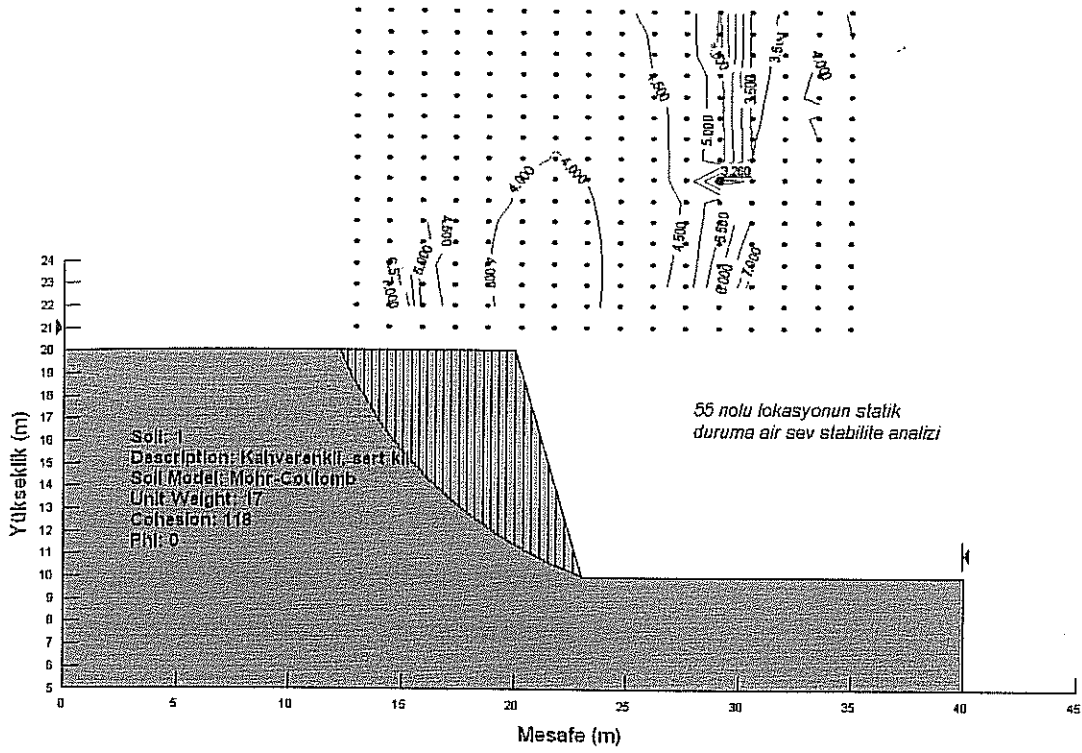
de bu çalışma kapsamında incelenmiş, ayrıca Ç.Ü. Müh.-Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü tarafından yapılan sondaj çalışmaları ile etüt edilmiştir. Bölgede yapılaşmanın olması ve buna bağlı olarak yüzey kazılarında çıkarılan yerli malzemelerin kontrolsüz bir şekilde en yakın yere serilmesi hem orijinal topoğrafyanın yok olmasına ve hem de dolgu özelliği kazanmış bir temel malzemesinin oluşturulmasına neden olmuştur. Bu durum yine en iyi şekilde AGV arazisinde (03321 D/ 03785 K, 03275 D/ 03839 K) gözlenmektedir. Bölgede yapılan sondajlarda da ilk 3 metrelik kısımda 13 ile 20 arasında değişen oldukça düşük SPT-N değerleri elde edilmişken bu derinlikten sonra aniden darbe sayılarında aşırı artışlar meydana gelmiştir. Bu da yerinden kaldırılarak taşınmış ve serilmiş, dolayısı ile yeniden oluşturulmuş dolgu niteliği kazanmış bir malzemenin o bölgede var olduğunu ortaya koymaktadır.

Duraylılık analizi yaparak oluşturulmuş bir şevin güvenlik katsayısını belirlemek amacı ile 55 numaralı araştırma çukuru (EK-1) örnek seçilmiştir. Bu seçimde şevin kısmen yüksek olması, eğim açısının fazla olması ve yanal devamlılığın bulunması gibi faktörler etkili olmuştur. Analizde Geo-Slope bilgisayar programı kullanılmıştır. Program farklı yöntemlere göre analize imkan vermekle birlikte zemin şev duraylılığında yaygın olarak kullanılmasından dolayı bu analizde Bishop (1955) yöntemi kullanılmıştır. Yüksekliği 9.5 metre olan şev için elde edilmiş olan zemin parametreleri kullanılarak kayma dairesini oluşturabilecek alan içerisinde vermiş olduğu en kritik güvenlik katsayısı değeri 3.26 olarak bulunmuştur (Şekil 4.29).

Elde edilen güvenlik katsayısı değerinin şev için oldukça emniyetli olması, incelenen birim içerisinde şev duraylılığı açısından olumsuz durumların beklenmeyeceği anlamını taşımaktadır. Bunda aşağıda sıralanan birime ait özelliklerin de etkili olduğu yapılan arazi incelemeleriyle de ortaya konulmuştur;

1. Handere Kili ayrışma neticesinde zemin özelliği göstermekle birlikte esas olarak tabakalı bir yapı sunmaktadır.
2. Tabakaların eğimleri genel olarak yamaç içine doğrudur.
3. Bölgede yeraltı suyu oldukça derindedir ve birim ancak yüzey sularının aşındırması ile yüzeysel olarak şekillenmektedir.

Kilin aşırı konsolide olması ve diyajenez etkisinde kalmış olması duraylılığı olumlu yönden etkilemektedir.



Şekil 4.29. Analizi yapılan yol yarması şevinin statik durumdaki duraylılık analizi ve olması muhtemel kayma dairesi şekli.

4.3.1.6. Şişme ve Büzülme Özellikleri

Yüksek plastisiteli zeminler tane yapılarına, kil mineralinin türüne ve miktarına, doğal su muhtevasına ve boşluk oranı değerlerine bağlı olarak hacim değişimleri gösterirler. Bu tür zeminler su ile temaslarında duraylı yapılarını kaybederek bazı olumsuz davranış şekilleri gösterirler. Bunlara genel olarak "problemlı zeminler" denilmektedir.

Sridharan ve diğ. (1986) şişen zeminleri yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde oluşan, suyla temaslarında hacim değişimleri göstererek üstlerindeki hafif yapılara ve kazı destek sistemlerine zarar veren killer olarak tanımlamaktadır.

Başta Amerika olmak üzere, Avusturya, Hindistan, Sudan, Mısır, Etiyopya ve Küba şişen zeminlerin yaygın olarak bulunduğu ülkeler arasında yer almaktadır. Skempton'ın 1953 yılında "Aktivite" kavramını ortaya atması bu konudaki araştırmalarında başlangıç noktasını oluşturmaktadır (Yılmaz, 2000b). Holtz ve Gibbs (1956) Batı Amerika'daki şişen zeminler üzerinde yaptıkları çalışmalarda zeminlerin potansiyel hacim değişimlerinin kil içeriği ve plastisite indisi değerlerine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Gill ve Reaves (1957) yaptıkları çalışmalarda katyon değişim kapasitesi (KDK), özgül yüzey alanı, su içeriği ve plastisite indisi değerleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Ardından kil minerali türünün önemi anlaşılmiş ve şişmede rol oynayan mineralin smektit olduğu belirlenmiştir (Thomas, 1998).

Günümüzde çoğu geçmişte yapılan çalışmaların ışığında olmak üzere, şişen zeminlerin bir çok özellikleri bilinmektedir. Özetle, yüksek KDK, yüksek özgül yüzey alanı ve yüksek likit limit değerlerine sahip smektit grubu killerin şişen zeminler olarak tanımlanması uygun olacaktır.

Adana ilinde mevcut yapılaşma da dahil olmak üzere yeni yerleşime açılacak alanların bir bölümü Handere Formasyonu olarak adlandırılan birimin killi seviyeleri (Handere kili) üzerinde bulunmaktadır. Su içeriği değişikliklerine bağlı olarak hacimsel değişimler gösteren bu seviyelerin bir kısmı şişen killerdendir.

Son yıllarda bütün dünyada şişen killer ile ilgili araştırmalar genişleyerek artmaktadır. Atterberg limitleri, kil fraksiyonu, kilin türü ve serbest şişme gibi bilinen indeks özellikler kullanılarak geliştirilmiş basit sınıflama yöntemleri bulunmaktadır. Ancak ileri araştırmalar bu tür zeminler için kimyasal ve mineralojik incelemelerin de vazgeçilmez ve önemli olduğunu ortaya koymuştur.

4.3.1.6.(1). Handere Kilinin Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri

Şişme, büzülme ve sıkışma özelliğine sahip zeminlerin büyük çoğunluğu kimyasal ve mineralojik özelliklerine bağlı olarak diğer fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olurlar. Bu durum ince taneli zeminler için ayrıca önem kazanmaktadır. Özellikle Fe_2O_3 ve CaO kil taneleri arasındaki tutucu bağı kuvvetlendirdiğinden hem kuru mukavemeti hem de şişmeye karşı direnci artırmaktadır (Shi ve diğ., 2002). Benzer şekilde SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO ve MgO yüzde değerlerinin yüksek olması smektit türü kil içeriğinin ve buna bağlı olarak yüksek şişme potansiyelinin varlığına işaret etmektedir (Abduljawad, 1993; Ergüler ve Ulusay, 2002'den).

Bu çalışmada incelenmiş örneklerin kimyasal analizleri sonucunda elde edilmiş olan değerler Çizelge 4.11'de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde elde edilen sayısal değerlerin dar bir aralıkta değişim sunduğu görülmektedir.

Katyon değişim kapasitesi (KDK) değerlerinin büyüklüğü ile şişme ilişkisinin incelenmesi amacıyla yapılan deneyler, incelenen zemin örneklerinin KDK değerlerinin 19.02 mek/100 gr ile 42.14 mek/100 gr arasında değişim gösterdiklerini ortaya koymuştur (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11. İncelenen örnek yerlerine ait kimyasal analiz (%) sonuçları.

Örnek Yeri	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
L1	38.3	7.2	6.4	18.7	9.1
L2	39.2	8.5	8.0	12.5	9.5
L3	34.2	6.6	7.9	20.9	10.2
L4	38.6	5.6	4.6	19.5	8.2
L5	34.4	7.7	6.7	18.2	9.1
L6	44.9	8.7	8.9	9.0	11.3
L7	43.4	8.1	6.0	11.0	9.5
L8	26.3	5.9	6.0	22.1	12.2
L9	33.9	6.6	5.7	20.2	9.1
L10	32.6	6.6	3.9	20.9	9.9
L11	24.6	4.6	2.9	34.2	6.9

L-6 ve L-8 veri noktaları ile CH grubu zeminlerde KDK'nın en yüksek, L-3 ve L-7 noktalarının ise ML grubu zeminlerde en düşük değerleri verdiği tespit edilmiştir. Bu değerlerin Yılmaz (2000b) tarafından belirtilen Grim (1968) sınıflamasına göre Çizelge 4.13'de görüldüğü gibi illit, klorit veya halloysite ait KDK değerleri ile uyumlu oldukları görülmektedir. Ancak detaylı kil analizleri yapılamadığından kilin cinsi ile ilgili kesin bir bilgi elde edilememiştir.

Çizelge 4.12. İncelenen lokasyonlar için elde edilmiş *pH* ve *KDK* değerleri.

Örnek Yeri	<i>pH</i>	<i>K.D.K (mek/100 gr)</i>	<i>Zemin sınıfı</i>
L-1	8.91	21.89	CH
L-2	8.60	23.25	CH
L-3	8.25	21.08	ML
L-4	8.63	24.03	ML
L-5	8.30	23.00	ML
L-6	8.60	42.14	CH
L-7	8.73	19.02	ML
L-8	8.56	45.07	CH
L-9	8.59	23.77	CL
L-10	8.47	27.05	CL
L-11	8.52	25.38	CH

Kilde *pH* artışı karbonat miktarı artışına bağlı olduğu için normal olarak *pH* değeri yüksek olan kilde şişmenin daha az olması beklenecaktır. İncelenen killi zeminlerde 1/1

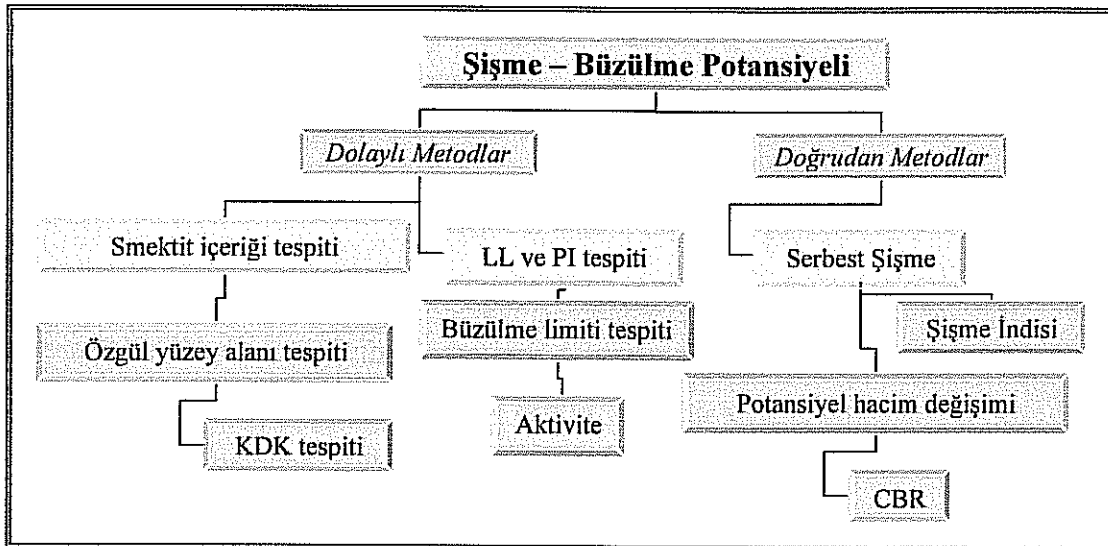
karışım ile hazırlanan çözeltiler ve dijital *pH* metre kullanılarak hesaplanan *pH* değerlerinin 8.25 – 8.91 gibi dar bir aralıkta değişiyor olması zeminlerin tamamının bazik özellik sunmakta olduklarını göstermektedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.13. Bazı kil minerallerinin KDK değerleri (Grim, 1968; Yılmaz, 2000b'den).

<i>Kil minerali</i>	<i>Katyon değişim kapasitesi (mek/100 gr)</i>
Kaolinit	3 – 15
Smektit	80 – 150
İllit	10 – 40
Klorit	10 – 40
Vermiküllit	100 – 150
Halloysit	10 - 40

4.3.1.6.(2). Şişme Deneyleri

Zeminlerin şişme ve büzülme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ortaya konulmuş çeşitli deney yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemler esas olarak 2 gruba ayrılabilir; doğrudan ve dolaylı yöntemler. (Şekil 4.30). Bunların içinden kıvam limitleri ve aktivitenin tespiti en fazla değerlendirilmede bulunan dolaylı yöntemlerdir. Serbest şişme ve şişme indisinin bulunması ise aynı şekilde en fazla kullanılan doğrudan yöntemlerdendir.



Şekil 4.30. Zeminlerin şişme ve büzülmesinin tespitinde kullanılan yöntemler.

İnceleme alanındaki killi zeminlerin şişme karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla iki ayrı deney yöntemi uygulanmıştır. Bunlardan ilki serbest şişme deneyi olup sonradan modifiye serbest şişme deneyi olarak bir başka biçimde de ifade edilmiştir. Diğeri ise konsolidasyon cihazıyla elde edilen serbest şişme deneyidir.

Holtz ve Gibbs (1956) tarafından önerilen şişme deneyi anlatılmaktadır. Bu deneyde 10 cm^3 kuru zemin 100 cm^3 su dolu dereceli silindire konur ve şişerek dengeye varan zeminin son hacmi ölçülür. Aşağıdaki bağıntı kullanılarak serbest şişme yüzdesi belirlenir.

$$\text{Serbest Şişme (\%)} = \frac{V_{\text{son}} - V_{\text{ilk}}}{V_{\text{ilk}}} * 100 \quad (4.7)$$

Serbest şişme değerinin $< \% 50$ olması şişmenin düşük, $> \% 100$ olması ise yüksek olduğunu ifade eder. Bu aralıktaki değerler için şişme potansiyelinin orta olduğu belirtilmiştir (Holtz ve Gibbs, 1956).

Değiştirilmiş (modifiye) şişme indisi deneyi Sivapullaiah ve diğ. (1987) tarafından önerilmiş olup bu deney için kurutulmuş ve daha sonra öğütülen 10 gramlık numuneler kullanılmaktadır. 100 cc'lik saf su dolu dereceli silindir içine aktarılan numunelerin 24 saat sonundaki hacimleri ölçülerek serbest şişme indisi değerleri aşağıdaki bağıntı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 4.31);

$$MS\dot{S}I = \frac{V - V_s}{V_s} \quad (4.8)$$

Bu bağıntıda,

$MS\dot{S}I$ = değiştirilmiş (modifiye) serbest şişme indisi

V = şişme sonrası zemin hacmi,

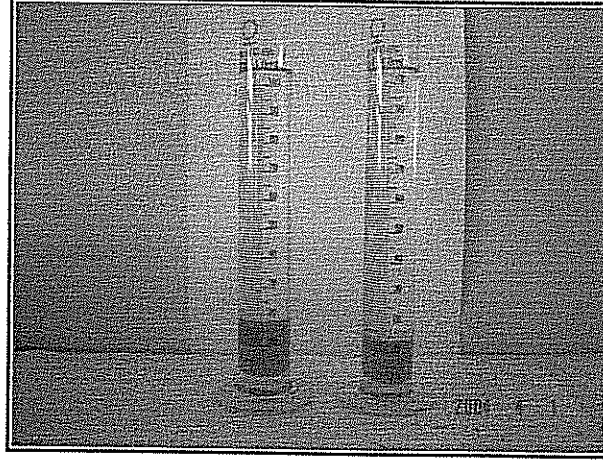
V_s = zeminin tane hacmi = $W_s / G_s * \gamma_w$

W_s = etüvde kurutulmuş zemin ağırlığı,

G_s = zeminin özgül ağırlığı,

γ_w = suyun birim hacim ağırlığıdır.

Bu çalışmada yapılan deneyler ile ortaya konulan serbest şişme ve modifiye serbest şişme değerleri ile şişmenin değer olarak tanımlanması Çizelge 4.15'de görülmektedir. Buna göre incelenen killerin tamamı "orta" derecede şişme göstermektedirler.



Şekil 4.31. Şişme deneyine tabi tutulmuş 2 farklı kil numunesinin deney sonundaki durumları.

Elde edilmiş modifiye serbest şişme değerleri Çizelge 4.14'e göre yorumlanmıştır.

Çizelge 4.14. Modifiye serbest şişme indisine bağlı olarak şişmenin tanımlanması (Sivapullaiah ve diğ., 1987).

<i>MSŞİ</i>	<i>Şişme Potansiyeli Tanımı</i>
< 2.5	Düşük
2.5 – 10	Orta
10 – 20	Yüksek
> 20	Çok yüksek

Çizelge 4.15. İnceleme noktalarına göre serbest ve modifiye şişme değerlerinin hesaplanmış değerleri ve şişme derecelerinin tanımı.

<i>Örnek Yeri</i>	<i>Özgül Ağırlık</i>	<i>Birim Hacim Ağırlık (gr/cm³)</i>	<i>Serbest Şişme Değeri (%)</i>	<i>Modifiye Serbest Şişme</i>	<i>Şişmenin Tanımı</i>
L1	2.58	1.73 – 1.84	50 - 81	3.64	Orta
L2	2.68	1.61 – 1.67	60 - 80	2.62	Orta
L3	2.60	2.00 – 2.02	40 - 60	2.38	Orta
L4	2.68	1.66 – 1.72	50 - 70	2.22	Orta
L5	2.63	1.56 – 1.60	40 - 60	2.42	Orta
L6	2.60	1.67 – 1.69	60 - 90	3.42	Orta
L7	2.50	1.75 – 1.78	50 - 74	2.75	Orta
L8	2.68	1.71 – 1.76	55 - 75	2.62	Orta
L9	2.58	1.61 – 1.69	71 - 90	2.61	Orta
L10	2.61	1.71 – 1.73	50 - 100	2.52	Orta

4.3.1.6.(3). Şişme Potansiyeli

Zeminlerin şişmesi konusunda ilk ortaya konulan parametrelerden biri de “*şişme potansiyeli*” olmuştur. Ancak şişme potansiyelinin tek başına şişmenin boyutu ile ilgili fikir veremeyeceği anlaşıldığında diğer şişme parametrelerinin de oluşturulması sağlanmıştır. Başlangıçta Holtz (1959) şişme potansiyelini havada kurutulmuş zemin numunelerinin hacim değişimi olarak ele almıştır. McCormack ve Wilding (1975), kil içeriğinin şişmenin güvenilir bir şekilde belirlenmesinde önemli olduğunu belirterek bu amaçla Atterberg limitlerini kullanmıştır. Yule ve Ritchie (1980) ile Gray ve Allbrook (2002) ise bunun tersine bir fikir bildirerek kil yüzdesi ile şişme arasında hiçbir ilişkinin olmadığını savunmuşlardır. Gill ve Reaves (1957) kation değişim kapasitesi, su muhtevası ve plastisite indisi parametrelerinin şişme potansiyelini belirlemede kullanılabileceğini belirtmiştir. Karathanasis ve Hajek (1985) smektit içeriğinin diğer laboratuvar deneylerine göre şişme potansiyeli açısından daha önemli olduğunu ifade etmiştir. Parker ve diğ. (1977), şişme indisi ve plastisite indisi değerlerinin diğer parametrelerden daha fazla önem taşıdığını bildirmiştir.

Zeminin su muhtevası farklılıklarına bağlı olarak şişmesini ya da büzülmesini tespit edebilmek için “*şişme potansiyeli testi*” yapılmaktadır. Şişme potansiyeli kompaksiyon testine tabi tutularak optimum su muhtevası ve kuru birim hacim ağırlığı elde edilmiş zeminin konsolidasyon cihazında 6.9 kN/m²'lik (1 psi) düşük bir sürşarj yükü altında şişmesine müsaade edilmesiyle bulunur.

Çizelge 4.16'da Seed ve diğ. (1962) ile Krebs ve Walker (1971), (Carter ve Bentley, 1991'den) tarafından ortaya konulan plastisite indisi, şişme potansiyeli değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.16. Plastisite indisine bağlı olarak şişen zeminlerin tanımlanması (Carter ve Bentley, 1991'den).

<i>Şişme Potansiyeli</i>	<i>Plastisite İndisi (Seed ve ark, 1962)</i>	<i>Plastisite İndisi (Krebs ve Walker, 1971)</i>
Düşük (% 0 – 1.5)	0 – 15	0 – 15
Orta (% 1.5 – 5)	10 – 30	15 – 24
Yüksek (% 5 – 25)	20 – 55	25 – 46
Çok Yüksek (> % 25)	> 40	> 46

Çizelge 4.17 ise likit ve plastik limit değerleri ile şişme potansiyeli ve şişme derecelerinin tanımını göstermektedir.

Çizelge 4.17 USAEWES şişme potansiyeli sınıflaması (O'Neill ve Poormoayed, 1980).

Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Şişme Potansiyeli (%)	Sınıflandırma
< 50	< 25	0 – 1.5	Düşük
50 – 60	25 – 35	1.5 – 5	Orta
> 60	> 35	5 – 25	Yüksek

Bu çalışmada elde edilen değerler açısından ele alındıklarında O'Neill ve Poormoayed, (1980) ile Krebs ve Walker (Carter ve Bentley, 1991'den) kriterleri kullanılarak tanımlanmış şişme potansiyeli değerleri Çizelge 4.18'de gösterilmiştir.

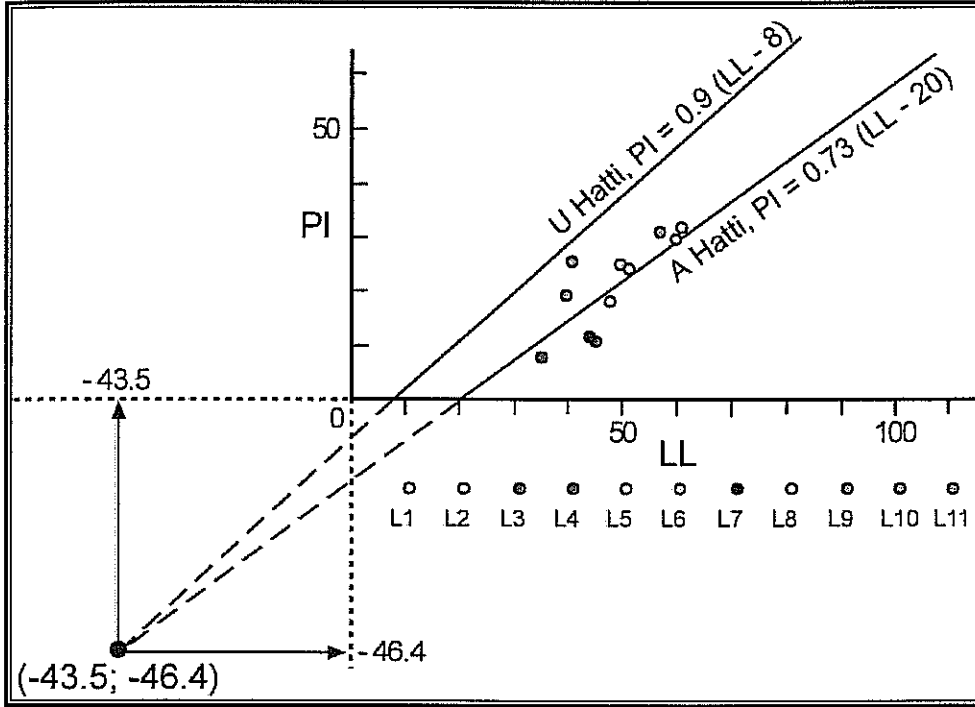
Çizelge 4.18. Örnek yerlerine göre tanımlanmış şişme potansiyeli değerleri.

Örnek Yeri	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Şişme Potansiyeli Tanımı		Zemin Sınıfı
				O'Neill ve Poormoayed, 1980	Krebs ve Walker, 1971 (Carter, 1991)	
L1 - SM2	59.1	26.88	32.22	Orta	Yüksek	CH
L1 - SM3	52.0	25.10	26.90	Orta	Yüksek	CH
L1 - SM4	59.5	27.51	31.99	Orta	Yüksek	CH
L1 - SM5	56.8	28.76	28.04	Orta	Yüksek	CH
L2 - SM1	56.5	27.04	29.46	Orta	Yüksek	CH
L2 - SM2	50.0	23.50	26.50	Orta	Yüksek	CH
L2 - SM3	51.0	28.00	23.00	Orta	Orta	CH
L3 - SM2	44.5	33.97	10.53	Düşük	Düşük	ML
L4 - SM2	34.5	25.74	8.76	Düşük	Düşük	ML
L5 - SM2	47.5	28.72	18.78	Orta	Orta	ML
L5 - SM3	48.7	28.83	19.87	Orta	Orta	ML
L5 - SM5	41.0	27.93	13.07	Düşük	Düşük	ML
L6 - SM1	60.0	30.60	29.40	Orta	Yüksek	CH
L6 - SM2	58.0	35.47	22.53	Orta	Orta	MH
L7 - SM3	45.0	33.92	11.08	Düşük	Düşük	ML
L8 - SM2	51.2	26.31	24.89	Orta	Yüksek	CH
L9 - SM3	40.0	19.75	19.35	Düşük	Orta	CL
L10 - SM3	41.5	22.00	25.30	Düşük	Yüksek	CL
L11 - SM1	57.25	26.32	30.93	Orta	Yüksek	CH
L11 - SM2	55.88	26.30	29.58	Orta	Yüksek	CH

Bu çizelgeden likit limit değerlerinin ≥ 50 olduğu zeminlerin CH grubu yüksek plastisiteli killer oldukları görülmektedir. Bu, bazı araştırmacılara göre smektitin varlığına

işaret etmektedir ki bu sebeple şişme potansiyeli yükselmektedir (Means ve Parcher, 1963; Ergüler ve Ulusay, 2002'den). Literatürde bildirilen bu durum açısından da ele alındıklarında L1, L2, L6, L8 ve L11 noktalarının şişme potansiyellerinin diğer noktalara göre daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur.

İncelenen veri noktalarından alınan örnekler üzerinde yapılan kıvam limiti deneyleri Casagrande abağı (Şekil 4.32) yardımıyla değerlendirilerek bulunan büzülme limiti değerleri Çizelge 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.32. Büzülme limitinin belirlenmesi amacıyla Casagrande tarafından önerilen abak (Carter ve Bentley, 1991'den) ve incelenen lokasyonların dağılımları.

Çizelge 4.20'de rötre limiti (büzülme limiti) ve lineer rötre (lineer büzülme) değerlerine bağlı olarak şişme potansiyeli derecelendirmesi gösterilmektedir. Bu çizelgedeki ilişkiler Altmeyer (1955) tarafından önerilmiştir. Ancak rötre limitinin potansiyel hacim değişiminin belirlenmesinde kullanılabilir olmasına rağmen diğer bazı araştırmacılar rötre ile şişme potansiyeli arasında bir ilişki önermemişlerdir (Chen, 1988).

Hesaplanan büzülme limiti değerlerinin Çizelge 4.20'ye göre değerlendirilmesi, L10 dışındaki inceleme noktaları için şişmenin önemli olmadığını göstermektedir.

Büzülme limiti değerleri kullanılarak yapılan bir diğer değerlendirme Ranganatham (1965; Djedid ve diğ., 2001'den) tarafından önerilmektedir (Çizelge 4.21). Bu değerlendirmenin Altmeyer (1955) kriterinden sayısal değerlerin geniş bir aralık sunması

açısından farklı olduğu göze çarpmaktadır. Bu değerlendirmeye göre ise lokasyonlara ait tüm örneklerin “*düşük – orta*” şişme potansiyeline sahip oldukları görülmektedir.

Çizelge 4.19. Örnek yerlerine ait likit limit ve plastisite indisi parametreleri kullanılarak elde edilmiş büzülme limiti değerleri.

Örnek Yeri	Hesaplama Kullanan LL (%)	Hesaplama Kullanan Plastisite İndisi, PI (%)	Büzülme Limiti (%)
L1	59.5	32.0	18.2
L2	50.0	26.5	19.0
L3	44.5	10.5	29.2
L4	34.5	8.8	23.0
L5	47.5	18.8	20.8
L6	60.0	29.4	19.8
L7	45.0	11.1	26.4
L8	51.2	25.0	19.4
L9	40.0	19.3	15.8
L10	41.5	25.3	10.8
L11	57.25	31.0	18.0

Çizelge 4.20. Büzülme limiti ve lineer büzülme kullanarak şişme potansiyelinin belirlenmesi için önerilen rehber (Altmeyer, 1955).

Şişme Potansiyeli	Büzülme Limiti (%)	Lineer Büzülme (%)
Kritik	< 10	> 8
Sınırdaki	10 – 12	5 – 8
Kritik değil	> 12	0 – 5

Çizelge 4.21. Farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş şişme potansiyeli kriterleri.

Altmeyer (1955)	
Su muht., w_n	Şişme potansiyeli
< 10	Yüksek
10 – 12	Kritik
> 12	Düşük

(Ranganatham 1965; Djedid ve diğ. 2001'den)	
Büzülme limiti (%)	Şişme potansiyeli
10 – 20	Düşük
20 – 30	Orta
30 – 60	Yüksek
> 60	Çok yüksek

4.3.1.6.(4). Şişme İndisi (C_s)

Şişme indisi ile sıkışma indisi değerleri genellikle birbirleri ile yakın ilişkide olan parametreler olup, laboratuarda aynı deney işlemleri uygulanarak belirlenebilmektedir. Genel olarak zeminin şişme indisinin sıkışma indisinin $1/5 - 1/10$ 'u arasında değerler aldığı bilinmektedir. Nagaraj ve Murthy (1985) şişme indisinin belirlenmesi için aşağıdaki bağıntıların kullanılmasını önermişlerdir.

$$C_s = 0.0463 e_o \quad (e_o, \text{boşluk oranı}) \quad (4.9)$$

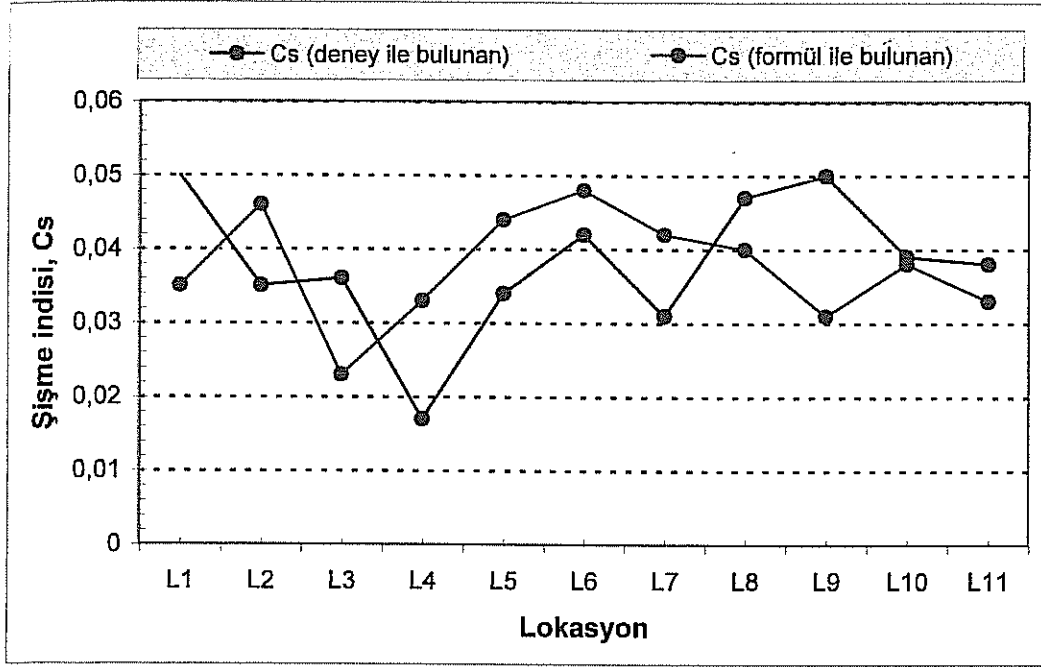
veya,

$$C_s = 0.0463 * (LL / 100) * G_s \quad (LL, \text{likit limit; } G_s, \text{ özgül ağırlık}) \quad (4.10)$$

Konsolidasyon deneyleri sırasında elde edilmiş olan (deneyle bulunan) ve yukarıda belirtilen ilk bağıntı kullanılarak elde edilmiş olan (formülle bulunan) şişme indisi değerleri Çizelge 4.22'de gösterilmiştir. Bulunan her iki değer in lokasyonlara göre değişimlerinin kıyaslanması amacıyla ortaya konmuş grafik Şekil 4.33'de verilmiştir. Deney ile bulunan değerlerin bazı veri noktaları için daha düşük bazıları için ise daha yüksek değerler verdikleri görülmektedir. Her iki değerlendirme için en büyük fark değeri 0.019 olarak görülmektedir.

Çizelge 4.22. Konsolidasyon deneyleri sırasında deneyle hesaplanan ve formülle bulunan sıkışma indisi değerlerinin veri noktalarına göre değişimleri.

Örnek Yeri	C_c	C_s (deney)	C_s (formül)	Zemin Türü
L1	0.142	0.05	0.035	CH
L2	0.132	0.035	0.046	CH
L3	0.065	0.036	0.023	ML
L4	0.040	0.017	0.033	ML
L5	0.066	0.034	0.044	ML
L6	0.076	0.042	0.048	CH
L7	0.079	0.031	0.042	ML
L8	0.139	0.047	0.040	CH
L9	0.126	0.050	0.031	CL
L10	0.073	0.039	0.038	CL
L11	0.149	0.038	0.033	CH



Şekil 4.33. Deney ve formülle bulunan sıkışma indisi değerlerinin örnek yerlerine göre dağılımları.

4.3.1.7. Zemin Emmesi ve Toplam Şişme

Konsolidasyon deneylerinde zemin örneklerinin başlangıçtaki su içeriği değerleri hem konsolidasyon hesaplamalarında ve hem de şişme değerlerinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Konsolidasyon deneylerinde başlangıç ile deney sonu su içeriği arasındaki fark zemin emmesi olarak bilinmektedir. Deney yapılan numunelere ait su içeriği alınan derinliklerin farklı olmasına bağlı olarak değişiklik sunduğundan bu değerler kendi içlerinde ayrıca yorumlanamamışlardır. Örneklerle ait derinlik, deney başı ve sonu su içeriği değerleri ile zemin emmesi ve şişme deneyi sonunda elde edilmiş toplam şişme değerleri Çizelge 4.23'de bir arada gösterilmiştir. Bu çizelgeye göre toplam şişmenin ve buna bağlı olarak şişme potansiyelinin en yüksek olduğu yerler L3, L4 ve L5 noktaları olarak ortaya çıkmaktadır. L6 ve L7 örnek noktaları ise en düşük şişme potansiyeli değerlerine sahiptirler.

Çizelge 4.23. Örnek yerlerine bağlı olarak zemin emmesi ve toplam şişme miktarlarının değişimi.

Örnek Yeri	Derinlik (m)	Deney başı su içeriği (%)	Deney sonu su içeriği (%)	Zemin Emmesi (%)	Toplam şişme (mm)	Şişme Potansiyeli (%)
L1	6	19.84	28.36	8.52	0.550	2.75
L2	3	20.50	29.40	8.90	0.670	3.35
L3	4.5	3.64	21.01	17.37	0.910	4.55
L4	3	2.02	20.28	18.26	0.924	4.32
L5	8.5	17.75	22.16	4.41	0.850	4.25
L6	3	28.28	36.40	8.12	0.220	1.10
L7	5	27.22	33.61	6.39	0.240	1.20
L8	10	0.00	24.82	24.82	0.546	2.73
L9	3	2.80	23.42	20.62	0.581	2.90
L10	4	20.86	24.36	3.50	0.474	2.37
L11	9	21.22	28.20	6.98	0.372	2.54

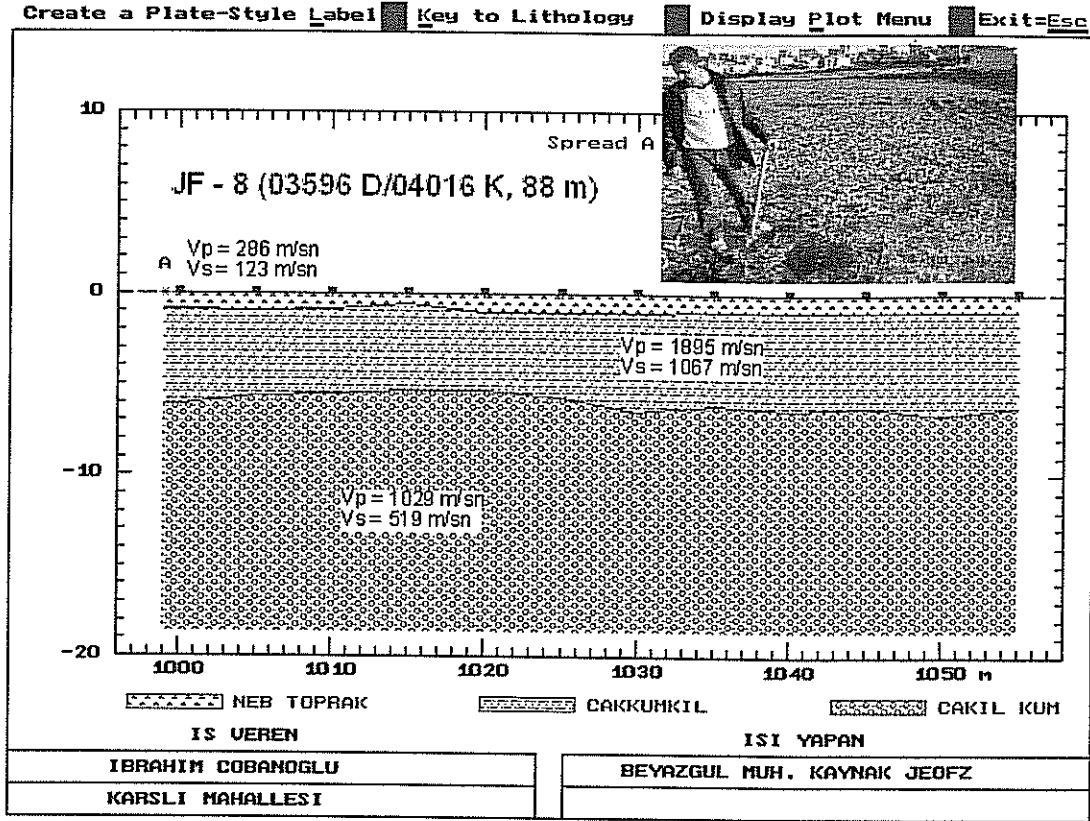
4.3.1.8. Jeofizik Özellikleri

Handere Kilinin sismik ve öz direnç parametrelerinin belirlenmesi amacıyla JF 8 (03596 D / 04016 K) ve JF 14 (02400 D / 02393 K) numaralı inceleme noktalarında jeofizik sismik ve rezistivite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan açılımlara ait yer bilgileri “4.5. Jeofizik Deneyler” başlığı altında verilmiştir.

4.3.1.8.(1). Sismik Özellikler

Sismik ölçümler ile esas olarak birimlerin düşey yöndeki değişimleri, enine ve boyuna kayma dalgası hızları, zemin büyütme ile zemin hakim titreşim periyotlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

JF 8 noktasında yapılan ölçümler nebati örtü altında dayanımı yüksek, doğal nemi düşük kil içeren ve yaklaşık 6 m kalınlığındaki bir birimin, daha altta ise doğal nem miktarının yükselmesine bağlı olarak dayanımı düşmüş, inceleme derinliği olan 20 metreye kadar devam eden bir diğer killi birimin var olduğu görülmüştür (Şekil 4.34). Bu veri noktası için elde edilmiş parametreler Çizelge 4.24’de verilmiştir.

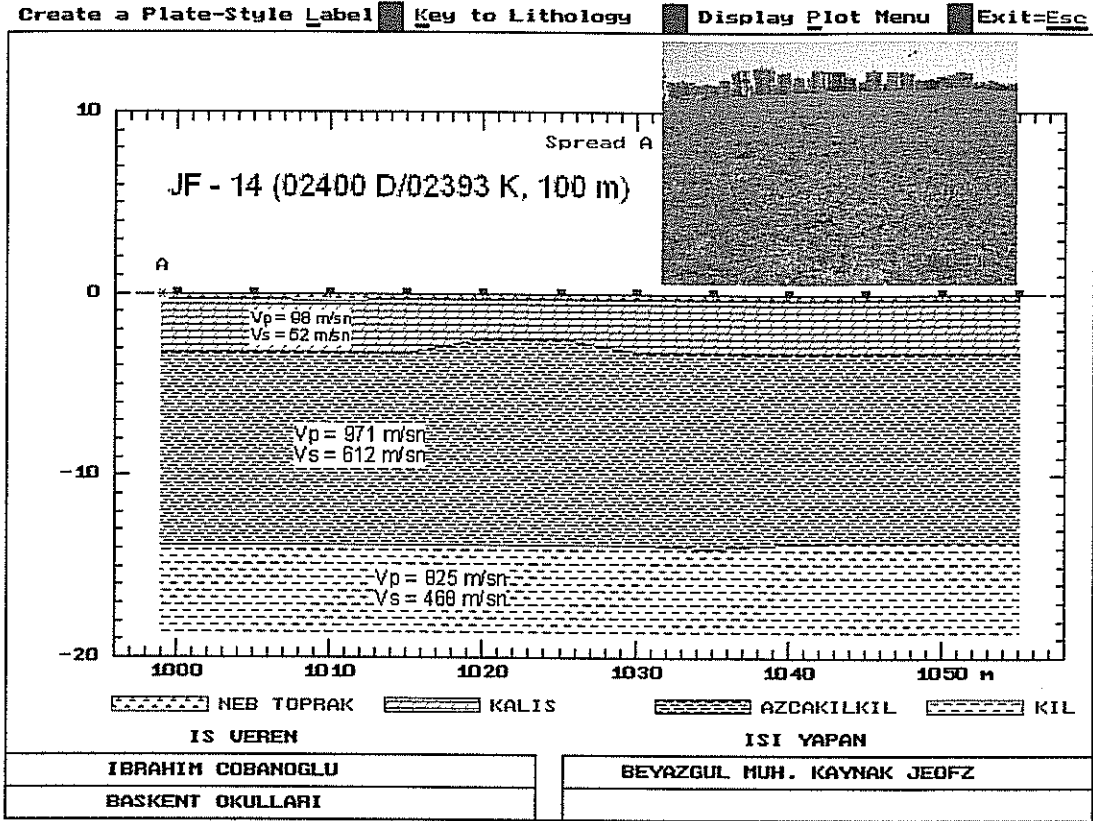


Şekil 4.34. JF-8 (AGV arazisi) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.24. Karşı Mahallesiindeki (AGV arazisi batısı) sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 8).

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V _p m/sn)	286	1895	1029
S Hızı	(V _s m/sn)	123	1067	519
Zemin Büyütmesi	(n)	2.7	0.82	1.45
Poisson Oranı	(σ)	0.38	0.27	0.33
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T ₀)		0.35 sn	
V _p /V _s		2.35	1.78	1.98

JF 14 ölçüm noktasında ise üstteki kalış birimi altında 3 metreden başlayıp yaklaşık 14 metreye kadar devam eden kil (Handere kili), daha altta ise 14 metreden başlayıp inceleme derinliği olan 20 metreye kadar devam eden gevşek tutturulmuş konglomera yer almaktadır (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. JF -14 (Başkent Okulları) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

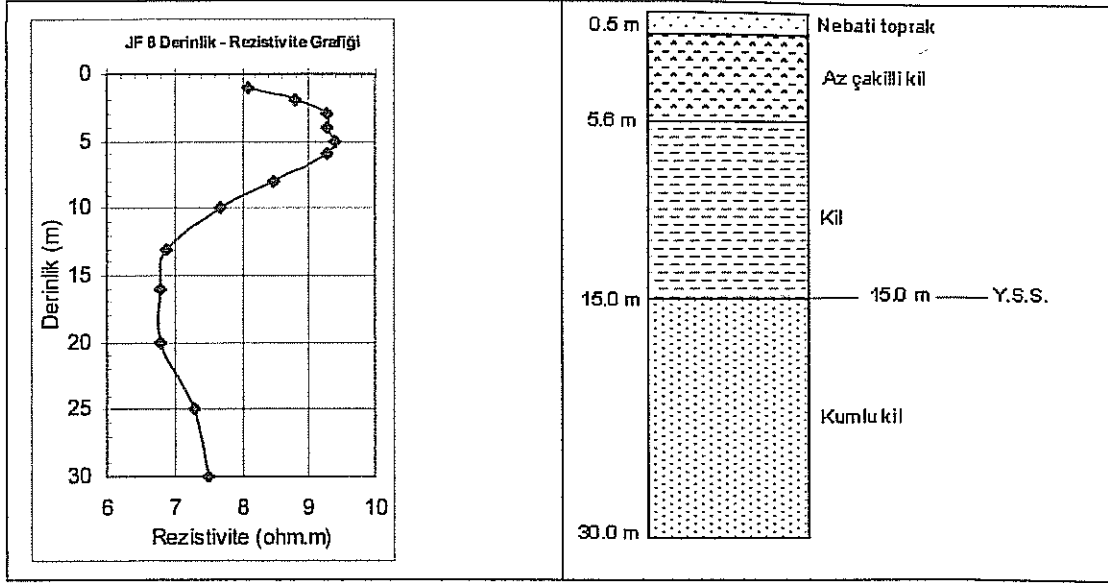
JF-14 ölçüm yerine ait mühendislik parametreleri de Çizelge 4.25’de verilmiştir.

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V _p , m/sn)	98	971	825
S Hızı	(V _s , m/sn)	52	612	468
Zemin Büyütmesi	(n)	3.6	1.35	1.57
Poisson Oranı	(σ)	0.3	0.16	0.26
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T ₀)		0.49 sn	
V _p /V _s		1.88	1.59	1.76

Çizelge 4.25. Başkent Okulları sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF 14).

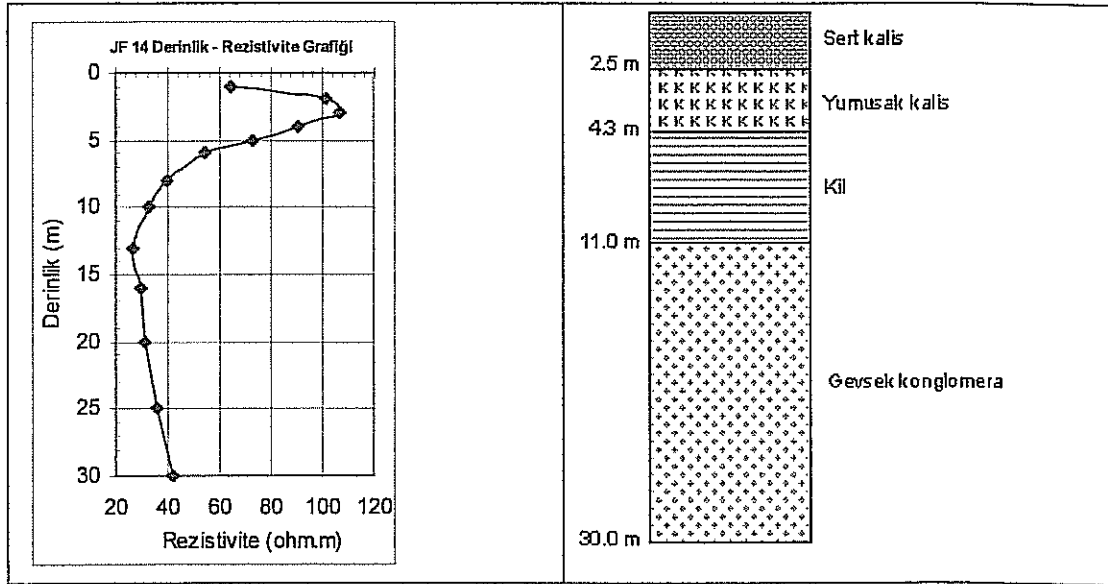
4.3.1.8.(2). Özdirenç Değerleri

Rezistivite ölçümlerinde elde edilen değerler ışığında litoloji değerlendirilmesi yapılmıştır. Her iki ölçüm noktası için de inceleme derinlikleri 30 m olarak seçilmiştir. JF 8 ölçüm noktasına ait derinlik – rezistivite ilişkisi Şekil 4.36’da görülmektedir. Üstte çakıl da içeren kil birimi altında Handere Kili 5.6 m derinlikte başlayıp inceleme derinliği sonu olan 30 metreye kadar devam etmektedir.



Şekil 4.36. JF 8 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.

JF 14 ölçüm noktasına ait derinlik – rezistivite ilişkisi Şekil 4.37’de verilmiştir. Bu noktada, üstte yer alan kalış birimi altında Handere Kilinin 4.3 ile 11 metreler arasında düşey yayılım sunduğu görülmektedir.



Şekil 4.37. JF 14 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.

4.3.1.9. Hidrojeolojik Özellikleri

Handere kili akifer özelliği taşımayan ve kısmen geçirimsiz bir birimdir. Ancak birim içerisinde yer alan ve geçirimsizliği yüksek olan kumlu birimler akifer niteliği taşıyan çökellerdir. Bu anlamda Handere Formasyonu içerisinde açılan su sondaj kuyularında su veren birimin litolojik özelliği Hidrojeolojik çalışmalar açısından önem taşımaktadır. Handere

Kili olarak incelenen birim inceleme alanı içerisinde akifer özelliği taşımasa da formasyon olarak ele alındığında su alınabilecek seviyelerinin var olduğu bilinmelidir. İnceleme alanı içerisinde yeraltı suyu amaçlı açılacak sondajlarda bu birimin daha altında yer alan taraça çökellerinden su alınabilecektir.

4.3.1.10. Yorum ve Öneriler

Handere kili yapılaşma açısından uygun litolojideki bir birimdir. Ancak birimin yanal ve düşey devamlılıklarındaki değişimlerin, tabakalanmanın ve doğal nem içeriğinin mühendislik açısından önem taşıyacağı bilinmelidir. Birimin katı ve sert olması dayanımının yükselmesini sağlamaktadır. Yapılaşmaya esas teşkil edecek sondajlı etüt çalışmalarında SPT deneylerinden ziyade karotiyerle ya da SPT tüpü ile alınacak örnekler üzerinde yapılacak serbest basınç dayanımı deney verilerinin kullanılmasının daha doğru sonuçlar verebileceği düşünülmektedir. Zira SPT-N darbe sayıları birimin genelinde yüksek değerler vermektedir ve bu anlamda kullanımları zemin sınıfının ve kıvam tanımlamalarının dışında bir anlam ifade etmemektedir. Halbuki serbest basınç dayanımları derinliğe bağlı olarak oldukça farklılık sunmaktadır. Birimin üst seviyeleri her zaman yüzeysel akışa ve yeraltına süzülmeyle bağlı fiziksel aşınma işlevlerine maruz kalmaktadır. Bu anlamda üst seviyeler daha fazla zemin özelliği göstermekte ve şev duraylılığı anlamında daha fazla problemliler olarak görülmektedir.

Genel şev duraylılık değerlendirmeleri, birimin ayrılmış seviyelerin kalınlığına bağlı olarak duraylılık problemleri ile karşılaşılabilirliğini göstermektedir. Bu tür durumlarda detaylı duraylılık analizleri yapılarak gerekli hallerde zemin ıslah yöntemleri değerlendirilmelidir.

4.3.2 Taraça ökelleri

Taraça ökelleri Adana ili yerleşim alanı içerisinde geniş bir yayılıma sahip bir diğeri litolojiyi oluşturmaktadır. Birimin tane boyu dağılımı ve tutturulmuşluk açısından kısmen farklı özellikler sunması diğeri fiziksel ve mekanik özelliklerinin de değışiklikler sunmasına neden olmaktadır.

Adana ili yerleşim alanı yaygın taraça oluşumunun bulunduğu geniş bir alan üzerinde de kurulu bulunmaktadır. Genel olarak birimin Seyhan baraj gölü batısındaki yayılımı doğudakine göre daha fazladır. Birim topoğrafik yükseklikleri oldukça farklı değerlere sahip alanlarda yayılım göstermektedir. Kurttepe Mahallesiinde 122 m gibi yüksek topoğrafyada görülürken, Pınar Mahallesiinde 55 m ve Beyazevler Mahallesiinde 32 m gibi daha düşük yüksekliklerde görülebilmektedir.

Birim Seyhan ilçesinde Kuzey Adana bölgesinde ve Yüreğir’de geniş alanlar kaplayan mostralar vermektedir. Kalın tabakalı yapı yanında tabaka kalınlıklarının sıkça değıştiğı de gözlenmektedir. Birim içerisinde kum mercekleri, çapraz tabakalanmalar ve kumlu-siltli ince tabakalar sıklıkla gözlenmektedir. Özellikle kumlu seviyeler taraça birimi içerisinde yeraltı suyunu taşıyan doğal kanallar olarak görev yapmaktadırlar. Bu özellikleri, taraçada açılmış bazı yüzey kazılarında (özellikle Mahfesiğmaz ve Barış Manço Bulvarı civarı) 3-4 metrelik temel çukurluklarının bile su ile dolmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, taraça birimlerinin tamamı öncelikle arazide yeri saptanmış yüzey kazılarının incelenmesi şeklinde araştırılmıştır. Yüzey kazılarından alınan örselenmiş ve tutturulmuş taraça birimlerinden alınan blok numuneler üzerinde yapılan zemin ve kaya mekaniğı ile arazide yapılan Schmidt çekici deneyleriyle mühendislik özelliklerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Sonradan tespit edilmiş lokasyonlarda yapılan jeofizik çalışmalarla da birimlerin sismik ve elektrik özdirenç değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kazı çukurlarından alınan blok örneklerden elde edilmiş olan 42 ve 54 mm çaplı karot numuneleri kullanılarak birimin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Karot numuneler sadece tutturulmuş, nispeten sert taraçalardan alınabildiğinden burada sunulan parametreler bu özelliklere sahip taraçalar için geçerli olacaktır. Bunun yanında daha az veya gevşek tutturulmuş taraça birimlerinde karot alımı mümkün olmadığından bu birimler daha farklı şekilde değerlendirilmişlerdir. Bu alışma kapsamında incelenmiş olan yüzey kazıları Şekil 4.38’de jeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir.

4.3.2.1. Fiziksel Özellikleri

Fiziksel özelliklerin belirlenmesi amacıyla yüzey kazılarından, yol yarmalarından ve doğal şevlerden alınan örselenmiş ve blok numuneler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Gevşek tutturulmuş taraça çökellerinden elde edilen numuneler üzerinde elek analizi deneyleri yapılırken, kaya özelliği gösteren tutturulmuş taraça çökellerinde su emme ve birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Birimin geneline ait fiziksel özellik tanımlamaları şu şekildedir;

Renk: İnceleme alanı genelinde birim krem ve açık kahverengi renk tonlarında görülmektedir. Birim içerisindeki kumlu seviyeler tipik olarak gri renk tonlarında görünmektedirler.

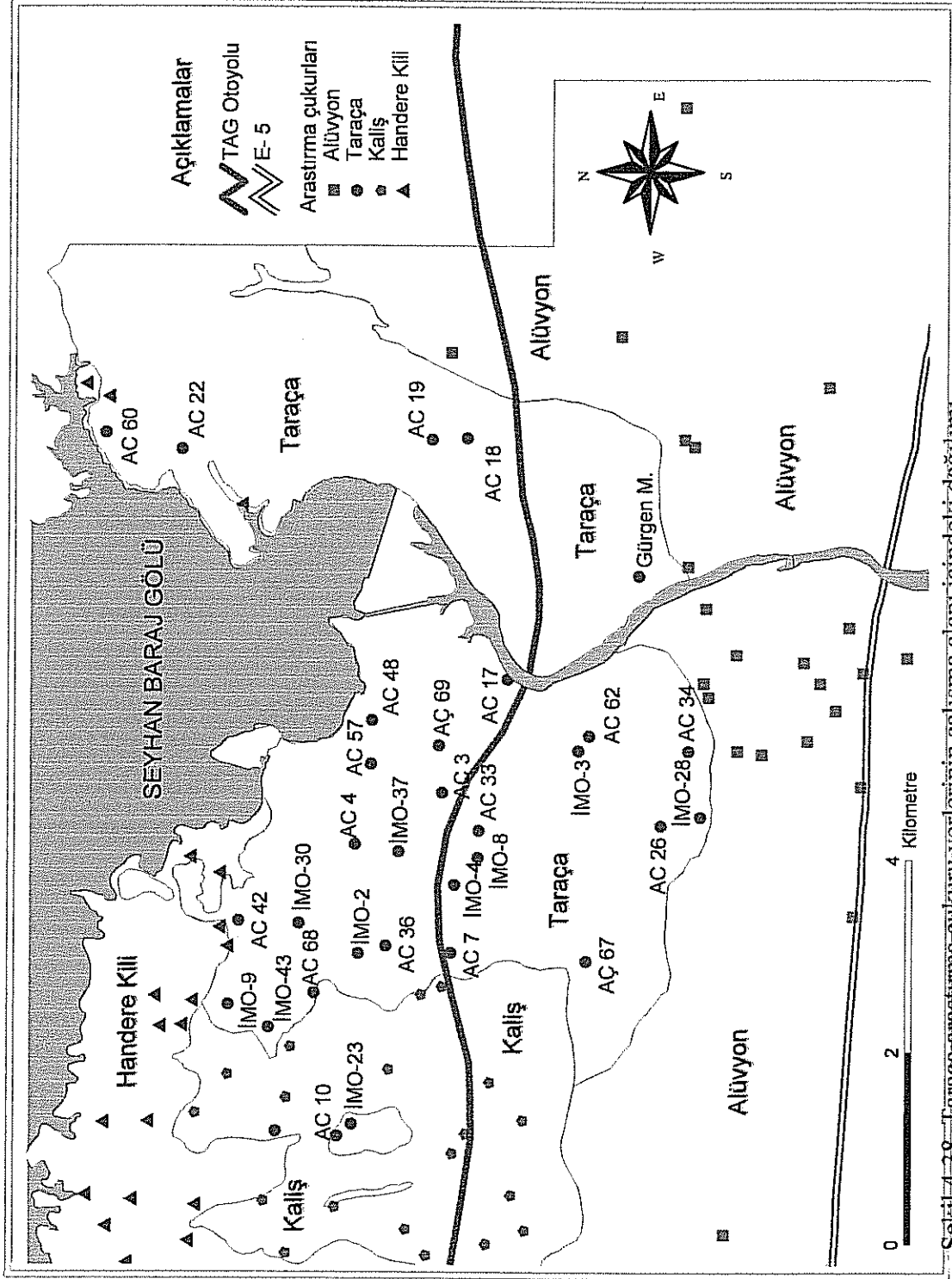
Doku: Birim blok, çakıl ve kum boyutu iri taneli malzemeler silt ve kısmen de kil boyutu ince taneli malzemelerden oluşmaktadır. Tanelerde yuvarlaklık iyi, küresellik orta-kötü arasında değişmektedir.

Sertlik: Sertlik değerleri birimi oluşturan tanelerin sertlik değerleri tarafından kontrol edilmektedir. Bazalt, mikrogabro, diyabaz, granit ve kireçtaşı blok ve çakılları yüksek sertlik değerleri verirken matris ve tane desteği sağlayan ince taneli malzemeler düşük sertlik değeri vermektedir.

Ayrışma: Yüzey suları ve bitki örtüsü nedeniyle fiziksel ayrışma türlerinin yaygın olduğu görülmektedir. Kalışmaya bağlı olarak birim içerisinde seviyeler halinde ayrışmışlık dereceleri değişebilmektedir.

Taşlaşma: Taraça birimi hem zemin ve hem de kaya özelliği gösterebilen bir litolojiyi oluşturmaktadır. Bir bağlayıcı malzeme ile tutturulmuş taraça çökelleri kaya özelliği gösterirken, tutturulmamış veya gevşek tutturulmuş taraça çökelleri zemin özelliği göstermektedirler.

Taraça biriminin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde sondajlı etüt çalışmalarından ziyade yüzey kazılarından elde edilmiş örselenmiş numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarının daha geçerli olacağı düşünülmektedir.



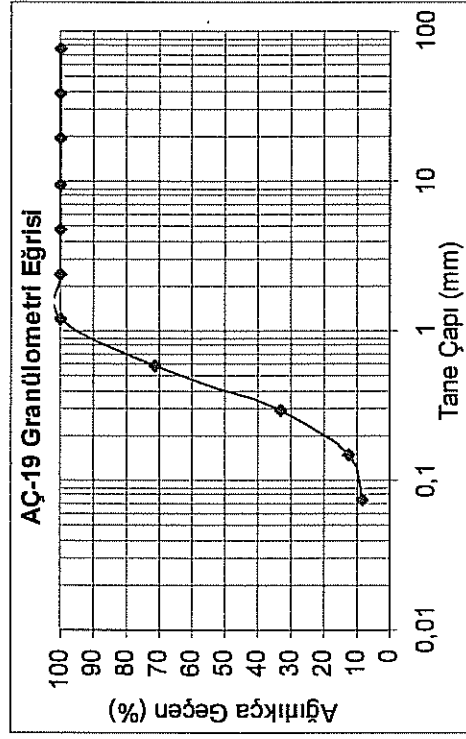
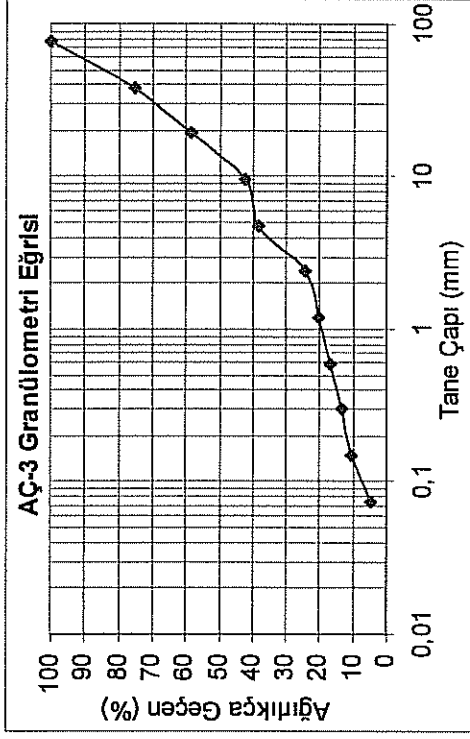
Şekil 4-38. Taraça araştırma çukurlu yerlerinin çalıştırma alanı içindeki dağılımı.

Yüzey kazılarından elde edilmiş bazı verilere ait değerlendirme sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Bu çizelgedeki veriler zemin özelliğindeki taraça çökellerine aittir.

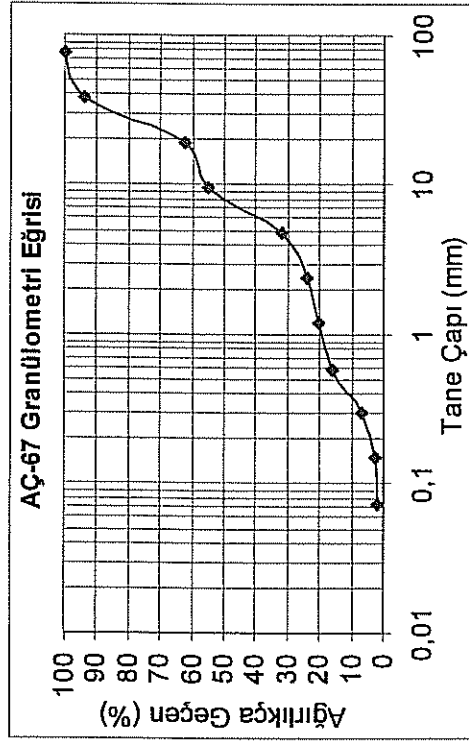
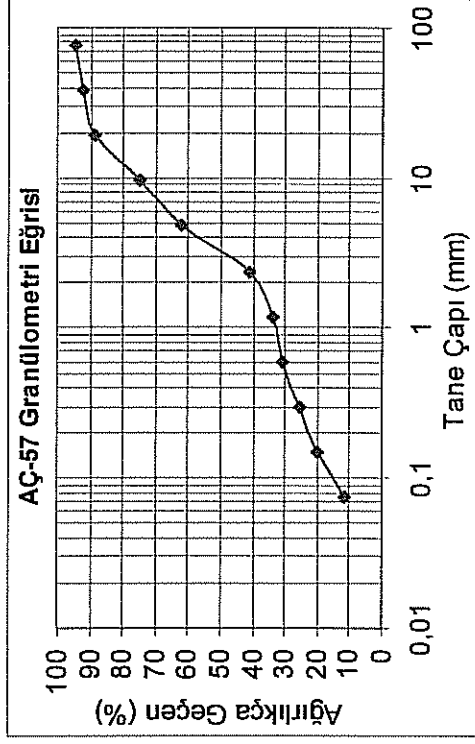
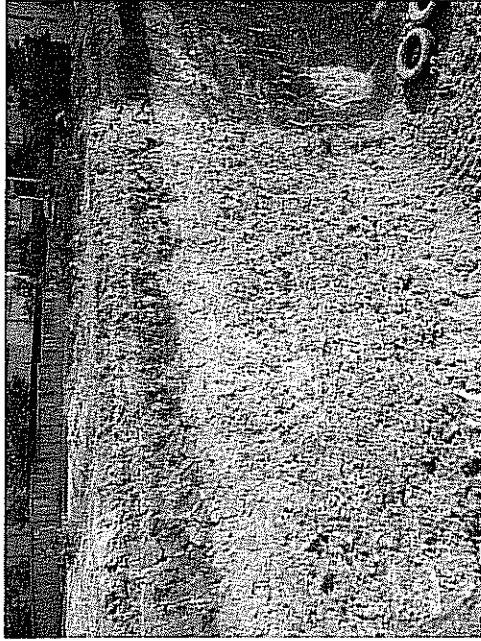
Çizelge 4.26. Elde edilen bazı verilerin değerlendirilmesiyle elde edilmiş bazı fiziksel özelliklerin taraça çökelleri içerisindeki değişimleri.

<i>Veri No</i>	<i>Veri Yeri</i>	C_u	C_c	D_{10} (mm)	k (cm/s)	D_{50} (mm)	Dr (%)	γ_n (gr/cm ³)	<i>USCS</i>
İMO-3	Kurtuluş Mah.	43.8	3.0	0.40	0.16	10.0	78.4	2.06	GP-GM
İMO-8	Baraj Lisesi	42.9	1.8	0.49	0.24	16.8	79.2	2.18	GW
İMO-4	Kanalüstü	75.9	4.1	0.29	0.084	15.5	81.7	2.15	GP
İMO-16	Sevinç Abla Eğitim	-	-	-	-	-	79.5	2.14	GP-GM
İMO-23	Bilfen Güneyi	59.4	1.3	0.32	0.10	12.5	63.9	2.05	GW
İMO-1	Kurtuluş M.	350	10.3	0.06	0.0036	15.0	83.4	2.17	GP-GM
İMO-2	Mahfesiğmaz PTT	28.2	3.5	0.55	0.30	21.0	79.7	2.20	GP
İMO-10	Kurttepe Anadolu Lis.	105	2.8	0.20	0.04	12.5	80.1	2.20	GW-GM
İMO-30	B.Manço Bul	155.6	2.6	0.10	0.01	10.0	67.4	2.00	GW-GM
İMO-28	Namık Kemal Mah.	55.8	3.7	0.43	0.18	19.0	74.5	2.16	GP
İMO-9	A.Türkeş Bul	96.8	2.9	0.32	0.10	20.0	73.6	2.13	GW
İMO-37	Mavi Bulvar	54.5	2.4	0.33	0.11	12.6	79.5	2.27	GW
İMO-43	Kurttepe	86.2	2.2	0.30	0.09	16.2	80.0	2.26	GW
JMO244	Kanalüstü	131.3	1.5	0.32	0.10	20.0	-	1.97	GC
ZE-359	Kanalüstü	208.3	12	0.12	0.014	18.2	-	2.14	GC
JMO203	Kanalüstü	116	11.2	0.25	0.062	14.2	-	2.00	GP

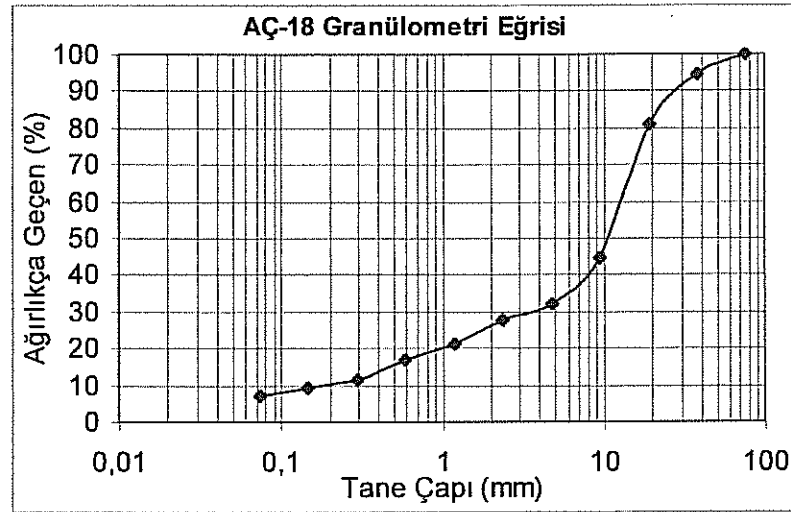
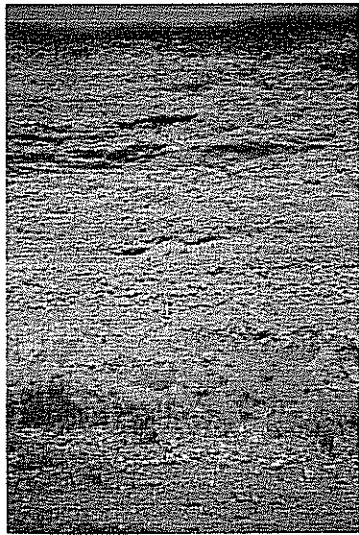
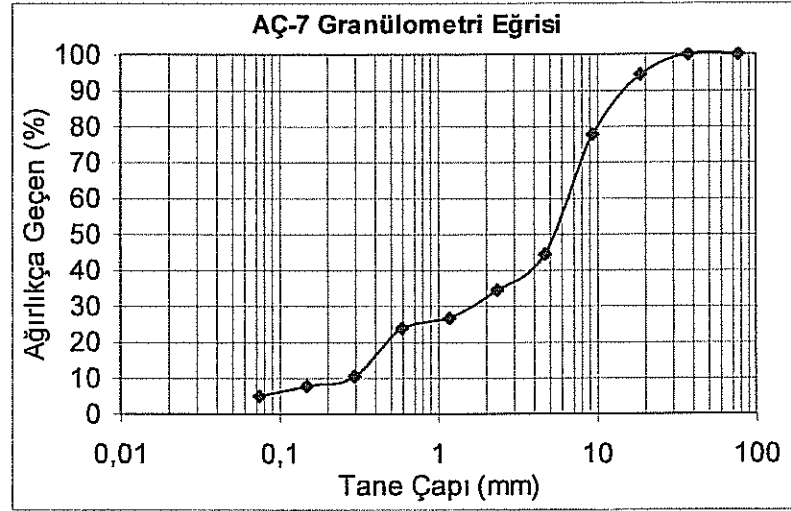
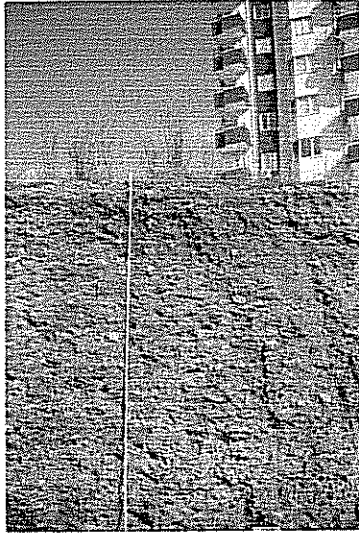
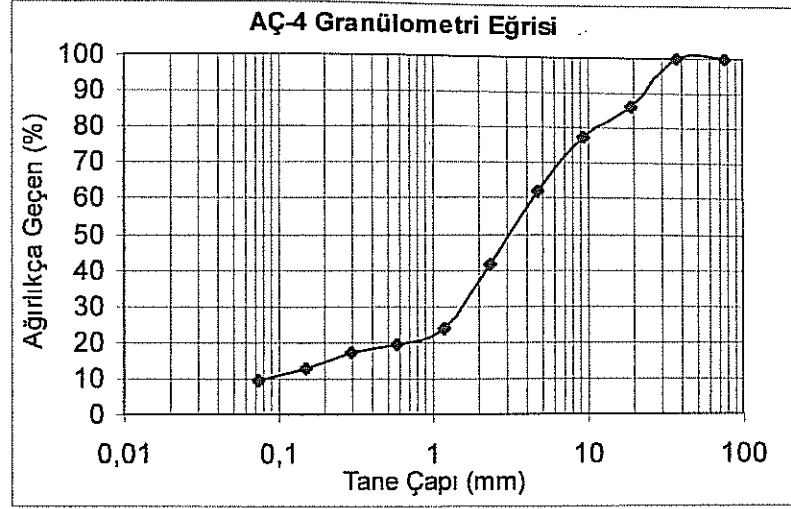
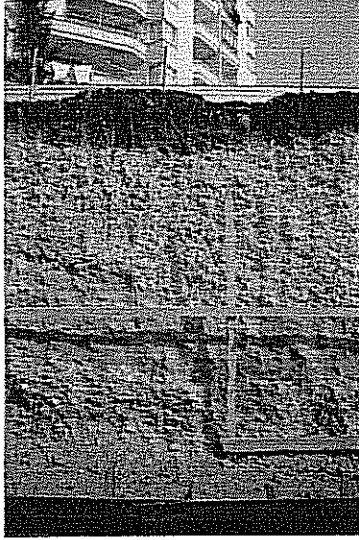
Gevşek tutturulmuş taraçalarda yapılan sınıflandırma deneyi sonuçları birimin büyük çoğunluğunun GW ve GP zemin grubunda bir kısmının ise GM ve GC zemin grubunda yer aldığını ortaya koymuştur. İncelenen bazı inceleme yerlerine ait tane boyu eğrileri Şekil 4.39 – 4.43'de verilmiştir.



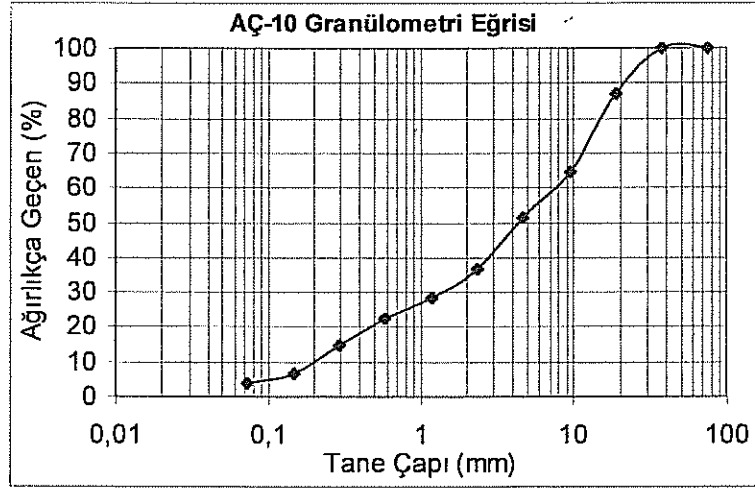
Şekil 4.39. İncelenen AÇ-3 ve AÇ-19 araştırma çukurlarına ait kesitler ve elde edilen tane boyu eğrileri.



Şekil 4.41. İncelenen AÇ-57 ve AÇ-67 araştırma çukurlarına ait kesitler ve elde edilen tane boyu eğrileri.



Şekil 4.42. İncelenen araştırma çukurları ve elde edilen tane boyu eğrileri.



Şekil 4.43. İncelenen AÇ-10 araştırma çukurlarına ait kesit ve elde edilen tane boyu eğrisi.

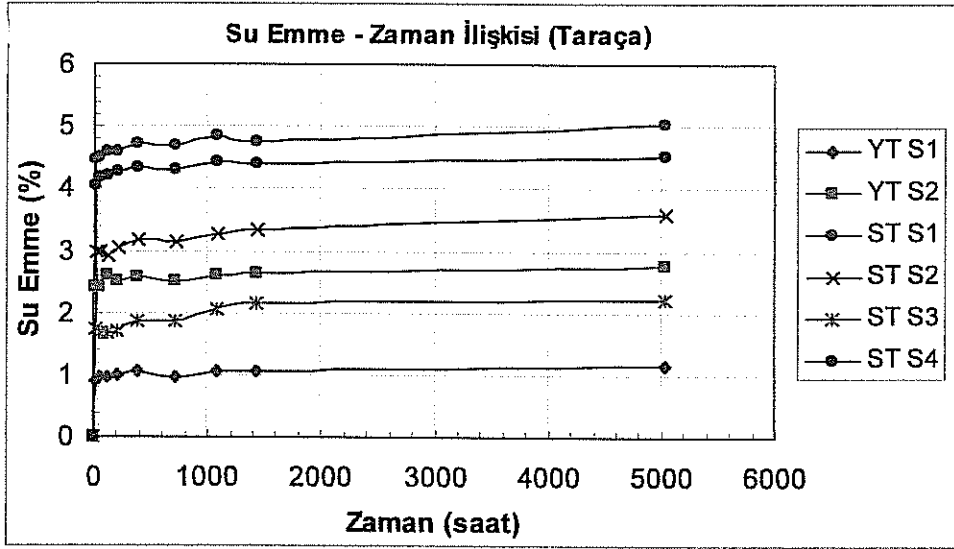
Taraça çökelleri ile ilgili yapılan incelemelerin bir diğer aşamasında örnek alınımına uygun olan lokasyonlardan blok numuneler alınarak laboratuvar ortamında deneye tabi tutulmuşlardır. Blok numunelerden alınan 42 mm çaplı karot örnekleri üzerinde birim hacim ağırlık, ağırlıkça ve hacimce su emme (görünür porozite) ile deformasyon kontrollü tek eksenli basma dayanımı deneyleri yapılmıştır. Hacimce su emme deneyleri için düzgün şekilli karot örnekleri kullanılırken, ağırlıkça su emme deneyleri için karotlardan artan boyutsuz parçalar (Şekil 4.44) kullanılmıştır. Birim hacim ağırlıkların belirlenmesinde her iki örnek grubundan malzeme de kullanılmıştır



Şekil 4.44. Ağırlıkça su emme deneylerinde kullanılan karot parçaları.

Kaya özelliği gösteren sıkı tutturulmuş taraça çökellerinden alınan karot numuneleri üzerinde yapılan ağırlıkça su emme deneyleri 210 günlük bir zaman dilimi içerisinde yapılan ölçümlerle değerlendirilmiştir. Örnekler üzerinde yapılan deneyler başlangıçta hızlı olan su

emmenin yaklaşık olarak 400 saatten sonra azaldığını ve bu arada doygunluğunu büyük oranda tamamladığını ortaya koymuştur. Şekil 4.45 ağırlıkça su emmenin zamana bağlı olarak değişimini ortaya koyarken Çizelge 4.27, değerlendirmelerin tamamlandığı 210 gün sonundaki ağırlıkça su emme değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.45. Taraça örneklerinde ağırlıkça su emmenin zamana bağlı olarak değişimi.

Çizelge 4.27. Deneysel numunelerinin 210 gün sonundaki ağırlıkça su emme değerleri.

Örnek No	YT S1	YT S2	ST S1	ST S2	ST S3	ST S4
Su Emme (%)	1.14	2.75	5.02	3.61	2.22	4.51

Çizelge 4.28, birim hacim ağırlık değerleri hesaplanan kaya taraça örneklerine ait örnek yerleri ve elde edilmiş sayısal değerleri göstermektedir. Buna göre kuru birim hacim ağırlıkları 2.22 ile 2.67 gr/cm³ ve doygun birim hacim ağırlıkları 2.34 ile 2.70 gr/cm³ değerleri arasında değişim göstermektedir. Bu çizelgenin alt kısmında ise taraçayı oluşturan çakıl ve blok boyutu malzeme için elde edilmiş birim hacim ağırlığı değerleri yer almaktadır. Çizelgeden de görüleceği gibi oransal olarak fazlaca gabro türü malzeme içeren taraça çökellerinin de birim hacim ağırlıklarının yüksek olmaktadır.

Çizelge 4.28. Tutturulmuş taraça numuneleri ile taraçayı oluşturan tanelere ait birim hacim ağırlığı değerleri.

<i>Örnek No</i>	<i>Yer</i>	<i>Doygun Ağırlık (gr)</i>	<i>Sudaki Doygun Ağırlık (gr)</i>	<i>Kuru Ağırlık (gr)</i>	<i>Kuru B.h.a (gr/cm³)</i>	<i>Doygun B.h.a (gr/cm³)</i>
ST-Bha.1	Seyhan	161.75	97.33	154.95	2.41	2.51
ST-Bha.2	Seyhan	194.17	117.53	188.77	2.46	2.53
ST-Bha.3	Seyhan	125.98	76.17	121.85	2.45	2.53
ST-Bha.4	Seyhan	115.17	70.32	112.74	2.51	2.57
YT-Bha.1	Yüreğir	139.93	88.04	138.59	2.67	2.70
YT-Bha.2	Yüreğir	111.02	66.86	108.54	2.46	2.51
YT-Bha.3	Yüreğir	214.52	131.63	210.49	2.54	2.58
ATO 1	Yüreğir	309.03	193.02	308.29	2.65	2.66
TÖ 5	T.Özal Bul.	303.27	177.39	292.27	2.32	2.41
<i>Örnek No</i>	<i>Litoloji</i>	<i>Doygun Ağırlık (gr)</i>	<i>Sudaki Doygun Ağırlık (gr)</i>	<i>Kuru Ağırlık (gr)</i>	<i>Kuru B.h.a (gr/cm³)</i>	<i>Doygun B.h.a (gr/cm³)</i>
Ç 1	Gabro	148.50	101.28	147.59	3.12	3.14
Ç 2	Diyabaz	70.45	43.74	70.09	2.62	2.63
Ç 3	Gabro	125.49	79.22	125.04	2.70	2.71
Ç 4	Gabro	136.20	88.86	134.87	2.85	2.88
Ç 5	Granit	269.57	179.77	267.52	2.98	3.00
Ç 6	Mikrogabro	200.58	132.06	199.71	2.91	2.93
Ç 7	Diyorit	389.59	256.18	386.79	2.90	2.92
Ç 8	Diyabaz	39.14	24.10	38.88	2.58	2.60
Ç 9	Krist. Kçt	94.36	59.50	93.94	2.69	2.71
Ç 10	Gabro	169.87	104.37	160.68	2.45	2.59

4.3.2.2. Mekanik Özellikleri

Mühendislik anlamında tasarıma ait parametreler olmalarından dolayı kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinin önemli oldukları bilinmektedir. Taraça çökelleri açısından irdelendiğinde, kohezyonsuz bir zemin ve kısmen de kaya özelliği gösteren bu birimlerin en önemli mekanik parametresi olan içsel sürtünme açılarının gerçek anlamda belirlenebilmesi büyük bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Değerlerin düşük alınarak güvenli tarafta kalınmaya çalışılması aşırı mühendislik tasarımlarına sebep olabileceği gibi tam olarak bilinmeden yüksek alınması da risk taşıyabilecek durumların ortaya çıkmasına neden olabilecektir. Adana için bu birimlerde daha önce yapılmış çalışmalar incelendiğinde içsel

sürtünme açısı değerlerinin net bir şekilde hesaplanabildiğine dair bir bilgi bulunmamaktadır. Bir kısım çalışmalarda refü elde edilen SPT-N darbe sayıları göz önüne alınmış ve çeşitli abaklar kullanılarak öngörülmüş bazı içsel sürtünme açısı değerleri alınmıştır. Bazı çalışmalar da ise rölatif sıklık değerleri kullanılarak dolaylı yoldan çeşitli değerler ele alınarak tasarıma esas teşkil eden parametreler belirlenmiştir.

Bu araştırmada taraça çökellerinin mekaniksel anlamdaki incelemelerinde farklı bir yaklaşımda bulunulmuş ve uygulama bu yaklaşım doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Normalde iri kum ve çakıl boyutu malzemenin test edilmesi için 12"x12" (30.48 cm) boyutlarındaki büyük kesme kutusu deney aletinin kullanılması gerekir. Ancak cihazın her yerde bulunmaması ve deney prosedürlerinin oldukça zaman alıcı olması, bu konuda çalışanları farklı arayışlara itmiştir. Bu anlamda da küçük (6 cm'lik) kesme kutusu aletinin kullanılabilceği ancak taraça malzemesi içinden belli tane boyundaki bir kısmın alınarak test edildiği bir yöntem uygulanmıştır. Akroyd (1969), büyük ve küçük kesme kutusu deney aletinin kullanılabilceği durumlar için deney prosedürlerini anlattığı yayınında kohezyonlu zeminlerin küçük kesme kutusu deney aletindeki testi için 1/8" (3.175 mm) çaplı elekten geçen kısmın alınması gerektiğini bildirmektedir. Yazar büyük kesme kutusu için deneye tabi tutulacak malzemenin ise 1.5" (3.81 cm) çaplı elekten elenerek üstte kalanın alınmasını istemektedir.

Bu çalışmada küçük kesme kutusu deney aleti kullanılmış ve gevşek tutturulmuş taraça zemin örnekleri 4 no'lu (4.76 mm) elekten elenerek 4.76 mm ve altının tamamı deneye tabi tutulmuştur. Deney sonunda elde edilen içsel sürtünme açısı değerleri ve birim hacim ağırlıklarının bu çalışmada incelenen lokasyonlara göre dağılım değerleri Çizelge 4.29'da gösterilmiştir. Çizelgedeki lokasyonlar için kohezyon değerleri sıfır çıkmaktadır. Bu yüzden ayrıca çizelgeye konulmamışlardır.

Çizelge 4.29. İncelenen yüzey kazılarına ait sürtünme açısı ve birim hacim ağırlık değerleri.

Örnek Yeri	Koordinat	Derinlik (m)	Sürtünme Açısı	γ_n (kg/cm ³)
AÇ-3	05581 D /00971 K	1.5	20.20	1.98
AÇ-3	"	4.1	24.68	2.08
AÇ-4	05056 D/ 02038 K	4.0	20.76	2.12
AÇ-7	03933 D/ 00871 K	3.5	31.5	2.18
AÇ-10	02048 D/ 02267 K	6.5	36.0	2.31
AÇ-18	09181 D/ 00865 K	4.0	29.5	2.24
AÇ-19	09225 D/ 01225 K	4.5	28.5	2.32

Çizelge 4.29 devamı

Örnek Yeri	Koordinat	Derinlik (m)	Sürtünme Açısı	γ_n (kg/cm ³)
AÇ-34	05949 D/ 98500 K	4.0	32.0	2.11
AÇ-36	04000 D/ 01733 K	7.0	34.0	2.41
AÇ-41	06043 D/ 98054 K	5.5	24.8	2.10
AÇ-42	04226 D/03256 K	4.0	38.0	2.04
AÇ-57	05965 D/01897 K	4.0	30.4	1.98
AÇ-57	"	8.0	34.2	2.22
AÇ-60	09327 D/04663 K	4.0	26.5	2.22
AÇ-62	06210 D/99594 K	5.0	32.5	2.04
AÇ-67	03818 D/ 99656 K	3.0	28.5	2.36
AÇ-69	06088 D/01160 K	4.5	28.8	2.14

4.3.2.2.(1). Schmidt Çekici Deneyleri

Daha önce de bahsedildiği gibi, taraça çökelleri zemin özelliği gösteren gevşek tutturulmuş (kalisleşmiş olan taraçalar dahil) ve kaya özelliği gösteren sıkı tutturulmuş taraçalar olmak üzere farklı özellikler sunmaktadırlar.

Belirlenmiş çeşitli inceleme noktalarındaki (Şekil 4.46 ve Şekil 4.47) taraça biriminden alınan 470 adet Schmidt çekici darbe sayısı değerlendirilerek sonuçlar şeklinde Çizelge 4.30'da sunulmuştur. Schmidt çekici uygulamalarının tamamında çekiç uygulama yüzeyine dik ve yatay konumda tutulmuştur. Taraça konglomasını oluşturan tane ve çimentonun yayılım açısından homojen bir kaya özelliği göstermemesi, birim içerisinde 60 cm olarak ölçülmüş büyüklüklerde bile malzeme olması, taraçayı oluşturan tanelerin ve bağlayıcı malzemenin her nokta için ayrı ayrı değerlendirilmesini gerektirmiştir. Bu da her iki bileşen için farklı dayanım özelliklerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Çalışmada incelenen veri noktalarından elde edilen deneylere ait sınıflandırmalar aynı grup kaya sınıflarını verdiği için ayrıca nokta bazında bir değerlendirmede bulunulmamıştır.

Taraçayı oluşturan çimento ve tanede olmak üzere ayrı ayrı yapılan Schmidt sertlik çekici deneyleri ile Çizelge 4.30'da sunulan değerler elde edilmiştir. Dilberler Sekisi yolu boyunca taranan yol yarmasından elde edilen darbe sayılarının diğer inceleme noktalarına göre daha yüksek oldukları görülmektedir.



Şekil 4.46. Dilberler sekisi boyunca görülen yol yarmasında Schmidt çekici ile taranan taraça çökelleri.

Lokasyon koordinatları:

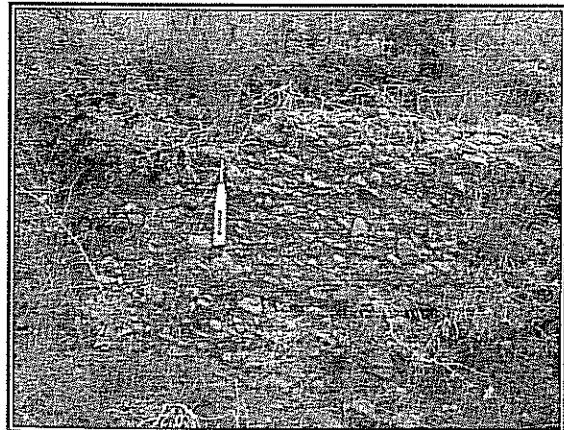
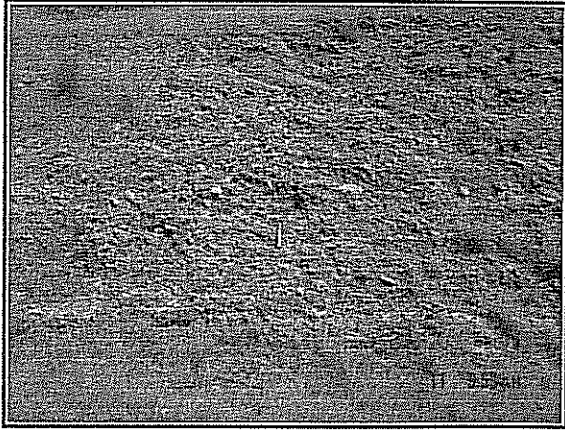
06761 D/ 00460 K (D1)

06721 D/ 00364 K (D2)

06653 D/ 00155 K (D3)

06700 D/ 99716 K (D4)

06949 D/ 99061 K (D5)



Ç.Ü. Araştırma görevlisi lojmanları veri noktası, Güzelyalı Mah. veri noktası, 04848 D/ 03070 K (S1) (09143 D/ 03855 K, Ç.Ü 1)

Şekil 4.47. Schmidt çekici ile taranan bazı taraçaların arazi görünümleri.

Çizelge 4.30. Taraçalarda elde edilen Schmidt çekici darbe sayılarının dağılımı.

Lokasyon	Schmidt sertliği darbe sayısı (SRH)									
	D1	D2	D3	D4	D5	ÇÜ1	ÇÜ2	ÇÜ3	S1	S2
Tane	57.11	54.42	54.43	57.67	55.36	51.11	57.00	52.42	50.16	54.21
Çimento	26.50	21.00	24.21	27.31	24.53	20.89	22.00	23.20	22.26	25.64
Ortalama	41.80	37.71	39.32	42.49	39.95	36.00	39.50	29.22	27.90	28.57

Çizelge 4.31, elde edilen Schmidt çekici sertlik değerlerine göre kaya tanımlamalarını göstermektedir. Çoğu karbonat bileşiminde olan bağlayıcı malzeme ile taraçayı oluşturan tanelerin sertlik tanımlamaları birleştirildiğinde, ortalama bir değer olarak taraçalar sertlik değerleri 40 - 50 arasında değişen “sert kaya” grubunda bir malzeme olarak tanımlanabilirler.

Çizelge 4.31. Schmidt sertlik değerlerinin tanımlanması (Schmidt, 1951).

<i>Tanımlama</i>	<i>Schmidt Sertliği (SRH)</i>	
Yumuşak kaya	0 – 10	
Az yumuşak kaya	10 – 20	
<i>Az sert kaya</i>	<i>20 – 40</i>	<i>çimento</i>
Sert kaya	40 – 50	
<i>Çok sert kaya</i>	<i>50 – 60</i>	<i>tane</i>
Aşırı sert kaya	> 60	

4.3.2.2.(2). Tek Eksenli Basma Dayanımı Deneyleri

Blok numunelerden alınan 42 mm çaplı karot örnekleri üzerinde (Şekil 4.48) düşey deformasyon kontrollü tek eksenli basma dayanımı deneyleri yapılmıştır. Tek eksenli basma dayanımları hem kuru ve hem de suya doymun örnekler üzerinde olmak üzere ayrı ayrı yapılmıştır. Karot numuneler üzerinde tek yönlü deformasyon okumaları da alınabilecek şekilde yükleme deneyleri yapılmış, deneylerde yükleme hızı 0.1 kN/sn olarak seçilmiştir. Elde edilen değerlere göre taraçalar Deere ve Miller (1966), ISRM (1978) ve Hoek (1998) kaya sınıflandırılmalarına göre sınıflandırılmışlardır.

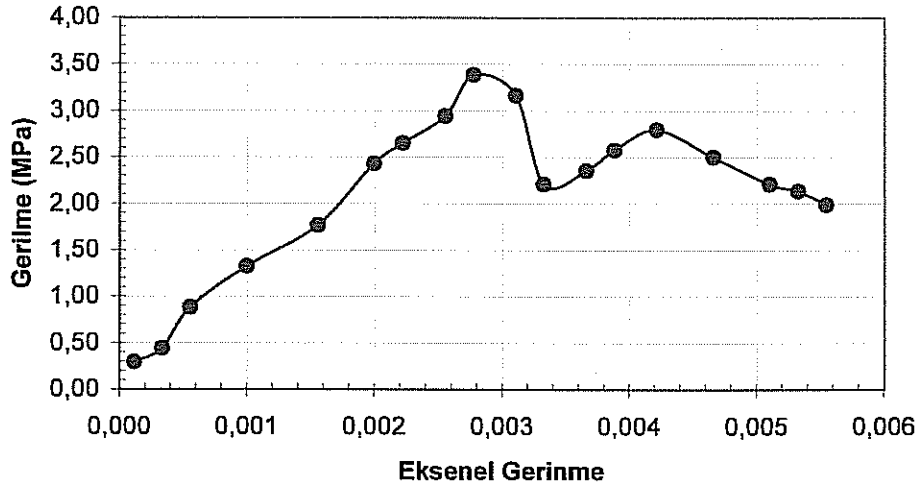
Tek eksenli basma dayanımı deneylerinde toplam 46 adet numune deneye tabi tutulmuş ancak bunlardan bir kısmı elenmiş ve 34 tanesi için gerilme – birim deformasyon eğrileri çizilerek tanjant, sekant ve ortalama elastisite modülleri hesaplanmıştır. Bu çalışma için elde edilmiş olan gerilme – birim deformasyon eğrilerinin tamamının fazla yer tutması yüzünden tipik olan birkaç tanesi konulmuş ve Şekil 4.49, Şekil 4.50 ve Şekil 4.51’de gösterilmiştir.



Şekil 4.48. Tek eksenli basma dayanımı deneylerinde kullanılan karot numuneler

Deneyle sırasında, taraça birimi içerisindeki tane ve çimento dayanımlarındaki farklılıklara, karot içerisinde yer alan çakıl tanelerinin boyutlarına bağlı olarak elde edilmiş gerilme-birim deformasyon eğrilerinde bazı şekil değişiklikleri dikkati çekmektedir. Tek eksenli basma dayanımı deneyleri sırasında yük etkisi ile kayada ilksel yenilmenin olması fakat ardından yeniden paketlenme ile tekrar dayanım kazanılıp kayanın ikincil yenilmesi şeklinde devam eden bir durumla karşılaşmıştır. Bu durumlar Şekil 4.49 ve 4.50'deki gibi gerilme-birim deformasyon eğrilerinin elde edilmesine neden olmuştur. Bununla birlikte Şekil 4.51'de görülen ve tam bir kayacın gerilme-birim deformasyon eğrisine uyan durumlarla seyrek de olsa karşılaşmıştır.

Örnek No	Litoloji	Çap (mm)	Boy (mm)	Alan (m ²)
ST 13	Taraça (ıslak)	41,6	90,2	0,001359
Yük (kN)	Gerilme (kN/m ²)	Gerilme (MPa)	Boy Değişimi	Gerinme
0,4	294,295	0,29	0,01	0,00011
0,6	441,443	0,44	0,03	0,00033
1,2	882,886	0,88	0,05	0,00055
1,8	1324,329	1,32	0,09	0,00100
2,4	1765,772	1,77	0,14	0,00155
3,3	2427,937	2,43	0,18	0,00200
3,6	2648,658	2,65	0,2	0,00222
4	2942,954	2,94	0,23	0,00255
4,6	3384,397	3,38	0,25	0,00277
4,3	3163,675	3,16	0,28	0,00310
3	2207,215	2,21	0,3	0,00333
3,2	2354,363	2,35	0,33	0,00366
3,5	2575,085	2,58	0,35	0,00388
3,8	2795,806	2,80	0,38	0,00421
3,4	2501,511	2,50	0,42	0,00466
3	2207,215	2,21	0,46	0,00510
2,9	2133,642	2,13	0,48	0,00532
2,7	1986,494	1,99	0,5	0,00554



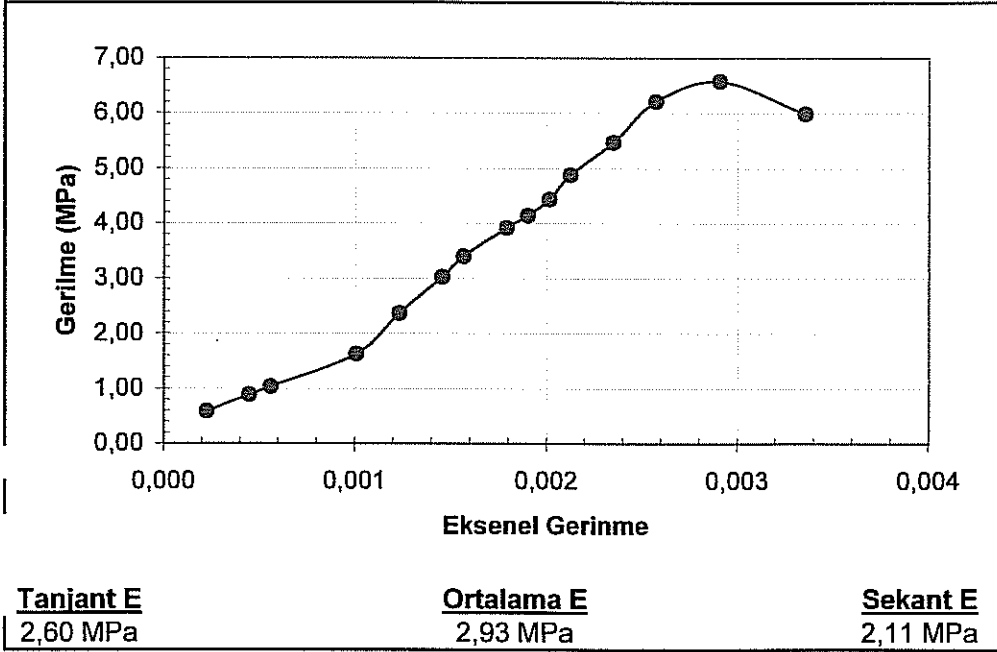
Tanjant E
0,58 MPa

Ortalama E
0,61 MPa

Sekant E
0,66 MPa

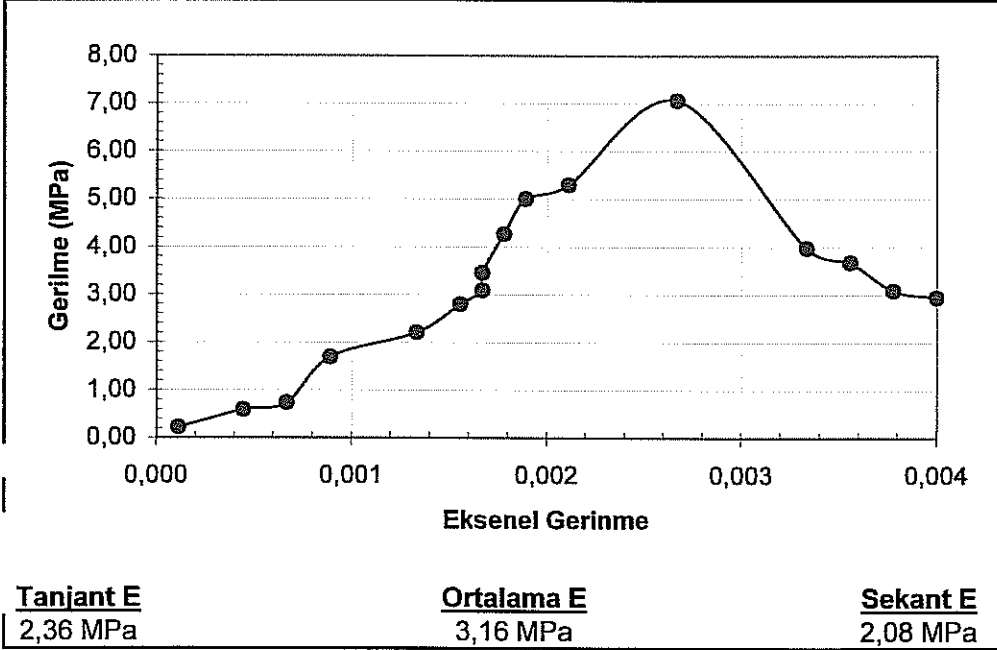
Şekil 4.49. ST 13 numaralı taraça örneğine ait tek eksenli basma dayanımı deney verileri ve gerilme – birim deformasyon grafiği.

Örnek No	Litoloji	Çap (mm)	Boy (mm)	Alan (m ²)
YT 1	Taraça	41,5	89,4	0,001353
Yük (kN)	Gerilme (kN/m ²)	Gerilme (MPa)	Boy Değişimi	Gerilme
0,8	591,431	0,59	0,02	0,00022
1,2	887,146	0,89	0,04	0,00045
1,4	1035,004	1,04	0,05	0,00056
2,2	1626,435	1,63	0,09	0,00101
3,2	2365,723	2,37	0,11	0,00123
4,1	3031,083	3,03	0,13	0,00145
4,6	3400,727	3,40	0,14	0,00157
5,3	3918,229	3,92	0,16	0,00179
5,6	4140,015	4,14	0,17	0,00190
6	4435,731	4,44	0,18	0,00201
6,6	4879,304	4,88	0,19	0,00213
7,4	5470,735	5,47	0,21	0,00235
8,4	6210,023	6,21	0,23	0,00257
8,9	6579,667	6,58	0,26	0,00291
8,1	5988,237	5,99	0,3	0,00336



Şekil 4.50. YT 1 numaralı taraça örneğine ait tek eksenli basma dayanımı deney verileri ve gerilme – birim deformasyon grafiği.

Örnek No	Litoloji	Çap (mm)	Boy (mm)	Alan (m ²)
ST 4	Taraça (ıslak)	41,6	90	0,001359
Yük (kN)	Gerilme (kN/m ²)	Gerilme (MPa)	Boy Değişimi	Gerinme
0,3	220,722	0,22	0,01	0,00011
0,8	588,591	0,59	0,04	0,00044
1	735,738	0,74	0,06	0,00067
2,3	1692,198	1,69	0,08	0,00089
3	2207,215	2,21	0,12	0,00133
3,8	2795,806	2,80	0,14	0,00156
4,2	3090,102	3,09	0,15	0,00167
4,7	3457,971	3,46	0,15	0,00167
5,8	4267,283	4,27	0,16	0,00178
6,8	5003,022	5,00	0,17	0,00189
7,2	5297,317	5,30	0,19	0,00211
9,6	7063,089	7,06	0,24	0,00267
5,4	3972,988	3,97	0,3	0,00333
5	3678,692	3,68	0,32	0,00356
4,2	3090,102	3,09	0,34	0,00378
4	2942,954	2,94	0,36	0,00400



Şekil 4.51. YT 1 numaralı taraça örneğine ait tek eksenli basma dayanımı deney verileri ve gerilme – birim deformasyon grafiği.

Yapılan deneylerden elde edilmiş olan tek eksenli basma dayanımı değerleri ile elastisite modülleri, deneyin yapıldığı örneğe ait su içeriği değerleri ile birlikte Çizelge 4.32’de sunulmuştur.

Çizelge 4.32. Taraça kaya örneklerinin tek eksenli basma dayanımı deneylerinden elde edilen veriler.

Örnek No	B.h.a (kN/m ²)	Yenilme Yükü (kN)	Maks. düşey yer. (mm)	UCS (MPa)	Su içeriği (%)	E _r (GPa)	E _s (GPa)	E _{art} (GPa)
YT 1	-	8.9	0.24	6.59	0	2.60	2.11	2.93
YT 2	25.5	5.1	0.79	3.77	2.01	1.66	1.62	1.71
YT 3	-	9.2	1.30	6.80	0.0	1.01	1.07	0.68
YT 4 bloklu	-	9.6	0.68	7.13	0.0	0.60	0.84	0.64
YT 5	-	6.1	0.68	4.49	2.86	0.86	1.17	0.83
YT 6	-	8.5	0.72	6.21	0	1.21	0.61	1.30
YT 7 bloklu	-	9.0	0.27	6.70	1.84	2.70	2.81	2.56
YT 8	-	7.7	-	5.60	0	-	-	-
YT 9 kumlu	-	2.5	0.55	1.80	0	0.20	0.31	0.28
YT 10	-	6.6	0.82	4.88	0	0.81	0.76	0.76
YT 11	25.5	5.9	0.48	4.34	3.11	0.88	0.82	0.98
YT 12	-	5.0	0.38	4.56	3.00	2.21	1.62	2.46
YT14 bloklu	-	10.6	0.95	10.30	0	1.20	1.40	0.81
YT15 kumlu	-	3.0	0.78	2.31	7.13	0.22	0.26	0.11
TÖ 1	-	2.9	0.60	2.39	13.97	1.30	1.63	1.44
TÖ 2	-	4.2	0.11	3.11	0	0.52	0.50	0.55
TÖ 3	-	4.0	0.65	2.97	0	0.50	0.61	0.48
TÖ 4	-	4.5	0.52	3.33	0	0.96	0.62	0.91
ST 1	-	6.7	0.65	5.00	0	0.82	0.85	0.78
ST 2	-	6.1	0.64	4.55	0	1.52	1.54	1.52
ST 3	-	12.8	0.73	9.61	0	1.40	1.15	1.41
ST 4	26.7	9.6	0.30	7.06	2.03	2.36	2.08	3.16
ST 5	-	5.6	1.32	4.12	0	0.92	0.70	1.04
ST 6	-	5.6	0.68	5.44	0	1.50	1.48	1.56
ST 7	-	5.8	0.41	4.27	0	1.08	0.85	1.17
ST 8	24.9	2.6	0.95	2.43	4.82	0.38	0.50	0.24
ST 9	-	2.6	0.50	1.91	3.85	0.59	0.61	0.43
ST 10	26.6	6.7	0.48	4.86	3.67	1.92	1.80	1.90
ST 11 killi	-	4.7	0.60	3.47	0	0.82	0.89	0.80
ST 12	-	4.9	0.89	3.77	0	0.61	0.71	0.58
ST 13	2.50	3.8	0.45	3.38	3.58	0.58	0.66	0.61
ST 14 killi	-	2.4	0.68	1.77	7.04	0.26	0.21	0.28
ST 15 kumlu	-	5.5	0.72	4.05	2.00	0.58	1.40	0.55
ST 16	-	6.0	0.65	4.41	4.68	0.74	0.67	0.70
Minimum	24.9	2.4	0.24	1.77	1.84	1.00	0.21	0.24
Maksimum	26.7	12.8	1.32	10.30	13.97	2.60	2.11	2.93

Çizelge 4.32, killi ve kumlu malzeme içeren taraça örneklerinde elde edilen dayanım değerlerinin oldukça düşük olduğunu, buna karşılık blok boyutu malzeme içeren örneklerde ise dayanımın yüksek olduğunu göstermektedir. Örneklere ait tek eksenli basma dayanımı değerleri 1.77 ile 10.30 MPa (17.7 – 103.0 kg/cm²) değerleri arasında değişmektedir. Çizelgede, hesaplanan farklı elastisite modüllerinin değişim aralıkları da görülmektedir.

ISRM (1978) sınıflamasına göre incelenen karot örneklerinden elde edilmiş tek eksenli basma dayanımı değerleri kayaçların “*Çok zayıf – zayıf dayanımlı*” kaya grubunda yer aldıklarını göstermektedir (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. Kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımının tanımlanması (ISRM, 1978).

<i>Tanımlama</i>	<i>Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)</i>
Aşırı zayıf dayanımlı	0.25 – 1.0
<i>Çok zayıf dayanımlı</i>	<i>1.0 – 5.0</i>
<i>Zayıf dayanımlı</i>	<i>5.0 – 25.0</i>
Orta dayanımlı	25.0 – 50.0
Dayanımlı	50 – 100
Çok dayanımlı	100 – 250
Aşırı dayanımlı	> 250

Kayaçların tek eksenli basma dayanımı değerlerine göre tanımlamalarında en fazla kullanılan sınıflamalardan biri olan Deere ve Miller (1966) sınıflaması ise incelenen kaya türlerinin tamamı için “*Çok düşük dayanımlı*” kaya sınıfını öngörmektedir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34. Deere ve Miller (1966) kaya dayanımı sınıflaması.

<i>Tek Eksenli Sıkışma Dayanımına Göre Sınıflama</i>		
<i>Sınıf</i>	<i>Dayanım</i>	<i>Tek eksenli sıkışma dayanımı (kg/cm²)</i>
A	Çok yüksek	> 2200
B	Yüksek	2200 – 1100
C	Orta	1100 – 500
D	Düşük	500 – 275
<i>E</i>	<i>Çok düşük</i>	<i>< 275</i>

Kayaçların dayanım değerlerine göre sınıflandırılmalarında son zamanlarda ortaya konulmuş ve sıkça kullanılan bir diğer sınıflandırma Hoek (1998) tarafından ifade edilmiştir. Bu sınıflamada tek eksenli basma dayanımı değerleri ile birlikte nokta yük dayanım indisi ve Schmidt darbe sayısı değerleri de dikkate alınmaktadır.

Elde edilen sonuçlar Hoek (1998) sınıflamasına göre değerlendirildiğinde diğer sınıflamalarla uyumlu olarak “Çok zayıf – zayıf dayanımlı (R1-R0)” kaya grubunda oldukları görülmektedir (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. Kayaçların dayanım deney sonuçlarına göre sınıflandırılmaları (Hoek, 1998).

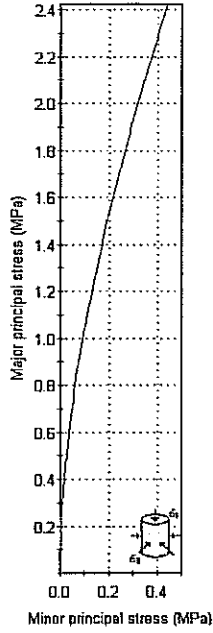
Tanım	Tek Eksenli Basma Dayanımı, (MPa)	Nokta Yük Dayanımı (MPa)	Schmidt Darbe Sayısı	Arazideki Dayanım Tanımlaması	Örnek Kayaçlar*
Oldukça Dayanımlı, R5	> 250	> 10	50 – 60	Kayaç tekrarlanan çekiç darbeleriyle sadece ufak parçalara ayrılabilir	Taze bazalt, çört, diyabaz, gnays, granit, kuvarsit
Çok Dayanımlı, R4	100 – 250	4 – 10	40 – 50	Kayaç birkaç çekiç darbesiyle parçalanabilir	Amfibolit, kumtaşı, bazalt, gabro, granodiyorit, kiracıtaşı, mermer, riyolit
Dayanımlı, R3	50 – 100	2 – 4	30 – 40	Elde tutulan bir örnek tek çekiç darbesiyle kırılabilir	Kireçtaşı, mermer, fillit, kumtaşı, şist, şeyl
Orta Dayanımlı, R2	25 – 50	1 – 2	15 – 30	Çekicinin sert bir darbesi ile kayada 5 mm’lik bir kertik açılabilir, bıçak ile yüzeyde çizik oluşturulabilir.	Kiltaşı, kömür, beton, şist, şeyl, silttaşı
Zayıf, R1	5 – 25	**	< 15	Bıçak kayacı keser fakat kayaca şekil vermek kısmen güçtür.	Tebeşir, kayatuzu
Çok Zayıf, R0	1 – 5	**	-	Kayaç sert çekiç darbeleri ile ufalanabilir, bıçak ile kazınabilir.	Oldukça ayrışmış ve altere kayaçlar
Çok Fazla Zayıf	0.25 – 1	**	-	Tırnak ile kentic açılabilir	Kil dolgu malzeme

* Tüm kayaçlar geniş bir aralıkta değişen UCS değerine sahiptirler. Bu yapıdaki anizotropiyi yansıtır. Dayanımlı kayaçlarda taneler arasındaki kenetlenme kuvvetlidir ve boşluklar azdır.

** Bu gruprakı kayaçların UCS (tek eksenli basma dayanımı) değerleri 25 MPa’dan daha küçüktür, ancak nokta yük dayanımı testindeki yenilme değerlerinde belirsizlik söz konusudur.

Tek eksenli basma dayanımı deneyleri ile belirlenen değerler ile taraça biriminin yüzey koşulları dikkate alınarak kayma dayanımı parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla RockLab 1.06 bilgisayar programından faydalanılmıştır. Program jeolojik dayanım indisi değerinin (GSI) yüzey koşullarına bağlı olarak bilgisayar ortamında belirlenebilmesine de olanak sağlamaktadır. Bu program yardımıyla elde edilmiş kaya dayanım parametreleri ve programa ait çalışma görüntüsü Şekil 4.52’de görülmektedir.

Analysis of Rock Strength using RocLab

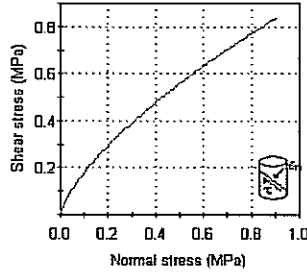


Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial compressive strength = 1.76 MPa
 GSI = 60 mi = 21 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 mb = 5.033 s = 0.0117 a = 0.503

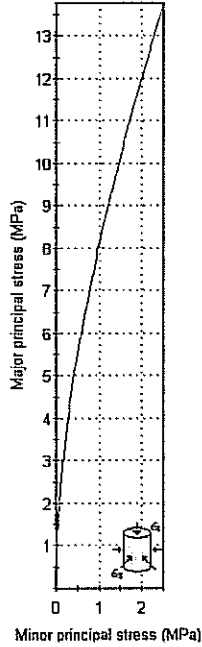
Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.126 MPa friction angle = 39.93 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.004 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.168 MPa
 global strength = 0.539 MPa
 modulus of deformation = 2359.15 MPa



a) ST 14 karotuna ait kaya dayanım parametreleri

Analysis of Rock Strength using RocLab

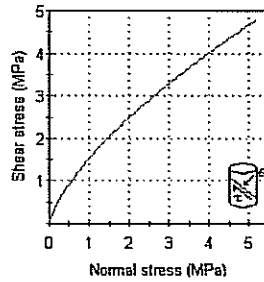


Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial compressive strength = 10 MPa
 GSI = 60 mi = 21 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 mb = 5.033 s = 0.0117 a = 0.503

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.716 MPa friction angle = 39.93 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.023 MPa
 uniaxial compressive strength = 1.070 MPa
 global strength = 3.065 MPa
 modulus of deformation = 5623.41 MPa



b) YT 14 karotuna ait kaya dayanım parametreleri

Şekil 4.52. En düşük ve en yüksek tek eksenli basma dayanımı değerlerine sahip karot numuneleri için elde edilmiş taraça kaya dayanımı parametreleri.

Örneklerin tamamı için GSI değeri 60 olarak alınmıştır. GSI değerinin tüm örnekler için sabit olması içsel sürtünme açısının 39.93^0 olarak sabit bir değer almasına neden olmuştur. Ancak bu değerle birlikte önem taşıyan kohezyon (c), çekme dayanımı (σ_t) ve

elastisite modülü, (E) değerlerinin örneklere göre değişimleri Çizelge 4.36'da verilmiştir. Bu çizelgede belirlenmiş parametrelere ait değişim aralıkları da verilmiştir. Taraça numunelerinin tamamı için Hoek-Brown sabitleri, m : 5.033, s : 0.0117 ve a : 0.503 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.36. Taraça örneklerine ait kaya dayanım parametreleri.

Örnek No	UCS (MPa)	c (MPa)	σ_c (MPa)	E (MPa)
YT 1	6.59	0.472	0.015	4565
YT 2	3.83	0.274	0.009	3480
YT 3	7.30	0.522	0.017	4805
YT 4	7.11	0.509	0.017	4742
YT 5	4.47	0.320	0.010	3760
YT 6	6.30	0.451	0.015	4463
YT 7	7.20	0.515	0.017	4772
YT 8	5.60	0.401	0.013	4208
YT 9	1.80	0.129	0.004	2385
YT 10	4.80	0.344	0.011	3896
YT 11	4.51	0.323	0.011	3776
YT 12	4.54	0.325	0.011	3789
YT 14	10.30	0.716	0.023	5623
YT 15	3.12	0.223	0.007	3141
TÖ 1	2.38	0.170	0.006	2743
TÖ 2	3.10	0.222	0.007	3130
TÖ 3	2.90	0.208	0.007	3028
TÖ 4	3.40	0.243	0.008	3279
ST 1	4.90	0.351	0.011	3936
ST 2	4.60	0.329	0.011	3814
ST 3	9.60	0.687	0.022	5510
ST 4	7.33	0.525	0.017	4814
ST 5	4.12	0.295	0.010	3610
ST 6	5.40	0.386	0.013	4132
ST 7	4.29	0.307	0.010	3683
ST 8	2.39	0.171	0.006	2749
ST 9	1.91	0.137	0.004	2458
ST 10	4.90	0.351	0.011	3936
ST 11	3.46	0.248	0.008	3307
ST 12	3.89	0.278	0.009	3507
ST 13	3.45	0.247	0.008	3303
ST 14	1.77	0.126	0.004	2359
ST 15	4.12	0.295	0.010	3609
ST 16	4.30	0.308	0.010	3687
Değer Aralığı		0.126-0.716	0.004-0.023	2359-5623

4.3.2.3. Taşıma Gücü Özellikleri

Taşıma gücü analizlerinde taraçanın türüne göre iki farklı değerlendirmede bulunulmuştur. Zemin olarak değerlendirilen *gevşek tutturulmuş ve kalışleşmiş taraçalar* için zemin taşıma gücü analizleri, kaya özelliği gösteren *tutturulmuş taraça* çökelleri içinse kaya taşıma gücü analizleri yapılmıştır.

4.3.2.3.(1). Zemin Özelliği Gösteren Taraça Çökelleri İçin Taşıma Gücü Analizleri

Daha önce Handere killeri ile ilgili bölümde anlatılan taşıma gücü değerlendirmeleri bu bölümde de taraça çökelleri için yapılmıştır. Temel boyutları yine oluşturulan modeldeki gibi alınmıştır (bkz. Bölüm 3.2.10.4.). Zemin özelliği gösteren taraçalar için hesaplamalara esas teşkil eden parametre içsel sürtünme açısı ile birim hacim ağırlığı değerleri olmaktadır. Bu hesaplamalarda kaya özelliği gösteren taraçalardan farklı olarak kohezyon değerleri sıfır alınmıştır. Daha önce Çizelge 4.26'da bu çalışma kapsamında incelenmiş olan taraça veri noktaları taşıma gücü değerleri açısından incelendiklerinde Çizelge 4.37'de görülen sınır taşıma gücü ve güvenlik katsayısı 3 alınarak elde edilmiş olan emin taşıma gücü değerleri elde edilmektedir. Taşıma gücü değerleri açısından elde edilmiş veri gruplarına ait bilgiler bu kapsamda sunulacak bilgiler açısından oldukça fazla yer kaplayacağından sadece CBS içerisinde oluşturulan veri bankasında yer almaktadırlar.

4.3.2.3.(2) Kaya Özelliği Gösteren Taraça Çökelleri İçin Taşıma Gücü Analizleri

Kaya temellerin taşıma güçleri ile ilgili çok farklı yaklaşımlar ve geliştirilmiş çok sayıda bağıntı olduğu bilinmektedir (El-Naqa, 2004). Bunların çoğunun da Terzaghi bağıntısına dayandığı görülmektedir.

Sower (1979; El-Naqa, 2004'den) intakt kaya kütlelerinin maksimum taşıma kapasitelerinin belirlenmesi için aşağıdaki bağıntının kullanılmasını önermiştir;

$$q_{sınır} = 2c.tan(45 + \phi/2) \quad (4.11)$$

Az kırıklı ve zayıf kayalarda taşıma gücünün belirlenmesinde ise aşağıdaki bağıntı sıklıkla kullanılmaktadır (Ulusay, 2001'den);

$$q_{sınır} = c.C_{f1}.N_c + (C_{f2}.\gamma/2.N_\gamma) + \gamma.D_f.N_q \quad (4.12)$$

Bu bağıntılarda;

c	: kohezyon	C_{f2}	: temel tipi düzeltme faktörü
ϕ	: içsel sürtünme açısı	N_γ	: taşıma gücü faktörü

γ : birim hacim ağırlığı N_c : taşıma gücü faktörü
 D_f : temel derinliği N_q : taşıma gücü faktörü
 C_{β} : temel tipi düzeltme faktörü $q_{sınır}$: sınır taşıma gücü
 değerleridir.

Çizelge 4.37. İncelenen taraça lokasyonları için elde edilmiş taşıma gücü değerleri.

Lokasyon No	Koordinat	ϕ	γ_u (kg/cm ³)	$q_{sınır}$ (kg/cm ²)	q_{emin} (kg/cm ²)
AÇ-3	05581 D / 00971 K	20.20	1.98	5.25	1.75
AÇ-3	"	24.68	2.08	8.64	2.88
AÇ-4	05056 D/ 02038 K	20.76	2.12	5.62	1.88
AÇ-7	03933 D/ 00871 K	31.5	2.18	18.82	6.27
AÇ-10	02048 D/ 02267 K	36.0	2.31	42.78	14.26
AÇ-18	09181 D/ 00865 K	29.5	2.24	19.34	6.44
AÇ-19	09225 D / 01225 K	28.5	2.32	14.95	4.98
AÇ-34	05949 D/ 98500 K	32.0	2.11	22.66	7.55
AÇ-41	06043 D/ 98054 K	24.8	2.10	8.73	2.91
AÇ-42	04226 D/ 03256 K	38.0	2.04	52.25	17.42
AÇ-57	05965 D/ 01897 K	30.4	1.98	17.09	5.70
AÇ-57	"	34.2	2.22	30.90	10.30
AÇ-60	09327 D/ 04663 K	26.5	2.22	11.44	3.81
AÇ-62	06210 D/ 99594 K	32.5	2.04	21.91	7.30
AÇ-67	03818 D/ 99656 K	28.5	2.36	15.21	5.07
AÇ-69	06088 D/ 01160 K	28.8	2.14	13.79	4.60

Zemin taşıma gücü hesaplamalarında olduğu gibi emin taşıma gücünün (zemin emniyet gerilmesi) bulunmasında da sınır (maksimum) taşıma gücü belirlenmiş bir güvenlik katsayısına bölünür.

Bu bölümde yapılan hesaplamalarda da zeminlerde yapılan hesaplamalara benzer şekilde, değerlendirmelerde bir bütünlük olması açısından aynı temel tipi ve boyutları ele alınmış ve zemin taşıma gücü analizleri için oluşturulan bilgisayar programı kayalar için aynı formatta olmak üzere revize edilmiştir (Şekil 4.53). Oluşturulan programda (4.12) numaralı bağıntı kullanılmış ve temel derinliği 3 m, eni 2 m ve boyu 3 m olan dikdörtgen şekilli bir temel ele alınmıştır. Emin taşıma gücünün hesaplanmasında zeminlerde olduğu gibi sınır taşıma gücü güvenlik sayısı olan 3'e bölünmüştür.

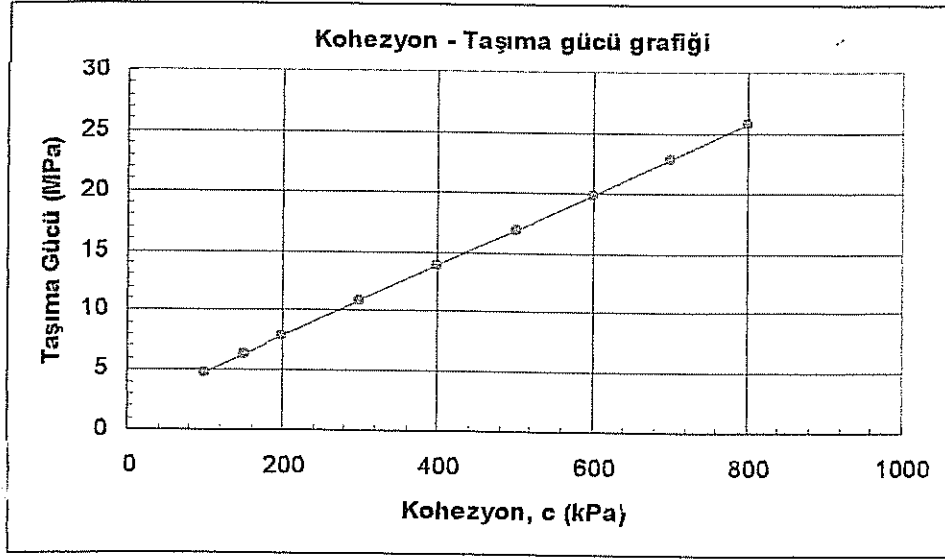
TEMELE AİT VERİLER			KAYA TAŞIMA GÜCÜ PROGRAMI			
Temel tipi		Birimler	Lokasyon : Taraça			
Kohezyon	600	kPa	Program: Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU			
ϕ	38	Derece	KAYA TAŞIMA GÜCÜ BİLGİLERİ			
B.h.a.	28	kN/m ³	qsınır =	60068,4	kPa	60,0684 MPa
D_f	3	m	qemin =	20022,8	kPa	20,0228 MPa
B	2	m	Qemin =	120137	kN	
L	3	m	qnet =	59984,4	kPa	5998,44 MPa
Gs	3					

Sekil 4.53. Kaya taşıma gücünün belirlenmesi için oluşturulmuş bilgisayar programına ait veri giriş parametreleri ve hesaplananlar.

Daha önce de incelendiği gibi kayalarda tutturulmuşluğa bağlı olarak meydana gelen kohezyon değerlerinin belirlenmesinde Rock Lab 1.06 bilgisayar programından faydalanılmıştır. İncelenen örnekler için bu değer 0.126 ile 0.716 MPa (126-716 kPa) arasında değişmekte olduğu belirlenmiştir. Yine incelenen örnekler için birim hacim ağırlıkları 24 – 28 kN/m³ değerleri arasında yer almaktadır. Kaya taşıma güçlerinin belirlenmesinde içsel sürtünme açısı 38° olarak alınmıştır. Belirtilen kohezyon ve birim hacim ağırlığı değerleri için hesaplamalar yapıldığında Şekil 4.54'de gösterilen taşıma gücü ilişkisi ortaya konulmuştur. Bu grafikte elde edilmiş değerler en düşük birim hacim ağırlığı (24 kN/m³) için hesaplanmıştır. Yapılan diğer hesaplamalara ait sonuçlar tablo halinde Çizelge 4.38'de sunulmuştur.

4.3.2.4. Şev Duraylılık Özellikleri

Duraylılık problemleri açısından taraça çökelleri en sorunsuz zemin türünü oluşturmaktadır. Tabakaların yatay, kalınlıklarının fazla ve birimin genel olarak yüksek birim hacim ağırlıklı olması duraylı olmasını sağlamaktadır. Tanelerin fiziksel ayrışmaya dayanıklı olması da oluşan şev ve yarmalarda kaya düşmesi ya da devrilmesi türünde kütle hareketlerinin oluşmasını engellemektedir. Kritik bir durum tespit edilmediğinden bu özellik ile ilgili herhangi bir duraylılık analizi yapılmamıştır.



Şekil 4.54. Taraça örnekleri için kohezyon değerlerinin kaya taşıma gücü ile ilişkisi (birim hacim ağırlığı 24 kN/m^3 olan numuneler için).

Çizelge 4.38. Taraçalara ait emin taşıma gücü değerlerinin kohezyon ve birim hacim ağırlığı değerlerine bağlı olarak değişimi.

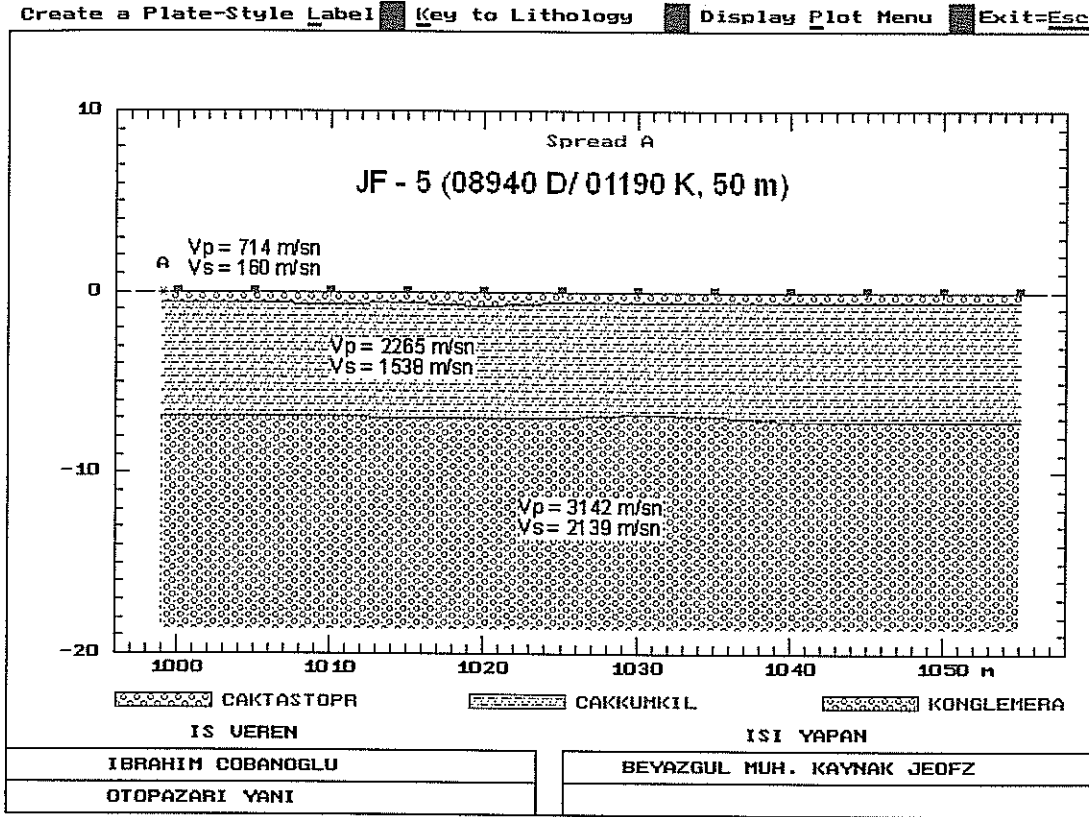
Kohezyon (kPa)	Birim Hacim Ağırlıklar (kN/m^3)				
	24	25	26	27	28
	Emin Taşıma Gücü Değerleri (MPa)				
100	4,789	4,864	4,939	5,014	5,089
150	6,282	6,357	6,432	6,508	6,582
200	7,775	7,851	7,926	8,000	8,076
300	10,762	10,838	10,913	10,988	11,063
400	13,749	13,824	13,899	13,974	14,049
500	16,736	16,811	16,886	16,961	17,036
600	19,722	19,798	19,873	19,948	20,023
700	22,709	22,784	22,859	22,934	23,009
800	25,696	25,771	25,846	25,921	25,996

4.3.2.5. Jeofizik Özellikleri

JF 5 (08940 D/ 01190 K), JF 6 (06412 D/ 00665 K), JF 7 (04479 D/ 03152 K) ve JF 15 (04522 D/ 00703 K) ölçüm noktaları taraça içerisinde yer alan jeofizik ölçüm lokasyonlarıdır. Diğer birimlerde olduğu gibi bu birim için de aynı nokta da hem jeofizik sismik ve hem de özdirenç ölçümüne yönelik çalışmalar yapılmış ve aşağıda alt bölümler halinde sunulmuştur.

4.3.2.5.(1). Sismik Özellikler

JF 5 ölçüm noktası Mithat Özsan Bulvarı üzerinde yer alan oto pazarı içerisinde oluşturulmuştur. Üstteki toprak örtü altında çakıl, kum ve kil boyu malzemeden oluşan kısmen gevşek tutturulmuş 9 m kalınlığındaki birimin altında tamamen kaya özelliği gösteren sıkı tutturulmuş taraça inceleme derinliği olan 20 metreye kadar devam etmektedir (Şekil 4.55). Birimlerden elde edilen sismik hızlar ve bunlara bağlı olarak belirlenmiş olan diğer parametreler Çizelge 4.39'da gösterilmiştir.

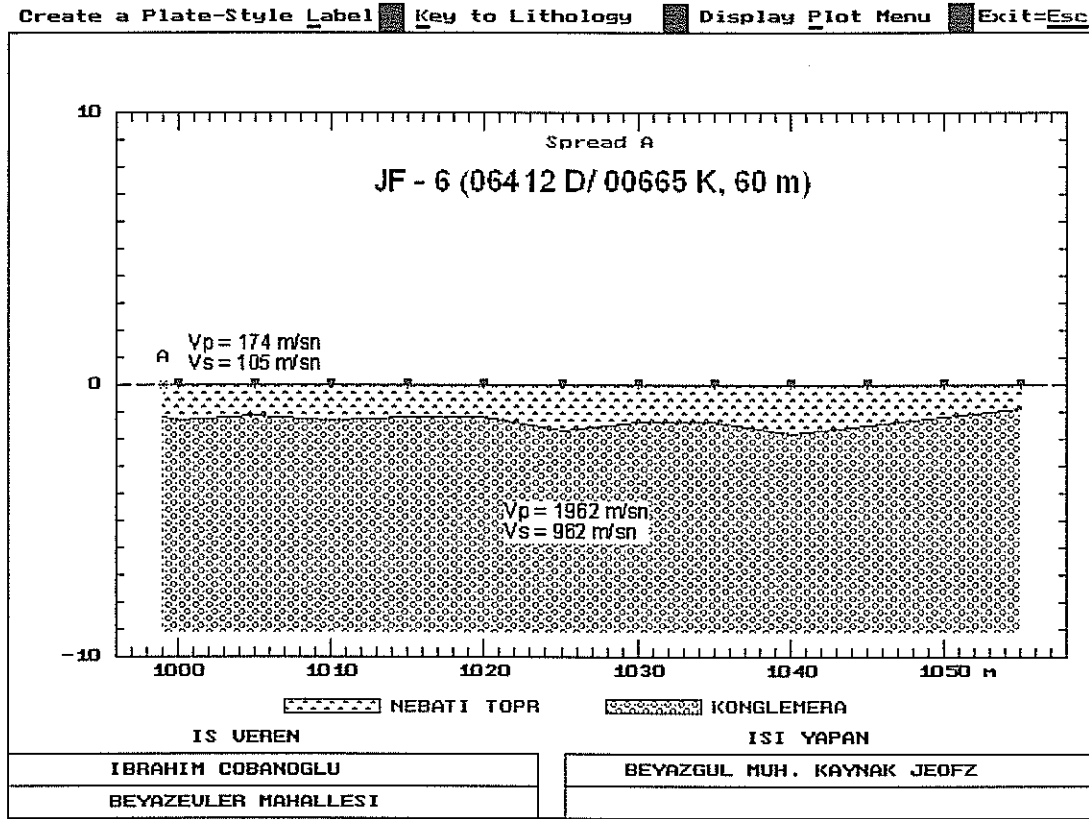


Şekil 4.55. JF-5 (oto pazarı) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Beyazevler Mahallesi içerisinde yer alan JF 6 ölçüm noktasında üstte toprak örtü olarak yer alan ve çoğunluğunu daha alta yer alan taraçadan türeme malzemeden oluşan çakıllı bir birim bulunmaktadır. Bu birimin altında yer alan taraça çökelleri ise kısmen tutturulmuştur (Şekil 4.56). Bu çalışma noktasında belirlenmiş olan birimlere ait parametreler Çizelge 4.40'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Oto Pazarı (Çukurova Üniv. güneyi) sahasındaki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF- 5).

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V_p , m/sn)	714	2265	3142
S Hızı	(V_s , m/sn)	160	1538	2139
Zemin Büyütmesi	(n)	2.37	0.52	0.22
Poisson Oranı	(σ)	0.47	0.069	0.058
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T_0)		0.16 sn	
V_p/V_s		4.46	1.47	1.47



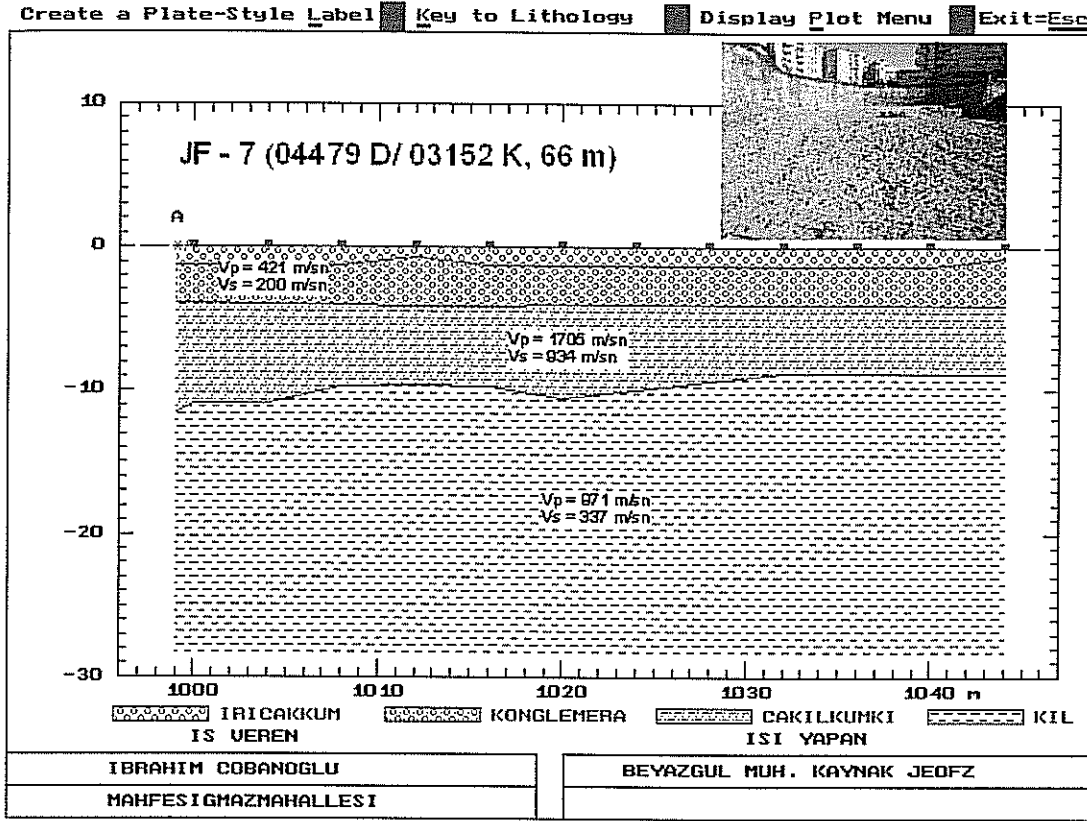
Sekil 4.56. JF-6 (Beyazevler Mah) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.40. Beyazevler Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF - 6).

		1.TABAKA	2.TABAKA
P Hızı	(V_p , m/sn)	174	1962
S Hızı	(V_s , m/sn)	105	962
Zemin Büyütmesi	(n)	2.9	0.87
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T_0)		0.24 sn
V_p/V_s		1.66	2.04

Kenan Evren Bulvarı üzerinde, Kapi Pide Restaurant yanında konumlandırılan JF-7 ölçüm noktası yaklaşık derinliği 8 m olan bir bina temel kazısıdır. Bu noktadaki ölçümler kazı çukuru içerisinde serim yapılarak alınmıştır. Burada üstteki 3 farklı taraça seviyesinden sonra

yaklaşık 11 metre derinlikte Handere Kili ile karşılaşmaktadır (Şekil 4.57). Bu noktadan elde edilen mühendislik parametreleri Çizelge 4.41’de gösterilmiştir. Kazı çukuru içerisinde ölçüm alınan yüzeydeki birim kazı işlemi ile gevşek bir hal alarak orijinal yapısını yitirmiş olduğundan sismik serim profilinde en üstte yer alan birim değerlendirme dışı tutulmuştur.

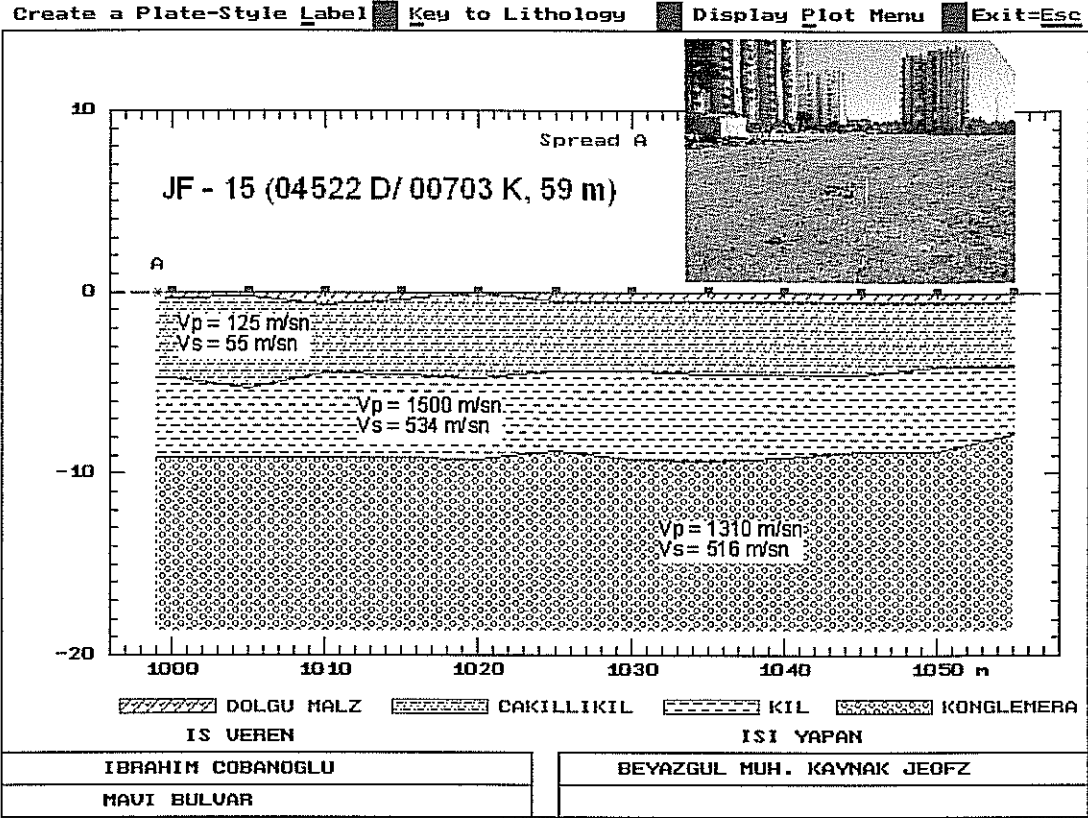


Şekil 4.57. JF-7 (Mahfesiğmaz Mahallesi) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.41. Mahfesiğmaz Mahallesindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 7).

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V_p m/sn)	421	1705	971
S Hızı	(V_s m/sn)	200	934	337
Zemin Büyütmesi	(n)	2.3	0.9	1.78
Poisson Oranı	(σ)	0.35	0.28	0.43
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T_0)		0.5 sn	
V_p/V_s		2.1	1.82	2.88

Mavi Bulvar üzerinde yer alan JF-15 ölçüm noktasında, yüzeyde temel kazılarında çıkan malzemelerin yığılmasıyla oluşturulmuş bir dolgu ve altında yine oldukça zayıf kısmen çakıl boyutu malzeme de içeren killi bir seviye ve onun altında çakıllı killi bir birim yer almaktadır. Bu noktada, taraça çökelleri kalışleşmiş olup 9. metreden başlayıp inceleme derinliği olan 20 metreye kadar devam etmektedir (Şekil 4.58). Bu noktaya ait sismik hızlar ve bulunmuş diğer parametreler Çizelge 4.42’de gösterilmiştir.



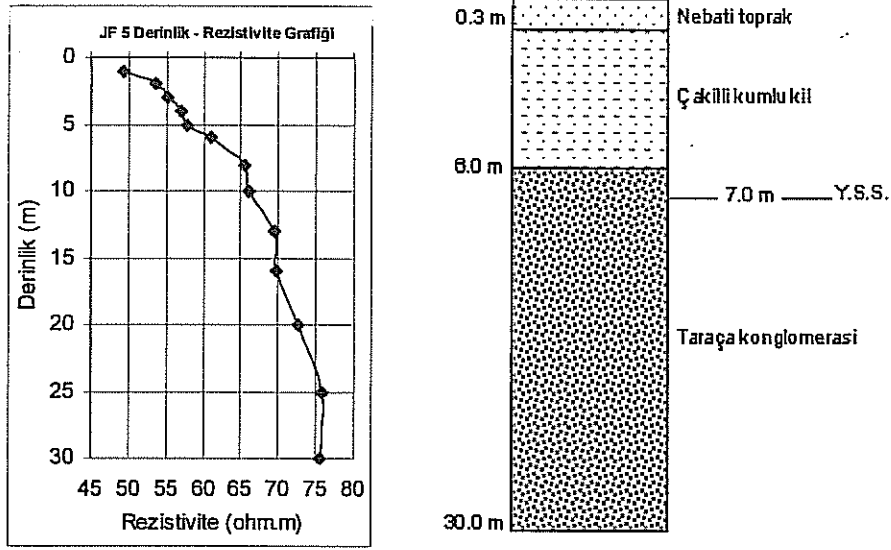
Şekil 4.58. JF-15 (Mavi Bulvar) ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.42. Mavi Bulvar ölçüm noktasında sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 15).

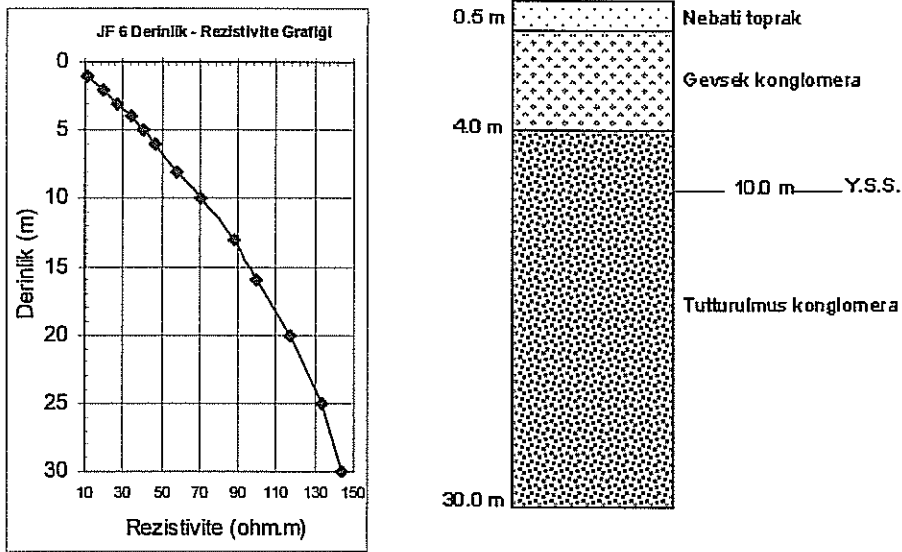
		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V_p , m/sn)	125	1500	1310
S Hızı	(V_s , m/sn)	55	534	516
Zemin Büyütmesi	(n)	3.5	1.37	1.4
Bulk Modülü	(K_d)	115 kg/cm ²	35526 kg/cm ²	25316 kg/cm ²
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T_0)		0.41 sn	
V_p/V_s		2.27	2.81	2.54

4.3.2.5.(2). Özdirenç Değerleri

JF 5, JF 6, JF 7 ve JF 15 ölçüm noktalarında yapılan düşey elektrik sondajları ile özellikle tabaka değişimleri ile kalınlıklarının doğruluklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ölçüm noktalarından elde edilmiş özdirenç değerlerinin derinliğe bağlı olarak değişimleri ve bu bilgilerle çıkarılmış zemin kesitleri Şekil 4.59 – 4.62’de verilmiştir.



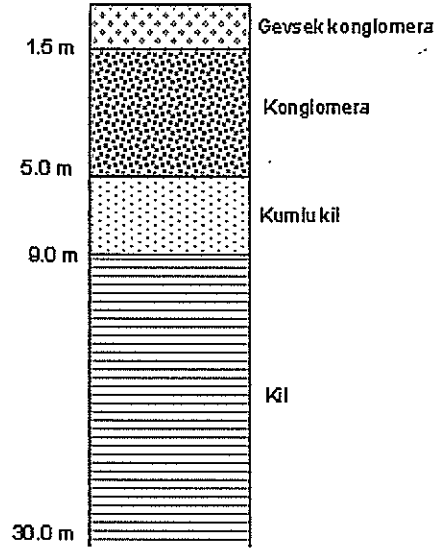
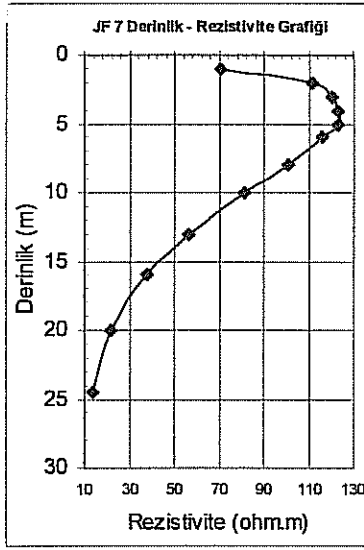
Şekil 4.59. JF 5 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri



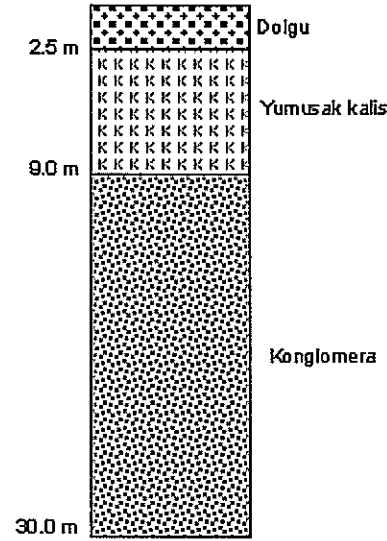
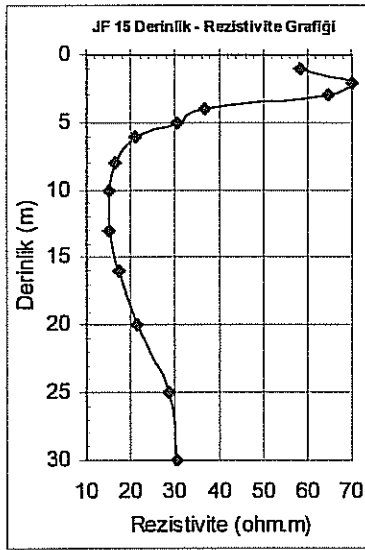
Şekil 4.60. JF 6 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.

4.3.2.6. Hidrojeolojik Özellikleri

Taraça çökelleri akifer olma özelliği taşıyan bir litolojiyi oluşturmaktadır. İstifin kalın olması ve kısmen yüksek topoğrafik alanları oluşturuyor olması nedeniyle su seviyeleri oldukça derinlerde bulunmaktadır. Elde edilmiş veriler statik su seviyelerinin 14 – 40 metre arasında değişmekte olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.61. JF 7 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri



Şekil 4.62. JF 15 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri

4.3.2.7. Yorum ve Öneriler

Taraça birimi mühendislik anlamında yapılaşma açısından uygun olan bir birimdir. Bununla birlikte, mühendislik tasarımları için gerekli olan mekanik parametrelerin belirlenmesinin en zor olduğu bir litolojiyi oluşturmaktadır. Özellikle teknik donanım yetersizliklerinin olması durumunda mekanik parametrelere ait sayısal değerlerin ortaya konulması oldukça güçleşmektedir. Taraça çökeltilerinde, yapılaşmaya yönelik yapılan zemin etütlerindeki en büyük yanlış bu birimlerin klasik zemin sondajları ile araştırılıyor

olmasıdır. SPT, bu birimlerde kesinlikle sonuç vermeyecek, boşa zaman ve para harcanmasına neden olacak bir yöntemdir. Bu anlamda daha önce de belirtildiği gibi derin yüzey kazılarından ve araştırma çukurlarından elde edilen numuneler üzerinde yapılacak deneyler daha doğru tasarım parametrelerinin elde edilmesini sağlayacaktır. Özellikle, presiyometre deneyi gibi sondaj kuyusunda doğrudan ölçümün yapılamadığı sondajlı zemin etütlerinin taraça çökelleri için bir anlam taşımayacağı bilinmelidir.

Tutturulmamış veya gevşek tutturulmuş taraça çökelleri genel anlamda GW- GP türü iri taneli zemin özelliği sunmakla birlikte birimi oluşturan tanelerin kökensel farklılıklarının olması, birim hacim ağırlıklarının çok dar bir alanda bile değişmesine neden olmaktadır. Tasarımlarda bu durumların dikkate alınması, elde edilmiş en düşük ve en yüksek değerlerin zemin araştırmalarını yapan kişi ya da kurumlardan istenmesi gerekmektedir.

Taraça birimi içerisinde kalışleşmiş seviyeler birimin zemin özelliği gösteren kısımlarını oluşturmaktadır. Kayma dalgası hızları birimin kaya olan kısımlarında 900 – 2000 m/sn değerleri verirken, ayrışmış ve kalışleşmiş seviyelerde 530 m/sn ve daha düşük değerler vermektedir. Kaya kütlelerinde tutturulmuşluğa bağlı olarak dayanımının artması ile sismik hızlarda da artışların olduğu görülmektedir.

Statik koşullarda duraylı özellikler sergileyen taraça çökellerinin özellikle 1998 Ceyhan depreminde dinamik etkilerle duraylılıklarını kısmen yitirdikleri görülmüştür. Bu depremde birim içerisinde gerilme çatlaklarının geliştiği ve bazı kopma – düşme hareketlerinin olduğu da bilinmektedir. Bu duraylılık problemlerinin oluşmasında birimin kısmen zayıf tutturulmuş ve zayıf dayanımlı kaya özelliği göstermesi etkili olmaktadır. Tane boyu ve litolojik dağılım açısından birimin heterojen özellik sergilemesi de duraylılık açısından olabilecek olumsuzlukların nedeni olarak düşünülmektedir. Bu tür riskli durumların belirlenmesi amacıyla arazi çalışmaları ile belirlenmiş alanlarda detaylı mühendislik çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu anlamda gerekli görülen hallerde statik koşullarla birlikte şevin dinamik koşullardaki duraylılık analizlerinin de yapılması önem kazanmaktadır. Bu analizler sırasında da birime ait temel fiziksel ve mekanik parametrelerin önceden çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu anlamda analiz sırasında tek bir parametre ile çalışmak yerine birden fazla parametrenin içerisinde bulunduğu bir değer aralığını analiz kapsamına almak daha gerçekçi olacaktır.

4.3.3. Kalış Çökelleri

Bu bölümde daha önce Genel Jeoloji bölümünde sunulmuş olan kalış birimlerinin mühendislik açısından değerlendirmeleri ele alınmıştır. Bu ve bundan sonraki bölümlerde anlatılan birimlere ait özelliklerin daha önce anlatılan diğer birimlerle aynı alt başlıklar altında sunulmalarına çalışılmıştır.

Kalış çökelleri, inceleme alanı içerisinde Seyhan nehri batısında, baraj gölünün güneyinde yayılım sunmakta ve inceleme alanın da dışında batıya doğru yayılımını sürdürmektedir.. Kuzeyde Handere Formasyonu'na ait killi birimlerle, doğuda taraça ve güneyde altüvyon çökelleri ile dokanak halinde bulunmaktadır. Birim inceleme alanı içerisinde sadece Seyhan ilçesinde yayılım sunmaktadır. Kalış çökelleri sert kalış olarak adlandırılan ve kaya özelliği gösteren kısımlar ile yumuşak kalış olarak adlandırılan ve zemin özelliği gösteren kısımlar olmak üzere 2 ayrı litolojik özellik sunmaktadır. Yumuşak kalışın içerisinde çakıl ve kum boyutu malzemenin de bulunduğu, bununla birlikte ayrışma ve karbonatlaşma etkisiyle çakıl boyutundaki malzemelerin dağınık bir yapıya sahip oldukları arazi gözlemleri ile belirlenmiştir. Karbonat kapak veya masif kalış olarak da adlandırılan sert kalış genel olarak topoğrafyada kısmen yüksek alanları oluşturmaktadır. Bu birimin kalınlığı yumuşak kalışe göre daha azdır. Zemin özelliği gösteren yumuşak kalış ise daha düşük topoğrafyaya sahip alanlarda yer almaktadır.

Arazi çalışmalarının temelini oluşturan yüzey kazısı, yarma ve şevlerin incelenmesi, bu birim için de ayrıntılı olarak yapılmıştır. Sert kalış biriminden arazide örnek alınmasının zorluklarıyla karşılaşıldığından, bu birimlerde açılmış yüzey kazılarından elde edilen blok numuneler ile örneklemeler yapılmıştır. Blok numunelerden 42 ve 54 mm çaplı karot örnekler alınmış ve temel fiziksel ve mekanik özellikler bu karotlar üzerinde yapılan deneylerle tespit edilmiştir. Yumuşak kalış biriminden alınan örneklerin büyük çoğu ince taneli malzemenin olduğundan bu birim ile sınıflama ve mekanik özellikleri belirlemeye yönelik deneylerin yapılması zemin mekaniği deneyleri ile mümkün olmuştur. Sert kalış biriminin düşey bir istif içerisinde bile seviyeden seviyeye değişmekte olduğu görülmüş ve önce arazi gözlemleri ve ardından mikroskop çalışmaları ile masif kalış birimleri 3 gruba ayrılmıştır. Kalış çökellerinin dar alanda bile değişen özellikler sergilemeleri nedeniyle kalış türlerinin ayrırtlanmasına yönelik bir haritalama çalışması yapılamamıştır.

Çukurova havzası içerisinde geniş bir yayılım sunan kalış çökelleri Adana ili yerleşim alanının kuzeyinde mevcut yapılaşmanın devam etmekte olduğu alan içerisinde yaygın olarak

gözlenmektedir. Kalışların oluşum şekillerine bağlı olarak farklı zonlar halinde buldukları bilinmektedir. Bu çalışmada kalışlar 3 alt başlık altında incelenmişlerdir. Bunlar,

1 - Karbonat tüplerinden oluşan kalış (*Paleosolik kalış, kolon horizonu*)

2 - Karbonat kapak (*karbonat kabuk, masif kalış*)

- Beyaz kalış (*BK grubu kalışlar*)
- Kırmızı kalış (*KK grubu kalışlar*)
- Çakıllı kalış (*ÇK grubu kalışlar*)

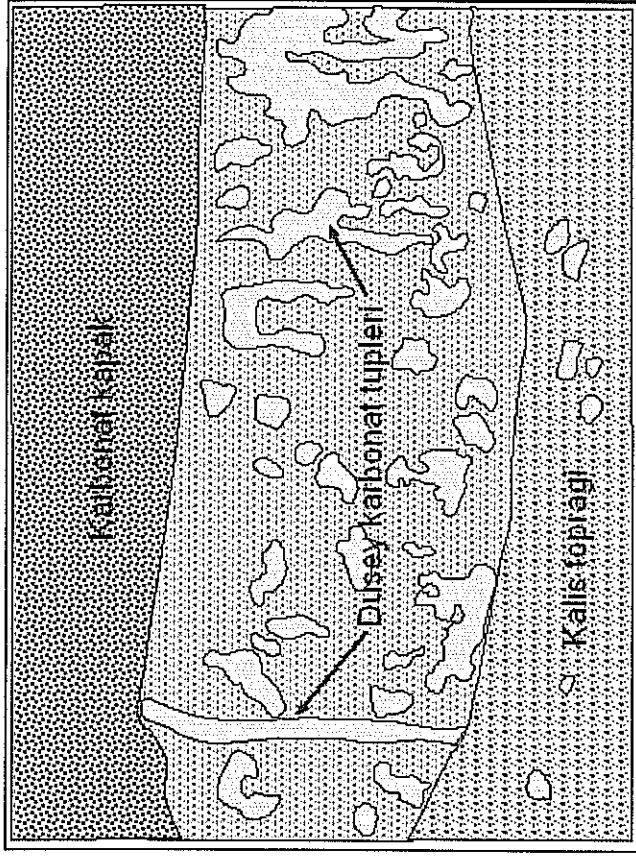
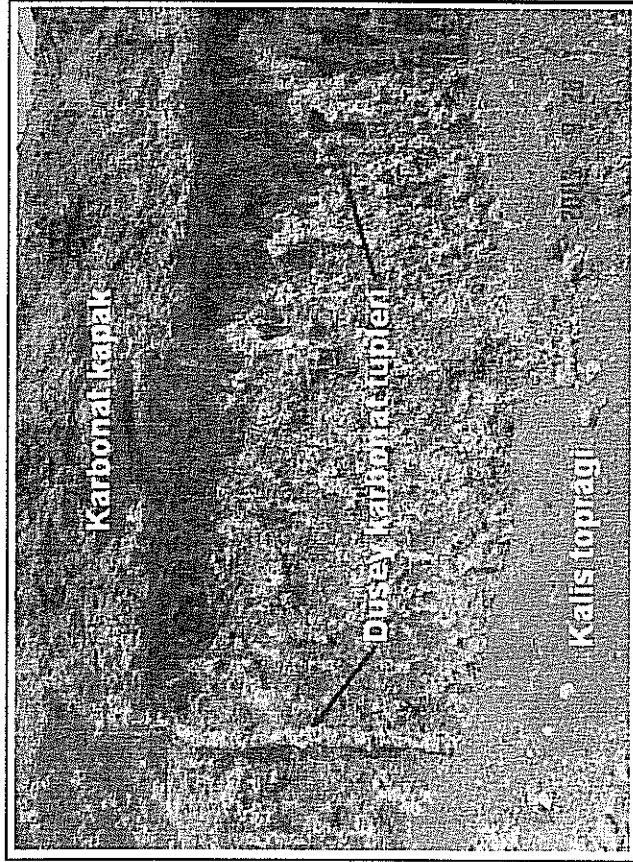
3 - Kalış toprağıdır.

Kalış toprağı olarak adlandırılmış olan birim diğer kalış türlerinden türeme olduğundan ve kalınlıkları itibariyle mühendislik açısından bir önem taşımadıklarından bu çalışma kapsamında incelemeye alınmamışlardır.



4.3.3.1. Karbonat Tüplerinden Oluşan Kalış

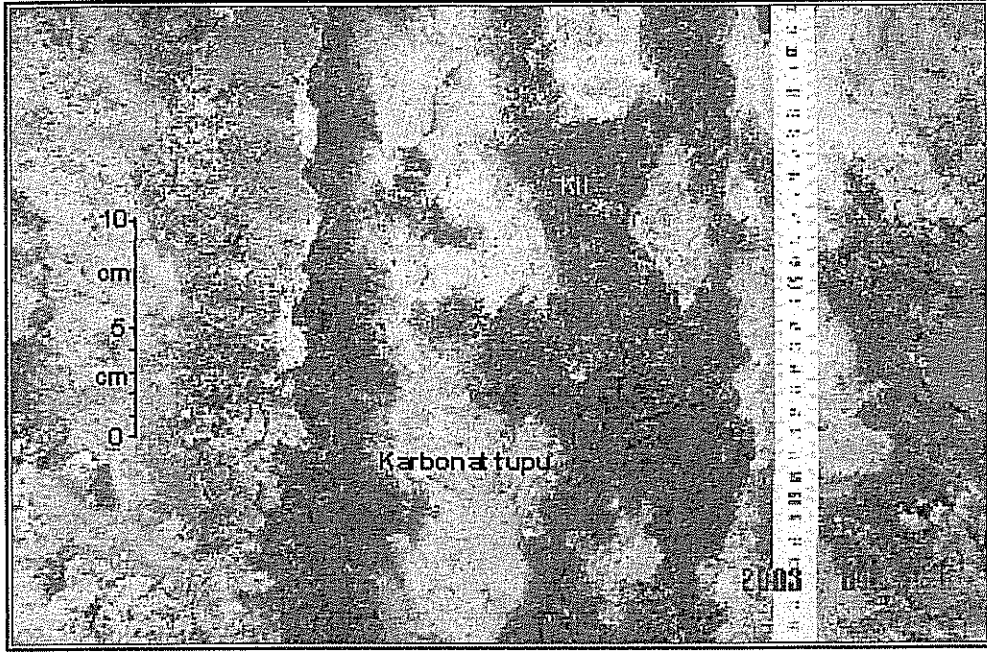
Açık kırmızımsı kahverenkli, tutturulmamış, zemin içerisinde bazen uzunlamasına yerleşmiş dikey tüpler ve bazen de saçılmış, dağınık yumrular şeklinde görülmektedirler. Bu oluşumun yukarıdan aşağıya doğru gerçekleşen bir su hareketi ile olduğu bilinmektedir (Hatipoğlu, 1998). Arazi incelemelerinde karbonat tüplerinin genişliklerinin 6 ile 17 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. Karbonat tüplerinin oluşumunun ileri safhalarında tüplerin birleşerek karbonat kapağı oluşturdukları görülmektedir ki bu oluşum ve birimler arasındaki geçiş en tipik haliyle Belediye Evleri Mahallesi'ndeki 47 numaralı veri noktasında tespit edilmiştir. (Şekil 4.63). Karbonatça zengin suların kapilarite etkisiyle zemin içerisinde yükselerek kalsit bileşiminde killi birimler içerisinde oluşan ve Kapur ve diğ. (1998) tarafından "*kolon horizonu*" olarak adlandırılan kalış türü Adana yerleşim alanı içerisinde yayılımı en fazla olan kalış birimidir.

Kapur ve diğ. (1998) kolon horizonundaki kil minerallerini paligorskit ve smektit olarak belirlemiştir. Araştırmacı tarafından belirtilen yüksek miktardaki kalsit matriksin varlığına bu çalışma kapsamında yapılmış olan ince kesit çalışmalarında da rastlanmıştır. Arazi gözlemleri karbonatça zengin tüplü kesimin yanal devamlılıklarının olmadığını ve kendi içlerinde düzenli sürekliliklerinin de bulunmadığını ortaya koymuştur (Şekil 4.64).



Şekil 4.63. Değişik kalış oluşum seviyelerinin 47 numaralı inceleme noktasında tespit edilmiş görünüşleri ve aynı yerin şematik gösterimi (00805 D/ 02769 K, 123 m).

Gösterim	Litoloji	İnceleme Yeri	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CaCO ₃
	Karbonat kapak	Belediye evleri (47)	4.41	0.64	0.41	50.68	1.37	90.36
	Karbonat tüpü	Belediye evleri (51)	2.09	0.36	0.24	52.20	0.70	93.07



Sekil 4.64. Karbonat tüplü kalışın killi birim içindeki sütunsu görünümü.

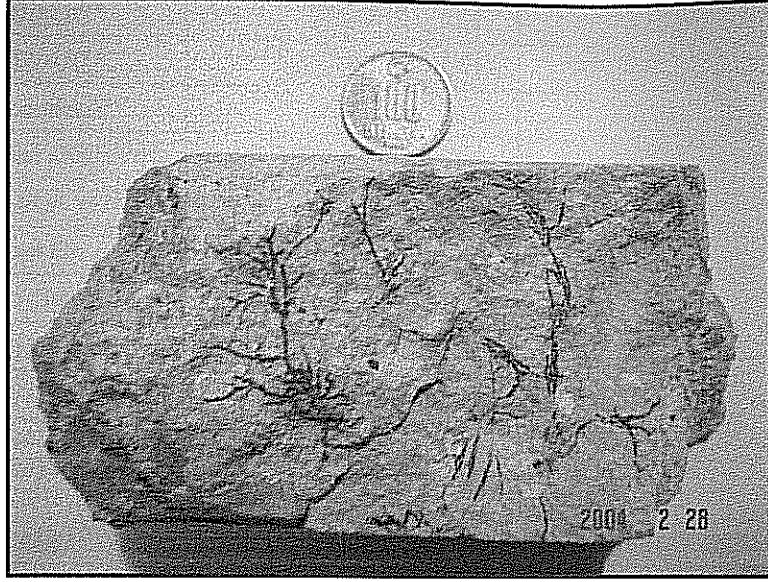
4.3.3.2. Karbonat Kapak (Karbonat Kabuk, Masif Kalış)

Bu çalışma kapsamında yapılan arazi incelemeleri karbonat kabuğun fiziksel özellikleriyle belirgin bir şekilde ayırt edilebilen değişik çeşitlerinin olduğunu ortaya koymuştur. Alınan blok örneklerin laboratuarda karot haline getirilmeleri esnasında su ile temaslarında gösterdikleri renk ve fiziksel özellik farklılıkları nedeniyle, kalış kabuk aşağıda tanımlanan alt gruplar halinde adlandırılmış ve incelenmişlerdir. Bu alt grupların bir lokasyonda beraberce görünebilmeleri, kısa mesafelerde bir gruptan diğerine geçişin olabilmesi, yersel anlamda birimlerin ayırtlanmasını imkansız kılmıştır. Bu yüzden bu çalışmada böyle bir ayrıma gidilememiştir.

Karbonat kapak, kalış birimi içerisinde en sert olan kaya kısmını oluşturmaktadır. İncelenen bazı lokasyonlarda karbonat tüplü kalıştan karbonat kabuğa geçiş net olarak izlenebilmiştir. Karbonat kapak tamamen zayıf kaya özellikleri sunmaktadır. Birim aynı zamanda bol bitki kalıntıları ve kök izleri içermektedir (Şekil 4.65). Bitki kalıntılarının varlığı kabuğun laminalı yada damarlı bir görünüm sunmasına neden olmaktadır. Kaya kütlesi içinde bitki kök artıkları ve kalıntıları boyunca oksidasyondan etkilenmenin fazlalığı dikkati çekmektedir.

Yapılan kimyasal analiz sonuçları, kayaçların yüksek oranda kalsiyum karbonat içerdiklerini ortaya koymuştur. Kimyasal analizler hem karbonat kapaktan alınan kaya

numunelerinden ve hem de karbonat tüplü kalışten oluşan kesimden alınan örnekler üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karbonat yumrulu ve tüplü kalış numuneleri ile karbonat kabuğa ait örneklerin kimyasal bileşimlerinin birbirlerine yakın olduklarını ortaya koymuştur (Çizelge 4.43). Bu, kalış tüplerinden oluşan kalışın, karbonat kabuk oluşumunun başlangıç safhası olduğu teorisini de doğrulamaktadır.



Sekil 4.65. Karbonat kabuk içerisinde yer alan bitki kök kalıntıları.

Kapur ve diğ. (1998), kalışın karbonat kapak kesiminde (paleosolik kalış) smektit türü kil minerallerinin var olduğunu bildirmiştir.

Bu çalışmada karbonat kabuk birimi 3 ayrı grup altında incelenmiştir. Bu ayırmda gözlemsel tanımlamaların ve ayırımların doğruluklarını kontrol etmek amacıyla mikroskopik incelemelerde bulunulmuştur. Aşağıda bu incelemelerden elde edilen sonuçlar ana hatlarıyla verilmektedir.

4.3.3.2.(1). BK (Beyaz Kalış) Grubu Kalışlere Ait İnce Kesit İncelemeleri

BK grubu kalışler arazide tipik beyaz ve kirli beyazımsı renkleri ile dikkat çekmektedirler. Organik madde kalıntıları ve bitki kök izleri diğer kalış gruplarında olduğu gibi bu kalış grubunda da göze çarpmaktadır. İncelenen alan içerisinde görülen karbonat kapaktan alınan numunelerin ince kesit incelemeleri ile aşağıdaki özellikler tespit edilmiştir.

Çizelge 4.43. İnceleme alanı içerisinde yer alan kalış numuneleri ile çevredeki farklı kalış birimlerine ait kimyasal analiz (%) sonuçları.

<i>Numune Yeri</i>	<i>pH</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>CuCO₃</i>
Şambayat*	-	2.80	1.20	0.45	53.30	-	-
Kabasakal*	-	3.08	1.78	0.32	52.90	-	-
ME.Ü.Kongre Binası**	-	15.75	1.51	-	41.81	0.87	95.55
ME.Ü.Kongre Binası**	-	7.8	1.94	-	46.49	0.90	89.07
ME.Ü. Spor Kompleksi**	-	7.45	1.60	-	47.94	0.82	75.52
<i>Mavi Bulvar sonu (28)</i>	<i>8.60</i>	<i>2.66</i>	<i>0.50</i>	<i>0.27</i>	<i>52.85</i>	<i>0.23</i>	<i>94.23</i>
<i>Belediye evleri Mah. (51)</i>	<i>8.45</i>	<i>2.09</i>	<i>0.36</i>	<i>0.24</i>	<i>52.20</i>	<i>0.70</i>	<i>93.07</i>
<i>Seyhan İlköğretim Ok. (46)</i>	<i>8.45</i>	<i>1.34</i>	<i>0.14</i>	<i>0.13</i>	<i>52.93</i>	<i>1.15</i>	<i>94.37</i>
<i>Carrefour batısı (38 a, KK)</i>	<i>8.33</i>	<i>1.96</i>	<i>0.35</i>	<i>0.22</i>	<i>51.66</i>	<i>1.11</i>	<i>92.11</i>
<i>Carrefour güneyi (38 b, BK)</i>	<i>8.38</i>	<i>2.85</i>	<i>0.33</i>	<i>0.20</i>	<i>51.68</i>	<i>0.83</i>	<i>92.16</i>
<i>Belediye evleri (47, BYK)</i>	<i>8.42</i>	<i>4.41</i>	<i>0.64</i>	<i>0.41</i>	<i>50.68</i>	<i>1.37</i>	<i>90.36</i>

* Yetiş ve Demirkol (1986) verileri

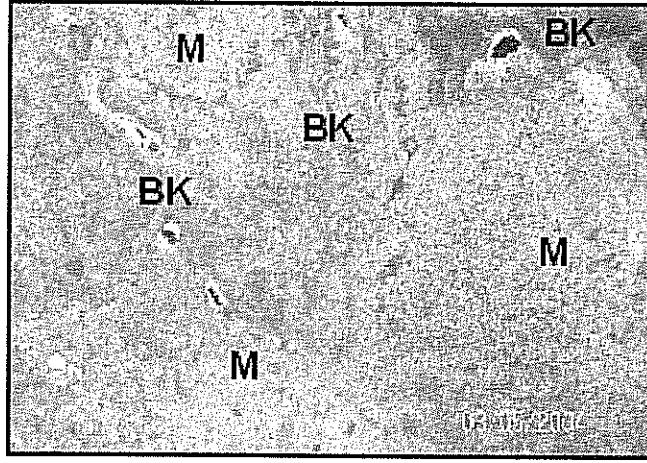
** Hatipoğlu (1998) verileri

A Kesiti (Beyaz kalış)

Bol miktarda bitki kök izleri dikkati çekmektedir. Bu bitki kök izlerinin bulunması makro yapıya laminalı bir görünüm vermektedir. Bu laminalı görünüm kesitte ayırt edilememektedir. Aynı zamanda bitki kök izlerinin çevresindeki boşlukların yarı köşeli-köşeli kuvars taneleri ile doldurulduğu görülmektedir. Kesitin geneli mikro-kristalin kalsitten oluşmaktadır. Oksidasyon bitki kök izleri boyunca izlenebilmektedir.

B Kesiti (Beyaz kalış)

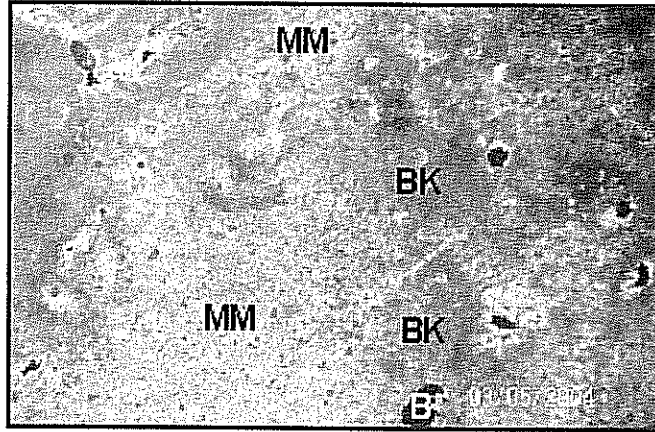
Kesitte bitki köklerinin çürümesi ile oluşan boşlukların etrafında mikrosparikalsit oluşumları gözlenmektedir. Kök dolgu duvarlarında kahverengi oksidasyon izleri bulunmaktadır. Çok az miktarda da olsa kuvars tanelerinin varlığı dikkati çekmektedir. Kesit az boşluklu sıkı bir görünüm sergilemektedir. A kesiti ile aynı özellikleri taşıdığından sadece B kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü Şekil 4.65'de verilmiştir.



Şekil 4.65. B kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü

C Kesiti (Beyaz kalış)

B kesiti ile oldukça benzer özellikler göstermektedir, ancak daha gevşek ve daha okside olmuş bir görünüm sunmaktadır. Oksidasyonun hakim olduğu kesimlerde mikrosparit kalsit taneleri daha iri taneler olarak görülmektedir (Şekil 4.66).

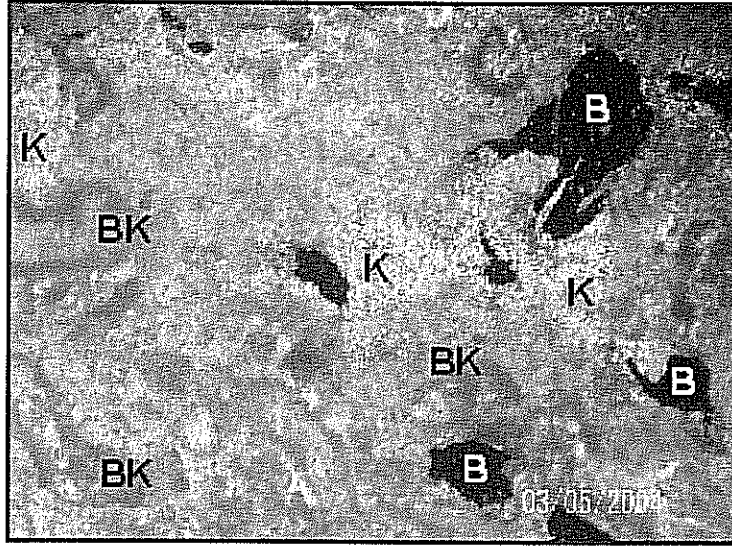


Şekil 4.66. C kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.

MM: Mikritik matriks; BK: Bitki kalıntılı kesim; B: Boşluk

D Kesiti (Beyaz kalış)

Bitki köklerinin oluşturduğu boşluklar belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu kesitte kuvars tanelerinin görülmediği dikkat çekmektedir (Şekil 4.67).

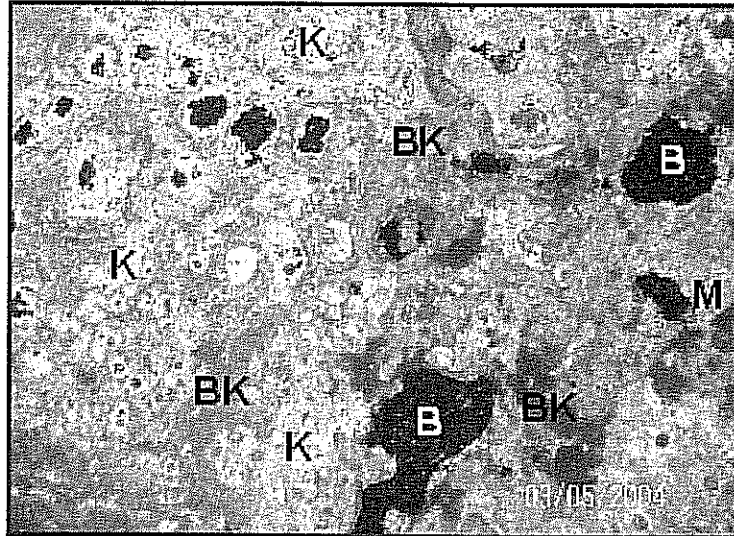


Şekil 4.67. D kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.

BK: Bitki kalıntılı kesim; K: Kalsit dolgu; B: Boşluk

E Kesiti (Beyaz kalış)

Kuars oranı çok az olan kesitte, kuvars taneleri oldukça küçük ve yaklaşık silt boyutundadır (Şekil 4.68). Gevşek bir görünüm sunmaktadır. Taneler daha saçılımlı bir yapı göstermektedir.

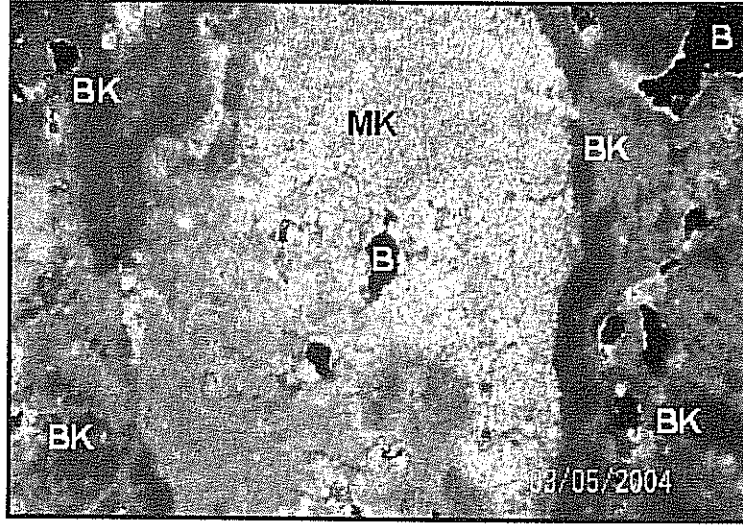


Şekil 4.68. E kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.

BK: Bitki kalıntılı kesim; M: Mikritik malzeme; K: Kalsit dolgu malzemesi; B: Boşluk

F Kesiti

Bu kesitte de kuvars taneleri bulunmaktadır. KK kesitinden farklı olarak kuvars tanelerinin miktarı daha fazladır. Kuvarsların kesitin gevşek kısımlarındaki boşlukları doldurur şekilde yerleştikleri görülmektedir. Kesitte, mikrokristalin kalsitten oluşan yumrular bulunmaktadır (Şekil 4.69).

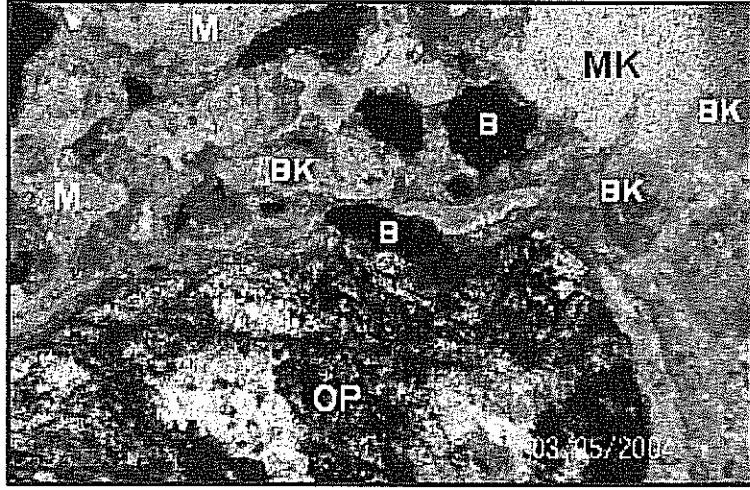


Şekil 4.69. F kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.

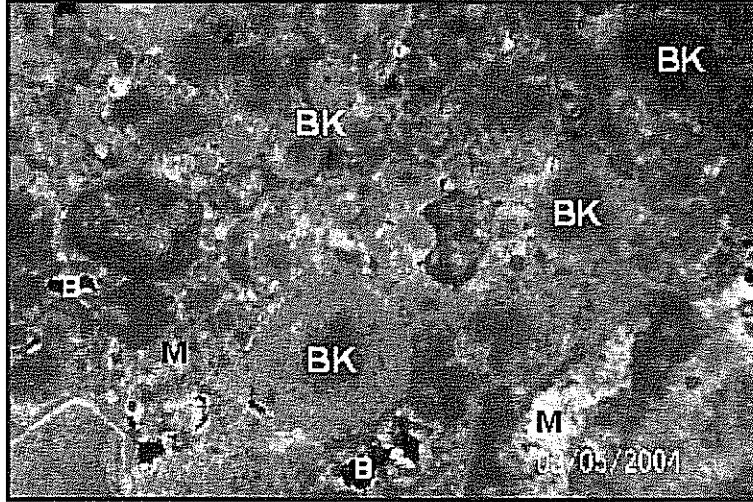
BK: Bitki kalıntılı kesim; MK: Mikrokristalin kalsit; B: Boşluk

4.3.3.2.(2). KK Grubu (Kırmızı Kalış) Kalışlere Ait İnce Kesit İncelemeleri

Bu kesitte çakıl boyutunda (> 2 mm) ofiyolit tanesinin var olduğu görülmektedir (Şekil 4.70). Bunun yanında kuvars tanelerinin varlığı da dikkati çekmektedir. Tanelerin matriks içinde yüzer bir görünümü vardır (yüzen doku, floating texture) ve dağılmış halde bulunmaktadırlar. Tanelerin etrafını lifsi yapıda sparitin çevrelediği görülmektedir. Kesit bitki kök izli ve boşlukludur (Şekil 4.71). Sparikalsitler daha çok yumru şeklinde görülmektedir.



Şekil 4.70. KK kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.

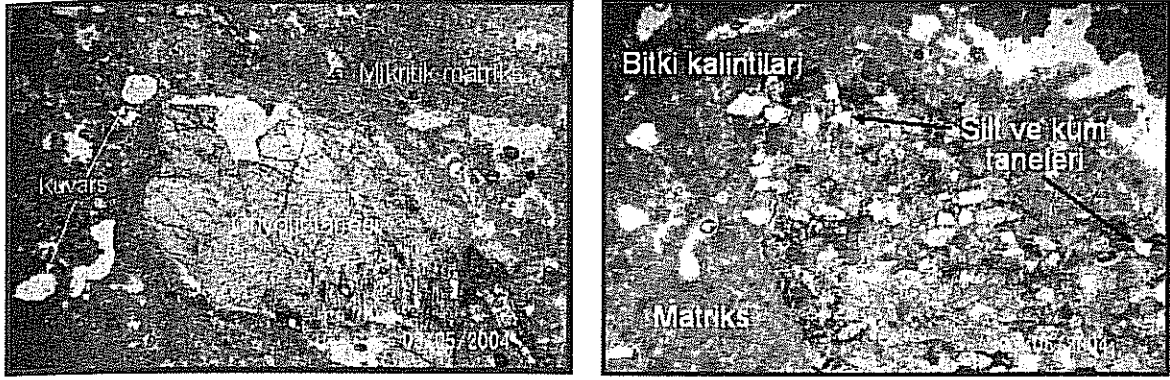


Şekil 4.71. KK kesitine ait polarizan mikroskop görüntüsü.

M: Mikrit; BK: Bitki kalıntılı kesim; MK: Mikrokristalin kalsit; OP: Ofiyolit tanesi; B: Boşluk

4.3.3.2.(3). ÇK Grubu (Çakallı kaliş) Kalişlere Ait İnce Kesit İncelemeleri

Bu kesitte bitki kalıntıları ve mikritik matriks ile birlikte ofiyolitik kayaç parçaları ile kuvars taneleri bulunmaktadır. Bu taneler matriks içerisinde dağılmış şekilde görülmektedir. Matriks içerisinde, silt boyutunda malzeme de bulunmaktadır (Şekil 4.72).



Şekil 4.72. ÇK kesitlerinin polarizan mikroskoptaki tipik görünüşleri.

4.3.3.3. Kaliş Toprağı

Kaliş toprağı, özellikle karbonat tüplü kalişin oluştuğı birim içerisinde fiziksel ve kimyasal ayrışma neticesinde ortaya çıkan ikincil birim olup, bu çalışmada bu isimle adlandırılmıştır. Birim tamamen zemin özelliğı göstermekte ve bol karbonat ihtiva etmektedir. İçerisinde çakıl boyutunda malzeme bulunabildiğı gibi tamamen ince taneli malzemeden de oluşabilmektedir. Tipik özellikleriyle görünüm sunan kaliş toprağı yeri AÇ 13'te görülmektedir (EK-1) Çakıl boyutundaki malzemenin geçirmiş olduğı kalişleşme ve topraklaşma evrelerinden dolayı tane özelliklerini yitirdikleri, elde sıkmayla bile kolayca dağılabilecek bir dayanıma sahip oldukları görülmektedir. Bu durum elek analizleri ile yapılacak zemin sınıfı tanımlamalarında hataların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Birim, genelde çok fazla kalın olmayan bir istif sunmaktadırlar.

4.3.3.4. Fiziksel Özellikleri

Kaliş çökelleri oldukça değışen fiziksel ve mekanik özellikler göstermektedirler. Bu açıdan deney prosedürleri ve yapılan deneylerin hassaslığı büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında araştırma çukurları olarak incelenen ve deneyleri yapılan lokasyonlarla birlikte elde edilmiş çeşitli verilere ait fiziksel ve mekanik parametreler Çizelge 4.44'de verilmiştir. Çizelge, hem yumuşak, zemin ve hem de kaya özelliğı gösteren kalişler için elde edilmiş değerleri göstermektedir. Zemin sınıflarına bakıldığında yumuşak kalişlerin CH, MH, CL ve ML türü ince taneli zemin litolojilerinde oldukları görülmektedir.

Çizelge 4.44. Elde edilen bazı verilerin değerlendirilmesiyle elde edilmiş bazı fiziksel özelliklerin kalış çökelleri içerisindeki değişimleri.

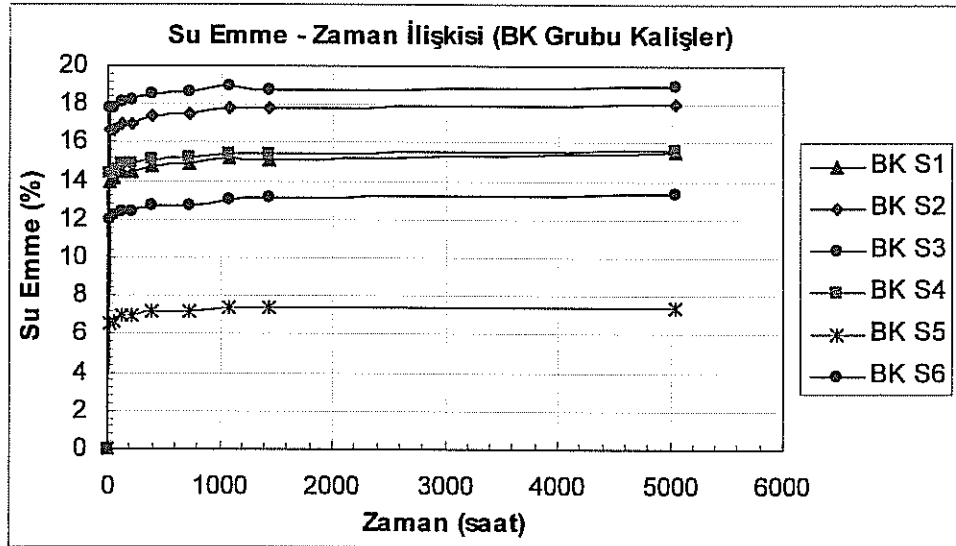
<i>Veri No</i>	<i>Veri Yeri</i>	<i>Derinlik (m)</i>	<i>LL (%)</i>	<i>PL (%)</i>	γ_n (kg/cm^3)	<i>c</i> (kg/cm^2)	ϕ	<i>Zemin Tanımı</i>
ZE-366	Belediye Ev.	1.50	37.0	21.1	2.06	3.36	0	CL
MES-1	Kireçocağı	2.20	51.0	28.0	1.71	1.30	0	CH
ZE-375	Esentepe	3.00	69.9	29.0	2.00	1.64	0	CH
İMO-10	100. Yıl M.	1.80	57.0	20.8	1.97	0.50	0	CH
İMO-15	Kurttepe	5.50	78.7	41.4	1.92	4.00	0	MH
İMO-32	Umudum Ok	3.50	60.4	28.9	2.00	2.00	0	CH
İMO-42	Kurttepe	3.50	58.4	20.6	1.88	0.67	4.0	CH
AÇ-51	Belediye Ev.	4.50	-	-	1.71	0.12	23.2	-
AÇ-47	Belediye Ev.	4.00	-	-	1.97	-	-	Kaya
AÇ-47 a	Esensehir	3.50	-	-	1.93	-	-	Kaya
AÇ-47b	Belediye Ev.	5.00	-	-	2.02	-	-	Kaya
AÇ-46	Seyhan İlk.	1.00	-	-	1.92	-	-	Kaya
AÇ-43	Huzurevleri	4.00	52.0	27.6	1.81	0.38	5.0	CL
AÇ-38	Carrefour	3.50	-	-	2.06	-	-	Kaya
AÇ-38a	Carrefour	5.00	41.1	18.6	1.96	0.43	8.0	CL
AÇ-28	Mavi Bulvar	4.00	32.4	18.0	1.79	0.55	16.0	CL
AÇ-14	Yeşiloba	3.00	42.3	28.5	1.79	0.36	13.3	ML
AÇ-13	Mavi Bulvar	4.00	61.0	24.2	1.73	0.11	14.6	CH
AÇ-11	Huzurevleri	6.00	-	-	1.94	0.30	18.5	-
AÇ- 8	Yurt Mah.	4.30	-	-	1.76	0.16	19.0	-
<i>Değer Aralığı</i>			<i>32-79</i>	<i>18-42</i>	<i>1.7-2.1</i>	<i>0.1-4.0</i>	<i>5-24</i>	

Kaya özelliği gösteren ve bu çalışma kapsamında 3 gruba ayrılarak incelenen kalış biriminden alınan karot numuneleri (Şekil 4.73) üzerinde yapılan ağırlıkça su emme deneyleri 210 günlük bir zaman dilimi içerisinde yapılan ölçümlerle değerlendirilmiştir.

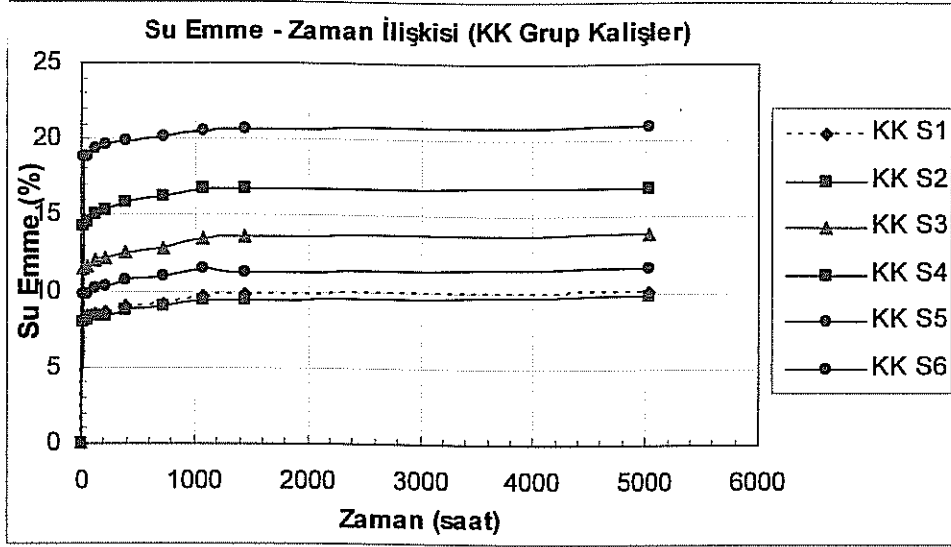


Şekil 4.73. Ağrlıkça su emme deneylerinde kullanılan karot parçaları.

Örnekler üzerinde yapılan deneyler başlangıçta hızlı olan su emmenin yaklaşık olarak 1000 saatten sonra azaldığını ve bu arada doygunluğunu büyük oranda tamamladığını ortaya koymuştur. Şekil 4.74, Şekil 4.75 ve Şekil 4.76 ağrlıkça su emmenin bu çalışma ile ayırtlanmış olan farklı karbonat kabuk numuneleri için zamana bağlı olarak değişimini ortaya koymaktadır. Çizelge 4.45, değerlendirmelerin tamamlandığı 210 gün sonundaki ağrlıkça su emme değerlerini göstermektedir. Bu değerler taraçalardan elde edilen değerlerle kıyaslandığında nihai su emmenin kalışlerde çok daha yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır.

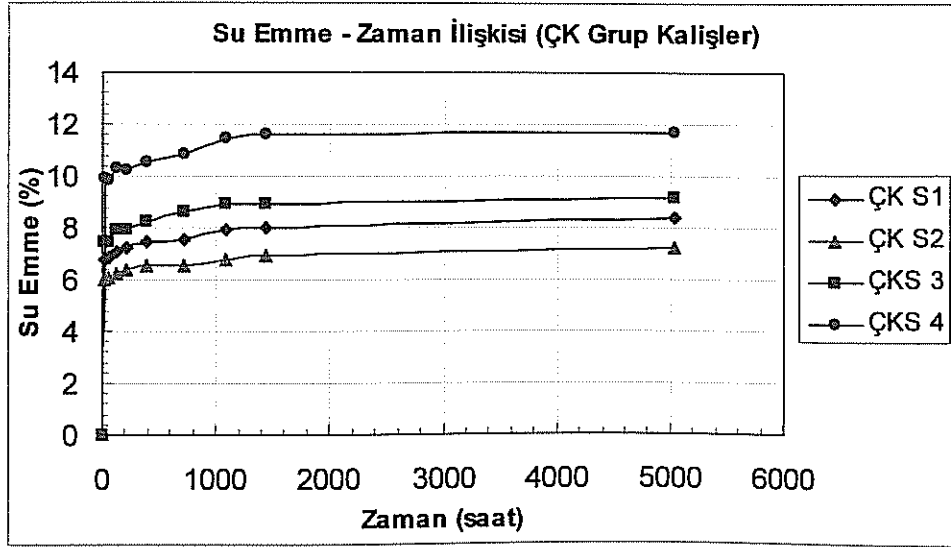


Şekil 4.74. Beyaz kalışlerde ağrlıkça su emmenin zamana bağlı olarak değişimi.



Şekil 4.75. Kırmızı kalışlerde ağırlıkça su emmenin zamana bağılı olarak değişimi.

ÇK grubu kalışlerde ağırlıkça su emmenin BK ve KK grubu kalışlere oranla daha düşük olduğu görölmektedir. Bunun nedeni çakıl boyutu malzemenin litolojik özellikleri itibariyle su emmeye uygun olmamasıdır. KK ve BK grubu kalışlerin su emme değerleri ise maksimum % 19 – % 21 gibi birbirine oldukça yakın değerlerdir.



Şekil 4.76. Çakılı kalışlerde ağırlıkça su emmenin zamana bağılı olarak değişimi.

Karot örnekleri üzerinde yapılan ve birim hacim ağırlıkları hesaplamaya yönelik deneylere ait sonuçlar Çizelge 4.46'da verilmiştir. Düzgün şekilli olmayan örneklerin suya daldırma yöntemiyle hesaplanan bazı fiziksel özellikleri de Çizelge 4.47'de sunulmuştur.

Çizelge 4.45. Deney numunelerinin 210 gün sonundaki ağırlıkça su emme değerleri.

Örnek No	KK S1	KK S2	KK S3	KK S4	KK S5	KK S6
Su Emme (%)	10.12	9.88	13.93	16.92	20.91	11.68
Değer Aralığı (%) : 9.0 – 21.0						
Örnek No	BK S1	BK S2	BK S3	BK S4	BK S5	BK S6
Su Emme (%)	15.48	18.03	18.98	15.61	7.41	13.35
Değer Aralığı (%) : 7.0 – 19.0						
Örnek No	ÇK S1	ÇK S2	ÇK S3	ÇK S4		
Su Emme (%)	8.42	7.22	9.19	11.73		
Değer Aralığı (%) : 7.0 – 12.0						

Çizelge 4.47. Kalış numunelerine ait bazı fiziksel parametreler.

Örnek No	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Doymun Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Kuru B.h.a (gr/cm ³)	Doygun B.h.a (gr/cm ³)	Porozite (%)
KK-Bha.1	126.36	68.42	112.14	1.93	2.18	24.54
KK-Bha.2	161.18	90.53	148.70	2.40	2.28	17.66
KK-Bha.3	127.39	69.77	115.06	2.00	2.21	21.40
BK-Bha.1	256.56	139.20	229.50	1.95	2.19	23.05
BK-Bha.2	147.85	80.00	130.03	1.92	2.18	26.26
BK-Bha.3	134.20	73.14	118.47	1.94	2.20	25.76
BK-Bha.4	108.10	59.82	96.86	2.00	2.24	23.28
ÇK-Bha.1	127.30	71.54	118.12	2.12	2.28	16.46
ÇK-Bha.2	135.97	79.36	129.78	2.29	2.40	10.93
ÇK-Bha.3	257.73	146.98	240.97	2.18	2.33	15.13
Değer Aralığı				1.90-2.40	2.15-2.40	10.5-25.0

Çizelge 4.47'e ait sonuçlar değerlendirildiğinde en düşük porozite değerlerinin ve en yüksek kuru birim hacim ağırlığı değerlerinin ÇK grubu kalışlere ait örneklerde elde edildiği görülmektedir. Aynı sonuçlar Çizelge 4.46 ile ortaya konulan verilerle de elde edilmektedir. Bu durumun esas olarak kalış içerisinde yer alan çakıl boyutu tanelerin kendi birim ağırlıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Masif kalışlere ait deney sonuçları kuru birim hacim ağırlıklarının 1.90 ile 2.40 gr/cm³ ve doymun birim hacim ağırlıklarının 2.15 ile 2.40 gr/cm³ değerleri arasında değişmekte olduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 4.46. Kalış karbonat kabuk gruplarına ait birim hacim ağırlıklarının değişimi.

Örnek No	Tanın	Boy (cm)	Çap (cm)	Hacim (cm ³)	Kuru Ağır.(gr)	Doygun Ağır.(gr)	Kuru B.h.a	Doygun B.h.a	Ağırlıça Su Emme	Görünür Porozite (%)
KK 4	Kırmızı kalış	9.02	4.12	120.25	261.66	280.87	2.17	2.33	7.34	15.97
KK 10	Kırmızı kalış	8.95	4.15	121.06	225.71	256.94	1.86	2.12	13.84	25.80
KK 12	Kırmızı kalış	8.98	4.16	122.05	225.62	257.41	1.85	2.11	14.09	26.05
KK 7	Kırmızı kalış	9.00	4.15	121.73	238.49	-	1.89	-	-	-
KK 8	Kırmızı kalış	9.01	4.15	121.87	229.65	-	1.89	-	-	-
KK 9	Kırmızı kalış	8.90	4.16	120.96	238.43	-	1.97	-	-	-
KK 13	Kırmızı kalış	8.91	4.15	122.41	243.16	-	2.02	-	-	-
KK 14	Kırmızı kalış	9.03	4.14	121.55	244.80	-	2.01	-	-	-
KK 17	Kırmızı kalış	9.02	4.15	122.01	250.24	-	2.05	-	-	-
KK 18	Kırmızı kalış	9.00	4.15	121.73	251.15	-	2.06	-	-	-
KK 19	Kırmızı kalış	8.97	4.15	121.33	247.52	-	2.04	-	-	-
KK 20	Kırmızı kalış	9.05	4.15	122.41	248.82	-	2.03	-	-	-
KK 21	Kırmızı kalış	9.06	4.15	122.55	246.52	-	2.01	-	-	-
KK 22	Kırmızı kalış	8.98	4.15	121.47	239.67	-	1.97	-	-	-
KK 23	Kırmızı kalış	8.96	4.15	121.20	245.21	-	2.02	-	-	-
KK 24	Kırmızı kalış	9.01	4.15	121.87	250.70	-	2.06	-	-	-
BK 1	Beyaz kalış	9.06	4.12	120.78	227.56	-	1.88	-	-	-
BK 3	Beyaz kalış	9.05	4.12	120.65	231.83	-	1.92	-	-	-
BK 4	Beyaz kalış	9.12	4.12	121.58	240.97	-	1.98	-	-	-
BK 5	Beyaz kalış	9.05	4.12	120.65	224.59	257.76	1.86	2.14	14.77	27.49
ÇK 10	Çakıllı kalış	9.04	4.17	123.46	280.09	292.83	2.27	2.37	4.55	10.32
ÇK 11	Çakıllı kalış	9.05	4.17	123.60	268.28	-	2.17	-	-	-
ÇK 12	Çakıllı kalış	9.00	4.16	122.33	280.47	-	2.30	-	-	-
ÇK 5	Çakıllı kalış	11.04	5.39	251.90	548.58	585.23	2.18	2.32	6.68	14.55
Değer Aralığı										10.0-27.5
Değer Aralığı										1.85-2.30
Değer Aralığı										2.10-2.35
Değer Aralığı										4.50-15.0

4.3.3.5. Mekanik Özellikleri

Tasarıma esas teşkil eden yumuşak kalış birimine ait temel mekanik parametrelerin (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) belirlenmesinde 6x6 cm boyutlarındaki küçük kesme kutusu deney aletinden faydalanılmıştır. Örneklerin bir kısmında kum ve ince çakıl boyutu malzemenin de bulunması içsel sürtünme açısı değerlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.44). Masif kalış örneklerine ait mekanik özelliklerin belirlenmesinde ise karot numunelerden elde edilmiş tek eksenli basma dayanımı değerlerinden faydalanılmıştır. Sert kalış biriminin arazideki incelemeleri sırasında Schmidt çekicinden de faydalanılmıştır.

4.3.3.5.(1). Schmidt Çekici Deneyleri

Arazi incelemeleri sırasında masif kalış birimine ait dayanım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan Schmidt çekici deneyleri sonunda elde edilen darbe sayıları ve darbe sayılarının Schmidt (1951)'e göre tanımlanması Çizelge 4.48'de verilmiştir. Deneye tabi tutulan örneklerin tamamı "*Az sert kaya*" sınıfında çıkmaktadır.

Çizelge 4.48. Masif kalış numunelerinden elde edilen Schmidt çekici darbe sayılarının dağılımı ve kaya tanımlaması.

<i>Schmidt Sertliği Darbe Sayısı (SRH)</i>									
Lokasyon	AÇ46	AÇ46	AÇ46	AÇ47	AÇ47	AÇ47	AÇ38	AÇ38	AÇ38
	24.73	22.12	24.20	28.80	20.24	21.00	23.26	21.40	24.84
Tanımlama	AZ SERT KAYA								

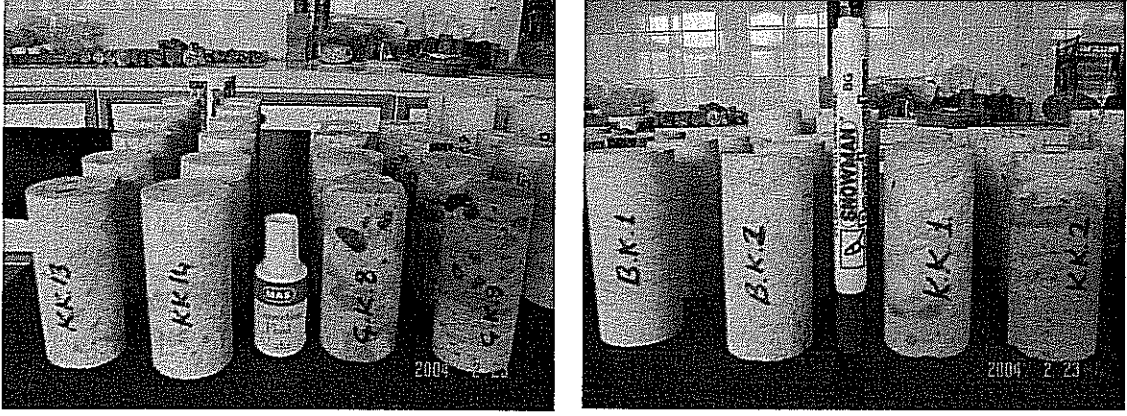
4.3.3.5.(2). Tek Eksenli Basma Dayanımı (UCS) Deneyleri

Araziden alınan blok numunelerden elde edilen 42 mm çaplı karot örnekleri üzerinde (Şekil 4.77) düşey deformasyon kontrollü tek eksenli basma dayanımı deneyleri yapılmıştır. Tek eksenli basma dayanımları taraça örneklerinde olduğu gibi hem kuru ve hem de suya doygun olmak üzere ayrı ayrı yapılmıştır. Karot numuneler üzerinde tek yönlü deformasyon okumaları da alınabilecek şekilde yükleme deneyleri yapılmış, deneylerde yükleme hızı 0.1 kN/sn olarak seçilmiştir. Elde edilen değerlere göre taraçalar Deere ve Miller (1966), ISRM (1978) ve Hoek (1998) kaya sınıflandırılmalarına göre sınıflandırılmışlardır.

Elde edilmiş tipik gerilme-birim deformasyon eğrileri BK, KK ve ÇK kalış grupları için Şekil 4.78 - 4.80'de verilmiştir. Şekillerden BK ve KK grubu örneklere ait deformasyon eğrilerinin oldukça düzgün olduğu buna karşılık ÇK grubu örnekler için eğrinin çakıl boyutu

malzemelerden kaynaklanan şekilde farklılık sunduğu görülmektedir. Bu duruma çakılların dayanımları ile bağlayıcı malzemenin dayanımlarının farklı olması neden olmaktadır.

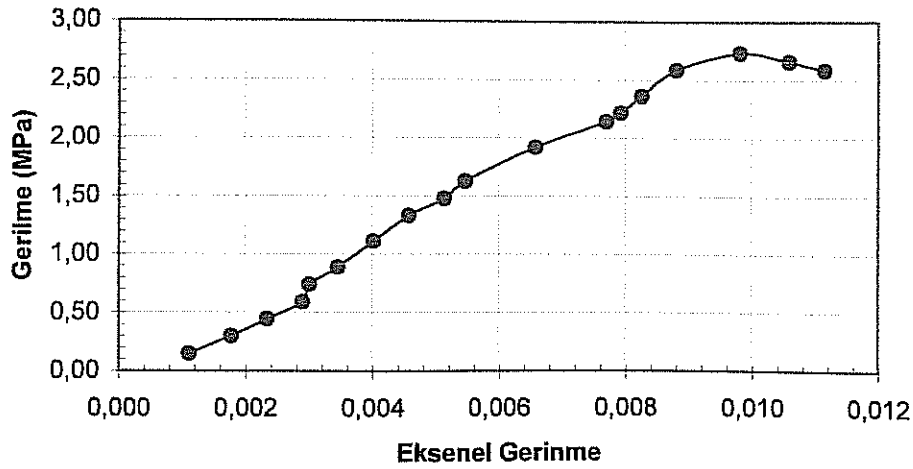
Tek eksenli basma dayanımı (UCS) deneylerinden elde edilmiş sonuçlar değer aralıklarını da içerecek şekilde Çizelge 4.49’da verilmiştir.



Şekil 4.77. Tek eksenli basma dayanımı (UCS) deneylerinde kullanılan kalış gruplarına (BK, KK ve ÇK) ait karot örnekleri.

Çizelge 4.49’daki tek eksenli basma dayanımı değerlerine göre kalışlar tanımlandıklarında, ISRM (1978)’e göre **“Çok zayıf dayanımlı”** (UCS değerleri 1.0-5.0 MPa arasında) kaya sınıfında, Deere ve Miller (1966) sınıflamasına göre **“Çok düşük dayanımlı”** (UCS değerleri $< 275 \text{ kg/cm}^2$) kaya sınıfında ve Hoek (1998) sınıflamasına göre **“Çok zayıf dayanımlı, Ro”** (UCS değerleri 1.0-5.0 MPa arasında) kaya sınıfında oldukları görülmektedir.

Örnek No	Litoloji	Çap (mm)	Boy (mm)	Alan (m ²)
KK 19	Kaliş	41,5	89,7	0,001353
Yük (kN)	Gerilme (kN/m ²)	Gerilme (MPa)	Boy Değişimi	Gerinme
0,2	147,858	0,15	0,1	0,00111
0,4	295,715	0,30	0,16	0,00178
0,6	443,573	0,44	0,21	0,00234
0,8	591,431	0,59	0,26	0,00290
1	739,288	0,74	0,27	0,00301
1,2	887,146	0,89	0,31	0,00346
1,5	1108,933	1,11	0,36	0,00401
1,8	1330,719	1,33	0,41	0,00457
2	1478,577	1,48	0,46	0,00513
2,2	1626,435	1,63	0,49	0,00546
2,6	1922,150	1,92	0,59	0,00658
2,9	2143,937	2,14	0,69	0,00769
3	2217,865	2,22	0,71	0,00792
3,2	2365,723	2,37	0,74	0,00825
3,5	2587,510	2,59	0,79	0,00881
3,7	2735,367	2,74	0,88	0,00981
3,6	2661,438	2,66	0,95	0,01059
3,5	2587,510	2,59	1	0,01115



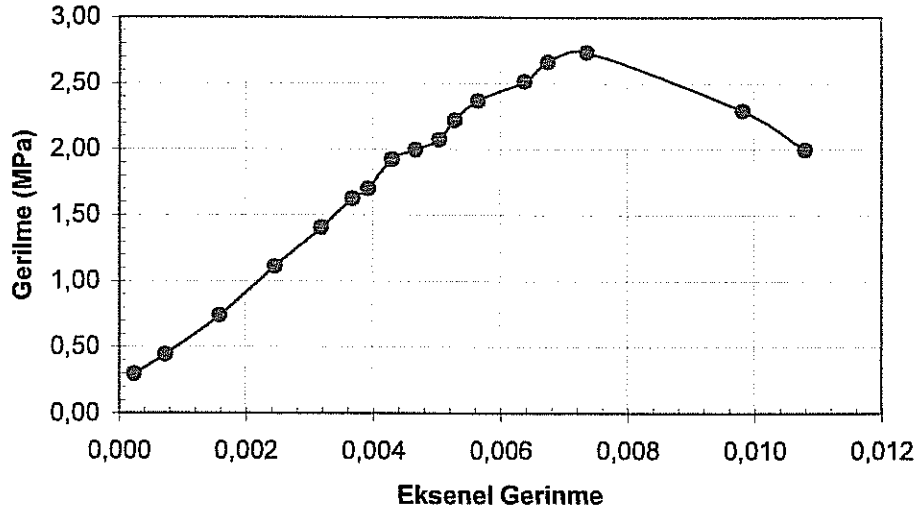
Tanjant E
0.30 MPa

Ortalama E
0.32 MPa

Sekant E
0.31 MPa

Şekil 4.78. KK grubu kaliş örneğinde yapılan deformasyon kontrollü tek eksenli basma dayanımı deneyi ile elde edilmiş gerilme – gerinme eğrisi ve hesaplanmış elastisite modülü değerleri.

Örnek No	Litoloji	Çap (mm)	Boy (mm)	Alan (m ²)
BK 7	Kaliş (ıslak)	41,5	81,5	0,001353
Yük (kN)	Gerilme (kN/m ²)	Gerilme (MPa)	Boy Değişimi	Gerinme
0,4	295,715	0,30	0,02	0,00025
0,6	443,573	0,44	0,06	0,00074
1	739,288	0,74	0,13	0,00160
1,5	1108,933	1,11	0,2	0,00245
1,9	1404,648	1,40	0,26	0,00319
2,2	1626,435	1,63	0,3	0,00368
2,3	1700,363	1,70	0,32	0,00393
2,6	1922,150	1,92	0,35	0,00429
2,7	1996,079	2,00	0,38	0,00466
2,8	2070,008	2,07	0,41	0,00503
3	2217,865	2,22	0,43	0,00528
3,2	2365,723	2,37	0,46	0,00564
3,4	2513,581	2,51	0,52	0,00638
3,6	2661,438	2,66	0,55	0,00675
3,7	2735,367	2,74	0,6	0,00736
3,1	2291,794	2,29	0,8	0,00982
2,7	1996,079	2,00	0,88	0,01080



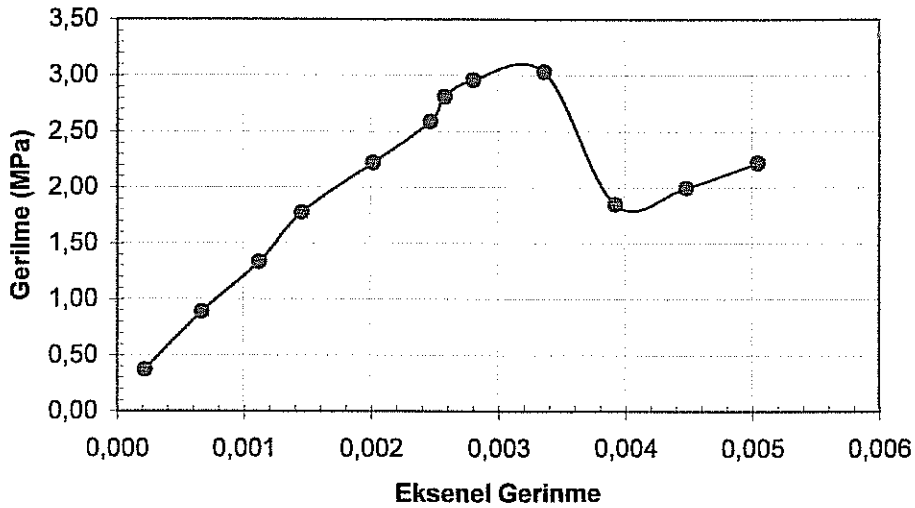
Tanjant E
0.35 GPa

Ortalama E
0.36 GPa

Sekant E
0.39 GPa

Şekil 4.79. BK grubu kaliş örneğinde yapılan deformasyon kontrollü tek eksenli basma dayanımı deneyi ile elde edilmiş gerilme – gerinme eğrisi ve hesaplanmış elastisite modülü değerleri.

Örnek No	Litoloji	Çap (mm)	Boy (mm)	Alan (m ²)
ÇK 13	Kaliş (ıslak)	41,5	89,2	0,001353
Yük (kN)	Gerilme (kN/m ²)	Gerilme (MPa)	Boy Değişimi	Gerinme
0,5	369,644	0,37	0,02	0,00022
1,2	887,146	0,89	0,06	0,00067
1,8	1330,719	1,33	0,1	0,00112
2,4	1774,292	1,77	0,13	0,00146
3	2217,865	2,22	0,18	0,00202
3,5	2587,510	2,59	0,22	0,00247
3,8	2809,296	2,81	0,23	0,00258
4	2957,154	2,96	0,25	0,00280
4,1	3031,083	3,03	0,3	0,00336
2,5	1848,221	1,85	0,35	0,00392
2,7	1996,079	2,00	0,4	0,00448
3	2217,865	2,22	0,45	0,00504



Tanjant E

0.85 MPa

Ortalama E

0.87 MPa

Sekant E

0.83 MPa

Şekil 4.80. ÇK grubu kaliş örneğinde yapılan deformasyon kontrollü tek eksenli basma dayanımı deneyi ile elde edilmiş gerilme – gerinme eğrisi ve hesaplanmış elastisite modülü değerleri.

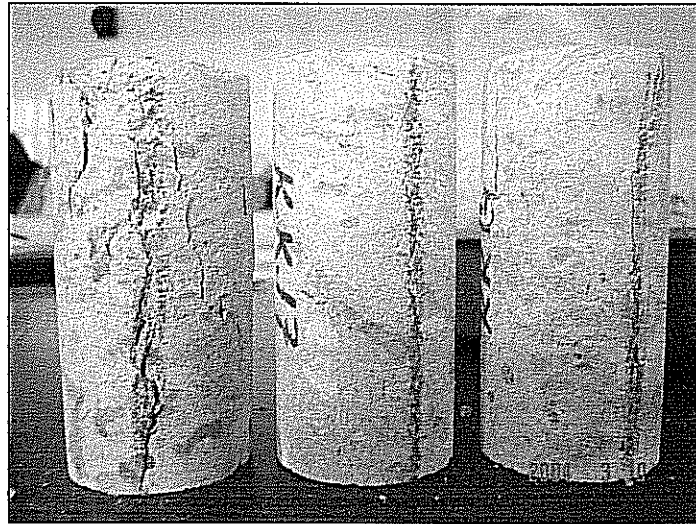
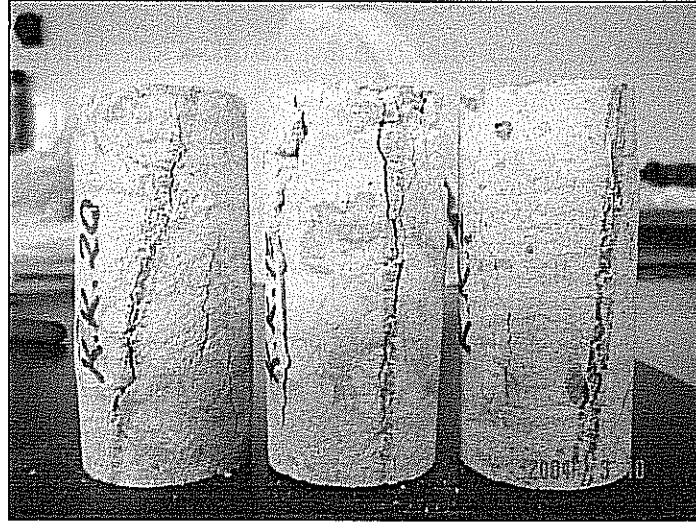
Şekil 4.81 tek eksenli basma dayanımı deneyleri sonucunda kaliş numunelerinde tipik olarak oluşan dik veya dike yakın kırılma yüzeylerini göstermektedir.

Çizelge 4.49. Tek eksenli basma dayanımı (UCS) deneylerinden elde edilen veriler.

Örnek No	B.h.a (kN/m^3)	Yenilme Yükü (kN)	Maks. düşey yer. (mm)	UCS (MPa)	Su içeriği (%)	E_t (GPa)	E_s (GPa)	E_{ort} (GPa)
KK 1	-	2.9	0.95	2.10	0	0.93	0.62	0.45
KK 2	-	2.0	0.50	1.49	0	0.57	0.58	0.51
KK 3	18.7	1.6	1.10	1.20	0	0.20	0.23	0.28
KK 4	-	2.9	0.72	2.10	11.38	0.24	0.36	0.30
KK 4*	-	5.3	0.72	3.98	8.24	0.73	0.66	0.76
KK 5	-	2.6	0.95	1.96	0	0.36	0.34	0.30
KK 6	-	1.4	0.30	1.07	0	0.25	0.26	0.28
KK 7	19.6	3.0	0.72	2.37	0	0.58	0.40	0.67
KK 8	18.9	3.7	0.68	2.74	0	0.77	0.59	0.70
KK 9	19.7	4.5	0.73	3.31	0	0.75	0.92	0.55
KK 10	-	2.0	0.52	1.15	15.15	0.28	0.43	0.22
KK 11	-	2.2	0.63	1.63	10.50	0.55	0.50	0.52
KK 12	-	2.3	0.61	1.69	10.12	0.44	0.53	0.30
KK 13	20.2	-	-	2.30	0	-	-	-
KK 14	20.1	2.9	0.83	2.11	0	0.38	0.40	0.54
KK 15	-	3.0	0.68	2.21	0	0.48	0.28	0.44
KK 16	-	2.8	0.43	2.07	0	0.73	0.75	0.72
KK 17	20.5	3.1	0.54	2.30	0	0.42	0.27	0.53
KK 18	21.4	-	-	3.60	0	-	-	-
KK 19	20.4	3.7	0.95	2.74	0	0.30	0.31	0.32
KK 20	21.1	3.8	0.59	2.81	0	0.69	0.71	0.67
KK 21	20.1	1.7	0.70	1.26	0	0.34	0.48	0.26
KK 22	19.7	2.9	1.02	2.16	0	0.40	0.51	0.64
KK 23	20.2	2.9	0.47	2.14	0	0.69	0.81	0.66
KK 24	20.6	3.5	0.81	2.60	0	0.42	0.28	0.40
Değer Aralığı		1.4-5.3		1.2-4.0		0.20-0.93	0.23-0.92	0.22-0.76
BK 1	18.8	2.9	0.70	2.25	0	0.33	0.73	0.55
BK 3	19.2	5.2	0.73	3.90	0	0.76	0.73	0.75
BK 4	19.8	4.3	0.96	3.23	0	0.74	0.42	0.66
BK 5	-	2.2	1.29	1.65	15.59	0.23	0.24	0.21
BK 6	laminalı	2.3	1.04	1.73	14.33	0.32	0.34	0.30
BK 7	laminalı	3.7	0.86	2.74	12.79	0.35	0.39	0.36
BK 8	-	2.8	0.80	2.07	13.11	0.51	0.44	0.49
B2	-	5.4	1.10	3.09	0	0.60	0.35	0.40
B3	-	5.1	1.05	2.93	0	0.55	0.61	0.46
B4	-	4.9	1.75	2.81	0	0.33	0.21	0.46
Değer Aralığı		2.2-4.3		1.7-4.0		0.23-0.76	0.21-0.73	0.21-0.75
ÇK 8	-	4.1	1.12	3.02	8.74	0.49	0.28	0.50
ÇK 9	-	5.2	0.48	3.84	0	0.68	0.60	0.76
ÇK 10	-	3.2	0.67	2.34	5.53	0.40	0.50	0.37
ÇK 11	21.7	7.4	0.64	5.42	0	0.84	0.91	0.78
ÇK 12	-	5.1	-	3.70	7.19	-	-	-

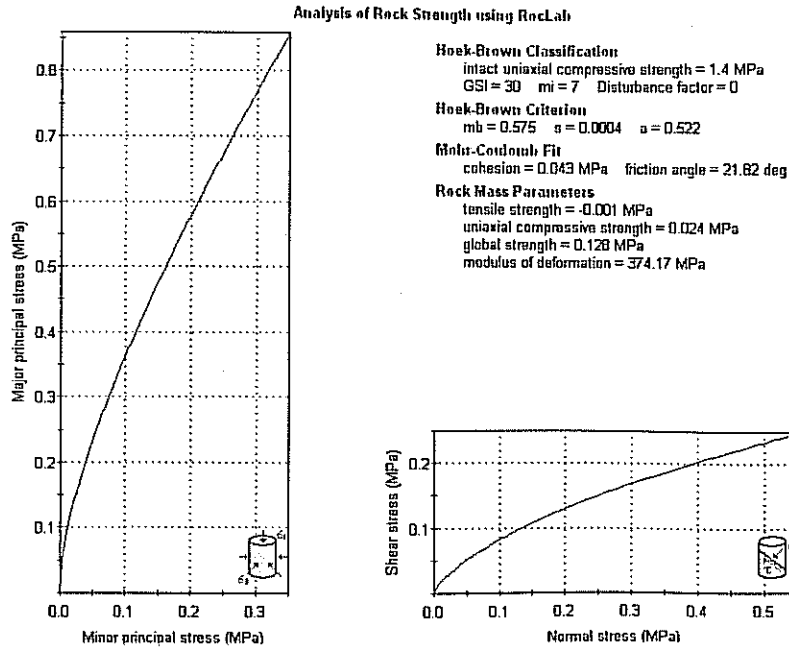
Çizelge 4.49 devamı

Örnek No	B.h.a (kN/m^2)	Yenilme Yükü (kN)	Maks. düşey yer. (mm)	UCS (MPa)	Su içeriği (%)	E_t (GPa)	E_s (GPa)	E_{ort} (GPa)
ÇK 13	-	4.1	0.43	3.03	8.21	0.85	0.83	0.87
A1	-	7.2	0.70	4.15	0	1.00	0.66	0.95
A2	-	7.5	0.70	4.32	0	1.00	0.72	0.88
Değer Aralığı		3.2-7.5		3.0-5.5		0.40-1.00	0.20-0.91	0.37-0.95
Minimum	18.7	1.4	0.30	1.30	-	0.20	0.21	0.22
Maksimum	21.7	7.4	1.29	5.50	-	1.00	0.91	0.95



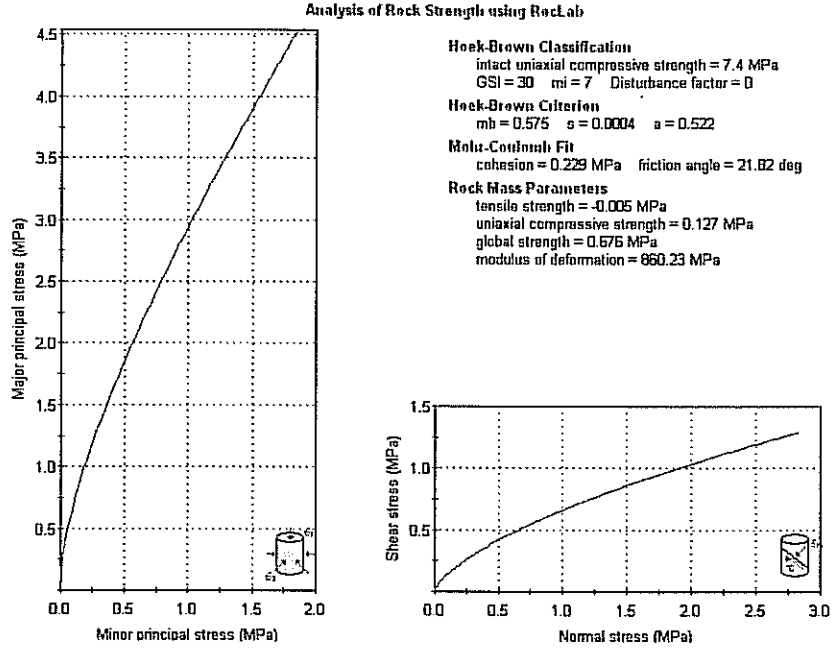
Şekil 4.81. Kaliş örneklerinde tek eksenli basma dayanımı deneyleri sonucu oluşan dik ya da dike yakın tipik kırılma yüzeyleri.

Tek eksenli basma dayanımı (UCS) deneyleri ile belirlenen değerler ile masif kalış biriminin yüzey koşulları dikkate alınarak kayma dayanımı parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla RockLab 1.06 bilgisayar programından faydalanılmıştır. Bu program yardımıyla elde edilmiş kaya dayanım parametreleri ve programa ait çalışma görüntüsü Şekil 4.82 a ve b'de görülmektedir. Örneklerin tamamı için GSI değeri 30 olarak alınmıştır. GSI değerinin tüm örnekler için sabit olması içsel sürtünme açısının 21.82° olarak sabit bir değer almasına neden olmuştur. Diğer dayanım parametreleri; kohezyon (c), çekme dayanımı (σ_t) ve elastisite modülü, (E) değerlerinin örneklere göre değişimleri Çizelge 4.50'de verilmiştir. Bu çizelgede, belirlenmiş parametrelere ait değişim aralıkları da verilmiştir. Kalış numunelerinin tamamı için Hoek-Brown sabitleri, m_b : 0.575, s : 0.0004 ve a : 0.522 olarak elde edilmiştir.



KK 6 karotuna ait kaya dayanım parametreleri

Şekil 4.82 a. En düşük tek eksenli basma dayanımı değerine sahip karot numuneleri için elde edilmiş kaya dayanım parametreleri.



CK 11 karotuna ait kaya dayanım parametreleri

Şekil 4.82 b. En yüksek tek eksenli basma dayanımı değerine sahip karot numuneleri için elde edilmiş kaya dayanım parametreleri.

Elde edilmiş değerler sert kalış örneklerinin kohezyon değerlerinin (c) 0.095 ile 0.230 MPa ve elastisite modüllerinin (E) 374 ile 860 MPa arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Kalış grupları kendi aralarında değerlendirildiğinde çakıllı kalış (ÇK) biriminin elastisite modülü değerlerinin KK ve BK grubu kalışlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. BK ve KK grubu kalışların hem UCS ve hem de kohezyon ve elastisite modülü değerlerinin birbirine oldukça yakın değerler verdikleri de dikkat çekmektedir. Çizelge 4.50'de koyulaştırılmış harflerle gösterilen değerler o birim için en yüksek ve en düşük tek eksenli basma dayanımı (UCS) değerleri ile kohezyon, çekme dayanımı (σ_t) ve elastisite modülü değerleridir.

4.3.3.6. Konsolidasyon Özellikleri

Yumuşak kalışın konsolidasyon özelliklerinin belirlenmesi amacıyla araştırma çukurlarından alınan 3 farklı zemin sınıfındaki örnek konsolidasyon deneyine tabi tutulmuştur. Bunlardan AÇ-43 noktası CL, AÇ-14 noktası ML ve, AÇ-13 noktası CH türü zemin sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 4.50. Kalış örneklerine ait kaya dayanım parametreleri.

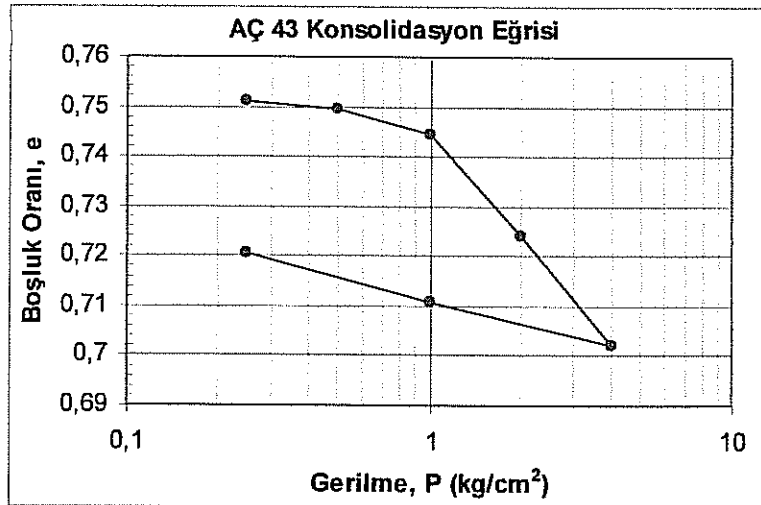
Örnek No	UCS (MPa)	c (MPa)	σ_t (MPa)	E (MPa)
KK 1	2.9	0.090	0.002	538
KK 2	2.0	0.062	0.001	447
KK 3	1.6	0.049	0.001	400
KK 4	2.9	0.090	0.002	538
KK 4*	5.3	0.164	0.001	728
KK 5	2.6	0.080	0.002	510
KK 6	1.4	0.043	0.001	374
KK 7	3.0	0.093	0.002	548
KK 8	3.7	0.114	0.003	608
KK 9	4.5	0.139	0.003	671
KK 10	2.0	0.062	0.001	447
KK 11	2.2	0.068	0.002	469
KK 12	2.3	0.071	0.002	479
KK 14	2.9	0.575	0.002	538
KK 15	3.0	0.093	0.002	548
KK 16	2.8	0.086	0.002	529
KK 17	3.1	0.096	0.002	557
KK 19	3.7	0.114	0.003	608
KK 20	3.8	0.117	0.003	616
KK 22	2.9	0.575	0.002	538
KK 23	2.9	0.575	0.002	538
KK 24	3.5	0.108	0.003	592
Değer Aralığı		0.045-0.165	0.001-0.003	370-730
BK 1	2.9	0.575	0.002	538
BK 3	5.2	0.161	0.004	721
BK 4	4.3	0.133	0.003	656
BK 5	2.2	0.068	0.002	469
BK 6	2.3	0.071	0.002	479
BK 7	3.7	0.114	0.003	608
Değer Aralığı		0.060-0.165	0.002-0.004	465-725
ÇK 8	4.1	0.127	0.003	640
ÇK 9	5.2	0.161	0.004	721
ÇK 10	3.2	0.099	0.002	566
ÇK 11	7.4	0.229	0.005	860
ÇK 12	5.1	0.158	0.004	714
ÇK 13	3.8	0.117	0.003	616
Değer Aralığı		0.095-0.230	0.002-0.005	565-860
Minimum		0.043	0.001	374
Maksimum		0.229	0.005	860

Konsolidasyon deneyleri sonucunda elde edilen sıkışma katsayıları (a_v) ve hacimsel sıkışma katsayıları (m_v), uygulanan gerilme kademeleri ve elde edilmiş boşluk oranı değerlerine bağlı olarak Çizelge 4.51-4.53'de sunulmuştur. Boşluk oranları ve gerilme

değerleri kullanılarak çizilen $e - \log(P)$ grafikleri her 3 lokasyon için ayrı ayrı olmak üzere Şekil 4.83, Şekil 4.84 ve Şekil 4.85'de verilmiştir.

Çizelge 4.51. AÇ 43 inceleme yerine ait, elde edilmiş konsolidasyon deney parametreleri.

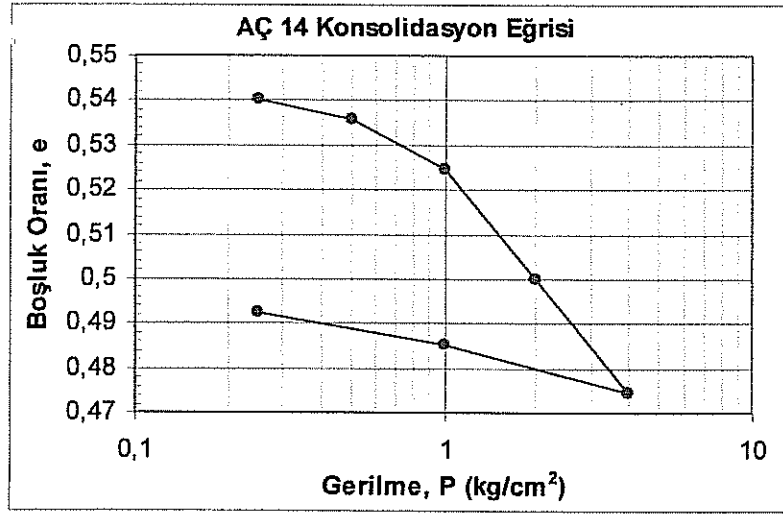
Gerilme (kg/cm^2)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)
0	0	0.7529	0	0
0.25	0.25	0.7512	0.00701	0.004
0.50	0.25	0.7494	0.00701	0.004
1.00	0.50	0.7442	0.01052	0.006
2.00	1.00	0.7240	0.02016	0.012
4.00	2.00	0.7021	0.01096	0.006
1.00	3.00	0.7109	0.00292	0.002
0.25	0.75	0.7205	0.01285	0.007



Şekil 4.83. AÇ-43 inceleme yerine ait konsolidasyon eğrisi.

Çizelge 4.52. AÇ 14 inceleme yerine ait, elde edilmiş konsolidasyon deney parametreleri.

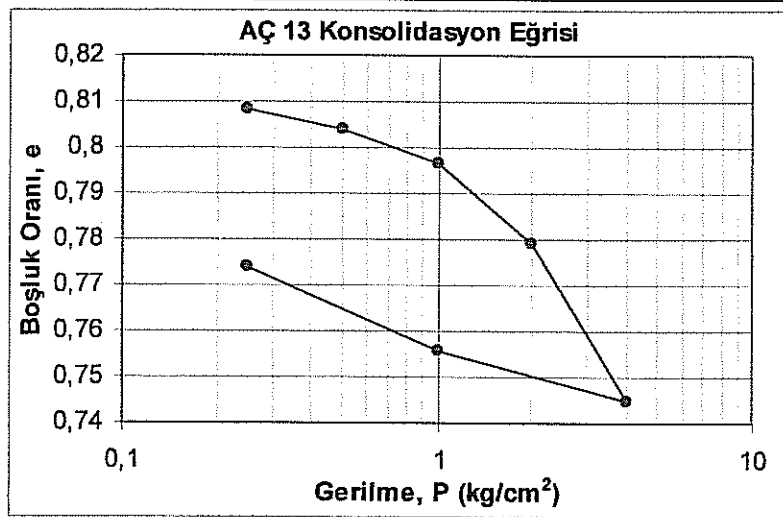
Gerilme (kg/cm^2)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)
0	0	0.5440	0	0
0.25	0.25	0.5401	0.01544	0.010
0.50	0.25	0.5355	0.01853	0.012
1.00	0.50	0.5247	0.02162	0.014
2.00	1.00	0.5000	0.02470	0.016
4.00	2.00	0.4745	0.01274	0.009
1.00	3.00	0.4853	0.00360	0.002
0.25	0.75	0.4922	0.00926	0.006



Şekil 4.84. AÇ-14 inceleme yerine ait konsolidasyon eğrisi.

Çizelge 4.53. AÇ 13 inceleme yerine ait, elde edilmiş konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm ²)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)
0	0	0.8100	0	0
0.25	0.25	0.8082	0.00724	0.004
0.50	0.25	0.8037	0.01810	0.010
1.00	0.50	0.7964	0.01448	0.008
2.00	1.00	0.7792	0.01720	0.010
4.00	2.00	0.7449	0.01720	0.010
1.00	3.00	0.7557	0.00362	0.002
0.25	0.75	0.7738	0.02413	0.014



Şekil 4.85. AÇ-13 inceleme yerine ait konsolidasyon eğrisi.

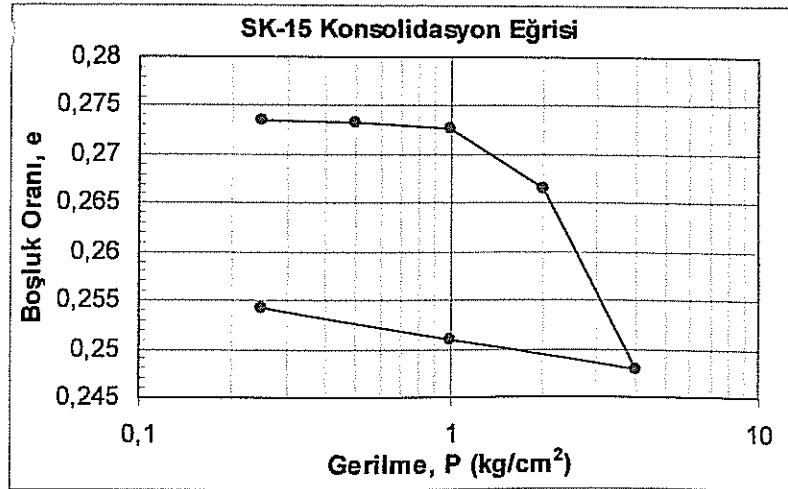
Konsolidasyon eğrilerinden hesaplanan ön konsolidasyon basıncı değerleri AÇ-43 noktası için 1.01, AÇ-14 noktası için 0.92 ve AÇ-13 noktası için 1.60 olarak elde edilmiştir.

Pınar Mahallesi'nde yapılan SK-15 sondajında kesilen CH sınıfındaki kalış kiline ait zeminden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile de Çizelge 8.8'de gösterilen konsolidasyon parametreleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.54. SK-15 inceleme yerine ait (2.50-3.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm^2)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)
0	0	0,2738	0,00000	0,000
0.25	0.25	0,2735	0,00102	0,001
0.50	0.25	0,2733	0,00102	0,001
1.00	0.50	0,2726	0,00127	0,001
2.00	1.00	0,2664	0,00624	0,005
4.00	2.00	0,2478	0,00930	0,007
1.00	3.00	0,2510	0,00106	0,001
0.25	0.75	0,2542	0,00425	0,003

SK-15 sondajı için boşluk oranı (e) – logaritma gerilme ($\log P$) şeklinde çizilen konsolidasyon eğrisi ise Şekil 4.86'da görüldüğü gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.86. SK-15 sondaj inceleme yerine ait konsolidasyon eğrisi.

İncelenen araştırma noktalarının geneli için bir değerlendirme yapıldığında ön konsolidasyon basınçlarının 0.90 ile 1.85 kg/cm^2 arasında, sıkışma indislerinin 0.040 ile 0.090 arasında ve şişme indislerinin 0.050 ile 0.024 değerleri arasında değişmekte olduğu görülmektedir (Çizelge 4.55).

Çizelge 4.55. İncelenen sondaj inceleme noktaları için konsolidasyon eğrilerinden elde edilmiş olan bazı konsolidasyon parametreleri.

<i>İnceleme Yeri</i>	<i>Zemin Türü</i>	<i>Ön kons. basıncı (kg/cm²)</i>	<i>Sıkışma indisi, C_c</i>	<i>Şişme indisi, C_s</i>
AÇ-13	CH	1.60	0.0855	0.0240
AÇ-14	ML	0.92	0.0833	0.0147
AÇ-43	CL	1.01	0.0699	0.0152
SK-15	CH	1.82	0.0411	0.0053
<i>Değer Aralığı</i>		<i>0.90 -1.85</i>	<i>0.040 - 0.090</i>	<i>0.0050 - 0.024</i>

4.3.3.7. Taşıma Gücü Özellikleri

Diğer birimlerin için yapılan taşıma gücü analizleri bu birim için de aynı şekilde yapılmıştır. Kaliş çökelleri, zemin ve kaya olmak üzere iki ayrı özellik sunduklarından taşıma gücü analizleri de zemin ve kaya türü olmak üzere değerlendirilmiştir.

4.3.3.7.(1). Yumuşak Kaliş Biriminin Taşıma Gücü Özellikleri

Yumuşak kaliş zemin özellikleri gösteren bir litolojiyi oluşturmaktadır. Taşıma gücü değerlendirmelerinde kesme kutusu deneylerinden elde edilmiş olan mekanik parametreler kullanılmıştır. Temele ait parametreleri ise diğer taşıma gücü hesaplarında olduğu gibi alınmış ve yine oluşturulan bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında incelenmiş yüzey kazıları (AÇ) ile elde edilmiş bazı veri gruplarına ait lokasyon bilgileri ve bu lokasyonlardan elde edilmiş taşıma gücü değerleri Çizelge 4.56'da verilmiştir. Yumuşak kaliş biriminin sınır ve emin taşıma gücü değerlerindeki aşırı farklılıklar zeminin kendi özellikleri ile ilgili olduğu kadar mekanik parametrelerin bulunmasında kullanılan deney yöntemlerine ve deneylerin hassaslığına da bağlı olmaktadır.

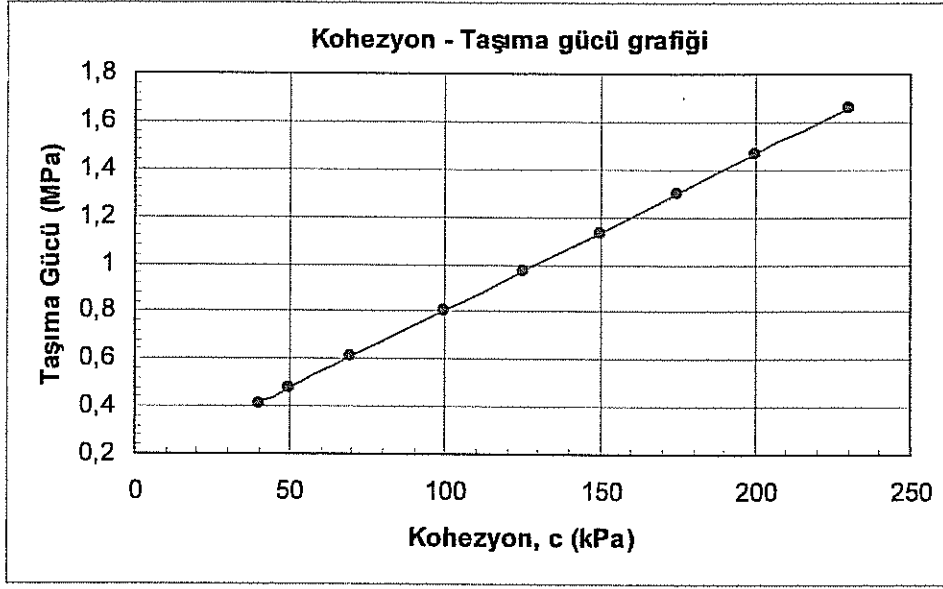
Kaliş içerisinde kum ve çakıl boyutu malzemenin çıkması kohezyon değeri ile birlikte içsel sürtünme açısının da önem kazanmasına sebep olmaktadır. Böylesi durumlarda taşıma gücü değerlerinde artışların olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.56. Yumuşak kalış birimindeki lokasyonlardan elde edilmiş taşıma gücü parametreleri.

Veri No	Veri Yeri	Derinlik (m)	γ_n (kg/cm ³)	c (kg/cm ²)	ϕ	$q_{sınır}$ (kg/cm ²)	q_{emin} (kg/cm ²)
ZE-366	Belediye Ev.	1.50	2.06	3.36	0	22.32	7.44
ZE-271	2000 Evler	2.50	1.90	0.57	0	4.25	1.42
MES-1	Kireçocağı	2.20	1.71	1.30	0	8.91	2.97
ZE-375	Esentepe	3.00	2.00	1.64	0	11.19	3.74
İMO-10	100. Yıl M.	1.80	1.97	0.50	0	3.82	1.27
İMO-15	Kurttepe	5.50	1.92	4.00	0	26.42	8.80
İMO-32	Umudum Ok	3.50	2.00	2.00	0	13.52	4.51
AÇ-43	Huzurevleri	4.00	1.81	0.38	5.0	3.00	1.00
AÇ-38a	Carrefour	5.00	1.96	0.43	8.0	3.36	1.12
AÇ-28	Mavi Bulvar	4.00	1.79	0.55	16.0	4.09	1.36
AÇ-14	Yeşiloba	3.00	1.79	0.36	13.3	2.86	0.95
AÇ-13	Mavi Bulvar	4.00	1.73	0.11	14.6	1.22	0.41
AÇ-11	Huzurevleri	6.00	1.94	0.30	18.5	2.52	0.84
AÇ- 8	Yurt Mah.	4.30	1.76	0.16	19.0	1.56	0.52

4.3.3.7.(2). Sert Kalış Biriminin Taşıma Gücü Özellikleri

Sert kalış birimi düşük dayanımlı kaya özelliği gösteren bir litolojiyi oluşturmaktadır. Karot numuneleri üzerinde yapılmış olan tek eksenli basma dayanımı verilerinden elde edilen kohezyon değerleri 0.045 ile 0.230 MPa (45 – 230 kPa) arasında değişmektedir. Birim hacim ağırlıklarının ise 18 – 23 kN/m³ değerleri arasında değiştiği bilinmektedir. Oluşturulan bilgisayar programında bu birime ait içsel sürtünme açısı değeri 20° olarak alınmıştır. Belirlenmiş olan kohezyon ve birim hacim ağırlığı değerleri için hesaplamalar yapıldığında Şekil 4.87’de gösterilen taşıma gücü ilişkisi ortaya çıkmıştır. Bu grafikte elde edilmiş değerler en düşük birim hacim ağırlığı (18 kN/m³) için hesaplanmıştır. Yapılan diğer hesaplamalara ait sonuçlar farklı birim hacim ağırlığı değerleri için Çizelge 4.57’de sunulmuştur.



Şekil 4.87. Kalış örneklerinin kohezyon değerlerinin taşıma gücü ile ilişkisi (birim hacim ağırlıkları 18 kN/m^3 olan örnekler için hesaplanmıştır).

Çizelge 4.57. Sert kalış birimine ait emin taşıma gücü değerlerinin kohezyon ve birim hacim ağırlığı değerlerine bağlı olarak değişimi.

Kohezyon (kPa)	Birim Hacim Ağırlıklar (kN/m^3)					
	18	19	20	21	22	23
	Emin Taşıma Gücü Değerleri (MPa)					
40	0,4095	0,4177	0,4258	0,434	0,4421	0,4503
50	0,4752	0,4834	0,4915	0,4997	0,5078	0,516
70	0,6066	0,6148	0,6229	0,6311	0,6392	0,6474
100	0,8038	0,8119	0,8201	0,8282	0,8364	0,8445
125	0,968	0,9762	0,9843	0,9925	1,0006	1,0088
150	1,1323	1,1405	1,1486	1,1568	1,1649	1,1731
175	1,2966	1,3047	1,3129	1,321	1,3292	1,3373
200	1,4608	1,469	1,4771	1,4853	1,4934	1,5016
230	1,658	1,6661	1,6743	1,6824	1,6906	1,6987

4.3.3.8. Şev Duraylılık Özellikleri

Daha önce de değinildiği gibi sert kalış çökelleri daha çok topoğrafik yükseklikleri oluşturacak şekilde bulunmaktadır. Yumuşak kalış çökelleri ise daha düşük kotlarda yayılım sunmaktadır. Bu bakımdan sert kalış çökelleri içerisinde stabilite açısından duraysızlıklar bulunabilmektedir. Kaya devrilmeleri bu birim içerisinde en fazla görülen duraysızlık türüdür

(Şekil 4.88). Şekil 4.88, içerisinden yarma açılarak yol geçirilen bir inceleme noktasına aittir. Şev yüksekliğinin fazla (8 m) ve şevin dike oldukça yakın bir eğimle açılmış olması şev duraysızlığına neden olan ana etmenlerdir. Yumuşak kalışlerde genel olarak duraylılık açısından problem bulunmamaktadır, zira bu kalış birimleri kritik yamaç eğimleri oluşturacak bir konumda bulunmamaktadırlar. Ancak istisnai bazı durumlar arazi gözlemleri sırasında tespit edilebilmiştir. Şekil 4.89, yumuşak kalış biriminin olduğu bir dere yamacında yüzey sularının da etkisiyle meydana gelmiş küçük boyuttaki bir kütle hareketini göstermektedir.



Şekil 4.88. 100. Yıl Mahallesi'nde, sert kalış birimi içerisinde görülen kaya düşmesi türü kütle hareketleri.



Şekil 4.89. Belediye Evleri Mahallesi'nde bir dere yamacındaki yumuşak kalışlerde oluşan küçük boyuttaki kütle hareketi.

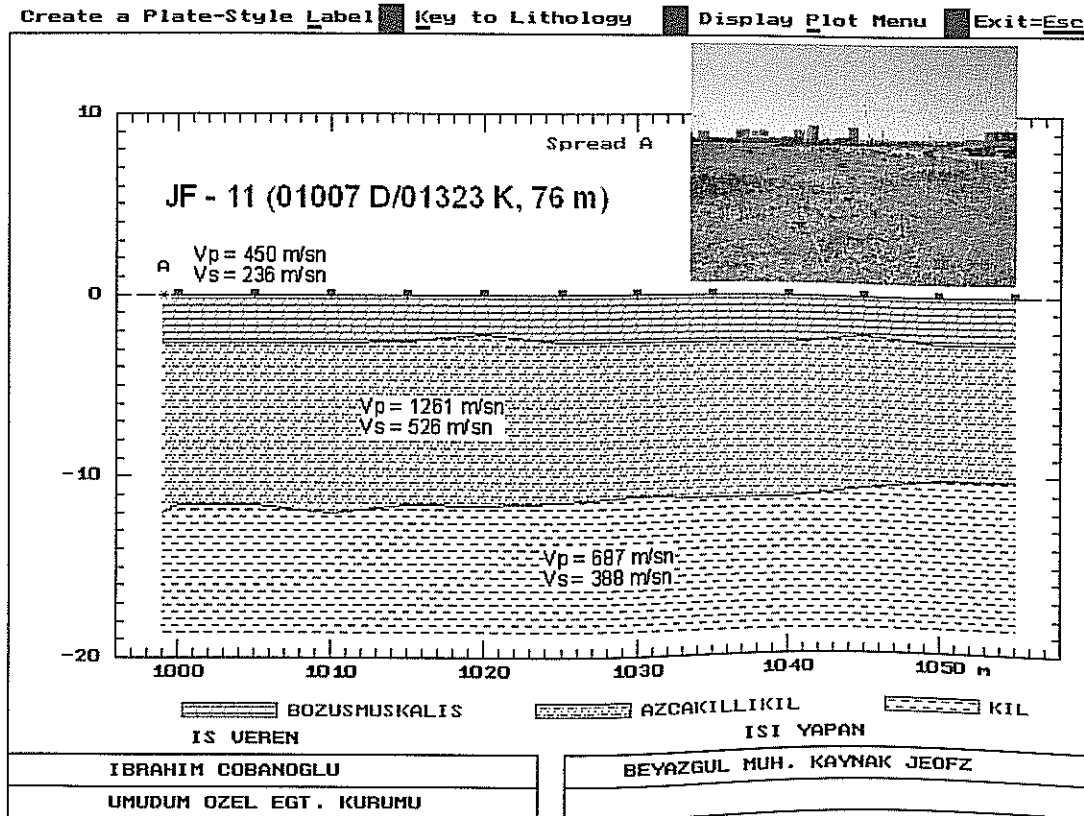
Kritik şev eğimine sahip alanlar olmadığından ve arazi gözlemleriyle tespit edilmiş, doğrudan bu birimlerle ilişkili kütle hareketlerine rastlanmadığından ayrıntılı duraylılık analizlerinin yapılmasına gerek duyulmamıştır.

4.3.3.9. Jeofizik Özellikleri

JF 11, JF 12, JF 13 ve JF 14 noktaları kalış çökelleri içerisinde yer alan jeofizik ölçüm lokasyonlarıdır. Diğer birimlerde olduğu gibi bu birim için de aynı nokta için hem jeofizik sismik ve hem de öz direnç ölçümüne yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan JF 14 lokasyonu Handere Kili'ne ait birimi de içerdiğinden daha önce bu birim ile ilgili kısım da verilmiştir. Bu yüzden bu bölümde diğer 3 ölçüm noktası ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

4.3.3.9.(1). Sismik Özellikler

JF 11 Belediye Evleri Mah. Umudum Özel Eğitim Kurumu doğusundaki boş arazi içerisinde yer almaktadır (01007 D/ 01323 K). Sismik kesitin en üstünde yer alan ve yaklaşık kalınlığı 3 m olan birim, kalışın toprak özelliği kazanmış olan yumuşak kesimdir (Şekil 4.90).



Şekil 4.90. JF-11 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

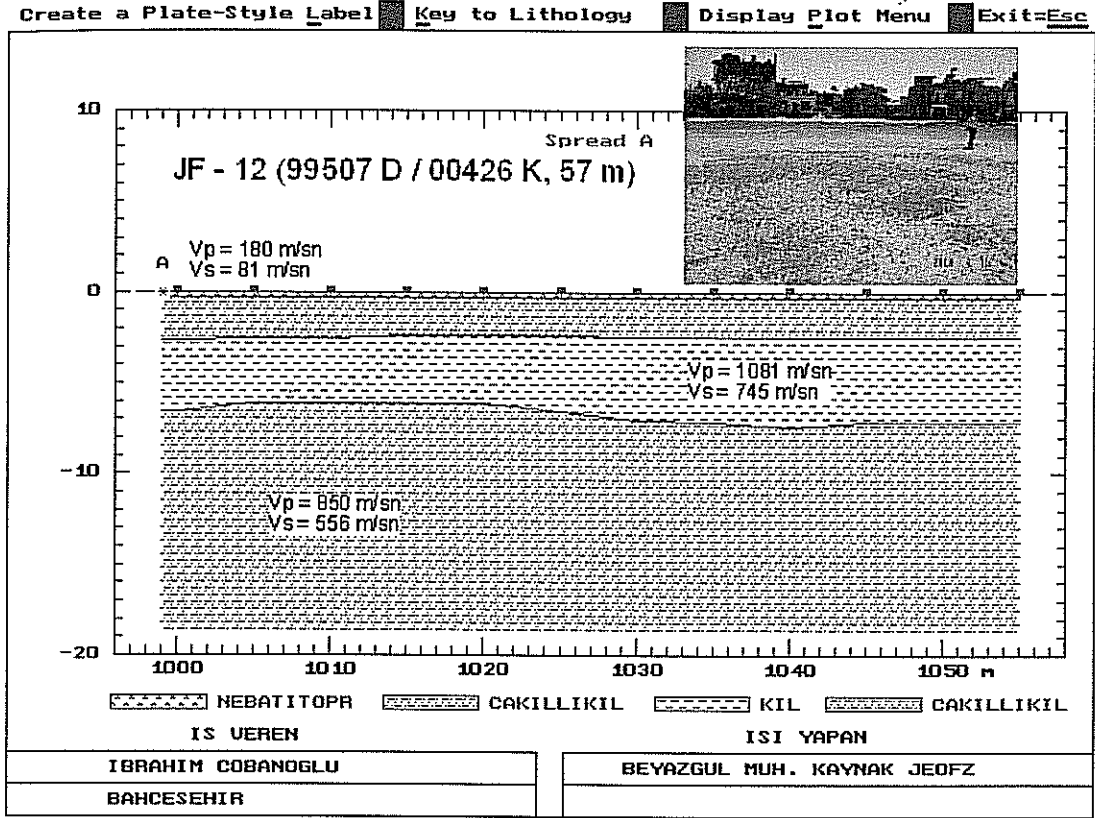
Bu birimin altında Handere Formasyonu'nun killi seviyelerine geçiş vardır, ancak bu birimin içerisinde de kalışleşmelerin olduğu arazi gözlemleriyle tespit edilmiştir. Ölçüm noktasına ait elde edilmiş mühendislik parametreleri Çizelge 4.58'de sunulmuştur.

Çizelge 4.58. Umudum Özel Eğitim Kurumu (JF – 11) doğusundaki sahada yapılan sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler.

		<i>1.TABAKA</i>	<i>2.TABAKA</i>	<i>3.TABAKA</i>
<i>P Hızı</i>	$(V_p, m/sn)$	450	1261	687
<i>S Hızı</i>	$(V_s, m/sn)$	236	526	388
<i>Zemin Büyütmesi</i>	(n)	2.2	1.4	1.7
<i>Poisson Oranı</i>	(σ)	0.30	0.39	0.26
<i>Zemin Hak. Tit. Pr.</i>	(T_0)		0.37 sn	
V_p/V_s		1.91	2.40	1.77

Bahçeşehir (Kireçocağı) Mahallesinde yer alan JF 12 (99507 D/ 00426 K) ölçüm noktasında, üstte toprak özelliği gösteren yine kalış birimine ait bir seviye ve onun altında esas olarak karbonatça zengin ve kısmen yoğun yumuşak kalış birimi yaklaşık 8 metrelik bir derinliğe kadar ulaşmaktadır (Şekil 4.91). Bu birim altında da Handere Kili'ne ait ince taneli malzemenin bulunduğu düşünülmektedir. Ölçüm noktasına ait elde edilmiş mühendislik parametreleri Çizelge 4.59'da sunulmuştur

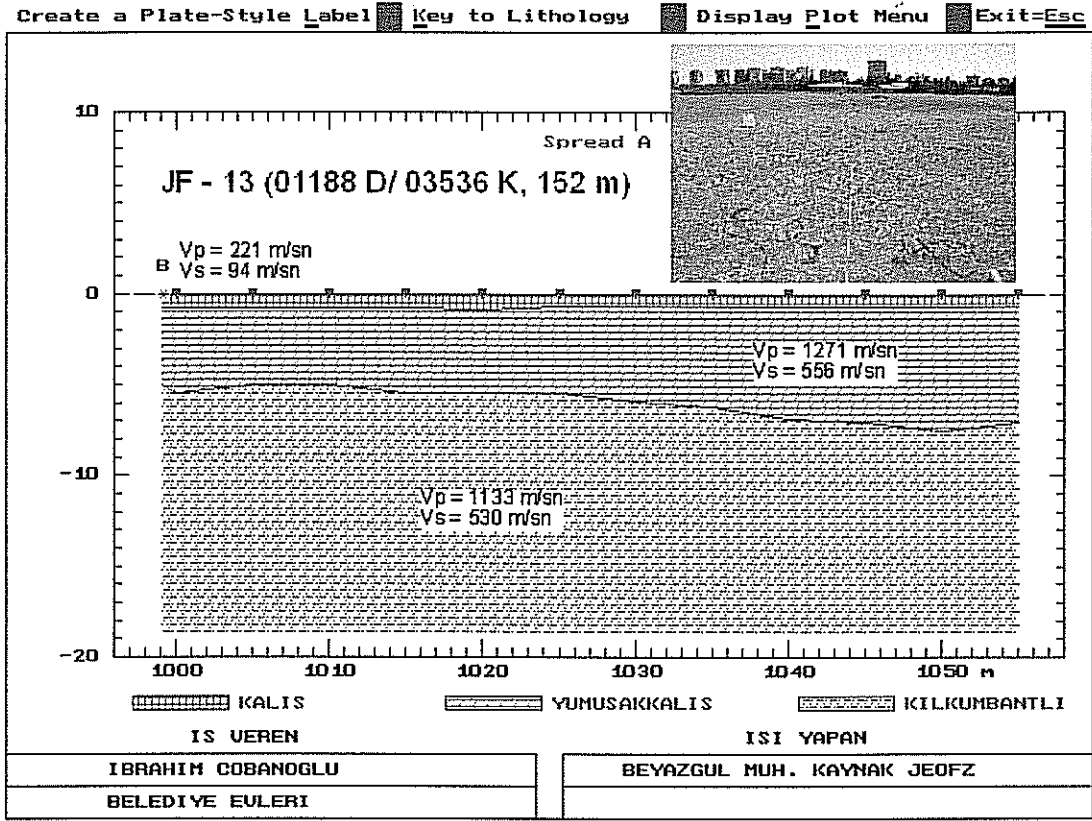
Belediye Evleri Mahallesinde yer alan JF 13 noktasında (01188 D/ 03536 K) üstte yaklaşık 1 m kalınlığında sert kalış birimi bulunmaktadır. Ancak bu seviye oldukça ayrışmış ve aşınmış olduğundan toprak özelliği kazanmıştır. Bu birimin altında kalışın oldukça karbonatlı ve kısmen yoğun olan yumuşak kesimi yer almaktadır. Bu seviye yaklaşık 9 metre derinliğe kadar devam etmektedir (Şekil 4.92). Bu birimin de altında Handere Formasyonu'na ait kil birimi gelmektedir. Ölçüm noktasına ait elde edilmiş mühendislik parametreleri Çizelge 4.60'da sunulmuştur.



Şekil 4.91. JF-12 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.59. Bahçeşehir (Kireçocağı) Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 12).

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V_p , m/sn)	180	1081	850
S Hızı	(V_s , m/sn)	81	745	556
Zemin Büyütmesi	(n)	3.1	1.18	1.44
Poisson Oranı	(σ)	0.37	0.05	0.13
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T_0)		0.3 sn.	
V_p/V_s		2.22	1.45	1.53



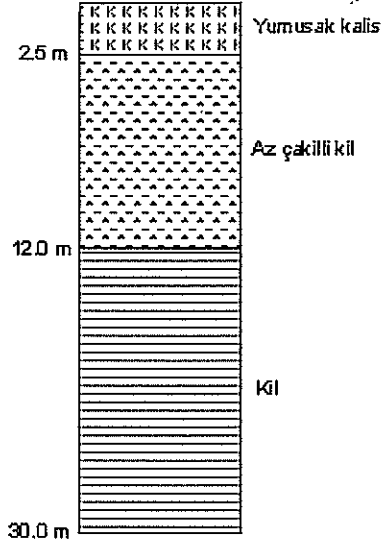
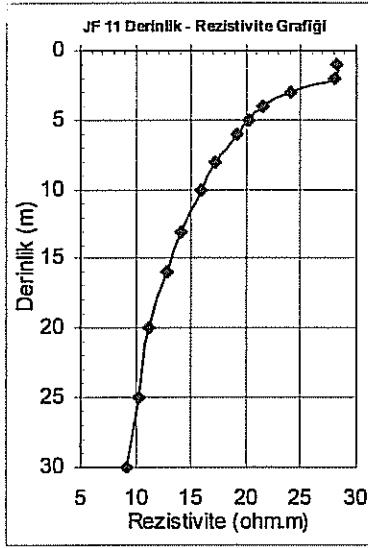
Sekil 4.92. JF-13 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.60. Belediye Evleri Mahallesindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF - 13).

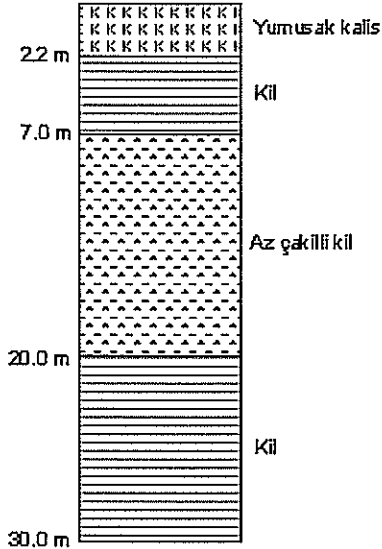
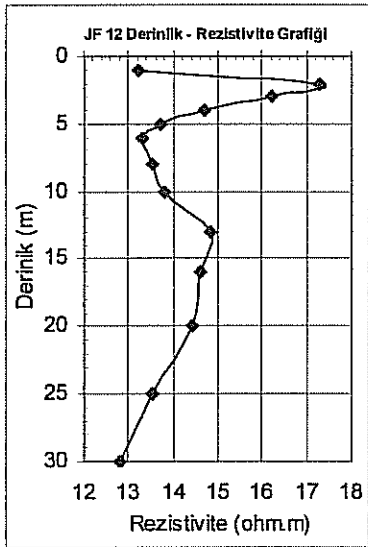
		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V_p , m/sn)	221	1271	1133
S Hızı	(V_s , m/sn)	94	556	530
Zemin Büyütmesi	(n)	2.97	1.35	1.41
Poisson Oranı	(σ)	0.38	0.30	0.35
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T_0)		0.10 sn	
V_p/V_s		2.35	2.28	2.14

4.3.3.9.(2). Özdirenç Değerleri

Ölçüm noktalarından elde edilmiş özdirenç değerlerinin derinliğe bağlı olarak değişimleri ve bu bilgilerle çıkarılmış zemin profilleri Şekil 4.93 – 4.95 'de verilmiştir.



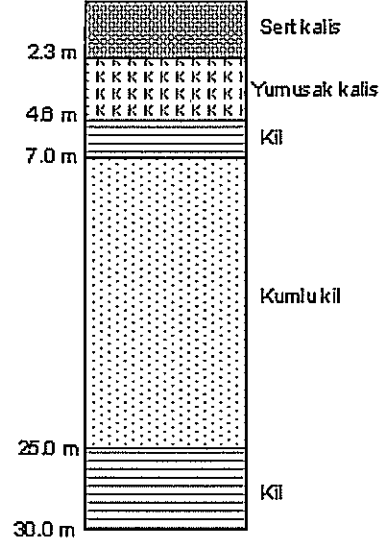
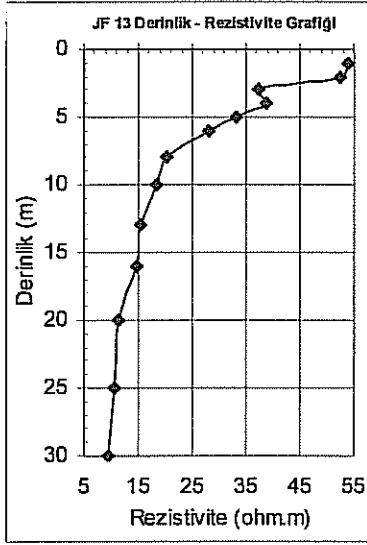
Şekil 4.93. JF 11 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri



Şekil 4.94. JF 12 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri

4.3.3.10. Hidrojeolojik Özellikleri

Kalış çökelleri gerek kalınlıkları itibariyle ve gerekse buldukları topoğrafya itibariyle akifer olma özelliği taşımayan bir litolojiyi oluşturmaktadır. Geçirimli olmaları bu birim altında yer alan başka birimlerin akifer özelliği kazanmalarını sağlamaktadır.



Şekil 4.95. JF 13 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri

4.3.3.11. Yorum ve Öneriler

Kaliş birimi oluşum itibariyle heterojen bir çökeltim ürünü olduğundan, özellikleri yersel olarak değişimler gösterebilmektedir. Karbonat içeren bağlayıcı maddenin artması, birimin sertlik ve yoğunluğunun artmasını sağlasa da özellikle yüzey sularından aşırı derecede etkilenir hale getirmektedir. İnceleme alanı içerisinde karbonat kabuk kalınlıkları değişken olmakla birlikte birkaç metreyi geçmemektedir. Bu birim içerisinde yapılmış olan sondajlı zemin araştırmaları genellikle başarılı olamamıştır. Bunun nedeni, yumuşak kaliş birimi içerisindeki karbonat yumruları ve tüplerinin SPT deneyleri sırasında refü değerleri vermesidir. Bu durum yanlış bir değerlendirme olarak, birimin gerçektekinden daha dayanımlı ve sert olduğunun sanılmasına neden olmuştur. Sulu sistem rotary sondajlarda ise sudan dolayı birimde meydana gelen fiziksel parçalanma örnek alınmasını imkansız hale getirmektedir. Bunun yanında kuru sistem sondajlarda ilerlemeler oldukça güç olmakta, UD tüpünün zemine çakılması da imkansız hale gelmektedir. Adana ili yerleşim alanı içerisinde yer alan taraça birimlerinde olduğu gibi kaliş çökellerinin olduğu alanlarda da klasik yöntemlerle yapılacak (SPT ve UD ile yapılan) sondajlı etüt çalışmalarının güvenilir sonuçlar vermeyeceği bilinmelidir. Bu yüzden bu birimlerde yapılacak etüt çalışmalarında da açılan sondaj kuyusu içerisine yerleştirilecek presiyometre cihazı ile doğrudan ve yerinde değerler elde edilmesi yoluna gidilmesi daha uygun olacaktır.

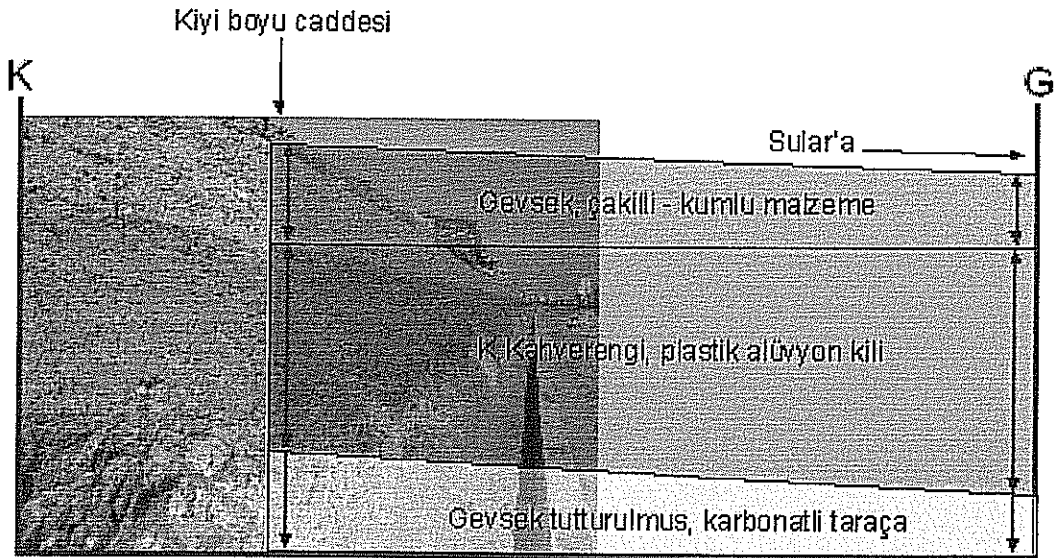
Yumuşak kalış birimi ile ilgili zemin etüdü çalışmalarında yerinde örselenmemiş numune almak son derece zor ve çoğu zaman da imkansız olabilmektedir. Buna rağmen bu tür durumlarda zeminin arazideki birim ağırlık değerinde kesme kutusu deneyine tabi tutulması durumlarında oldukça iyi sonuçların alındığı görülmüştür. Bu, bir çok durumda sondajlı etüt çalışmalarından daha doğru ve elde edilmesi kolay sonuçlar vermektedir.

Masif kalış olarak da adlandırılan kalışın kabuk kesimi inceleme alanı içerisinde en fazla 4 m olarak tespit edilmiştir. Kalışın sert kesimi ile yumuşak kesimi arasındaki temel mühendislik parametreleri farklılığına bağlı olarak taşıma gücü hesaplamalarında da farklılıklar olacaktır. Bu yüzden temelin oturacağı seviyenin kesin olarak bilinmesi ile birlikte sert kalış kalınlığının ve daha altta yer alan yumuşak kalış kalınlığının da bilinmesi gerekmektedir. Aksi takdirde gerçekte yumuşak kalış birimine oturan bir temel için daha yüksek taşıma gücü değerleri elde edilebilir. Kalış birimi içerisinde yer alan ve temel derinliği 3 m'den büyük tüm temeller için esas olarak yumuşak kalış birimine ait fiziksel ve mekanik parametrelerin kullanılması daha uygun olabilir. Aynı zamanda, kalışın sert kısmındaki litolojik farklılık yumuşak kısmındakine göre daha fazladır. Bu özellikle kuvvetli yer hareketleri sırasında kabuk malzemesinin daha fazla etkilenecek şekilde tepki göstermesine sebep olmaktadır.

4.3.4. Alüvyon Çökelleri

Alüvyon çökelleri Adana ili yerleşim alanı, içerisinde en eski yapılaşmanın üzerinde bulunduğu, geniş alan kaplayan bir diğer litolojiyi oluşturmaktadır. Bu bölümde, diğer bölümlerde de olduğu gibi öncelikle bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular sunulmuştur. Elde edilmiş olan veri gruplarına ait bilgiler ise bu çalışmada ortaya konulanlarla ilişkilendirilmek açısından ayrıca verilmiştir. Alüvyon çökelleri Seyhan ırmağının her iki tarafında olmak üzere doğu-batı uzanımında yayılım sunmaktadır. Seyhan ırmağı doğusunda taraça çökelleri ile dokanak ilişkisinde olan alüvyon çökelleri, Seyhan ırmağı batısında hem taraça ve hem de kaliş çökelleri ile dokanak ilişkisine sahiptir. İnceleme alanı geneli için ele alındığında, alüvyonu oluşturan çökellerin büyük çoğunluğunun ince taneli malzemeler olduğu görülmektedir.

Arazi incelemeleri ile özellikle Seyhan ırmağı batısında, kuzeyden güneye doğru istifteki kalınlaşma görülebilmektedir. AÇ 39 numaralı araştırma çukurunun bulunduğu güzergahta alüvyon kilinin kuzeyden güneye yani ovaya doğru giderek kalınlaştığı görülmektedir. Bu yerde, taraça biriminin üzerindeki kil tabakası kalınlığının artması ile taraça birimi de daha alt seviyelere inmektedir (Şekil 4.96). Bu durum AÇ 1 numaralı Sular kazı çukurunda taraça biriminin 7.00 m gibi bir seviyede görülmesine neden olmaktadır. Oysa Seyhan Hastanesi yakınlarında ayrılmış taraça birimine 2.5 m derinlikte rastlanmaktadır. AÇ 1 noktasından sonra ise Atatürk Caddesi boyunca güneye doğru gidildiğinde, artık kesitlerdeki hakim litolojinin killi ve siltli birimler olduğu, aralara yer yer kumlu seviyelerin girdiği ve taraça biriminin 15 – 20 m gibi çok daha derinlerde kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.96. Taraça biriminin güneye doğru yüzeyden derine doğru inmesi ile alüvyon kilindeki kalınlaşmayı gösteren şematik kesit (ölçeksizdir).

Alüvyon çökelleri, üzerinde yoğun bir yapılaşmanın olduğu ve diğer birimlere göre yeni yapılaşmanın çok daha az olduğu bir birimdir. Bu yüzden, bu birimin incelenmesi, örnekleme yapacak uygun yüzey kazılarının az olması nedeni ile daha zor olmuştur. Birim hakkında bilgi alabilmek için sondajlı ve jeofizik araştırmaların büyük çoğunluğu bu birim üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Bununla birlikte M.E.B tarafından Bayındırlık İl Müdürlüğü'ne yaptırılan resmi okullara ait etütlerin değerlendirilmeleri ile de oldukça kullanışlı bilgiler elde edilmiştir.

4.3.4.1. Fiziksel Özellikleri

Diğer birimlere ait fiziksel özelliklerin belirlenmesinde olduğu gibi alüvyonlarla ilgili incelemelerde de yüzey kazılarından elde edilen örselenmiş ve örselenmemiş numunelerden faydalanılmıştır. Örselenmemiş örnek alımlarında ince taneli zeminler için yaptırılmış olan 36 mm iç çaplı çelik örnek alıcılardan faydalanılmıştır. Daha iri taneli malzemeler için 50 mm iç çaplı olarak yaptırılan örnek alıcılar kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında incelenen tüm yüzey kazısı lokasyonları (EK-1) diğer birimlerde olduğu gibi "AÇ" (araştırma çukuru) ile gösterilmiştir.

4.3.4.1.(1). Zemin Sınıfları

Alüvyon birimleri içerisinde incelenmiş olan yüzey kazılarından elde edilmiş numuneler üzerinde yapılmış sınıflandırma deneyleri, taşkın ovası niteliğindeki alüvyon çökellerinin büyük çoğunluğunun CH ve CL türü killer olduklarını ortaya koymuştur. Bununla birlikte bu birimlere eşlik eden SW, SC, SM ile GP, GM ve GC türü iri taneli malzemeler de görülmektedir. Yüzey kazısı olarak incelenmiş araştırma çukurları ile veri gruplarına ait ortalama tane boyu (D_{50}) değerleri zemin sınıfları ile birlikte Çizelge 4.61'de verilmiştir.

Seyhan ırmağına yakın kısımlara bakıldığında alüvyon içerisindeki litolojik çeşitliliğin arttığı, buna karşılık ırmağın hem doğusuna hem de batısına gidildiğinde litolojinin daha tekdüze olduğu görülmektedir. Yüreğir ilçesi genelinde alüvyon killeri CL grubu killeri temsil edilirken Seyhan ilçesi tarafında CH grubu yüksek plastisiteli killerin baskın oldukları dikkati çekmektedir.

Çizelge 4.61. Alüvyon biriminde farklı veri noktalarından alınan örneklere ait fiziko-mekanik parametreler.

<i>Veri No</i>	<i>Veri Yeri</i>	<i>Derinlik (m)</i>	<i>D₅₀ (mm)</i>	<i>LL (%)</i>	<i>PL (%)</i>	<i>n (%)</i>	<i>γ_n (kg/cm³)</i>	<i>c (kg/cm²)</i>	<i>USCS</i>
İMO-41	Kocavezir Mah.	4.50	0.013	37.7	22.4	45.0	1.78	0.50	CL
ZE-365	Cemalpaşa	2.45	-	68.1	23.2	-	1.98	0.81	CH
İMO-36	Cumhuriyet Mah	4.50	-	61.0	25.1	43.0	1.93	0.60	CH
İMO-5	K.Başer M.	3.50	0.012	55.2	25.3	46.0	1.70	0.80	CH
İMO-11	İstiklal Mh	4.50	-	-	-	43.0	1.62	0	SM-SP
İMO-31	Karasoku	3.50	0.075	51.5	32.6	48.0	1.83	0.55	MH
İMO-6	Reşatbey	3.50	16.0	-	-	21.0	2.14	0	GW
İMO-14	Real	4.50	0.01	44.2	21.8	39.0	1.88	1.00	CL
İMO-7	Yüreğir E5	3.00	0.06	53.4	22.2	37.0	1.94	0.60	CH
İMO-13	Çınarlı Mh.	4.50	0.023	45.0	19.6	43.0	1.86	0.50	CL
İMO-25	Cumhuriyet	3.00	0.002	59.8	14.7	39.0	1.88	1.10	CH
AÇ 1	Sular	4.00	-	38.4	22.0	42.5	1.88	0.24	CL
AÇ 2	Kurtuluş M	4.00	0.15	-	-	-	1.82	0.06	SM
AÇ 5	Kurtuluş M	8.00	-	42.0	20.0	42.4	1.82	0.26	CL
AÇ 12	Gazipaşa	4.00	-	47.0	22.0	43.0	1.88	0.33	CL
AÇ 16	Mavi Bul.	2.00	-	56.0	28.4	40.1	1.91	0.63	CH
AÇ 20	Demirköprü	4.00	-	46.0	22.0	40.7	1.92	0.21	CL
AÇ 21	Kurtuluş M	4.50	-	62.0	26.0	40.9	1.92	0.92	CH
AÇ 23	M.Akif Ersoy	2.20	0.44	-	-	45.0	1.89	0.11	SW
AÇ 25	K.Karabekir	4.50	-	48.8	24.0	43.1	1.86	0.84	CL
AÇ 29	Kıyı boyu	3.00	-	44.2	21.0	44.0	1.91	0.91	CL
AÇ 58	PTT Evleri	3.50	-	40.8	18.6	39.5	1.89	0.28	CL
AÇ 61	Real güneyi	6.00	-	48.6	19.6	41.6	1.85	1.01	CL
AÇ 65	Ç.Ü.Tarla	4.00	-	45.2	16.3	46.5	1.87	0.89	CL
<i>Değer Aralığı</i>				<i>38-67</i>	<i>14-33</i>	<i>21-47</i>	<i>1.6-2.2</i>	<i>0.06-1.10</i>	

4.3.4.1.(2). Kıvam Özellikleri

Kıvam limitlerini belirlemeye yönelik olarak yapılan deneyler hem sondajlardan elde edilen örnekler üzerinde ve hem de yüzey kazılarında alınmış örselenmiş örnekler üzerinde yapılmıştır. Sondajlardan elde edilen numunelerden elde edilen sonuçlar "Sondaj Çalışmaları" başlığı altındaki bölümde ayrıca ele alınmıştır. Araştırma çukurlarından ve incelenen veri grubuna ait inceleme noktalarından elde edilmiş kıvam limiti değerleri de Çizelge 4.61'de sunulmuştur. Bunlarla birlikte sondajlı veri grupları içerisinde incelenen lokasyonlardan elde edilmiş kıvam limiti değerleri mevki ve mahalle bazında Çizelge 4.62'de verilmiştir.

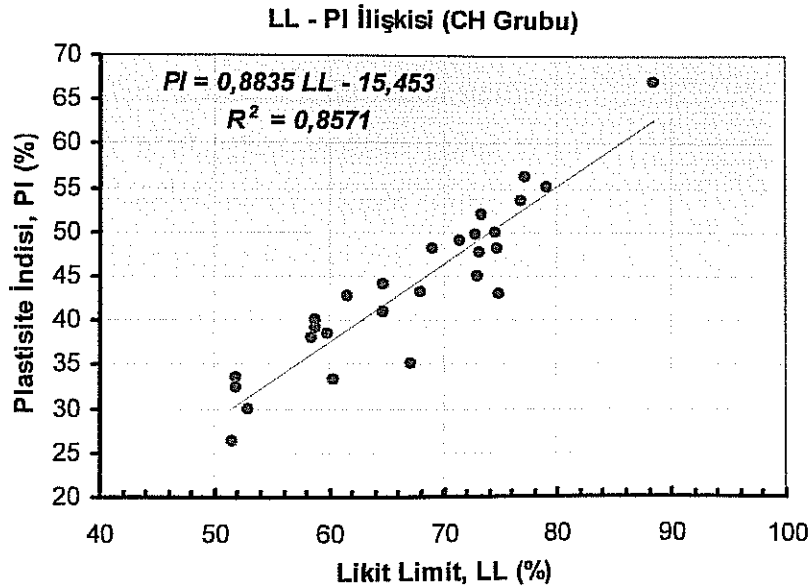
Çizelge 4.62. Veri gruplarından elde edilmiş kıvam parametreleri ve plastisite tanımları.

<i>Yer</i>	<i>Likit Limit, LL</i>	<i>Plastik Limit, PL</i>	<i>Plastisite İndisi, PI</i>	<i>Plastisite Tanımı</i>	<i>Zemin Sınıfı</i>
Küçük Dikili	61.7	19.0	42.7	Çok Plastik	CH
"	77.1	20.8	56.3	Çok Plastik	CH
"	73.3	21.3	52.0	Çok Plastik	CH
Akkapı Mah.	40.0	17.7	22.3	Plastik	CL
"	32.0	15.5	16.5	Plastik	CL
"	49.0	23.0	26.0	Plastik	CL
"	53.0	23.0	30.0	Plastik	CL
Hurmalı Mah.	67.2	32.1	35.1	Plastik	CH
"	74.8	26.7	48.1	Çok Plastik	CH
"	75	32.1	42.9	Çok Plastik	CH
"	73	27.9	45.1	Çok Plastik	CH
K.Sanayi Sitesi	69.0	20.9	48.1	Çok Plastik	CH
"	74.6	24.6	50.0	Çok Plastik	CH
Cemalpaşa Mah.	29.0	17.3	11.7	Az Plastik	CL
"	36.0	16.6	19.4	Plastik	CL
Köprülü Mah.	64.8	20.8	44.0	Çok Plastik	CH
Kurtuluş Mah.	72.8	23.1	49.7	Çok Plastik	CH
Eski Seyhan Bld.	58.5	20.4	38.1	Plastik	CH
Gazipaşa Mah.	28.4	18.1	10.3	Az Plastik	CL
"	36.3	16.3	20.0	Plastik	CL
"	40.6	17.5	23.1	Plastik	CL
"	41.2	14.0	27.2	Plastik	CL
Sümerbank Arazi	46.8	24.1	22.2	Plastik	CL
Gümrük	34.3	13.0	21.3	Plastik	CL
Gülbahçesi Mah.	43.0	18.0	25.0	Plastik	CL
"	35.0	18.0	17.0	Plastik	CL
Aslandamı Mev.	52.0	18.5	33.5	Plastik	CH
"	68.0	24.9	43.1	Çok Plastik	CH
"	73.2	25.4	47.8	Çok Plastik	CH
"	88.5	21.5	67.0	Çok Plastik	CH
"	79.0	23.8	55.2	Çok Plastik	CH
Değer Aralığı	28 - 89	13 - 33	10 - 67		

Plastisite indisi değerleri incelendiğinde Leonards (1962) sınıflamasına gore kil zeminlerin buyuk çoğunluğunun plastik ve çok plastik zemin grubunda yer aldıkları gorulur (izelge 4.63). Yapılan kıvam limit deney sonuçları ile veri gruplarından elde edilen kıvam parametreleri plastisite indisi ile likit limit değerleri arasında doğrusal ve oldukça anlamlı ilişkilerin olduğunu ortaya koymuştur. Bu incelemelerde CH grubu aluvyon killeri ile CL grubu aluvyon killeri ayrı ayrı ele alınmışlardır. CH grubu killer için plastisite indisi (PI), likit limit (LL) ilişkisi Şekil 4.97’de ve CL grubu killer için Şekil 4.98’de verilmiştir.

Çizelge 4.63. İnce taneli zeminlerin plastisite derecesi sınıflamaları (Leonards, 1962).

<i>Plastisite İndisi, PI (%)</i>	<i>Plastisite Tanımı</i>
0 – 5	Plastisik Değil (NP)
5 – 15	Az plastik
15 – 40	Plastik
> 40	ok Plastik



Şekil 4.97. CH grubu aluvyon killeri için ortaya konulan PI – LL ilişkisi

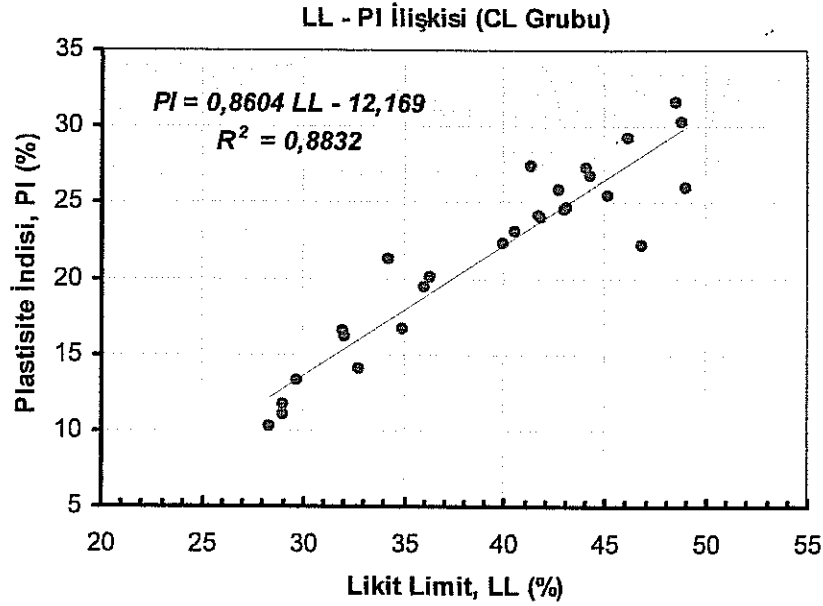
CH grubu aluvyon killeri için;

$$PI = 0.8835 LL - 15.453 \quad (4.13)$$

ve, CL grubu aluvyon killeri için;

$$PI = 0.8604 LL - 12.169 \quad (4.14)$$

bağıntıları ile elde ifade edilen ilişkiler elde edilmiştir.



Şekil 4.98. CL grubu alüvyon killeri için ortaya konulan PI – LL ilişkisi.

4.3.4.2. Mekanik Özellikleri

Alüvyon çökellerinin birden fazla zemin sınıfında yer alan türde çeşitlilik göstermesi mekanik özelliklerinin de değişken olmasına neden olmaktadır. CH ve CL türü zeminlerde içsel sürtünme açısı genel olarak zemin içerisinde var olan kum ve çakıl boyutu malzemelerden kaynaklanırken SW-SM türü iri taneli zeminlerde kohezyonun önüne geçen parametre olmaktadır. Bu çalışmada daha çok çalışma kapsamında elde edilen bulgular ve sonuçlar sunulmaya çalışıldığından veri gruplarına ait diğer mekanik parametreler CBS çalışmaları kapsamında oluşturulmuş veri tabanlarında depo edilmiştir. Bunun yanında bu çalışma kapsamında yapılan sondajlardan elde edilen örselenmemiş ince taneli zemin örnekleri üzerinde yapılan çok sayıdaki serbest basınç dayanımı deney sonuçları ve bunların değerlendirmeleri "4.4. Sondaj Çalışmaları" başlıklı bölümde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Araştırma çukuru (AÇ) olarak incelenen yüzey kazılarında alınmış örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan kesme kutusu ve serbest basınç dayanımı deneylerinden elde edilmiş olan kayma dayanımı parametreleri de daha önce Çizelge 4.61'de verilmiştir.

4.3.4.3. Konsolidasyon Özellikleri

Daha önce de belirtildiği gibi Seyhan nehrinin taşkın çökelleri alüvyona ait kil ve silt türü ince taneli malzemeyi oluşturmaktadır. Su tablasının yüzeye yakın ve çökellerin oldukça

genç olmaları, herhangi bir diyajenez evresi geçirmemiş olmaları gibi sebepler alüvyona ait killi birimlerin konsolidasyon açısından önem kazanmalarına neden olmaktadır.

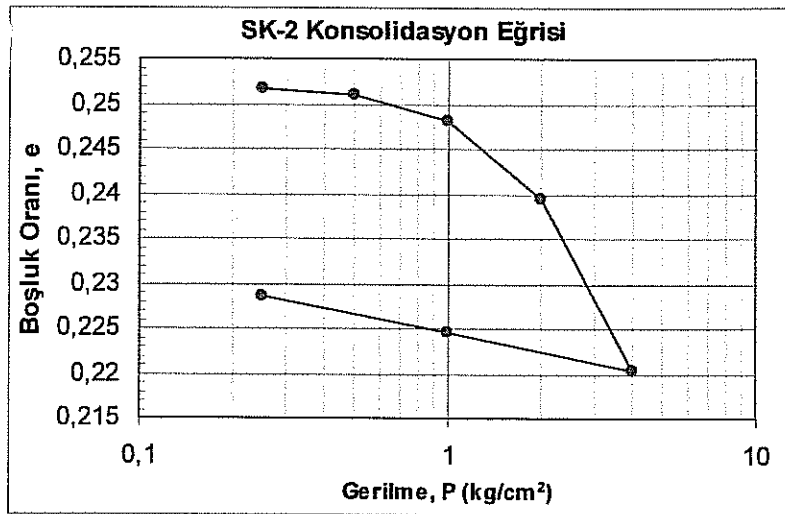
Çalışmanın bu bölümünde Adana ili yerleşim alanı içerisinde, bu çalışma kapsamında yapılan sondajlardan elde edilen örselenmemiş numuneler üzerinde gerçekleştirilen toplam 8 adet konsolidasyon deneyine ait değerlendirilmiş sonuçlar yer almaktadır.

Başak Mahallesi'nde yapılan SK-2 sondajında kesilen alüvyon kili CL ve CH zemin sınıfındadır. CH zemin grubundaki seviyeden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile Çizelge 4.64'de gösterilen konsolidasyon parametreleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.64. SK-2 sondajına ait (11.50-12.00 m.) konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm^2)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)
0	0	0,2517	0,00000	0,000
0.25	0.25	0,2516	0,00050	0,000
0.50	0.25	0,2511	0,00200	0,002
1.00	0.50	0,2482	0,00576	0,005
2.00	1.00	0,2394	0,00876	0,007
4.00	2.00	0,2204	0,00951	0,008
1.00	3.00	0,2245	0,00138	0,001
0.25	0.75	0,2285	0,00534	0,004

Boşluk oranı (e) – logaritma gerilme ($\log P$) şeklinde çizilen konsolidasyon eğrisi ise Şekil 4.99'da görüldüğü gibi elde edilmiştir.



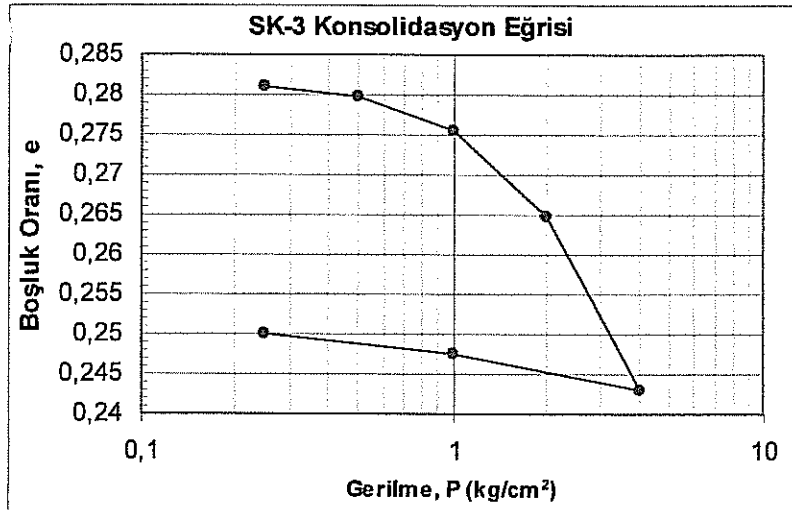
Şekil 4.99. SK-2 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.

Bahçelievler Mahallesi'nde yapılan SK-3 sondajında kesilen CL sınıfındaki zeminden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile Çizelge 4.65'de gösterilen konsolidasyon parametreleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.65. SK-3 sondajına ait (11.50-12.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm^2)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)
0	0	0,2820	0,00000	0,000
0.25	0.25	0,2810	0,00410	0,003
0.50	0.25	0,2798	0,00462	0,004
1.00	0.50	0,2755	0,00872	0,007
2.00	1.00	0,2647	0,01077	0,008
4.00	2.00	0,2429	0,01090	0,009
1.00	3.00	0,2475	0,00154	0,001
0.25	0.75	0,2501	0,00342	0,003

SK-3 sondajı için boşluk oranı (e) – logaritma gerilme ($\log P$) şeklinde çizilen konsolidasyon eğrisi ise Şekil 4.100'de görüldüğü gibi elde edilmiştir.



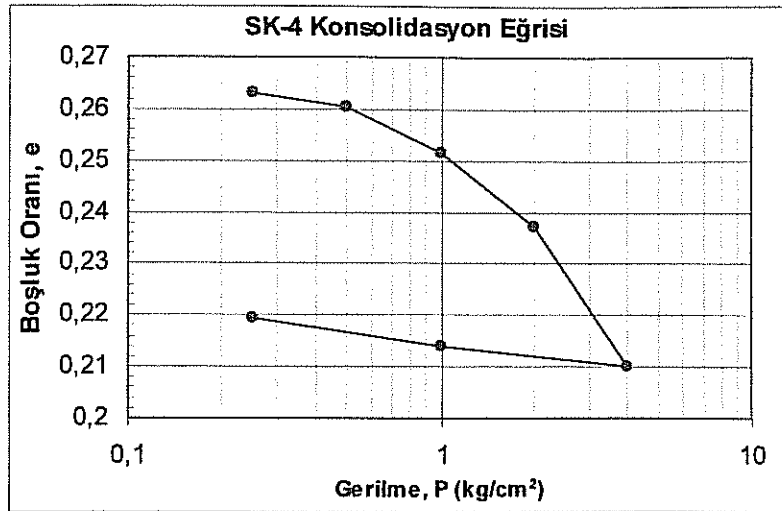
Şekil 4.100. SK-3 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.

Çamlıbel Mahallesi'nde yapılan SK-4 sondajında kesilen CL sınıfındaki zeminden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile Çizelge 4.66'da gösterilen konsolidasyon parametreleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.66. SK-4 sondajına ait (2.50-3.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm^2)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)
0	0	0,2649	0,00000	0,000
0.25	0.25	0,2632	0,00708	0,006
0.50	0.25	0,2604	0,01113	0,009
1.00	0.50	0,2515	0,01771	0,014
2.00	1.00	0,2371	0,01442	0,012
4.00	2.00	0,2099	0,01360	0,011
1.00	3.00	0,2141	0,00139	0,001
0.25	0.75	0,2192	0,00675	0,006

SK-4 sondajı için boşluk oranı (e) – logaritma gerilme ($\log P$) şeklinde çizilen konsolidasyon eğrisi ise Şekil 4.101’de görüldüğü gibi elde edilmiştir.



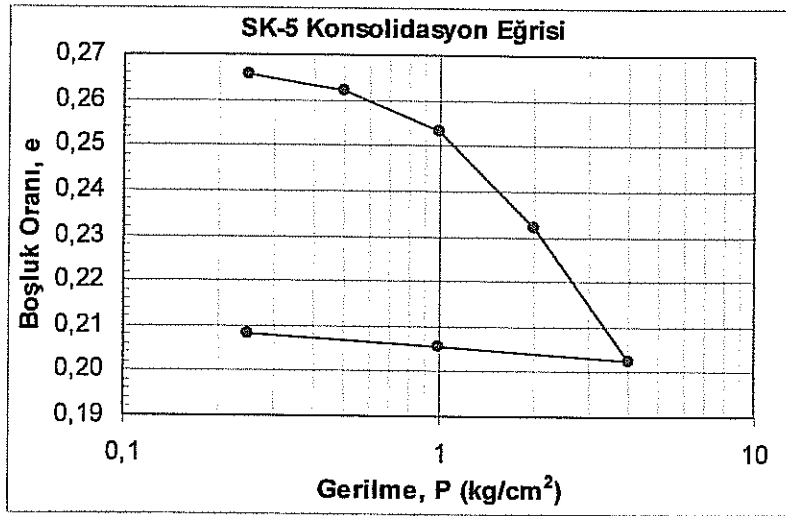
Şekil 4.101. SK-4 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.

Yenidoğan Mahallesi’nde yapılan SK-5 sondajında kesilen CH sınıfındaki zeminden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile Çizelge 4.67’de gösterilen konsolidasyon parametreleri elde edilmiştir.

SK-5 sondajı için boşluk oranı (e) – logaritma gerilme ($\log P$) şeklinde çizilen konsolidasyon eğrisi ise Şekil 4.102’de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.67. SK-5 sondajına ait (9.00-9.55 m) konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm^2)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)
0	0	0,2670	0,00000	0,000
0.25	0.25	0,2654	0,00608	0,005
0.50	0.25	0,2620	0,01368	0,011
1.00	0.50	0,2530	0,01799	0,014
2.00	1.00	0,2319	0,02116	0,017
4.00	2.00	0,2022	0,01482	0,012
1.00	3.00	0,2053	0,00101	0,001
0.25	0.75	0,2083	0,00405	0,003



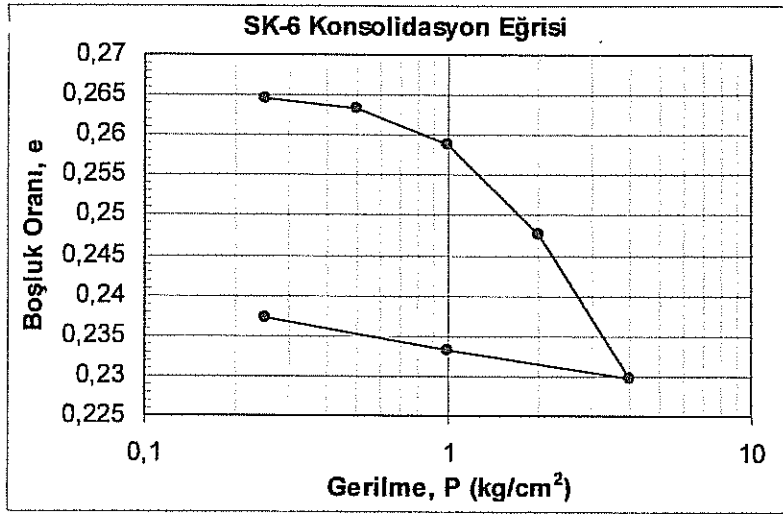
Şekil 4.102. SK-5 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.

Levent Mahallesi'nde yapılan SK-6 sondajında kesilen CL sınıfındaki zeminden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile Çizelge 4.68'de gösterilen konsolidasyon parametreleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.68. SK-6 sondajına ait (11.50-12.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm^2)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)
0	0	0,2657	0,00000	0,000
0.25	0.25	0,2646	0,00456	0,004
0.50	0.25	0,2633	0,00506	0,004
1.00	0.50	0,2587	0,00911	0,007
2.00	1.00	0,2476	0,01114	0,009
4.00	2.00	0,2296	0,00899	0,007
1.00	3.00	0,2333	0,00122	0,001
0.25	0.75	0,2373	0,00540	0,004

SK-6 sondajı için boşluk oranı (e) – logaritma gerilme ($\log P$) şeklinde çizilen konsolidasyon eğrisi ise Şekil 4.103’de görüldüğü gibi elde edilmiştir.



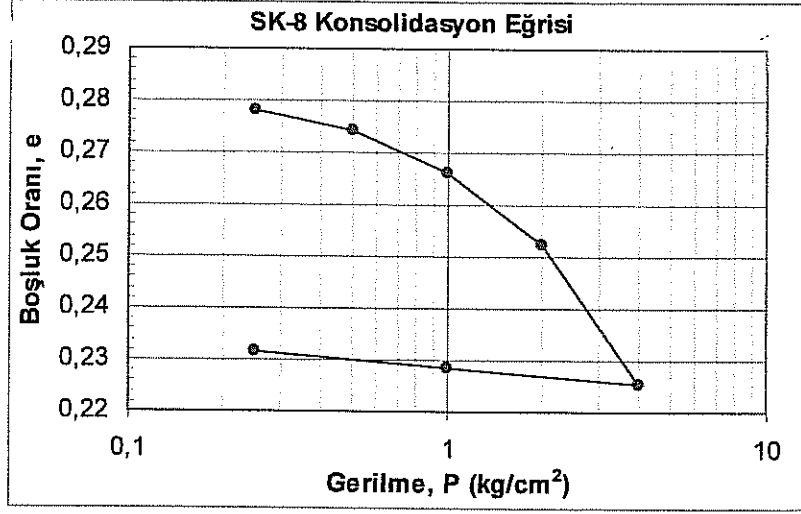
Şekil 4.103. SK-6 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.

Narlıca Mahallesi’nde yapılan SK-8 sondajında kesilen CH sınıfındaki zeminden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile Çizelge 4.69’da gösterilen konsolidasyon parametreleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.69. SK-8 sondajına ait (5.50-6.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm ²)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)
0	0	0,2803	0,00000	0,000
0.25	0.25	0,2782	0,00871	0,007
0.50	0.25	0,2743	0,01536	0,012
1.00	0.50	0,2661	0,01639	0,013
2.00	1.00	0,2522	0,01396	0,011
4.00	2.00	0,2255	0,01332	0,011
1.00	3.00	0,2283	0,00094	0,001
0.25	0.75	0,2317	0,00444	0,004

SK-8 sondajı için boşluk oranı (e) – logaritma gerilme ($\log P$) şeklinde çizilen konsolidasyon eğrisi ise Şekil 4.104’de görüldüğü gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.104. SK-8 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.

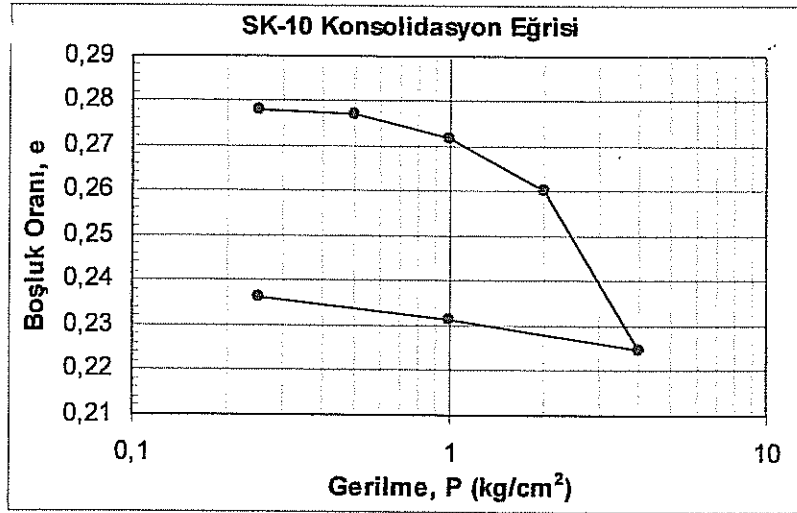
Yeşiloba Mahallesi'nde yapılan SK-10 sondajında kesilen CH sınıfındaki zeminden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile Çizelge 4.70'de gösterilen konsolidasyon parametreleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.70. SK-10 sondajına ait (5.50-6.00 m) konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm ²)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)
0	0	0,2783	0,00000	0,000
0.25	0.25	0,2779	0,00153	0,001
0.50	0.25	0,2773	0,00256	0,002
1.00	0.50	0,2716	0,01150	0,009
2.00	1.00	0,2604	0,01112	0,009
4.00	2.00	0,2246	0,01790	0,014
1.00	3.00	0,2314	0,00226	0,002
0.25	0.75	0,2361	0,00631	0,005

SK-10 sondajı için boşluk oranı (e) – logaritma gerilme (log P) şeklinde çizilen konsolidasyon eğrisi ise Şekil 4.105'de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Mirzaçelebi Mahallesi'nde yapılan SK-17 sondajında kesilen SC sınıfındaki zeminden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile Çizelge 4.71'de gösterilen konsolidasyon parametreleri elde edilmiştir.

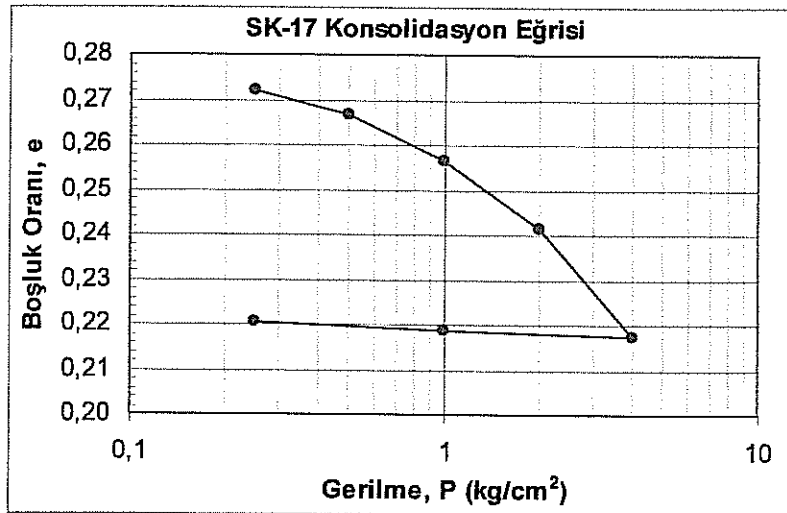


Şekil 4.105. SK-10 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.

Çizelge 4.71. SK-17 sondajına ait (9.00-9.50 m) konsolidasyon deney parametreleri.

Gerilme (kg/cm ²)	Gerilme Artışı	Boşluk Oranı, e	a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)
0	0	0,2755	0,00000	0,000
0.25	0.25	0,2718	0,01480	0,012
0.50	0.25	0,2666	0,02092	0,016
1.00	0.50	0,2564	0,02041	0,016
2.00	1.00	0,2412	0,01518	0,012
4.00	2.00	0,2173	0,01199	0,010
1.00	3.00	0,2188	0,00051	0,000
0.25	0.75	0,2204	0,00221	0,002

SK-17 sondajı için boşluk oranı (e) – logaritma gerilme ($\log P$) şeklinde çizilen konsolidasyon eğrisi ise Şekil 4.106'da görüldüğü gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.106. SK-17 sondajına ait konsolidasyon eğrisi.

SK-17 sondajındaki SC zemin grubuna ait konsolidasyon eğrisi ve deney parametreleri dışında, deneyi yapılan CL ve CH türü alüvyon killlerinden elde edilen değerlerin birbirlerine kısmen yakın oldukları görülmektedir. Konsolidasyon deney eğrileri kullanılarak elde edilmiş olan ön konsolidasyon basınçları ile zemin sıkışma (C_c) ve kabarma indisleri (C_u) toplu halde Çizelge 4.72.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.72. İncelenen sondaj noktaları için konsolidasyon eğrilerinden elde edilmiş olan bazı konsolidasyon parametreleri.

Lokasyon	Zemin Türü	Ön kons. basıncı (kg/cm^2)	Sıkışma indisi, C_c	Şişme indisi, C_u
SK-2	CH	1.55	0.0498	0.00830
SK-3	CL	1.50	0.0540	0.00598
SK-4	CL	1.45	0.0691	0.00772
SK-5	CH	1.30	0.0843	0.00506
SK-6	CL	1.42	0.0483	0.00639
SK-8	CH	1.33	0.0674	0.00514
SK-10	CH	1.64	0.0781	0.00955
SK-17	SC	1.12	0.0649	0.00257
Değer Aralığı		1.10 - 1.65	0.048 - 0.085	0.0025 - 0.0083

Yapılan deneyler ön konsolidasyon basıncı değerlerinin CH ve CL türü killer için 1.30 ile 1.64 kg/cm^2 değerleri arasında değişmekte olduğunu göstermektedir. İncelenen birimlerin geneli için sıkışma indisi değerleri 0.048 ile 0.085 arasında ve şişme indisi değerleri 0.0025 ile 0.0083 arasında değişmektedir.

4.3.4.4. Taşıma Gücü Özellikleri

Alüvyonlarda yapılan taşıma gücü hesaplamalarında 2 ayrı yol benimsenmiştir. Araştırma çukurları için taşıma gücü değerleri laboratuvar deneylerine bağlı olarak belirlenmiş olan birim hacim ağırlık, kohezyon ve içsel sürtünme açısı parametreleri kullanılarak Terzaghi ve Peck (1967) temel taşıma gücü bağıntısıyla bulunmuştur. Bu amaçla diğer jeolojik birimler için yapılan taşıma gücü hesaplamalarında olduğu gibi, zemin yüzeyinden 3 m derinlikte 2 m genişliğinde ve 3 m uzunluğunda dikdörtgen şekilli bir temel model alınmıştır. Temel tipi dikdörtgen olduğu için temel şekil katsayıları da her veri noktası için aynı olmuştur. Taşıma gücü değerlendirmelerinin tamamında zemin koşullarının kuru şartlarda olduğu varsayılmıştır. Güvenlik katsayısı değerleri de tüm veri noktaları için 3

olarak alınmıştır. Sonuçta bu çalışma kapsamında incelenen araştırma çukurları için Çizelge 4.73’de gösterilmiş olan taşıma gücü değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.73. Alüvyon yüzey kazılarında elde edilmiş olan taşıma gücü değerleri.

<i>Lokasyon</i>	<i>B.h.a (gr/cm³)</i>	<i>Kohezyon (kg/cm²)</i>	<i>İçsel sürtünme açısı, ϕ</i>	<i>Sınır taşıma gücü (kg/cm²)</i>	<i>Emin taşıma gücü (kg/cm²)</i>
AÇ 1	1.88	0.24	4	2.73	0.91
AÇ 2	1.82	0.06	18	4.99	1.66
AÇ 5	1.86	0.07	26	6.05	2.02
AÇ 12	1.88	0.33	4	3.42	1.14
AÇ 16	1.71	0.22	15	5.50	1.83
AÇ 20	1.92	0.21	12	4.80	1.60
AÇ 21	1.92	0.92	0	6.52	2.17
AÇ 23 (GM)	2.01	0.03	28	14.01	4.67
AÇ 25	1.86	0.84	0	5.98	1.99
AÇ 29	1.91	0.91	0	6.45	2.15
AÇ 58	1.89	0.28	0	2.38	0.79
AÇ 61	1.76	1.52	0	10.34	3.45
AÇ 65	1.87	0.89	0	6.31	2.10

Yapılan sondajlardan ve sondajlı veri gruplarından elde edilen SPT darbe sayılarına göre yapılan taşıma gücü hesaplamaları diğer birimlerde olduğu gibi CBS kapsamında değerlendirilmiş ve aynı şekilde CBS veri bankasında depolanmıştır. Bu yüzden bu tür bilgiler sadece bu çalışma ile birlikte sunulmuş olan CBS dosyalarında yer almaktadır.

4.3.4.5. Sıvılaşma Özellikleri

Adana ili alüvyonları için stabilite anlamında önem taşıyan konuların zemin şişme ve büzülmesi ile sıvılaşma olduğu düşünülmektedir. Zeminin sıvılaşma özellikleri, yapısal anlamda yıkıcı etkiler doğurabildiğinden bu bölümde ele alınarak irdelenmiştir.

Kuvvetli yer hareketleri neticesinde suya doymuş kumlu zeminlerde meydana gelen ve üzerinde bulunan binalarda yıkıcı yapısal hasarlara neden olan bir olay zemin sıvılaşmasıdır. Zemin sıvılaşması ile ilgili kriterler bir çok araştırmacı tarafından incelenerek ortaya konmuştur. Bu konuda farklı ülkelerin de kendilerine özgü kriterler ortaya koydukları da bilinmektedir. Bunlara örnek olarak Çin Kriteri verilebilir.

Ceyhan depremi sonrası bölgede meydana gelen sıvılaşma olgularının incelenmesi, sıvılaşan zeminlerde ince-orta kum boyutundaki malzemelerin % 82-93 oranında olduğunu

ortaya koymuştur (Ulusay ve diğ., 2000). Aynı çalışma, sıvılaşmanın olduğu zeminlerin büyük çoğunluğunun ince tane muhtevası az olan SP grubu kumlu zeminler olduğunu ve birim hacim ağırlıklarının 17 – 19 kN/m³ arasında değişmekte olduğunu belirtmektedir.

4.3.4.5.(1) Sıvılaşmanın Oluşması İçin Gereken Kriterlerin Belirlenmesi

Bir yerleşim alanını etkileyen her deprem, zemin sıvılaşabilir nitelikte olsa bile sıvılaşma oluşturmayabilir. Bu bakımdan inceleme alanında sıvılaşma oluşturabilecek en küçük deprem büyüklüğünün bilinmesi gerekir. İnceleme alanından deprem oluşturacak faya olan en kısa uzaklığın bilinmesi durumunda aşağıdaki bağıntı kullanılarak en küçük Richter magnitudü belirlenebilmektedir;

$$M = 0.18 + 9.2 * 10^{-8} L + 0.90 \log L, \text{ (Ercan, 2001);} \quad (4.15)$$

Bu bağıntıda,

M : depremin magnitud büyüklüğü,

L : deprem oluşturabilecek faya olan en yakın uzaklık (cm cinsinden alınmalıdır) değerleridir.

Belirli bir büyüklüğe sahip olan depremin sıvılaşma oluşturabileceği uzaklığın önceden belirlenmiş olması sıvılaşma analizleri açısından önemli olmaktadır. Ercan (2001) bu amaçla Tatsuoka (1991) bağıntısının kullanılmasını önermektedir. Bağıntı şu eşitlikle ifade edilmektedir;

$$D = 10^{0.77M - 3.6} \quad (4.16)$$

Bağıntıdaki D , sıvılaşma oluşabilecek uzaklık km birimi ile ifade olunmaktadır.

Deprem etkisiyle sıvılaşmanın olabileceği uzaklığı belirlemeye yönelik önerilen bir diğer bağıntı Wang ve Law (1994) bağıntısı olup Ercan (2001) tarafından şöyle verilmiştir.

$$D = 0.82 * 10^{0.862 (M - 5)} \quad (4.17)$$

1998 Ceyhan depremine benzer ancak büyüklüğü 6.0 ile 6.8 arasında değişebilecek olan bir başka depremin sıvılaşma açısından Adana'ya etkisini yukarıda verilen bağıntılar yardımıyla belirlendiğinde Çizelge 4.74'de elde edilen değerlerle karşılaşılmaktadır. Bu çizelge sıvılaşma analizi açısından Adana için önemli olacak deprem magnitudünün saptanması açısından değer taşımaktadır. Yine çizelgedeki değerler ile Adana ili yerleşim alanına en yakın deprem üretebilecek fayın uzaklığı değerleri karşılaştırılırsa hangi mesafeden sonrasının sıvılaşma açısından tehlikeli olduğu yorumu yapılabilir. Ceyhan depremini üreten Misis fayının Adana'ya olan en yakın ortalama uzaklığı 25 km (2.500.000 cm) olarak alındığında, Ercan (2001) bağıntısı kullanılarak sıvılaşma oluşturacak deprem büyüklüğü 6.2 olarak bulunur;

$$M = 0.18 + 9.2 \cdot 10^{-8} \cdot 2500000 + 0.90 \log 2500000$$

$$M = 6.2$$

Çizelge 4.74. Deprem magnitüdüne bağlı olarak sıvılaşma oluşabilecek alanın faydan uzaklıklarının, D (km cinsinden) hesaplanan değerleri.

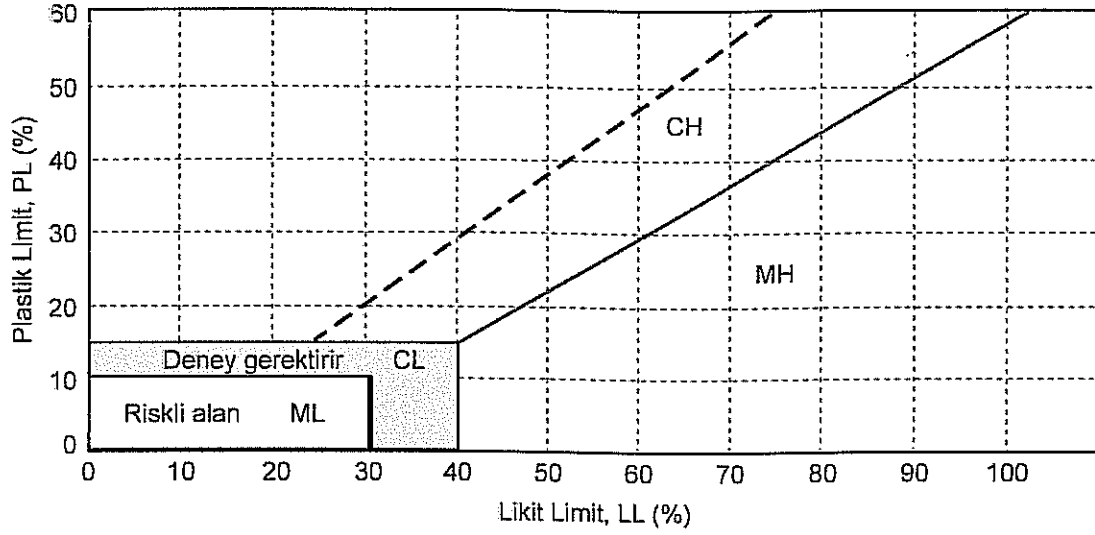
Önerilen Bağntı	Deprem Magnitüdü, (M)								
	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8
Tatsuoka (1991)	10.47	12.50	14.93	17.82	21.28	25.40	30.34	36.22	43.25
Wang ve Law (1994)	5.96	7.28	8.88	10.82	13.20	16.10	19.63	23.94	29.20

Çizelge 4.74, Adana yerleşim alanı için sıvılaşma oluşturabilecek bir depremin öngörülen faydan uzaklığına göre 6.5 (Tatsuoka, 1991 bağıntısından elde edilen sonuç) ile 6.7 (Wang ve Law, 1994 bağıntısından elde edilen sonuç) büyüklük değerleri arasında olmasını gerektirmektedir. Bu sonuç, sıvılaşma analizleri için önemli bir hususu ortaya koymaktadır. Zira zeminin sıvılaşabilir özellikleri olsa bile yeterli magnitüd büyüklüğüne sahip olmayan bir depremin sıvılaşma oluşturması beklenmemelidir. Yukarıda bahsedilen tespitlerin ardından 2. aşama olarak zeminin sıvılaşma olgusu irdelenmelidir. 1998 Ceyhan depreminde de görülmüş olduğu gibi, deprem kaynak alanı uzaklığı ve deprem büyüklüğünün yeterli olmaması nedeniyle Adana ili yerleşim alanı içerisinde hiçbir sıvılaşma olgusu meydana gelmemiştir. Bunda ileride bahsedilecek çeşitli hususların da rol oynadığı belirlenmiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi sıvılaşma analizlerinde kullanılan çok çeşitli yöntemler ve kriterler bulunmaktadır. Örneğin, Finn ve ark., (1994; Çetin ve diğ., 2002'den) tarafından geliştirilmiş olan ve "Çin Kriterleri" adı verilen metot, tahmin kalitesi konusunda halen bir görüş birliği kurulamamış olmasına rağmen özellikle son dönemde yaygın olarak kullanılır durumdadır. Bu kritere göre;

- 1- < 0.005 mm'den küçük tane (kil) % 15'den küçükse
- 2- Likit limit \leq % 35 ise
- 3- Su muhtevası likit limit değerinin % 90'ına eşit ya da daha fazlaysa bu tür zeminler potansiyel olarak sıvılaşabilirler.

TS 1500 standardı da siltlerle, siltli, killi kumların sıvılaşma açısından ön değerlendirilebilmesi amacıyla kullanılmak üzere Şekil 4.107'de gösterilmiş olan plastisite kartını önermiştir. Buna göre ML grubunda yer alan zeminlerin sıvılaşma riski açısından irdelenmeleri gerekmektedir.



Şekil 4.107. Siltlerin sınıflama potansiyellerinin belirlenmesinde kullanılan plastisite kartı (TS 1500, 2000).

4.3.4.5.(2). Adana İli Yerleşim Alanı İçin Sınıflama Analizi

Bu çalışmada yapılan sınıflama analizleri için yukarıda daha önce “3. Materyal ve Metod” bölümünde anlatılan “Devirsel Gerilme Oranı Kriteri” modelini (bkz. Bölüm 3.2.10.2) kullanan bir bilgisayar programı Excel programlama kodları kullanılarak yapılmıştır. “Devirsel gerilme oranı” değeri Şekil 3.2 kullanılarak bulunup programa girilmektedir. Pik zemin ivmesi değeri ise o noktada yapılmış bir jeofizik çalışma varsa bulunmuş değer kullanılarak ya da literatürlerde de belirtilmiş olan bazı uygun değerler alınarak programda kullanılabilir. Bu değerlerin haricinde, sınıflama riski incelenen derinlik, deney ile belirlenmiş olan birim hacim ağırlığı, yeraltı su seviyesi ile araziden elde edilmiş SPT darbe sayısı değerleri programın kullandığı veriler kısmına girilecek diğer parametrelerdir. Program, yöntemin anlatıldığı teorik kısımda olduğu gibi, sınıflama oluşacak zemin için devirsel (döngüsel) kayma gerilmesi (sınıflama gerilmesi) değerinin depremin oluşturacağı devirsel kayma gerilmesine bölünmesiyle elde edilecek olan sınıflamaya karşı güvenlik sayısını vererek bu değeri sonuç kısmında sınıflama riski ile birlikte görüntülemektedir (Şekil 4.108).

Sınıflama açısından tehlike oluşturabilecek alanların tespiti amacıyla bu çalışma kapsamında alüvyon çökeltilerinde açılan 14 sondaj, 8 rezistivite ve 7 sismik etüt ile 37 yüzey kazısının değerlendirilmesi neticesinde sınıflama oluşturabilecek bir lokasyon belirlenmemiştir. Bu değerlendirmelerde aşağıda sıralanan gerekçeler ele alınmıştır;

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Devirsel Kayma Gerilmesi Kriterine Göre Sıvılaşma Risk Analizi										
2	Veriler										
3	İnceleme derinliği (m)	13,25									
4	Birim hacim ağırlığı (t/m^3)	1,7									
5	Pik zemin ivmesi (g)*	0,4									
6	Yeraltı su seviyesi (m)**	11									
7	SPT darbe sayısı (N)	12									
8	Devirsel gerilme oranı***	0,13									
9											
10	Hesaplananlar										
11	Normal gerilme (t/m^2)	22,525									
12	Gerilme indirgeme faktörü (r_d)	0,80									
13	Efektif gerilme (t/m^2)	11,525									
14	Düzeltilme faktörü (C_H)	0,93									
15	Düzeltilmiş SPT-N (N_1)	11,22									
16	Depremle oluşacak kayma ger.	7,22									
17	Sıvılaşma gerilmesi (t/m^2)	1,50									
18	Sıvılaşma güvenlik sayısı, FS	0,21									
19	Hazırlayan: Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU										

Şekil 4.108. Sıvılaşma risk analizi için oluşturulmuş programa ait ekran görüntüsü ile girdi ve çıktı parametreleri.

- 1- Bu çalışmada kapsamında yapılan etütlerde, Seyhan nehrinin geçmişte biriktirdiği taşkın ovası çökellerinin büyük bölümünün ince taneli (kil, siltli kil) malzemeden oluştuğu tespit edilmiştir.
- 2- Üstte geçirimsiz kapak niteliğinde yer alan altüvyon kili oldukça kalın (kimi yerde > 10 m) olup, içinde kalsifikasyona bağlı olarak gelişmiş düzensiz dağılımlı karbonat yumruları bulunmaktadır.
- 3- Sondajlarda kil içinde kum mercceklerine rastlanmıştır. Ancak bunlar sıvılaşma oluşturabilecek kalınlıkta değildirler.
- 4- Yerleşim alanı içerisinde yeraltı su seviyesi kuzeyden güneye doğru sığlaşmaktadır. Altüvyonun kuzey kesimlerinde yeraltı su seviyesi 10 metreden daha derinlerde bulunmaktadır. Güneyde, yeraltı su seviyelerinin daha yüzeye yakın olmasına rağmen üstte bulunan ve kapak görevi yapan kalın kil çökelleri daha altta var olabilecek kum çökellerinin sıvılaşmasına imkan vermeyecektir. Böyle bir durumun meydana gelmesi söz konusu olsa bile sıvılaşmanın izlerini yüzeyde görmek mümkün olmayacak ancak binalarda oturmaları bağlı yapısal hasarlar oluşabilecektir.
- 5- Daha önce de bahsedildiği gibi sıvılaşma olgusunun oluşabilmesi için gerekli olan kuvvetli yer hareketi büyüklüğünün 6.5 ve daha büyük olması gerekmektedir.

İnceleme alanı içerisinde, sıvılaşma olgusu açısından risk oluşturabilecek bölgelerin belirlenebilmesi için bir diğer aşama olarak daha önceden yapılmış zemin araştırmalarına ait verilerin irdelenmesi benimsenmiştir. Bu amaçla alüvyon çökelleri içerisinde açılmış diğer sondajlı ve araştırma çukurlu etüt çalışmalarına ait zemin profilleri incelenmiş ve özellikle sıvılaşma açısından uygun olan SW, SP ve ML türü zemin profilleri aranmıştır. Bunun sonucunda Köprülü Mahallesi'nde 1, Reşatbey Mahallesi'nde 1, Tepebağ Mahallesi'nde 1 ve Döşeme Mahallesi'nde 1 olmak üzere 4 lokasyon tespit edilmiştir. Bu lokasyonlara ait kuyu bilgileri Çizelge 4.75'de topluca sunulmuştur.

Sıvılaşma analizleri neticesinde elde edilmiş parametreler ve sıvılaşma risk tanımlamalarının lokasyonlara göre dağılımları Çizelge 4.76'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.75. Sıvılaşma analizleri kapsamında incelenen veri noktaları.

Yer No ve Adı	Koordinat	Zemin Türü	Tbk. Kalınlığı (m)	Doğal b.h.a. (kg/cm ³)	Y.S.S (m)	SPT-N
1- Köprülü Mah	10304 D 98203 K	SP - SM	1.50 (6.7-8.2 m)	1.88	6.00	11
2- Reşatbey Mah		SM	2.50 (6.0-8.5 m)	1.74	6.00	25
3- Tepebağ Mah	07276 D 96490 K	SM	2.00 (4.5-6.5 m)	1.77	2.40	12
4- Döşeme Mah.	06704 D 96620 K	SP	4.00 (3.8-7.8 m)	1.84	5.00	13

Yapılan sıvılaşma analizleri 1 (Köprülü Mah), 3 (Tepebağ Mah.) ve 4 (Döşeme Mah) numaralı noktalarda sıvılaşma riskinin yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşılık 2 (Reşatbey Mah.) numaralı nokta sıvılaşmanın olmayacağı ancak 1.07 güvenlik sayısı değeri ile kritik duruma kısmen yakın sayılabilecek bir lokasyondur.

Çizelge 4.76. İncelenen veri noktaları için sıvılaşma risk değerlendirilmesi.

Veri Noktası	1	2	3	4
Derinlik (m)	7.50	7.50	5.50	6.00
SPT-N ₁	9.92	23.35	13.60	12.81
Pik zemin ivmesi	0.28	0.28	0.28	0.28
Devirsel gerilme oranı	0.15	0.30	0.18	0.16
Sıvılaşma gerilmesi (t/m ²)	1.89	3.47	1.21	1.61
Sıvılaşma güvenlik katsayısı	0.54	1.07	0.48	0.57
Sıvılaşma riski	Yüksek	Kritik	Yüksek	Yüksek

Sıvılaşma analizlerinde kullanılan program için pik zemin ivmesi değerleri Çizelge 4.77 kullanılarak belirlenmiştir. Bu çizelgede, episantrdan 20 km uzaklıkta ve 6.5 büyüklüğündeki deprem için öngörülmüş olan pik zemin ivmesi değeri 0.28 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.77. Farklı araştırmacıların deprem episantrından uzaklığa bağlı olarak oluşacak maksimum ivme (a_{maks}) değerleri (Kramer, 1996).

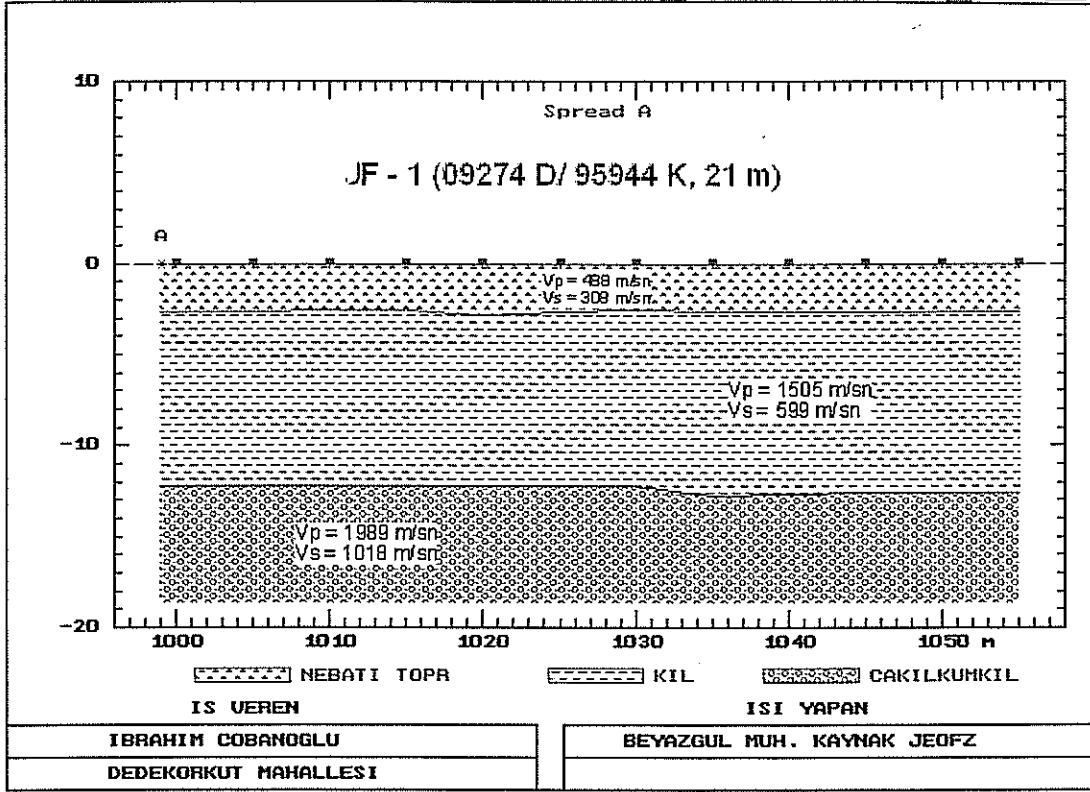
M	$\Delta = 10$ km		$\Delta = 20$ km	
	Hausner (1965)	Schnabel ve ark. (1972)	Hausner (1965)	Schnabel ve ark. (1972)
5	0.16	0.07	0.12	0.04
5.5	0.20	0.26	0.18	0.17
6	0.26	0.36	0.23	0.22
6.5	0.30	0.44	0.28	0.28
7	0.36	0.50	0.35	0.33
7.5	0.40	0.53	0.39	0.38
8	0.45	0.57	0.44	0.42

4.3.4.6. Jeofizik Özellikleri

JF 1, JF 2, JF 3, JF 4, JF 9, JF 10, JF 16 ve JF 17 ölçüm noktaları alüvyon çökelleri içerisinde yer alan jeofizik ölçüm yerleridir. Diğer birimlerde olduğu gibi bu birim için de aynı noktada hem jeofizik sismik ve hem de öz direnç ölçümüne yönelik çalışmalar yapılmıştır. Sadece JF 1 ölçüm noktasında öz direnç ölçümü yapılamamıştır.

4.3.4.6.(1). Sismik Özellikler

Dedekorkut Mahallesi'nde (Yüreğir) yer alan JF 1 ölçüm noktasında, üstte tarımsal amaçlı olarak kullanılan organik malzeme içerikli bir toprak bulunmaktadır. Altta, sondajlarda koyu kahverengi, kiremit kırmızısı renklerde çıkmış olan plastik alüvyon kili bulunmaktadır. Bu birime ait kayma dalgası hızı 599 m/sn olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen en alt seviyede ise kalılaşmaya bağlı olarak oluşmuş karbonat yumruları ve çakıl boyutu malzeme içeren bir diğer kil birimi bulunmaktadır. Şekil 4.109, bu veri noktası için elde edilmiş olan sismik serim profilini ve Çizelge 4.78, birimlere ait bazı sismik ve mühendislik parametrelerini göstermektedir.

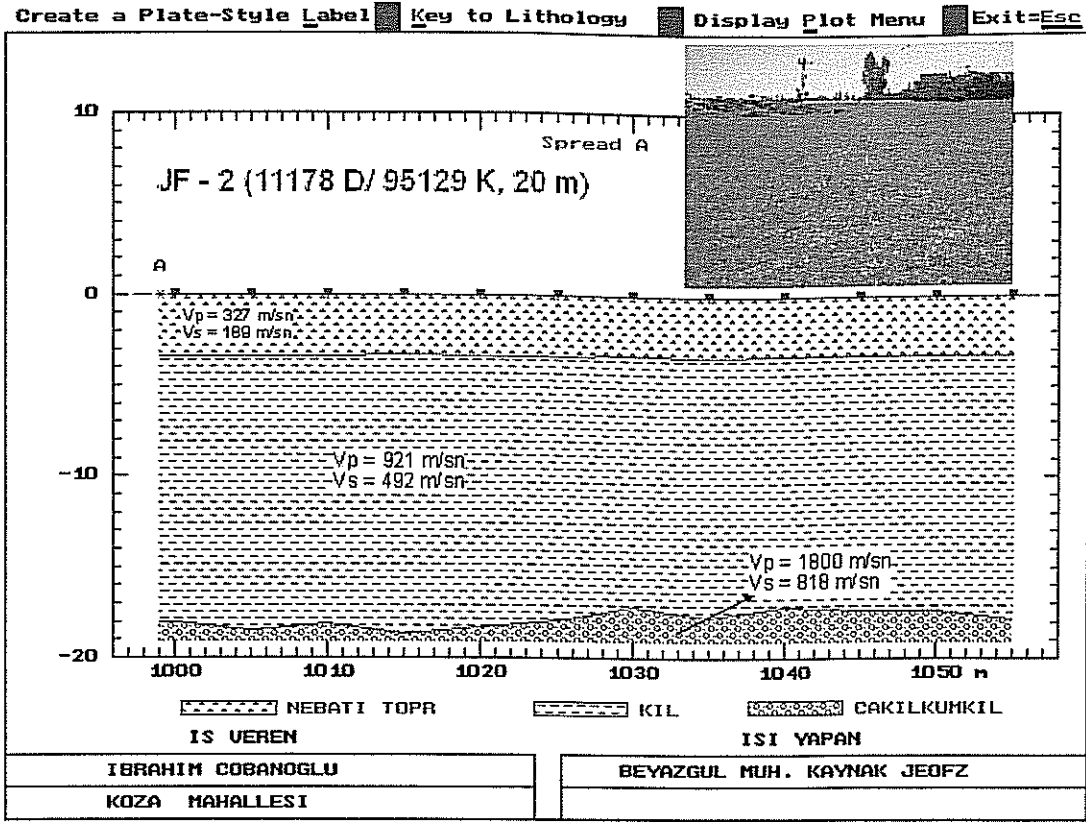


Şekil 4.109. JF-1 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.78. Dedekorkut (Anadolu) Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF - 1).

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V_p , m/sn)	488	1505	1989
S Hızı	(V_s , m/sn)	308	599	1018
Zemin Büyütmesi	(n)	1.97	1.28	0.87
Poisson Oranı	(σ)	0.16	0.40	0.32
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T_0)		0.25 sn	
V_p/V_s		1.58	1.47	1.47

Koza Mahallesi'nde (Yüreğir) yer alan JF-2 ölçüm noktası da JF-1 noktasına çok benzeyen özellikler göstermektedir. Üstte tarım yapılan organik içerikli toprak altında kayma dalgası hızı 492 m/sn ölçülen alüvyon kili ve daha altta ise SPT darbe sayılarında da artışlara sebep olan karbonat yumruları ve çakıl boyutu malzeme içeren alüvyon kili yer almaktadır. Bu noktaya ait sismik serim kesiti Şekil 4.110'da ve elde edilen parametreler Çizelge 4.79'da verilmiştir.



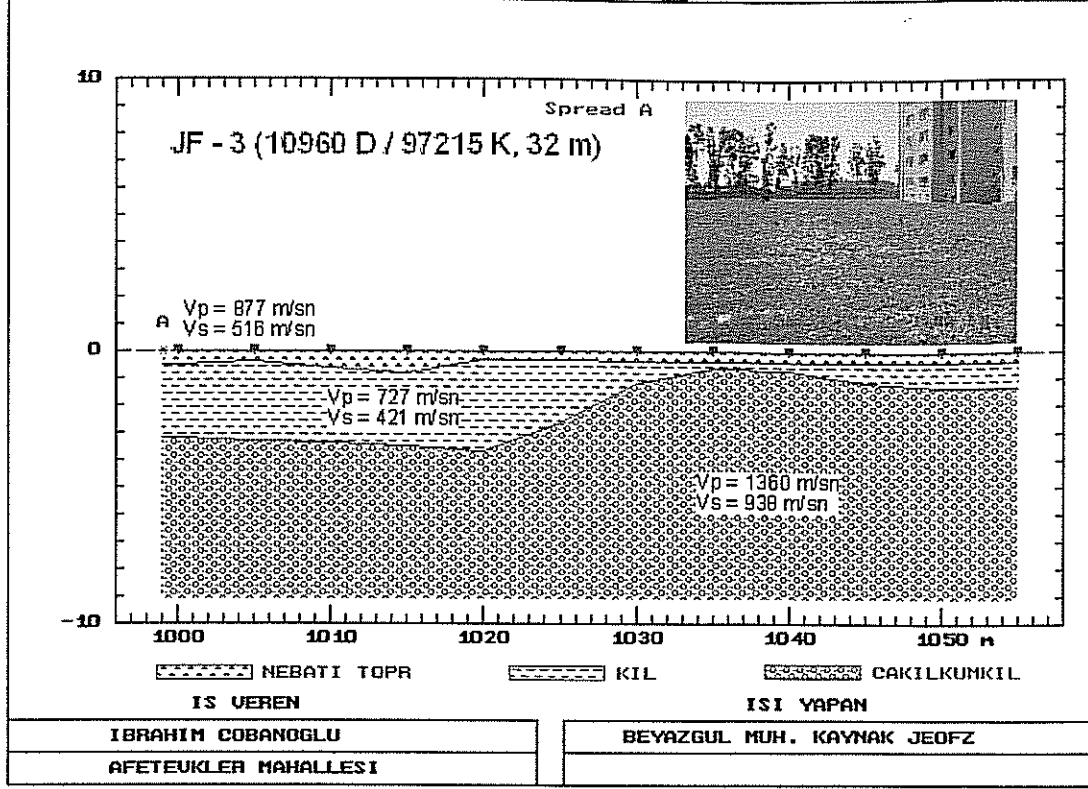
Şekil 4.110. JF-2 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.79 Koza Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF-2).

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V_p , m/sn)	327	921	1800
S Hızı	(V_s , m/sn)	189	492	818
Zemin Büyütmesi	(n)	2.4	1.5	0.99
Poisson Oranı	(σ)	0.25	0.3	0.4
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T_0)		0.34 sn	
V_p/V_s		1.73	1.87	2.20

JF-3 ve JF-4 ölçüm noktaları da önceki diğer noktalara benzer litolojik özellikler sunmaktadır. JF-3 Atakent Mahallesi'nde (Yüreğir) ve JF-4 PTT Evleri Mahallesi'nde (Yüreğir) yer almaktadır. Bu veri noktalarına ait sismik serim kesitleri Şekil 4.111 ile Şekil 4.112'de ve elde edilen mühendislik parametreleri Çizelge 4.80 ile Çizelge 4.81'de verilmiştir.

JF-3 noktasında elde edilen sismik serim kesiti farklı özellikler gösteren alüvyon kilinin varlığını ortaya koymaktadır. JF-4 ölçüm noktasında, üstte düşük kayma dalgası hızına sahip alüvyon birimi altında yer alan birimin gevşek tutturulmuş taraça olduğu düşünülmektedir.

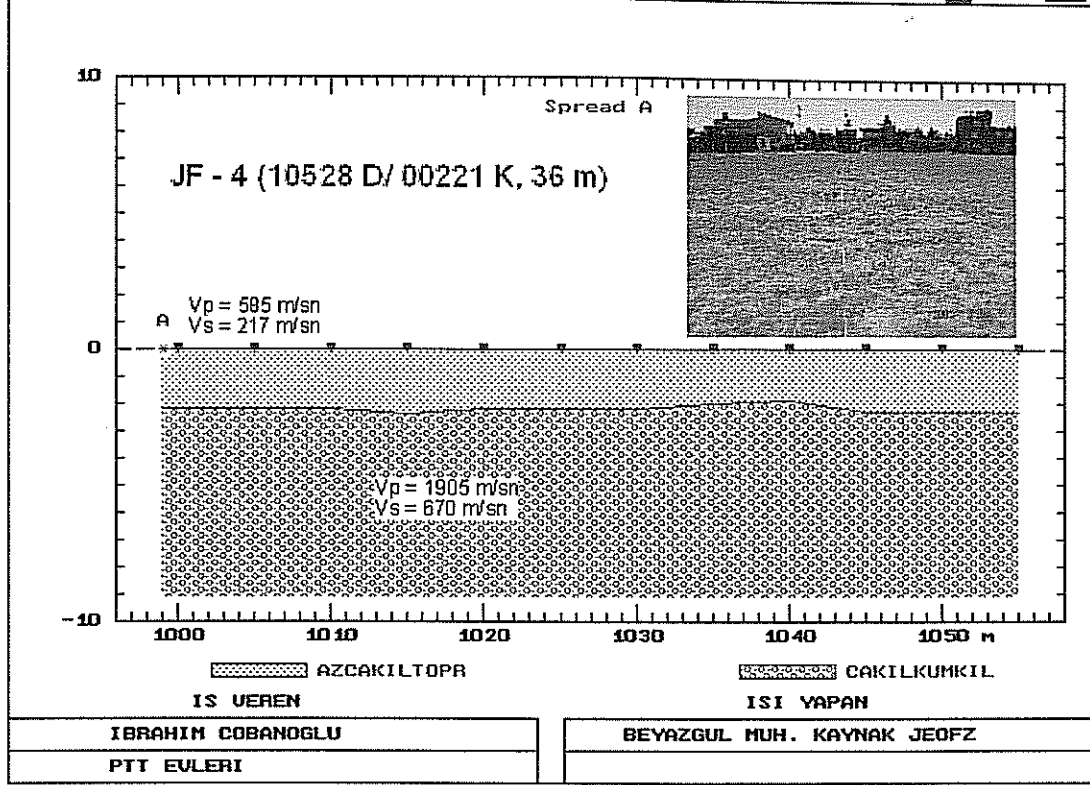


Şekil 4.111. JF-3. ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.80. Atakent (Afetevleri) Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 3).

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
<i>P Hızı</i>	$(V_p, m/sn)$	877	727	1360
<i>S Hızı</i>	$(V_s, m/sn)$	516	421	938
<i>Zemin Büyütmesi</i>	(n)	1.49	1.67	0.97
<i>Poisson Oranı</i>	(σ)	0.23	0.25	0.03
<i>Zemin Hak. Tit. Pr.</i>	(T_0)		0.26 sn.	
V_p/V_s		1.70	1.73	1.45

JF-9 noktasından itibaren Seyhan ırmağının batı tarafına geçilmiştir ki burada alüvyon daha plastik kil özelliği sunmaktadır. Otogar güneyinde yer alan JF-9 ölçüm noktası sismik serim kesiti (Şekil 4.113) derinliğe bağlı olarak artan sismik hız değerleri vermemiştir. Bunun nedeni daha derinde su etkisiyle birimdeki yumuşama ve karbonat yumrulu seviyelerin yayılımının az oluşuna bağlanmıştır. Profil tamamen alüvyon kiline ait birimlerin varlığını ortaya koymaktadır. Bu noktaya ait mühendislik parametreleri de Çizelge 4.82’de sunulmuştur.

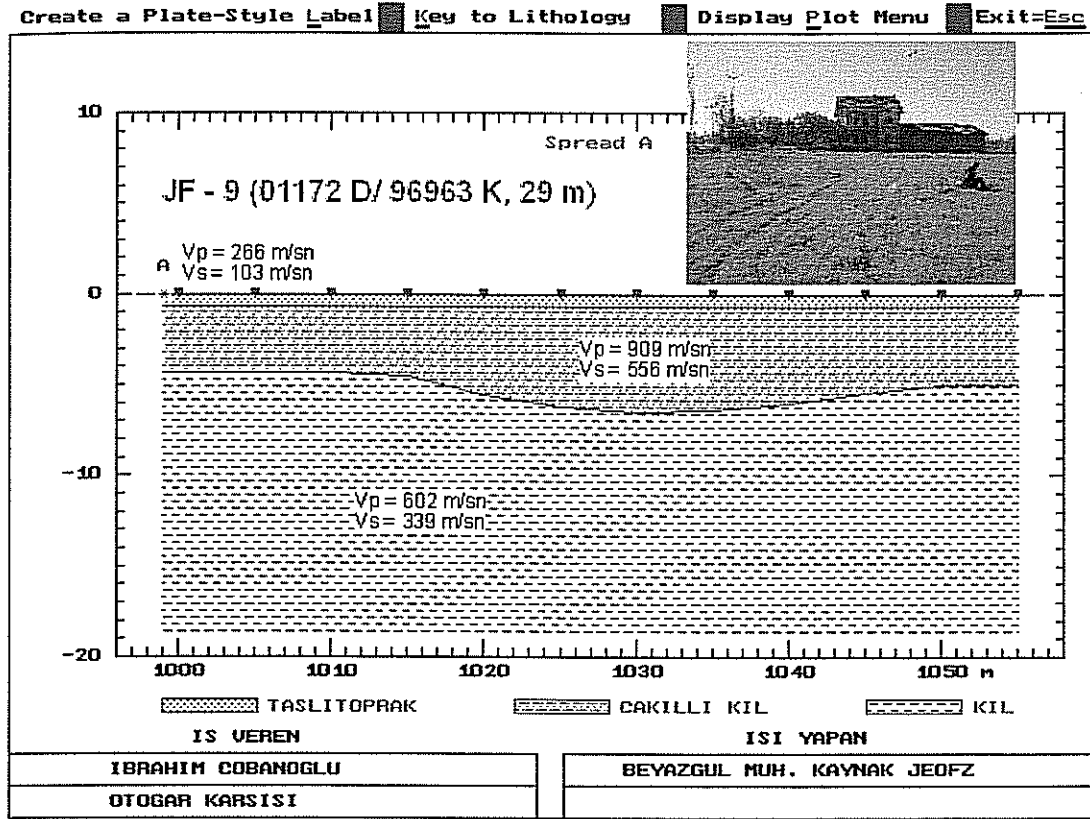


Şekil 4.112. JF-4 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.81. PTT Evleri Mahallesi'ndeki (JF 4) sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler.

		1.TABAKA	2.TABAKA
<i>P Hızı</i>	$(V_p, m/sn)$	585	1905
<i>S Hızı</i>	$(V_s, m/sn)$	217	670
<i>Zemin Büyütmesi</i>	(n)	2.2	0.67
<i>Poisson Oranı</i>	(σ)	0.42	0.42
<i>Zemin Hak. Tit. Pr.</i>	(T_0)	0.30 sn	
V_p/V_s		2.69	2.84

Real güneyi, Öğretmenler Bulvarı üzerinde yer alan JF-10 noktasında da yine ince taneli malzemedan oluşan alüvyon birimleri görülmektedir. Sismik kesit (Şekil 4.114) üstten alta doğru sismik hızların artmakta olduğunu göstermektedir. Bu noktada da yaklaşık 11 metreden sonra alüvyon kilindeki kalışleşmeye bağlı sertlik artışı dikkati çekmektedir. Bu durum, birimin sismik dalga hızlarının diğer alüvyon killere göre daha yüksek olmasına neden olmaktadır. JF 10 sismik ölçüm noktası 688 m/sn ile alüvyondaki en yüksek kayma dalgası hızının elde edildiği veri yeridir. Sismik çalışma ile elde edilmiş mühendislik parametreleri Çizelge 4.83'de verilmiştir.

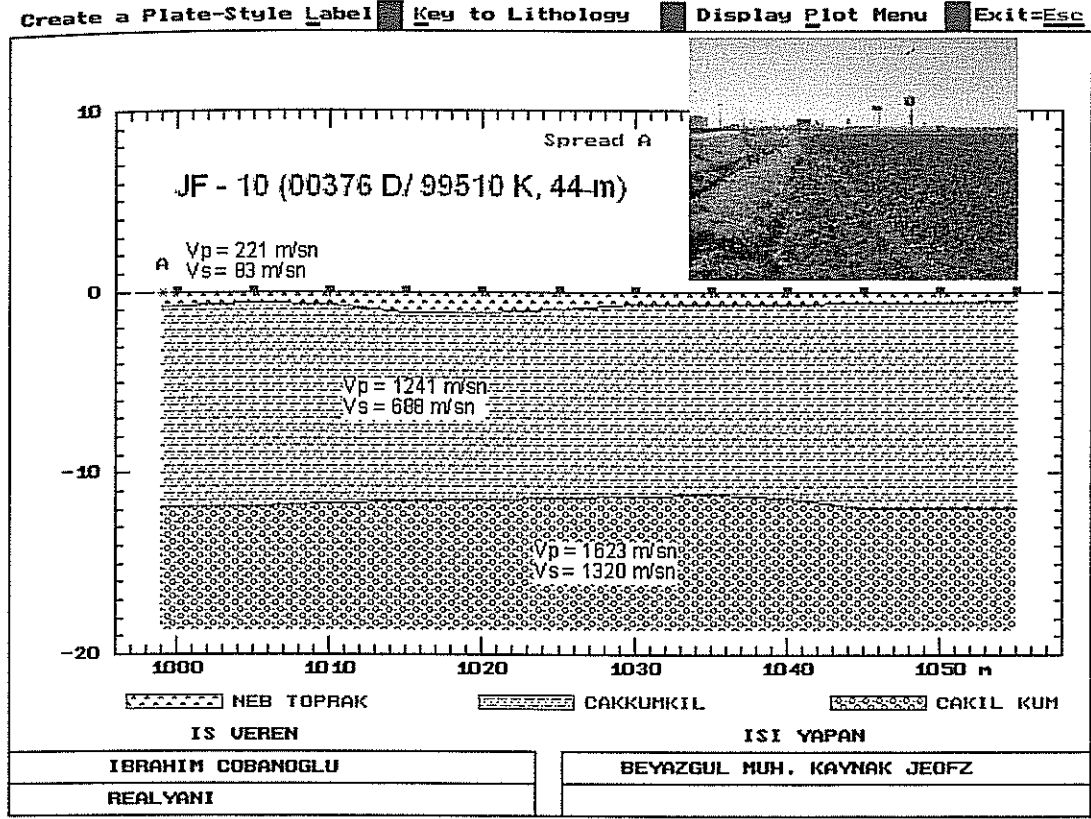


Şekil 4.113. JF-9 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.82. Onur Mahallesindeki (Otogar karşısi) sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF - 9).

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V _p , m/sn)	266	909	602
S Hızı	(V _s , m/sn)	103	556	339
Zemin Büyütmesi	(n)	3.4	1.4	1.8
Poisson Oranı	(σ)	0.41	0.18	0.27
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T ₀)		0.57 sn	
V_p/V_s		2.58	1.63	1.77

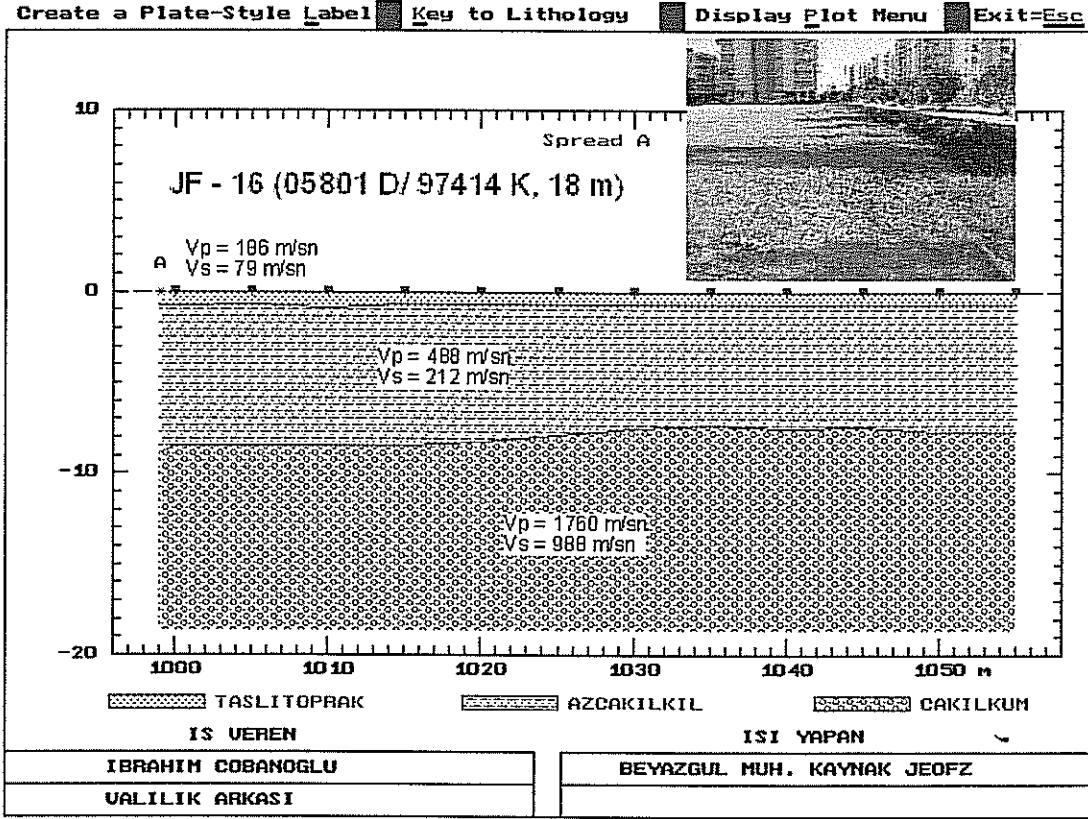
Şekil 4.115'de görülen JF-16 (Döşeme Mahallesi) sismik kesitinde 2. tabaka olarak az çakıllı kil birimi (V_s 212 m/sn) ile daha altta sert karbonat yumrulu ve çakıllı bir litoloji ile karşılaşmaktadır. Kayma dalgası hızı daha yüksek (988 m/sn) olan bu seviye taraçanın kısmen ayrılmış olan üst kısımları olarak değerlendirilmiştir. Bu veri noktasına ait mühendislik parametreleri Çizelge 4.84'de verilmiştir.



Şekil 4.114. JF-10 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.83. Real kuzeyindeki sahada yapılan sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 10).

		1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
P Hızı	(V _p , m/sn)	221	1241	1623
S Hızı	(V _s , m/sn)	83	688	1320
Zemin Büyütmesi	(n)	3.0	1.23	0.69
Poisson Oranı	(σ)	0.4	0.27	0.30
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T ₀)		0.21 sn	
V _p /V _s		2.66	1.80	1.23

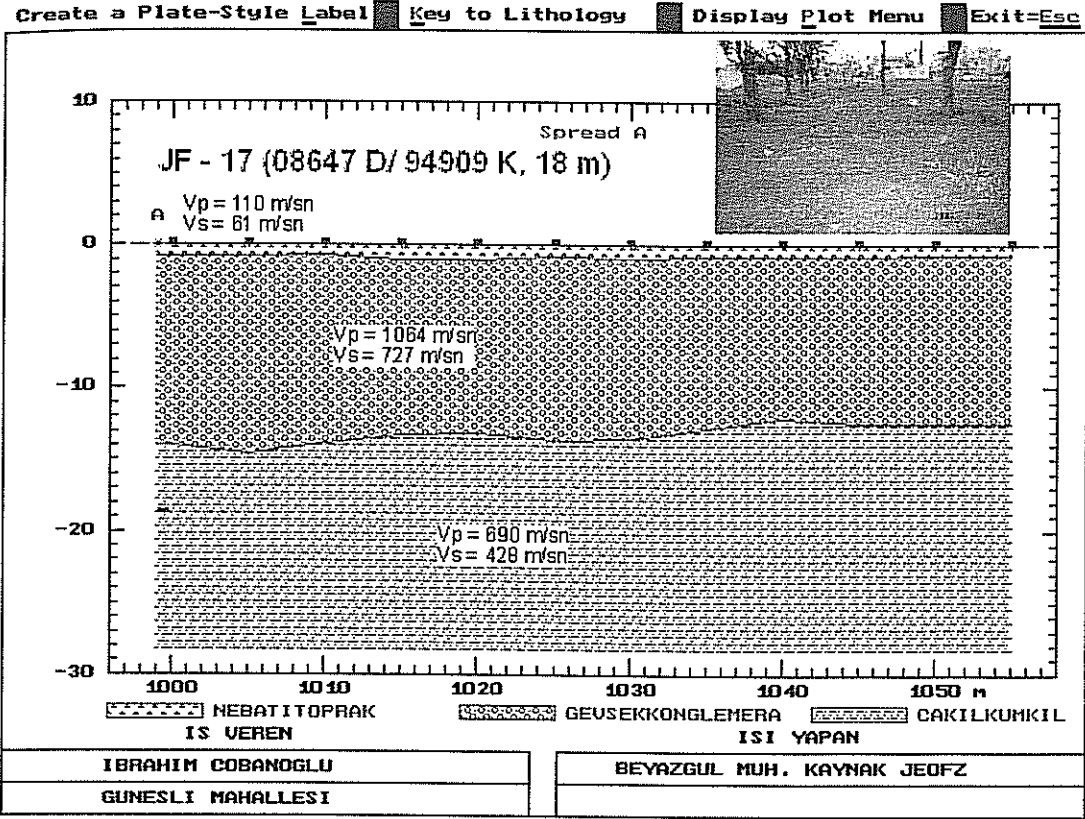


Şekil 4.115. JF-16 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.84. Döşeme Mahallesi'ndeki (valilik arkası) sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF – 16).

		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P Hızı	(V _p , m/sn)	186	488	1760
S Hızı	(V _s , m/sn)	79	212	988
Zemin Büyütmesi	(n)	3.1	2.2	0.89
Poisson Oranı	(σ)	0.38	0.38	0.23
Zemin Hak. Tit. Pr.	(T ₀)		0.29 sn	
V _p /V _s		1.91	2.40	1.77

Alüvyondaki son ölçüm noktası Güneşli Mahallesi'nde yer almaktadır. JF-17 veri noktası için yine 3 tabaka ayırtlanmıştır (Şekil 4.116). Kayma dalgası hızı 727 m/sn olan 2. tabaka her ne kadar sismik yorumlama esnasında gevşek konglomera olarak adlandırılmış ise de bölgeye ait jeolojik bilgiler bu litolojinin çakıl ve karbonat yumruları içeren sert kil olduğunu göstermektedir. Altta ise daha yumuşak bir diğer alüvyon kili birimi yer almaktadır. Bu noktaya ait mühendislik parametreleri de Çizelge 4.85'de sunulmuştur.



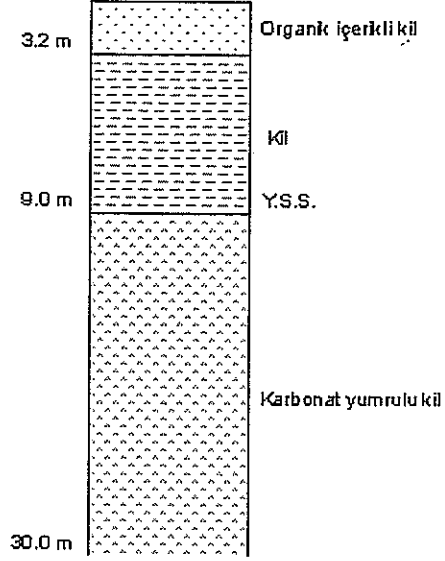
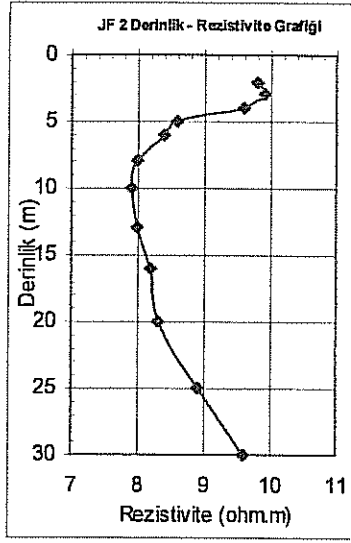
Şekil 4.116. JF-17 ölçüm noktasına ait sismik serim kesiti.

Çizelge 4.85. Güneşli Mahallesiindeki sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen parametreler (JF - 17).

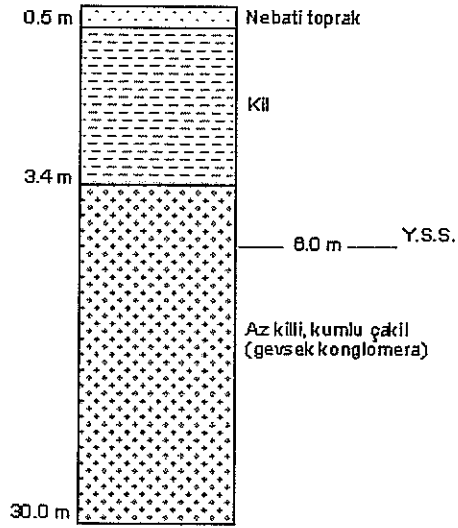
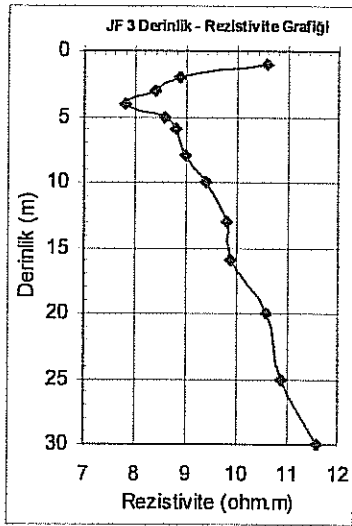
		1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
<i>P Hızı</i>	$(V_p, m/sn)$	110	1064	690
<i>S Hızı</i>	$(V_s, m/sn)$	61	727	428
<i>Zemin Büyütmesi</i>	(n)	3.4	1.66	1.66
<i>Poisson Oranı</i>	(σ)	0.28	0.058	0.18
<i>Zemin Hak. Tit. Pr.</i>	(T_0)		0.42 sn	
V_p/V_s		1.80	1.46	1.61

4.3.4.6.(2). Özdirenç Değerleri

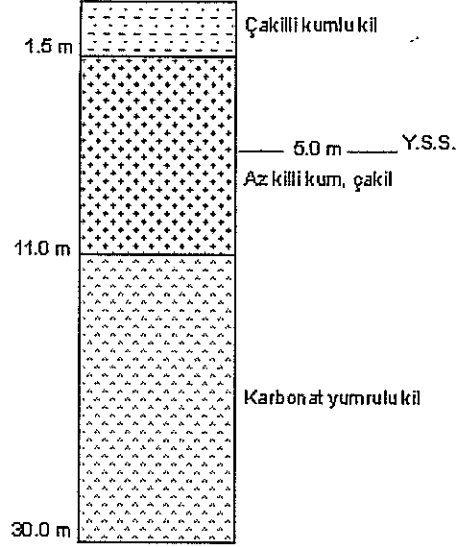
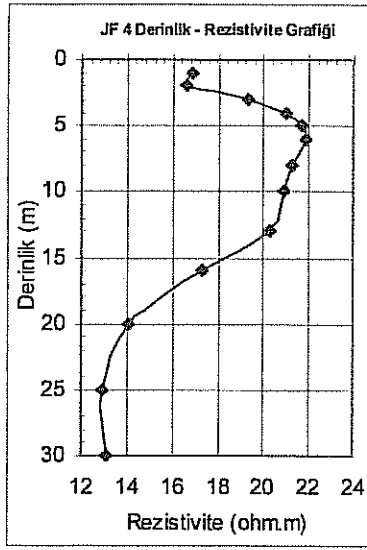
Ölçüm noktalarından elde edilmiş özdirenç değerlerinin derinliğe bağlı olarak değişimleri ve bu bilgilerle çıkarılmış zemin profilleri Şekil 4.117 – 4.123’de verilmiştir.



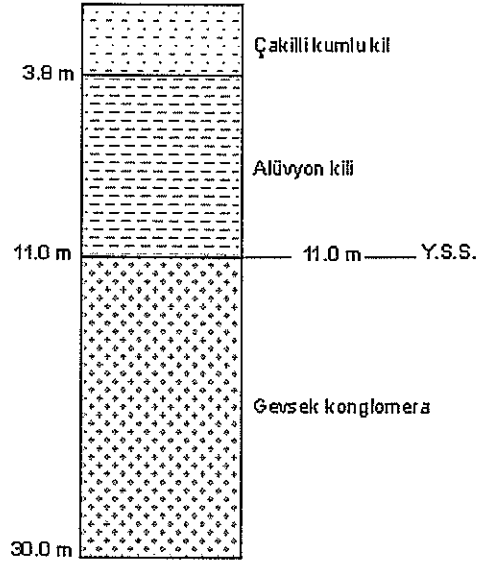
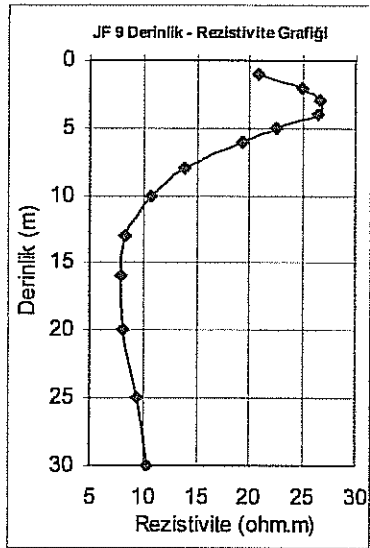
Şekil 4.117. JF 2 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.



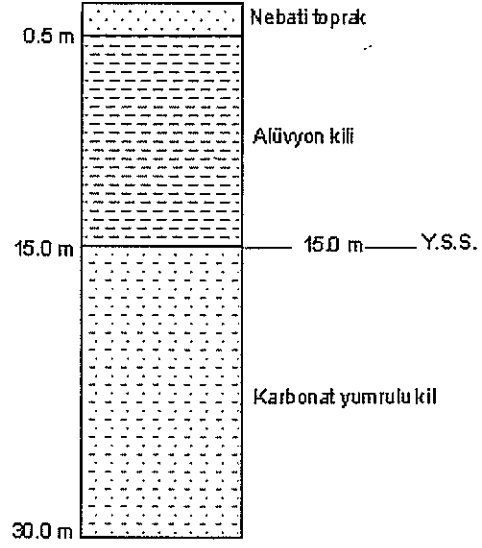
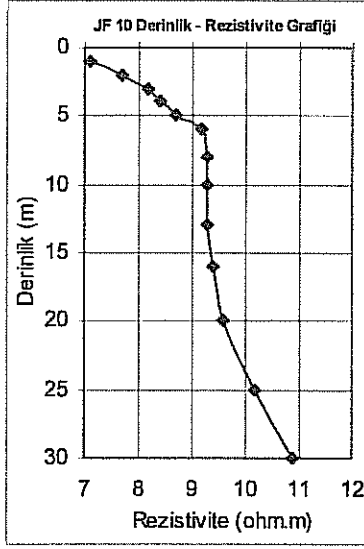
Şekil 4.118. JF 3 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.



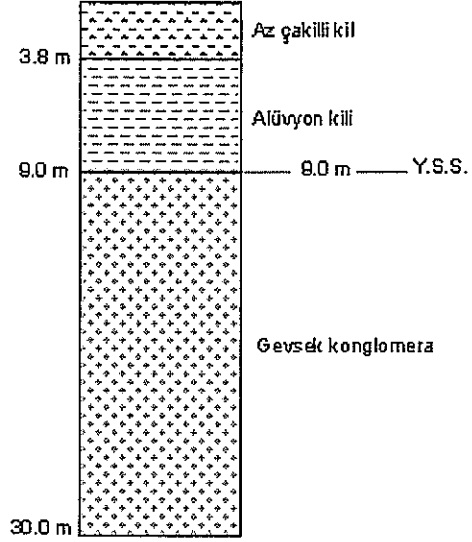
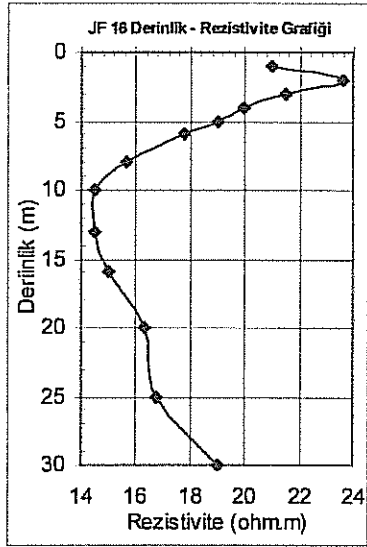
Şekil 4.119. JF 4 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.



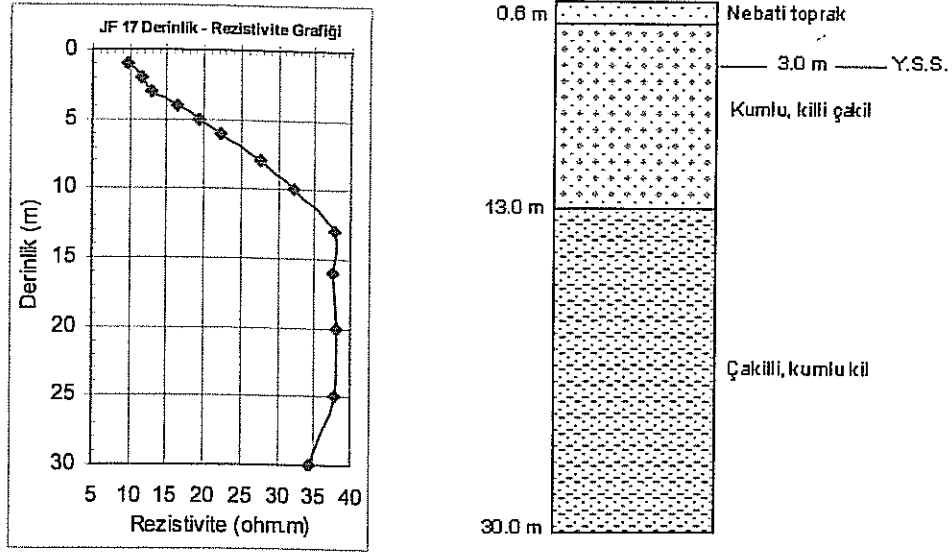
Şekil 4.120. JF 9 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.



Şekil 4.121. JF 10 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.



Şekil 4.122. JF 16 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.



Şekil 4.123. JF 17 ölçüm noktasında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş rezistivite değerleri.

4.3.4.7. Hidrojeolojik Özellikleri

Alüvyon çökelleri akifer olma özelliği taşıyan birimlerden oluşmaktadır. Ovada güneye doğru gidildikçe rakımdaki azalmaya bağlı olarak yeraltı su seviyeleri de yüzeye yaklaşmaktadır. Genel olarak ele alındığında, alüvyon çökellerinin olduğu alan içerisinde yeraltı su seviyeleri mevsimsel koşullara da bağlı olarak 2 m ile 17 m arasında değişim göstermektedir. Alüvyon çökellerinin büyük çoğunluğu kil türü geçirimsiz malzemelerden oluşmasına rağmen akifer niteliği kazanmalarını sağlayan bazı etmenler bulunmaktadır; öncelikle kil birimi yaygın karbonatlaşmaların olduğu seviyeler içermektedir, bununla birlikte birime kimi zaman kumlu ve çakıllı seviyeler eşlik etmektedir. Alüvyonun daha altında yer alan konglomera birimi de su tutan bir litolojiye sahiptir ve suyun basınç altında bulunduğu durumlarda açılan kuyu içerisinde kuyunun yarı artezyen yapmasına neden olmaktadır.

4.3.4.8. Yorum ve Öneriler

Alüvyon çökelleri, üzerinde yapılaşmanın yaygın olduğu bir birimdir ve bu yapılar genel olarak eski yapılarıdır. Yeraltı su seviyelerinin yüzeye yakın olması, alüvyon killilerinin konsolidasyon oturmaları meydana getirebilecek bir zemin sınıfını oluşturuyor olması, bu birimin mühendislik açısından problemleri oluşturmaktadır. SPT darbe sayılarının yüksek değerler vermesi alüvyon killeri içerisinde sıkça görülmekte olan karbonat çakılları ile karbonat yumrulu seviyelerden kaynaklanmaktadır. Alüvyonda yapılan zemin araştırmalarına yönelik çalışmalarda karşılaşılan bu durum taşıma gücü değerlerinin de gerçekten farklı

olarak oldukça yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Bu bakımdan sondajlardan elde edilen örselenmemiş numuneler üzerinde yapılacak fiziksel ve mekanik deneyler de arazi deneyleri kadar önemsenmelidir. Alüvyonda burgu ile ve kuru sistem yapılan delgilerden oldukça iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu, aynı zamanda kuyu içerisinden daha az örselenerek numune alımının gerçekleşmesini sağlamaktadır.

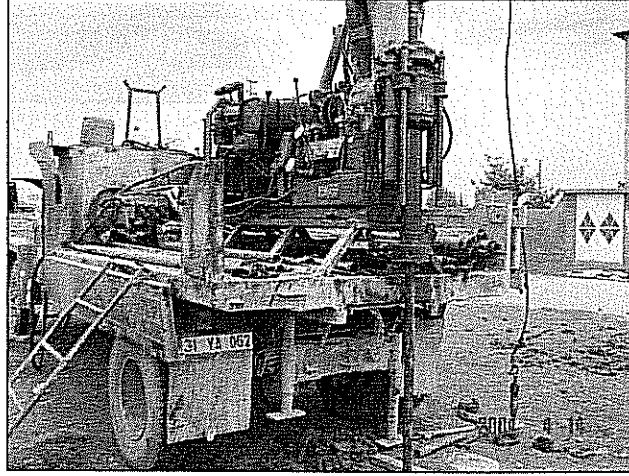
Alüvyonda yapılan jeofizik ölçümlerle elde edilmiş sonuçlara bakıldığında, zemin hakim titreşim periyodu değerlerinin litolojik farklılığa bağlı olarak 0.25 sn ile 0.57 sn arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Bu aralık, titreşim periyodu değeri için geniş bir aralıktır. Kuvvetli yer hareketleri sırasında rezonans açısından yapısal bir tehlike oluşmaması için titreşim periyodu değerlerinin yersel anlamda önceden belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada yapılamamış olmasından dolayı ancak bir tavsiye ve öneri niteliğinde ifade edilebilecek olan konu, alüvyon killерinin muhtemel şişme ve kabarma derecelерidir. Plastisite derecelерinin yüksek oluşları şişme ve kabarmanın Adana ili alüvyon killeri için önemli olabileceğini düşündürmektedir. Bu amaçla konunun ayrıntılı olarak araştırılması gerekmektedir.

4.4. Sondaj Çalışmaları

Bu bölümde, yürütülen çalışma kapsamında Adana ili yerleşim alanı zeminlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmış olan sondaj çalışmalarından bahsedilmiştir. Sondajlar, veri eksikliklerinin olduğu bölgelerde uygun yerler seçilerek yapılmıştır. Daha önce de bahsedildiği gibi taraça çökelleri klasik sondajlı yöntemlerle incelenmesi uygun olmayan bir litolojiyi oluşturmaktadır. Bu yüzden seçilen sondaj yerlerinin hiçbiri taraça içerisinde konumlandırılmamıştır. Ancak SK-7 ve SK-16 sondaj yerlerinde olduğu gibi alüvyon biriminin daha altında taraça çökelleri ile karşılaşılabilmiştir. Handere Formasyonu'na ait killi birimler de yüzeyde oldukça kalın istifler sunduklarından (tepeler şeklinde) ve özellikleri ile ilgili yeteri kadar bilgi sahibi olduğundan sondajlı incelemeye tabi tutulmamışlardır. Sonuçta, geniş alanlar kaplayan alüvyon çökelleri ile daha fazla bilgi sahibi olunması istenen kalış çökellerinde sondaj çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında yapılmış olan sondaj çalışmalarında Amerikan yapımı kamyonu monte, kızaklı TSM 750 marka rotary sistem çalışan sondaj makinesi kullanılmıştır (Şekil 4.124).



Şekil 4.124. Bu çalışmada kullanılan TSM 750 kızaklı sondaj makinesi.

Çalışmalarda zeminin delinebilme durumuna göre ilerleme yöntemi seçilmiştir. Alüvyon killerin büyük çoğunluğunda burgulu delicilerle (auger) kuru sistem ilerlenirken, kalış birimi sulu sistem ilerlemeyi gerekli kılmıştır. Yapılan sondajların mahallelere göre dağılımları ve küresel konumlandırma sistemi (GPS) ile alınmış koordinatları ile bazı kuyu bilgileri Çizelge 4.86'da sunulmuştur.

4.86. Yapılan sondajlara ait genel bilgiler.

<i>Esat No</i>	<i>Koordinat</i>	<i>Rakım</i>	<i>Yer Adı</i>	<i>Derinlik (m)</i>	<i>Y.S.S. (m)</i>	<i>Litoloji</i>
SK 1	08237 D 96626 K	20 m	Sinanpaşa Mah.	10.00	-	Alüvyon
SK 2	10606 D 95795 K	27 m	Başak Mah.	15.45	-	Alüvyon
SK 3	09838 D 94470 K	17 m	Bahçelievler Mah.	15.45	-	Alüvyon
SK 4	12205 D 95022 K	38 m	Çamlıbel Mah.	9.80	-	Alüvyon
SK 5	12633 D 96533 K	34 m	Yenidoğan Mah.	10.00	-	Alüvyon
SK 6	12110 D 94980 K	24 m	Levent Mah.	15.45	5.40	Alüvyon
SK 7	08621 D 98282 K	19 m	Yavuzlar Mah.	10.00	4.80	Alüvyon + taraça
SK 8	04018 D 97066 K	20 m	Narlıca Mah.	12.00	7.00	Alüvyon
SK 9	00944 D 97725 K	25 m	Fevzipaşa Mah.	14.55	12.70	Alüvyon
SK 10	99524 D 97579 K	25 m	Yeşiloba Mah.	14.90	11.30	Alüvyon
SK 11	98171 D 96555 K	21 m	Hipodrom	15.45	2.70	Alüvyon
SK 12	03272 D 98111 K	22 m	Yeşilevler Mah.	12.45	-	Alüvyon
SK 13	01443 D 00512 K	70 m	2000 Evler Mah.	12.45	-	Kaliş
SK 14	00079 D 01665 K	82 m	100. Yıl Mah.	10.00	-	Kaliş
SK 15	03505 D 00085 K	55 m	Pınar Mah.	10.00	-	Alüvyon
SK 16	04536 D 98360 K	25 m	Mithatpaşa Mah.	6.00	-	Alüvyon + taraça
SK 17	06397 D 95683 K	22 m	Mirzaçelebi Mah.	10.00	5.80 m	Alüvyon

Çalışmanın başlangıcında her 1.5 metrede SPT ve her 3 metrede örselenmemiş zemin örneği (UD) alınması tasarlanmış ve uygulamada zemin koşullarının elverdiği ölçüde bu tasarıma uyulmuştur.

4.4.1. SPT Darbe Sayılarının Değerlendirilmesi İle Taşıma Gücü Değerlerinin Belirlenmesi

Zemin taşıma güçlerinin SPT verileriyle değerlendirilmesinde kullanılan bir çok yöntem bulunmaktadır. Terzaghi ve Peck tarafından 1967 yılında önerilen yöntem bu konuda en kolay değerlendirmenin yapılabildiği en eski uygulamadır. Daha sonraları Meyerhof, Bowles gibi tanınmış araştırmacıların yöntemleri de oldukça geniş kullanım alanı bulmuştur.

Çalışmanın bu bölümünde yapılmış standart penetrasyon deney verileri kullanılarak emin taşıma güçlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hesaplamalarda Meyerhof (1974; Carter ve Bentley, 1991'den) tarafından önerilen bağıntılar kullanılmıştır. Bunun seçilmesindeki etmen Meyerhof'un Bowles ve Terzaghi yöntemleri ile elde edilmiş değerlere göre ortalama bir değer veriyor olmasıdır. Kullanılan bağıntı şu şekilde ifade edilmektedir;

$$q_a = 12N * k_d \quad B \leq 1.22 \text{ m ise} \quad (\text{kN/m}^2) \quad (4.18)$$

$$q_a = 8N * \left(\frac{B + 0.305}{B} \right)^2 * k_d \quad B > 1.22 \text{ m ise} \quad (\text{kN/m}^2) \quad (4.19)$$

Bu bağıntılarda;

q_a : izin verilebilir taşıma gücü

N : 30 cm giriş için SPT darbe adedi

B : temel genişliği (m)

D : temel derinliği (m)

$$k_d = 1 + 0.33 * \left(\frac{D}{B} \right) \leq 1.33$$

olarak ifade edilen bir değerdir

Meyerhof bağıntısı kullanılarak yapılan taşıma gücü hesaplamalarında $k_d \leq 1.33$ kriterinin sağlanması amacıyla temel genişliği ve temel derinliği 3 m olarak alınmıştır. Elde edilen izin verilebilir taşıma kapasitesi değerleri (q_a) her sondaja ait SPT verisi ilgili sondajlar bölümünde çizelgeler halinde gösterilmiştir.

4.4.2. Kuyu Tanımlamaları ve Kuyu Örneklerinin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Bu bölümde, yapılan 17 adet sondajın her birinden alınan örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde gerçekleştirilen deneyler ile elde edilmiş bazı fiziksel ve mekanik özellikler

sunulmuştur. Çok sayıda alt başlık oluşturulmasından kaçınmak için sondaj kuyularına ait bilgiler sadece başlıklar şeklinde verilmiştir. Sondajlara ait verileri içeren çizelgelerde N_{60} düzeltilmiş SPT darbe sayıları ve V_s kayma dalgası hızı değerleridir. Kayma dalgası hızları Imai ve Tonouchi (1982) bağıntısı kullanılarak elde edilmiş değerleri içermektedir (bknz Bölüm 4.10.7).

SK-1 Sondajı (08327 D/ 96626 K)

Yüreğir ilçesi Sinanpaşa mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.125). Kuyu yeri Seyhan nehrine yaklaşık 250 metre uzaklıktadır. Kuyu 10.60 m'de sonlandırılmış olup kuyu boyunca kesilen litoloji değişmemiştir. Üstte yer alan koyu kahverengi, plastik alüvyon kili karbonat yumruları ve çakıl boyutu malzeme içermediği için SPT darbe sayıları oldukça düşük elde edilmiştir. Ancak daha altta 6. metre ve sonrasında, bu kil birim içerisinde çakıl boyutu malzemelerde görüldüğünden SPT darbe sayıları birden yükselmiştir. Bu sondaja ait kuyu logu EK-2'de verilmiştir. Kuyu sonunda SPT çakma başlığının boş gelmesi ve SPT-N darbe sayılarının 50 değerini geçmesi 7. metreden sonra çakıl boyutunun artmış olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

CH ve CL türünde olduğu tespit edilen killerin doğal birim hacim ağırlık değerleri 1.43 ile 1.82 gr/cm^3 , likit limitleri % 40.51 ile % 60.40 ve plastik limitleri % 16.30 ile % 25.23 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.87). SPT deneylerinden elde edilmiş darbe sayıları (N) ile elde edilmiş düzeltilmiş darbe sayıları (N_{60}) ve darbe sayılarına bağlı olarak hesaplanmış taşıma gücü değerleri (q_d) ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.88'de sunulmuştur.



Şekil 4.125. SK 1 (Sinanpaşa Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.

Çizelge 4.87. SK 1 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
1.50 – 1.95	1.71	1.63	0.30	50.50	24.13	CH
3.00 – 3.45	1.82	1.70	0.28	44.21	17.70	CL
4.50 – 4.95	1.43	1.37	0.16	40.51	16.30	CL
6.00 – 6.45	1.73	1.65	4.51	60.40	25.23	CH

Çizelge 4.88. SK 1 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_a (kN/m ²)	V_s (m/sn)
1.50	9	5	64.6	193
3.00	15	8	103.3	227
4.50	17	10	129.1	236
6.00	53	30	387.4	337
7.50	R	-	-	-
9.00	R	-	-	-
10.50	R	-	-	-

SK-2 Sondajı (10606 D/ 95795 K)

Yüreğir ilçesi Başak mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.126). Kuyu yeri, E-5 karayolunun yaklaşık 100 m güneyindedir. Kuyu 15.45 metrede sonlandırılmış olup litolojik yayılım çok değişken değildir. 5 metreden sonra SPT darbe sayılarının artması kil birimi içerisindeki taşlaşmış karbonat yumrularının varlığından kaynaklanmıştır. Bu sondaja ait kuyu logu EK-2’de verilmiştir.



Şekil 4.126. SK 2 (Başak Mah.) no’lu sondaj çalışmasından görünüm.

SK 2 sondajından elde edilen numuneler üzerinde yapılan deneyler zeminin CL ve CH türü killerden oluştuğunu ortaya koymuştur. Doğal birim hacim ağırlıkları 1.65 ile 1.93 gr/cm³, likit limit (%) 36.30 ile 58.80 ve plastik limit (%) değerleri 17.21 ile 25.24 arasında değişmektedir (Çizelge 4.89).

Bu sondajda SPT darbe sayılarının 15 ile 46 arasında değiştiği görülmektedir. Darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_u) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.90'da verilmiştir.

Çizelge 4.89. SK 2 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
1.50 – 1.95	1.65	1.58	0.58	36.30	17.21	CL
3.00 – 3.45	1.74	1.66	1.31	-	-	-
4.50 – 4.95	1.74	1.66	1.72	-	-	-
7.50 – 7.95	1.85	1.77	4.98	46.82	25.24	CL
9.00 – 9.45	1.67	1.60	1.56	58.80	22.44	CH
10.50 – 10.95	1.75	1.68	2.91	53.20	23.42	CH
12.00 – 12.45	1.73	1.66	2.65	-	-	-
13.50 – 13.95	1.93	1.75	3.40	41.34	13.98	CL
15.00 – 15.45	1.92	1.83	0.52	46.80	24.11	CL

Çizelge 4.90. SK 2 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_u (kN/m ²)	V_s (m/sn)
1.50	15	8	103.3	227
3.00	25	14	180.8	266
4.50	24	14	180.8	263
6.00	-	-	-	-
7.50	45	25	322.8	320
9.00	42	24	309.9	313
10.50	46	26	335.7	322
12.00	35	20	258.3	296
13.50	46	26	335.7	322
15.00	44	25	322.8	318

SK-3 Sondajı (09838 D/ 94470 K)

Yüreğir ilçesi Bahçelievler mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.127). Kuyu yeri, İmadettin Levent İlköğretim Okulu'na yaklaşık 300 metre uzaklıktadır. Kuyu 15.45 m'de sonlandırılmış olup kuyu boyunca kesilen litoloji çok fazla değişmemiştir. Bu sondajda da üstteki 5 metrelik seviye için SPT değerleri oldukça uyumlu çıkmıştır. Üstte yine koyu kahverengi, plastik alüvyon kili yer almaktadır. 10. metreden sonra bu birim içerisinde karbonat çakılları ile birlikte kum boyutu malzeme de görülmektedir. Bu sondaja ait kuyu logu EK-2'de verilmiştir.

Bu sondajda kesilen kil birimi CL zemin sınıfında yer almaktadır. Doğal birim hacim ağırlıkları 1.66 ile 1.84 gr/cm³, likit limit % 29.10 ile % 48.80 ve plastik limit % 13.30 ile % 18.52 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.91).



Şekil 4.127. SK 3 (Bahçelievler Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.

Çizelge 4.91. SK 3 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
1.50 – 1.95	1.66	1.59	0.81	29.92	13.30	CL
4.50 – 4.95	1.71	1.63	1.25	29.10	17.24	CL
5.50 – 5.95	1.72	1.65	2.01	-	-	-
6.50 – 6.95	1.76	1.68	2.44	-	-	-
7.50 – 7.95	1.84	1.76	2.72	40.04	17.70	CL
9.00 – 9.45	1.79	1.71	2.54	48.80	18.52	CL
10.50 – 10.95	1.79	1.71	2.18	41.81	17.35	CL
12.00 – 12.45	1.72	1.65	1.56	-	-	-
13.50 – 13.95	1.75	1.68	2.60	45.20	20.05	CL
15.00 – 15.45	1.70	1.62	1.91	34.90	18.52	CL

SPT darbe sayıları SK 2 sondajına oldukça benzer şekilde 16 ile 49 arasında değişmektedir. SPT darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_u) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.92’de verilmiştir.

Çizelge 4.92. SK 3 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_u (kN/m^2)	V_s (m/sn)
1.50	16	9	116.2	231
3.00	22	12	155.0	256
4.50	26	15	193.7	270
6.00	37	21	271.2	301
7.50	40	23	297.0	309
9.00	38	21	271.2	304
10.50	36	20	258.3	299
12.00	28	16	206.6	276
13.50	42	24	309.9	313
15.00	49	28	361.6	329

SK-4 Sondajı (12205 D/ 97832 K)

Yüreğir ilçesi Çamlıbel mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.128). Sondaj yeri, Şehit Gaffar Okan İlköğretim Okulu’na yaklaşık 100 metre uzaklıktadır. Kuyu 10.00 m’de sonlandırılmış olup kuyu boyunca kesilen litoloji değişmemiştir. Üstte yer alan koyu kahverengi, plastik alüvyon kili nispeten düşük SPT sayıları verirken 7. metreden sonra ince çakıl boyutu malzeme ile birlikte karbonat yumrularının artması nedeniyle SPT değerlerinde artışlar meydana gelmiştir. Bu sondaja ait kuyu logu EK-2’de verilmiştir.



Şekil 4. 128. SK 4 (Çamlıbel Mah.) no’lu sondaj çalışmasından görünüm.

Sondajda CL türü ince taneli zeminlerle birlikte SC-SM zemin grubunda iri taneli zeminlerin yer aldıkları görülmüştür. CL türü killerin birim hacim ağırlıkları 1.8.65 – 1.95 gr/cm³, likit limitleri % 22.80 – 46.60 ve plastik limitleri % 13.28 – 24.13 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.93).

Çizelge 4.93. SK 4 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
1.50 – 1.95	1.95	1.86	0.52	40.54	18.82	CL
3.00 – 3.45	1.99	1.91	1.38	22.80	16.55	SC-SM
4.50 – 4.95	1.92	1.84	0.23	34.36	13.28	CL
6.00 – 6.45	1.87	1.78	0.78	46.60	24.13	CL
7.50 – 7.95	1.86	1.78	0.96	35.04	18.00	CL
9.55 – 9.80	1.92	1.84	0.68	34.92	18.45	CL

SPT darbe sayılarının 19'dan başlayıp refü veren değerlere kadar gittiği görülmektedir. Darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_u) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.94'de verilmiştir.

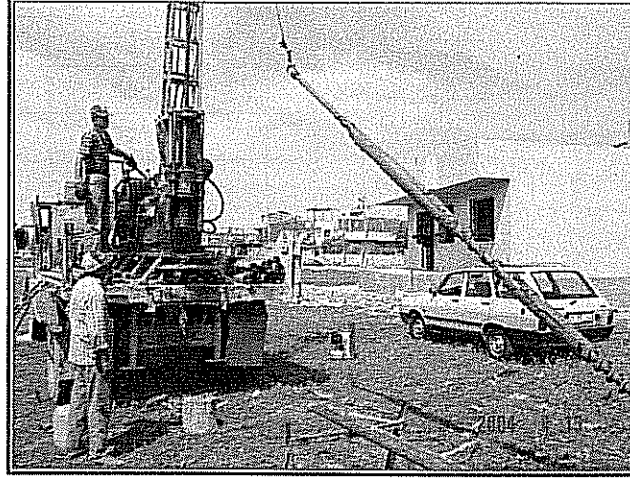
Çizelge 4.94. SK 4 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_u (kN/m ²)	V_s (m/sn)
1.50	19	11	142.0	244
3.00	28	16	206.6	276
4.50	35	20	258.3	296
6.00	34	19	245.4	293
7.50	R	-	-	-
9.00	R	-	-	-

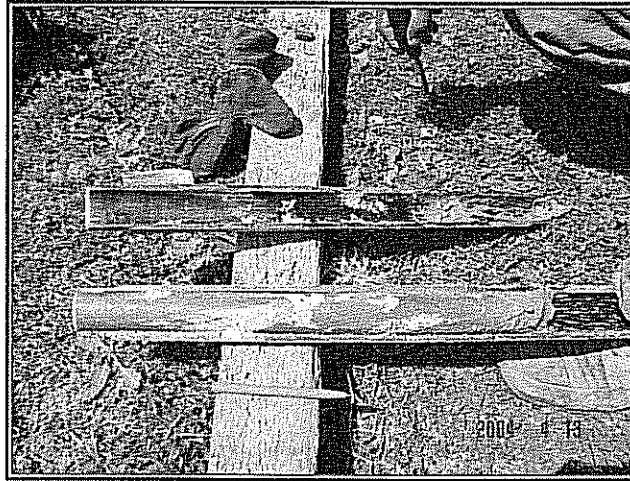
SK-5 Sondajı (12633 D/ 96533 K)

Yüreğir ilçesi Yenidoğan mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.129). Sondaj, İncirlik havaalanının yaklaşık 1 km batısındadır. Kuyu 10.00 m'de sonlandırılmış olup kuyu boyunca kesilen litoloji kısmen değişen özellikler göstermektedir. Diğer lokasyonlardan en belirgin fark koyu kahverengi alüvyon kili içerisindeki karbonat yumrularının 3 m gibi düşük bir

derinlikten hemen sonra görülmeye başlanmasıdır (Şekil 4.130). Bu durum SPT sayılarına artışlar şeklinde yansımıştır. Bu sondaja ait kuyu logu EK-2’de verilmiştir.



Şekil 4.129. SK 5 (Yenidoğan Mah.) no’lu sondaj çalışmasından görünüm.



Şekil 4.130. Karnıyarık tüpü içinden çıkan karbonat yumrulu kil birimi.

Kuyuda kesilen birimlerin diğer sondajlardakine benzer şekilde CL ve CH türü kiler oldukları tespit edilmiştir. Zeminlerin geneli için doğal b.h.a değerleri (γ_n) 1.73 ile 1.92 gr/cm^3 , likit limitleri % 28.48 ile % 58.80 ve plastik limitleri % 14.12 ile % 22.15 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.95).

SPT darbe sayıları sondaj derinliği boyunca 23 ile 60 arasında değişmektedir. Darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_a) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.96’da verilmiştir.

Çizelge 4.95. SK 5 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

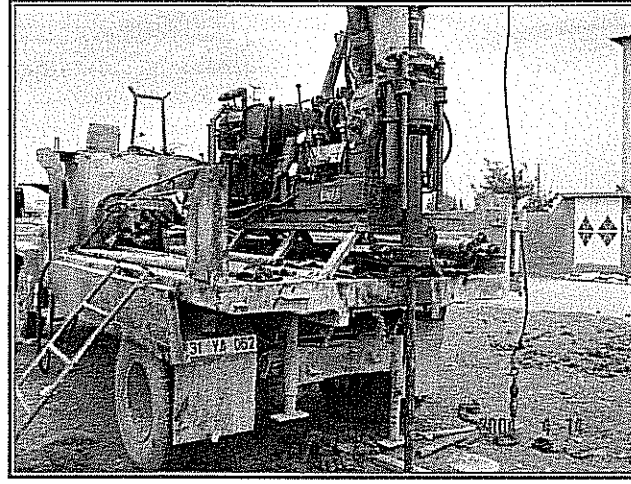
<i>Derinlik (m)</i>	γ_n (<i>gr/cm³</i>)	γ_k (<i>gr/cm³</i>)	<i>c</i> (<i>kg/cm²</i>)	<i>LL (%)</i>	<i>PL (%)</i>	<i>Zemin Cinsi</i>
1.50 – 1.95	1.73	1.65	0.92	36.21	16.62	CL
3.00 – 3.45	1.86	1.77	0.30	28.48	14.12	CL
4.50 – 4.95	1.77	1.69	1.22	58.80	18.96	CH
6.00 – 6.45	1.82	1.74	1.06	51.62	22.15	CH
7.50 – 7.95	1.92	1.84	0.80	43.08	18.16	CL
9.55 – 10.00	1.91	1.84	0.60	41.81	17.88	CH

Çizelge 4.96. SK 5 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

<i>Derinlik (m)</i>	<i>SPT – N₃₀</i>	<i>N₆₀</i>	<i>q_a</i> (<i>kN/m²</i>)	<i>V_s</i> (<i>m/sn</i>)
1.50	23	13	167.9	259
3.00	40	23	297.0	309
4.50	40	23	297.0	309
6.00	37	21	271.2	301
7.50	32	18	232.4	288
9.00	60	34	439.1	350

SK-6 Sondajı (12110 D/ 94980 K)

Yüreğir ilçesi Levent mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.131). Kuyu yeri, E-5 karayolunun yaklaşık 2 km güneyindedir. Kuyu 15.45 m’de sonlandırılmış olup kuyu boyunca kesilen litoloji fazla değişken özellikler göstermemektedir. Diğer lokasyonlardan farklı olarak bu sondaj kuyusunda ölçülen değeriyle 5.40 m’de yer altı suyu ile karşılaşmıştır. Birimin geneli az çakıl içeren karbonat yumrulu kilden oluşmaktadır. Kuyu sonunda elde edilen numunelerde karbonat yumrularının boyutlarında artış olmuştur, ancak bunun derinliğe bağlı olarak oluşumu ile ilgili bir tespit bulunulamamıştır. Bu sondaja ait kuyu logu EK-2’de verilmiştir.



Şekil 4.131. SK 6 (Levent Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.

SK 6 sondajında kesilen birimlerin CL türü killer oldukları belirlenmiştir. Birimlerin geneli için birim hacim ağırlıkları 1.71 ile 2.02 gr/cm^3 , likit limit değerleri % 32.30 ile % 42.70 ve plastik limit değerleri % 14.26 ile % 17.70 arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.97).

Çizelge 4.97. SK 6 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm^3)	γ_k (gr/cm^3)	c (kg/cm^2)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
3.00 – 3.45	1.71	1.64	2.14	32.30	15.56	CL
4.50 – 4.95	1.81	1.73	1.15	-	-	-
6.00 – 6.45	1.65	1.58	0.82	-	-	-
7.50 – 7.95	1.85	1.77	0.98	40.11	17.70	CL
9.00 – 9.45	2.02	1.93	0.62	42.70	16.86	CL
10.50 – 10.95	1.78	1.70	0.78	41.84	16.78	CL
12.00 – 12.45	1.69	1.62	0.74	-	-	-
13.50 – 13.95	1.89	1.81	1.12	36.28	14.26	CL
15.00 – 15.45	1.88	1.79	1.32	-	-	-

SK 6 sondajı da tipik alüvyon kili birimlerine ait özelliklerin tespit edildiği bir veri noktasıdır. Örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde yapılmış serbest basınç dayanımı deney sonuçları birimin kohezyon değerlerinin 0.74 ile 2.14 kg/cm^2 arasında değişmekte olduğunu ortaya koymaktadır. Derinliğe bağlı olarak dayanım parametresinde artışın olduğu bir duruma rastlanmamıştır. Bunda, derinlik artışı ile birlikte karşılaşılan yeraltı suyunun birimin doygunluğunu artırarak dayanımının düşmesine neden olduğu etkili olmaktadır.

SPT darbe sayılarının 23 ile 56 değerleri arasında değiştiği lokasyon için SPT darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma g¼c¼ (q_u) değerleri ve kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.98’de verilmiştir.

Çizelge 4.98. SK 6 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_u (kN/m ²)	V_s (m/sn)
1.50	23	13	167.9	259
3.00	24	14	180.8	263
4.50	26	15	193.7	270
6.00	35	20	258.3	296
7.50	35	20	258.3	296
9.00	26	15	193.7	270
10.50	32	18	232.4	288
12.00	25	14	180.8	266
13.50	45	24	310.0	320
15.00	56	32	413.2	343

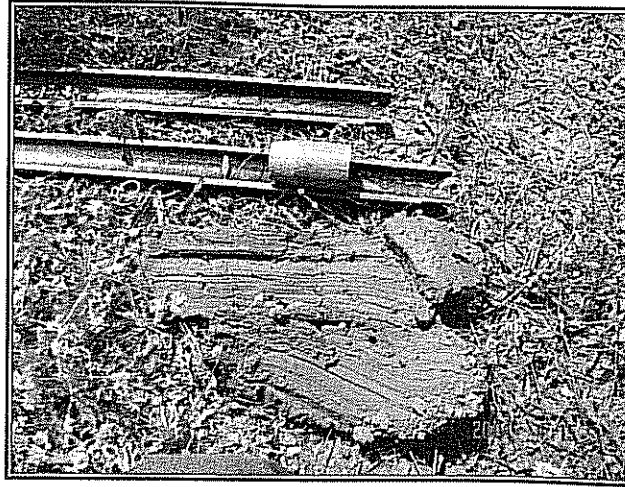
SK-7 Sondajı (08621 D/ 98282 K)

Y¼reęir ilęesi Yavuzlar mahallesinde yapılmıştır (şekil 4.132). Sondaj yeri, İl Jandarma Komutanlığı sınırları içerisinde yer almaktadır. Kuyu 10.00 m’de sonlandırılmış olup kuyu boyunca kesilen litoloji değişen özellikler g¼stermektedir. Yaklaşık 5.5-6.0 metre kalınlığındaki al¼vyon kili (şekil 4.133), altında gevşek kumlu çakıl ve bu birimin de altında kısmen ayrışmış, çimentolu kumlu taraça konglomerası yer almaktadır. Çakıllı birim ve daha alttaki kumlu taraça biriminde yapılan SPT deneylerinde 50 darbe ile ancak 12 cm’lik ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu seviyelerden örselenmemiş örnek alımı m¼mk¼n olamamıştır. Ancak SPT t¼pleri içerisinden çıkan iri taneli malzemeler değerlendirilebilmiştir. Bu sondaja ait kuyu logu EK-2’de verilmiştir.

CL grubunu temsil eden al¼vyon kilinin birim hacim ağırlıkları 1.69 ile 1.82 gr/cm³, likit limit değerleri % 34.98 ile % 42.74 ve plastik limit değerleri % 14.18 ile % 17.00 arasında değişmektedir (Çizelge 4.99).



Şekil 4.132. SK 7 (Yavuzlar Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.



Şekil 4.133. Burgu ile 4 m derinlikten çıkarılan altıvyon kili.

Çizelge 4.99. SK 7 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

<i>Derinlik (m)</i>	γ_n (<i>gr/cm³</i>)	γ_k (<i>gr/cm³</i>)	<i>c</i> (<i>kg/cm²</i>)	<i>LL (%)</i>	<i>PL (%)</i>	<i>Zemin Cinsi</i>
1.50 – 1.95	1.69	1.61	1.20	34.98	14.18	CL
3.00 – 3.45	1.82	1.74	4.30	42.74	17.00	CL
4.50 – 4.95	1.63	1.56	2.21	-	-	-
7.50 – 7.95	1.80	1.73	0.61	-	-	Taraça

SPT darbe sayıları ilk 6 metrelik derinlik için 18 ile 25 arasında değişen değerler vermişlerdir. Darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_a) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.100'de verilmiştir.

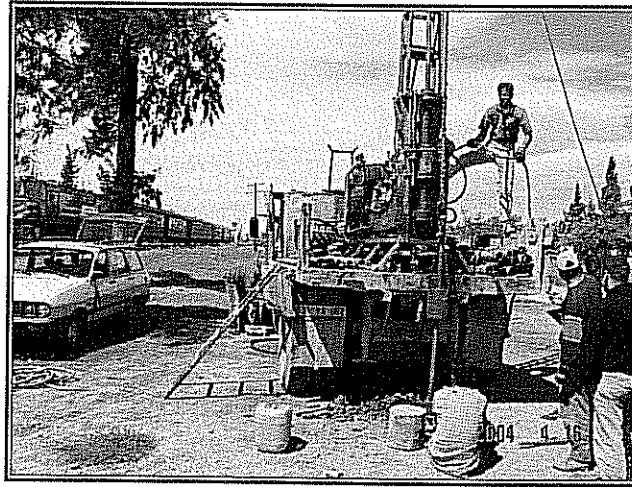
Çizelge 4.100. SK 7 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT - N_{30}	N_{60}	q_a (kN/m^2)	V_s (m/sn)
1.50	25	14	180.8	266
3.00	35	20	258.3	296
4.50	34	19	245.4	293
6.00	18	10	129.1	240
7.50	R	-	-	-
9.00	R	-	-	-

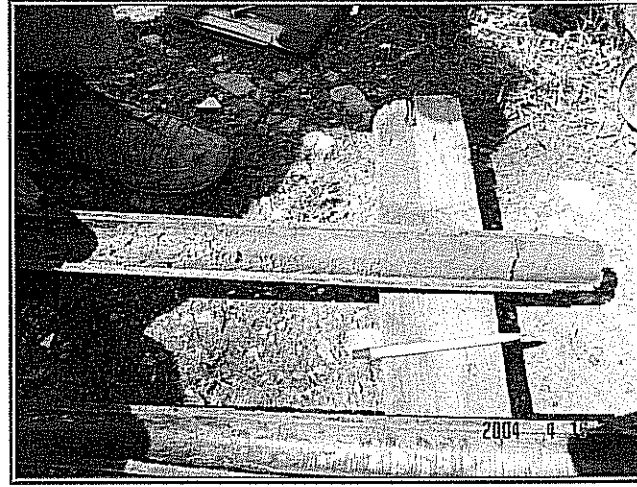
SK-8 Sondajı (04018 D/ 97066 K)

Seyhan ilçesi Narlıca mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.134). Sondaj yeri, 19 Mayıs Süper Lisesi'nin yaklaşık 300 m batısındadır. Başlangıçta 15.00 m olarak açılması düşünülen bu kuyu derine doğru göçmelerin başlaması nedeniyle 12.00 m'de sonlandırılmıştır. Kuyu boyunca alüvyon kili (Şekil 4.135), siltli kum, çakıllı kum, kumlu çakıl litolojilerindeki birimlerle karşılaşmıştır. 6. metreden sonra rastlanılan kum boyutu malzeme derine gittikçe irileşmiş ve çakıl, blok boyutları mertebesine ulaşmıştır. Kuyuda 7.0 metrede yeraltı suyuna rastlanmıştır. Bu durum iri taneli malzemenin doygun olmasına bu ise SPT değerlerinin değişmesine neden olmuştur. Bu sondaja ait kuyu logu EK-2'de verilmiştir.

Alüvyon kilinin CH zemin grubunda olduğu, birim hacim ağırlığının 1.67 ile 1.82 gr/cm^3 , likit limit değerinin % 55.85 – 69.00 ve plastik limit değerinin % 16.49 – 23.62 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.101).



Şekil 4.134. SK 8 (Narlıca Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.



Şekil 4.135. SPT tüpü ile 4.50 m derinlikten çıkarılan plastik alüvyon kili.

Çizelge 4.101. SK 8 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
1.50 – 1.95	1.73	1.66	1.93	61.71	23.62	CH
3.00 – 3.45	1.82	1.78	1.91	69.00	20.91	CH
4.50 – 4.95	1.67	1.60	1.27	55.85	16.49	CH

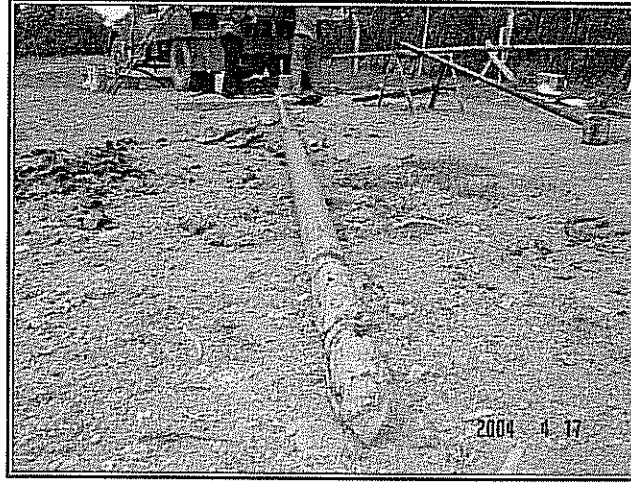
İnceleme derinliği boyunca SPT darbe sayılarının 27 ile 45 arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_a) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.102’de verilmiştir.

Çizelge 4.102. SK 8 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

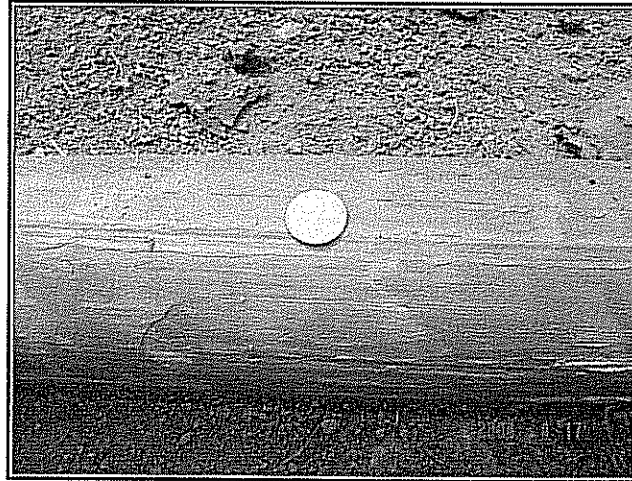
Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_a (kN/m ²)	V_s (m/sn)
1.50	34	19	245.4	293
3.00	36	20	258.3	299
4.50	29	16	206.6	279
6.00	27	15	193.7	273
7.50	R	-	-	-
9.00	37	21	271.2	301
10.50	45	24	310.0	320

SK-9 Sondajı (00944 D/ 97725 K)

Seyhan ilçesi Fevzipaşa mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.136). Sondaj yeri merkez otoparkın yaklaşık 800 m kuzeybatısında yer almaktadır. Bu lokasyonda da yine hakim litoloji olarak kil birimi ile karşılaşmıştır (Şekil 4.137). Kil birimine ince karbonat taneleri, ve kısmen çakıl boyutu malzemeler eşlik etmektedir. Birim içinde yer alan çakılların aşırı derecede altere oldukları ve el ile kolayca dağılabildikleri görülmektedir.

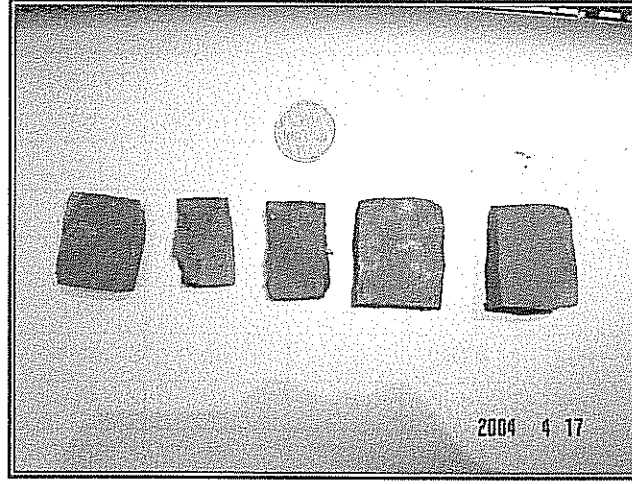


Şekil 4.136. SK 9 (Fevzipaşa mah) sondaj çalışmasından alınan kil örneğinin görünümü.



Şekil 4.137. SK-9 sondajında kesilen yüksek plastisiteli alüvyon kili.

Derine doğru inildikçe karbonat yumrularının boyutu ve sıklığı artmaktadır. Bu durum kuyu sonuna doğru SPT darbe sayılarının da ani artmasına neden olmuştur. 9. metreden sonra kilin rengi kiremit kırmızısına yakın bir renge dönüşmüştür (Şekil 4.138). Kuyuda ölçülmüş olan yeraltı su seviyesi 12.70 m'dir. Kuyu 15.00 metrede sonlandırılmış olup kuyuya ait log EK-2'de verilmiştir.



Şekil 4.138. 9.00 metreden sonra karşılaşılan kırmızı renkli alüvyon kırıntıları

CH zemin grubunda olduğu tespit edilen killerin birim hacim ağırlıkları 1.62-1.93 gr/cm³, likit limit değerleri % 52.23 – 78.52 ve plastik limit değerleri % 18.84- 25.50 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.103).

Çizelge 4.103. SK 9 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
1.50 – 1.95	1.70	1.63	0.72	52.23	18.84	CH
3.00 – 3.45	1.63	1.55	0.57	68.24	25.29	CH
4.50 – 4.95	1.62	1.55	0.82	-	-	-
6.00 – 6.45	1.65	1.58	0.31	73.25	21.50	CH
7.50 – 7.95	1.64	1.57	0.37	78.52	25.50	CH
9.00 – 9.45	1.93	1.85	0.74	-	-	-
10.50 – 10.95	1.63	1.56	0.81	67.22	23.11	CH

Bu sondajda SPT darbe sayıları en küçük 16 ve en yüksek refü veren değerler elde edilmiştir. Darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_d) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.104'de verilmiştir.

Çizelge 4.104. SK 9 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

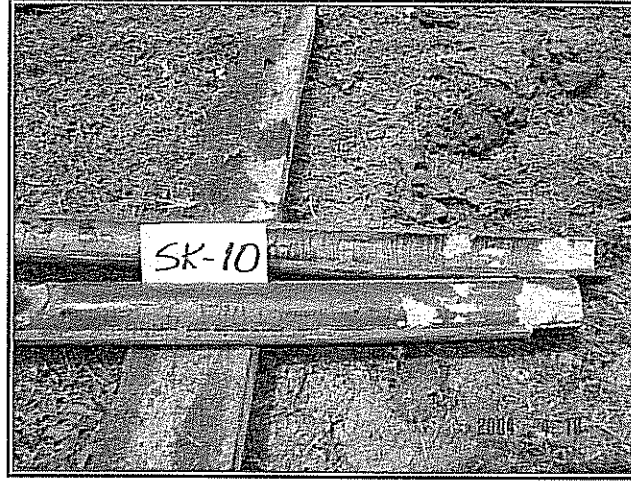
Derinlik (m)	SPT - N_{30}	N_{60}	q_a (kN/m^2)	V_s (m/sn)
1.50	18	10	129.1	240
3.00	16	9	116.2	231
4.50	23	13	167.9	259
6.00	35	20	258.3	296
7.50	40	23	297.0	309
9.00	30	17	219.5	282
10.50	59	33	426.1	349
12.00	R	-	-	-
13.50	42	24	310.0	313
15.00	R	-	-	-

SK-10 Sondajı (99524 D/ 97579 K)

Seyhan ilçesi Yeşiloba Afetevleri'nde yapılmıştır (Şekil 4.139). Kuyu 14.90 metrede sonlandırılmış olup kuyu derinliği boyunca litolojik açıdan çok fazla değişim gözlenmemiştir. Üstte yer alan alüvyon kili diğer sondaj noktalarındakilerden farklı olmamakla birlikte daha alttaki açık kahve renkli ve onun altındaki kırmızımsı renkli, karbonatlı kil (Şekil 4.140) birimiyle SK 9 sondaj yeri kesitiyle eşleşmektedir. Bu kuyuda da SK 9 kuyusunda olduğu gibi derine doğru inildikçe karbonat yumrularının birim içerisindeki dağılımı artmaktadır. Ölçülen yeraltı su seviyesi 11.30 metredir. SK 10 sondajı kuyu logu EK-2'de verilmiştir.



Şekil 4.139. SK 10 (Yeşiloba Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.



Şekil 4.140. Alüvyon kili içerisindeki karbonatlı seviyelerden birinin görünümü.

CH grubu zemin oldukları tespit edilen alüvyon killерinin doğal birim hacim ağırlıkları $1.68 - 1.72 \text{ gr/cm}^3$, likit limit değerleri $\% 51.88 - 76.90$ ve plastik limit değerleri $\% 16.23 - 23.37$ arasında yer almaktadır (Çizelge 4.105).

Çizelge 4.105. SK 10 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

<i>Derinlik (m)</i>	γ_n (gr/cm^3)	γ_k (gr/cm^3)	c (kg/cm^2)	LL (%)	PL (%)	<i>Zemin Cinsi</i>
1.50 – 1.95	1.69	1.62	1.17	58.04	16.23	CH
3.00 – 3.45	1.67	1.60	0.80	-	-	-
4.50 – 4.95	1.72	1.65	2.34	51.88	18.21	CH
6.00 – 6.45	1.69	1.62	1.51	69.28	21.00	CH
7.50 – 7.95	1.72	1.64	0.95	64.84	21.22	CH
9.00 – 9.45	1.68	1.61	1.12	70.53	16.85	CH
10.50 – 10.95	1.68	1.60	0.53	-	-	-
12.00 – 12.45	1.72	1.65	0.86	76.90	23.38	CH
14.55 – 14.90	1.74	1.66	0.12	71.63	22.44	CH

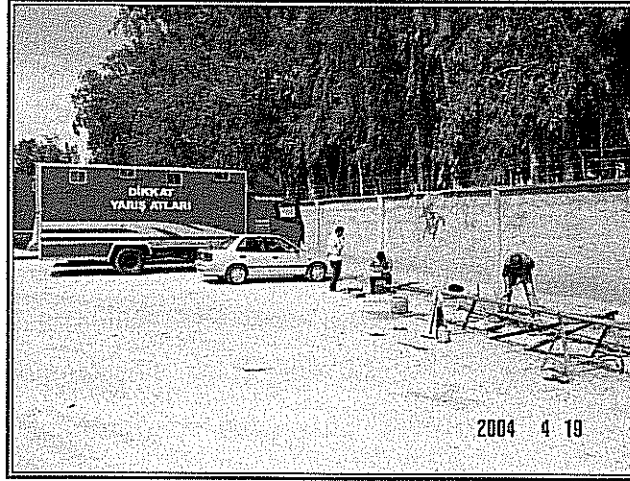
SPT darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_a) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.106'da verilmiştir.

Çizelge 4.106. SK 10 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT - N_{30}	N_{60}	q_a (kN/m^2)	V_s (m/sn)
1.50	23	13	167.9	259
3.00	23	13	167.9	259
4.50	35	20	258.3	296
6.00	41	23	297.0	311
7.50	44	25	322.8	318
9.00	44	25	322.8	318
10.50	36	20	258.3	299
12.00	R	-	-	-
13.50	R	-	-	-
15.00	R	-	-	-

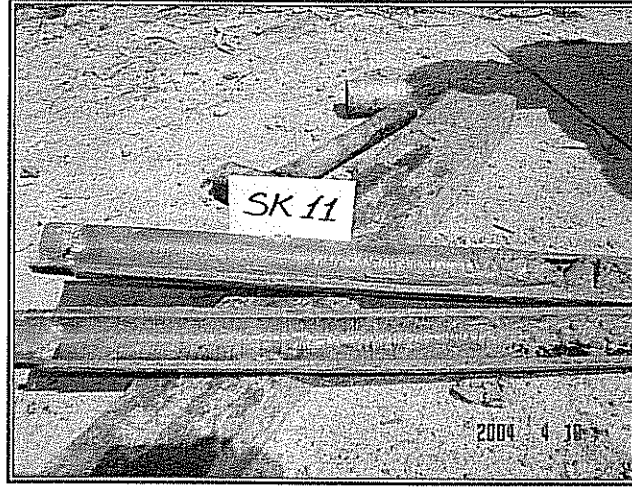
SK-11 Sondajı (98171 D/ 96555 K)

SK 11 sondajı, Adana il merkezi batısında yer alan hipodrom yerleşim alanı içerisinde yapılmıştır (Şekil 4.141). Sondaj noktası, E-5 karayolunun yaklaşık 300 metre güneyindedir. Kuyu 15.45 metrede tamamlanmış olup derinlik boyunca aykırı bir litoloji değişimi görülmemiştir.

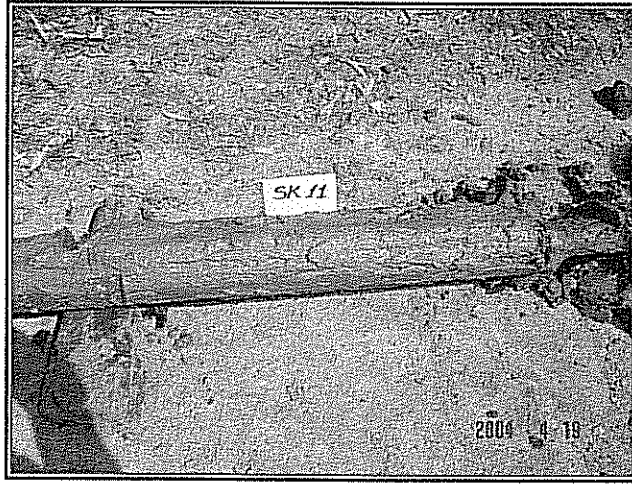


Şekil 4.141. SK 11 (Hipodrom) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.

Üst seviyelerden itibaren karşılaşılan koyu kahverengi, yüksek plastisiteli, ince karbonat taneli ve az çakıllı kil birimi kuyu sonuna kadar devam etmiştir (Şekil 4.142 ve Şekil 4.143).



Şekil 4.142. SK 11 sondajında kesilen koyu kahverengi, plastik saf alüvyon kili.



Şekil 4.143. Yeraltı su seviyesi altında burğu ile çıkarılmış alüvyon kili.

Seviyeler halinde kilin bileşimine kum boyutu malzemelerde eşlik etmiştir. Bu kumlu seviyeler kuyuya yeraltı su akışının olmasını sağlamış ve yeraltı su seviyesi 2.70 m olarak ölçülmüştür. Kuyunun genelinde SPT darbe sayılarının çok değişken olmayan düzenli bir dağılım sergilediği görülmektedir. Bu kuyuda, kil içerisinde yer alan karbonat yumrularının miktarı diğer sondaj yerlerine göre daha azdır. SK 11 sondajına ait kuyu logu EK-2’de verilmiştir.

Lokasyondan elde edilen örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde yapılan deneyler CH zemin grubundaki killerin doğal birim hacim ağırlıklarının 1.60 ile 1.88 gr/cm³, likit limit değerlerinin % 58.52 ile % 73.11 ve plastik limit değerlerinin % 18.86 ile % 30.16 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.107).

SK 11 sondajında SPT darbe sayılarının 12 ile 44 arasında değişmekte olduğu görülmüştür. SPT darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin

kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_a) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.108'de verilmiştir.

Çizelge 4.107. SK 11 (Hipodrom) sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
1.50 – 1.95	1.60	1.53	0.30	58.52	19.64	CH
3.00 – 3.45	1.72	1.65	0.63	59.80	21.13	CH
4.50 – 4.95	1.88	1.80	1.00	-	-	-
7.50 – 7.95	1.73	1.66	0.69	60.42	28.14	CH
9.00 – 9.45	1.79	1.71	0.67	58.95	18.86	CH
10.50 – 10.95	1.78	1.70	1.20	-	-	-
12.00 – 12.45	1.81	1.73	0.71	67.21	30.16	CH
13.50 – 13.95	1.72	1.65	1.16	61.77	19.18	CH
15.00 – 15.45	1.88	1.80	1.37	73.11	28.29	CH

Çizelge 4.108. SK 11 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_a (kN/m ²)	V_s (m/sn)
1.50	12	7	90.4	211
3.00	21	12	155.0	252
4.50	44	25	322.8	318
6.00	35	20	258.3	296
7.50	27	16	206.7	273
9.00	29	16	206.7	279
10.50	36	20	258.3	299
12.00	35	20	258.3	296
13.50	31	17	219.5	285
15.00	43	24	310.0	316

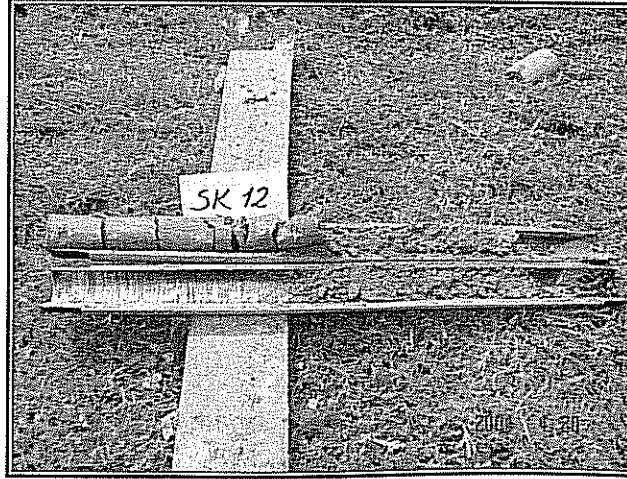
SK-12 Sondajı (03272 D/ 98111 K)

Seyhan ilçesi Yeşilevler mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.144). Sondaj, Kıyı Boyu Caddesi güneyinde yer almaktadır. Kuyu 12.15 metrede sonlandırılmış olup kuyu genelinde kesilmiş litoloji alüvyon kilidir. Kuyudan alınan örneklerin bazı seviyelerde az kum içeren kil oldukları görülmektedir (Şekil 4.145). Kum içeriğine bağlı olarak birimin rengi koyu

kahverenginden açığa doğru değişmekte ve litoloji kumlu siltli kil, kumlu silt halini almaktadır. 6. metreden sonra SPT darbe sayılarında belirgin bir artış göze çarpmaktadır. Bunun nedeni, kum ile kilin, bağlayıcı vazifesi gören karbonatla bir araya gelmesi sonucu sertleşerek taşlaşmış olmasıdır. Bu seviyeden sonra birim kısmen pekleşmiş bir durumda bulunmaktadır. Kuyuda yeraltı su seviyesine rastlanmamış olup kuyu logu EK-2’de verilmiştir.



Şekil 4.144. SK 12 (Yeşilevler Mah) no’lu sondaj çalışmasından görünüm.



Şekil 4.145. SPT tüpü ile alınmış kum içeren alüvyon kili örneği.

Alüvyon kilinin hem CH ve hem de CL zemin grubunda olduğu tespit edilmiştir. Birimin geneli için doğal birim hacim ağırlıkları 1.66 ile 1.74 gr/cm³, likit limitleri % 40.85 ile % 51.62 ve plastik limitleri % 17.23 ile % 24.13 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.109).

Çizelge 4.109. SK 12 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
3.00 – 3.45	1.71	1.63	1.03	51.62	24.13	CH
4.50 – 4.95	1.69	1.62	0.91	43.18	18.25	CL
9.00 – 9.45	1.66	1.60	2.98	40.85	17.23	CL
12.00 – 12.45	1.74	1.66	0.55	-	-	-

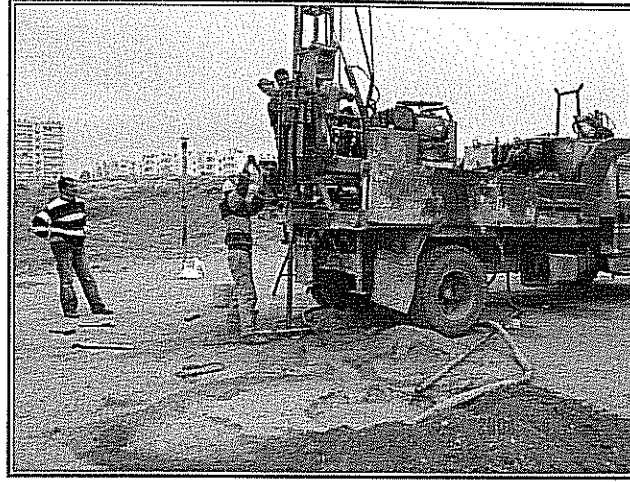
SPT darbe sayıları 6. metreden sonra artarak refü değerleri vermiştir. Bununla birlikte daha üst seviyelerde 21 ile 46 değerleri arasında değişen darbe sayıları elde edilmiştir. SPT değerleri kullanılarak elde edilmiş taşıma gücü (q_a) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.109'da verilmiştir.

Çizelge 4.110. SK 12 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

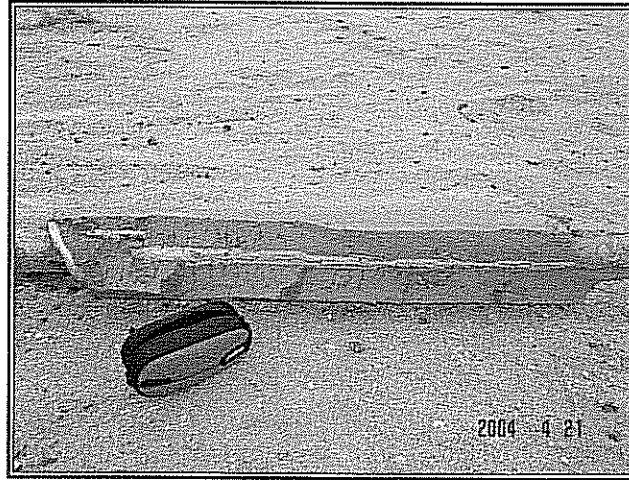
Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_a (kN/m ²)	V_s (m/sn)
1.50	21	12	155.0	252
3.00	33	19	245.4	290
4.50	46	26	335.7	322
6.00	R	-	-	-
7.50	R	-	-	-
9.00	R	-	-	-
10.50	R	-	-	-
12.00	R	-	-	-

SK-13 Sondajı (01443 D/ 00512 K)

Seyhan ilçesi 2000 Evler mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.146). Kuyu 12.15 metrede sonlandırılmıştır. Kaliş birimi içerisinde açılmış olan bir kuyudur. Kuyuda ilerlemeye başlangıçta kuru sistem başlanmış ancak ilerleme kaydedilemediği için ardından sulu sisteme geçilmiştir. Kaliş kili olarak isimlendirilen birim sondajın ilk metrelerinden itibaren görülmeye başlanmış (Şekil 4.147), daha derinlere doğru ise birim sert karbonat yumruları ile birlikte bulunmuştur. 4. metreden sonra ilerleme hızındaki yavaşlama ile birlikte SPT darbe sayıları da artmaya başlamıştır. 10 m derinlikten sonra, krem-açık sarı renkli, bitki kalıntıları içeren Handere Kili'ne girilmiştir. Kuyuda yeraltı suyuna rastlanmamış olup kuyu logu EK-2'de verilmiştir.



Şekil 4.146. SK 13 (2000 Evler Mah.) no'lu sondaj çalışmasından görünüm.



Şekil 4.147. SK 13 lokasyonu üst seviyelerinde kesilen karbonatsız kalış kili.

SK 13 sondajında kesilen kalış kili CH zemin grubunda yer almaktadır. Kilin birim hacim ağırlığı $1.69 - 1.93 \text{ gr/cm}^3$, likit limit değerleri % $59.74 - 61.46$ ve plastik limit değerleri % $18.68 - 24.22$ arasında değişmektedir (Çizelge 4.111).

Çizelge 4.111. SK 13 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

<i>Derinlik (m)</i>	γ_n (gr/cm^3)	γ_h (gr/cm^3)	c (kg/cm^2)	<i>LL (%)</i>	<i>PL (%)</i>	<i>Zemin Cinsi</i>
1.50 – 1.95	1.69	1.62	0.88	60.00	20.33	CH
3.00 – 3.45	1.88	1.71	1.11	61.46	18.68	CH
4.50 – 4.75	1.91	1.77	0.71	59.74	24.22	CH
7.50 – 7.74	1.93	1.84	0.98	60.61	20.98	CH

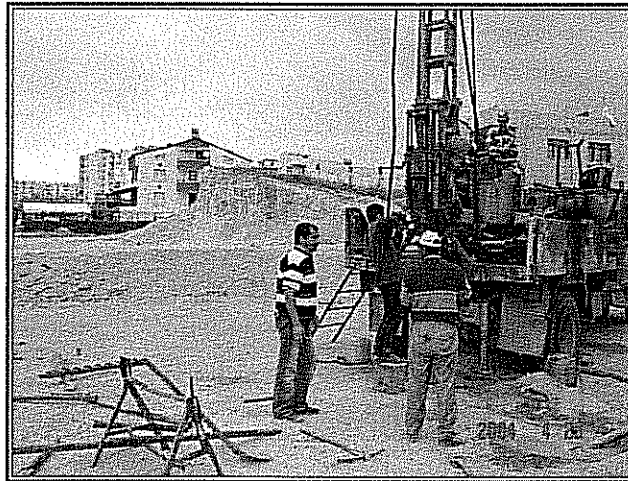
SPT darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_u) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.112’de verilmiştir.

Çizelge 4.112. SK 13 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_u (kN/m^2)	V_s (m/sn)
1.50	40	23	297.0	309
3.00	74	42	542.4	374
4.50	R	-	-	-
6.00	R	-	-	-
7.50	R	-	-	-
9.00	R	-	-	-
10.50	R	-	-	-
12.00	R	-	-	-

SK-14 Sondajı (00079 D/ 01665 K)

Seyhan ilçesi 100.Yıl Kadirbeyoğlu mahallesinde yapılmıştır. Yüzeyde kalış mostralarının da görülebildiği SK 14 sondajı 10.00 metrede sonlandırılmış olup tamamen kalış birimi içinde ilerlenmiştir (Şekil 4.148). SPT yüzeyden itibaren yüksek değerler vermiştir. Bu durum kalış içerisinde yer alan çakıl boyutu taneler ve karbonat yumrularından kaynaklanmıştır. Karot alımı çalışmalarında başarılı olunamaması, sediman örnekler ve SPT tüplerinden çıkan örneklerin değerlendirilmelerini zorunlu kılmıştır. Kuyuda yeraltı suyuna rastlanmamış olup kuyu logu EK-2’de verilmiştir.



Şekil 4.148. SK 14 (100 Yıl Kadirbeyoğlu Mah.) no’lu sondaj çalışmasından görünüm.

Sondajda ilk SPT seviyesinden sonra hem örselenmemiş örnek alımı ve hem de SPT yapımı imkansız hale geldiğinden bu anlamda istenilen bilgiler tam olarak alınamamıştır. Deney yapılan seviyeye ait bilgiler Çizelge 4.113’de verilmiştir.

Çizelge 4.113. SK 14 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

<i>Derinlik</i>	γ_n (gr/cm^3)	γ_k (gr/cm^3)	c (kg/cm^2)	<i>LL (%)</i>	<i>PL (%)</i>	<i>Zemin Cinsi</i>
1.50 – 1.95	1.60	1.53	1.33	68.58	22.75	CH

SK-15 Sondajı (03505 D/ 00085 K)

Seyhan ilçesi Pınar mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.149). Sondaj yeri Ayfer Doğruol İlköğretim okuluna yaklaşık 150 m mesafededir. Kuyu 10.00 metrede sonlandırılmış olup seviyelere bağlı olarak belirgin litoloji değişimleri tespit edilmiştir. Üstte yer alan kırmızı renkli karbonat yumrulu kil birimi (Şekil 4.150) 4.5 – 5.0 metreden sonra çakıllı kil halini almıştır. Bu seviyeden sonra SPT değerlerindeki artışın nedeni de kil içerisinde yer alan çakıllar ve karbonat yumrulu seviyeler olmuştur. Kuyuda yeraltı suyuna rastlanılmamış olup kuyu logu EK-2’de verilmiştir.



Şekil 4.149. SK 15 (Pınar Mah.) no’lu sondaj çalışmasından görünüm.

CH zemin grubu kil olduğu tespit edilmiş olan birime ait birim hacim ağırlıklarının, likit limit ve plastik limit değerlerinin oldukça dar bir aralıkta değişmekte olduğu dikkat çekicidir (Çizelge 4.114).



Şekil 4.150. Kırmızı renkli karbonat yumrulu kalış kili.

Çizelge 4.114. SK 15 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

<i>Derinlik (m)</i>	γ_n (<i>gr/cm³</i>)	γ_k (<i>gr/cm³</i>)	<i>c</i> (<i>kg/cm²</i>)	<i>LL (%)</i>	<i>PL (%)</i>	<i>Zemin Cinsi</i>
1.50 – 1.95	1.74	1.65	1.03	68.15	22.32	CH
3.00 – 3.45	1.72	1.65	0.94	64.40	21.91	CH
7.50 – 7.86	1.71	1.64	0.23	59.74	20.24	CH
9.55 – 10.00	1.74	1.66	0.26	52.22	24.21	CH

Karbonat yumrulu seviyelerin fazlalığı SPT darbe sayılarında da artışlara neden olur. Darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_a) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.115’de verilmiştir.

Çizelge 4.115. SK 15 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

<i>Derinlik (m)</i>	<i>SPT – N₃₀</i>	<i>N₆₀</i>	q_a (<i>kN/m²</i>)	V_s (<i>m/sn</i>)
1.50	24	14	180.8	263
3.00	52	29	374.5	335
4.50	R	-	-	-
6.00	R	-	-	-
7.50	R	-	-	-
9.00	55	31	400.3	341

SK-16 Sondajı (04536 D/ 98360 K)

Seyhan ilçesi Mithatpaşa mahallesinde yapılmıştır. Sondaj yeri Defne caddesi üzerinde yer almaktadır. Sondaj çalışmaları ile ilgili planlama öncesi, alüvyon içerisinde ilerleneceği düşünülen ve bu yüzden 10.00 m olarak tasarlanan kuyuda 2 metreden sonra taraça birimine girilmiş olmasından dolayı kuyu 5.00 metrede sonlandırılmıştır. Taraça birimi içerisindeki ilerlemeler, taraçanın gevşek tutturulmuş ve büyük ölçüde ayrılmış olmasından ötürü zor olmuş ve bu, örnek alımını da imkansız hale getirmiştir. SK 16 sondajına ait kuyu logu EK-2'de verilmiştir. Bu sondajdan elde edilen kısıtlı bilgiler Çizelge 4.116'da verilmiştir.

SPT darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_a) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.117'de verilmiştir.

Çizelge 4. 116. SK 16 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm ³)	γ_t (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
1.50 – 1.95	1.69	1.61	0.98	61.17	22.74	CH
2.00 – 5.00	-	-	-	-	-	Taraça

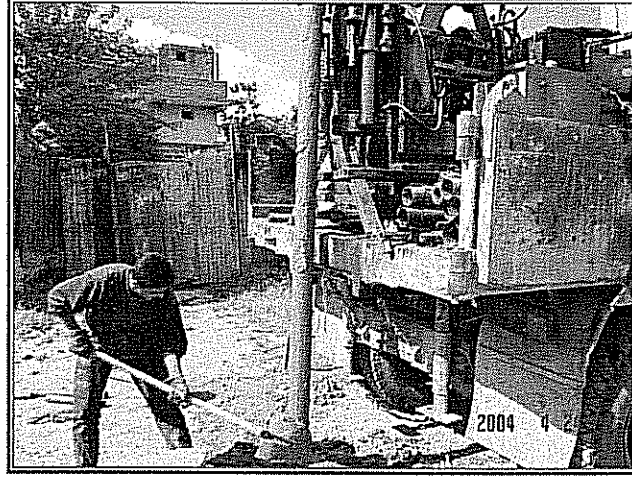
Çizelge 4.117. SK 16 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_a (kN/m ²)	V_s (m/sn)
1.50	51	29	374.5	333
3.00	R	-	-	-
4.50	-	-	-	-

SK-17 Sondajı (06397 D/ 95863 K)

Seyhan ilçesi Mirzaçelebi mahallesinde yapılmıştır (Şekil 4.151). Kuyu 10.00 metrede sonlandırılmıştır. Alüvyon içerisinde yapılan sondajlar içinde sadece bu lokasyon, ortaya çıkardığı sonuçlar açısından diğerlerinden farklılık sunmaktadır. Üstte 3.5 m kalınlığındaki alüvyon kili ile karışık dolgu malzemenin varlığı başlangıçta beklenenden çok farklı bir birimle karşılaşılmasına neden olmuştur. Bu dolgu malzeme zaman içerisinde sıkışmış olduğundan SPT darbe sayıları kısmen yüksek değerler vermiştir. Dolgu malzemenin altında (4.50 m) SPT darbe sayıları çok düşük değerler (6-8) veren çamur niteliğinde (siltli kil) bir birim ile karşılaşmıştır (Şekil 17). Kuyuda ölçülen yeraltı su seviyesi 5.80 metredir. Yeraltı

suyunun da etkisiyle iyice yumuşayan bu birim kuyu sonuna doğru (8.5 – 9.0 metreler arasında) kumlu kil – killi kum litolojisine dönüşmektedir (Şekil 4.152). Üstteki seviyeye göre daha sert bir litolojiyi oluşturan bu seviye içerisinde iri çakıl boyutu malzemelerin varlığı da dikkati çekmektedir. Lokasyona ait kuyu logu EK-2’de verilmiştir.



Şekil 4.151. SK 17 (Mirzaçelebi Mah.) no’lu sondaj çalışmasından görünüm.

Alüvyon kili CL zemin grubunda yer almaktadır. Birimin doğal birim hacim ağırlığı 1.71 ve 1.75 gr/cm³, likit limit değeri % 34.88 – 43.62 ve plastik limit değeri % 16.15 – 18.52 olarak belirlenmiştir. SC zemin grubu ile tanımlanmış olan kumlu kil birimi ise 1.89 ile 1.94 gr/cm³ doğal birim hacim ağırlığı değerleri vermiştir (Çizelge 4.118).



Şekil 4.152. SK 17 sondajından alınan alüvyon kilinin örneğinin görünümü.

Üstte yer alan dolgudan dolayı ilk 2 SPT seviyesi değerlendirme dışı tutulduğunda, SPT darbe sayılarının 6 ile 23 arasında değiştiği görülür. Darbe sayılarının derinliğe bağlı olarak değişimleri ile bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilmiş taşıma gücü (q_a) değerleri ile kayma dalgası hızları (V_s) Çizelge 4.119’da verilmiştir.

Çizelge 4.118. SK 17 sondajından elde edilmiş örnekler üzerinde yapılmış deney verileri.

Derinlik (m)	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	C (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	Zemin Cinsi
1.50 – 1.95	1.74	1.66	3.99	-	-	Dolgu
3.00 – 3.45	1.76	1.68	2.01	-	-	Dolgu
4.50 – 4.95	1.71	1.65	0.88	43.62	18.52	CL
6.00 – 6.45	1.75	1.61	0.74	34.88	16.15	CL
7.50 – 7.95	1.89	1.78	0.46	41.48	28.20	SC
9.55 – 10.00	1.94	1.81	0.39	35.20	24.13	SC

Çizelge 4.119. SK 17 sondajından elde edilen SPT darbe sayıları ve hesaplanan parametreler.

Derinlik (m)	SPT – N_{30}	N_{60}	q_u (kN/m ²)	V_s (m/sn)
1.50	52	29	374.5	335
3.00	26	15	193.7	270
4.50	6	3	38.7	170
6.00	8	5	64.6	186
7.50	18	10	129.1	240
9.00	23	13	167.8	259

4.4.3. Arazi ve Laboratuvar Deney Verilerinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, yapılan sondajlardan elde edilen SPT-N değerleri ve örselenmemiş deney numuneleri üzerinde yapılan serbest basınç dayanımı deney verilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bilindiği gibi SPT-N darbe sayıları ile ince taneli zeminlerin kıvamları arasında tanımlanmış ilişkiler bulunmaktadır. Terzaghi ve Peck tarafından ilk kez 1948 yılında tanımlanan bu ilişkiler, sonradan çeşitli araştırmacılarla değişikliklere uğramış olsa da temel özellikleriyle aynı kalmıştır. Das (1998), killerin kıvamları ile SPT darbe sayıları arasındaki bu ilişkiyi Çizelge 4.120'deki haliyle tanımlamıştır.

Sondaj çalışmaları esas olarak alüvyon çökellerinin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Kaliş birimlerinde açılan SK 13 ve SK 14 sondajları ise alüvyonlarda açılmış sondajlara göre zemin hakkında daha az bilginin alınabildiği kuyular olmuşlardır. Bu durum kaliş çökellerinin kendi özelliklerinin klasik sondaj yöntemleri ile zemin incelemelerine uygun olmamalarından kaynaklanmaktadır. Bu bakımdan SK 13 ve SK 14 sondaj noktalarının değerlendirme dışı bırakılması daha uygun görülmüştür.

Çizelge 4.120. SPT-N değerleri ile killerin kıvam dereceleri arasındaki ilişki (Das, 1988).

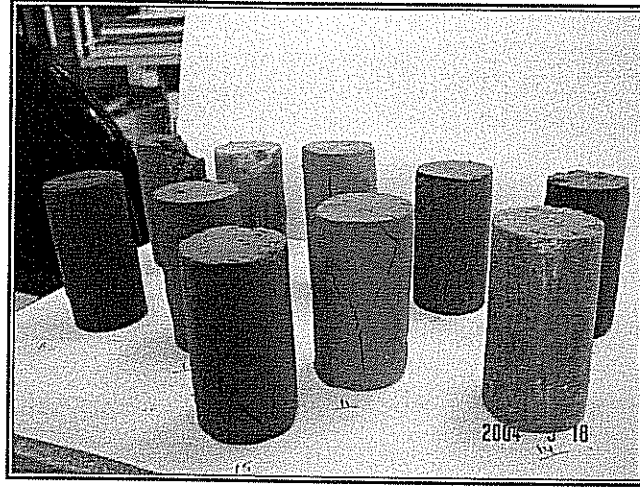
SPT-N	Kıvam Tanımı	Serbest basınç dayanımı	
		kN/m ²	kg/cm ²
0 - 2	Çok yumuşak	0 - 25	0 - 0.25
2 - 4	Yumuşak	25 - 50	0.25 - 0.50
4 - 8	Orta katı	50 - 100	0.50 - 1.00
8 - 16	Katı	100 - 200	1.00 - 2.00
16 - 32	Çok katı	200 - 400	2.00 - 4.00
> 32	Sert	> 400	> 4.00

Alüvyon çökelleri içerisinde yapılan sondajlardan elde edilen SPT-N değerleri 6 ile 60 arasında değişim göstermektedir. Geneli ince taneli zeminler olarak ele alındığında, yapılan sondajlarda SPT-N darbe sayılarına göre zeminin kıvam tanımlamaları Çizelge 4.121’de görüldüğü şekilde ortaya çıkmaktadır. Buna göre alüvyon killерinin büyük çoğunluğu “*Çok katı – Sert*” kil grubunda yer almaktadır.

Çizelge 4.121. Yapılan sondajlardan elde edilmiş SPT-N değerlerine göre kıvam tanımı.

Sondaj No	SPT-N		Kıvam Tanımı	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
SK - 1	9	53	Katı	Sert
SK - 2	15	46	Katı	Sert
SK - 3	16	49	Katı	Sert
SK - 4	19	35	Çok katı	Sert
SK - 5	23	60	Çok katı	Sert
SK - 6	23	56	Çok katı	Sert
SK - 7	18	35	Çok katı	Sert
SK - 8	27	45	Çok katı	Sert
SK - 9	16	59	Çok katı	Sert
SK - 10	23	44	Çok katı	Sert
SK - 11	12	44	Katı	Sert
SK - 12	21	46	Çok katı	Sert
SK - 15	24	55	Çok katı	Sert
SK - 16	-	51	-	Sert
SK - 17	6	52	Orta katı	Sert

Alüvyon kilinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sondajlardan elde edilen örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde serbest basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Bu amaçla 36 mm çapında ve 72 mm yüksekliğinde hazırlanmış deney numuneleri kullanılmıştır (Şekil 4.153). Daha önceki bölümde her sondaj noktası için seviyelere bağlı olarak elde edilmiş kohezyon değerleri verilmiştir. Burada, elde edilen kohezyon değerlerinin geneli ile ilgili bir değerlendirmede bulunulmuştur.



Şekil 4.153. Serbest basınç dayanımı deneylerinde kullanılmış bazı örneklerin deney sonrası görünümü.

Literatürde ince taneli zeminlerde SPT-N değerlerine bağlı olarak kohezyon değerlerinin belirlenmesinde kullanılan çeşitli ampirik bağıntılar mevcuttur. Bunlardan en fazla kullanılanları Hara ve diğ., 1971 (Yıldırım, 2002'den) ve Stroud, 1974 (Yıldırım, 2002'den) tarafından verilmektedir;

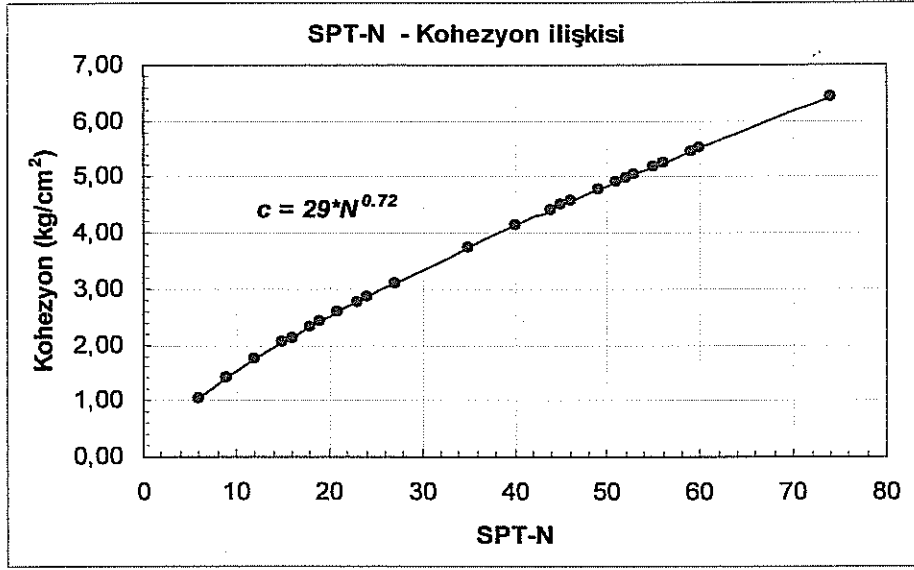
$$c = 29 * N^{0.72} \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (Hara ve diğ., 1971; Yıldırım, 2002'den)} \quad (4.20)$$

$$c = f_l * N \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (Stroud, 1974; Yıldırım, 2002'den)} \quad (4.21)$$

Bu bağıntıda;

f_l , yüksek plastisiteli zeminlerde 4.0 ve orta plastisiteli zeminlerde 6.0 değerini alan bir sayıdır.

(4.20) bağıntısı yardımıyla, bu çalışmada elde edilmiş olan en düşük ve en yüksek SPT-N değerleri kullanılarak hesaplanmış kohezyon değerlerinin değişimleri Şekil 4.154'de görülmektedir.



Şekil 4.154. Hara ve diğ., 1971 (Yıldırım, 2002'den) bağıntısı kullanılarak elde edilmiş SPT-N, kohezyon değerleri ilişkisi.

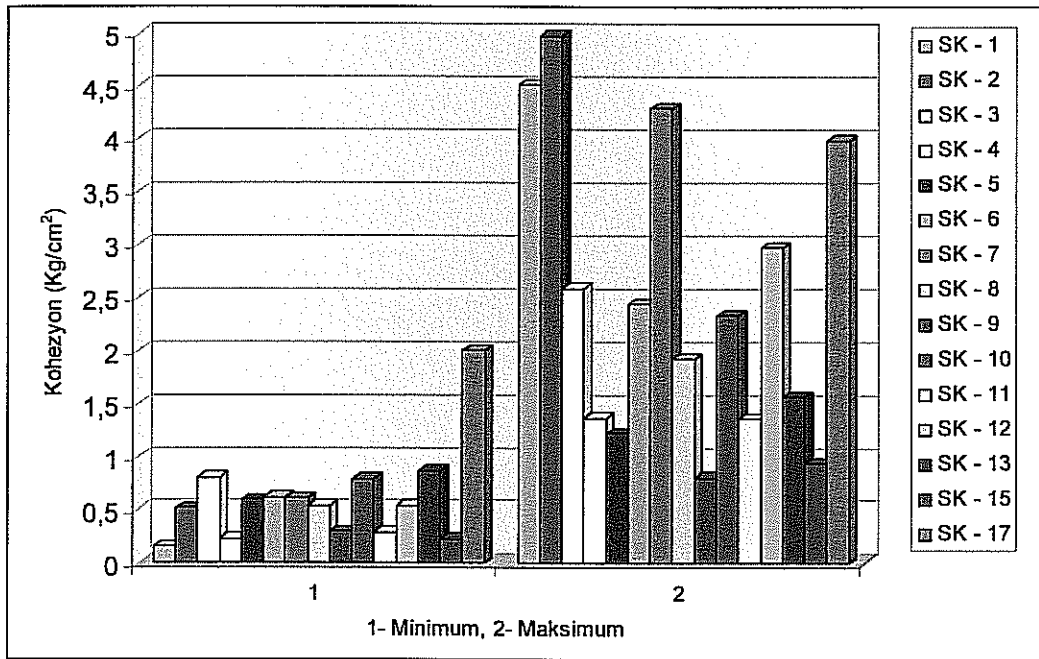
Çizelge 4.122 ise yapılan sondajlardan elde edilen ve bu amaçla seçilen 88 adet örselenmemiş silindirik zemin numunesi üzerinde gerçekleştirilen serbest basınç deneyi sonuçlarına ait minimum ve maksimum değerleri vermektedir. Her sondaj lokasyonu için elde edilmiş olan en düşük ve en yüksek SPT darbe sayıları kullanılarak hesaplanmış kohezyon değerleri Çizelge 4.122'de ayrı bir sütun içerisinde belirtilmiştir. Ampirik bağıntı kullanılarak elde edilmiş olan kohezyon değerlerinin deneyle bulunan değerlere göre oldukça yüksek oldukları dikkat çekicidir. Şekil 4.155'deki grafik de değerlerin kolay değerlendirilmesini sağlamak amacıyla laboratuvar deneyleri ile elde edilmiş aynı verileri göstermektedir.

Birim içerisinde elde edilmiş minimum ve maksimum Kohezyon değerleri arasındaki fark özellikle SK-1, SK-2 ve SK-7 sondajlarında yüksek çıkan değerle vermektedir. Bu farklılık birimler için elde edilmiş SPT-N değerlerine de kısmen yansımaktadır. Laboratuvar deneyleri ile elde edilmiş kohezyon değerlerinin sondaj veri noktalarına göre değişmesinde birimin doygunluğunun, homojenliğinin, ince tane içerisindeki iri tane miktarının ve karbonatlı seviye fazlalığının etkili olacağı düşünülmektedir. Özellikle alüvyon kili içerisindeki kalışlaşmaya bağlı karbonat içeriği, birimin sertliğini yükselterek dayanım parametrelerinin daha fazla çıkmasına neden olmaktadır.

Şekil 155, laboratuvar deneyleri ile elde edilmiş kohezyon değerlerinin değerlendirilmesinde SK-1 ve SK-2 kuyularının maksimumlar açısından en yüksek değerler verdiğini göstermektedir.

Çizelge 4.122. Sondajlardan elde edilmiş kohezyon değerlerinin değişim aralıkları.

Sondaj No	Kohezyon, c (kg/cm^2) (deney ile bulunan)		Deney Sayısı	SPT-N		Kohezyon, c (kg/cm^2) (bağıntı ile bulunan)	
	Minimum	Maksimum		Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
SK - 1	0.16	4.51	3	9	53	1.41	5.05
SK - 2	0.52	4.97	9	15	46	2.04	4.57
SK - 3	0.81	2.59	9	16	49	2.13	4.77
SK - 4	0.23	1.37	6	19	35	2.41	3.75
SK - 5	0.60	1.22	6	23	60	2.77	5.53
SK - 6	0.62	2.44	10	23	56	2.77	5.26
SK - 7	0.61	4.29	4	18	35	2.32	3.75
SK - 8	0.55	1.92	3	27	45	3.11	4.49
SK - 9	0.31	0.81	7	16	59	2.13	5.46
SK - 10	0.80	2.33	9	23	44	2.77	4.42
SK - 11	0.29	1.36	9	12	44	1.73	4.42
SK - 12	0.55	2.98	4	21	46	2.59	4.56
SK - 13	0.88	1.56	2	40	74	4.13	6.43
SK - 14	1.32	1.32	1	-	-	-	-
SK - 15	0.23	0.94	3	24	55	2.86	5.19
SK - 16	0.98	0.98	1	-	51	-	4.91
SK - 17	2.00	3.98	2	6	52	1.05	4.98



Şekil 4.155. Deneye tabi tutulan örneklerden elde edilen kohezyon değerlerinin sondaj noktalarına göre değişimleri.

Laboratuar deneyleri ile elde edilmiş kohezyon değerleri ile ampirik bağıntı ile bulunan kohezyon değerleri arasındaki belirgin fark, bağıntı ile bulunan değerlerin daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Bu anlamda deneysel olarak bulunmuş laboratuar deney verilerinin daha doğru olabilecekleri düşünölmektedir.

4.5. Jeofizik Çalışmalar

Jeofizik yöntemlerle mühendislik jeolojisi uygulamalarına ait çözümlerin üretilmesi gelişmiş teknolojik aletlerin ortaya çıkması ile daha kolay bir hal almıştır. Jeofizik yöntemlerin yerinde yapılan arazi deneyleri olması bazen tercih edilirliliklerine neden olmaktadır. En yaygın olarak kullanılan jeofizik yöntemler rezistivite (özdirenç) ve sismik yöntemleridir. Bu yöntemler ile elde edilen farklı jeolojik bilgiler karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.123'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.123. Farklı jeofizik yöntemlerin elde edilen bilgiler açısından karşılaştırılması.

JEOFİZİK YÖNTEM	
<i>Rezistivite yöntemleri</i>	<i>Sismik yöntemler</i>
Tabaka kalınlıkları	Tabaka kalınlıkları
Tabaka derinlikleri	Tabaka derinlikleri
Tabaka özdirenç değerleri	-
-	P ve S dalga hızları
Yeraltı suyu derinliği	Yeraltı suyu derinliği
-	Zemin dinamik özellikleri

Bu çalışma kapsamında Adana ili yerleşim alanı içerisinde önceden yerleri belirlenmiş toplam 17 lokasyonda jeofizik yöntemler kullanılarak incelemeler yapılmıştır. Lokasyonların belirlenmesinde uygun serim yapılabilecek, gürültü açısından nispeten durgun, yüksek gerilim hatlarının olmadığı, ölçüm cihazlarının kolay yerleştirilebileceği düz alanlar seçilmiştir. Ölçüm yerlerinin tamamında (JF 1 numaralı ölçüm noktası hariç) aynı nokta için ard arda önce sismik serim ardından rezistivite (Düşey elektrik sondajı) ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Bu şekilde, alınacak bilgilerin doğruluklarının korele edilebilmeleri amaçlanmıştır. Çizelge 4.124, bu çalışma kapsamında yapılmış olan jeofizik ölçüm lokasyonlarına ait yer bilgileri ile etüt güzergahı ve etüdün yapıldığı litolojiye ait bilgileri vermektedir.

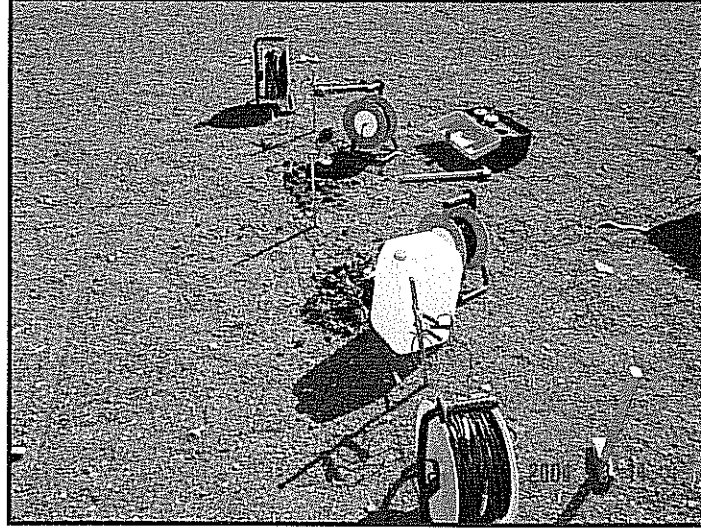
4.5.1. Rezistivite Ölçümleri

Bu çalışmadaki rezistivite ölçümlerinde 12 volt akü beslemeli, 6 kademeli Kanada üretimi Fonics marka rezistivite cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.156). Pot aralıkları 1 m olarak uygulanmış ve ölçümler potlardan 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25 ve 30 metrelik uzaklıklar için alınmıştır. Bu sayede yerin 30 m altı ile ilgili bilgi sahibi olunması amaçlanmıştır. Yanal süreksizliklerden daha az etkilenen ve derinden cevap alma yeteneği daha yüksek olan

Schlumberger açılımı bu rezistivite yöntemi için uygun olarak seçilmiştir. Bilindiği gibi Schlumberger açılımında elektrotlar bir doğru boyunca dizilirler ve merkezdeki bir noktaya göre simetrik olarak yer alırlar.

Çizelge 4.124. Jeofizik ölçüm yapılan araştırma noktalarına ait bilgiler.

<i>Etüt No</i>	<i>Koordinat</i>	<i>Rakım</i>	<i>Yer Adı</i>	<i>Serim Yönü</i>	<i>Serim boyu</i>	<i>Litoloji</i>
JF 1	09274 D 95944 K	21 m	Dedekorkut (Anadolu) Mah.	G - K	60 m	Alüvyon
JF 2	11178 D 95129 K	20 m	Koza Mah.	K - G	60 m	Alüvyon
JF 3	10960 D 97215 K	32 m	Atakent Mah.	K - G	60 m.	Alüvyon
JF4	10528 D 00221 K	36 m	PTT Evleri Mah.	K - G	60 m	Alüvyon
JF 5	08940 D 01190 K	50 m	Oto pazarı	K - G	60 m	Taraça
JF 6	06412 D 00665 K	60 m	Beyazevler Mah.	K - G	60 m	Taraça
JF 7	04479 D 03152 K	66 m	K.Evren Bulvarı (kazı çukuru içi)	K - G	60 m	Taraça
JF 8	03596 D 04016 K	88 m	AGV batısı, göl kenarı	K - G	60 m	Handere Kili
JF 9	01172 D 96963 K	29 m	Otogar güneyi	K - G	60 m	Alüvyon
JF 10	00376 D 99510 K	44 m	Real kuzeyi	KB - GD	60 m	Alüvyon
JF 11	01007 D 01323 K	76 m	Umudum özel eğitim kurumu	K - G	60 m	Kaliş
JF 12	99507 D 00426 K	57 m	Kireçocağı (Bahçeşehir) Mh.	K - G	60 m	Kaliş
JF 13	01188 D 03536 K	152 m	Belediye evleri Mah.	K - G	60 m	Kaliş
JF 14	02400 D 02393 K	100 m	Başkent okulları güneyi	K - G	60 m	Kaliş
JF 15	04522 D 00703 K	59 m	Mavi Bulvar	K - G	60 m	Taraça
JF 16	05801 D 97414 K	18 m	Döşeme Mah.	GD - KB	60 m	Alüvyon
JF 17	08647 D 94909 K	18 m	Güneşli Mah.	G - K	60 m	Alüvyon



Şekil 4.156. Düşey elektrik sondajı (DES) ölçümlerinde kullanılan rezistivite sistemi.

Zemin ve kaya türlerinin farklı elektrik direnç değerleri sunmaları onların litolojik olarak ayırt edilebilmelerine olanak sağlamaktadır. Ancak değişik litolojiye sahip birimlerin aynı elektrik öz direnç değerlerine sahip olabildikleri sıkça görülmektedir. Bu durumda bölgesel jeolojinin kısmen bilinmesi bu dezavantajın ortadan kaldırılmasını sağlayabilmektedir.

Zemin içerisindeki kil oranı arttıkça öz direnç değeri düşmekte, kil oranı azaldıkça veya yerini silt, kum ve çakıla bıraktıkça öz direnç değeri yükselmektedir. Literatürde çeşitli litolojik birimler için öngörülen tipik öz direnç değerleri bulunmaktadır (Schroeder ve Dickenson, 1996).

Çalışma alanı içerisinde önceden belirlenmiş olan 16 noktada düşey elektrik sondajı (DES) çalışması yapılmıştır. Veri kıyaslamaları yapılırken öz direnç değerleri yerel jeolojik birimlerle korele edilerek yorumlanmıştır. Bu çalışmalar ile bölgenin 30 m derinliğe kadar olan kısmı için öz direnç seviye haritaları çizilerek yeraltını oluşturan birimlerin doğal görünüşleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmada ölçüm yapılan lokasyonlarda derinliklere bağlı olarak elde edilmiş öz direnç değerleri her lokasyon için ayrı ayrı olacak şekilde daha önceki bölümlerde birimlere ait alt başlıklar altında anlatılmıştır. Bu çalışmada düşey elektrik sondajı ölçümleri ile elde edilmiş değerlerin lokasyonlara göre değişimleri Çizelge 4.125’de gösterilmiştir.

4.5.2. Sismik Ölçümler

Sismik yöntem ile araştırmalar yer içinden sismik dalga geçişine karşı yer süreksizliklerinin gösterdiği farklı tepkilerin belirlenmesini kapsar. Herhangi bir kaynaktan yayılan dalgalar farklı uzaklıklardaki alıcılarla izlenirken, yayılım geometrisine bağlı olarak bu yöntem;

*Sismik Kırılma (Seismic Refraction)

*Sismik Yansıma (Seismic Reflection)

olmak üzere ikiye ayrılır. Bu çalışmada bu yöntemlerden sismik kırılma uygulanmıştır.

Sismik alışmalar, zeminde yapay bir kaynak tarafından üretilen elastik dalgaların yer içerisinde yayılırken kırılma ve yansıma ile zemin ortamının fiziksel özelliklerini kaydedici cihaza taşımaları prensibine dayanır. Yöntem retilen P ve S dalgalarının yer içinde yayılma ve yansıma hızlarının tespit edilmesine olanak verir. Bunlardan özellikle sismik enine-kayma-dalgası (V_s) zeminin mekanik özelliklerini belirlemede kullanılan en önemli parametredir. Kayma mukavemeti düşük olan zeminlerde sismik kayma dalgası hızları düşüktür. Kayma dalgası hızının artması ortamın sertlik ve yoğunluğunun artmasını ifade eder. Kayma dalgası hızları 700 m/s den büyük olan jeolojik birimler ana kaya olarak kabul edilmektedirler. Kayma dalgası hızlarının 200 m/s'den küçük olduğu jeolojik birimler ise yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakalar, gevşek kum, yumuşak kil ve siltli kil zeminler olarak tanımlanabilirler.

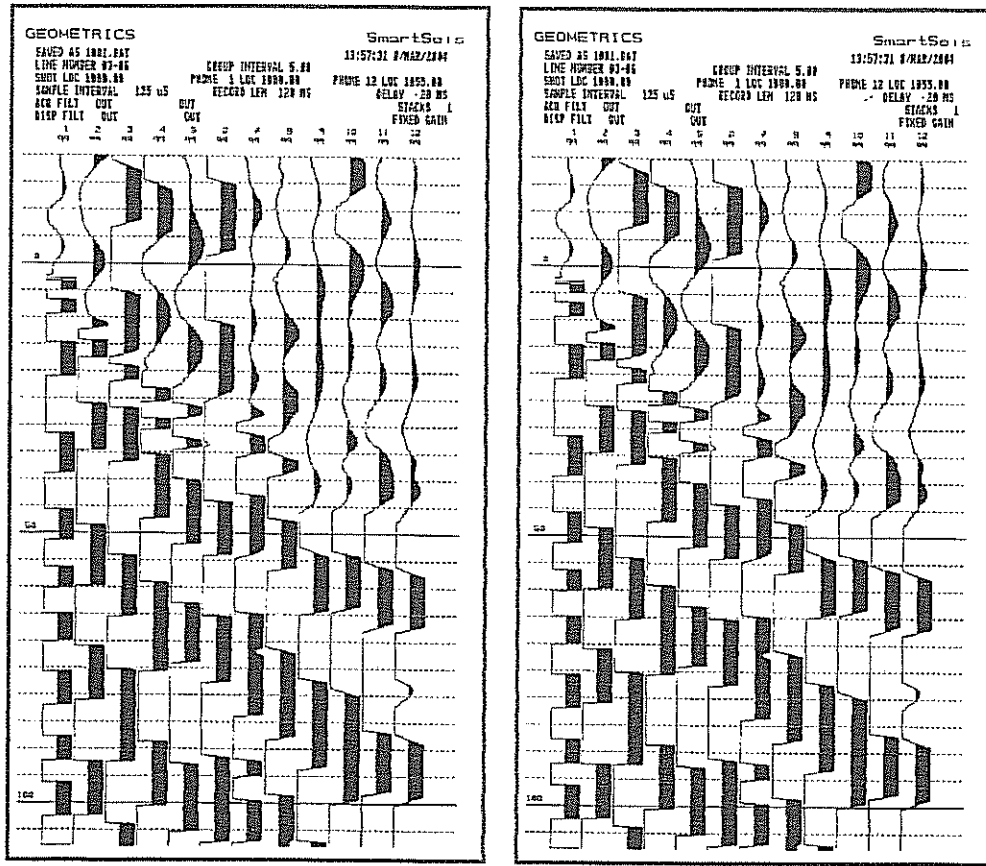
Bu alışmada Amerikan malı, 12 kanallı, Geometrics marka sismik ölüm cihazı kullanılmıştır. 60 m uzunluk için 12 P dalgası ve 12 S dalgası ölüm jeofonu serilmiştir. Enerji retiminde impulsif enerji kaynaklarından 8 kg'lık balyoz kullanılmış, jeofon aralıkları 5 m ve off-set aralıkları 1 m olarak seçilmiştir. Cihaz ile elde edilen kayıtlardan sismik boyuna dalgaların (V_p) ve sismik enine dalgaların (V_s) jeofonlara geliş zamanları okunarak yol-zaman grafikleri elde edilmiştir. Bu değerlendirmelerle sismik hızlar, tabaka kalınlıkları, ve zeminlerin dinamik parametreleri hesaplanmıştır. Şekil 4.157 bu çalışmada kullanılan sismik kayıt cihazı ile elde edilmiş bazı kayıt verisi grafiklerini göstermektedir.

Sismik lmler yer içinde yayılan boyuna (longitudinal) veya sıkışma (kompressional) V_p , ayrıca enine (transversal) veya kayma (shear) V_s , sismik dalga türlerinin her ikisinin llmesi şeklinde yapılmıştır. Sismik çalışmalarla belirlenmiş olan mühendislik parametreleri de rezistivite değerleri gibi "Birimlerin Mühendislik zellikleri" başlıklı bölümde her birim için ayrı olmak üzere verilmişlerdir.

Çizelge 4.125. Rezistivite ölçüm noktalarında derinliğe bağlı olarak elde edilmiş öz direnç değerleri.

Derinlik (m)	Düşey Elektrik Sondajı Ölçüm Noktası ve Öz direnç (ohm.m) Değerleri															
	JF-2	JF-3	JF-4	JF-5	JF-6	JF-7	JF-8	JF-9	JF-10	JF-11	JF-12	JF-13	JF-14	JF-15	JF-16	JF-17
1	-	10.6	16.9	49.2	11.1	70.4	8.1	20.9	7.1	28.2	13.2	53.8	64.7	58.2	21.0	9.7
2	9.8	8.9	16.6	53.4	19.3	111.1	8.8	25.0	7.7	28.0	17.3	52.4	101.2	70.2	23.6	11.8
3	9.9	8.4	19.4	55.2	26.6	119.8	9.3	26.7	8.2	24.0	16.2	37.4	107.0	64.8	21.5	13.1
4	9.6	7.8	21.0	56.8	33.7	123.2	9.3	26.4	8.4	21.4	14.7	38.8	90.9	36.8	20.0	16.5
5	8.6	8.6	21.7	57.7	39.6	122.5	9.4	22.5	8.7	20.3	13.7	33.2	73.0	30.5	19.0	19.4
6	8.4	8.8	21.9	60.8	46.2	116.0	9.3	19.4	9.2	19.2	13.3	28.0	54.4	21.0	17.8	22.4
8	8.0	9.0	21.3	65.3	58.2	101.0	8.5	14.0	9.3	17.1	13.5	20.0	40.2	16.2	15.7	27.8
10	7.9	9.4	20.9	66.0	70.4	80.8	7.7	10.7	9.3	15.9	13.8	18.2	33.3	14.8	14.5	32.2
13	8.0	9.8	20.3	69.5	88.0	56.2	6.9	8.4	9.3	14.0	14.8	15.4	27.3	14.9	14.5	37.9
16	8.2	9.9	17.3	69.7	98.8	37.3	6.8	8.0	9.4	12.7	14.6	14.6	30.1	17.4	15.0	37.7
20	8.3	10.6	14.1	72.6	116.5	21.4	6.8	8.2	9.6	11.2	14.4	11.4	31.4	21.1	16.3	38.1
25	8.9	10.9	13.0	75.7	133.6	(24.5 m) 13.5	7.3	9.5	10.2	10.3	13.5	10.5	36.4	28.7	16.8	37.9
30	9.6	11.6	13.1	75.4	144.1	-	7.5	10.5	10.9	9.1	12.8	9.4	42.5	30.4	19.0	34.4

JF 2	Koza Mah.	JF 7	Mahfesiğmaz Mah.	JF 12	Bahçeşehir Mah.	JF 17	Güneşli Mah.
JF 3	Atakent Mah.	JF 8	Karslı Mah. (AGV)	JF 13	Belediye Evleri Mah.		
JF 4	PTT Evleri Mah.	JF 9	Otogar	JF 14	Başkent Okulları		
JF 5	Oto Pazan	JF 10	Real kuzeyi	JF 15	Mavi Bulvar		
JF 6	Beyazevler Mah.	JF 11	Umutum Özel Eğitim	JF 16	Döşeme Mah.		



Şekil 4.157. Sismik cihaz ile elde edilmiş veri kayıtlarından örnekler:

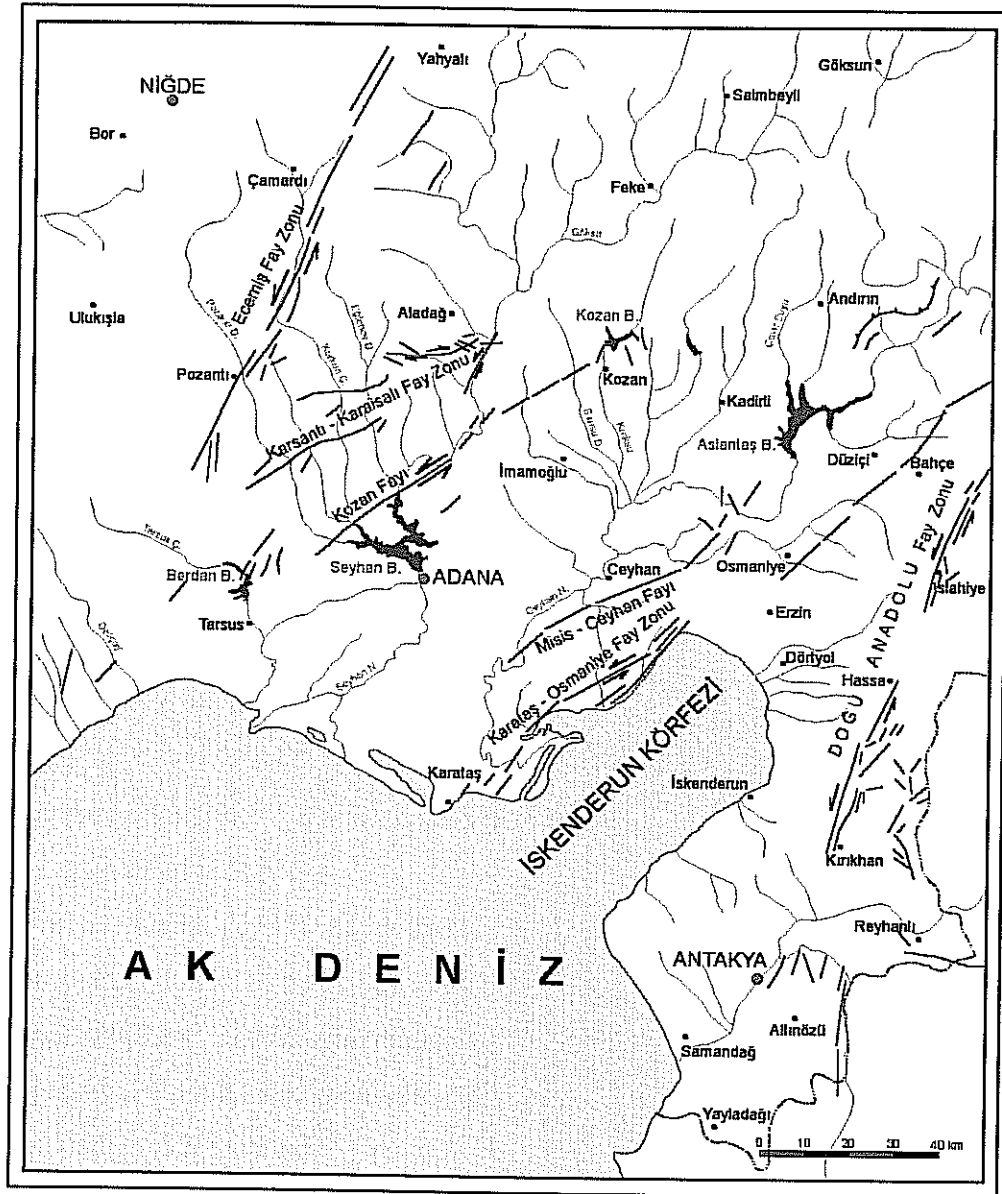
Bu parametrelerden V_p/V_s oranı olarak ifade edilen parametre poisson oranına benzer olarak zemin türünü belirlemede kullanılan bir değerdir. Güncel araştırmalarla zeminin diğer özellikleri ile sismik hız oranları arasında ilişkiler incelenmektedir. Bu değerın ortamın gözenekliliği ve doygunluğu ile olan ilişkisi ortaya konulmuş olup V_p/V_s oranı doygunluğun azalmasıyla daha düşük değerler almaktadır. Poisson ve V_p/V_s oranları kullanılarak tanımlanan zeminin sıklık tanımlamaları Çizelge 4.126'da görülmektedir. Buradaki sıklık kavramı, iri taneli zeminlerdeki sıklık olmayıp sadece birimin zemin-kaya geçişi arasındaki sertlik tanımını içermektedir.

Çizelge 4.126. Poisson ve V_p/V_s oranlarına göre zemin sıklık tanımlaması (Ercan, 2001).

Poisson Oranı	V_p/V_s	Sıklık Tanımı
0.50	∞	Sıvı
0.49 – 0.40	$\infty - 2.49$	Çok gevşek
0.39 – 0.30	2.49 – 1.87	Gevşek
0.29 – 0.20	1.87 – 1.71	Sıkı – katı
0.19 – 0.10	1.71 – 1.50	Katı
0.10 – 0	1.50 – 1.41	Sağlam kaya

4.6. Depremsellik Parametrelerinin Belirlenmesi İçin Aktif Fay Verilerinin Kullanılması

Adana ili yerleşim alanının da içinde bulunduğu Çukurova havzasının oluşumunda da etkili olan en önemli faylar batıda Kozan fayı, kuzey doğuda Misis fayı (Misis – Ceyhan fayı) ve bölgenin yaklaşık 55 km kuzey batısında yer alan Ecemiş fayıdır. Bölgede yer alan faylar Şekil 4.158’de gösterilmiştir.



Şekil 4.158. Çukurova bölgesine ait fay haritası (Perinçek ve diğ., 1987’den değiştirilerek).

Bu bölümde, depremsellik açısından tehlike arz eden aktif fay verileri kullanılarak bazı depremsellik parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla kullanılan

eşitliklerin büyük çoğunluğu aletsel deprem kayıtlarından elde edilen bilgiler kullanılarak önerilmiş ampirik bağıntılardır.

1945 Misis (M: 5.7) ve 1998 Adana - Ceyhan (M: 6.3) depremlerini üreten ve Adana ili yerleşim yeri içerisinde de hasar yapan Misis fayının toplam uzunluğu 24.5 km'dir. Bu bölümde yapılan hesaplamalarda da kırık uzunluğu 24.5 km ve deprem odak derinliği 20 km (1998 Ceyhan depreminde 23 km) olarak alınmıştır. Faya ait kırık uzunluğu ve fayın Adana iline olan uzaklığı kullanılarak çeşitli deprensellik parametrelerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

4.6.1. Depremin Olası Moment Büyüklüğü (M_w) :

Moment büyüklüğü değerinin bulunması için çeşitli araştırmacılar tarafından önerilmiş çok sayıda bağıntı bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı Wells ve Coppersmith (1994) tarafından önerilen bağıntıdır;

$$M_w = a + b \cdot \log L \quad (4.22)$$

Wells ve Coppersmith (1994) fay türlerine bağlı olarak a ve b katsayılarını belirleyerek aşağıdaki bağıntıların kullanılmasını önermiştir;

$$M_w = 4.86 + 1.32 \log L \quad (\text{normal faylar için}) \quad (4.23)$$

$$M_w = 5.16 + 1.12 \log L \quad (\text{doğrultu atımlı faylar için}) \quad (4.24)$$

$$M_w = 5.00 + 1.22 \log L \quad (\text{ters faylar için}) \quad (4.25)$$

Bu bağıntıda;

M_w : moment magnitudü (6.5 – 8 arasındaki değerleri için $M_w = M_s$)

L : fay kırığı uzunluğudur (km).

Naeim ve Kelly (1999) de doğrultu atımlı bir fay için bu bağıntıdaki a ve b katsayılarının sırasıyla 5.16 ve 1.12 olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Onların bu katsayıları belirledikleri analiz için standart sapma (S) değeri 0.28 olarak bulunmuştur. Önerilen bağıntıda 24.5 km kırık uzunluğu için oluşabilecek maksimum deprem büyüklüğü;

$$M_w = 5.16 + 1.12 \cdot \log 24.5 \quad (4.26)$$

$M_w = 6.7$ olarak bulunur.

Standart sapmanın etkisini formüle yansıtarak alt ve üst sınır değerler elde edilmiş olur;

$$M_w = 6.7 + 0.28 = 6.98 \quad \text{üst sınır,}$$

$$M_w = 6.7 - 0.28 = 6.42 \quad \text{alt sınır değerleridir.}$$

Kramer (1996), moment büyüklüğünün belirlenmesi için sismik momente dayalı aşağıdaki bağıntının kullanılmasını önermiştir;

$$M_w = \frac{\log M_o}{1.5} - 10.7 \quad (4.27)$$

$$M_w = \frac{26.10}{1.5} - 10.7 = 6.7 \text{ bulunur.}$$

4.6.2. Sismik Moment (M_o) :

Sismik moment (M_o) deprem mühendisliğinde sıkça kullanılan ve bu bakımdan bilinmesine ihtiyaç duyulan bir sayısal parametredir. Hesaplanmasında kayma modülü, fay boyunca oluşacak ortalama ötelenme gibi değişik parametrelere ihtiyaç duyulması çeşitli deprem büyüklükleri ile sayısal ilişkilerinin incelenmesini gerektirmiştir. Hanks ve Kanamori (1979), (dePolo ve Slemmons, 1990'dan) sismik moment ile magnitüd ilişkisini aşağıdaki bağıntı ile ifade etmiştir;

$$M_w = \frac{2}{3} \log M_o - 10.7 \quad (4.28)$$

Bu bağıntı kullanılarak,

$$6.7 = \frac{2}{3} \log M_o - 10.7$$

$\log M_o = 26.10$ ve buradan,

$$M_o = 1.26 * 10^{26} \text{ dyne.cm olarak bulunur.}$$

4.6.3. Yüzey ve Cisim Dalgalarına Göre Deprem Büyüklüğü (M_S ve M_b):

Bayrak ve Yılmaztürk, (1999) tarafından önerilen sismik moment – yüzey dalgası büyüklüğü ilişkisini veren bağıntı kullanıldığında,

$$\log M_o = 1.33 M_S + 17.32 \quad (4.29)$$

$$26.10 = 1.33 M_S + 17.32$$

$$M_S = 6.60 \text{ olarak bulunur.}$$

Bonilla ve diğ., (1984) aynı parametrenin bulunması için aşağıdaki bağıntının kullanılmasını önermişlerdir;

$$M_S = 6.04 + 0.704 * \log 24.5 \quad (4.30)$$

$$M_S = 7.02 \text{ olarak bulunur.}$$

Bu bağıntıda;

M_S = Yüzey dalgası büyüklüğüne bağlı olarak hesaplanmış deprem magnitüdü.

L = Yüzey kırığı uzunluğu (km).

Benzer şekilde Lillie (1999) (Arıoğlu 1999'dan) tarafından önerilen cisim – yüzey dalga büyüklüğü bağıntısı kullanılarak,

$$M_b = 0.56 M_S + 2.9 \quad (4.31)$$

$M_b = 6.59$ olarak bulunur.

M_b = Cisim dalgası büyüklüğüne bağlı olarak hesaplanmış deprem magnitudü değeridir.

Wells ve Coppersmith (1994), tarafından önerilen aşağıdaki bağıntı ile de maksimum deprem büyüklüğü belirlenebilmektedir;

$$M_S = 5.08 + 1.16 \log L \quad (4.32)$$

$$M_S = 5.08 + 1.16 \log 24.5$$

$$M_S = 6.69$$

4.6.4. Depremın Enerjisi (E):

Gutenberg ve Richter (1956) deprem sırasında açığa çıkan sismik enerjinin erg birimi cinsinden büyüklüğünü aşağıdaki bağıntı ile ifade etmişlerdir.

$$\log E = 11.8 + 1.5 M_s \quad (4.33)$$

İncelenen söz konusu deprem için ele alındığında (M_s , 6.69 için)

$$\log E = 21.83 \Rightarrow E = 6.84 \cdot 10^{21} \text{ erg olarak bulunur.}$$

4.6.5. Depremın Olası Şiddeti (I_o):

Deprem moment büyüklüğü ile şiddet ilişkilerini veren farklı araştırmacılara ait bağıntılar bulunmaktadır. Bunlardan özellikle ülkemiz için kullanılabilir olanı Tezcan ve diğ. (1979) (Arıoğlu 1999'dan), yabancı kaynaklı olanı ise Pinter (1996)'ya (Arıoğlu 1999'dan) aittir. Bu bağıntılar kullanılarak elde edilen şiddet değerleri şu şekilde belirlenmiştir;

$$M_w = 0.59 \cdot I_o + 1.63 \quad (\text{Tezcan ve diğ., 1979}), (\text{Arıoğlu 1999'dan}) \quad (4.34)$$

$$6.7 = 0.59 \cdot I_o + 1.63$$

$$I_o = 8.6$$

$$I_o = 2M_w - 4.6 \quad (\text{Pinter, 1996}), (\text{Arıoğlu 1999'dan}) \quad (4.35)$$

$$I_o = 2 \cdot 6.7 - 4.6$$

$$I_o = 8.8$$

Ercan (2001) bu amaçla bir başka bağıntı bildirmektedir. Bu bağıntı kullanıldığında,

$$I_o = 1.69 M_w - 2.76 \quad (4.36)$$

$I_o = 8.6$ olarak bulunur.

4.6.6. Ortalama Yüzey Kırığı Uzunluğu (L):

Bu ilişki aynı zamanda başlangıçta ele alınan senaryo deprem parametrelerinin doğruluklarının uygunluğunun tespitini de sağlamaktadır. Kramer (1996)'da verilen ve San Andreas doğrultu atımlı fayı için geliştirilmiş olan aşağıdaki bağıntı kullanılarak 6.7 büyüklüğündeki depremin oluşturacağı yüzey kırığı uzunluğu belirlenmiştir.

$$\log L = 0.74 M_w - 3.55 \quad (4.37)$$

$$\log L = 0.74 * 6.7 - 3.55 = 1.408$$

$$L = 10^{1.408} = 25.58 \text{ km} \text{ olarak bulunur.}$$

Başlangıçtaki senaryo deprem için alınan 24.5 km'lik kırık uzunluğu için, Misis-Ceyhan fayında oluşacak kırık uzunluğunun 24.5 km'den daha büyük olma ihtimalinin belirlenmesi için bu yüzey kırığının standart normal değişken değeri aşağıdaki gibi belirlenir;

$$z = (\log 24.5 - \log 25.58) / 0.23$$

$$z = 0.08$$

Standart normal değişken değerine bağlı olarak olasılık değeri bu amaçla hazırlanmış tablo kullanılarak belirlenmiş ve kırığın 24.5 km'den daha büyük olma olasılığı 0.0814 yani % 8.14 olarak bulunmuştur.

4.6.7. Fayın Olası Yırtılma Alanı (R) :

Oluşacak depremde yırtılabilecek olası yüzeyin belirlenebilmesi amacıyla önerilmiş farklı ampirik bağıntılar mevcuttur. Bu çalışmada Naeim ve Kelly (1999) ile özellikle KAFZ depremlerinin istatistiksel incelemeleri ile elde edilmiş olan Ezen (1981) bağıntıları kullanılmıştır. $M_w = 6.7$ ve $M_s = 6.69$ değerleri kullanılarak elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

<i>Araştırmacı</i>	<i>Önerilen bağıntı</i>	<i>Elde edilen sonuç</i>
Naeim ve Kelly (1999)	$\log R = - 3.42 + 0.90 * M_w$ (4.38)	407.38 km ²
Ezen (1981)	$\log R = 0.58 M_s - 1.05$ (4.39)	676.39 km ²

4.6.8. Fayın Ortalama Atımı (RA):

Deprem sırasında kırık üzerinde oluşabilecek yanal atım miktarının tahmin edilebilmesi amacı ile de önerilmiş bağıntılar bulunmaktadır. Bu hesaplama da Ezen (1981) tarafından önerilen bağıntı kullanılmış ve,

$$\log RA = 0.65 M_s - 2.43 \quad (4.40)$$

$$\log RA = 0.65 * 6.69 - 2.43$$

$RA = 0.82 m$ olarak bulunmuştur.

4.6.9. Deprem Süresi (t):

Arıoğlu (1999) depremin süresinin tahmini için Watabe (1977) bağıntısının kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu bağıntı kullanılarak M_w 6.7 değeri için yer sarsıntısının olası süresi

$$t = 10^{\frac{M-2.5}{3.23}} = 19.96 \text{ sn} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.41)$$

Ercan (2001), Donovan (1973) bağıntısı ile de deprem süresinin hesaplanabileceğini bildirmiştir. Bu bağıntı kullanıldığında ise deprem süresi,

$$t = 11M - 51 \quad (4.42)$$

$$t = 11 * 6.7 - 51 = 22.7 \text{ sn} \text{ olarak bulunur.}$$

Elde edilen bu değerlerin Türkiye’de ve özellikle bölgede meydana gelen deprem süreleri ile kıyaslandığında fazlaca yüksek oldukları dikkati çekmektedir.

4.6.10. Maksimum Yer İvmesi (a , a_{maks} veya pga):

Hesaplamaların bu bölümünde farklı araştırmacılar tarafından önerilen bağıntılar incelenmiş ve inceleme alanı için maksimum yer ivmesi değerlerinin değişimleri araştırılmıştır.

Ansal (1997), maksimum yer ivmesinin yatay bileşeninin belirlemesi için aşağıdaki bağıntının kullanılmasını önermiştir;

$$\log(a) = 0.329M - 0.00327R - 0.792 \log R + 1.177 \quad (4.43)$$

Ansal (1997) maksimum yer ivmesinin yatay bileşeninin belirlemesi için önerilen bağıntıda hiposantır mesafesi için,

$$R^2 = \sqrt{20^2 + 30^2}$$

$R = 36.05 \text{ km}$ olarak bulunan değer kullanılmıştır. Bu hesaplama için kırık hattına 30 km uzaklıktaki bir nokta ele alınmıştır.

Arıoğlu (1999)’dan alınan Ambraseys ve Bommor bağıntısındaki P değeri % 50 olasılık için 0 ve % 84 olasılık için 1 alınacak bir katsayıdır. Burada 1 olarak alınmıştır. Aynı kaynak Gutenberg (1956) ve Donovan (1973) bağıntılarını da şu şekilde bildirmektedir;

$$\log(a) = -2.1 + 0.81M - 0.027M^2 \quad \text{Gutenberg (1956); (Arıoğlu, 1999’dan)} \quad (4.44)$$

$$a = \frac{1080 * e^{0.5M}}{(R + 25)^{1.32}} \quad \text{Donovan (1973); (Arıoğlu, 1999’dan)} \quad (4.45)$$

<i>Araştırmacı</i>	<i>Önerilen bağıntı</i>	<i>Elde edilen sonuç</i>
Ansal (1997)	$\log (a)= 0.329M - 0.00327 R - 0.792 \log R + 1.177$	107.23 cm/sn ²
Ambraseys ve Bommar, 1991 (Arioğlu, 1999'dan)	$\log (a) = - 0.87 + 0.217M_s - \log R - 0.00117R + 0.26P$	174.48 cm/sn ² (R: 30 km)
Gutenberg (1956)	$\log (a) = - 2.1 + 0.81 M - 0.027M^2$	130.30 cm/sn ²
Donovan ,1973; (Ercan 2001'den)	$a = \frac{1080 * e^{0.5M}}{(R + 25)^{1.32}}$	135.27 cm/sn ²
	<i>Ortalama</i>	136.82 cm/sn ²

Yer ivmesi değerlerine bağlı olarak ülkemiz için ortaya konulmuş bölgelendirmeler Çizelge 4.127'de gösterilmiştir (DAD, 2004).

Çizelge 4.127. Maksimum yer ivmesi (a_{maks}) değerlerinin deprem bölgelerine göre değişimi (DAD, 2004).

İvme (a_{maks})	Bölge
$a < 0.1$	5
$0.1 \leq a < 0.2$	4
$0.2 \leq a < 0.3$	3
$0.3 \leq a < 0.4$	2
$0.4 \leq a$	1

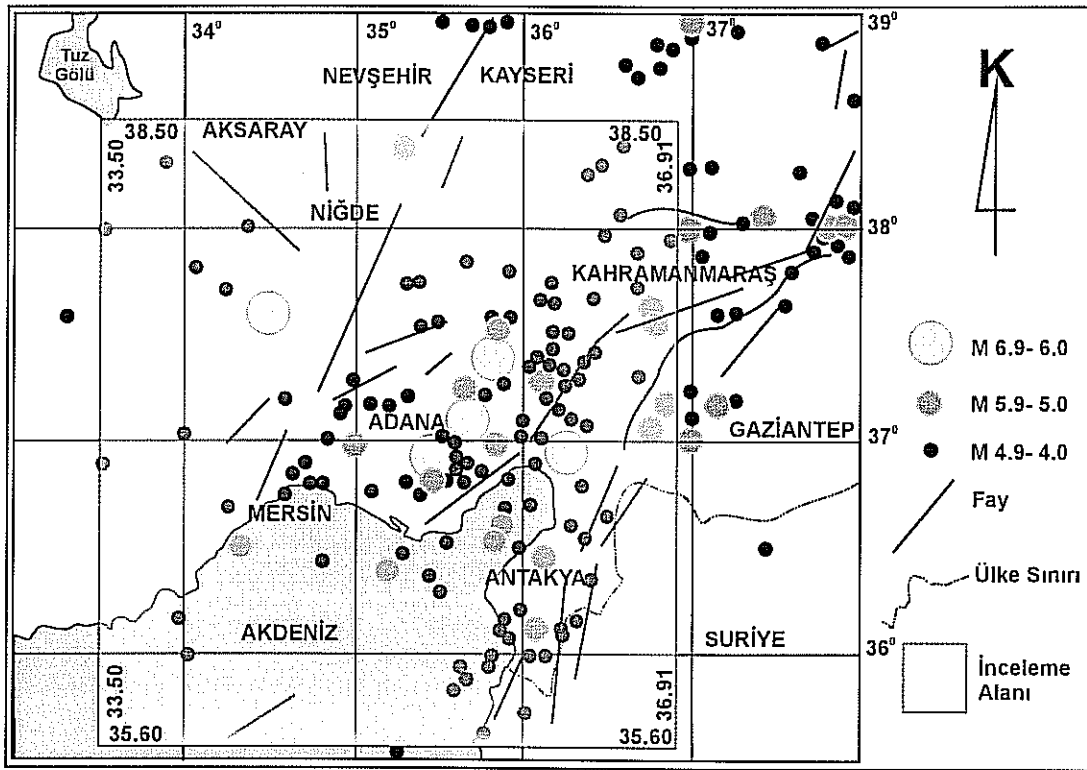
Ancak bu hesaplamalarla elde edilen değerlerin 1. ve 2. derece deprem bölgesi olan Adana ili için oldukça düşük değerler oldukları görülmektedir. Bu bakımdan özellikle pik zemin ivmesi değerlerinin bölgesel tektoniğe bağlı olarak ortaya konmuş ve özellikle o bölge için karakteristik olabilecek farklı ilişkilerle araştırılması gerekmektedir.

4.7. Sismik Risk Çalışmaları

Sismik aktivitesi olan bölgelerde yapılan risk analizleri depremlerin oluş sıklıklarının ve tekrarlanma periyotlarının belirlenmesi açısından önem kazanmaktadır. Bu amaçla çeşitli modeller oluşturulmuş olup, bunların bir kısmı istatistiksel yöntemleri içermektedir.

Bölgenin deprem etkinliğini ortaya koymak için depremlerin zaman içindeki dağılımları ele alınarak magnitüd – frekans ilişkileri ortaya konmuştur. İstatistiksel hesaplamalar için Üstel Dağılım Fonksiyonu modeli, Poisson modeli ve Gumbel modeli kullanılarak depremlerin gelecekte olma olasılıkları ve tekrarlanma periyotları hesaplanmış ve incelenen üç model karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde 35.60° – 38.50° K ve 33.50° – 36.91° D koordinatları arasında kalan bölgede 1900 – 2001 yılları arasında meydana gelmiş 4 ve daha büyük magnitüdü depremler analiz kapsamına alınmıştır (Şekil 4.159 ve EK-3).

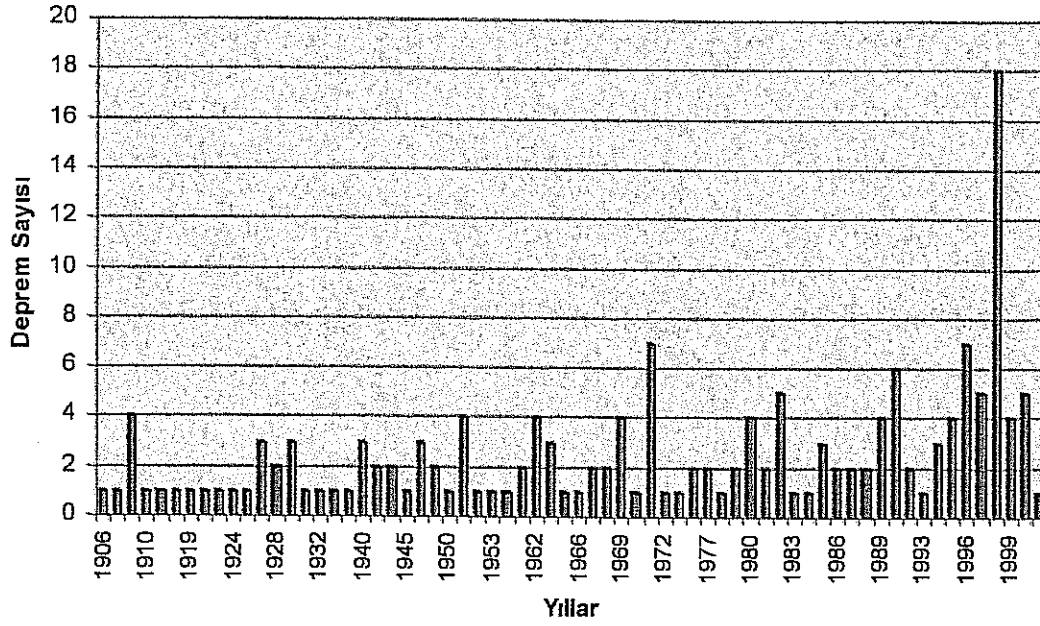


Şekil 4.159. Bu çalışma kapsamında incelenen Çukurova bölgesi episantır dağılım haritası.

4.7.1. Deprem Sıklıkları ve Magnitüd – Frekans İlişkisinin Değerlendirilmesi

Bölgede meydana gelen tarihsel dönem depremler incelendiğinde en şiddetli depremin M.Ö. 245 yılında Antakya'da 10 şiddetinde (büyüklüğü 7.5) olduğu görülür (Soysal ve diğ., 1981). Aletsel dönem depremlere bakıldığında ise (1900 – 2001 yılları için) 1971 – 2000 yılları arasında deprem sayılarında yoğunlaşmaların olduğu görülmektedir. Çukurova

bölgesinin deprem etkinliğini incelemek için depremlerin yıllara bağlı olarak dağılım grafiği Şekil 4.160'da görülmektedir.



Şekil 4.160. Deprem sayılarının yıllara göre değişimi (1900 – 2001 yılları için)

İncelenen zaman dilimine ait depremler için yıl içerisinde meydana gelen depremlerin aylara göre dağılımları incelendiğinde Haziran, Temmuz ve Ocak aylarında depremlerin daha fazla sayıda meydana geldikleri görülmektedir (Şekil 4.161).

Gutenberg ve Richter (1954) tarafından önerilen temel magnitüd – frekans ilişkisi deprem oluşumunun fiziksel özellikleri ile de doğrudan bağlantılı olması nedeniyle büyük bir öneme sahiptir. Bu ilişki deprem oluş sayılarını magnitüdün fonksiyonu olarak incelemektedir;

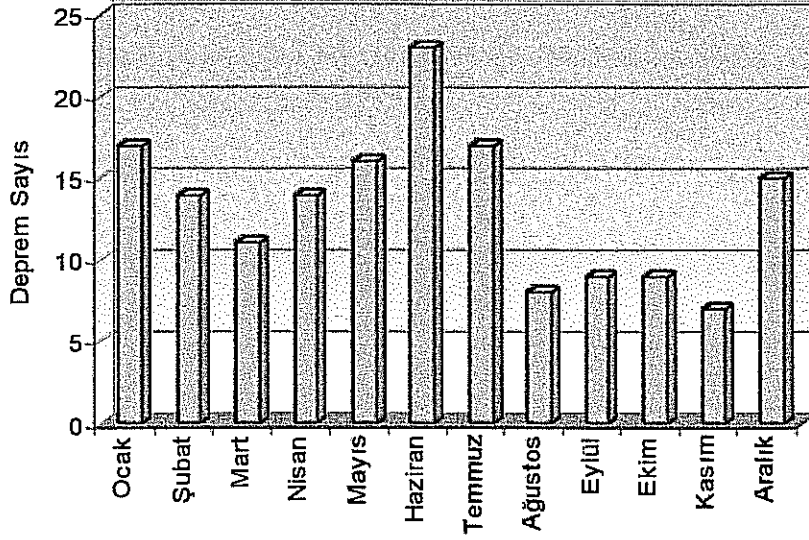
$$\log N = a - bM$$

Bu bağıntıda;

N : Birikimli deprem sayısı

M : Büyüklük (magnitüd)

a ve b ise katsayılarıdır.



Şekil 4.161. Yıl içerisinde oluşan depremlerin aylara göre oluş sayılarının dağılımı.

Bu ilişkinin ortaya çıkarılması amacıyla inceleme alanında $M_s \geq 4$ olan 165 deprem ele alınmıştır (EK 3). Magnitüd aralıkları 0.1 birim alınarak hesaplanan deprem oluş sayıları ve normal frekans değerleri Çizelge 4.128’de verilmiştir.

Çizelge 4.128. İncelenen depremler için magnitüd – deprem sayıları

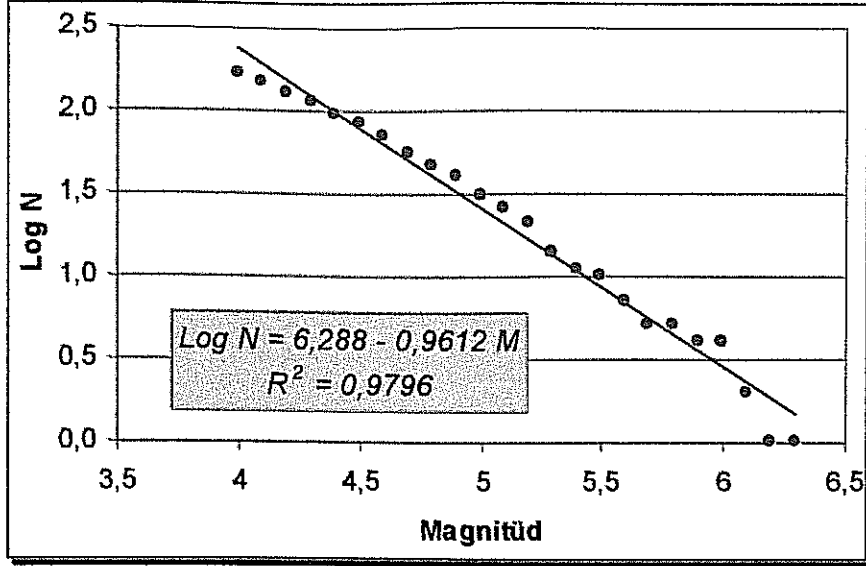
M	N	Toplam N	$LogN$	M	N	Toplam N	$LogN$
4.0	19	165	2.217	5.3	3	14	1.146
4.1	19	146	2.164	5.4	1	11	1.041
4.2	16	127	2.104	5.5	3	10	1.000
4.3	16	111	2.045	5.6	2	7	0.845
4.4	10	95	1.977	5.7	0	5	0.699
4.5	15	85	1.929	5.8	1	5	0.699
4.6	15	70	1.845	5.9	0	4	0.602
4.7	9	55	1.740	6.0	2	4	0.602
4.8	6	46	1.663	6.1	0	2	0.301
4.9	9	40	1.602	6.2	1	2	0.000
5.0	5	31	1.491	6.3	1	1	0.000
5.1	5	26	1.415	6.4	0	0	0.000
5.2	7	21	1.322				

Çizelge 4.128’deki değerler kullanılarak Çukurova bölgesinin magnitüd – frekans ilişkisi;

$$Log N = 6.29 - 0.96 M$$

bağıntısı ile ortaya konmuştur (Şekil 4.162). Bu ilişkiye göre a değeri 6.29 ve b değeri 0.96 olarak belirlenmiştir. Bu bağıntı, Çizelge 4.128 ‘deki $LogN$ ile M arasında basit doğrusal regresyon modeli oluşturularak elde edilmiştir. Gutenberg – Richter bağıntısında a

katsayısının büyüklüğü küçük depremlerin çok olduğunu ve b sayısının küçük olması büyük depremlerin baskın olduğunu vurgulamaktadır. Elde edilen ilişki, bölgenin küçük depremler açısından baskınlığını göstermektedir.



Şekil 4.162. İncelenen veriler için ortaya konulan magnitüd – frekans ilişkisi

4.7.2. Üstel Dağılım Modeli İle Sismik Tehlikenin Belirlenmesi

X , M magnitüd değerlerini alan rasgele değişken olsun. Bu çalışmada, X rasgele değişkeni ya da Çukurova bölgesinde 1900-2001 yılları arasında meydana gelmiş magnitüdüleri 4 ve daha büyük olan depremler için λ ve θ parametrelü üstel dağılım modeli önerilmiştir. X rastgele değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f_M(x) = \lambda e^{-\lambda(x-\theta)} \quad \lambda > 0 \quad \theta \leq x < +\infty \quad (4.46)$$

biçimindeki üstel fonksiyondur (Ramachandran, 1980). Üstel olasılık yoğunluk fonksiyonunda λ parametresinin değeri,

$$\lambda = (\bar{x} - \theta)^{-1} \quad (4.47)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Burada \bar{x} : çok sayıda deprem verisinden elde edilen ortalama magnitüd değerini ve θ : en küçük magnitüd değerini göstermektedir.

X rastgele değişkeninin dağılım fonksiyonu, üstel olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak,

$$F_M(x) = \int_{\theta}^x \lambda e^{-\lambda(u-\theta)} du = 1 - e^{-\lambda(x-\theta)} \quad \lambda > 0 \quad \theta \leq x < +\infty \quad (4.48)$$

olarak bulunur (Hahn ve Shapiro, 1994).

4.7.2.1. Ki - Kare (χ^2) Uyumun İyiliği Testi

1889 yılında Karl Pearson tarafından bulunan Ki - kare (χ^2) testi, test gruplarının gözlenen değerleri ile beklenen değerlerinin karşılaştırılmasına dayanır. Bu test ile iki ve daha fazla gruba düşen değerlerin dağılımı aynı anda karşılaştırılabilmektedir. Bu çalışmada 165 gözlem için deneysel dağılımın, teorik üstel dağılıma uygunluğunu kontrol etmek amacıyla Ki - kare uyum testi uygulanmıştır. Ki - kare uyum testi uygulanırken her bir sınıf için deneysel (ampirik) dağılım fonksiyonu değerleri ile dağılım fonksiyonu bağıntısı kullanılarak elde edilen teorik dağılım fonksiyonu değerleri karşılaştırılır. Hesaplanan χ^2 değerinin (χ_h^2), Tablo χ^2 değerinden (χ_t^2) küçük olması durumunda hipotezin uygunluğu kabul edilir. Tersi bir durumda ise hipotez red edilir (Hahn ve Shapiro, 1994).

Uyumun iyiliği testi, herbir sınıf için deneysel dağılım fonksiyonu değerleri ile dağılım fonksiyonu bağıntısı kullanılarak elde edilen teorik dağılım fonksiyonu değerleri arasındaki farkın geçerliliğini araştırmaktadır. Bu çalışmada da benzer amaç için deprem sayılarına ait örneklerden elde edilen verilerin teorik üstel dağılıma uyup uymadığının kontrolü yapılacaktır. Bu amaç için

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(F_{M_b}(O_i) - F_{M_b}(O_i))^2}{F_{M_b}(O_i)} \quad (4.49)$$

biçimindeki test istatistiği kullanılacaktır. Burada k : veriler için sınıf sayısını, O_i : i-inci sınıfın sınıf orta değerini, $F_{M_b}(O_i)$: i-inci sınıfın sınıf orta değerinde gözlenen deneysel dağılım fonksiyonunun değerini ya da birikimli yüzdeleri ve $F_{M_b}(O_i)$: i-inci sınıfın sınıf orta değerinde beklenen teorik dağılım fonksiyonunun değerini göstermektedir.

Uygulanan test için dağılıma ait bir anlamlılık düzeyi seçilmektedir. Seçilen bu anlamlılık düzeyine göre χ^2 uyum iyiliği testi ile hipotezin geçerliliği veya reddi onaylanır. Bu çalışma için Ki - kare testi anlamlılık düzeyi $\alpha = 0.05$ olarak alınmıştır.

4.7.2.2. Veri Analizi

Bu çalışma $35.60^0 - 38.50^0$ K ve $33.50^0 - 36.90^0$ D koordinatları arasında kalan alanda 1900 - 2001 yılları arasında meydana gelmiş 4 ve daha büyük magnitüdü depremleri analiz kapsamına almaktadır. Magnitüdlere göre oluşan toplam deprem sayıları, Çizelge 4.129 'da verilmiştir.

Çizelge 4.129. İnceleme alanı için magnitüd değer aralıkları ve bu aralıklarda meydana gelen deprem sayıları.

Magnitüd M (x)	Sayı (f_i)
4.0 – 4.4	80
4.5 – 4.9	54
5.0 – 5.4	21
5.5 – 5.9	6
6.0 – 6.4	4

Çizelge 4.129' daki veriler kullanılarak, $\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^k O_i f_i \right) / \left(\sum_{i=1}^k f_i \right)$ bağıntısından

$$\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^5 O_i f_i \right) / \left(\sum_{i=1}^5 f_i \right) = \frac{758}{165} = 4.6 \quad \text{ve} \quad \lambda = (\bar{x} - \theta)^{-1} \quad \text{bağıntısından}$$

$\lambda = (\bar{x} - \theta)^{-1} = \frac{1}{4.6 - 4.2} = \frac{1}{0.4} = 2.5$ bulunur. Burada θ için en küçük değer olarak, ilk sınıfın sınıf orta değeri ($\theta = O_1 = 4.2$) alınmıştır. Bu durumda üstel olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f_M(x) = 2.5e^{-2.5(x-4.2)} \quad \theta \leq x < +\infty$$

biçimine dönüşür. Üstel olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak X rastgele değişkeninin dağılım fonksiyonu da,

$$F_M(x) = \int_{\theta}^x 2.5e^{-2.5(U-4.2)} dU = 1 - e^{-2.5(x-4.2)} \quad 4.2 \leq x < +\infty$$

olur.

Çizelge 4.130, oluşturulan sınıflara ait deprem magnitüdü aralıklarını, oluşum sıklıklarını ve sıklıklara ait yüzde değerlerini göstermektedir.

Çizelge 4.131 'de incelenen 165 deprem verisine ait her bir sınıf için deneysel (ampirik) dağılım fonksiyonu değerleri ve dağılım fonksiyonu bağıntısı kullanılarak elde edilen teorik dağılım fonksiyonu değerleri bulunmaktadır. Çizelgedeki deneysel dağılım fonksiyonu değerleri, yüzdelerin kümülatif olarak toplanmasıyla elde edilmiştir. Çizelgedeki teorik birikimli dağılım fonksiyonu değerleri ise her bir sınıf için teorik dağılım fonksiyonu değerlerinin kümülatif olarak toplanmasıyla elde edilmiştir.

Çizelge 4.130. Oluşturulan sınıflara ait sıklık dağılım çizelgesi.

Sınıf No <i>i</i>	Sınıf Alt Sınırı	Sınıf Orta Değeri (O_i)	Sınıf Üst Sınırı	Sıklık Sayısı (f_i)	%
1	4.0	4.2	4.4	80	0.4848
2	4.5	4.7	4.9	54	0.3273
3	5.0	5.2	5.4	21	0.1273
4	5.5	5.7	5.9	6	0.0364
5	6.0	6.2	6.4	4	0.0242
Toplam				165	1.0000

Oluşturulan modelin uygunluğunun kontrolü amacıyla incelenen 165 deprem verisinin üstel dağılıma uygunluğu χ^2 uyumun iyiliği testi ile araştırılmıştır. Hesaplanan Ki - kare değeri, $\chi_h^2 = 0.0196$ olarak elde edilmiştir. $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde ve serbestlik derecesi 3 için Ki - kare tablo değeri de $\chi_h^2 = 7.8147$ 'dir (<http://www.an.psu.edu/jxm57/irp/chisquar.html>).

Çizelge 4.131. Oluşturulan model için deneysel ve teorik dağılım fonksiyonlarına ait değerler tablosu.

Sınıf No <i>i</i>	Sınıf Orta Değeri (O_i)	Sıklık Sayısı (f_i)	%	Deneysel $F_{M_R}(x)$	Teorik $F_{M_b}(x)$	Fark Değerleri
1	4.2	80	0.4848	0.4848	0.3983	0.0865
2	4.7	54	0.3273	0.8121	0.8310	-0.0189
3	5.2	21	0.1273	0.9394	0.9525	-0.0132
4	5.7	6	0.0364	0.9758	0.9867	-0.0109
5	6.2	4	0.0242	1.0000	0.9963	0.0037

Hesaplanan ve tablo değerleri karşılaştırıldığında deneysel dağılımın, üstel dağılıma uyduğu kabul edilerek hipotez onaylanmıştır. Beklenen birikimli olasılık değerleri kullanılarak çeşitli büyüklüklerdeki depremlerin meydana gelme olasılıkları ($F_M(x)$), yıllık beklenen sıklık değerleri (F_i) ve ortalama yıllık tekrarlanma periyotları Çizelge 4.132'de gösterilmiştir. Tablodaki $F_M(x)$ değerleri hesaplamaları için yıllık ortalama gözlenen ≥ 4 magnitüdü deprem sayısının bulunması gerekmektedir. Bunun için, ≥ 4 magnitüdü toplam deprem sayısı (165) / incelenen süre aralığı (100 yıl) şeklindeki oran kullanılmıştır (1.65).

Çizelge 4.132. Modele ait sınıf değerleri için tekrarlanma periyotları.

Sınıf Orta Değeri (O_i)	Teorik $F_{M_b}(x)$	$f_M(x)$	F_i	Ortalama Tekrarlanma Süresi
4.2	0.3983	0.3983	0.6572	1.5216
4.7	0.8310	0.4327	0.7140	1.4006
5.2	0.9525	0.1215	0.2005	4.9872
5.7	0.9867	0.0341	0.0563	17.7589
6.2	0.9963	0.0096	0.0158	63.2367

Çizelge 4.132'deki F_i değerleri yıllık beklenen sıklık sayıları olup $f_M(x)$ değerlerinin yıllık ortalama gözlenen deprem sayısı ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. Ortalama tekrarlanma süreleri ise $\frac{1}{F_i}$ bağıntısı kullanılarak bulunmaktadır. Çizelge 4.132, 4.2 büyüklüğündeki bir depremin 1.5 (yaklaşık 2) yılda bir ve 5.7 büyüklüğündeki bir depremin ise 17.8 (yaklaşık 18) yılda bir tekrarlanacağını göstermektedir. 1998 Ceyhan depremine yakın büyüklükte bir depremin tekrarlanma süresi ise 63 yıl olarak öngörülmüştür.

4.7.3. Poisson Modeli Kullanılarak Sismik Tehlikenin Belirlenmesi

Deprem oluşumunu modellemede en fazla kullanılan yöntemlerden biri de Poisson modelidir. Bu modele göre, bir depremden sonra oluşacak başka bir deprem için geçen bekleme zamanının dağılımı, bir önceki depremin oluşundan itibaren geçen zamandan etkilenmez (Öztemir ve ark., 2000). İstatistiki veriler Poisson modelinin özellikle büyük depremler için geçerli olduğunu göstermektedir. Kiremidjian (1982) tarafından yapılan bir çalışmada Poisson ve Markov modelleri karşılaştırılarak sık ve orta büyüklükte deprem oluşumlarını içeren bölgelerdeki deprem tehlikesinin tahmini için Poisson modelinin yeterli olacağı belirtilmiştir. Seyrek fakat çok büyük deprem oluşumlarına maruz bölgelerde ise Poisson modelinin kullanılmasının kısa vadedeki deprem tehlikesi tahminlerinde gerçekten daha büyük, uzun vadedeki deprem tehlikesi tahminlerinde ise gerçekten daha küçük aşılma olasılıklarına yol açılacağı belirtilmektedir.

Bu model için deprensellik parametreleri aşağıda tanımlanan ilgili bağıntılar kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 4.133'de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.133. Çalışma alanı için depremsellik parametreleri

a	b	a'	a_1	a_1'
6.29	0.96	5.945	4.285	3.941

$$a' = a - \log(b \cdot \ln 10) \quad (4.50)$$

$$a_1 = a - \log T \quad (4.51)$$

$$a_1' = a' - \log T \quad (4.52)$$

Bu bağıntılarda,

T = incelenen zaman periyotudur (yıl).

Sismik tehlikenin belirlenmesinde kullanılan normal frekans değeri $N(O_i)$,

$$N(O_i) = 10^{a_1' - bO_i} \quad (4.53)$$

bağıntısıyla bulunur. $N(O_i)$ değeri, deprem magnitüdü ve depremsellik parametrelerine bağlı olarak hesaplanmakta olup yıllık ortalama deprem oluş sayısını ifade etmektedir.

Verilen bir dönem için magnitüdü verilen bir O_i değerinden büyük veya ona eşit olan depremlerin yıllık ortalama oluş sayıları $N(O_i)$ bağıntısı kullanılarak ve $R(O_i)$ bağıntısında yerine konularak belirli yıllar için sismik risk değerleri hesaplanmıştır. $R(O_i)$ sismik risk değerleri,

$$R(O_i) = 1 - e^{-N(O_i)T^*} \quad (4.54)$$

bağıntısıyla bulunur (Kiremidjian, 1982). Bu bağıntıdaki T^* değeri diğerlerinden farklı olarak deprem oluşumunun hesaplanacağı gelecek zaman dilimini göstermektedir.

Poisson modeline göre hesaplanacak dönüşüm periyotları ise,

$$Q(O_i) = \frac{1}{N(O_i)} \quad (4.55)$$

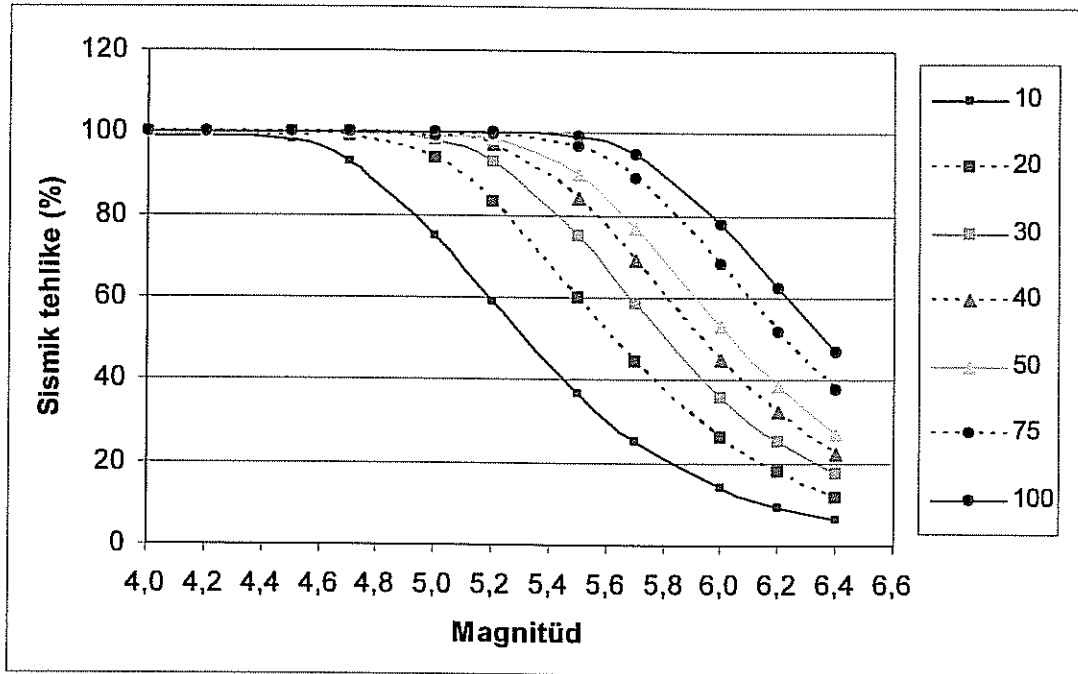
bağıntısı kullanılarak yıl olarak hesaplanmıştır.

İnceleme alanından elde edilmiş veriler ışığında $M \geq 4$ için hesaplanmış olan sismik tehlike değerleri ve geri dönüş periyotları Çizelge 4.134'de görülmektedir.

Bu modele göre de 4.2 büyüklüğündeki bir deprem için dönüşüm periyodu 1.23 ve 6.0 büyüklüğündeki bir deprem için 65.92 yıl olarak bulunmuştur. Magnitüdü 6.2 olan bir depremin 30 yıllık bir süre içerisinde olma olasılığı ise % 36 olarak tespit edilmiştir. Poisson modeliyle hesaplanan deprem olma olasılıkları 100 yıllık zaman periyodunu içerecek şekilde Şekil 4.163'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.134. Çalışma alanı için elde edilmiş sismik tehlike ve dönüş periyotları.

x (O_i)	$N(O_i)$	Sismik Tehlike (%)							$Q(O_i)$
		Yıllar							
		10	20	30	40	50	75	100	
4.0	1.261	99	100	100	100	100	100	100	0.79
4.2	0.811	99.9	99.9	99.9	100	100	100	100	1.23
4.5	0.418	98	99	100	100	100	100	100	2.40
4.7	0.268	93.1	99	100	100	100	100	100	3.72
5.0	0.138	75	94	98	99	99	99	100	7.28
5.2	0.089	58.9	83.1	93.1	97.1	98.8	99.8	100	11.25
5.5	0.0458	37	60	75	84	90	97	99	21.83
5.7	0.0294	25.4	44.4	58.6	69.1	77	89	94.7	33.96
6.0	0.0151	14	26	36	45	53	68	78	65.92
6.2	0.0097	9.3	17.7	25.4	32.3	38.6	51.8	62.3	102.56
6.4	0.0063	6.1	11.8	17.2	22.2	27	37.6	46.7	159.58



Şekil 4.163. İnceleme alanı için Poisson modeliyle hesaplanmış sismik tehlike değerleri.

Ulutaş ve diğ. (2001) tarafından çalışma alanına yakın bir bölge için Poisson modeli kullanılarak elde edilmiş olan sismik risk değerleri bu çalışmada elde edilenlerle korele edilebilmek amacıyla Çizelge 4.135’de verilmiştir.

Çizelge 4.135. Ulutaş ve diğ. (2001) tarafından Poisson modeli kullanılarak yapılan çalışmaya ait sismik risk değerleri.

<i>M</i>	<i>N(Q)</i>	<i>Q(Q)</i>
4.0	1.013	0.99
4.5	0.343	2.91
5.0	0.116	8.60
5.5	0.039	25.37
6.0	0.013	74.88
6.5	0.005	221.0
7.0	0.002	652.2

4.7.4. Gumbel Modeli Kullanılarak Sismik Tehlikenin Belirlenmesi

Eski yıllara ait depremlerin genellikle en şiddetlileri kataloglara girdiği için, sadece her yılda oluşan en şiddetli depremi esas alan sismik tehlike yöntemi geliştirilmiştir. Bu metodun ayrıntılı olarak açıklaması Lomnitz (1966), Cornell (1968) ve Oliveria (1975) tarafından verilmiştir.

Gumbel modeli yılda oluşan en büyük magnitüdü depremi esas almaktadır. Bu nedenle yöntem “en büyük yıllıklar (yıllık maksimumlar)” yöntemi olarak da bilinmektedir. Bu yöntem Gumbel (1958) tarafından ortaya konulmuştur. Modelin dağılım fonksiyonu aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir;

$$G(M) = e^{-\alpha \cdot e^{-\beta \cdot M}} \quad (4.56)$$

Bu bağıntıda *M* deprem magnitüdü, α ve β deprenselliğe bağlı regresyon katsayıları olup aşağıdaki bağıntılarla hesaplanmaktadır;

$$\alpha = 10^a \quad (4.57)$$

$$\beta = b \cdot \ln(10) \quad (4.58)$$

Gumbel formülü Gutenberg ve Richter (1954) tarafından önerilen bağıntı ile çok yakından ilişkilidir. Bu ilişkiler bağıntılar şeklinde aşağıda özetlenmiştir;

$$N = \alpha e^{-\beta M} \quad (4.59)$$

$$G(M) = e^{-N} \quad (4.60)$$

$$N = -\ln G(M) \quad (4.61)$$

$$a = \text{Log} \alpha \quad (4.62)$$

$$b = \beta \text{Log} e \quad (4.63)$$

Sismik tehlikenin belirlenmesinde kullanılan bağıntı Poisson bağıntısı ile benzerlik göstermektedir;

$$R(M) = 1 - e^{-ae^{-bM}} \quad (4.64)$$

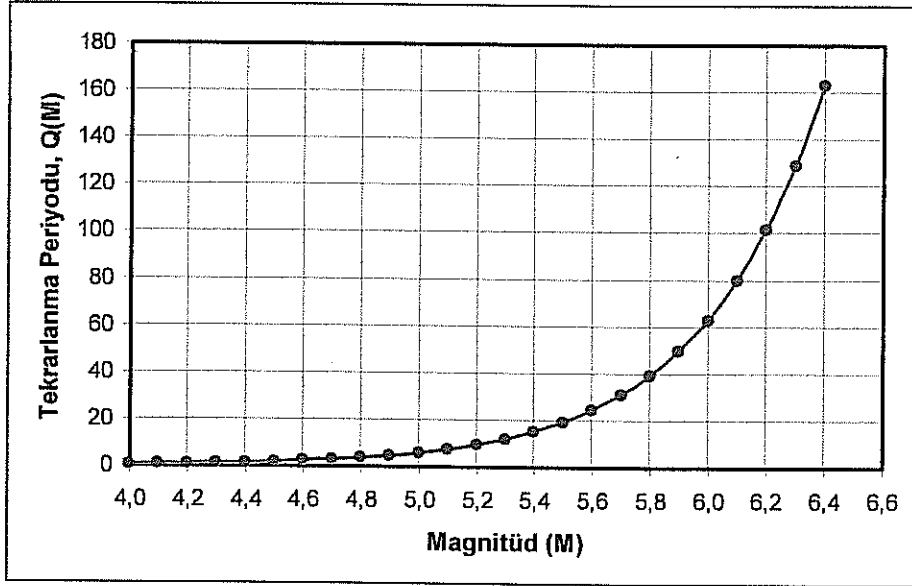
İncelenen bölge için a değeri 4.403 ve b değeri 1.034 olarak bulunmuştur. Depremlerin tekrarlanma aralıkları 0.5 birim deprem büyüklük aralıkları için elde edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.136'da sunulmuştur. 0.1 birim deprem büyüklük aralıkları için hesaplanmış değerler ise Şekil 4.164'de gösterilmiştir. Ulutaş ve diğ. (2001) benzer bir çalışma yaparak bölgenin depremselliğini araştırmışlar ve 1900 – 1998 yılları arasını kapsayan 4.0 – 7.0 magnitüdü depremleri ele alarak depremlerin yıllık ortalama oluş sayılarını, tekrarlanma periyotlarını ve sismik çekincelerini belirlemişlerdir. Bu çalışma ile ortaya konan veriler Ulutaş ve diğ. (2001) verileriyle karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.136'da sunulmuştur.

Çizelge 4.136. Gumbel modeli kullanılarak hesaplanmış sismik tehlike parametreleri.

<i>M</i>	<i>N(M)</i>		<i>Q(M)</i>		<i>R(M)</i>	
4.0	1.8555	1.1635*	0.5389	0.8595*	0.8431	0.6876*
4.5	0.5645	0.4608*	1.7715	2.1702*	0.4307	0.3692*
5.0	0.1717	0.1825*	5.8230	5.4797*	0.1574	0.1668*
5.5	0.0507	0.0723*	19.141	13.8361*	0.0507	0.0697*
6.0	0.0159	0.0286*	62.917	34.9362*	0.0157	0.0282*
6.4	0.0061	-	163.01	-	0.0060	-
6.5	-	0.0113*	-	88.2139*	-	0.0113*

*: Ulutaş ve diğ., (2001) tarafından bölgede 1900 –1998 yılı depremleri için yapılan çalışma ile ortaya konmuş sonuçları ifade etmektedir.

Ulusay ve diğ. (2001) Gençoğlu ve diğ. (2000) tarafından 1881-1986 yılları arasındaki zaman dilimine ait incelemelerle ortaya konulan $\log N = 3.42 - 0.51 M$ bağıntısı kullanılarak 6 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlanma periyodu 57.9 yıl olarak bulunduğunu bildirmiştir. Bu incelemelerde 1945 yılında meydana gelen 5.7 büyüklüğündeki Misis depremi magnitüdü ele alınmıştır. Aynı çalışmada bölgedeki tarihsel deprem kayıtlarına ait verilerin de incelenmesiyle $M > 7.0$ büyüklüğündeki bir depremin oluşma olasılığının az olduğu belirtilmektedir. Bu durumun oluşmasında bölgede yer alan aktif fayların uzunluklarının kısmen kısa olmalarının etkili olduğu düşünülebilir.



Şekil 4.164. Gumbel modeli kullanılarak belirlenmiş tekrarlanma periyotları.

DAD tarafından ASKİ Çatalan suyu temin projesi kapsamında Adana ili için ele alınmış olan 1881-1985 yılları arasına ait 75 depremin incelenmesiyle yapılmış deprem tehlikesi analizleri Çizelge 4.137’de gösterilmiştir

Çizelge 4.137. ASKİ Çatalan suyu temin projesi kapsamında DAD tarafından yapılan deprem risk analizi verileri (ASKİ, 1999).

Magnitüd	Zaman Periyodu					Dönüş Periyodu
	1	25	49	73	97	
5.0	5.5	75.6	93.7	98.4	99.6	17.7
5.5	3.1	54.2	73.4	89.8	95.2	32.0
6.0	1.7	35.1	57.1	71.7	81.3	57.9
6.5	1.0	21.3	37.4	50.2	60.5	104.6
7.0	0.5	12.4	22.8	32.0	40.1	189.0
7.5	0.3	7.1	13.4	19.2	24.7	341.5

4.7.5. Yorum ve Öneriler

Sismik risk analizlerini değerlendirmede uygun verilerin kullanılmasıyla istatistiksel yöntemler kullanılarak yapılan analizlerin doğruya oldukça yakın sonuçlar verdikleri bilinmektedir. Bu amaçla bilinen ve en sık kullanılan istatistiksel yöntemler Poisson ve Gumbel modelleridir.

Bu tür çalışmalarda elde edilen sonuçların, kullanılan verilerin dağılım miktarlarına ve toplam sayısına doğrudan bağlı olacağı unutulmamalıdır. Bu yüzden bölge sınırlarının

belirlenmesinde bölgenin aktif tektonik verilerinin iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Bölgede önemli bir etki oluşturmayacak deprem kaynaklarına ait verilerin analiz kapsamı dışında tutulması elde edilecek sonuçlar açısından da önem taşıyacaktır.

Bu çalışma kapsamında depremsellik analizi amaçlı kullanımı ilk kez bu çalışma ile yapılan Üstel Dağılım Fonksiyonu Modeli kullanılarak yapılacak sismik risk analizlerinin de bu tür çalışmalarda sıkça kullanılan Gumbel ve Poisson Modelleri gibi kullanılabileceği belirlenmiştir. Bu tür çalışmalarda, dağılım modellerinin sadece bir tanesini kullanmak yerine, farklı dağılım modellerinin bir arada kullanılması, sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesi açısından önem taşıyacaktır.

4.8. Hidrojeolojik Koşulların İncelenmesi

Bu bölümde Adana ili yerleşim alanı içindeki birimlerinin hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle bölgede açılmış kuyulara ait veriler derlenmiştir. Veriler DSİ, Köy Hizmetleri Bölge Müdürlüğü ve ASKİ Su İşletme Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Daha önceden açılmış su kuyularına ait statik seviye değerlerinin güncelleştirilmesi ve korelasyonu amacıyla ASKİ Su İşletme Müdürlüğü imkanlarıyla Yüreğir ve Seyhan ilçelerinde kuyu düdüğü kullanılarak su seviyesi ölçümleri yapılmıştır. Su seviyeleri ile ilgili değerlendirmelerde bu çalışma kapsamında yapılan zemin sondajlarında ölçülen statik su seviyeleri de kullanılmıştır.

Kuyu pompaj testlerine ait zamana bağlı düşüm değerlerinin bulunduğu kuyu verileri kullanılarak akiferlerin hidrolik iletkenlik katsayıları ve transmissibilite değerleri hesaplanmıştır. Elde edilmiş kimyasal analizler kullanılarak sular sınıflandırılmış, içilebilme ve kullanılabilme özellikleri belirlenmiş ve sonuçlar harita ve grafiklerle değerlendirilerek yorumlanmıştır.

4.8.1. Yeraltı Su Seviye Ölçümleri ve Yeraltı Suyu Derinlik Haritasının Hazırlanması

Adana ili içerisinde, ova üzerinde kurulu yerleşim alanları geniş bir bölgeyi kaplamaktadır. Bu tür alanlarda yeraltı su seviyelerinin yüzeye yakın olması beklenen bir durumdur. Yeni yerleşim alanlarının da içerisinde bulunduğu Kuzey Adana bölgesi ise topoğrafik yükseklik olarak daha yüksekte bulunduğundan yeraltı su seviyesi daha derinlerde yer almaktadır. Yerleşim alanında kuzeyden güneye doğru gidildikçe yeraltı su seviyeleri 40 m derinliklerinden 2 m derinliklere inmektedir. Aynı şekilde doğudan batıya doğru gidildikçe de y.s.s oldukça sığlaşmaktadır. Havutlu civarında tespit edilmiş olan yeraltı su seviyesi 2 - 4 m değerleri arasındadır.

Çalışmanın bu bölümünde su seviye ölçümleri kullanılarak elde edilmiş olan yeraltı su seviye haritası anlatılmıştır. ASKİ su işletme müdürlüğü imkanları ile Seyhan ve Yüreğir ilçelerinde uygun olan çeşitli su kuyularında seviye ölçümleri yapılmış (Şekil 4.165.), bu çalışma kapsamında yapılan zemin etüt sondajlarında güncel yeraltı su seviyeleri ölçülmüş ayrıca önceki çalışmalarla elde edilmiş yeraltı su seviyesi verileri kontrol edilerek değerlendirilmiştir. Değerlendirmede Çizelge 4.138'de verilen lokasyonlara ait yüzeyden ölçülmüş statik su seviyeleri alınmıştır.



Şekil 4.165. Yüreğir Belediyesi veri noktasında yeraltı su seviye ölçer ile kuyu başında seviye ölçüm işlemi.

Çizelge 4.138. Yeraltı su derinlik haritasının oluşturulmasında kullanılan lokasyonlara ait statik su seviyesi değerleri.

<i>Yer Adı</i>	<i>Litoloji</i>	<i>St. Seviye (m)</i>	<i>Yer Adı</i>	<i>Litoloji</i>	<i>St. Seviye (m)</i>
Çakmak Plaza	Alüvyon	15.0	ATO And. Lis	Taraça	14.0
Ruh sağlığı	Kaliş, taraça	15.0	Yolgeçen	Alüvyon	3.0
Zirai Müc. Ar.	Taraça	18.0	Sarıhamzalı	Alüvyon	3.0
Sarıhuğlar	Alüvyon	4.0	Şoförler Odası	Alüvyon	10.0
Arslandamı	Alüvyon	10.0	Sarıhamzalı-II	Alüvyon	3.0
Cumhuriyet M.	Alüvyon	15.0	Göğüs Hasta.	Taraça	29.0
A.Demirspor	Taraça	12.0	Esnaf Odası	Alüvyon	6.0
Karataş yolu	Alüvyon	7.0	Ç.Ü.	Taraça	17.0
Aziz Otomotiv	Alüvyon	14.0	K.Karabekir M.	Alüvyon	12.0
Kireçocağı-I	Kaliş	17.0	Sarıçam Mah	Alüvyon	14.0
Kireçocağı-II	Kaliş	8.0	Yamaçlı Mah	Alüvyon	7.0
Havaalanı	Alüvyon	10.0	Kanara	Alüvyon	6.0
Sülüklüpinar	Taraça	30.0	Ziraat Çiftliği	Taraça	18.0
İsmetpaşa M.	Alüvyon	25.0	Yavuzlar	Alüvyon	14.0
Gürselpaşa M.	Alüvyon	23.0	19 Mayıs Mah	Alüvyon	12.0
Gürselpaşa-II	Alüvyon	20.0	Kiremithane	Alüvyon	18.0
Sebze hali	Alüvyon	12.0	DSİ Fabrikası	Taraça	20.0
Ç.Ü.MYO	Taraça	8.0	Yamaçlı Zabıta	Alüvyon	8.0
PTT Bölge M.	Alüvyon	7.0	Asri Mezarlık	Alüvyon	8.0
Köy Hizmetleri	Alüvyon	17.0	Levent Mah.	Alüvyon	7.0
Döşeme Mah.	Alüvyon	11.0	Yenidoğan M.	Alüvyon	24.0
Hacı Murat	Alüvyon	20.0	Teknik Lise	Alüvyon	21.0
PTT Evleri	Alüvyon, tar.	21.0	Kışla Mah.	Taraça	9.0
Yüreğir Beled	Alüvyon	8.0	Köprüköyü	Taraça	22.0

Çizelge 4.138 devamı.

<i>Yer Adı</i>	<i>Litoloji</i>	<i>St. Seviye (m)</i>	<i>Yer Adı</i>	<i>Litoloji</i>	<i>St. Seviye (m)</i>
TemSA	Alüvyon	7.0	Levent Mah	Alüvyon	5.4
Narlıca Mah.	Alüvyon	7.0	Fevzipaşa Mh	Alüvyon	13.0
Yeşiloba Mah	Alüvyon	11.0	Hipodrom	Alüvyon	3.0
Mirzaçelebi	Alüvyon	6.0	24 Kasım M.	Alüvyon	23.0
Uçakalanı M	Alüvyon	6.5	Ç.Ü.Seraları	Taraça	19.0
ASK 21	Alüvyon	13.0	Selibra Otel	Alüvyon	9.0
ASK 22	Alüvyon	12.0	Küçük Dikili	Alüvyon	5.5
ASK 23	Alüvyon	11.0	Güney Yıldızı	Alüvyon	3.5
ASK 24	Alüvyon	10.0	Anıtlar Müd.	Alüvyon	9.0
ASK 26	Alüvyon	4.0	Müze	Alüvyon	7.5
ASK 27	Alüvyon	10.5	Şehit Duran	Alüvyon	6.0
ASK 28	Alüvyon	10.0	Anadolu Mah	Alüvyon	4.0
ASK 30	Alüvyon	7.5	Bahçelievler	Alüvyon	6.0
ASK 31	Alüvyon	12.0	R.Öğuz Arık	Alüvyon	17.0
Havuzlubahçe	Alüvyon	6.0	Karşıyaka M.	Alüvyon	6.0
Çukurova İlk.	Alüvyon	6.0	Real	Alüvyon	24.0
Pınar Mah	Taraça	22.0	Cemalpaşa	Alüvyon	8.0
Akkapı Mah	Alüvyon	6.0	Sarıhamzalı-3	Alüvyon	2.0
K. Dikili-2	Alüvyon	3.5	Köprülü Mah.	Alüvyon, tar.	11.0
E-5 üzeri	Alüvyon	2.0	Sarıçam Mh-2	Alüvyon	8.0
Arslandanı-2	Alüvyon	2.0	Gazipaşa Bul.	Alüvyon	7.5
Eski Seyhan Bld	Alüvyon	7.5			

Çizelge 4.138'de yer alan veriler kullanılarak elde edilmiş olan yeraltı su seviye haritası Şekil 4.166'da verilmiştir. Oluşturulan haritada yeraltı su seviyeleri 10 gruba ayrılarak bölgelendirilmiştir. Yeraltı su seviye haritası, su seviyelerinin hem kuzeyden güneye ve hem de doğudan batıya doğru yüzeye yaklaştığını açık bir şekilde ortaya koymaktadır. İnceleme alanı içerisinde su seviyeleri 2 ile > 30 m derinlikleri arasında değişmektedir.

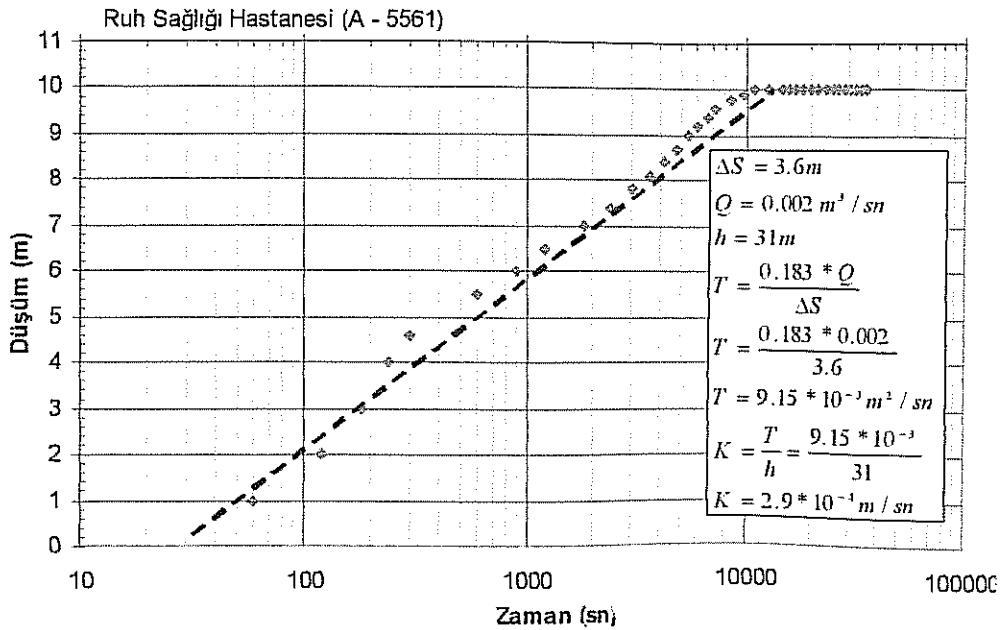


Şekil 4.166. İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu derinlik haritası.

4.8.2. Akifer Karakteristiklerinin Belirlenmesi

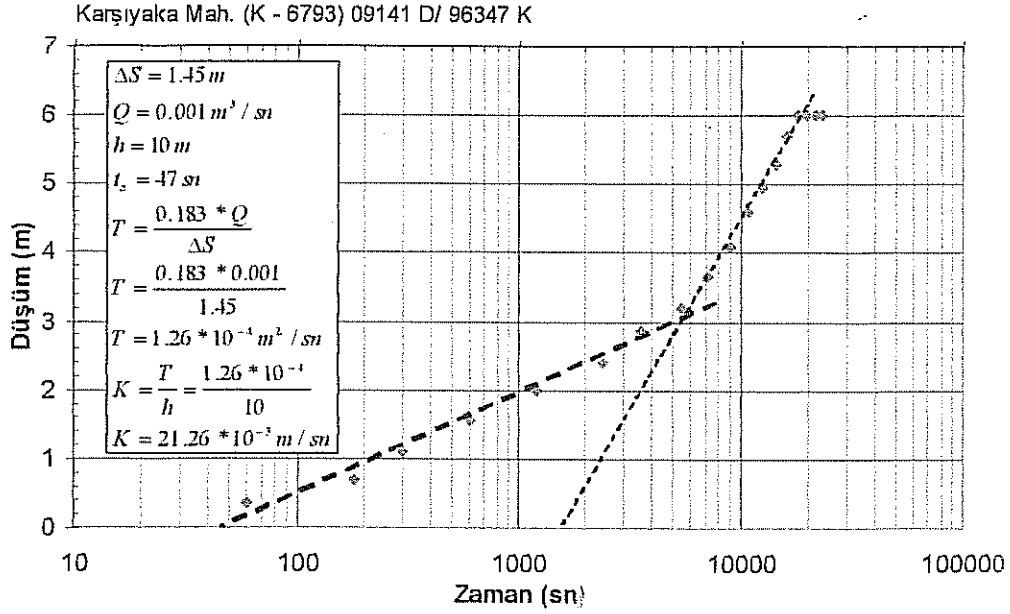
Transmisibilite (T , m^2/sn) ve geçirgenlik katsayısı (K , m/sn) gibi akifer karakteristiklerinin belirlenmesinde, pompaj testleri yapılarak zamana bağlı olarak elde edilmiş düşüm – zaman bilgilerinin bulunduğu bazı veri noktaları incelenmiştir. Pompaj test verileri kullanılarak oluşturulan düşüm-zaman grafikleri Jacob yöntemi ile çözümlenmiştir.

İncelenen ilk nokta olan Ruh sağlığı hastanesi kaliş ve taraça birimleri içerisinde bulunmakta olup akifer niteliği taşıyan birim taraça çökelleridir. Bu noktada yapılan pompaj test verileri kullanılarak elde edilmiş düşüm-zaman grafiği ve Jacob yöntemi kullanılarak bulunmuş transmisibilite (T) ve geçirgenlik katsayısı (K) değerleri Şekil 4.167'de gösterilmiştir. Buna göre transmisibilite $9.15 \cdot 10^{-3} m^2/sn$ ve geçirgenlik katsayısı $2.9 \cdot 10^{-4} m/sn$ olarak bulunmuştur.



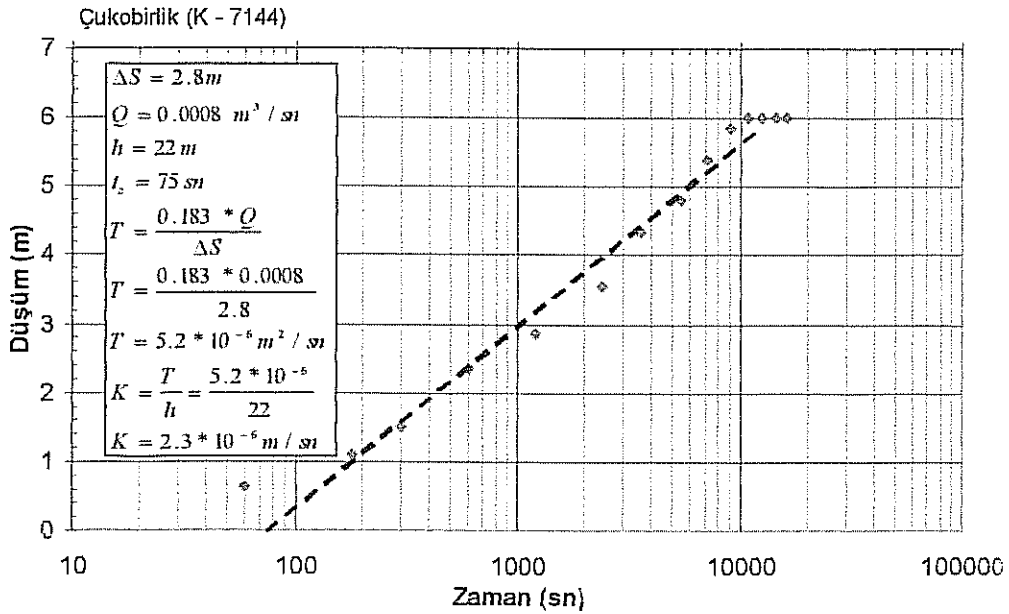
Şekil 4.167. Ruh sağlığı hastanesine ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.

Bir diğer nokta olan Karşıyaka mahallesi veri noktası alüvyon içerisinde açılmış olup su, bu birim ve daha altta yer alan taraça çökellerinden alınmıştır. Şekil 4.168 kullanılarak elde edilmiş olan transmisibilite değeri $1.26 \cdot 10^{-4} m^2/sn$ ve geçirgenlik katsayısı $21.26 \cdot 10^{-5} m/sn$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.168. Karşıyaka mahallesi veri noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.

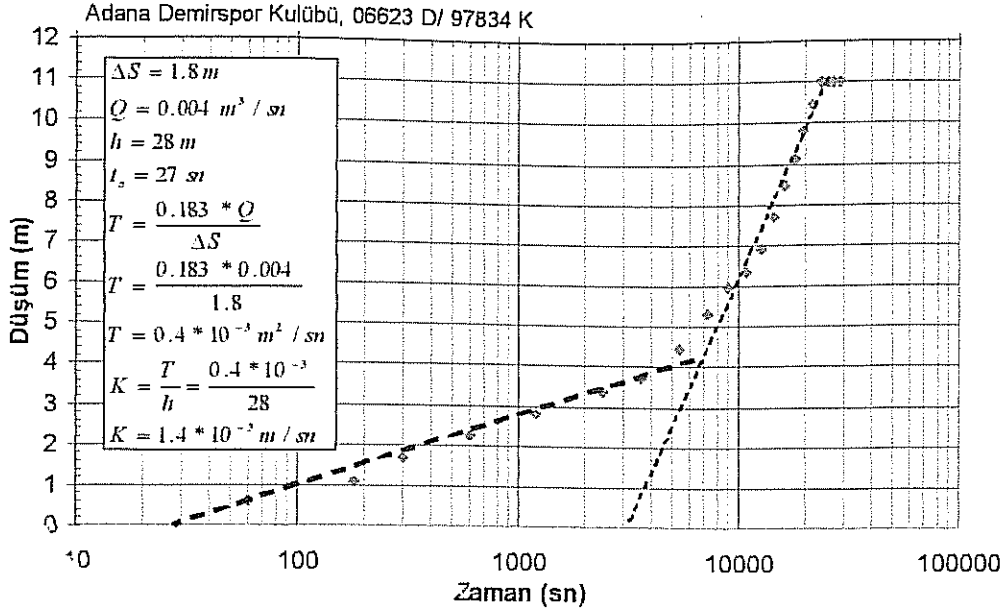
Çukobirlik veri noktası da alüvyon içerisinde yer almaktadır. Bu noktaya ait düşüm-zaman grafiği kullanılarak elde edilmiş transmisibilite değeri $5.2 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sn}$ ve geçirgenlik katsayısı $2.3 * 10^{-6} \text{ m/sn}$ olarak bulunmuştur (Şekil 4.169).



Şekil 4.169. Çukobirlik veri noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri

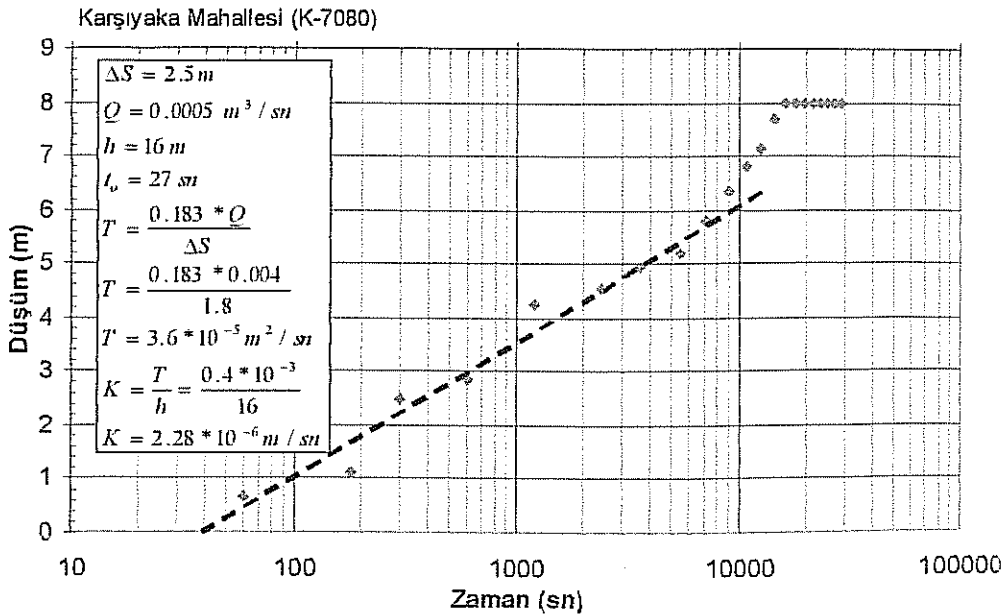
Adana Demirspor Kulübü veri noktası, üstte ince bir alüvyon altında gevşek tutturulmuş ve daha altta sıkı tutturulmuş taraça çökellerinin olduğu bir lokasyondur. Bu

noktaya ait düşüm-zaman grafiği kullanılarak elde edilmiş transmisibilite değeri $0.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sn}$ ve geçirgenlik katsayısı $1.4 \cdot 10^{-4} \text{ m}/\text{sn}$ olarak bulunmuştur (Şekil 4.170).



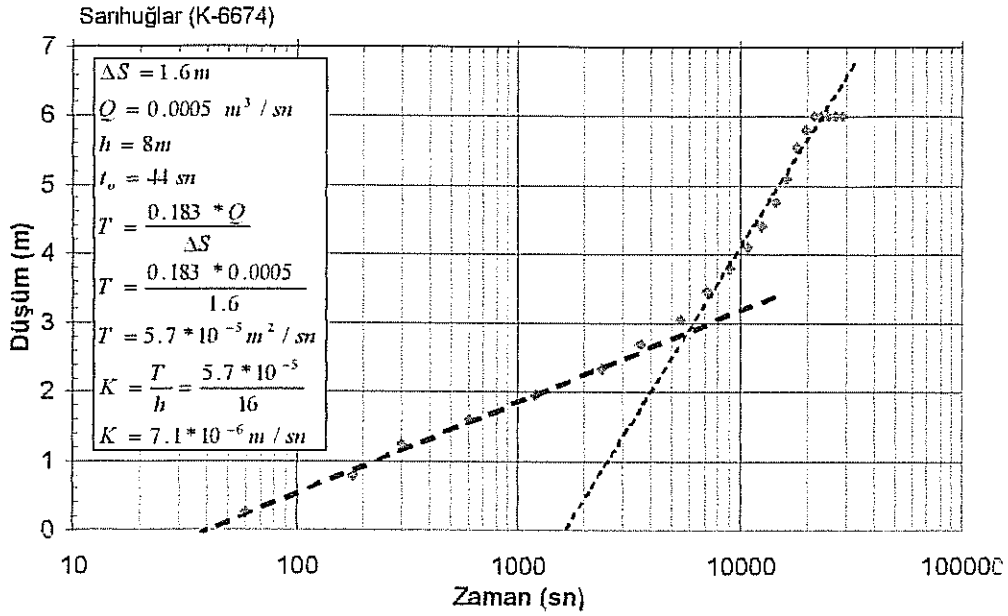
Şekil 4.170. Adana Demirspor kulübü veri yerine ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.

Karşıyaka mahallesindeki bir diğer lokasyon alüvyal birimlerin olduğu K-7080 noktasıdır. Şekil 4.171'de görülen düşüm zaman grafiği ile elde edilmiş T ve K değerleri sırasıyla $3.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sn}$ ve $2.28 \cdot 10^{-6} \text{ m}/\text{sn}$ 'dir.

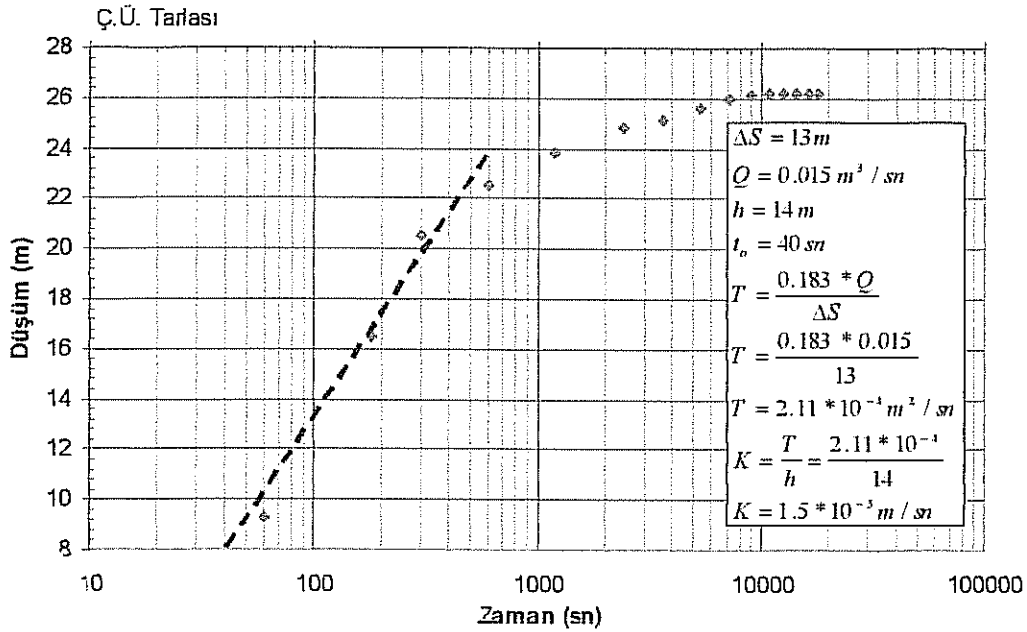


Şekil 4.171. Karşıyaka mahallesi noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.

Sarıhuğlar veri noktası da alüvyon içerisinde yer alan ve yeraltı su seviyesinin oldukça yüzeye yakın olduğu bir lokasyondur. Şekil 4.172 a'daki düşüm-zaman grafiği kullanılarak T değeri $5.7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sn}$ ve K değeri $7.1 \cdot 10^{-6} \text{ m}/\text{sn}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.172 a. Sarıhuğlar veri noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.



Şekil 4.172 b. Çukurova Üniversitesi tarlası veri noktasına ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.

Çukurova Üniversitesi seralarının olduğu arazi üzerinde yer alan bir diğer inceleme noktası ise tamamen akifer özelliği gösteren taraça birimi içinde açılmıştır. Taraça içerisinde,

killi seviyeler ile kil bağlayıcı malzeme yaygın bir şekilde görülebilmektedir. Şekil 4.172 b, bu lokasyona ait düşüm-zaman grafiği ile elde edilmiş T ve K değerlerini göstermektedir.

4.8.3. Suların Fiziko-Kimyasal Özellikleri

İnceleme alanındaki yeraltı sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin ortaya konmasında, DSİ, Köy Hizmetleri, ASKİ ve çeşitli şirketler tarafından açılan sondajlara ait veriler kullanılmıştır. Elde edilen veriler bir ön değerlendirmeden geçirildikten sonra çalışma kapsamında ayrıntılı olarak değerlendirilmişlerdir. Çizelge 4.139, incelenen lokasyonlara ait su kimyasal analiz değerlerini ve bazı fiziksel parametreleri göstermektedir.

4.8.3.1 pH Değerleri ve Eş-pH Haritası

pH değeri suda yer alan hidrojen iyonunun derişimi olarak adlandırılmaktadır. Bu parametre aynı zamanda suyun asidik veya bazik oluşunu da tanımlamaktadır. İnceleme alanındaki 55 veri noktasına ait verinin değerlendirilmesi suların pH değerlerinin 6.80 ile 8.10 arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Hipodrom güneyindeki Sarıhamzalı veri noktası 6.80 ile en düşük pH değerinin elde edildiği yerdir.

Çukurova Üniversitesi eski meslek yüksek okulu (Ç.Ü.MYO) ve Kazım Karabekir mahallesi veri noktası ise 8.10 ile en yüksek pH değerine sahip lokasyonlardır. Bu değerlerin haricinde, bölge içerisindeki pH dağılımlarının zonlar oluşturdukları görülmektedir. Bununla birlikte genel bir yorum olarak Yüreğir bölgesinde pH değerlerinin Seyhan bölgesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Şekil 4.173, inceleme alanı için ortaya konmuş ve 10 ayrı grup için oluşturulmuş eş-pH haritasını göstermektedir.

Çizelge 4.139. İncelenen lokasyonlara ait fiziko-kimyasal analiz sonuçları.

Kayı İsmi	Sıra No	pH	EC	Katyonyonlar (mek/d)				Anyonlar(mek/d)			Top İyon (mek/d)	Sertlik FS
				Nu	K	Cu	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃		
Ruh Sağlığı	1	7,01	1773	6,98	0,63	2,24	11,20	4,80	0,55	10,20	36,60	67,2
Arsılandamı	2	7,65	1405	0,85	0,10	3,70	9,50	0,60	1,15	12,30	28,20	66,0
Cumhuriyet Mah.	3	7,36	827	2,27	0,38	2,00	4,00	1,80	0,88	3,60	14,93	30,0
Adana Demirspor	4	7,38	560	0,80	0,54	1,30	3,50	0,80	0,60	2,90	10,44	24,0
Karataş Yolu	5	7,05	1116	1,80	0,33	2,15	7,21	3,28	0,56	7,47	22,80	46,8
Aziz Otomotiv, E-5	6	6,95	495	0,45	0,10	2,70	1,80	1,00	1,38	3,50	10,93	22,5
Kireçocağı-I	7	7,51	1592	5,04	0,07	4,88	8,12	6,10	3,81	7,50	35,52	65,0
Kireçocağı-II	8	7,30	1182	3,32	0,00	4,42	4,04	3,00	1,82	7,00	23,60	42,3
Sütlüklü Pınarı	9	7,25	686	0,85	0,02	2,32	4,18	1,20	0,61	5,40	14,58	32,5
İsmetpaşa Mah.	10	7,40	650	0,81	0,05	2,60	3,70	1,70	0,18	5,20	14,24	31,5
Gürselpaşa Mah.-I	11	7,80	1065	1,28	0,39	3,49	5,98	2,60	0,43	7,59	21,76	47,4
Gürselpaşa Mah.-II	12	7,20	1420	4,27	1,56	4,50	5,57	6,39	0,65	7,20	30,14	51,0
Sebze Hali	13	7,60	1022	1,33	0,01	3,40	5,50	3,00	0,31	7,00	20,55	44,5
Ç.Ü.MYO	14	8,10	458	0,45	0,10	2,00	2,20	0,80	0,41	3,40	9,36	21,0
K-7165	15	7,01	932	5,52	1,16	0,60	3,20	4,00	0,00	4,20	18,68	19,0
Döşeme Mah.	16	7,70	477	0,62	0,14	3,60	0,40	0,90	0,47	3,40	9,53	20,0
Çukurova Üniversitesi	17	8,10	620	1,03	0,09	2,50	2,938	1,40	0,71	4,30	12,97	27,2
K. Karabekir Mah.	18	8,10	570	2,41	0,10	2,10	2,33	0,90	0,76	4,50	13,10	22,2
Sarıçam Mah.	19	7,60	514	0,29	0,01	2,50	2,43	0,90	0,52	3,80	10,45	24,7
Yamaçlı Mah.	20	7,90	546	0,74	0,14	2,00	2,70	0,70	0,41	4,40	11,09	23,5
Kanara	21	7,40	529	0,7	0,10	2,50	1,80	0,60	0,93	3,50	10,13	21,5
Ziraat Fak. Çiftliği	22	7,40	783	0,92	0,00	3,30	0,20	2,20	0,56	4,70	11,88	17,5

Çizelge 4.139 devamı

Sıra No	Kuyu İsmi	pH	EC	Katyonlar (me ^l /l)						Anyonlar (me ^l /l)				Top İyon (me ^l /l)	Sertlik FS
				Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃					
23	Yavuzlar	7,60	678	0,63	0,03	3,00	3,45	1,50	0,50	5,00	14,10	32,2			
24	19 Mayıs Mah.	7,90	1084	1,39	0,06	4,30	5,20	3,30	0,71	6,60	21,56	47,5			
25	Kiremitbane Mah.	7,70	1078	1,65	0,03	4,40	4,90	3,00	0,42	7,10	21,50	46,5			
26	Polis Lojmanları	7,80	1011	1,74	0,09	4,00	4,80	2,70	0,89	6,60	20,82	44,0			
27	DSİ Fabrikası	7,90	601	1,31	0,05	1,80	2,90	1,30	0,47	3,90	11,73	23,5			
28	Köprüköyü	7,20	470	0,61	0,03	2,33	2,12	0,50	0,34	3,35	9,28	22,3			
29	Kışla Mah.	7,30	450	0,56	0,02	2,76	2,12	0,55	0,42	5,30	11,73	24,4			
30	Üniversite Sahası	7,20	1220	2,26	0,02	4,88	5,95	4,70	0,29	6,60	24,70	54,2			
31	PTT Evleri	7,20	700	1,09	0,02	3,40	3,10	1,16	0,47	4,60	13,84	32,5			
32	Teknik Lise	7,40	710	1,39	0,02	3,18	3,70	1,35	0,25	5,40	15,29	34,4			
33	Hacı Murat	7,40	850	1,82	0,05	3,82	4,80	2,25	0,40	6,40	19,54	43,1			
34	Yüreğir Belediye	7,30	370	0,55	0,03	2,10	1,74	0,20	0,22	3,20	8,04	19,2			
35	Yamaçlı Zabıta	7,30	460	0,87	0,04	2,86	1,90	0,40	0,59	3,70	10,36	23,8			
36	Asri Mezarlık	7,60	600	1,22	0,03	2,85	2,75	0,95	0,56	4,10	12,46	28,0			
37	Yenidoğan Mah.	7,30	910	1,74	0,05	4,24	5,74	3,05	0,40	6,40	21,62	50,0			
38	Levent Mah.	7,20	1008	1,91	0,07	3,82	6,27	4,60	0,25	5,95	22,87	50,5			
39	TemSA	7,60	980	1,74	0,01	3,50	4,67	2,80	0,26	5,80	18,78	40,9			
40	Ç.Ü. Seraları	7,02	920	0,99	0,06	3,86	4,34	3,21	0,38	5,19	18,03	41,0			
41	Selçuk Ecza Deposu	7,65	1400	0,85	0,04	3,70	9,50	0,66	1,15	10,30	26,20	66,0			
42	Sarıhuğlar	7,35	564	2,24	0,11	1,10	2,30	2,80	0,44	2,40	11,34	17,0			
43	Dilberler Sek. Doğusu	8,60	468	0,45	0,16	2,00	2,20	0,88	0,41	3,46	9,56	21,0			
44	Hükümet Konağı	7,70	477	0,21	0,08	3,60	0,40	0,90	0,40	3,42	9,01	20,0			

4.8.3.2. Suların Elektriksel İletkenliği (EC) ve Eş-EC Haritası

Suyun elektriksel iletkenliği (Kondüktivite, EC) elektriği geçirme özelliği şeklinde tanımlanır. Birimi $\mu\text{mho/cm}$ veya $\mu\text{siemens/cm}$ ($\mu\text{S/cm}$)'dir. Elektriksel iletkenlik genel olarak sıcaklıkla artar. Farklı sular için aynı şekilde yorum yapabilmek için genellikle 25°C sabit sıcaklık değeri için hesaplanırlar.

Sularda çözünmüş toplam katı madde miktarı ile elektriksel iletkenlik arasında genellikle doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu bölümdeki hidrojeoloji çalışmaları kapsamında incelenen 44 adet su kuyusuna ait suların EC-toplam iyon (Tİ) grafiği çizilerek Şekil 4.174'de verilmiştir. Grafikteki doğrunun denklemi;

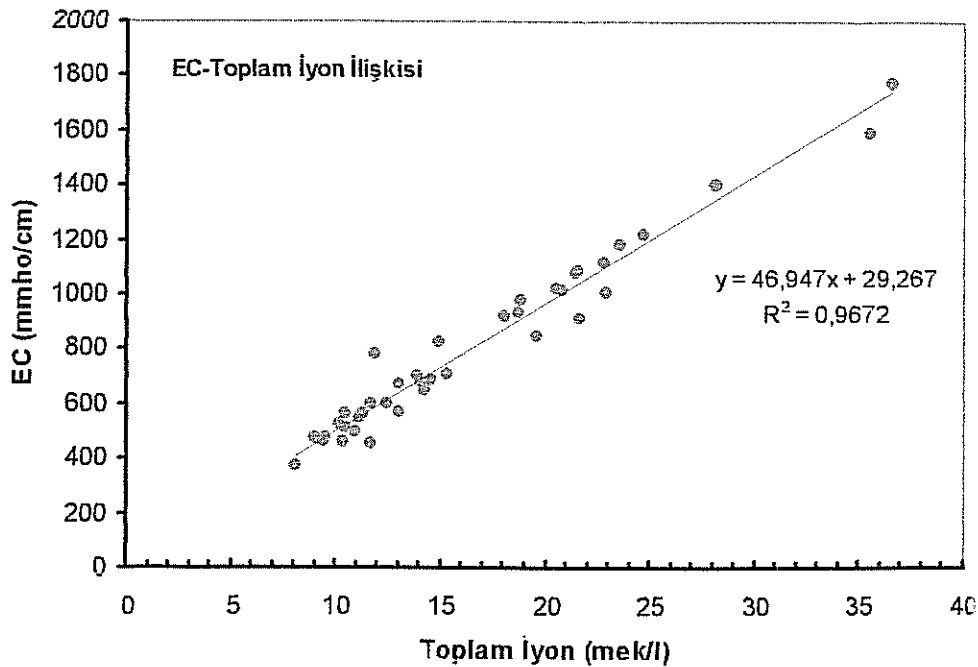
$$y = 46.947x + 29.267 \quad (EC = 46.631TI + 33.712)$$

ve korelasyon katsayısı

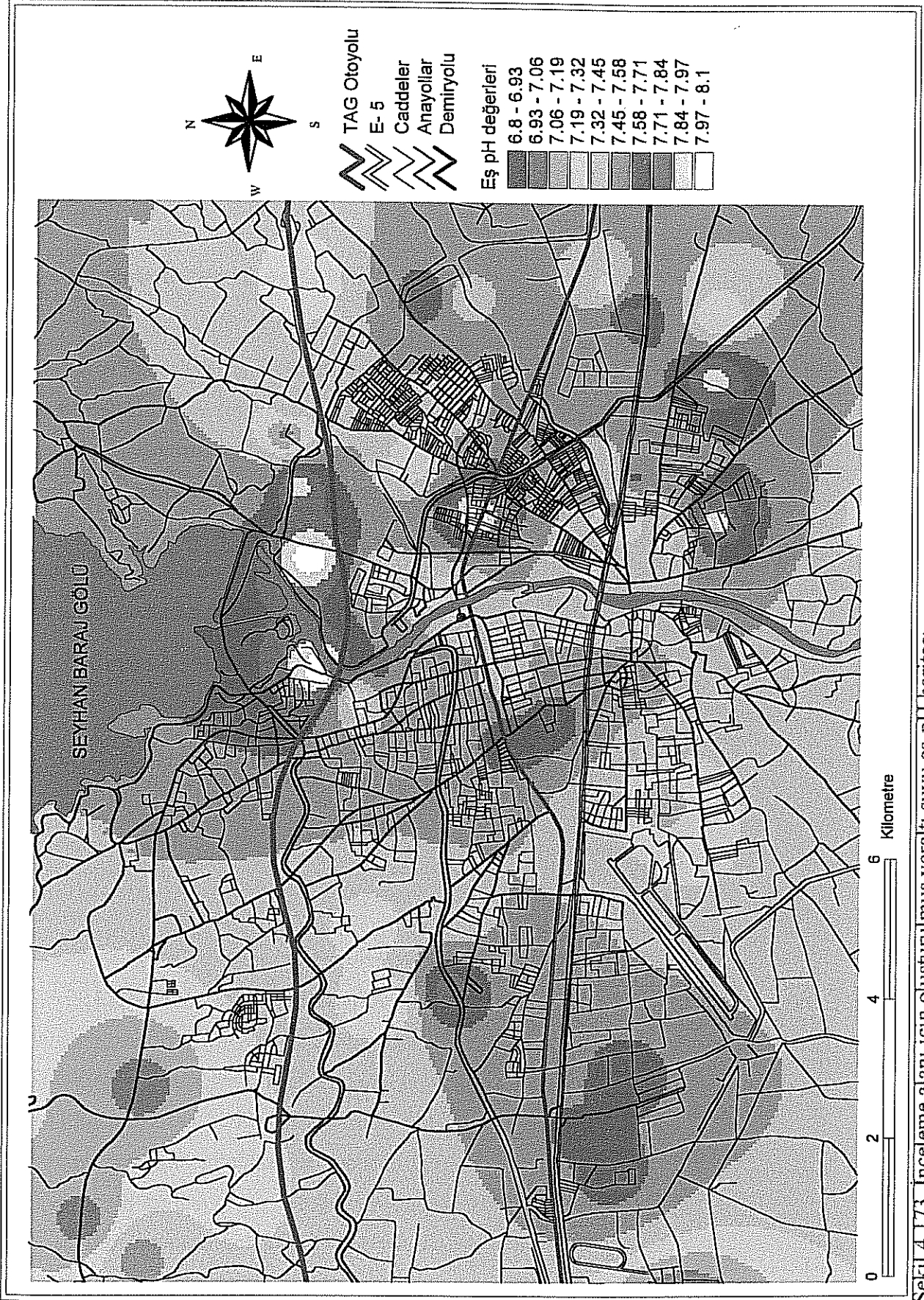
$$r = 0.9672$$

olarak saptanmıştır. Elde edilen ilişkinin bu anlamda oldukça tutarlı olduğu görülmektedir.

İnceleme alanındaki suların EC değerleri 370 ile 1773 $\mu\text{mho/cm}$ arasında değişmektedir. Yüreğir Belediyesi lokasyonu 370 $\mu\text{mho/cm}$ ile en düşük EC değerini verirken, Ruh sağlığı hastanesi lokasyonu 1773 $\mu\text{mho/cm}$ ile en yüksek değeri vermiştir.



Şekil 4.174. İnceleme alanındaki suların toplam iyon-EC grafiği.



Şekil 4.173. İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu eş-pH haritası.

Oluşturulmuş eş-EC haritasına bakıldığında, Seyhan ırmağının her iki tarafında düşük EC değerlerinin olduğu, ancak hem doğuya ve hem de batıya gidildiğinde bu değerlerin arttığı görülmektedir. Bu artışın Seyhan ilçesi tarafında daha fazla olduğu da haritadan görülebilmektedir (Şekil 4.175). Eş-EC haritası toplam iyon miktarının da bir göstergesi olarak önem kazanmaktadır. Bu anlamda harita, yeraltı su tablası haritasıyla da uyumlu olarak Seyhan ırmağından yer altı suyuna bir akışın olduğunu göstermektedir.

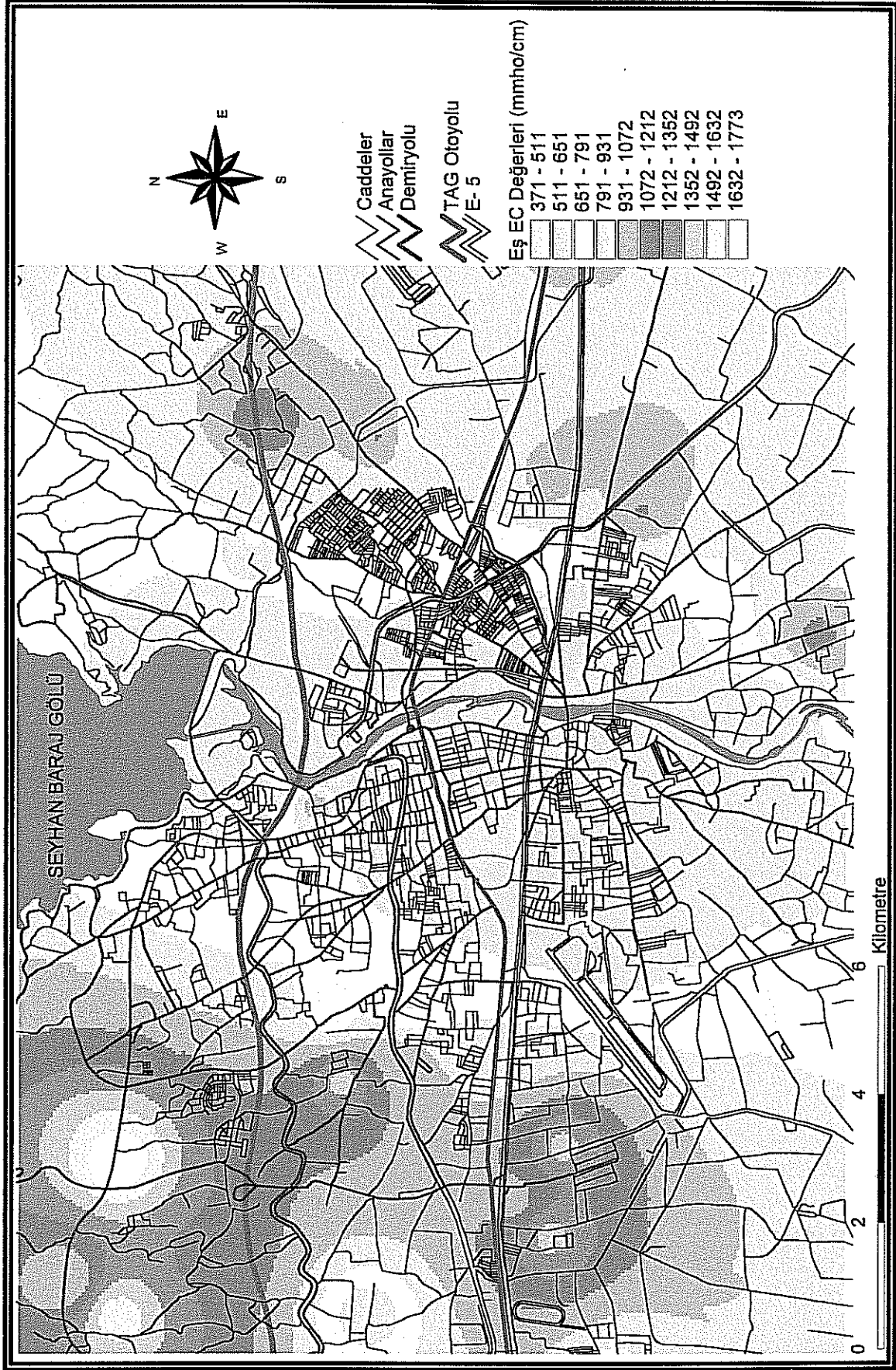
4.8.3.3. Suların Sertliği ve Eş Sertlik Haritası

Suların sertlik sınıflamalarında kullanılan farklı değerlendirmeler vardır. Sertlik, esas olarak su içinde çözülmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyumdan kaynaklanmaktadır. Ca ve Mg değerlerinin (mek/l) 5 katı "Toplam Fransız Sertliği" (FS) olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada suların sertlikleri toplam Fransız sertliği cinsinden hesaplanmıştır. Buna göre sertlik değerleri 17.00 ile 67.20 Fransız sertliği değerleri arasında değişmektedir. Sarıhuğlar veri yeri 17.00 FS sertlik değeri ile en düşük ve Ruh sağlığı hastanesi veri yeri ise 67.20 FS sertlik değeri ile en yüksek sertlik değerlerine sahip veri noktalarıdır. Sular toplam Fransız sertlik değerlerine göre Çizelge 4.140'da görüldüğü gibi sınıflanmaktadırlar;

Çizelge 4.140. Suların Fransız sertliği değerlerine göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991).

<i>Fransız sertliği</i>	<i>Tanımlama</i>
0 – 7	Çok yumuşak
7 – 14	Yumuşak
14 – 21	Az sert
21 – 32	Oldukça sert
32 – 54	Sert
> 54	Çok sert

Elde edilen sertlik değerlerine göre sular sınıflandırılacak şekilde eş-sertlik haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.176). Bu haritada, EC haritasına benzer şekilde Seyhan ırmağının her iki tarafında düşük sertlik değerlerinin, buna karşılık ırmaktan hem doğuya ve hem de batıya gidildiğinde artan sertlik değerlerinin olduğu görülmektedir. Bu da EC haritası ile ilgili yorumu destekler nitelikte bir sonucun çıkmasını sağlamaktadır. Yani, Seyhan ırmağından akış yer altı suyuna doğru olduğu için zenginleşen iyon içeriği ile birlikte sertlik değerlerinde de artışlar meydana gelmektedir. Sertlik sınıfı en yüksek olan zonlar da yine Seyhan ilçesi içinde yer almaktadır.



Şekil 4.175. İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu eş-EC (mikromho/cm) haritası.

4.8.3.4. Sülfat Değerleri ve Eş Sülfat Haritası

İncelenen bölgede, yeraltı sularındaki sülfat değerleri 0.18 ile 3.81 mek/l değerleri arasında değişmektedir. İsmetpaşa mahallesi veri noktası en düşük (0.18 mek/l) sülfat değerine sahip olduğu, buna karşılık Kireçocağı-I noktası 3.81 mek/l değeri ile en yüksek sülfat değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu yüksek değerlerin elde edilmesinde lokasyonun olduğu bölgede Handere Formasyonu'na eşlik eden ve üye niteliğinde daha önceki çalışmalarda ayırtılan jips içeren Gökkuyu alçıtışı biriminin rol oynadığı düşünülmektedir. İnceleme alanının büyük bölümü 0.38 ile 0.76 mek/l değerleri arasında değişen sülfat değerlerine sahiptir (Şekil 4.177)

Adana ili kent merkezinden özellikle batıya doğru gidildiğinde sülfat değerlerinde belirgin ve tedrici bir artışın olduğu görülmektedir. Bu, kısmen tarımsal faaliyetlerle olabileceği gibi yer altı suyu akışı ile ilgili de olabilir.

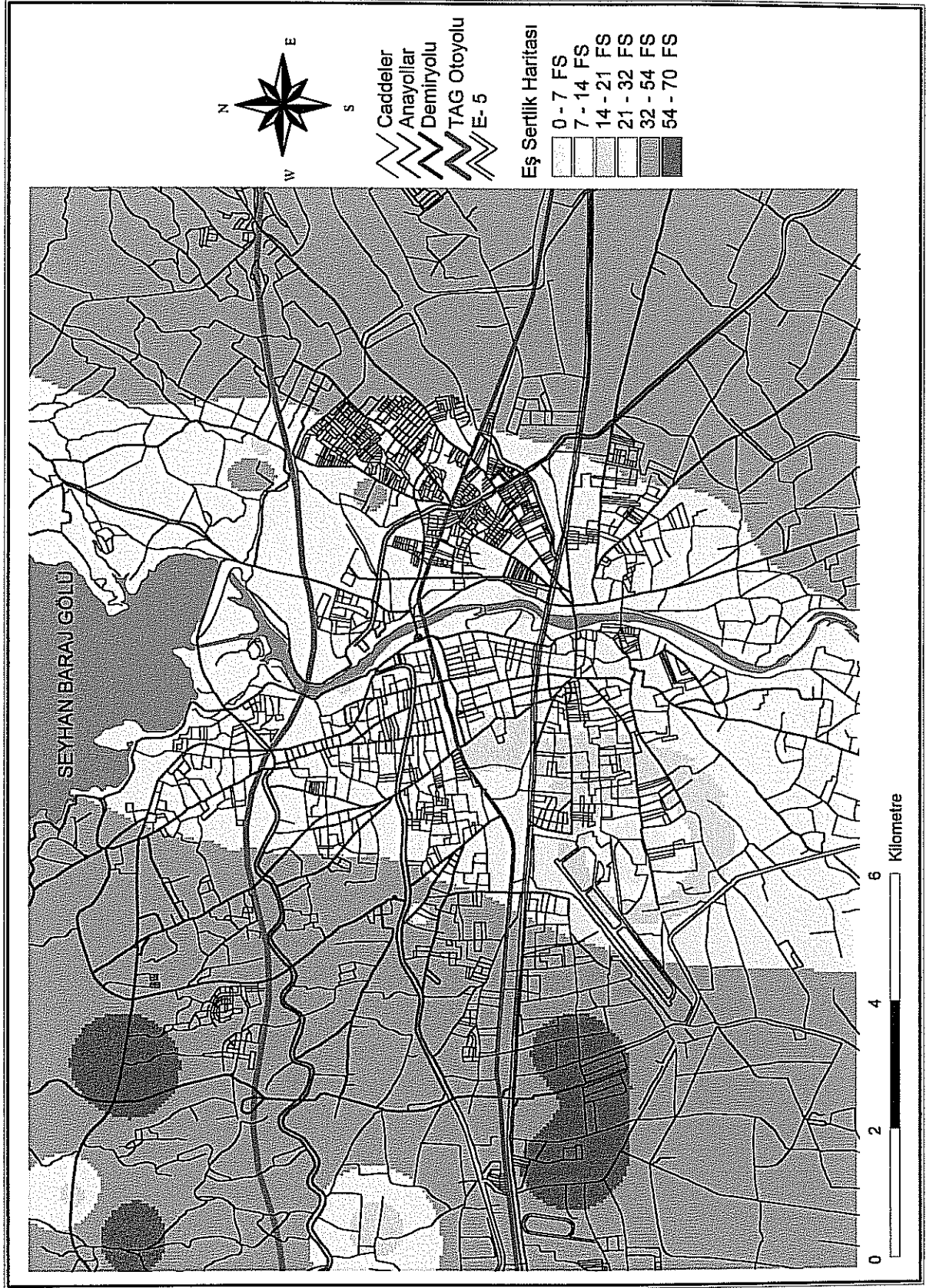
Şekil 4.177, inceleme alanı için oluşturulmuş eş-sülfat haritasını göstermektedir. Haritada yer alan tüm değerler mek/l birimi cinsinden verilmiştir.

4.8.4. Suların Çözünmüş Toplam Katı Madde Miktarına Göre Sınıflaması

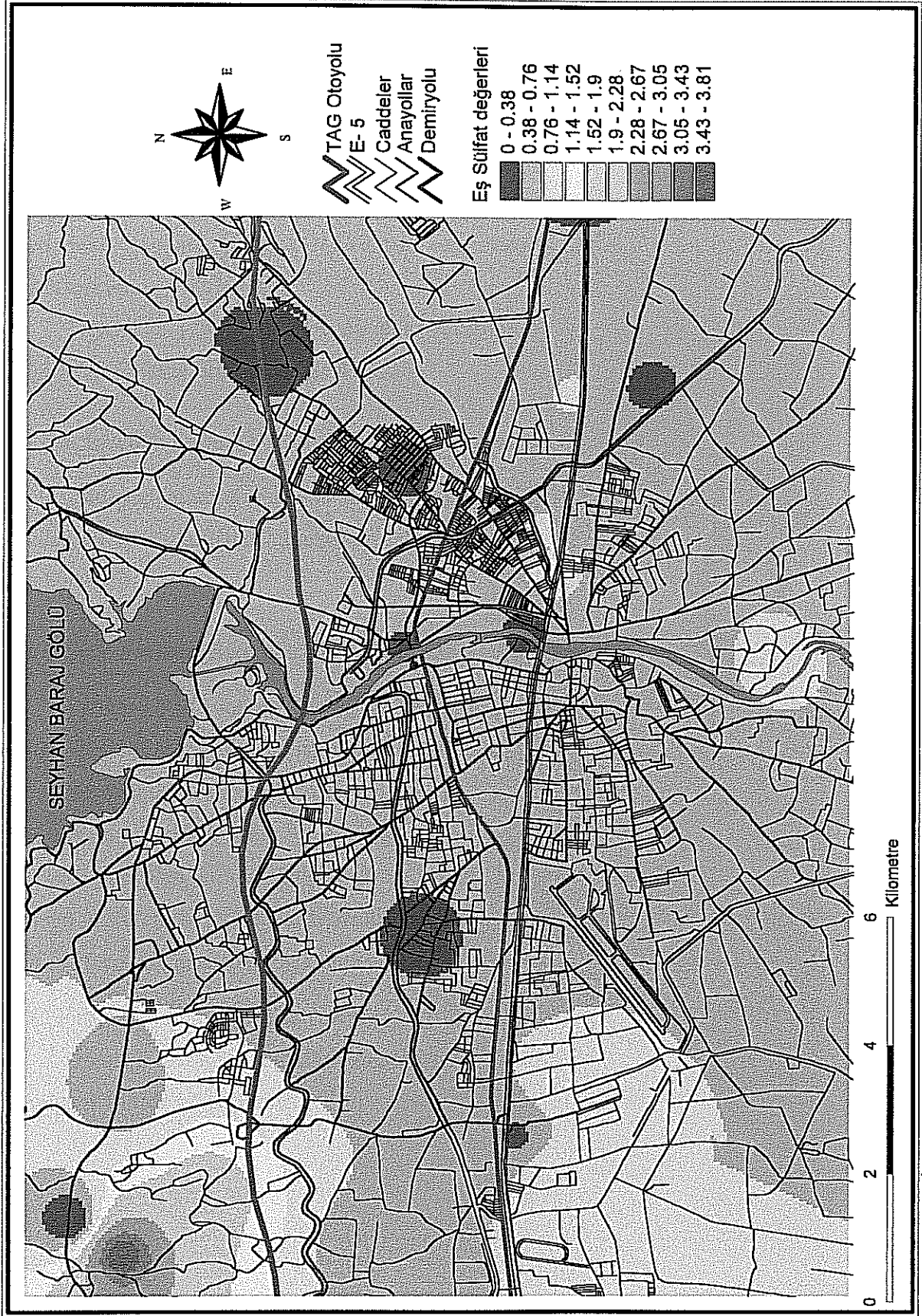
Bu sınıflamada mg/l cinsinden toplam iyon miktarları değerlendirilir. 1000 mg/l'den az olan sular tatlı su ve 1000-10.000 mg/l arasında olan sular hafif tuzlu su sınıfına girer (Şahinci, 1991). Bu çalışma kapsamında incelenen 44 veri noktasına ait değerlendirme, Ruh sağlığı hastanesi (1183 mg/l), Arslanamı (1038 mg/l), Kireçocağı-I (1170 mg/l) ve Gürselpaşa Mah.-II (1013 mg/l) veri noktalarının hafif tuzlu su ve bu noktalar dışında kalan tüm noktalara ait suların ise tatlı su sınıfında yer aldıklarını ortaya koymuştur.

4.8.5. Suların Kullanılabilme Özellikleri

Suların sıcaklığı, debisi, iyon derişimi, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri kullanım alanlarını belirleyen etkenlerdir. Bu bölümde inceleme alanındaki suların içme, sulama ve endüstride kullanılabilme özelliklerinden söz edilmiştir.



Şekil 4.176. İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu eş-sertlik (FS) haritası.



Şekil 4.177. İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu eş-sülfat (mek/l) haritası.

4.8.5.1. İnceleme Alanı Yeraltı Sularının İçme Suyu Olarak Kullanılabilme Özellikleri

Schoeller, EC (elektriksel iletkenlik), FS, Na (mg/l), Cl (mg/l) ve SO₄ (mg/l) değerlerini kullanarak suları içilebilme özelliklerine göre sınıflamıştır (Canik, 1998). Suların geneli *orta – iyi* ve *çok iyi* kaliteli sular grubunda oldukları görülmektedir. Şekil 4.180’de çizilmiş olan grafik suların içilebilirlik açısından sınıflarını göstermektedir. Grafikler üzerindeki sayılar Çizelge 4.139’daki su kuyusu verilerine ait sıra numaralarını göstermektedir.

TSE 266 (1966)’ya göre de sular içilebilirlik açısından çeşitli kriterler gözetilerek değerlendirilmektedirler (Çizelge 4.141).

4.8.5.2. İnceleme Alanı Yeraltı Sularının Sulamada Kullanılabilme Özellikleri

Sulama sularını sınıflamak için değişik diyagram ve sınır değerler önerilmiştir. Bunlardan yararlanılarak inceleme alanındaki yeraltı sularının sulamaya uygunluğu incelenmiştir.

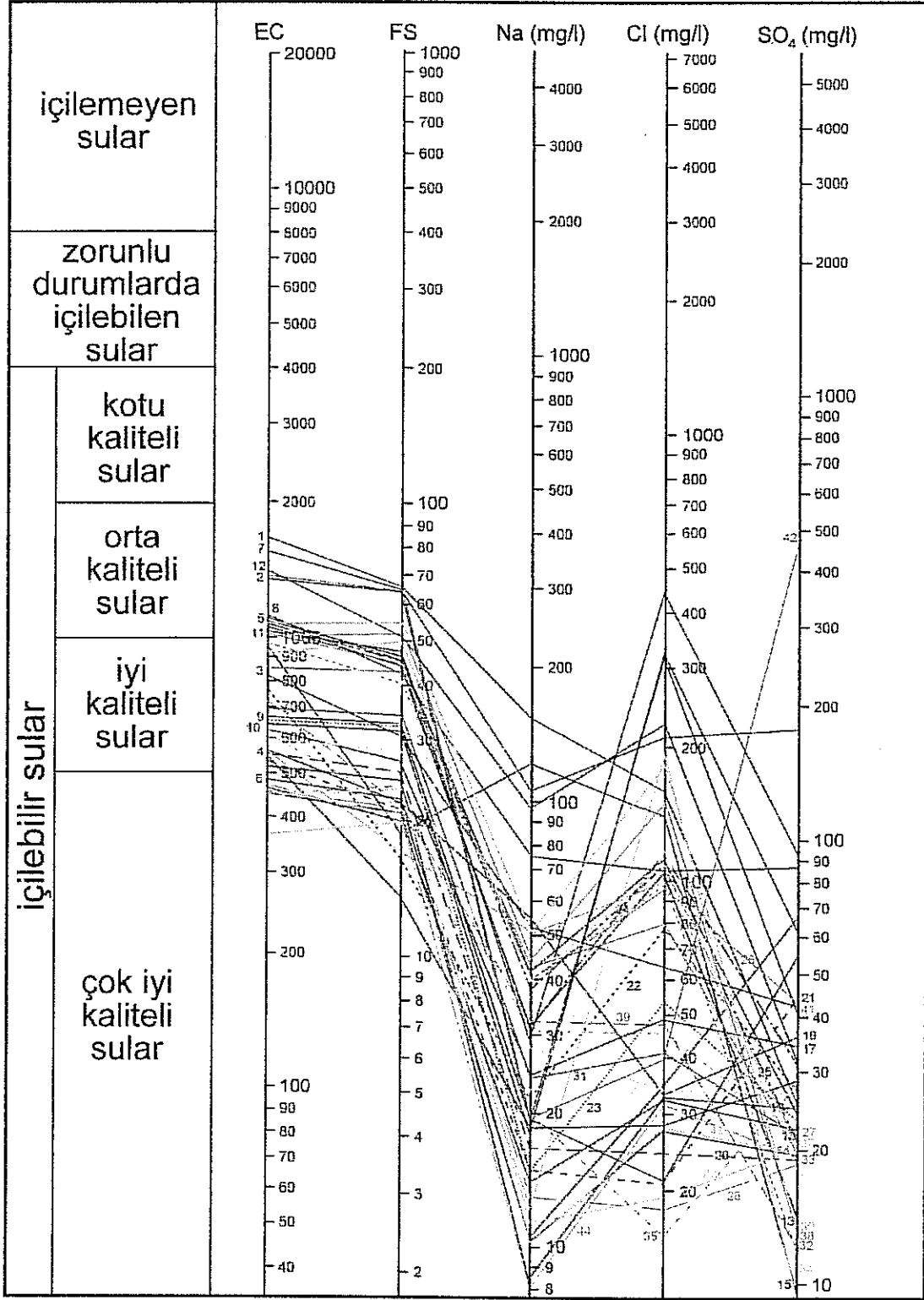
4.8.5.2.(1). Artıksal Sodyum Karbonat (RSC)

Yüksek RSC değerine sahip su, toprakta sodikleşmeye yani tuzluluğun artmasına yol açtığından sulama suyunda istenmeyen bir değerdir. Sodikleşme ile toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri de değişiklik gösterebilir. Bu tür topraklarda sodyum oranı yükseldikçe toprağın geçirgenliği azalır ve toprağın havalanması güçleşir. Böyle bir durumda toprak ıslanınca yapışkan, kuruyunca çatlaklı ve kabuklu bir yapı kazanır. Toprağın sodikleşmesi ile etkisini gösteren suyun kimyasal özellik tanımı RSC kavramı ile ifade edilmektedir.

RSC şu formülle hesaplanır (Şahinci, 1991);

$$RSC = r(CO_3 + HCO_3) - r(Ca + Mg) \quad (4.65)$$

Hesaplanan RSC değerine göre sulamaya uygunluk açısından suların sınıflandırılması Çizelge 4.143’de gösterilmiştir.



Şekil 4.180. Suların Schoeller içilebilirlik diyagramı.

Çizelge 4.141. İçme sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri (TSE 266, 1966)

<i>Fiziksel Özellikler</i>	<i>Kabul Edilen</i>	<i>Üst Sınır</i>
Koliform bakteri	-	-
Koku ve tad	Kokusuz	Duyulur derecede
Renk (platin skalası)	10 mg/l	25 mg/l
Sıcaklık (°C)	15 mg/l	18 mg/l
Asılı maddeler	10 mg/l	100 mg/l
Bulanıklık (SiO ₂ skalası)	5 mg/l	15 mg/l
Yüzen maddeler	-	-
Çözülmüş oksijen	2 mg/l	5 mg/l
Organik madde için kullanılan O ₂	1.5 mg/l	3.5 mg/l
Zehirli maddeler	0	0.05 mg/l
Kurşun (pb)	0	0.01 mg/l
Selenyum (Se)	0	0.05 mg/l
Arsenik (As)	0	0.05 mg/l
Krom (Cr)	0	0.2 mg/l
Siyanür (Cn)	0	0.01 mg/l
<i>Sağlığa etki eden maddeler</i>		
Florür (F)	1 mg/l	1.5 mg/l
Nitrat (NO ₃)	10 mg/l	30 mg/l
<i>Kimyasal özellikler</i>	-	-
pH	6.8 – 7.2	8.8
Buharlaşma kalıntısı	500 mg/l	1500 mg/l
EC (mikromho/cm 25°C)	750	2200
Sertlik (Fransız)	32	45
Klorür (Cl)	250 mg/l	750 mg/l
Magnezyum (Mg)	125 mg/l	150 mg/l
Sülfat (SO ₄)	200 mg/l	400 mg/l
Demir (Fe)	0.3 mg/l	1 mg/l
Mangan (Mn)	0.1 mg/l	1 mg/l
Bakır (Zn)	0.2 mg/l	3 mg/l
Çinko (Zn)	5 mg/l	15 mg/l
Fenol bileşimli maddeler	0	0.001 mg/l
Kalsiyum (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
Artık klor	0.1 mg/l	0.5 mg/l
Alkil benzil sülfanat	0.5 mg/l	1 mg/l
Mg+Na ₂ SO ₄	500 mg/l	1000 mg/l
<i>Kirlenmeyi belirten maddeler</i>		
Toplam organik maddeler	3.5 mg/l	-
Nitrit	0	-
Amonyak	0	-

Çizelge 4.142. İncelenen suların TSE 266 (1966)'ya göre kimyasal açıdan değerlendirilmesi.

Lokasyon Adı	Veri No	TSE 266, (1966) Kriterleri Değerleri					
		pH	EC	FS	Cl	Mg	SO ₄
Ruh Sağlığı	1	√	√	×	√	√	√
Arslandamı	2	√	√	×	√	√	√
Cumhuriyet Mah.	3	√	√	√	√	√	√
Adana Demirspor	4	√	√	√	√	√	√
Karataş Yolu	5	√	√	×	√	√	√
Aziz Otomotiv, E-5	6	√	√	√	√	√	√
Kireçocağı-I	7	√	√	×	√	√	√
Kireçocağı-II	8	√	√	√	√	√	√
Sülüklü Pınarı	9	√	√	√	√	√	√
İsmetpaşa Mah.	10	√	√	√	√	√	√
Gürselpaşa Mah.-I	11	√	√	×	√	√	√
Gürselpaşa Mah.-II	12	√	√	×	√	√	√
Sebze Hali	13	√	√	√	√	√	√
Ç.Ü.MYO	14	√	√	√	√	√	√
K-7165	15	√	√	√	√	√	√
Döşeme Mah.	16	√	√	√	√	√	√
Çukurova Üniversitesi	17	√	√	√	√	√	√
K. Karabekir Mah.	18	√	√	√	√	√	√
Sarıçam Mah.	19	√	√	√	√	√	√
Yamaçlı Mah.	20	√	√	√	√	√	√
Kanara	21	√	√	√	√	√	√
Ziraat Fak. Çiftliği	22	√	√	√	√	√	√
Yavuzlar Mah.	23	√	√	√	√	√	√
19 Mayıs Mah.	24	√	√	×	√	√	√
Kiremithane Mah.	25	√	√	×	√	√	√
Polis Lojmanları	26	√	√	√	√	√	√
DSİ Fabrikası	27	√	√	√	√	√	√
Köprüköyü	28	√	√	√	√	√	√
Kışla Mah.	29	√	√	√	√	√	√
Üniversite Sahası	30	√	√	×	√	√	√
PTT Evleri	31	√	√	√	√	√	√
Teknik Lise	32	√	√	√	√	√	√
Hacı Murat	33	√	√	√	√	√	√
Yüreğir Belediyesi	34	√	√	√	√	√	√
Yamaçlı Zabıta	35	√	√	√	√	√	√
Asri Mezarlık	36	√	√	√	√	√	√
Yenidoğan Mah.	37	√	√	×	√	√	√
Levent Mah.	38	√	√	×	√	√	√
TemSA	39	√	√	√	√	√	√

Çizelge 4.142 devamı

Lokasyon Adı	Veri No	TSE 266, (1966) Kriterleri Değerleri					
		pH	EC	FS	Cl	Mg	SO ₄
Ç.Ü. Seraları	40	√	√	√	√	√	√
Selçuk Ecza Deposu	41	√	√	√	√	√	×
Sarıhuğlar	42	√	√	√	√	√	√
Dilberler Sek. Doğusu	43	√	√	√	√	√	√
Hükümet Konağı	44	√	√	√	√	√	√

Çizelge 4.143. RSC değerlerine göre ulamaya uygunluk sınıflaması (Şahinci, 1991).

Sınıflamaya Uygunluk	RSC
Sınıf 1: iyi	< 1.25
Sınıf 2 : limite yakın (kritik)	1-25 – 2.5
Sınıf 3 : kesinlikle kullanılamaz	> 2.5

Çalışma alanındaki suların tümü < 1.25 RSC değeri vermektedirler. Bu bakımdan da iyi sulama suyu sınıfına girmektedirler.

4.8.5.2.(2). Wilcox Diyagramı

Wilcox diyagramı, suları sodyum yüzdesi ve elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırır. Bu diyagramda sular beş sınıfa ayrılmıştır.

- Çok iyi – iyi sular
- İyi – kullanılabilir
- Şüpheli – kullanılabilir
- Şüpheli – kullanılamaz
- Sulamaya uygun değil

% Na değerleri,

$$\% Na = rNa \times 100 / (rCa + rMg + rNa + rK) \quad (4.66)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır.

Çizelge 4.144, bu çalışmada incelenen lokasyonlara ait iyon dağılımı ve hesaplanmış % Na ile sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerlerini göstermektedir. Elde edilen % Na ve EC değerleri kullanılarak suların Wilcox diyagramındaki dağılımları Şekil 4.181'de gösterilmiştir. Diyagram, sulama sularının *Çok iyi-iyi* ve *iyi-kullanılabilir* su sınıfında olduklarını ortaya koymaktadır.

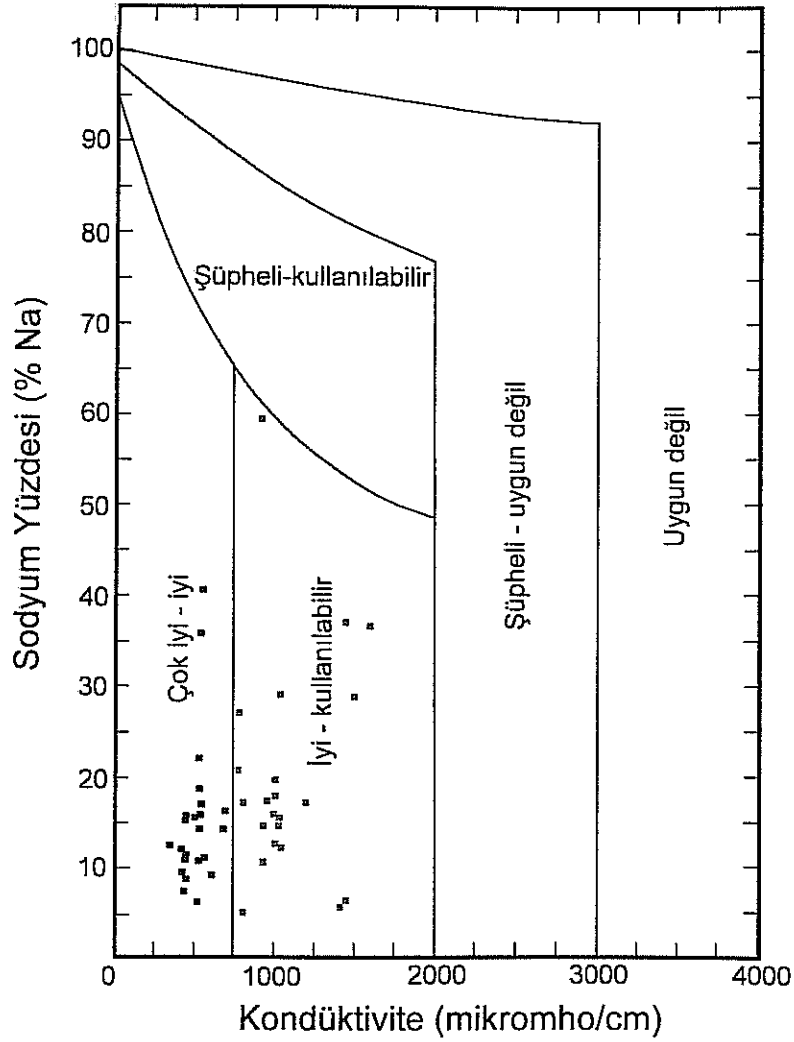
Çizelge 4.144. İncelenen lokasyonlar için elde edilmiş iyon dağılımları ve %Na ile SAR değerleri.

Kıyü İsmi	Sıra No	İYON DAĞILIMI		% Na	SAR
		KATYONLAR	ANYONLAR		
Ruh Sağlığı	1	Mg > Na > Ca > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	36.15	2.69
Arslandamı	2	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	6.05	0.20
Cumhuriyet Mah.	3	Mg > Na > Ca > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	27.47	1.31
Adana Demirspor	4	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	14.28	0.51
Karataş Yolu	5	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	16.13	0.83
Aziz Otomotiv, E-5	6	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	9.09	0.40
Kireçocağı-I	7	Mg > Na > Ca > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	28.14	1.99
Kireçocağı-II	8	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	28.18	1.60
Sütlüklü Pınarı	9	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	11.59	0.47
İsmetpaşa Mah.	10	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	11.31	0.46
Gürselpaşa Mah.-I	11	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	14.99	0.59
Gürselpaşa Mah.-II	12	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	36.67	1.90
Sebze Hali	13	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	13.09	0.63
Ç.Ü.MYO	14	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	9.47	0.31
K-7165	15	Na > Mg > K > Ca	HCO ₃ > Cl > SO ₄	59.23	4.03
Döşeme Mah.	16	Ca > Na > Mg > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	15.97	0.44
Çukurova Üniversitesi	17	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	17.08	0.62
K. Karabekir Mah.	18	Na > Mg > Ca > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	36.17	1.62
Sarıçam Mah.	19	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	5.73	0.18
Yamaçlı Mah.	20	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	15.77	0.48
Kanara	21	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	15.68	0.47
Ziraat Fak. Çiftliği	22	Ca > Mg > Na > K	HCO > Cl > SO ₄	20.81	0.69
Yavuzlar Mah.	23	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	9.29	0.35
19 Mayıs Mah.	24	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	13.24	0.64
Kiremithane Mah.	25	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	15.30	0.76
Polis Lojmanları	26	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	17.21	0.83
DSİ Fabrikası	27	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	22.44	0.85
Köprüköyü	28	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	11.98	0.41
Kışla Mah.	29	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	10.25	0.36
Üniversite Sahası	30	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	17.24	0.97
PTT Evleri	31	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	14.23	0.61
Teknik Lise	32	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	16.76	0.75
Hacı Murat	33	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	17.26	0.88
Yüreğir Belediyesi	34	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	12.41	0.40
Yamaçlı Zabıta	35	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	15.34	0.56
Asri Mezarlık	36	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	17.75	0.73
Yenidoğan Mah.	37	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	14.78	0.78
Levent Mah.	38	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	15.83	0.85

Çizelge 4.144 devamı

Kuyu İsmi	Sıra No	İYON DAĞILIMI		% Na	SAR
		KATYONLAR	ANYONLAR		
TemSA	39	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	17.54	0.86
Ç.Ü. Seraları	40	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	11.35	0.49
Selçuk Ecza Deposu	41	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	6.32	1.72
Sarihuğlar	42	Mg > Na > Ca > K	Cl > HCO ₃ > SO ₄	40.87	0.33
Dilberler Sek. Doğusu	43	Mg > Ca > Na > K	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	12.68	0.31
Hükümet Konağı	44	Ca > Mg > Na > K	HCO ₃ > Cl > SO ₄	6.76	0.15

Değer Aralığı: 5.73 – 59.23 0.15 - 4.03



Şekil 4.181. İnceleme alanı sularının Wilcox diyagramındaki dağılımı.

4.8.5.2.(3). Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Özellikle sulama amaçlı su sınıflarının bir kısmı SAR olarak ifade edilen ve suyun toprakta meydana getireceği tuzlulaşma miktarını ifade eden bir değeri kullanır. Sodyum adsorpsiyon oranı şu formülle hesaplanır (Canik, 1998);

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}} \quad (4.67)$$

SAR değeri hesaplamalarında Na, Ca ve Mg iyonlarının mek/l cinsinden miktarları kullanılmaktadır. SAR değerlerinin sulama suyu kullanımını açısından sınıflandırması Çizelge 4.145'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.145. SAR değerlerine göre sulama suyu sınıfları (Şahinci, 1991).

SAR	Sulama Suyu Sınıfı
< 10	Çok iyi özellikte sulama suyu
10 - 18	İyi özellikte sulama suyu
18 - 26	Orta özellikte sulama suyu
> 26	Fena özellikte sulama suyu

İnceleme alanı içerisinde en yüksek SAR değeri 2.69 ile Ruh sağlığı hastanesi lokasyonuna aittir. Bu lokasyona ait değer de dahil olmak üzere SAR değerine göre inceleme alanı sularının tamamı "Çok iyi özellikte sulama suları" sınıfına girer (Çizelge 4.146).

4.8.5.2.(4). Klorür Tehlikesi

Sulama sularında fazla miktarda bulunan klorür (özellikle 5 mek/l'den fazla) bitkiler tarafından soğurularak yaprak yanmasına neden olur. İnceleme alanı sularında Kireçocağı-I lokasyonu (6.10 mek/l) dışındaki tüm lokasyonlarda Cl miktarı 5 mek/l'den azdır. Bu açıdan adı geçen lokasyon dışındaki lokasyonlara ait sular için böyle bir tehlike yoktur.

4.8.5.2.(5). ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında sular SAR ve EC değerlerine göre 16 sınıfa ayrılmıştır. Bu diyagramda çalışma alanındaki suların diyagram içinde iki alanda yoğunlaştıkları görülmektedir. İlk grup sular C₃-S₁ alanına düşmektedir. Bu sınıftaki sular tuzlu ve az sodyumlu sulardır. Diğer grup sular ise C₂-S₁ alanına düşen sulardır. Bu sular ise orta tuzlu ve az sodyumlu sulardır. Özellikle C₃-S₁ alanına düşen sular tuzluluk yönünden

akaçlaması kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamazlar. Böylesi durumlarda zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki suların kullanılması gerektiğinde tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir. Ancak inceleme alanındaki yeraltı suları az sodyumlu sular ve zeminin akaçlaması iyi olduğu için sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilirler. Çizelge 4.146 farklı sulama suyu değerlendirmeleri için su sınıflarını göstermektedir.

Çizelge 4.146. Suların Wilcox, ABD Tuzluluk ve SAR sınıflarına göre değerlendirilmesi.

<i>Kuyu İsmi</i>	<i>Sıra No</i>	<i>SULAMA SUYU SINIFI</i>		
		<i>Wilcox</i>	<i>ABD Tuzluluk Lab.</i>	<i>SAR</i>
Ruh Sağlığı	1	İyi - kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Arslandamı	2	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Cumhuriyet Mah.	3	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Adana Demirspor	4	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Karataş Yolu	5	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Aziz Otomotiv, E-5	6	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Kireçocağı-I	7	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Kireçocağı-II	8	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Sütlüklü Pınarı	9	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
İsmetpaşa Mah.	10	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Gürselpaşa Mah.-I	11	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Gürselpaşa Mah.-II	12	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Sebze Hali	13	İyi - kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Ç.Ü.MYO	14	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
K-7165	15	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Döşeme Mah.	16	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Çukurova Üniversitesi	17	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
K. Karabekir Mah.	18	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Sarıçam Mah.	19	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Yamaçlı Mah.	20	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Kanara	21	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Ziraat Fak. Çiftliği	22	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Yavuzlar Mah.	23	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
19 Mayıs Mah.	24	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Kiremithane Mah.	25	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Polis Lojmanları	26	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
DSİ Fabrikası	27	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Köprüköyü	28	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Kışla Mah.	29	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Üniversite Sahası	30	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
PTT Evleri	31	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi

Çizelge 4.146 devamı

<i>Kuyu İsmi</i>	<i>Sıra No</i>	<i>SULAMA SUYU SINIFI</i>		
		<i>Wilcox</i>	<i>ABD Tuzluluk Lab.</i>	<i>SAR</i>
Teknik Lise	32	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Hacı Murat	33	İyi - kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Yüreğir Belediyesi	34	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Yamaçlı Zabıta	35	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Asri Mezarlık	36	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Yenidoğan Mah.	37	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Levent Mah.	38	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
TemSA	39	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Ç.Ü. Seraları	40	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Selçuk Ecza Deposu	41	İyi – kullanılabilir	C ₃ S ₁	Çok iyi
Sarıhuğlar	42	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Dilberler Sek. Doğusu	43	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi
Hükümet Konağı	44	Çok iyi – iyi	C ₂ S ₁	Çok iyi

4.9. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmaları

Bu bölümde uzaktan algılama kapsamında yapılan işlemler ve kullanılan coğrafi bilgi sistemi hakkında bilgi verilmiştir. Daha önce “Materyal ve Metot” bölümü içerisinde ana hatlarıyla bilgiler verilmiş olduğundan bu bölümde daha çok yapılan çalışmalar anlatılmıştır.

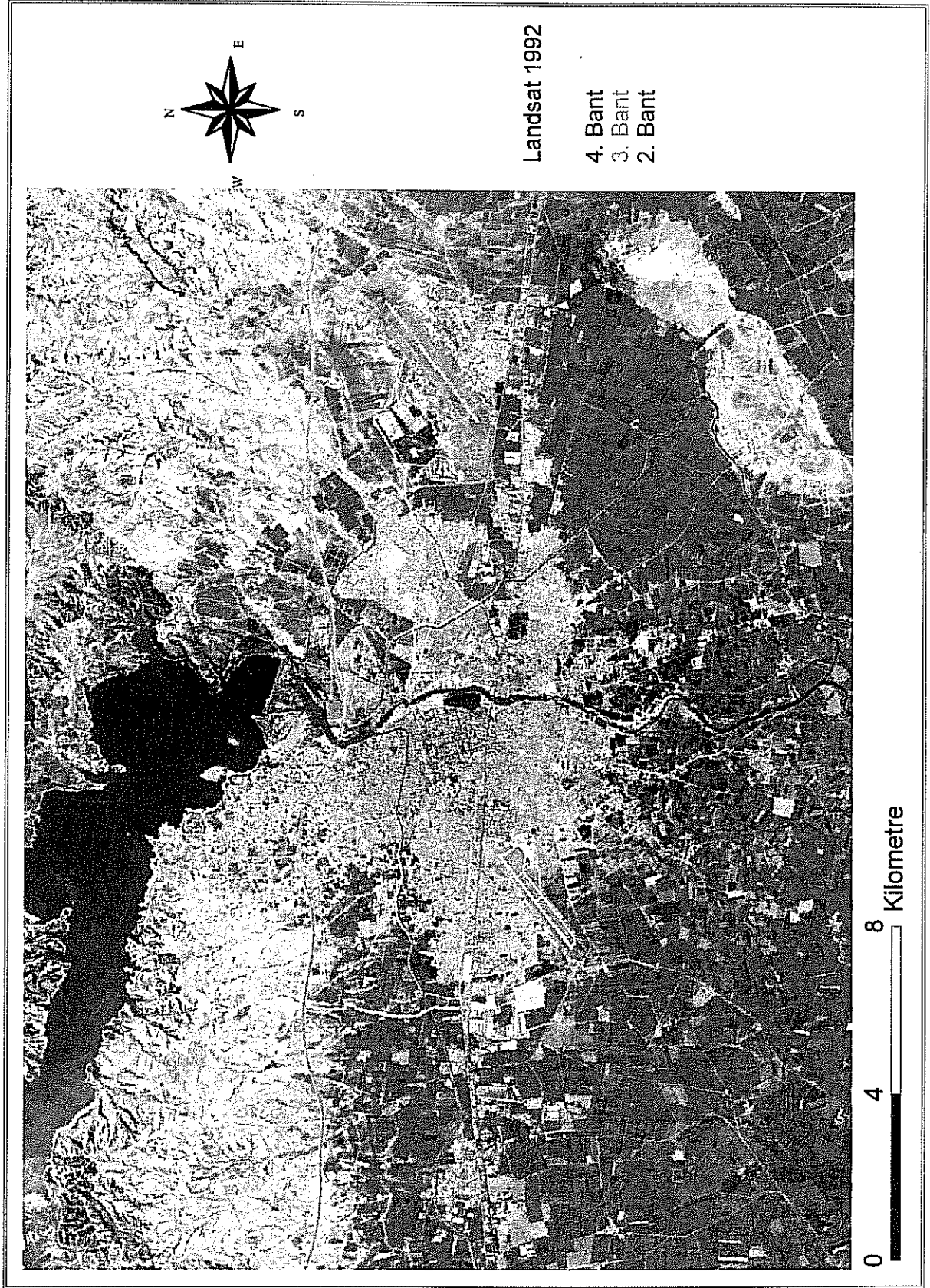
4.9.1. Uzaktan Algılama Çalışmaları

Kentsel gelişimin eski ve yeni tarihler açısından değerlendirilmesi, yeryüzü objelerinin doğru olarak algılanabilmesi ve eski tarihli (1995) topoğrafik haritalar ile uyumunun ortaya konulması amacıyla uzaktan algılama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yeni yerleşim durumunun görülmesi amacıyla 2002 yılına ait Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü ve eski yerleşim ile karşılaştırılabilmek amacıyla 1992 yılına ait Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü kullanılmıştır. Çalışmalarda farklı band kombinasyonlarının değerlendirilmesi sonucunda en uygun bandların 4., 3. ve 2. bandlar olduğu belirlenmiştir.

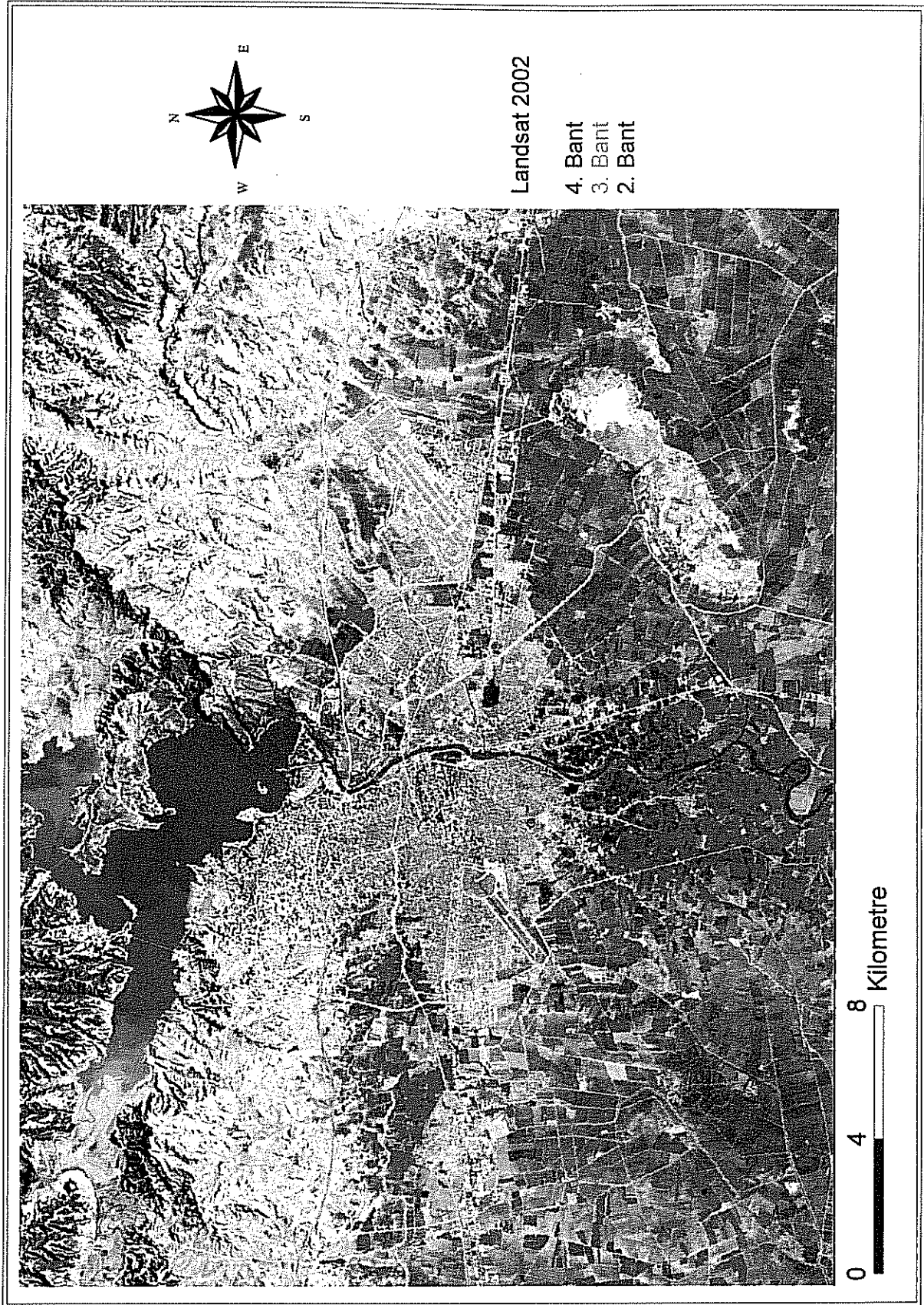
Uygun band kombinasyonlarının belirlenmiş olduğu Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerinde kontrast aralığının tümünü kullanılabilir hale getirmek amacıyla Histogram Equalization uygulanmıştır. Şekil 4.182’ de 30 m’lik mekansal çözünürlükteki 1992 yılı Landsat 7 ETM+ için elde edilen zenginleştirilmiş görüntü yer almaktadır. Şekil 4.183 ise zenginleştirilmiş 2002 yılı Landsat 7 görüntüsünü göstermektedir.

Farklı yansıma değerlerine sahip yeryüzü objelerinin sınıflandırılması amacıyla unsupervised sınıflama kullanılarak her iki görüntü için 6 farklı küme oluşturulmuştur. Sınıflandırılmış görüntülerde değişimlerin daha ayrıntılı biçimde algılanabilmesi için filtreleme (3x3 median filter) uygulanmıştır. Şekil 4.184’ de 1992 yılına ait Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünün unsupervised olarak sınıflandırılması ile elde edilmiş görünümü ve Şekil 4.185’de 2002 yılına ait uydu görüntüsünün unsupervised olarak sınıflandırılması ile elde edilmiş görünümü yer almaktadır.

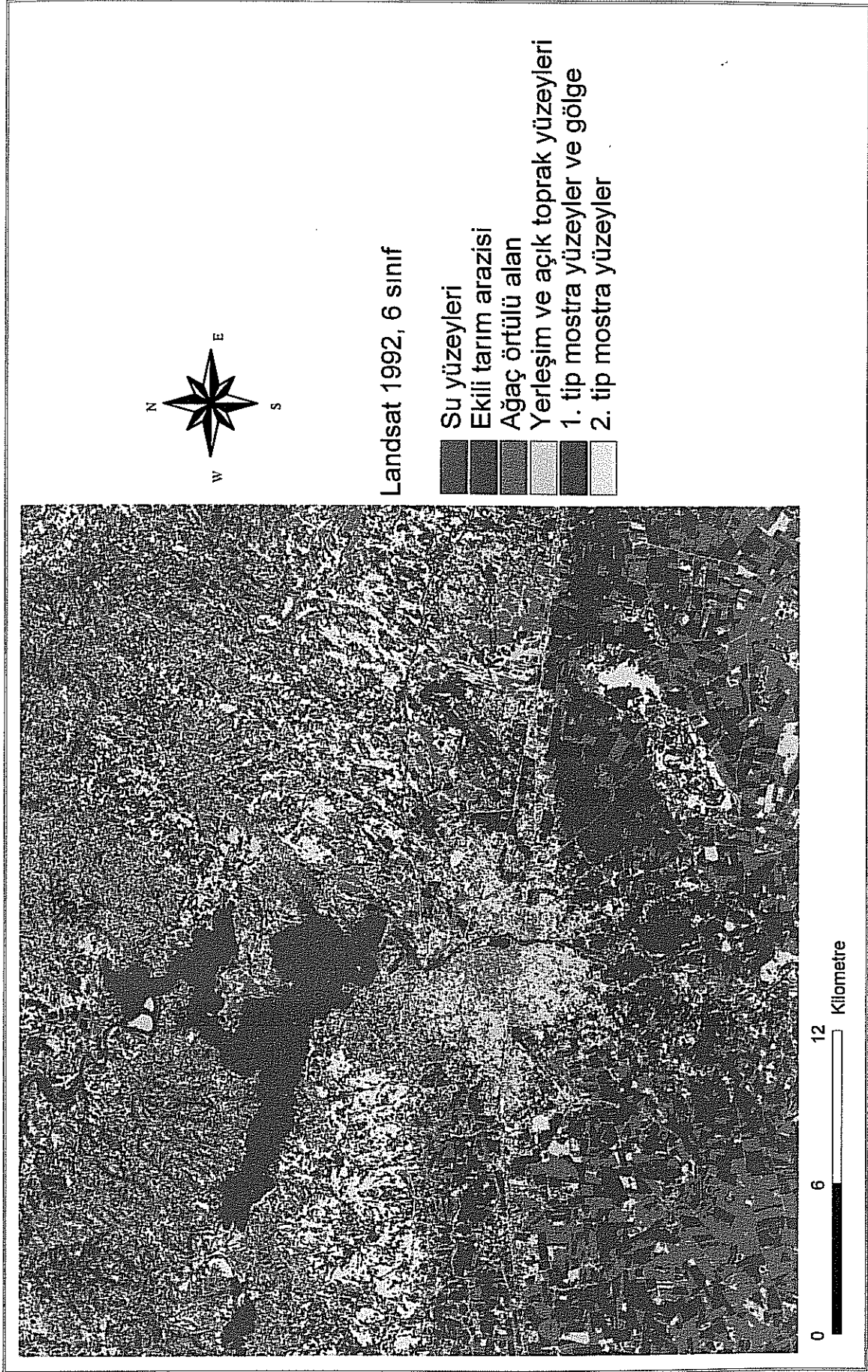
Kent gelişiminin alansal büyüklük açısından değerlendirilmesinde her iki uydu görüntüsü birlikte kullanılmıştır. 1992 yılında 4772.546875 hektar olan Adana ili kent alanının 2002’de 2096 hektarlık büyüme ile 6868.338750 hektara yükseldiği belirlenmiştir. Kuzey Adana olarak adlandırılan yeni kentsel yerleşim alanının ise Seyhan baraj gölünün batı kıyısı boyunca olduğu görülmektedir. Uzaktan algılama kapsamında incelenen uydu görüntüleri bir sonraki bölümde ele alındığı gibi pik zemin ivmesi azalım ilişkilerinin değerlendirilmesinde de kullanılmıştır.



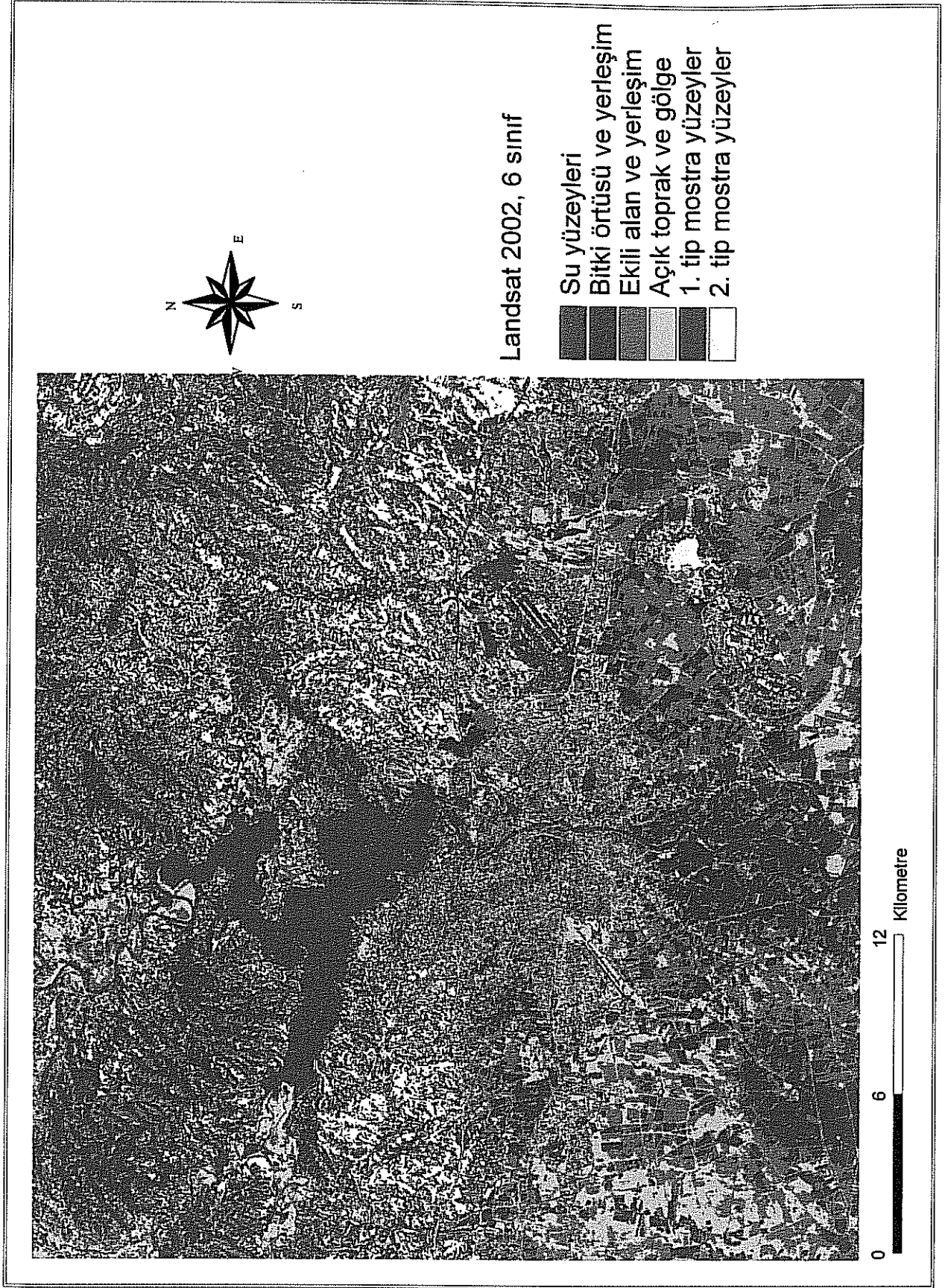
Şekil 4.182. 1992 yılı Landsat 7 ETM+ 4. (IR), 3. (kırmızı) ve 2. (yeşil) band kombinasyonu ve Histogram Equalization metodu kullanılarak zenginleştirilmiş görüntüsü



Şekil 4.183. 2002 yılı Landsat 7 ETM+ 4. (IR), 3. (kırmızı) ve 2. (yeşil) band kombinasyonu ve Histogram Equalization metodu kullanılarak zenginleştirilmiş görüntüsü



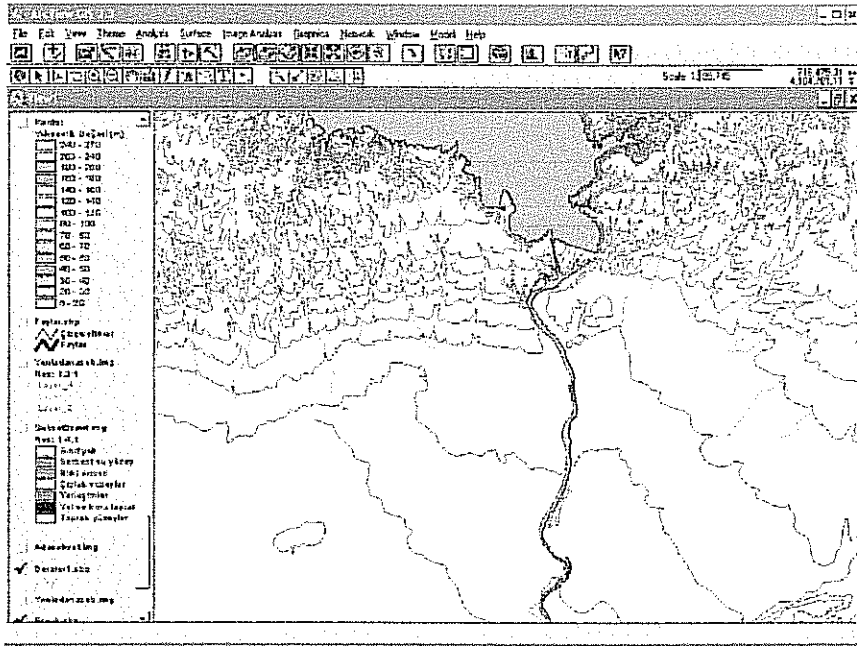
Şekil 4.184. Çalışma alanının 1992 Landsat 7 ETM+ için 6 sınıfta oluşturulmuş ve filtrelenmiş unsupervised görüntüsü



Şekil 4.185. Çalışma alanının 2002 Landsat 7 ETM+ için 6 sınıfta oluşturulmuş ve filtrelenmiş unsupervised görüntüsü

4.9.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmaları

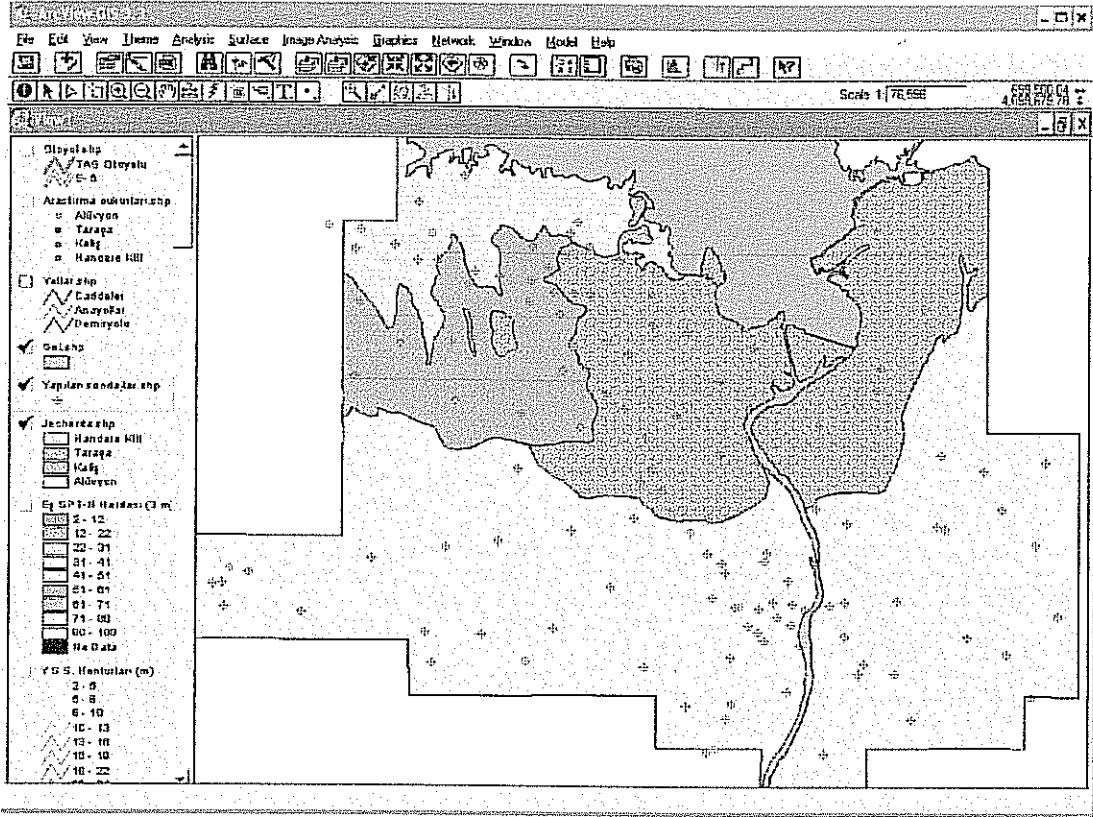
Coğrafi bilgi sistemi çalışmaları, inceleme alanı için altlık oluşturacak 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritaların sayısallaştırılması ile başlamıştır. Çalışmaların tümünde Arcview 3.3 bilgisayar programı kullanılmıştır. Topoğrafik eğriler, yollar, yerleşim alanları, dereler ve göllerin sayısallaştırılması ile temel coğrafi bilgiler elde edilmiştir. Sayısallaştırmalar ile aynı zamanda UTM / WGS 84 koordinat sistemine uygun bir koordinat ağı da oluşturulmuştur. Sayısallaştırma işlemleri sırasında coğrafi düzeltmeleri yapılmış yakın tarihli (2002) Landsat 7 TM uydu görüntüsünden de faydalanılmıştır. Şekil 4.186, sayısallaştırılmış, göl, dere yatakları ve topoğrafik eğrileri, kullanılan bilgisayar formatında göstermektedir.



Şekil 4.186. Sayısallaştırılmış topoğrafik eğriler, dere yatakları ve baraj gölü.

Adana ili yerleşim alanı içerisinde konum ve fonksiyonları itibariyle önemli olan emniyet müdürlüğü, otopark, PTT, hipodrom gibi çeşitli kurum ve kuruluşlara ait yer bilgileri de "Semboller" adı ile oluşturulmuş tabaka içerisinde yer almaktadır.

Bu işlemlerin ardından, uzaysal konumları bilgisayar ortamı içerisinde de belli olan çalışma alanı için veri teşkil edecek çalışma gruplarına ait verilerin bilgisayara lokasyon olarak girilmesine başlanmıştır. Bu aşamada, 111 nokta araştırma çukuru, 129 nokta zemin sondaj lokasyonu, 17 nokta jeofizik etüt lokasyonu, 96 nokta su seviye ölçüm lokasyonu ve 55 nokta su kimyasal analiz veri lokasyonu çalışma alanı içerisindeki koordinatlarına yerleştirilmişlerdir. Şekil 4.187, lokasyon olarak işlenmiş sondaj yerlerini ve ayrıca oluşturulmuş genel jeoloji haritasını bir arada göstermektedir.



Şekil 4.187. İşlenen sondaj lokasyonlarının bu çalışma ile ortaya konulmuş genel jeoloji haritası üzerinde görülen dağılımları

Sonraki aşamada, her veri noktasına işlenecek değerlerin belirlenip veri olarak girilmesine başlanmıştır. Oluşturulmuş her veri tabakası (layer, theme) amacına bağlı bilgileri içerdiğinden yorumlamalar da veri tabakaları için ayrı ayrı yapılmıştır. Aşağıda, araştırma çukurları için oluşturulmuş “Araştırma Çukurları” isimli tabaka içerisinde yer alan parametrelerle ilgili bilgiler vermektedir..

<u>Oluşturulan tabaka adı</u>	<u>İçerdiği parametreler</u>
Araştırma çukurları	Lokasyon Derinlik Litoloji Çukur No 1. Tabaka derinliği (m) USCS zemin sınıfı Birim hacim ağırlığı (gr/cm^3) Kohezyon (kg/cm^2) İçsel sürtünme açısı Likit limit (LL, %) Plastik limit (PL, %) Ön konsolidasyon basıncı (p_c , kg/cm^2) Emin taşıma gücü (q_c , kg/cm^2)

Şekil 4.188, oluşturulmuş "Araştırma Çukurları" tabakasına ait veri bankasının bilgisayar görüntüsünü göstermektedir.

Şahe	Ad	Lokasyon	Derinlik	Levazı	Çukurluk	1. Tabaka	USCS	BHA	Ağırlık	Sitüme Aç.	LL	PL	3. Tabaka	USCS	BHA-P	Katı
Point	0	Sular	7.50	Akıyıcı	AC 1	2.90	SM	1.76	0.03	23.0	0.00	0.00	7.50	CL	1.88	
Point	0	Atanılan pazar	4.00	Akıyıcı	AC 2	0.70	Dolgu	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	4.00	SM	1.02	
Point	1	Kenan Evren Biv.	4.60	Taraça	AC 3	3.00	Taraça	1.99	0.09	20.2	0.00	0.00	4.60	Taraça	2.00	
Point	1	AC 4	5.00	Taraça	AC 4	2.70	Taraça	2.12	0.02	20.6	0.00	0.00	5.00	Taraça	2.12	
Point	0	Kutuluş Mah.	0.50	Akıyıcı	AC 5	6.60	SM	1.86	0.12	19.0	0.00	0.00	0.00	CL	1.82	
Point	1	Toros Mah.	2.50	Taraça	AC 7	3.90	Taraça	2.18	0.00	31.5	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	2	Yurt Mah.	0.75	Kağı+Taraça	AC 8	4.30	Kağı	1.76	0.16	19.0	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	1	Bilgen baliği	6.50	Dolgu+Taraça	AC 10	4.50	Taraça	2.31	0.00	36.0	0.00	0.00	0.00	GW	2.26	
Point	2	Turgut Özal	6.00	Kağı	AC 11	6.00	Kağı	1.94	0.30	18.5	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	0	Dinmez	4.00	Akıyıcı	AC 12	4.00	CL	1.88	0.33	4.0	47.00	22.00	0.00	CL	0.00	
Point	2	Kemal eylet	4.00	Kağı+Taraça	AC 13	4.00	CH	1.73	0.11	14.5	61.00	24.10	0.00	CL	0.00	
Point	2	Yerleba	4.00	Kağı	AC 14	3.00	ML	1.79	0.36	13.3	42.30	33.50	0.00	CL	0.00	
Point	1	Kullepe Mah.	5.50	Taraça	AC 15	4.00	Taraça	2.21	0.00	20.0	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	0	Mavi Bulvarı sonu	4.50	Akıyıcı+Kağı	AC 16	2.00	CH	1.91	0.63	0.0	56.00	20.40	4.00	ML	1.71	
Point	1	Dibetler Sokakı	3.00	Taraça	AC 17	4.00	Taraça	2.18	0.00	29.0	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	1	Teklen baliği	7.00	Taraça	AC 18	4.00	Taraça	2.24	0.00	29.5	0.00	0.00	6.00	Taraça	2.20	
Point	1	ATD Anadolu Lis.	12.00	Taraça	AC 19	4.50	Taraça	2.32	0.00	29.5	0.00	0.00	10.00	Taraça	0.00	
Point	0	Demirköprü	4.00	Akıyıcı	AC 20	2.50	SM	1.78	0.14	23.0	0.00	0.00	4.00	CL	1.92	
Point	0	DGM Yarı	4.50	Akıyıcı	AC 21	3.40	CL	1.69	0.23	0.0	48.00	20.00	4.50	CH	1.92	
Point	1	Bakacak	6.00	Taraça	AC 22	3.00	Taraça	2.26	0.00	31.0	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	0	M.Ali Esiy Mah.	4.60	Akıyıcı	AC 23	2.20	SW	1.09	0.11	23.0	0.00	0.00	4.20	GM	2.01	
Point	0	F. Karabekir Mah.	4.50	Akıyıcı	AC 25	2.20	SC	1.93	0.09	26.5	32.00	18.00	4.50	CL	1.06	
Point	1	Kıy Boyu	4.10	Taraça	AC 26	1.70	BP	1.95	0.00	33.0	0.00	0.00	3.00	CL	1.87	
Point	2	Mavi Bulvarı Kıy	3.00	Dolgu+Kağı	AC 27	3.00	CL	1.82	0.66	13.0	31.00	17.20	0.00	CL	0.00	
Point	2	Mavi Bulvarı 2	4.00	Dolgu+Kağı	AC 28	4.00	CL	1.79	0.55	16.0	32.40	18.00	0.00	CL	0.00	
Point	0	Kıy Boyu 2	3.00	Akıyıcı	AC 29	3.00	CL	1.91	0.97	0.0	44.20	21.00	0.00	CL	0.00	
Point	3	ABV Arazi	4.50	Herlere Kİ	AC 32	4.50	CH	1.95	1.23	0.0	56.00	23.10	0.00	CL	0.00	
Point	1	Mavi Bulvarı 3	3.00	Kİ+Taraça	AC 33	3.00	Taraça	2.91	0.00	20.0	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	1	Kıy Boyu 3	5.00	Taraça	AC 34	4.00	GW	2.11	0.00	32.5	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	3	A. Tükçe çöven	10.50	Herlere Kİ	AC 35	5.00	CL	1.89	0.46	0.0	44.60	20.60	0.00	CL	0.00	
Point	1	Yurt Mah.	6.00	Taraça	AC 36	5.00	Kaya	0.80	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	2	Çevreler İstifi	4.50	Kağı	AC 38	4.50	CL	1.95	0.43	0.0	41.10	19.60	0.00	CL	0.00	
Point	0	Gezpeze Mah.	4.00	Akıyıcı+Tar	AC 39	2.00	CL	1.85	0.51	0.0	42.40	19.20	4.00	GW	2.00	
Point	2	Hızırvekri	3.00	Derin Kağı	AC 40	2.50	GC	1.89	0.09	24.0	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	
Point	0	Adana Mik. Hart.	5.50	AL+Taraça	AC 41	1.20	CL	1.87	0.38	0.0	20.15	21.60	5.50	GW	2.10	
Point	1	Flaca	4.50	Taraça	AC 42	4.00	GW	2.04	0.00	30.0	0.00	0.00	0.00	CL	0.00	

Şekil 4.188. CBS'de oluşturulan "Araştırma Çukurları" tabakasına ait veri bankasının bilgisayar görüntüsü.

Bu çalışma kapsamında yapılan sondajlar ile veri olarak elde edilmiş diğer sondajların tamamı "Yapılan Sondajlar" isimli veri tabakası içerisinde yer almaktadırlar. Sondajlarda yapılan ve değerlendirme anlamında oldukça fazla önem taşıyan SPT darbe sayıları, seviyelere göre değişim gösterdiğinden, oluşturulan veri bankası bu derinliklere göre belirlenmiş parametreleri içermiştir. SPT deneyleri her 1.5 metrede yapıldığından başlangıç değeri olan 1.5 m diğer parametreler için de geçerli inceleme derinliği olmuştur. SPT 2, 3 metrelik inceleme derinliğini, SPT 3, 4.5 metrelik inceleme derinliğini göstermektedir. Diğer SPT numaraları da aynı şekilde 1.5 m ara ile artmaktadır. Bu tabakaya ait veri bankası içinde yer alan parametreler aşağıdaki bilgilerden oluşmaktadır.

<u>Olusturulan tabaka adı</u>	<u>İçerdiği parametreler</u>
Yapılan Sondajlar	Sondaj no Lokasyon Derinlik Yer altı su seviyesi (yss) Litoloji SPT 1 (1.5 m derinlik için) Vs 1 (Kayma dalgası hızı, m/sn) İzin verilebilir taşıma gücü (q_{n1} , kg/cm ²) Zemin büyütmesi (A1) SPT 2 (3.0 m derinlik için) Vs 2 (Kayma dalgası hızı, m/sn) İzin verilebilir taşıma gücü (q_{n2} , kg/cm ²) Zemin büyütmesi (A2)

CBS’de depolanan bir diğer veri grubu olan “Sismik Veriler”, inceleme derinliğine bağlı olarak 3 ayrı tabaka için oluşturulmuşlardır. 1. tabaka “Sismik veriler”, 2. tabaka “Sismik 2. tabaka” ve 3. tabaka “Sismik 3. tabaka” olarak adlandırılmışlardır. Aşağıda oluşturulmuş her sismik veri lokasyonunun içerdiği parametreler görülmektedir;

<u>Olusturulan tabaka adı</u>	<u>İçerdiği parametreler</u>
Sismik veriler	Jeofizik sondaj noktası adı
Sismik 2. tabaka	Veri yeri
Sismik 3. tabaka	Litoloji Zemin büyütmesi Vp (P dalga hızı, m/sn) Vs (S dalga hızı, m/sn) Yoğunluk (B.h.ağırlık, gr/cm ³) Poisson oranı Kayma modülü (kg/cm ²) Elastisite modülü (kg/cm ²) Bulk Modülü (kg/cm ²) Titreşim periyodu (sn)

Rezistivite ölçümlerine ait bilgilerin depolandığı “Rezistivite” isimli tabaka içerisinde de, derinliğe bağlı olarak elde edilmiş özdirenç değerleri (ohm.m) yer almaktadır. “Jeofizik Çalışmalar” başlığı altındaki bölümde de sunulmuş olduğu gibi özdirenç değerleri her lokasyon için 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25 ve 30 m derinliklere ait değerler olarak hesaplanmıştır.

“Su sondaj verileri” ismiyle oluşturulmuş diğer tabaka tamamen yer altı su seviyeleri ile ilgili bilgileri içermektedir. Aşağıda bu tabaka içinde yer alan bilgiler belirtilmiştir;

<u>Oluşturulan tabaka adı</u>	<u>İçerdiği parametreler</u>
Su sondaj verileri	Veri adı Litoloji Statik su seviyesi (m)

“Su kimyası” adı altında oluşturulmuş bir diğer tabaka içinde yer alan su kimyasal analiz sonuçlarını içeren veriler ise şu bilgilerden oluşmaktadır.

<u>Oluşturulan tabaka adı</u>	<u>İçerdiği parametreler</u>
Su kimyası	Veri adı Statik su seviyesi (m) Na (mek/l) K (mek/l) Ca (mek/l) Mg (mek/l) Cl (mek/l) Sülfat (mek/l) HCO ₃ (mek/l) pH EC (mmho/cm) Y.Na (Yüzde sodyum, %) Sar (Sodyum adsorbsiyon oranı) Sertlik (Fransız sertliği) Su sınıfı (ABD Tuzluluk Laboratuvarı)

Şekil 4.189, su kimyasal analizlerine ait değerleri gösteren “Su Kimyası” tabakasına ait veri bankasının bilgisayar görüntüsünü sergilemektedir.

Yukarıda açıklanan aşamalarla oluşturulmuş tabakalar dışında uzaktan algılama çalışmaları kapsamında incelenmiş uydu görüntüleri ve sınıflandırılmış halleri de ayrı birer tabaka haline getirilerek sisteme dahil edilmiştir. Sonuçta, oluşturulmuş herhangi bir tabaka içinde bulunan bir lokasyona ait bilgiler o lokasyon üzerine gelinip mouse ile tıklanınca elde edilebilir hale gelmiştir. İnceleme alanı içerisinde sayısallaştırılmış önemli bulvar ve caddelerin isimleri de veri bankası formatında depolanmış olduklarından aynı şekilde programı kullanan kişi tarafından rahatlıkla yol bilgisi şeklinde alınabilmektedir. Şekil 4.190, inceleme alanı içerisinde yer alan zemin sondajlarına ait tabaka içinde yer alan bir sondaj noktasına tıkladığında ortaya çıkan veri penceresini göstermektedir. Veri tabakasına bağlı olarak her veri noktası farklı verileri içermektedir.

ARCGIS 9.3

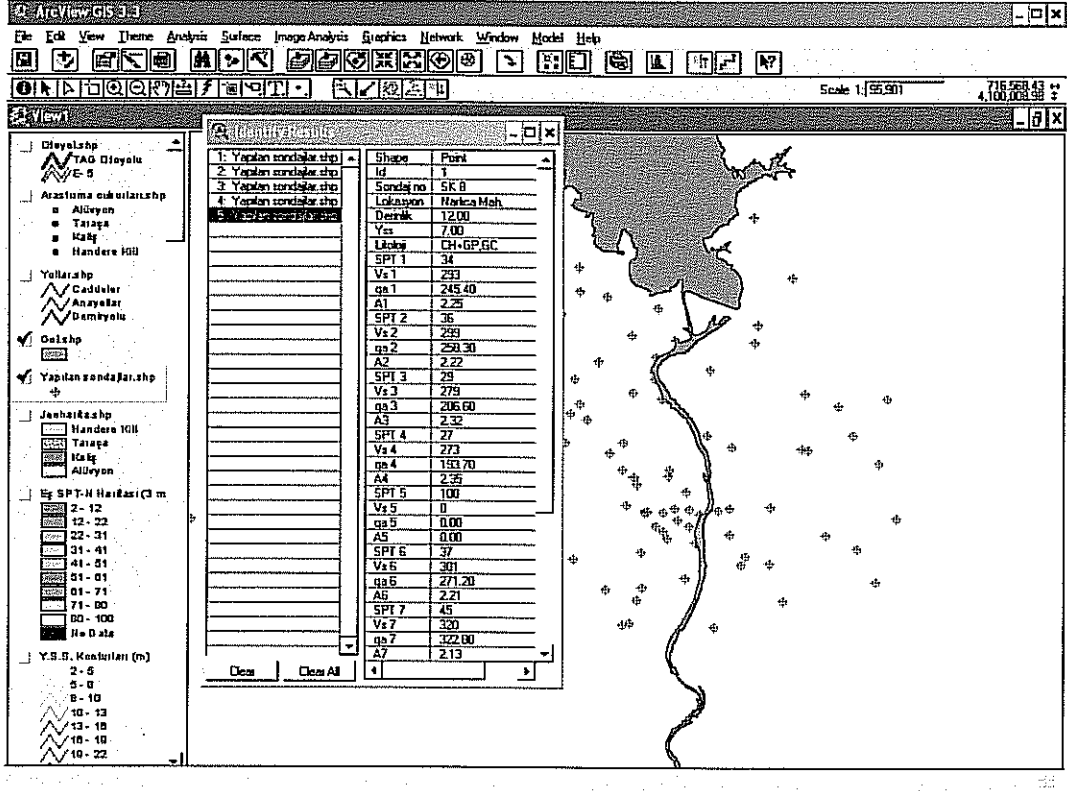
File Edit Table Field Window Help

0 of 65 selected

Attributes of Sites.mxd

Shape	Id	Veri adı	Stok Sv	Na	K	Ca	Mg	Cl	Sulfat	HED03	Ph	Ec	Y.Na	Ser	Setik	Su oranı
Point	0	Döyrene Mah.	11	0.62	0.14	3.50	0.40	0.90	0.47	3.40	7.70	477	15.97	0.44	20.00	C251
Point	0	AT0 Anadoluköy Lis.	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	454	0.00	0.00	0.00	
Point	0	Yalıpın	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.70	890	0.00	0.00	0.00	
Point	0	Sarıhançık	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	8.00	1050	0.00	0.00	0.00
Point	0	Sarıhançık Odean	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.37	461	0.00	0.00	0.00	
Point	0	Sarıhançık 2	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.60	790	0.00	0.00	0.00	
Point	0	Giğmiş Hast.	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.25	1030	0.00	0.00	0.00	
Point	0	Ersel Odean	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.48	471	0.00	0.00	0.00	
Point	0	ÇU	17	1.03	0.09	2.50	2.93	1.40	0.71	4.30	8.10	520	17.00	0.62	27.19	C251
Point	0	K.Karabekir Mah.	12	2.41	0.10	2.10	2.33	0.90	0.76	4.50	8.10	570	36.17	1.62	22.15	C251
Point	0	Sarıhançık Mah.	14	0.29	0.01	2.90	2.43	0.89	0.52	3.80	7.60	514	5.73	0.18	24.65	C251
Point	0	Yamaçlı Mah.	7	0.74	0.14	2.00	2.70	0.70	0.41	4.40	7.90	546	15.77	0.48	23.50	C251
Point	0	Kanaka	5	0.70	0.10	2.50	1.00	0.69	0.93	3.50	7.40	529	15.69	0.47	21.50	C251
Point	0	Zaferan Çiğdem	10	0.92	0.00	3.30	0.20	2.30	0.95	4.70	7.40	703	20.01	0.69	17.50	C251
Point	0	Yarıncılar	14	0.63	0.03	3.00	3.44	1.50	0.50	5.00	7.60	670	0.29	0.35	32.20	C251
Point	0	19 Mayıs Mah.	12	1.39	0.06	4.30	5.20	3.30	0.71	6.60	7.90	1084	13.24	0.64	47.50	C251
Point	0	Karabekir Mah.	18	1.85	0.03	4.40	4.90	3.00	0.42	7.10	7.70	1070	15.30	0.76	46.50	C251
Point	0	Pınar Linyerler	17	1.74	0.09	4.00	4.90	2.70	0.89	6.60	7.80	1011	17.21	0.60	44.00	C251
Point	0	DŞİ Fabrikası	20	1.31	0.05	1.00	2.90	1.30	0.47	3.80	7.90	601	22.44	0.85	23.50	C251
Point	0	Kızılkaya	22	0.61	0.03	2.33	2.12	0.50	0.34	3.35	7.20	470	11.96	0.41	22.25	C251
Point	0	Kızıl Mah.	9	0.56	0.02	2.76	2.12	0.55	0.42	5.30	7.30	450	10.25	0.36	24.40	C251
Point	0	Üniversite Sahası	24	2.26	0.02	4.00	5.95	4.70	0.29	6.60	7.20	1220	17.24	0.97	54.15	C251
Point	0	PIT Evleri	22	1.09	0.02	3.40	3.10	1.16	0.47	4.60	7.20	700	14.23	0.61	33.95	C251
Point	0	Teknik Lise	21	1.39	0.02	3.18	3.70	1.35	0.25	5.40	7.40	710	16.76	0.75	21.69	C251
Point	0	Hacı Murat	20	1.02	0.05	3.02	4.80	2.25	0.40	6.40	7.40	650	17.26	0.88	43.10	C251
Point	0	Yürekli İlelemyer	8	0.55	0.03	2.10	1.74	0.20	0.22	3.20	7.30	370	12.41	0.40	19.60	C251
Point	0	Yamaçlı Zabita	8	0.87	0.04	2.86	1.90	0.40	0.59	3.70	7.30	460	15.34	0.56	23.90	C251
Point	0	Asi Mezarcık	9	1.22	0.03	2.65	2.75	0.95	0.56	4.10	7.60	600	17.75	0.73	28.10	C251
Point	0	Yarıncılar Mah.	24	1.74	0.05	4.24	5.74	3.05	0.40	6.40	7.30	910	14.70	0.78	49.90	C251
Point	0	Layent Mah.	17	1.91	0.07	3.82	6.27	4.60	0.25	5.95	7.20	1008	15.03	0.85	50.45	C251
Point	0	TemGA	17	1.74	0.01	3.50	4.67	2.80	0.25	5.80	7.60	900	17.54	0.86	40.85	C251
Point	0	Ç.U. Sarıhançık	19	0.99	0.06	3.86	4.34	3.21	0.38	5.19	7.02	920	11.35	0.45	41.00	C251
Point	0	Sarıhançık	0	2.24	0.11	1.10	2.30	2.80	0.44	2.40	7.35	564	40.87	1.72	17.00	C251
Point	0	Sekiz Akce	0	0.05	0.04	3.70	9.50	0.66	1.15	10.30	7.65	1400	6.32	0.33	66.00	C251
Point	0	Dübeşler Sokakı	0	0.45	0.16	2.00	2.20	0.80	0.41	3.46	7.60	460	11.50	0.31	21.00	C251
Point	0	Hükümet Köşkü	0	0.21	0.08	3.60	0.40	0.90	0.40	3.42	7.70	477	6.76	0.15	20.00	C251

Şekil 4.189. Yeraltı suyu kimyasal analiz değerlerini gösteren veri bankası.



Şekil 4.190. "Yapılan Sondajlar" tabakası içinde yer alan bir lokasyona ait bilgileri gösteren açılmış veri penceresi görünümü.

Veri bankaları içinde yer alan parametreler her veri noktası için elde edilememiş olabilmektedir. Örneğin 55 kimyasal analiz verisi lokasyonundan 44 tanesi tam anlamıyla kimyasal analiz bilgileri içerirken kalan 11 lokasyona ait bilgiler sadece pH ve EC değerleri ile sınırlı olmaktadır. Bu tür durumlarda veri bankası içinde olmayan ancak olması istenen parametrelere ait tüm değerler bilgisayar tarafından otomatik olarak sıfır (0) olarak görüntülenmektedir.

4.10 Mühendislik Jeolojisi Haritalarının Oluşturulması ve Jeoteknik Koşulların Belirlenmesi

Mühendislik Jeolojisi haritaları bir bölgedeki kaya ve zeminlerin litolojik, mühendislik ve hidrojeolojik özelliklerini gösterirler. Bu temel özellikler yanında detaylı mühendislik jeolojisi haritaları ile yamaç eğimleri, erozyon, donma ve çözülme, çökme, volkanik aktivite, yeraltı suyu akış yönleri ve seviyeleri, suların pH özellikleri, sülfat içerikleri tuzlulukları, aşındırma ve köpürme özellikleri, sel alanları, kayaların kazılabilme nitelikleri, zeminlerin şişme ve büzülme özellikleri gibi çok çeşitli özellikler ortaya konulup harita halinde sunulabilmektedir. Ancak detaylı mühendislik jeolojisi çalışmalarında çok sayıda özelliği bünyesinde bulunduran bir mühendislik jeolojisi haritası yapmak karışıklıklara neden olacağından detayların ayrı ayrı ele alınarak haritalanması yoluna gidilmektedir.

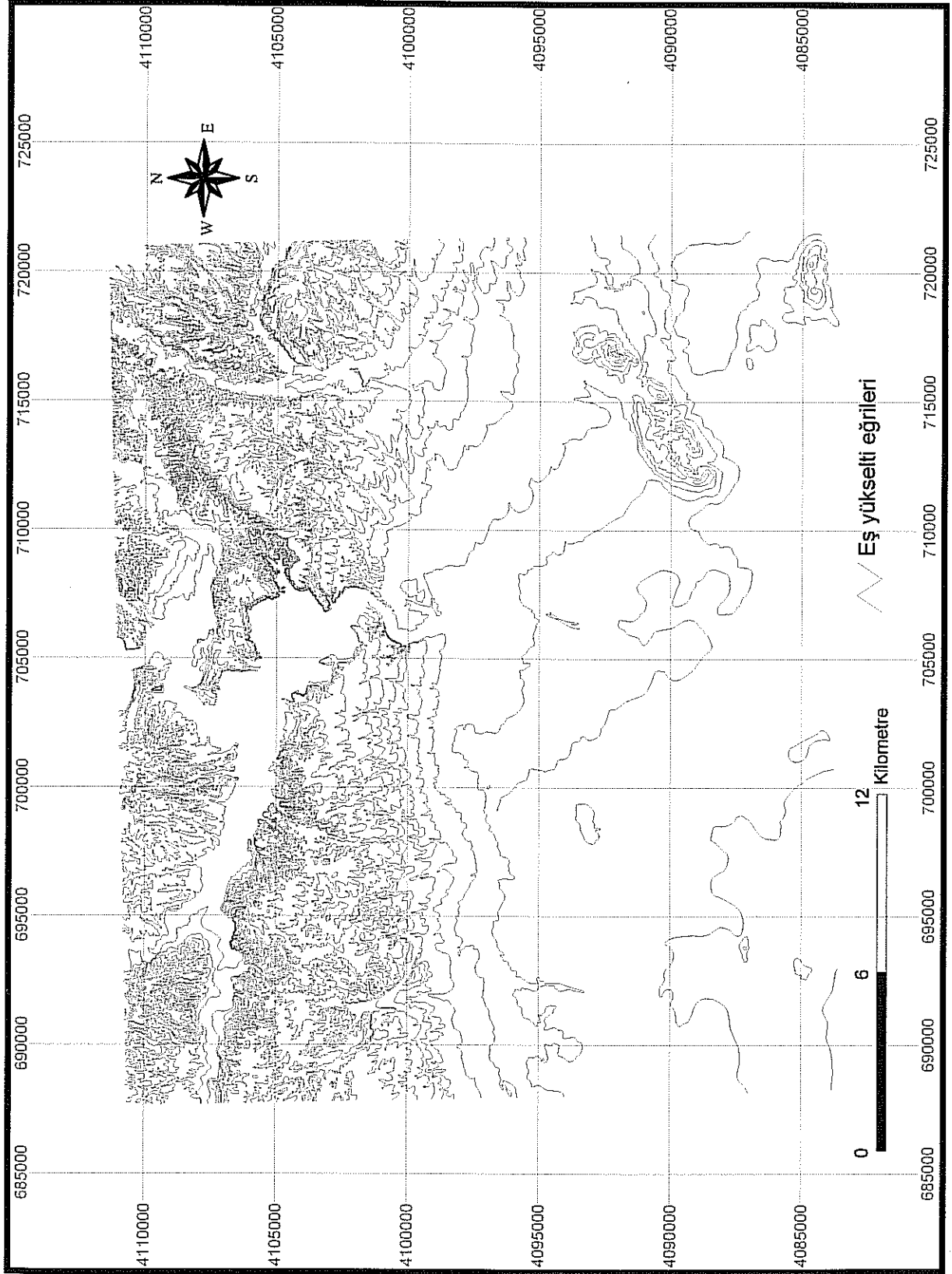
Bu bölümde yapılan çalışmalarda ortaya konulan mühendislik jeolojisi haritaları da detaylı mühendislik jeolojisi çalışmalarından elde edilen veriler ile ortaya konulmuştur. Coğrafi bilgi sistemi veri tabanında 111 adet araştırma çukuru, 129 adet zemin sondajı, 17 adet jeofizik sismik ölçüm verisi, 16 adet rezistivite ölçüm verisi, 96 adet yer altı su seviye ölçüm noktası ve 44 adet yer altı suyu kimyasal analiz verisi bulunmaktadır. CBS kapsamında oluşturulmuş veri tabanlarında yer alan sayısal mühendislik parametreleri kullanılarak elde edilmiş haritalar aşağıda alt bölümler halinde ele alınarak irdelenmişlerdir.

4.10.1. Sayısallaştırılmış Topoğrafik Kontur Haritası

Çalışılan alan içerisinde elde edilmiş tüm verilerin uzaydaki gerçek konumlarında görülebilmeleri amacıyla topoğrafik haritaların sayısallaştırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1/25.000 ölçekli 6 pafta (N34c4, N34c3, O34a2, O34b1, O34b2, N34d3) Arcview 3.3 programı kullanılarak sayısal hale getirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında eş yükselti eğrileri, ardından dere yatakları ve en son olarak da yerleşim alanları farklı katmanlar oluşturacak şekilde sayısallaştırılmışlardır. Oluşturulmuş sayısal topoğrafik harita Şekil 4.191'de görülmektedir.

4.10.2. Eş-Topoğrafik Kontur Haritası

Sayısallaştırılan topoğrafik eğrilerin, yükseklik değerlerinin de girilmesiyle çalışılan alan ve çevresi için eş topoğrafik yükseklikleri gösteren bir kontur haritası yapılmıştır (Şekil 4.192).



Şekil 4.191. İnceleme alanı için sayısal koordinatlarda oluşturulmuş topoğrafik harita.

Oluşturulan harita için eş yükselti değerlerinin 5 – 270 m arasında değiştiği görülmektedir. Üzerinde eski yapılaşmanın ve tarım alanlarının da bulunduğu ova kesiminde yükseklikler 5 – 30 m değerleri arasında yer almaktadır. Yeni kentsel gelişimin devam etmekte olduğu kuzeyde ise 200 m ve üzerinde yapılaşmalar bulunmaktadır.

4.10.3. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)

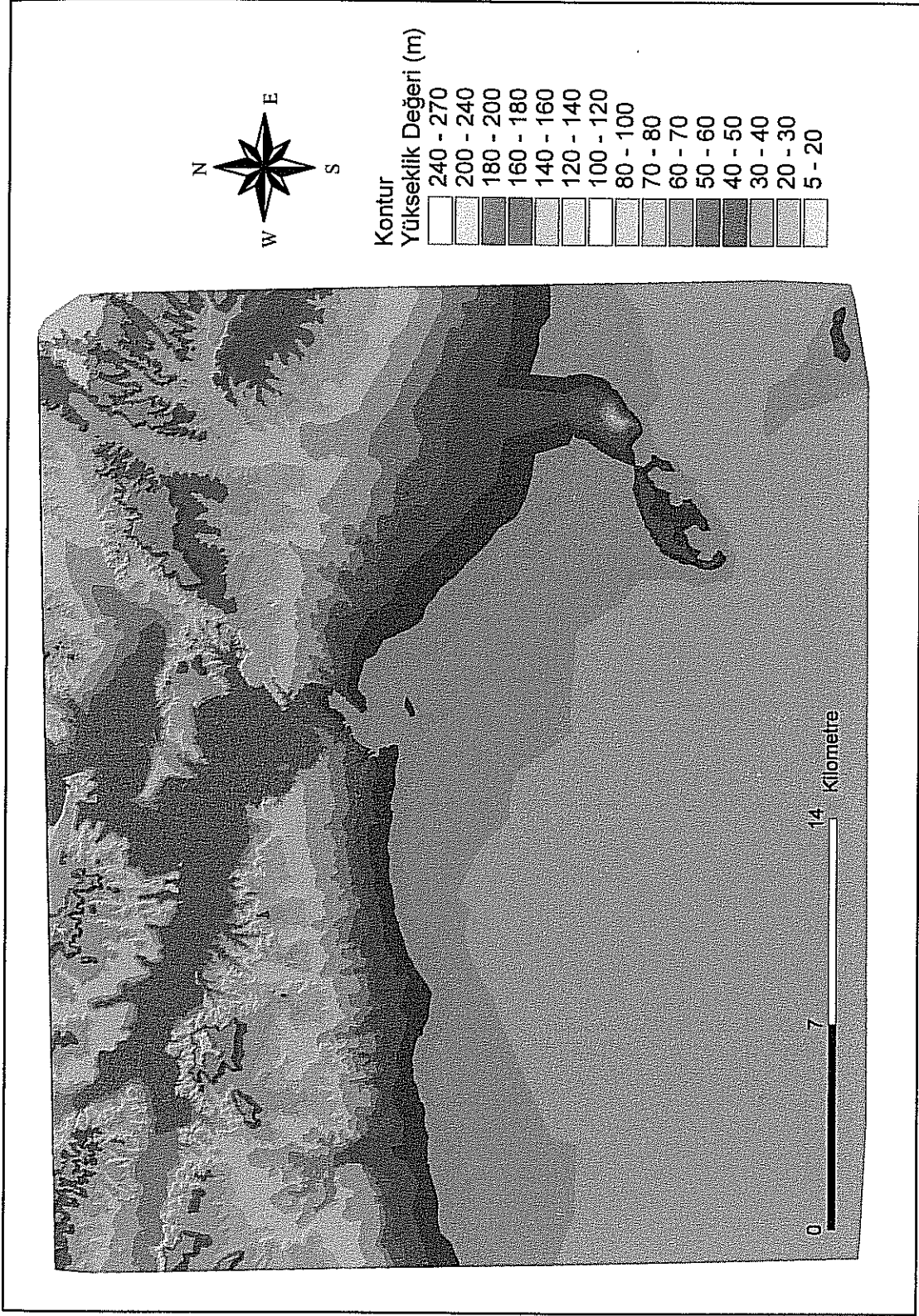
Landsat 7 TM uydu görüntüsünün 4, 3 ve 2. bantları kullanılarak oluşturulmuş zenginleştirilmiş görüntünün daha önceden oluşturulmuş eş yükselti haritası üzerine yerleştirilmesiyle çalışma alanına ait üç boyutlu bir görüntü elde edilmiştir (Şekil 4.193). Çeşitli yönlerden ve yüksekliklerden bakışın sağlanabildiği, alan içerisinde havadan bir gezintinin yapılabilirdiği ve arazi bakış açısının istenen ölçüde değiştirilebildiği bu görüntü ile arazi çalışmaları sırasında ve sonrasında inceleme alanı hakkında ön bilgilerin sağlanması mümkün olmuştur. Özellikle arazinin fizyografik yapısı ve jeomorfolojik oluşuklar elde edilen bu görüntü ile rahat bir şekilde ve aynı anda görülebilmektedir.

4.10.4. Sayısallaştırılmış Yol Haritası

Çalışma alanı bir yerleşim yeri olduğundan yolların sayısal ortam içerisinde yer alması ayrı bir önem kazanmaktadır. Bu çalışma ile öncelikle inceleme alanını doğudan batıya kat eden TAG otoyolu, E-5 karayolu ve Demiryolu sayısallaştırılmış, ardından kent içi büyük bulvarlar ve anayollar ile diğer caddeler ve ara yollar sayısallaştırılmıştır (Şekil 4.194). Sayısallaştırılan farklı özellikteki yol grupları harita üzerinde farklı simgeler kullanılarak belirginleştirilmiştir. Sayısallaştırılmış yol haritası, incelenen lokasyonların yerlerinin daha kolay bulunması ve aynı şekilde veri değerlendirmelerinde kolaylıkların sağlanması amacıyla yapılmıştır. Kent içi büyük yollar sayısallaştırılırken yollara ait bir veri tabanı da oluşturulmuş ve bu şekilde yolun ya da bulvarın adının görüntülenmesi imkanı sağlanmıştır.

4.10.5. Dokümantasyon Haritası

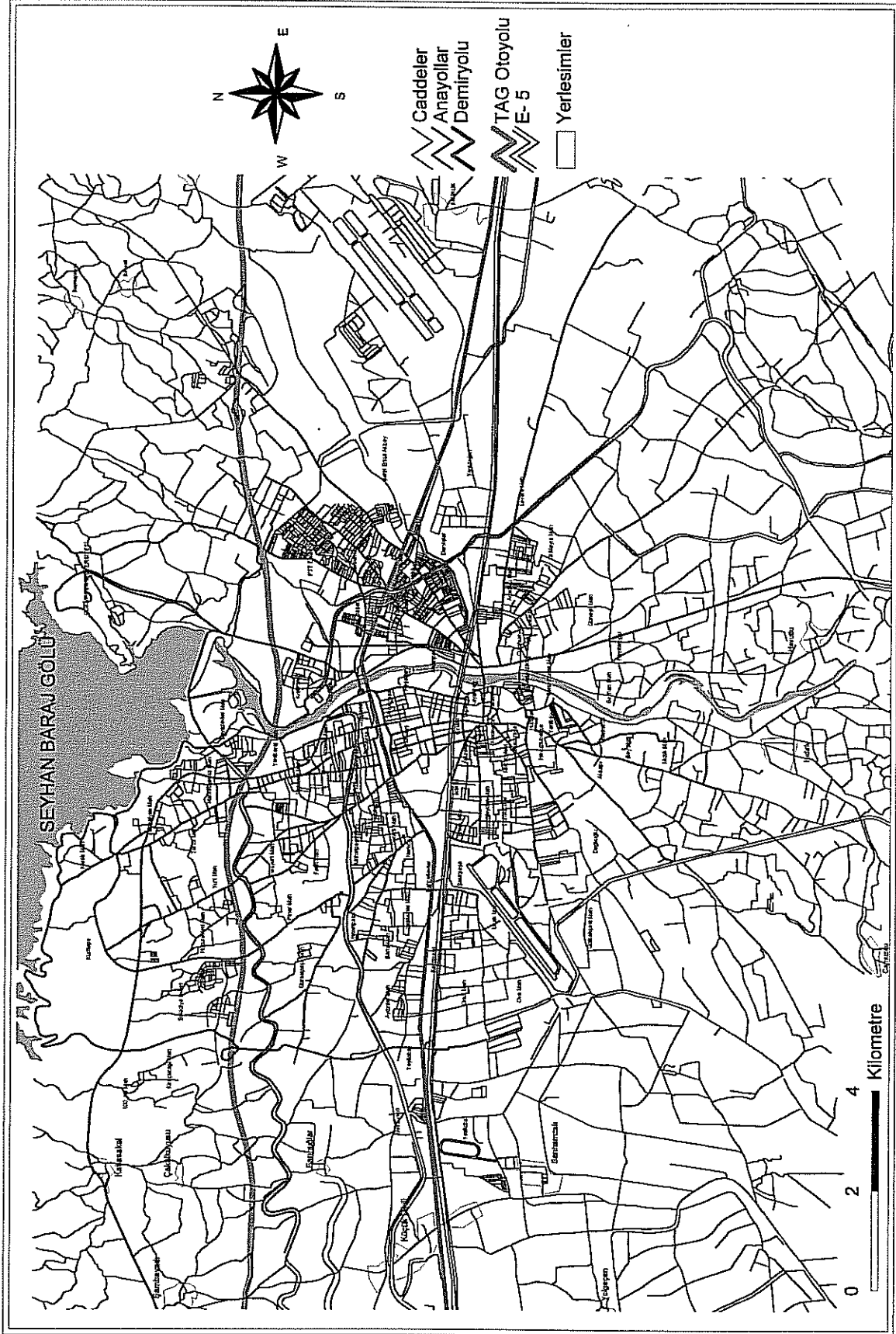
Mühendislik Jeolojisi haritalarının hazırlanmasında kullanılan verilerin çalışma alanı içerisindeki yerlerini ve türlerini göstermek amacıyla oluşturulmuşlardır. Çalışma kapsamında ele alınan veriler;



Şekil 4.192. İnceleme alanına ait eş-topoğrafik kontur haritası.



Şekil 4.193. İnceleme alanına ait oluşturulmuş yükseklik modeli.



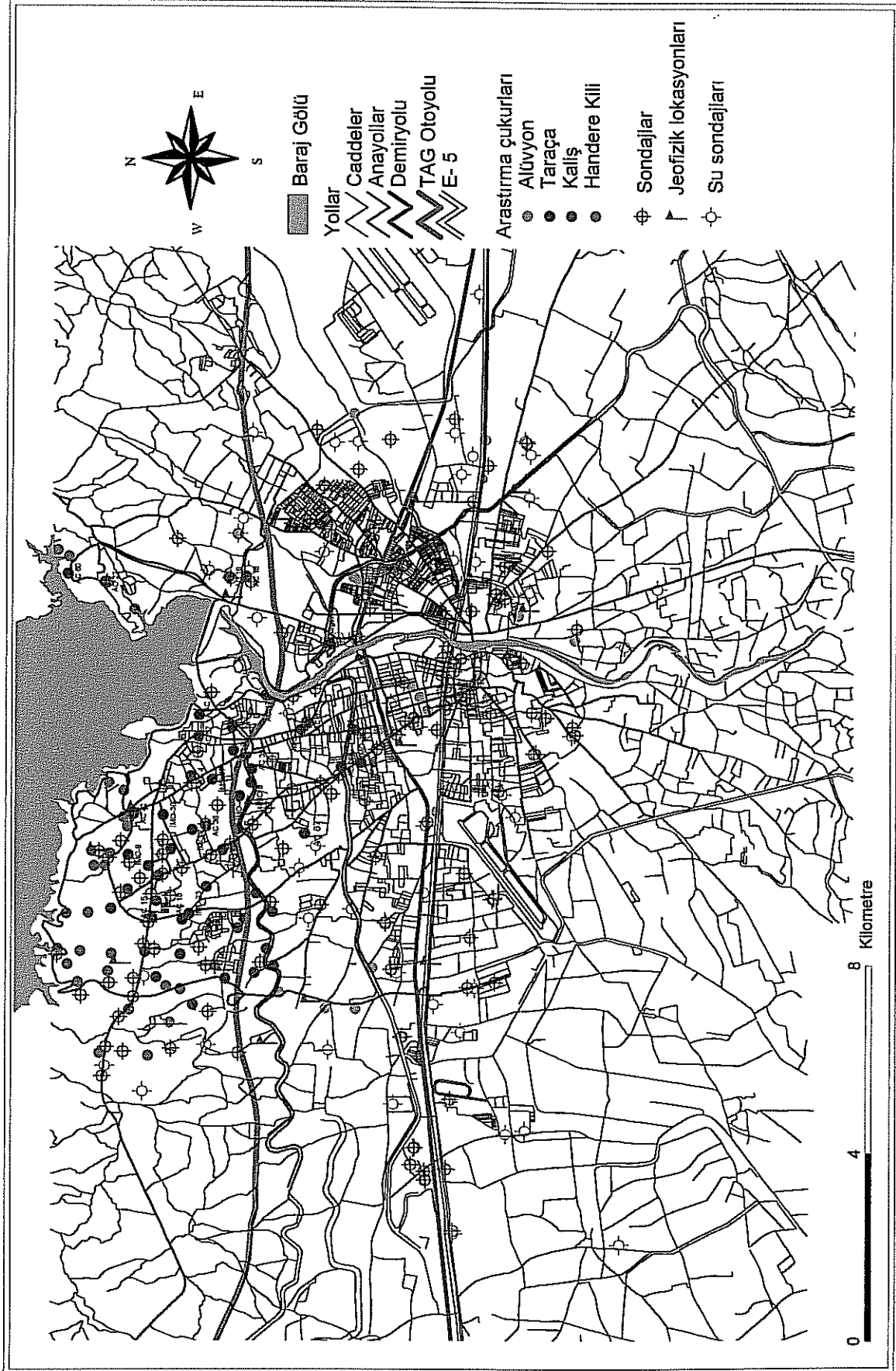
Şekil 4.194. İnceleme alanına ait sayısallaştırılmış yol haritası.

- a- Sondaj verileri (veri grupları ile birlikte bu çalışma kapsamında yapılmış sondajların da olduğu tüm sondajlı zemin etüdü bilgileri)
 - b- Araştırma çukuru verileri
 - c- Su sondaj kuyusu verileri
 - d- Jeofizik etüt (sismik ve rezistivite olarak) verileri
- olmak üzere 4 grup altında incelenmişlerdir.

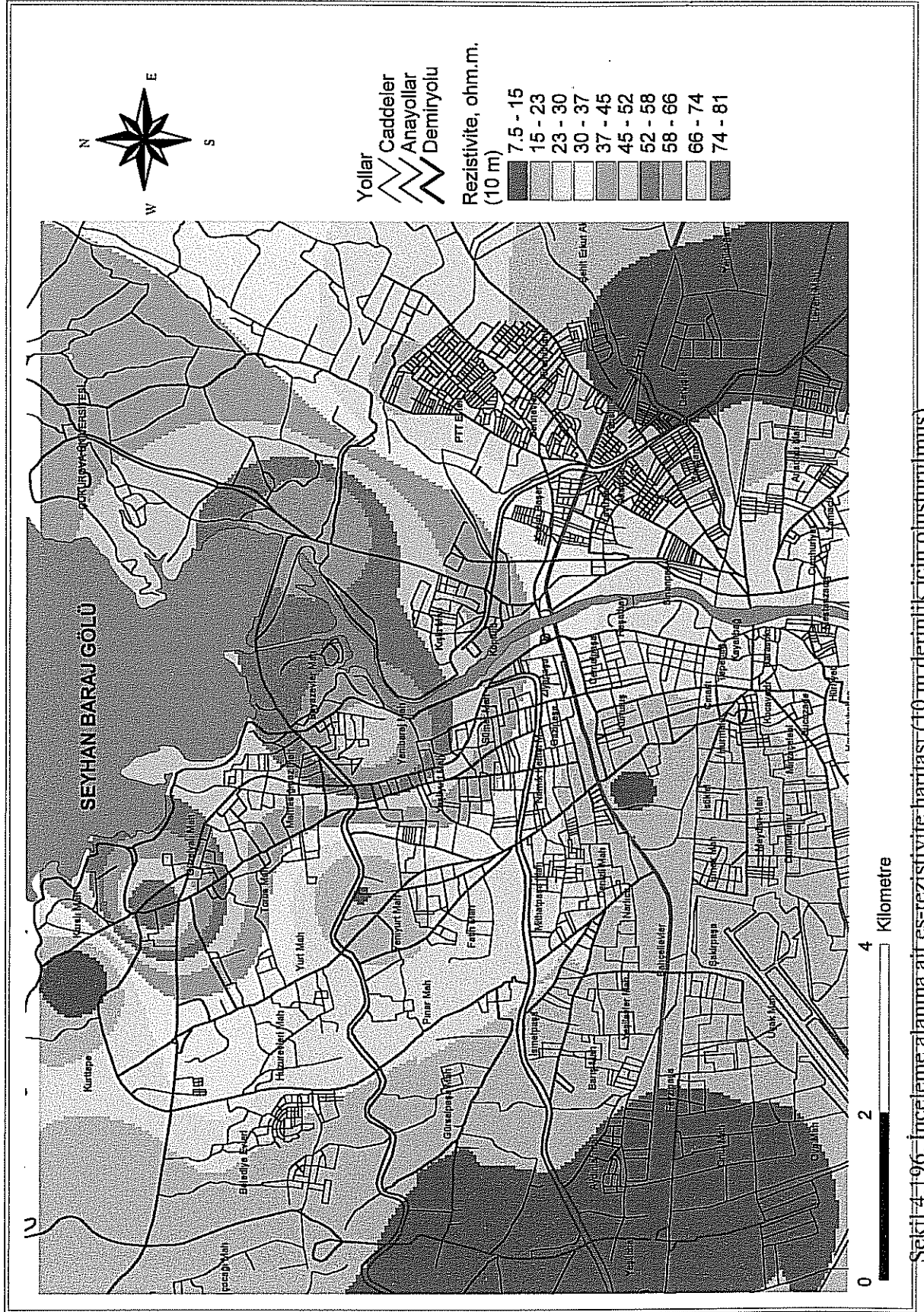
Bu çalışma kapsamında ele alınan verilere ait lokasyonların inceleme alanı içerisindeki konumları Şekil 4.195'deki dokümantasyon haritasında ortaya konulmuştur.

4.10.6. Eş Rezistivite Haritaları

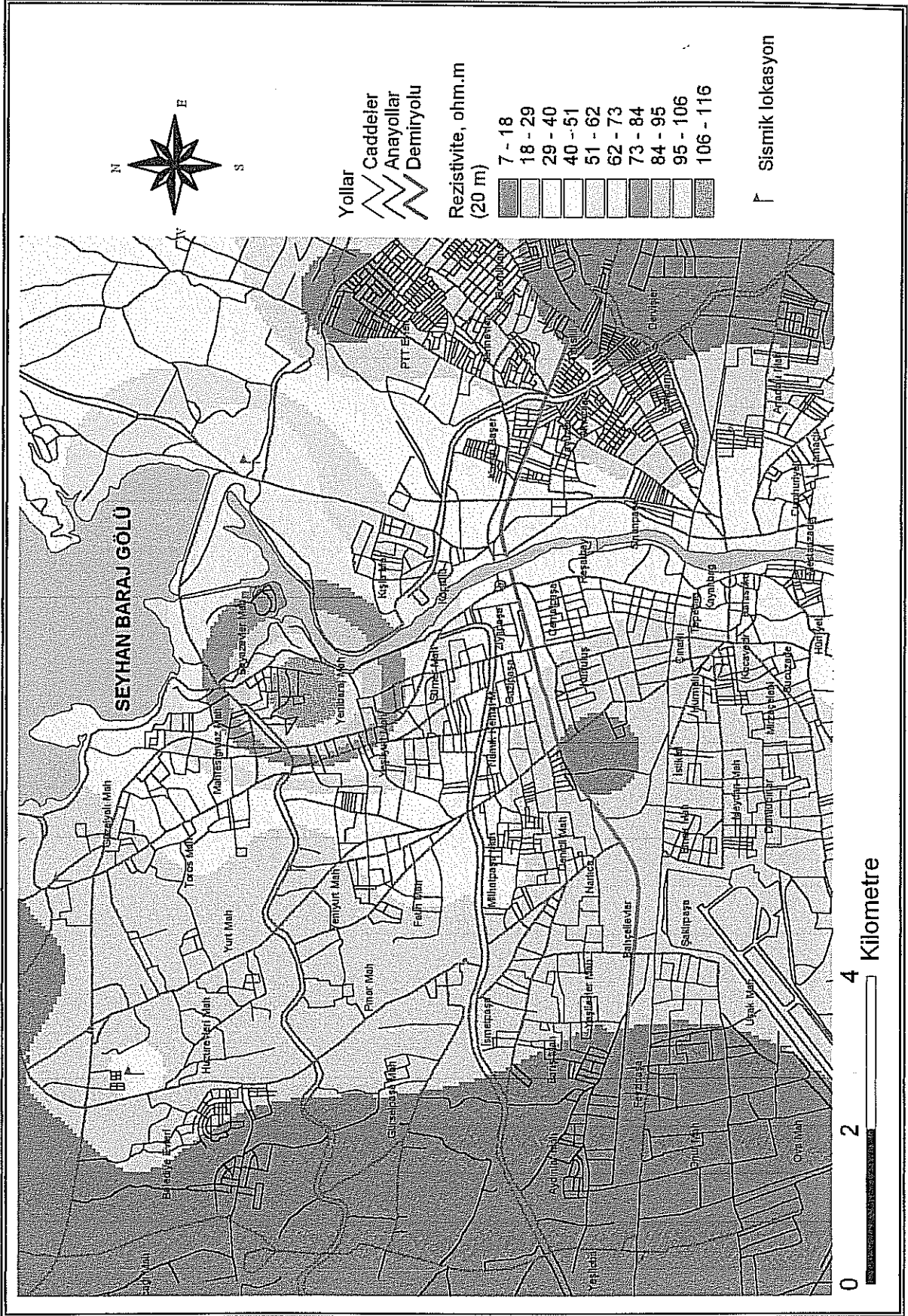
Bu harita, bu çalışma kapsamında yapılan rezistivite (düşey elektrik sondajı) ölçümü değerlendirmelerinden yola çıkılarak hazırlanmıştır. Elde edilen değerlerin ilk elden sağlanması, ölçümlerde aynı ölçüm cihazının kullanılması ve aynı mevsimsel iklim koşullarında yapılmış olması değerlendirmelerin sadece adı geçen veri grubu için yapılmasını gerektirmiştir. Bilindiği gibi rezistivite yönteminde yerin elektriksel özdirenç değerinin ölçülmesi esastır ve bu değer zeminin türüne, poroziteye, ayrışmışlığa, yer altı su seviyesine bağlıdır. Yapılan rezistivite çalışmaları ile 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25 ve 30 metreye kadar seviyeler halinde yer içinden ölçüm değerleri alınmıştır. Oluşturulmuş rezistivite haritaları yerin 10 m, 20 m ve 30 m altı için olmak üzere ayrı ayrı yapılmıştır. Oluşturulmuş eş rezistivite haritaları Şekil 4.196, Şekil 4.197 ve Şekil 4.198'de verilmiştir. Her üç haritanın incelenmesi taraça üzerinde yer alan Beyazevler, Güzelyalı ve Mahfesiğmaz mahallelerinin yüksek özdirenç değerlerine sahip birimler (taraça çökelleri) üzerinde kurulu olduğunu göstermektedir. Levent, Dervişler, Yenidoğan, 19 Mayıs, Kireçoçağı, Belediyeevleri mahalleleri ise 30 m derinlik için düşük rezistivite değerlerine sahip yerleşim yerlerini oluşturmaktadırlar.



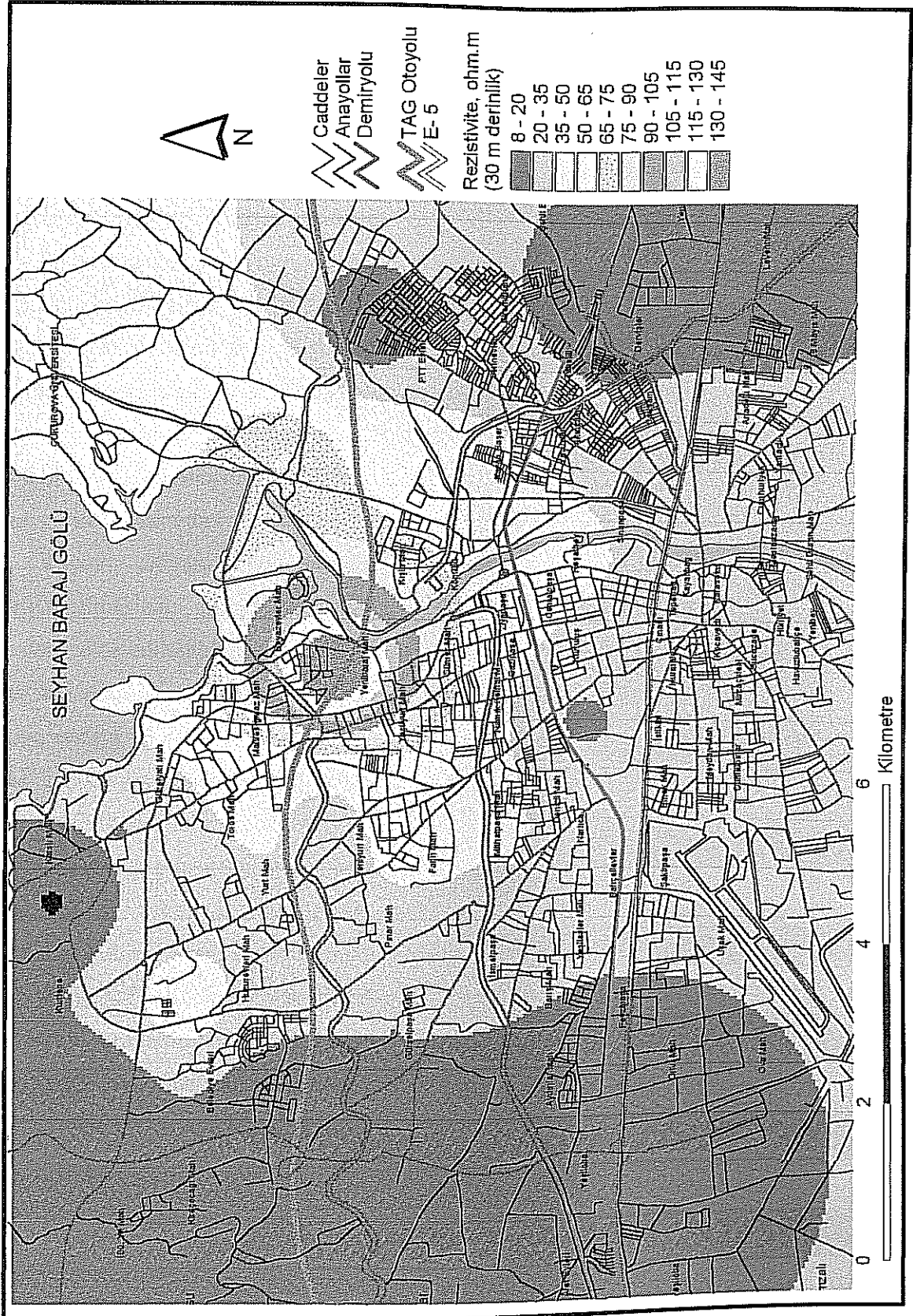
Şekil 4.195. İnceleme alanına ait veri gruplarını içeren dokümantasyon haritası.



Şekil 4.196. İnceleme alanına ait eş-rezistivite haritası (10 m derinlik için oluşturulmuş).



Şekil 4.197. İnceleme alanına ait eş rezistivite haritası (20 m derinlik için oluşturulmuş).



Şekil 4.198. İnceleme alanına ait eş rezistivite haritası (30 m derinlik için oluşturulmuş).

4.10.7. Eş Kayma Dalgası Hızı Haritası

Zemin tabakalarının kayma dalgası hızı (V_s), dinamik davranış özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir parametre olmaktadır. Zeminin dinamik davranış özelliklerinin belirlenmesinde, zemin periyodu ve zemin hakim periyodunun bulunmasında, sıvılaşma potansiyellerinin incelenmesinde ve mikro-bölgeleme çalışmalarında genel olarak kayma dalgası hızı parametresi kullanılmaktadır.

Uygulamalarda kayma dalgası hızlarına göre yapılmış bir çok sınıflama bulunmaktadır. Bu konudaki esas problem, kayma dalgası hızının belirlenmesi yönteminde olmaktadır. Mikrotremor türü çalışmaların özel ekipman gerektirmesi, sismik yöntemlerin ise arazi çalışmalarında uygun uzunlukta alanlara ihtiyaç duyması gibi nedenlerle kayma dalgası hızları doğrudan arazi deneyleri ile belirlenemeyebilmektedir. Bu tür durumlarda, SPT ve CPT gibi arazi penetrasyon deneyleri kullanılarak kayma dalgası hızlarının tahmin edilmesi yoluna gidilebilmektedir.

Kayma dalgası hızı haritaları bir bölgenin sismik jeoteknik koşullarının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan haritalardır. Bu parametre, doğrudan jeofizik ölçümlerle elde edilebildiği gibi ampirik olarak ortaya konmuş ve SPT darbe sayılarına bağlı olarak hesaplanan ampirik bağıntılarla da bulunabilmektedir. Bu çalışmada veri sayısının çokluğu nedeni ile sondajlı etüt çalışmalarından elde edilen SPT darbe sayıları kullanılarak belirlenmiş kayma dalgası hızları kullanılmıştır.

Jeofizik sismik arazi deneylerinin yapılamadığı ya da bu tez çalışmasında olduğu gibi kısıtlı miktarda yapılabildiği durumlarda, özellikle SPT gibi diğer başka arazi deneylerinin olması halinde zemin kayma dalgası hızlarının belirlenmesi literatürde mevcut çeşitli bağıntıların kullanılması ile hesaplanabilmektedir. Bu amaçla çeşitli araştırmacılar tarafından sismik deney sonuçları kullanılarak kayma dalgası hızı ile başta SPT-N darbe sayıları olmak üzere farklı parametrelerle ilişkiler değerlendirilip ampirik bağıntılar geliştirilmiştir. Çizelge 4.147, farklı araştırmacılar tarafından kayma dalgası hızının belirlenmesi amacıyla ortaya konmuş bağıntılar bir arada sunulmuştur.

Çizelge 4.147. Kayma dalgası hızları için önerilen ampirik bağıntılar.

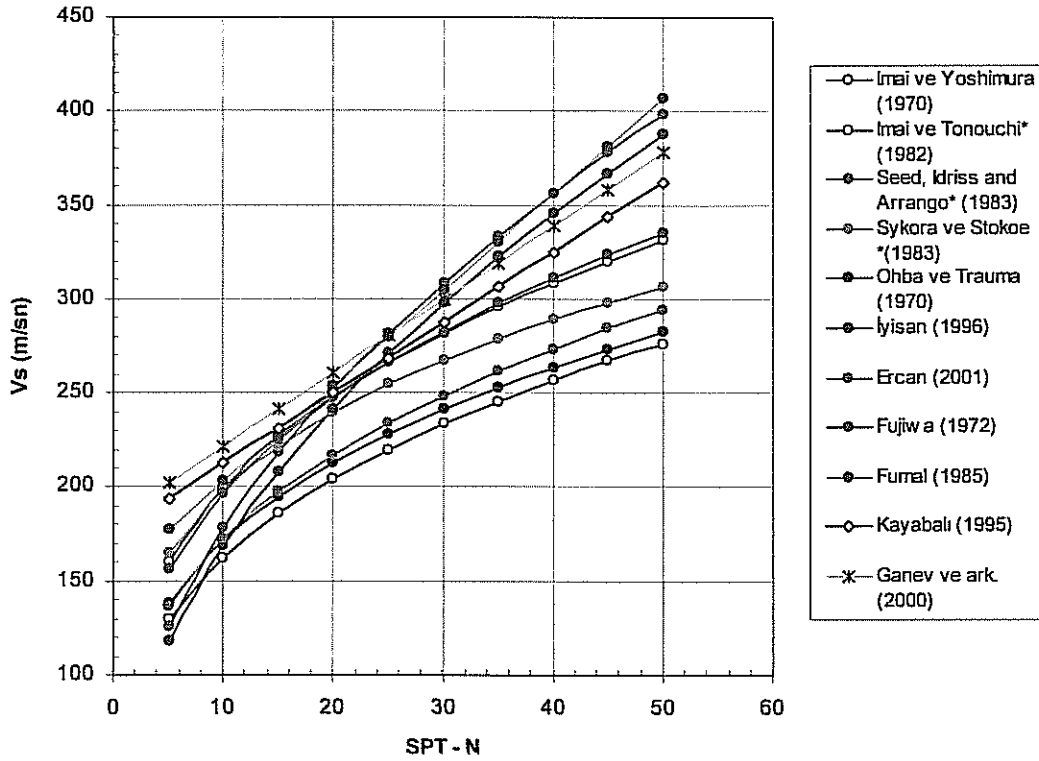
No	Araştırmacı	Veri Türü	Zemin Tipi	V_S (m/sn)
1	Imai ve Yoshimura (1970)	-	-	$V_S = 76 * N^{0.33}$
2	Imai ve Tonouchi (1982)	Japonya'da 1654 veri grubu	Tüm zeminler	$V_S = 96.9 * N^{0.314}$
3	Seed, Idriss ve Arrango* (1983)	bilinmiyor	Kumlar	$V_S = 56.4 * N^{0.5}$
4	Sykora and Stokoe *(1983)	229 adet çapraz kuyu verisi	Çakıllar	$V_S = 106.7 * N^{0.27}$
5	Liquefac*	bilinmiyor	Tüm zeminler	$V_S = 243.8 * \sigma^{-0.1}$
6	Liquefac*	bilinmiyor	Tüm zeminler	$V_S = 152.4 * \sigma^{0.3}$
7	Ohba ve Trauma (1970)	Rayleigh dalga hızı	Alüvyon zeminler	$V_S = 84 * N^{0.31}$
8	Ohta ve Goto (1978)**	300 adet SPT ve V_S verisi	Tüm zeminler	$V_S = 69 * N^{0.17} * D^{0.2} * E * F$
9	İyisan (1996)	65 adet sismik ve SPT verisi	Tüm zeminler	$V_S = 51.5 * N^{0.516}$
10	İyisan (1996)	65 adet sismik ve SPT verisi	Tüm zeminler	$V_S = 115.8 * \sigma_v^{0.367}$
11	İyisan (1996)	18 adet sismik ve SPT verisi	Kil zeminler ($\sigma_v, t/m^2$)	$V_S = 47.3 * N^{0.324} * \sigma_v^{0.270}$
12	Imai ve Yoshimura (1976)	Sismik ve lab. verileri	Kil zeminler ($\sigma_v, t/m^2$)	$V_S = 138.3 * q_u^{0.417}$
13	Ercan (2001)	Sismik ve SPT verileri	15 < N_{30} ≤ 25 olan killi zeminler	$V_S = 100 * N^{0.333}$
14	Ercan (2001)	Sismik ve SPT verileri	15 < N_{30} ≤ 50 olan kumlu zeminler	$V_S = 80 * N^{0.333}$
15	Fujiwa (1972)*	Sismik ve SPT verileri	-	$V_S = 92.1 * N^{0.33}$
16	Imai ve Yoshimura (1982)*	Sismik ve SPT verileri	Kumlu zeminler	$V_S = 325 * N^{0.68} \text{ (kips/ft}^2\text{)}$
17	Fumal (1985)	Sismik ve SPT verileri	-	$V_S = 152 + 5.1 * N$
18	Kayabalı (1995)	Sismik ve SPT verileri	-	$V_S = 175 + 3.75 N_{60}$
19	Ganev ve diğ. (2000)	Sismik ve SPT verileri	-	$V_S = 182.9 + 3.9 * N$
20	Imai ve Tonouchi (1982)	Sismik ve SPT verileri	SM ve SP türü	$V_S = 87.8 * N^{0.292}$
21	Andrus ve Stokoe (2000)	Sismik ve SPT verileri	Holosen yaşlı kumlu zeminler $D = \text{derinlik (m)}$	$V_S = 66.7 * N^{0.248} * D^{0.138}$ ince tane < % 10 $V_S = 72.3 * N^{0.228} * D^{0.152}$ ince tane % 10 – 35 $V_S = 72.9 * N^{0.224} * D^{0.130}$ ince tane % 0 – 40

* Wei ve diğ. (1996) kaynağından alınmıştır.

8 sıra numaralı bağıntıda yer alan D, E ve F katsayıların çökellerin yaşına ve tane boyuna bağlı olarak alınan sayılar olup şu sayısal değerleri içerirler;

**	<i>Pleyistosen</i>	<i>Holosen</i>
E	1.3	1.0
F	1.07 (orta kum)	1.0 (kil)
	1.14 (kaba kum)	1.09 (ince kum)
F	1.15 (kum – çakıl); 1.45 (çakıl)	

Diğer tüm bağıntılarda D, metre cinsinden derinlik değerini ve N, 30 cm ilerleme için elde edilmiş SPT darbe sayısını ifade etmektedir. Literatürler incelemeleri ile bir araya getirilmiş olan bu ampirik bağıntıların bir arada yorumlanabilmesi ve bu çalışma için uygun bağıntının seçilebilmesi amacıyla bağıntılar Şekil 4.199’da gösterildiği gibi grafiksel hale getirilmiştir.



Şekil 4.199. Çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen bağıntılar kullanılarak oluşturulmuş SPT – Vs ilişkisi.

Şekil 4.199’da görülen ilişkiler incelendiğinde 10 – 25 aralığındaki SPT-N değerlerinden sonraki değerler için kayma dalgası hızlarının değişim aralıklarının genişlediği dikkati çekmektedir (Çizelge 4.148).

Çizelge 4.148. İncelenen ampirik bağıntılarla hesaplanmış kayma dalgası hızı değer aralıkları ve darbe sayılarına göre değer aralıkları.

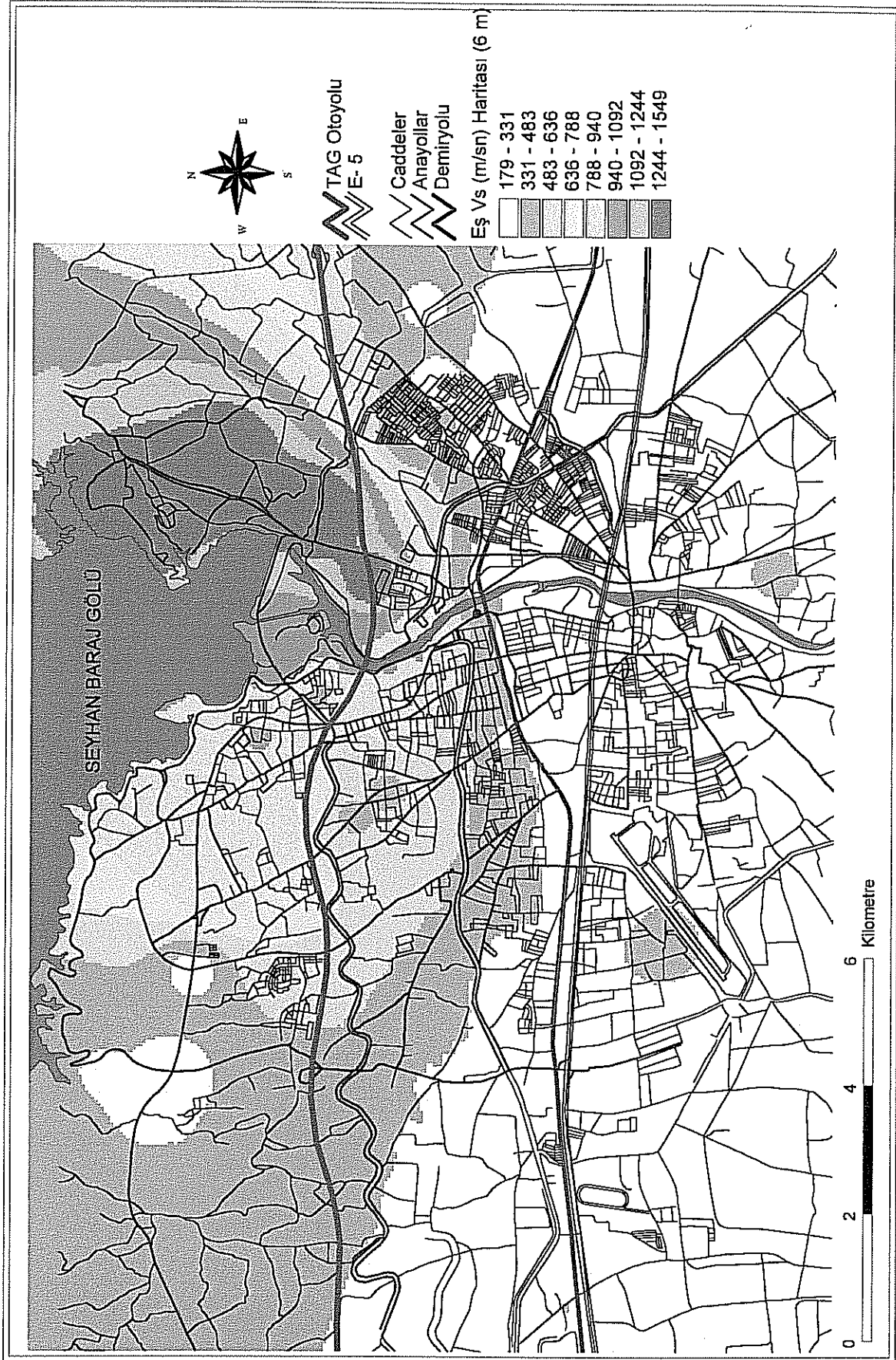
<i>SPT-N</i>	<i>Hesaplanan V_s değer aralığı</i>	<i>Değer aralığı farkı</i>	<i>SPT-N</i>	<i>Hesaplanan V_s değer aralığı</i>	<i>Değer aralığı farkı</i>
5	118 – 202	84	30	234 - 309	75
10	162 – 222	60	35	246 - 334	88
15	186 – 241	55	40	257 - 356	99
20	204 - 261	57	45	267 - 382	115
25	220 - 280	60	50	276 - 407	131

İncelenen ampirik bağıntılardan elde edilen ortalama bir değer sunduğu için bu çalışmada Imai ve Tonouchi (1982) bağıntısı kullanılmıştır. Bu bağıntı kullanılarak her SPT darbe sayısı verisine ait seviye için kayma dalgası hızları belirlenmiş ve CBS veri bankasında depolanmıştır. Sonuçta Şekil 4.200’de görülen eş kayma dalgası hızı haritası ortaya konulmuştur. Bu harita 6 m derinlik için elde edilmiş SPT darbe sayılarından yola çıkılarak bulunmuş kayma dalgası hızlarına göre oluşturulmuştur. Haritadan alüvyon birimlerinin 179 – 331 m/sn değerleri arasında değişen en düşük kayma dalgası hızlarını verdikleri, tersine Seyhan Baraj Gölü doğu kıyısında yer alan taraça birimlerinin 1244 ile 1549 m/sn arasında değişen en yüksek kayma dalgası hızlarını verdiği görülmektedir.

Kayma dalgası hızına bağlı olarak yapılmış zemin sınıflı tanımlamalarının bir kısmı kayma dalgası hızının ≥ 700 m/sn olan tabakanın sismik ana kayanın başlangıcı olduğunu bildirmektedir (İyisan ve ark., 2002). Aynı kaynak ülkemizde yürürlükte olan yeni deprem yönetmeliğinde zemin grubu tanımlamasında kayma dalgası hızının > 1000 m/sn olması durumunda birimin sağlam kayalık olarak tanımlandığını belirtmiştir.

4.10.8. Eş SPT-N Haritası

Arazi deneylerinden en iyi bilineni ve dünya çapında yaygın kullanıma sahip olanı SPT’dir. Bu deneyden elde edilen darbe sayılarının doğrudan değerlendirilmesinde kullanılan bir çok abak, çizelge ve grafik bulunmaktadır. Bu çalışmada da hem çalışma kapsamında yapılan ve hem de sondajlı etüt verilerinden elde edilen SPT darbe sayılarına göre bir değerlendirmeye gidilmiştir.



Şekil 4.200. İnceleme alanına ait eş kayma dalgası hızı haritası (6 m derinlik için oluşturulmuş).

Daha önce de belirtildiği gibi taraça ve kalış birimleri klasik sondajlı zemin etütleri ile araştırılmaya uygun olmayan litolojik özellikler göstermektedirler. Bu anlamda bölgede bu birimlerde yapılan zemin sondajlarının çoğu refü değerleri vermiştir. Bu birimlerde ve refü değeri veren diğer birimler için SPT darbe sayıları veri bankasına 100 olarak girilmiştir. SPT darbe sayıları her 1.5 metre için olacak şekilde veri bankasına girilmiştir. Bu değerler maksimum 15 m derinliğe sahiptir. SPT darbe sayılarına ait değerler kullanılarak 3 m ve 7.5 m derinlikleri için eş SPT darbe sayısı haritası oluşturulmuştur. Şekil 4.201, 3 m derinlik için ve Şekil 4.202, 7.5 m derinlik için oluşturulmuş eş-SPT-N haritalarını göstermektedir. 7.5 m. darbe sayılarına göre oluşturulmuş haritada zonların, 3 m derinlik için yapılan haritaya göre daha fazla olduğu dikkati çekmektedir. Bu durum özellikle alüvyon çökellerinin kapladığı alan içinde yaygındır. Bunun nedeni, bu çalışmada yapılan sondajlarda da karşılaşıldığı gibi derinliğin artmasına bağlı olarak kalışlaşmış karbonatlı seviyelerin düşey kesit içinde SPT darbe sayılarındaki ani artışlardır. Aynı durum zemin özelliği gösteren kalış çökelleri için de geçerli olmaktadır.

4.10.9. Pik Zemin İvmesi Haritası

Deprem ivmesi azalım ilişkilerinin bölgesel jeolojik ve tektonik koşullardan etkilenmesi bu konuda farklı ülkelerin kendi bölgeleri için geçerli olacak azalım ilişkilerini üretmelerine neden olmuştur. Ülkemize has olarak detaylı araştırmalara bağlı olarak geliştirilmiş bir azalım ilişkisi bulunmamaktadır. Bu konuda henüz araştırmaların sürdürüldüğü bilinmektedir. Ülkemiz için kaydedilmiş kuvvetli yer hareketi ivmelerinin kısıtlı sayıda olmaları azalım ilişkileri konusunda diğer ülkeler tarafından ortaya konan ilişkilerin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Günümüzde yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda özellikle kuzeybatı Amerika için geliştirilmiş azalım ilişkilerinin kullanıldığı görülmektedir. Ülkemiz için de kullanılmakta olan bu ilişkilerden en tanınmış olanı Joyner ve Boore, (1988) tarafından verilmektedir;

$$\log (a) = 0.43 + 0.23 (M - 6) - \log r - 0.0027 r \quad (4.68)$$

Bu bağıntıda;

a = pik yatay zemin ivmesi (gal),

M = deprem magnitudü

r = episantra olan uzaklık (km) değerleridir.

Ercan (2001), Joyner ve Boore (1981) tarafından en büyük ivme değerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bir diğer bağıntının şu şekilde olduğunu bildirmiştir;

$$\log (a) = - 1.02 + 0.249 M - \log r - 0.00255 r + 0.26 P \quad (4.69)$$

Bu bağıntıdaki P değeri % 84 güvenlik derecesi için 1 ve % 50 güvenlik derecesi için 0 olarak alınmaktadır. Bu bağıntıdaki r değeri için aşağıdaki eşitliğin kullanılması önerilmiştir;

$$r = (L^2 + 53.5)^{0.5}$$

Burada,

L = episanıra olan dik uzaklık değeridir (km).

Borcherdt ve diğ, (1995) pik zemin ivmesinin yüzey kırığından uzaklığa bağlı olarak hesaplanmasında kullanılan bir bağıntı önermiştir;

$$a = -0.556 - 1.495 * \log_{10} d + 1.816. \log 10 \sqrt{d^2 + 5.48^2} \quad (4.70)$$

Bu bağıntıda, d yüzey kırığından uzaklığı (km) ifade etmektedir.

Neumann (1954) tarafından önerilmiş bir diğer azalım ilişkisi ise şu şekilde ifade edilmektedir;

$$\log (a) = 0.43 * I - 0.041 \quad (4.71)$$

Bu bağıntıda;

a = pik zemin ivmesi (gal),

I = sismik şiddet

Campbell (1988), Kaliforniya depremleri üzerindeki incelemelerine bağlı olarak bu bölge depremleri için aşağıdaki azalım ilişkisini ortaya koymuştur;

$$\ln (a) = - 3.303 + 0.85 M - 1.25 \ln (r + 0.0872 e^{0.678 M}) + 0.0059r \quad (4.72)$$

Sadigh ve diğ, (1997), Campbell ile Joyner ve Boore gibi Kaliforniya depremleri üzerinde çalışarak azalım ilişkilerine bir başka bağıntıyı eklemiştir;

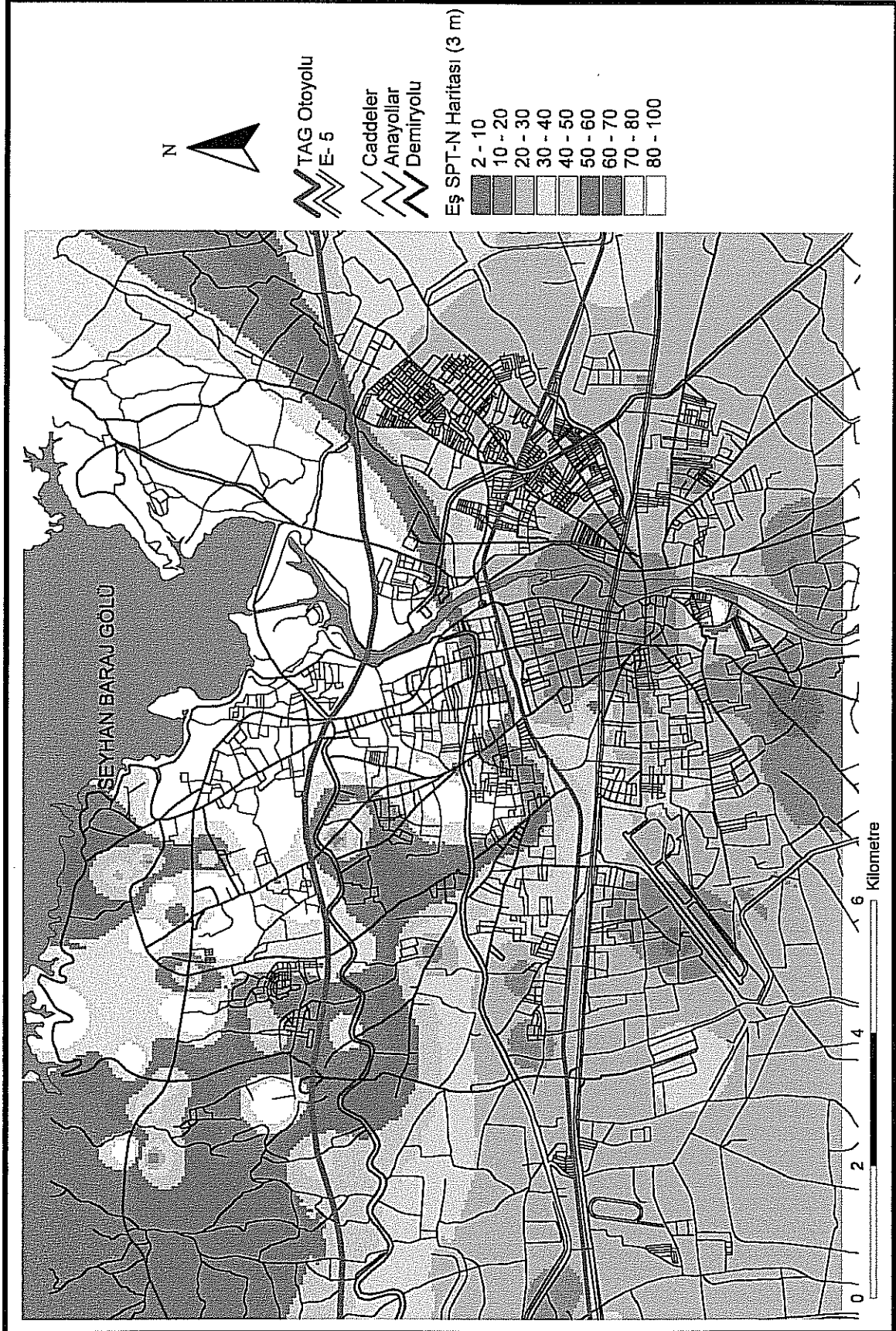
$$\ln (a) = C_1 + C_2 M + C_3 \ln (r_{kırık} + C_4 e^{C_5 M}) C_6 Z_T \quad (4.73)$$

Bu bağıntıda,

$r_{kırık}$: yüzey kırığına en yakın mesafe (km)

Z_T : ters fay için 1, doğrultu atımlı fay için 0 olan bir sayı,

C_1		- 0.624		- 1.274
C_2		1.0		1.1
C_3	$M \leq 6.5$	0	$M > 6.5$	0
C_4	<i>depremler</i>	- 2.1	<i>depremler</i>	- 2.1
C_5		1.2965		- 0.4845
C_6		0.25		0.524



Şekil 4.201. İnceleme alanına ait eş SPT-N haritası (3 m derinlik için oluşturulmuş).



Şekil 4.202. İnceleme alanına ait eş SPT-N haritası (7.5 m derinlik için oluşturulmuş).

Erdik ve diğ, (1985), ülkemizdeki depremlere ait kuvvetli yer hareketi verilerinin Kaliforniya verilerine uyum sağladıklarını bildirerek bu bölge için geliştirilmiş deprem ivmesi azalım ilişkilerinin kullanılabilirliğini belirtmişlerdir.

Sabetta ve Pugliese (1987), İtalya depremleri üzerindeki araştırma sonuçlarını kullanarak bir diğer azalım ilişkisini literatüre kazandırmıştır;

$$\log(a) = -1.562 + 0.306 M - \log(r^2 + 33.6)^{0.5} \quad (4.74)$$

Fukushima ve Tanaka (1990), çalışmalarında Japonya'daki deprem kayıtlarına ait bilgileri kullanarak aşağıdaki azalım ilişkisini üretmiş ve tüm dünya depremleri için uygulanabilirliğini belirtmişlerdir.

$$\log(a) = 0.41 M - \log(r + 0.032 \cdot 10^{0.41 M}) - 0.0034r + 1.30 \quad (4.75)$$

Erdik ve Eren (1983), fay izine dik olarak alınacak en yakın uzaklık değerini (R , km) alarak aşağıdaki azalım ilişkisini ortaya koymuşlardır;

$$I = 0.34 + 1.54 M - 1.24 \ln R \quad (4.76)$$

Campbell (1981), büyüklüğü 5.5 – 7.0 arasında olan depremler için ve fay yırtılmasının 50 km mesafe içinde bulunduğu alanlarda pik ivmeyi hesaplamak için aşağıdaki bağıntıyı geliştirmiştir;

$$\ln(a) = -4.141 + 0.868 M - 1.09 \ln(r + 0.0606 e^{0.7 M}) \quad (4.77)$$

r : faya olan en kısa uzaklık (km)

Türkiye için son dönemde önerilmiş azalım ilişkileri Aydan ve diğ. (1996) ile İnan ve ark., (1996) tarafından ortaya konulmuş ve aşağıda verilmiştir;

$$a_{maks} = 2.8 (e^{0.9M} e^{-0.025R} - 1) \quad \text{Aydan ve diğ, (1996)} \quad (4.78)$$

$M = M_s$ (yüzey dalgası büyüklüğü) ve R =hiposantıra olan uzaklık, a_{maks} =maksimum zemin ivmesi değerleridir

$$\log a_{maks} = 0.65 M - 0.9 \log r - 0.44r \quad \text{İnan ve diğ, (1996)} \quad (4.79)$$

İnan ve diğ., (1996) bağıntısında, elde edilen kayıtlar arasında kaya ya da zemin ayırımına gidilmemiştir. Bu bağıntıdaki r değeri R değerinden farklı olarak episanıra olan uzaklığı ifade etmektedir. İnan ve diğ. (1996) tarafından önerilen bağıntı kullanılarak elde edilmiş zemin ivmesi değerleri farklı deprem büyüklükleri için Şekil 4.203'de sunulmuştur.

Aydan (2001) (Ulusay ve diğ, 2004'den), daha önce önermiş olduğu 1996 bağıntısında bazı düzenlemeler yaparak aşağıdaki bağıntının kullanılmasını önermiştir;

$$a_{maks} = 2.8 (e^{0.9M} - 1) * e^{-0.025R} \quad (4.80)$$

Yazar, yukarıdaki bağıntıyı zemin ortamlar için oluşturduğundan, daha katı zeminler ve kayalar için 2.8 katsayısının 0.56 değerine indirgenmesini önermiştir.

Bu bağıntıda,

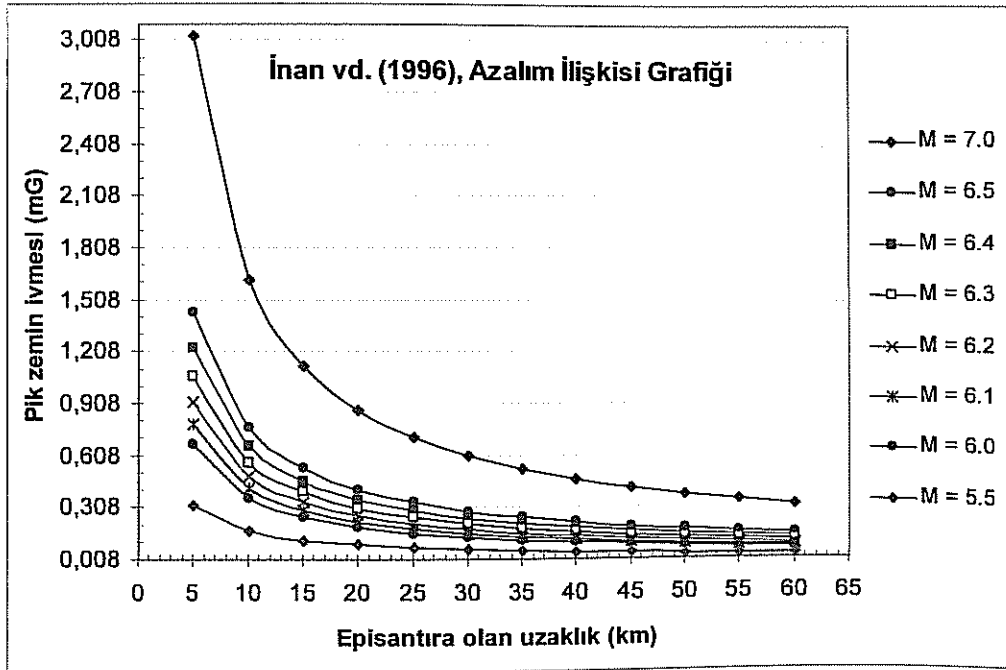
a_{maks} : pik zemin ivmesi,

M : deprem magnitüdü

R : deprem odak noktasına olan uzaklık.(km)

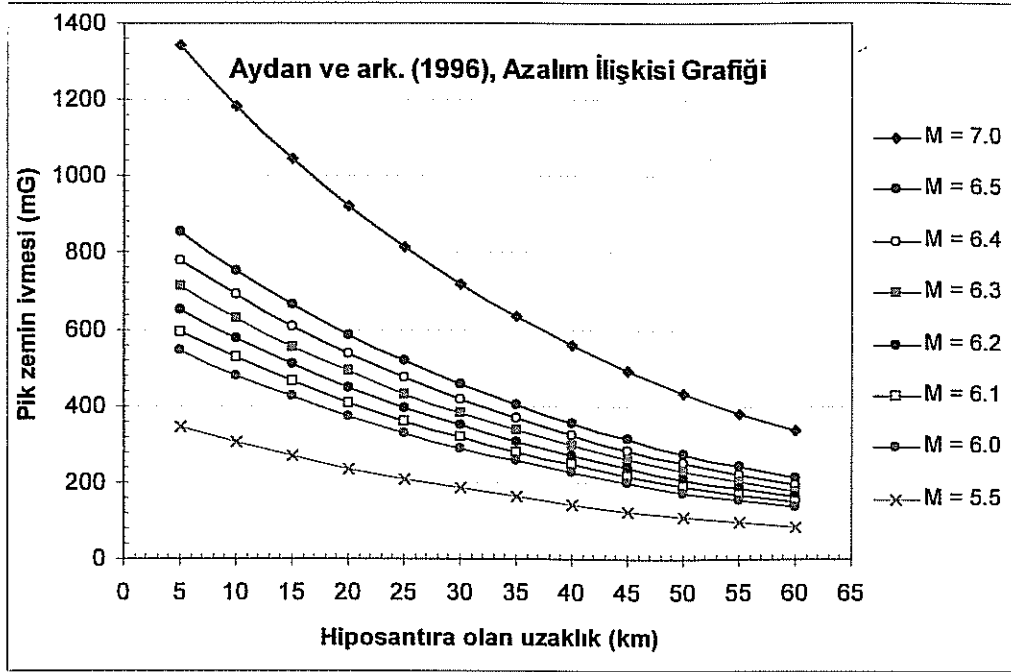
İnan ve diğ. (1996) tarafından önerilen bağıntı kullanıldığında büyüklükleri 5.5 ile 7.0 arasında değişen depremler için pik zemin ivmesi (pga) değerleri Şekil 4.203'deki gibi değişim göstermektedir.

1998 Ceyhan depreminde Ceyhan ilçesine 32 km uzaklıkta bulunan ölçüm istasyonu K-G yönündeki ivme değerini 0.223 g, D-B yönündekini 0.273 g ve düşey yöndekini 0.086 g olarak ölçmüştür. Ölçülen deprem ivme değerlerinin uzaklığa bağlı azalım ilişkileri incelendiğinde Aydan ve diğ. (1996) tarafından ortaya konulan azalım ilişkisinin özellikle Çukurova bölgesi için de geçerli olacağı bildirilmiştir (Ulusay ve diğ, 2000b).



Şekil 4.203. İnan ve ark., (1996) bağıntısı kullanılarak elde edilmiş zemin ivmesi azalım ilişkileri.

Bu yüzden Şekil 4.204'de Aydan ve diğ. (1996) bağıntısı kullanılarak abak haline getirilen azalım ilişkisi bu çalışmada da benimsenmiştir.



Şekil 4.204. Aydan ve diğ, (1996) bağıntısı kullanılarak elde edilmiş deprem ivmesi azalım ilişkisi grafiği.

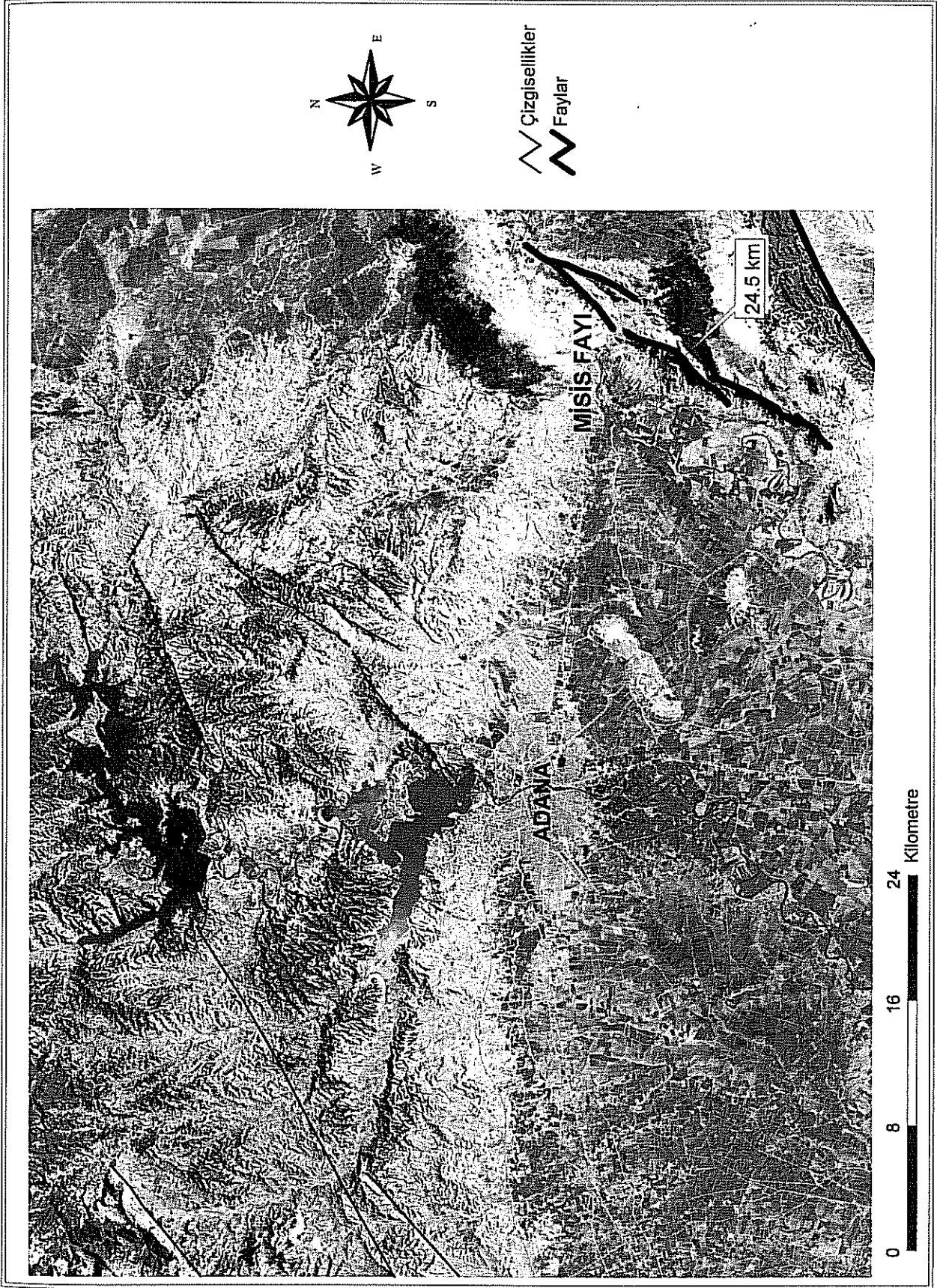
Deprem odak derinliği ölçümlerindeki zorluklar ve hata paylarının yüksek olması hiposantır mesafesine bağlı olarak kullanılan azalım ilişkisi bağıntılarının daha az kullanılmasına neden olabilmektedir.

Bu çalışmada zemin ivmesi değerlerinin Adana ili yerleşim alanı için değişimleri ele alınmış ve önerilen bağıntılar kullanılarak bir bölgelendirme haritası ortaya konulmuştur. Yapılan analizlerde İnan ve diğ, (1996) ve Aydan ve diğ, (1996) bağıntılarının her ikisi de kullanılmış ve birlikte değerlendirilmiştir. Bu amaçla daha önceden sayısal koordinatlardaki uydu görüntüsü kullanılarak hesaplanan 24.5 km'lik Misis fayı uzunluğu dikkate alınmıştır (Şekil 4.205). Çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalardaki her grid kutusunun 4 köşesi birer veri noktası olarak kabul edilerek oluşturulan toplam 240 noktanın Misis fayına olan uzaklıkları (km) Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü yardımı ile bulunmuştur. Hiposantır hesaplamalarında deprem odak derinliği 20 km olarak alınmış ve tüm noktalar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan en küçük episantrı değeri 23.12 km ve en büyük 43.61 km'dir. Hiposantır değerleri ise en küçük 30.46 km ve en büyük 47.98 km'dir. Aydan ve diğ (1996) bağıntısı kullanılarak elde edilen pik zemin ivmesi (pga) değerlerinin en küçük 0.292 mgal ile en büyük 0.433 mgal değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. İnan ve ark, (1996) çözümlmeleri ise en küçük pga değerinin 0.204 ve en büyük pga değerinin 0.363 mgal olduğunu ortaya koymuştur.

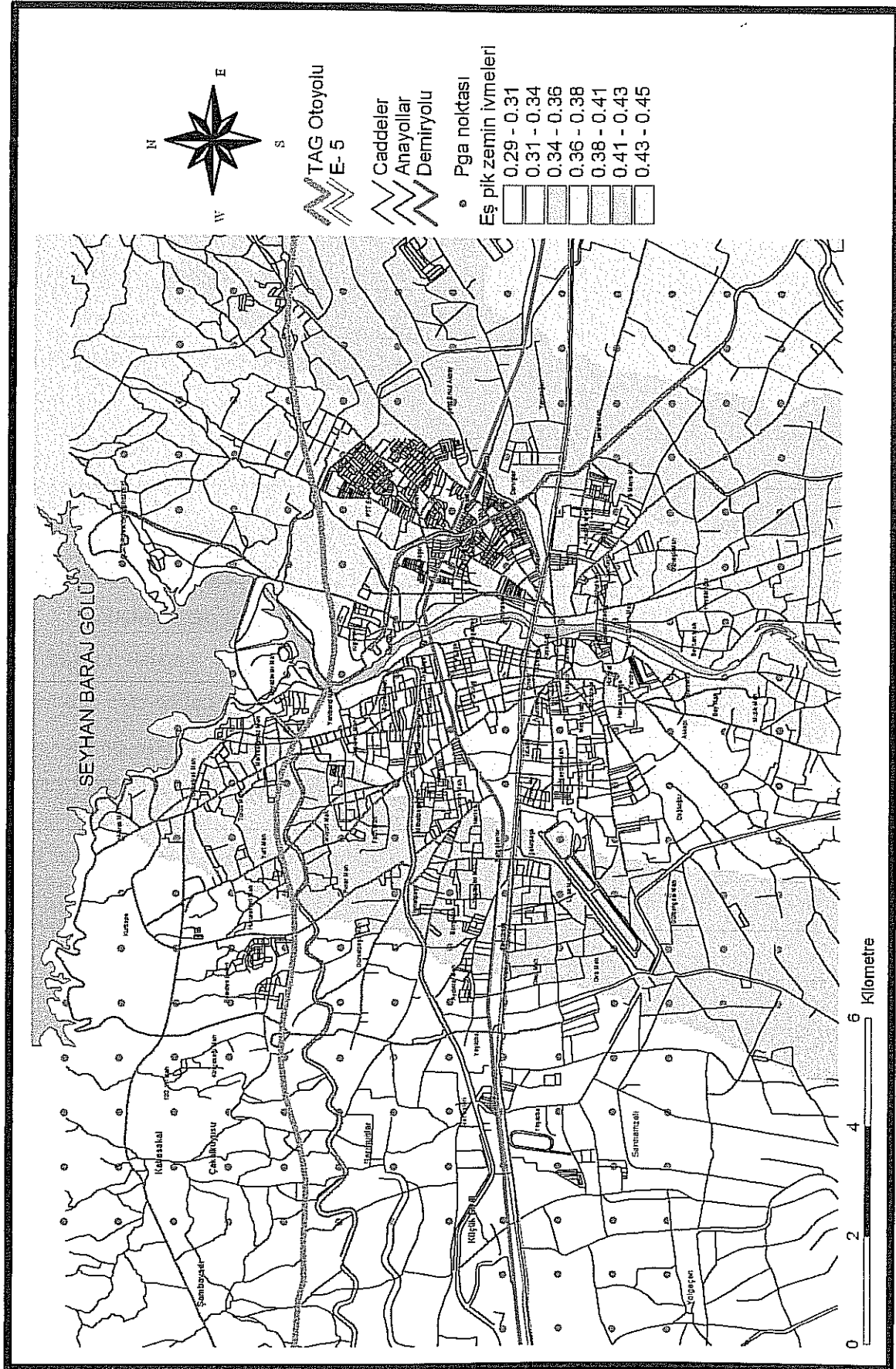
Aydan ve diğ, (1996) bağıntısı kullanılarak inceleme alanı için oluşturulmuş pik zemin ivmesi (mG) bölgelendirme haritası Şekil 4.206'da sunulmuştur. Çalışmada ele alınan her iki bağıntı da yerel jeolojik koşullardan yani litoloji farklılıklarından etkilenmemektedir. Ancak Adana ili yerleşim alanı içerisinde kısmen geniş bir yayılım sunan ve özellikle derinlere doğru kaya özelliği gösteren taraça çökellesinin zemin gibi değerlendirilmesinin hatalı olacağı açıktır. Bu amaçla Aydan (2001) (Ulusay ve diğ, 2004'den) tarafından sonradan revize edilerek kaya ve sert zeminler için de kullanılabileceği bildirilen bağıntı kullanılmış ve katsayı 0.58 olarak alınmıştır. Taraça birimi içerisinde yer alan grid noktaları ayrı ayrı ele alındığında, pik zemin ivmelerinin Çizelge 4.149'da gösterilen sayısal değerleri aldığı görülmektedir. Dolayısı Adana ili yerleşim alanı için konuşulduğunda, taraça biriminin en düşük 0.069 ve en yüksek 0.079 mgal (mG) değerlerindeki zemin ivmelerine sahip olacakları görülmüştür.

Çizelge 4.149. Taraça birimi için Aydan (2001) (Ulusay ve diğ, 2004'den) bağıntısı kullanılarak elde edilmiş maksimum zemin ivmesi (PGA) değerlerinin değişimi.

<i>Episantr (km)</i>	<i>Hiposantr (km)</i>	<i>PGA (mgal)</i>	<i>Episantr (km)</i>	<i>Hiposantr (km)</i>	<i>PGA (mgal)</i>
35.88	41.08	0.069	29.76	35.86	0.079
35.00	40.31	0.071	30.67	36.62	0.078
34.11	39.54	0.072	31.58	37.38	0.076
32.06	37.79	0.075	32.52	38.18	0.075
31.15	37.02	0.077	33.42	38.95	0.073
30.24	36.25	0.078	34.46	39.84	0.072
29.74	35.84	0.079	34.77	40.11	0.071
30.62	36.58	0.078	33.87	39.33	0.073
31.41	37.24	0.076	32.90	38.50	0.074
31.05	36.93	0.077	32.41	38.08	0.075
30.10	36.14	0.079	33.42	38.95	0.073
29.64	35.76	0.079	34.18	39.60	0.072
30.51	36.48	0.078	35.04	40.35	0.071
31.47	37.29	0.075	34.47	39.85	0.072
31.99	37.28	0.075	34.56	39.93	0.071
31.08	36.96	0.077	33.70	39.19	0.073
30.09	36.13	0.079	32.83	38.44	0.074
31.81	37.57	0.076			



Şekil 4.205. Pik zemin ivmesi hesaplamalarında kullanılan Misis fayının çalışma alanı içindeki konumu.



Şekil 4.206. İnceleme alanına ait pik zemin ivmesi (pga, mG) değerlerinin değişimi gösteren bölgeleendirme haritası.

4.10.10. Eş Zemin Büyütmesi Haritası

Deprem kuvvetleri yerel zemin koşullarına bağlı olarak farklı büyüklükte dağılım gösterirler. Bazı zeminler depremin hasar etkisini artırırken, bazı zeminler tersine hasar etkisini diğer bölgelere göre azaltırlar. Bir bölgedeki yerel zemin koşullarının deprem kuvvetlerini büyütmesi olayı kısaca “zemin büyütmesi” olarak bilinir. Bir bölgenin deprem özelliklerine göre bölgeleme çalışmalarında zemin büyütmesine göre bölgeleme yapılması kent yerleşimi açısından da önemli olmaktadır.

Zemin büyütmesinin belirlenmesinde zemine ait özelliklerle birlikte katman kalınlığının rol oynadığı da bilinmektedir. Zeminin, özellikle de yumuşak bir zeminin kalınlığının fazlalığı oranında zemin büyütmesi de fazla olmaktadır.

Zemin büyütme analizlerinde doğrudan elde edilecek sismik parametreler kullanılabilceği gibi dolaylı olarak elde edilebilecek büyütme analiz bağıntıları da kullanılabilir. Sismik ölçümlerden elde edilen verilere benzer olarak Mikrotremor ölçümleri ile de zemin büyütme analizleri yapılabilmektedir.

Çalışma alanı içerisinde incelenen zemin kesitlerinde yer alan tabaka ya da seviyelere ait kayma dalgası hızlarının belirlenmesinde, yerinde yapılan jeofizik sismik etütlerden doğrudan elde edilen veriler yanında literatürde verilen değişik bağıntıların kullanılması ile de elde edilmiş veriler bir arada kullanılmışlardır. Çizelge 4.150, farklı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuş zemin büyütmesi (A_k) bağıntılarını göstermektedir.

Çizelge 4.150. Zemin büyütmesini veren çeşitli ampirik bağıntılar.

No	Araştırmacı	Bağıntı, A	Açıklama
1	Midorikawa (1987)	$A = 68 * V_s^{-0.6}$	$V_s = \text{kayma dalgası hızı (m/sn)}$
2	İyisan ve Ansal (1998)	$A_k = 9.3 N^{-0.87} * H^{0.968}$	H : tabaka kalınlığı (m), N arazi deneylerinden elde edilen ortalama SPT değeri
3	İyisan ve diğ. (2000)	$A_k = 1.16 I_c^{-0.40}$	I_c 0.16-0.86 aralığında değişen kıvam indisi değeridir.
4	Borcherdt ve diğ., (1991)	$A_k = 701 / V_s$	$V_s = \text{kayma dalgası hızı (m/sn)}$

Finn (1991) depremler etkisiyle oluşan yüzey hareketinin öncelikle zeminin üstteki 20 – 30 m’lik kısmından etkilendiğini belirtmiştir. Bu bakımdan bu derinliklerdeki ortalama kayma dalgası hızı, zemin büyütmesinin belirlenmesinde bilinmesi gereken bir parametre olmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde, zemin büyütmesi değerlerinin belirlenmesi amacıyla 1999 depreminden sonra Adapazarı bölgesinin mikro-bölgelendirmesi çalışmasında da kullanılan ve Midorikawa (1987) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır;

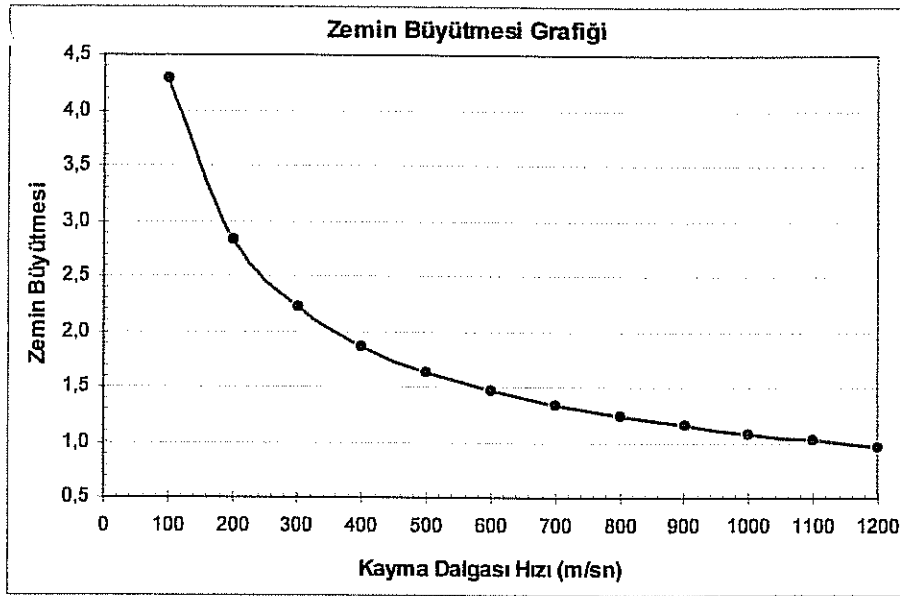
$$A_k = 68 * V_s^{-0.6} \quad (4.81)$$

Bu bağıntıda,

A_k : zemin büyütmesi değeri,

V_s : eş değer kayma dalgası hızı (m/sn)'dir.

Midorikawa (1987) bağıntısı kullanılarak oluşturulmuş zemin büyütmesi değerleri, bu konuda çalışan farklı araştırmacılar için de kolay kullanılabilir olması amacıyla abak haline getirilerek Şekil 4.207'de sunulmuştur. Şekilde, kayma dalgası hızının ≥ 1100 m/sn değerleri için zemin büyütmesinin oldukça küçüldüğünü, buna karşılık düşük kayma dalgası hızlarında 4.3 kata varan zemin büyütmesinin olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.207. Midorikawa (1987) bağıntısı kullanılarak üretilmiş zemin büyütmesi grafiği.

Kullanılan bağıntı ile bulunan zemin büyütmesi değerlerinin oldukça büyük çıkmış olması bölgelendirme haritası yapımında kısıtlı sayıda veri olmasına karşın doğrudan jeofizik sismik ölçümlerle elde edilmiş zemin büyütmesi değerlerinin kullanılmasını gerektirmiştir. Sonuçta Şekil 4.208'de görülen ve yerin 20 m altı için geçerli olacak zemin büyütme haritası ortaya konulmuştur. Haritadan da görüldüğü gibi zemin büyütmesi değerleri 0.22 ile 1.80 arasında değişmektedir. Seyhan nehri doğusunda yer alan taraça çökelleri en düşük zemin büyütmesi değerini vermektedir. Onur, Ova, Uçak, Şakırpaşa, Aydınlar ve Yeşiloba mahalleleri ise zemin büyütmesinin en yüksek olduğu alanlar olarak ortaya çıkmaktadır.

4.10.11. Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T) Haritası

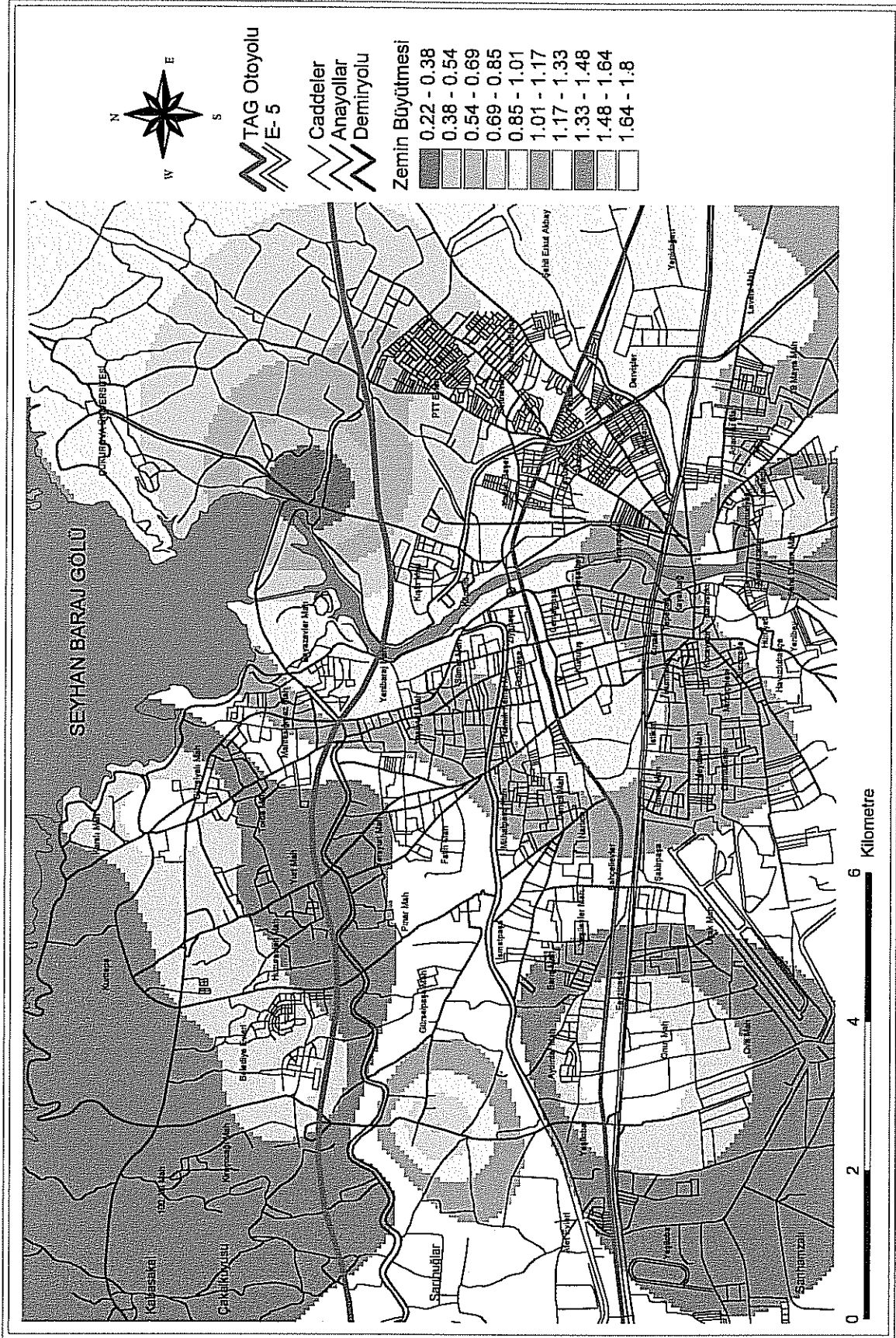
Kuvvetli yer hareketi şiddetinin, deprem magnitüdü, deprem odak noktasına uzaklık, yerel jeolojik ve topoğrafik koşullardan etkilendiği bilinmektedir. Aynı şekilde zemin büyütmesi de zemin tipi ve tabaka kalınlığı ile ilişkili olmaktadır. Zemin türü, sıklığı, yeraltı suyu varlığı, bozuşma ve alterasyonun varlığı ve derecesi gibi faktörler de zemin büyütmesinde etkili olmaktadır. Alüvyon türü gevşek zemin çökellerinde zemin büyütmesi dolayısıyla daha fazla hasarların olduğu ülkemizde yaşanan depremlerde de görülmüştür. Mexico City ve Loma Prieta depremlerinden elde edilmiş tecrübeler bu bölgelerde yer alan yumuşak – orta katı killerde zemin büyütmesinin fazla olduğunu ortaya koymuştur. Idriss (1990), bu depremlerden elde ettiği verilerle yumuşak killerde pik zemin ivmesinin 0.4 g. ve daha fazla büyütüldüğünü ortaya koymuştur. Araştırmacı bu tür zemin büyütmeleri için “*de-amplifikasyon*” terimini kullanmıştır.

Zemin hakim titreşim periyotları, bu çalışma kapsamında yapılmış olan jeofizik sismik ölçümlerle elde edilmiştir. Bu çalışmalarla ilgili tüm parametreler daha önceki bölümlerde ayrıntılı olarak verildiği için ayrıca sunulmamıştır. Zemin hakim titreşim periyotlarının bulunmasında tabaka kalınlıklarının da rol oynadığı bilinmektedir. Bu değerlerin bulunmasında *Kanai bağıntısı* adıyla da bilinen aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır (Yalçınkaya, 2004'den);

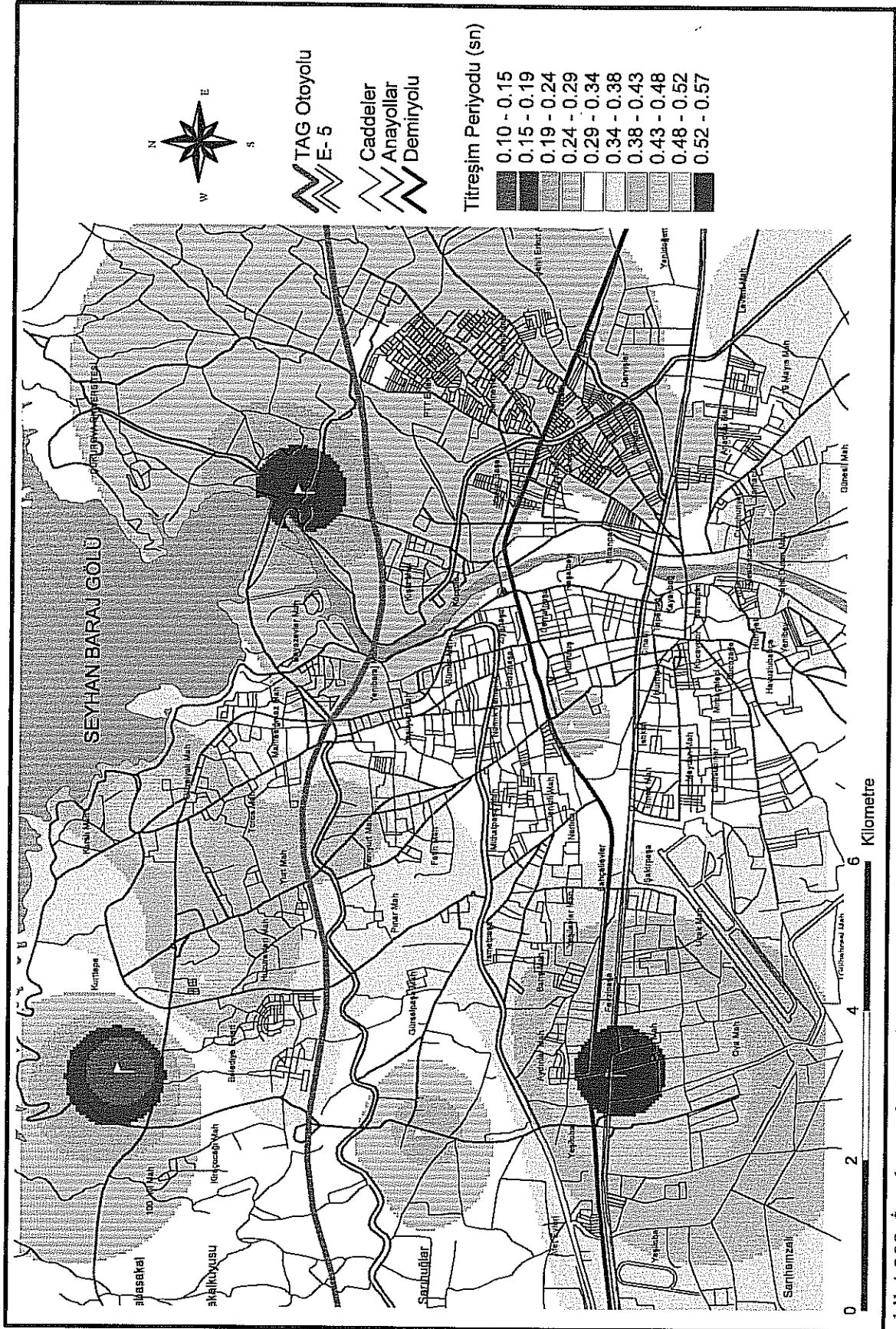
$$T = \sum \frac{4 * H}{V_s} \quad (4.82)$$

Bu bağıntıda, H : tabaka kalınlığı (m) ve V_s : kayma dalgası hızı (m/sn) değerleridir.

Bu bölümde oluşturulan zemin hakim titreşim periyodu haritası maksimum inceleme derinliği olan 30 m için geçerli olmaktadır. Titreşim periyotlarının kaya türü zeminlerde düşük, zeminlerde ise yüksek olması beklenir. Şekil 4.209, jeofizik ölçüm verileri kullanılarak elde edilmiş titreşim periyodu değerlerine göre oluşturulmuş bölgelendirme haritasını göstermektedir. Özellikle Seyhan nehri doğusunun düşük titreşim periyodu değerlerine sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum taraça biriminin bu bölgede yüzeye daha yakın olduğunu düşündürmektedir. Seyhan ırmağından batıya doğru gidildikçe alüvyon çökellerindeki kalınlaşmaya bağlı titreşim periyodu değerlerinin de büyüdüğü görülmektedir. Şekil 4.209'daki bölgelendirme haritasına bakıldığında, özellikle Ova, Fevzipaşa, Aydınlar, Yeşiloba mahallelerinin en yüksek titreşim periyodu değerlerine sahip alanlar olarak ortaya çıktıkları görülmektedir.



Şekil 4.208. İnceleme alanına ait zemin büyüme haritası.



Şekil 4.209. İnceleme alanına ait zemin hakim titreşim periyodu haritası.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Adana ili yerleşim alanı, Handere Formasyonu'na ait ince taneli birimler, taraça ve kalış çökelleri ile alüvyon birimleri üzerine kurulu bulunmaktadır. Handere Formasyonu inceleme alanı içerisinde esas olarak CH, MH, CL ve ML zemin gruplarında yayılım göstermektedir. Taraça çökelleri zemin özelliği gösteren ayrılmış kısımlar ile zayıf kaya özelliği gösteren sert kısımlardan oluşmaktadır. Karbonat kapak olarak adlandırılan masif kalış birimi kalış çökelleri içerisindeki sert seviyeyi oluşturmaktadır. Bununla birlikte bu birim de zayıf kaya özelliğindedir. Zemin özelliği gösteren yumuşak kalış birimi genel olarak kil ve silt boyutu ince taneli malzemelerden oluşmuştur. Birime çakıl boyutu malzemeler de eşlik edebilmektedir. Yayılımı en fazla olan alüvyon çökellerinin büyük çoğunluğu Seyhan ovası taşkın çökellerine ait CH ve CL grubu killerdir. Bununla birlikte alüvyon içerisinde MH, SW, GW türü zemin gruplarından birimlerle de karşılaşmaktadır. İnceleme alanında yayılım sunan birimlerin tamamında kalışlaşmaya bağlı karbonatlı seviyeler ve karbonat yumruları görülebilmektedir. Handere Formasyonu'na ait ince taneli birimler ile taraça çökellerinin kalış ile olan yakın dokanaklarında kalışlaşma oldukça yaygın olarak göze çarpmaktadır. Alüvyon killерinin genelinde karbonatlaşma yaygındır ve bu durum kilin homojen yapısının bozulmasına neden olmaktadır.

Handere Formasyonu'na ait ince taneli birimlerin doğal birim hacim ağırlıkları 1.58 – 2.01 gr/cm³ değerleri arasında değişmektedir. İncelenen birimlere ait porozite değerleri % 33.47 ile % 51.08 ve boşluk oranları 0.50 ile 1.04 arasında yer almaktadır. Killi birimlerin kıvam limiti deneyleri, plastisite indisi ile likit limit değerleri arasında $PI = 1.075 LL - 31.97$ bağıntısı ile ifade edilebilen bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur. Drenajsız kayma dayanımları killerin sert (0.75-1.5 kg/cm²) ile çok sert (> 1.5 kg/cm²) zemin sınıfında yer aldıklarını ortaya koymaktadır.

Handere Killeri üzerinde yapılan konsolidasyon deneyleri ile bazı konsolidasyon parametreleri (m_v , hacimsel sıkışma katsayısı, a_v , sıkışma katsayısı ve gerilme kademesi, P) arasında aşağıdaki ilişkiler ortaya konulmuştur;

$$m_v = 0.6194 a_v - 0.0006$$

$$m_v = -0.0068 \ln(P) + 0.0495$$

$$a_v = -0.0108 \ln(P) + 0.0495$$

Yapılaşma açısından genel olarak uygun bir litolojiye sahip olan Handere Formasyonu'na ait ince taneli birimlerin diğer jeolojik birimlerle olan dokanaklarında kalınlıkları oldukça değişkenlik sergilemektedir.

Zemin özelliği gösteren taraça ökelleri, GW, GP, GC, GM zemin sınıflarında yayılım sunarlar, kaya özelliği gösteren taraça çökelleri *ok zayıf – Zayıf* kaya sınıfında yer almaktadırlar. Karot numuneleri üzerinde yapılan basma dayanımı deneyleri 1.77 MPa ile 10.30 MPa arasında değişen değerler vermiştir. Birimin doğal birim hacim ağırlıkları 1.90 – 2.67 gr/cm³ değerleri arasında değişim göstermektedir.

Taraça ökelleri taşıma gücü anlamında yüksek sayısal değerlere sahip bir birimdir. Tasarımlarda emniyetli tarafta kalınmak istenmesi nedeniyle düşük taşıma gücü değerlerinin alınması aşırı tasarımların ortaya çıkmasına neden olabilecektir. Birime ait kayma dalgası hızları birimin tutturulmuşluk derecesine bağlı olarak 534 – 2139 m/sn değerleri arasında değişmektedir. Yapılaşmaya en uygun litolojiye sahip taraça çökellerinde yapılan klasik sondajlı zemin incelemeleri hem zaman hem de para kaybına neden olmaktadır.

Kaliş ökelleri, taraça çökelleri gibi hem zemin ve hem de kaya özelliği gösteren bir başka litolojik ünedir. Zemin özelliği gösteren kaliş esas olarak CH, CL ve MH zemin grubunda yer almaktadır. Zeminin doğal birim hacim ağırlıkları 1.70 – 2.10 gr/cm³ değerleri arasında değişirken kaya özelliği gösteren kaliş biriminde kuru birim hacim ağırlık değerleri 1.90 – 2.40 gr/cm³ arasında değişim göstermektedir. Farklı kaya dayanım sınıflamaları masif kalişin *“ok zayıf dayanımlı”* kaya grubunda olduğunu ortaya koymaktadır.

Kalişin zemin ve kaya olmak üzere farklı özellik göstermesi, mekanik açıdan değerlendirmelerinde de farklılıklara neden olmaktadır. Zemin özelliği gösteren yumuşak kaliş birimleri konsolidasyon anlamında da değerlendirilmesi gereken bir birimdir. Masif kabuğun kalınlığının inceleme alanı içerisinde çok fazla olmaması, yüzey kazılarında temellerin bu birimden ziyade daha altta yer alan daha düşük dayanımlı ve zemin özelliği gösteren yumuşak kaliş birimine oturmasına neden olmaktadır. Yüzey kazılarının sığ olduğu durumlarda ise tasarımların bu birime göre yapılması hemen altta yer alan yumuşak kaliş biriminin yok sayılmasına neden olmaktadır.

Alüvyon ökelleri yaygın olarak CH ve CL grubu killerden oluşmakla birlikte bu birimlere SW, SP, GW, MH türü zeminlerde eşlik edebilmektedir. Doğal birim hacim ağırlıkları 1.60 – 2.20 gr/cm³ değerleri arasında değişmektedir. CH ve CL türü killerde yapılan kıvam limiti deneyleri plastisite indisi (*PI*) ile likit limit (*LL*) değerleri arasında anlamlı aşağıdaki eşitliklerin ortaya konulmasını sağlamıştır;

$$PI = 0.8835LL - 15.453 \text{ (CH grubu killer için)}$$

$$PI = 0.8604LL - 12.169 \text{ (CL grubu killer için)}$$

Yapılan konsolidasyon deneyleri alüvyon killerinin ön konsolidasyon basınçlarının $1.30 - 1.64 \text{ kg/cm}^2$, sıkışma indisi değerlerinin $0.048 - 0.085$ ve şişme indisi değerlerinin $0.0025 - 0.0083$ arasında değişmekte olduğunu ortaya koymuştur.

1998 Ceyhan depremine sebep olan Misis fayı için analiz yapıldığında alüvyon çökelleri içerisinde sıvılaşmanın olabilmesi 6.5 büyüklüğündeki bir deprem ile mümkün olabilmektedir. Sıvılaşmanın olmasını engelleyecek bir diğer özellik kapak görevi yapan alüvyon kilinin kalınlığının oldukça fazla olmasıdır.

Alüvyonda yapılan sondaj çalışmaları SPT-N darbe sayılarına alüvyon killerin "Çok katı-Sert" kil grubunda olduklarını ortaya koymuştur. Kil içerisinde yer alan karbonatlı seviyelerin de SPT darbe sayılarında ani artışlara neden olmaktadır. Bu durumda gerçekten daha yüksek SPT darbe sayıları elde edilebilmektedir.

Aletsel dönem deprem kayıtları ve üstel dağılım fonksiyonu modeli kullanılarak yapılan sismik risk analizleri bölgede 6.2 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlanma periyodunu 63 yıl olarak vermektedir. Aynı model her 1.5 yılda büyüklüğü 4.2 olan bir depremin olabileceğini ortaya koymaktadır.

İnceleme alanında yeraltı su seviyeleri mevsimsel değişimlere de bağlı olarak 2 ile 30 m arasında değişmektedir. Yeraltı su seviyeleri hem kuzeyden güneye ve hem de doğudan batıya doğru yüzeye yaklaşmaktadır. Yeraltı sularının pH değerleri 6.8 ile 8.1 , EC değerleri 370 ile $1773 \mu\text{mho/cm}$, FS cinsinden sertlik değerleri 17.0 ile 67.2 arasında değişmektedir. Suların büyük çoğunluğunda SO_4 değerleri $0.38 - 0.76 \text{ mek/l}$ arasında yer almaktadır.

Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi çalışmaları ışığında elde edilmiş sonuçlar inceleme alanında topoğrafik yükseklik değerlerinin $5 - 270$ m arasında yer aldığını göstermektedir. İnceleme alanında yer alan birimlerin elektriksel özdirenç değerleri taraça üzerinde yer alan Beyazevler, Güzelyalı, Mahfesiğmaz mahallerinde en yüksek değerleri vermiştir. Levent, Dervişler, Yenidoğan, 19 Mayıs, Kireçocağı mahallelerinde ise 30 m derinlik için düşük rezistivite değerleri elde edilmiştir.

Pik zemin ivmesi (pga) taraça çökellerinde $0.069 - 0.079 \text{ mgal}$ değerleri ile en düşük değerleri almaktadır. Diğer birimler için bu değerler 0.292 ile 0.433 mgal değerleri arasında değişim sunmaktadır.

İnceleme alanı için zemin hakim titreşim periyodu değerlerinin 0.10 ile 0.57 sn arasında değiştiği belirlenmiştir. Özellikle Seyhan ırmağının doğusu düşük titreşim periyodu değerlerine sahip alanları oluşturmaktadır. Ova, Fevzipaşa, Aydınlar, Yeşiloba mahalleleri ise özellikle yüksek titreşim periyodu değerlerine sahip alanları oluşturmaktadır.

Handere Formasyonu'na ait killi birimler ile taraça çökelleri yerleşime uygunluk açısından problemsiz birimler olarak düşünülebilir. Kaliş ve alüvyon çökelleri ise bu anlamda tedbirli davranılması gereken birimlerdir. Taraça ve kaliş birimleri klasik sondaj yöntemleri (UD ve SPT) ile araştırılmaya uygun olmayan litolojilerdir. Bu birimlerde yapılacak sondajlı araştırmalarda kuyu içinden ölçüm alabilecek donanımlara gereksinim vardır. İmkanların olmaması durumunda bu birimlerde sondajlı zemin araştırmaları yerine derin araştırma çukurlu araştırmaların yapılması daha uygun olur. Handere Formasyonu içerisinde yapılan sondajlarda da kilin sert olmasından dolayı yüksek SPT darbe sayıları ile karşılaşılmasıdır. Bu birimlerde örselenmemiş örnek alımı mümkün olabilmektedir. Bu örnekler üzerinde yapılan uygun laboratuvar deney sonuçları zemin hakkında daha doğru bilgiler elde edilmesini sağlayacaktır. Alüvyon ökellerinin kalınlığa bağlı olarak kuvvetli yer hareketine tepkileri farklı olacaktır. Bu bakımdan özellikle bu birimler için derin jeofizik sismik çalışmaların yapılması önem kazanmaktadır.

KAYNAKLAR

- ABACI, Ş., Aquifer Vulnerability And Ground Water Quality İn Adana Plain. GEOENV'97 Int Symp. On Geo. And Env. Bildiriler Kitabı, İstanbul, (1997) s. 381-384.
- ABACI, Ş., Groundwater Quality Problems For Domestic Use, Int. Conf. On Water Problems in The Mediterranean Countries, Bildiriler Kitabı, K.K.T.C, (1997) s. 799-805.
- AKROYD, T.N.W., Laboratory Testing in Soil Engineering, Soil Mechanics Limited, London, (1969).
- AL-HOMOUD, A.S., KHOURY, H., AL-OMARI, Y.A., Mineralogical and Engineering Properties of Problematic Expansive Clayey Beds Causing Landslides, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 54, 13-31. (1996).
- ALTMAYER W.T., Disc. On rep. 516 Proc. ASCE, 85. (1955).
- ANDRUS, R.D., STOKOE, KH., Liquefaction Resistance of Soils from Shear- Wave Velocity, J. Geotech. Geoenv. Engng., ASCE, Vol.126 ,No: 11, pp. 285-308., (2000)
- ANSAL, A., İstanbul İçin Tasarım Deprem Özelliklerinin Belirlenmesi, Prof. Dr. Rıfat Yazar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, (1997) s. 233-244.
- ARIOĞLU, E., ARIOĞLU, N., GİRĞİN, C., Aktif Fayların Depremsellik Parametrelerinin Kestirilmesi, Hazır Beton Dergisi, Kasım-Aralık, 69-81, (1999).
- ASKİ, Adana Su Temin Projesi, Arıtma Tesisi, Depo Yerleri ve İsale Hattı Temel Sondaj Çalışmaları Jeoteknik Raporu, Adana, (1999), 94 s.
- AYDAN, Ö., SEZAKI, M., YARAR, R., The Seismic Characteristics of Turkish Earthquake. 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, CD Paper No. 1025. (1996).
- AYDAY, C., ULUSAY, R., Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) İle Mühendislik Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 8, 148-154, (1993).
- ATTOM, M.F., ABU-ZREIG, M.M., OBAIDAR, M.T., Changes in Clay Swelling and Shear Strength Properties With Different Sample Preparation Techniques, Geotechnical Testing Journal, Vol. 24 (2), 157-163, (2001).
- BAĞCI, G., İzmir ve Çevresinin Deprem Riski, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İzmir, (2000), 239-248.
- BAUER, R.A., KIEFER, J., HESTER, N., Soil Amplification Maps for Estimating Earthquake Ground Motions in the Central US, Engineering Geology, 62, 7-17, (2001).

- BAYRAK, Y., YILMAZTÜRK, A., Türkiye ve Civarında Sismik Moment ve Gerilim Dağılımı, H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, No. 21, s. 1-15, (1999).
- BISHOP, A. W., The Use of Slip Circle in The Stability Analysis of Earth Slopes, Geotechnique, Vol. 5, No. 1, s. 125-131, (1955).
- BONILLA, M.G., MARK, R.K., LIENKAEMPER, J.J., Statistical Relations Among Earthquake Magnitude, Surface Rupture Length and Surface Fault Displacement. Bull. Seis. Soc. Am., 74, 2379 – 2411, (1984).
- BORCHERDT, R.D., WENTWORTH, C.M., JANSSEN, A., FUMAL, T., GIBBS, J., Methodology for Predictive GIS Mapping of Special Study Zones for Strong Ground Shaking in the San Francisco Bay Region, Proc. 4th Int. Conf. On. Seismic Zonation, (3), (1991), 245-552.
- BORCHERDT, R.D., LAWSON, S., PESSINA, V., BOUABID, J., SHAH, H.C., Applications of Geographic Information System Technology (GIS) to Seismic Zonation and Earthquake Loss Estimation, State-of-the-art Lecture, 5. Int. Conf. On Seismic Zonation, Procs, Nice, France, p.1933-1973, (1995).
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI), Methods of Test For Soils, Charles E. Merrill, Columbus, Ohio, (1975), 476 s.
- CAMPBELL, K.W., Near Source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration, Bull. of the Seis. Society of America, 71, 2039-2070, (1981).
- CAMPBELL, W.K., Prediction strong ground motion in Utah. Evaluation of Regional and Urban Earthquake Hazard Risks in Utah. USGS Paper, pp. L1-L31. (1988).
- CAMPBELL, K. W., THENHAUS, P.C., BARNHARD, T.P., HAMPSON, D.B., Seismic Hazard Model for Loss Estimation and Risk Management in Taiwan, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 22, 743-754, (2002).
- CANIGÜR, A., YEREL, S., Hava Fotoğrafları, Uzaktan Algılama Yöntemleri ve Drenaj Analizi İle Eskişehir ve Civarının Faylarının Saptanabilirliği, 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler CD'si, Ankara, (2001), 54-14.
- CANİK, B., Hidrojeoloji, Ankara, (1998), 286 s.
- CARTER, M., BENTLEY, S.P., Correlations of Soil Properties, Pentech Press, LONDON, (1991), 128 s.
- CHEN, F.H., Foundations on Expansive Soils, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, (1998), 142 s.

- CHU, B., HSU, S., CHANG, Y., Ground Behaviour and Liquefaction Analyses in Central Taiwan-Wufeng, *Engineering Geology*, 71, 119-139, (2003).
- CORNELL, C.A., Engineering Seismic Risk Analysis, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58, 1583-1606, (1968).
- ÇETİN, K.Ö., YOUND, T.L., SEED, R.B., BRAY, J.D., SANCIO, R., LETTIS, W., YILMAZ, M.T., DURGUNOĞLU, T., Liquefaction-induced Ground Deformations at Hotel Sapanca During Kocaeli (İzmit), Turkey Earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22, p. 1083-1092, (2002).
- ÇOBANOĞLU, D., Yüreğir İlçesi (Adana-Merkez) Ve İncirlik Batısı Arasındaki Alanın Hidrojeoloji İncelemesi, Bitirme Tezi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, (2001).
- DAS, B.M., Principle of Geotechnical Engineering, PWS-Kent Publishing, Boston, (1988), 665 p.
- DAD (Deprem Araştırma Dairesi), 2004. www.deprem.gov.tr.
- DEERE, D.U., MILLER, R.P., Engineering Classification and Index Properties of Rock. Technical Report No. AFNL-TR-TR-65-116. Air Force Weapon Laboratory, (1966).
- DEMİRKOL, C., YETİŞ, C., LAGAP, H., ÜNLÜGENÇ, U.C., Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Kozan K-20 Paftası, 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Yayını, ANKARA, (1991), 19 s.
- DEPOLO, C.M., SLEMMONS, D.B., Estimation of Earthquake Size For Seismic Hazards. *Netotectonics in Earthquake Evaluation: Review in Engineering Geology*, III. The Geol. Soc. Amer., Boulder, Colorado, (1990).
- DJEDID, A., BEKKOUCHE, A., MAMOUNE, A.S.M, Identification and Prediction of The Swelling Behaviour of Some Soils From the Tlemcen Region of Algeria, *Bulletin Des Laboratoires des Ponts Et Chaussees*, 233, 69-77, (2001).
- DOROUDAN, M., VUCETIC, M., MARTIN, G.R., Development of 3- Dimensional Geotechnical Data Base for Los Angeles Seismic Microzonation, *Proc. of the 11th World Conf. on Earthquake Engineering Acapulco, Mexico*, Elsevier Science Inc., New York, (1996), pp. 1454-1461.
- EL-NAGA, A., A Comparative Review in Regards to Estimating Bearing Capacity in Jointed Rock Masses in Northeast Jordan, *Bull.Eng.Geol.Env.*, No. 63, s. 233-245, (2004).
- ERCAN, A., Yer Araştırma Yöntemleri, Kardeşler Matbaacılık Yayını, İstanbul, (2001), 339 s.

- ERDİK, M., EREN, K., Attenuation of Intensities for Earthquake Associated with the North Anatolian Fault, METU Earthquake Engineering Research Center, Ankara, (1983)
- ERDİK, M., DOYURAN, V., AKKAŞ, N., GÜLKAN, P., A Probabilistic Assessment of The Seismic Hazard in Turkey, Tectonophysics, 117, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, s. 295-344, (1985).
- ERGÜLER, Z.A., ULUSAY, R., A Simple Test and Predictive Models for Assessing Swell Potential of Ankara (Turkey) Clay, Engineering Geology, 67, 331-352, (2002).
- ERKEN, A., OKAN, R., ERDEM, A., 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminde Adapazarı'nda Yeralan Zeminlerin Davranışı, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiriler CD'si, İstanbul, Bildiri No: AT-112, (2003).
- EZEN, Ü., Earthquake Source Parameters Related to Magnitude Along the North Anatolian Fault Zone, Bull. of the Inst. of Seismology and Earthquake Engineering, Vol. 19, s. 33-35, (1981).
- FINN, W.D.L., Geotechnical Engineering Aspects of Microzonation, 4 th Int. Conf. on Microzonation, Earthquake Engineering Research Institute, California, Vol 1, 201-206, (1991).
- FUKUSHIMA, Y., TANAKA, T., A New Attenuation Relation for Peak Horizontal Ground Acceleration of Strong Ground Motion in Japan. Bull. Seismol. Soc. Am. 80, 757-783, (1990).
- FUMAL, T., Seismic Wave Velocities and Physical Properties of Geological Materials in the Southern San Francisco Bay Region, California, USGS, Open File Report, (1985).
- GANEV, T., YAMAZAKI, F., ISHIZAKI, H., KITAZAWA, M., Earthquake Response of the Higashi-Kobe Bridge, Incede Report, 15, (2000).
- GILL, W.R., REAVES, C.A., Relationships of Atterberg Limits And Cation-Exchange Capacity to Some Physical Properties of Soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21, 491-494, (1957).
- GORI, U., The pH Influence On The Index Properties Of Clays, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 50, 37-42, (1994).
- GRAY, C.W., ALLBROOK, R., Relationships Between Shrinkage Indices and Soil Properties in Some New Zealand Soils. Geo-derma 108 (3-4), 287-299, (2002).
- GUMBEL, E. J., Static of Extremes, Columbia University Press, New York, (1958).
- GUTENBERG, B., RICHTER, C.F., Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration, Bull. Seism.Soc. Am., 32 (3), 162-191, (1954).

- GÜLKAN, P., YÜCEMEN, M.S., BAŞÖZ, N., Türkiye Deprem Bölgeleri haritası Değişmeli midir?, Türkiye Mühendislik Haberleri, Yıl:44, Sayı 402, 13-33, (1999).
- GÜNDOĞDU, O., SAYIN, N., ÖZÇEP, F., HİSARLI, M., Marmara ve İstanbul'da Deprem Tehlikesi, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiriler CD'si, İstanbul, Bildiri No: AT-060, (2003).
- GÜLLÜ H., İYİSAN, R., AVCI, J., ANSAL, A., Geoteknik Mühendisliğinde Bir Coğrafik Bilgi Sistemi Uygulaması, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 7. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul, (1998), s. 636-641.
- HAHN GERALD J. AND SHAPIRO SAMUEL S., Statistical Models in Engineering, Third Edition, John Wiley & Sons, New York, (1994).
- HATİPOĞLU, Z., Çiftlikköy (Mersin) ve Çevresindeki Kalışın Oluşumu ve Özellikleri, (Yüksek Lisans Tezi), ME.Ü. Fen Bil. Ens., (1998).
- HENNESSY, J.T., GIBBENS, R.P., TROMBLE, J.M., CARDENAS, M., Water Properties of Caliche, Journal of Range Management, 36 (6), 723-726, (1983).
- HOEK, E., MORINOS, P., BENISSI, M., Applicability of the Geological Strength Index (GSI) Classification for Very Weak and Sheared Rock Masses: The Case of the Athens Schist Formation, Bull. Eng. Geol. Env., 57, 151-160, (1998).
- HOLTZ, W.G., GIBBS, H. J., Engineering Properties of Expansive Clays, ASCE Transaction, 121, s. 641-663, (1956).
- HOLTZ, W.G., Expansive Clays - Properties and Problems. Q. Colo. Sch. Mines 54 (4), 89-117, (1959).
- [HTTP://WWW.AN.PSU.EDU/JXM57/IRP/CHISQUAR.HTML](http://www.an.psu.edu/jxm57/irp/chisquar.html)
- IDRISS, I.M., Response of Soft Soil Sites During Earthquakes, Proceedings H Bolton Seed Memories Symposium, Bitech Publishers, Vancouver, Vol 2, 273-289, (1990).
- ISRM, Commission on Standardisation of Laboratory and Field Tests, Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sciences & Geomech. Abstr., 15, 319-368, (1978).
- ISRM, Rock Characterization, Testing And Monitoring – ISRM Suggested Methods, (1981), Oxford, Pergamon Press, 211 p.
- IMAI, T., TONOUCHE, R., Correction of N Values With S-wave Velocity. Proc. Second European Sym. On Penetration Test, (1982), Amsterdam, pp. 67-72.
- IMAI, T., YOSHIMURA, Y., Elastic Wave Velocity and Soil Properties in Soft Soil. Tsuchito-Kiso; 18(1), 17-22, (1970).

- IMAI, T., YOSHIMURA, Y., The Relation of Mechanical Properties of Soils to P And S Wave Velocities for Soil Ground in Japan. Urana Research Institute, OYO Corp. (1976).
- İNAN, E., ÇOLAKOĞLU, Z., KOÇ, N., BAYÜLKE, N., ÇORUH, E., 1979-1996 Yılları Arası İvme Kayıtları Deprem Kataloğu, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi yayını, ANKARA, (1996).
- İYİSAN, R., Zeminlerde Kayma Dalgası Hızı İle Penetrasyon Deney Sonuçları Arasındaki Bağlılıklar, İMO Teknik Dergi, 1187-1199, (1996).
- İYİSAN, R., ANSAL, A., Yerel Zemin Koşullarının Mikrotremor İle Belirlenmesi, 7. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Konferansı, ODTÜ, (1998), 96-103.
- İYİSAN, R., ÖZÇİMEN, N., ANSAL, A., ZM8, 8. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Konferansı, İTÜ, İstanbul, (2000), 409- 416.
- İYİSAN, R., GÜLERCE, Ü., YAMANAKA, H., ANSAL, A., Kayma Dalgası Hızının Mikrotremor Ölçümleriyle Belirlenmesi, ZM 9 Bildiriler Kitabı, İstanbul, (2002), s. 322-331.
- İZCANKURTARAN, Y., Adana ili Seyhan Nehri Sol Sahil (Yüreğir) Hidrojeolojik Etüdü, (Yüksek Lisans Tezi), Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (2003).
- JOYNER, W.B., BOORE, D.M., Measurement, Characterization and Prediction of Strong Ground Motion. Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 2. Recent Advances Ground Motion Evaluation, 43-102. (1988).
- KALAFAT, D., BAĞCI, G., Doğu Akdeniz Depremleri Jeofizik Toplantısı Bildiriler Kitabı, Adana, (2001), s. 36-43.
- KAPPULA, S.D., Discussion: Consolidation Parameters Derived From Index Tests Geotechnique, Vol 36, No. 2, pp. 291-292, (1986).
- KAPUR, S., SAYDAM, C., AKÇA, E., ÇAVUŞGİL, V.S., KARAMAN, C., ATALAY, İ., ÖZSOY, T., Carbonate Pools in Soils of The Mediterranean: A Case Study From Anatolia, In: R. Lal, J.M. Kimble, B.A. Stewart Global Climate Change and Pedogenic Carbonates Lewis Publishers, (1998), s. 187-212.
- KARATHANASIS, A.D., HAJEK, B.F., Shrink-Swell Potential of Montmorillonitic Soils in Udic Moisture Regimes. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, 159-166, (1985).
- KASAPOĞLU, E., Ankara Kenti Zeminlerinin Jeo-Mühendislik Özellikleri, Yerbilimleri, 9, 19-40. (1986).

- KAYABALI, K., Soil Liquefaction Evaluation Using Shear Wave Velocity, *Geosound Yerbilimleri Dergisi*, Sayı 27, 15-23, (1995).
- KAYABALI, K., Modelling of Seismic Hazard for Turkey Using the Recent Neotectonic Data, *Engineering Geology*, 63, 221-232, (2002).
- KAYABALI, K., *Geoteknik Deprem Mühendisliği (Çeviri)*, Gazi Yayınevi, ANKARA, (2003), 697 s.
- KIREMIDJIAN, A.S., C. MORTGAT & H. SHAH, Stanford Seismic Hazard Analysis-STASHA, The John Blume Earthq. Engrg. Ctr., Stanford Univ., Stanford, CA., (1992).
- KOIKIS, G., SABATAKAKIS, N., Engineering Geological Environment of Athens, Greece. *Bull. Eng. Geo and The Env. Vol. 59, Num. 2, s. 127-135, (2000).*
- KRAMER, S.L., *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice-Hall Publication, UK, (1996), 624 s.
- KUMSAR, H., ÇELİK, S.B., KAYA, M., Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak 20. Yıl Sempozyumu, Bildiri Özleri, ISPARTA, (2003), s. 269-270.
- LAMAN, M., YILDIZ, A. A., Çukurova Bölgesinde Yapılan Zemin ve Temel Etüdlerinden Bazı Uygulamalar, *Akdeniz Zemin'96 Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Sergi ve Seminerleri Bildiri Kitabı*, Antalya, (1996), s. 6-24.
- LAV, M.A., Eski İstanbul'da Zemin Büyütme Özellikleri, *İMO Teknik Dergi*, 2487-2504, Yazı 168, (2001).
- LEONARDS, G.A., *Foundation Engineering*, McGraw-Hill Book Company, New York, (1962), 1136 s.
- LOMNITZ, C., EPSTEIN, B., A Model for Occurrences of Large Earthquakes, *Nature*, 211 s. (1966).
- LUZI, L., PERGALANI, F., Applications of Statistical and GIS Techniques to Slope Instability Zonation, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 15, 2, pp. 83-94, (1996).
- MARINOS, P., BOUCKOVALAS, G., TSIAMBAOS, G., SABATAKAKIS, N., ANTONIOU, A., Ground Zoning Against Seismic Hazard in Athens, Greece, *Engineering Geology*, 62, 343-356, (2001).
- MCCORMACK, D.F, WILDING, L.P., Soil Properties Influencing Swelling in Canfield and Geeburg Soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39, 496-502, (1975).

- MIDORIKAWA, S., Prediction of Isoseismal Map in the Kanto Plain Due to Hypotetical Earthquake. *Journal of Structural Engineering*, 33B, 43-48, (1987).
- NAEIM, F., KELLY, J.M., Design of Seismic Isolated Structures, John Wiley & Sons Publication, (1999).
- NAGARAJ, F., MURTHY, B.R.S., Prediction of Preconsolidation Pressure and Recompression Index of Soils, *Geo. Tech. Journal, ASTM*, Vol 8, No. 4, pp. 199-202, (1985).
- NAS, B., BERKTAY, A., Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Konya Kenti Yeraltı Suyu Sertlik Haritasının Oluşturulması, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, www.cbs2004.fatih.edu.tr. (2001).
- NEFESLİOĞLU, A.,H., TÜN, M., AZDİKEN, S., Eskişehir Yerleşim Yeri Zemin Türlerinin ve Sıvılaşma Potansiyelinin Konik Penetrasyon Testi İle Belirlenmesi, 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler CD'si, ANKARA, (2001), 54-15.
- NEUMANN, F., Earthquake Intensity and Related Ground Motion, Univ. Pres, Seattle, Washington, (1954).
- OHBA, S., TRAUMA, I., Dynamic Response Characteristics of Osaka Plain, Proc. Annual Meeting A.I.J., (1970).
- OHTA, Y., GOTO, N., Empirical Shear Wave Velocity Equations in Terms of Characteristics Soil Indices, *Earthquake Eng. and Structural Dynamics*, (6), 167-187, (1978).
- OLIVEIRA, C.S., Seismic Risk Analysis, Univ. of California, Report No. EERC 74-1, Berkeley, (1975).
- ONDRASIK, R., MATYS, M., VISKUP, J., Engineering Geological Zoning and Seismic Microzoning, *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 46, 89-92, (1992).
- O'NEILL, M.W., POORMOAYED, A.M., Methodology for Foundations on Expansive Soils. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., *Journal Geotechnical Engineering Division*, 106, 1345-1467, (1980).
- ÖZAY, R., ERKEN, A., Tekrarlı Yük etkisinde Kalmış Düşük Plastisiteli Killi Zeminlerin Davranışı, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiriler CD'si, İstanbul, (2003).
- ÖZMEN, B., İstanbul ili İçin Deprem Senaryosu, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 417, 23-28, (2002).

- ÖZTEMİR, F., NECİOĞLU, A., BAĞCI, G., Antakya ve Çevresinin Depremselliği ve Odak Mekanizması Çözümleri, Jeofizik, Cilt 14 (1-2), 87-102. (2000).
- PARKER, J.C., AMOS, D.F., RASTER, D.L., An Evaluation of Several Methods of Estimating Soil Volume Change. Soil Soc. Am. J. 41, 1059-1064, (1977).
- PERİNÇEK, D., GÜNAY, Y., KOZLU, H., Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Yanal Atımlı Faylar İle İlgili Yeni Gözlemler, Türkiye 7. Petrol Kongresi, ANKARA, (1987).
- RAMACHANDRAN, G., Extreme values theory and earthquake insurance, Transactions of the 21st International Congress of Actuaries, Switzerland, (1980), Vol 1, pp 337-353.
- RENDON-HERRERO, O., Universal compression index equation, JGE Division, ASCE, Vol 106, No. GT 11, 1179-1200, (1980).
- ROMEO, R., PACIELLO, A., RINALDIS, D., Seismic Hazard Map of Italy Including Site Effects, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 20, 85-92, (2000).
- SABETTA, F., PUGLIESE, A., Attenuation of Peak Horizontal Acceleration and Velocity from Italian Strong Motion Records. Bull. Seismol. Soc. Am. 77, 1491-1513, (1987).
- SADIGH, K., CHANG, C.Y., EGAN, J.A., MAKDISI, F., YOUNGS, R.R., Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data. Seismol. Res. Lett. 1, (68), 180-189, (1997).
- SCHMIDT, G.C., Stratigraphic Nomenclature For The Adana Region Petroleum District, 7. Petroleum Administration Bull., 6, Ankara, (1961), s. 47-63.
- SCHMIDT, E., A Non-destructive Concrete Tester. Concrete 59 (8), 34-35, (1951).
- SCHROEDER, W.L., DICKENSON, S.E., Soils in Constructions, 4th Edition, Prentice-Hall Publishing, (1996), 317 p.
- SEED, H.B., IDRIS, I.M., Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol. 97, No. 9, pp. 1249-1273, (1971).
- SHI B., JIANG H., LIU Z., FANG H.Y., Engineering Geological Characteristics of Expansive Soils in China, Engineerin Geology, 67, 63-71, (2002).
- SOYSAL, H., SİPAHİOĞLU, S., KOLÇAK, D., ALTINOK, Y., Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, Tübitak Yayınları, ANKARA, (1981).
- SRIDHARAN, A., PRAKASH, K., Mechanism Controlling the Shrinkage Limit of Soils, Geotechnical Testing Journal 10 (2), 80-85, (1986).

- SKEMPTON, A.W., BJERRUM, L., A Contribution To The Settlement Analysis of Foundations On Clays. *Geotechnique*, 7, 168-178, (1957).
- SHI, B., JIANG, H., LIU, Z., FANG, H.Y., Engineering Geological Characteristics of Expansive Soils in China. *Engineering Geology*, 67, 63-71, (2002).
- SIVAPULLAIAH, P.V., SITHARAM, T.G., RAO, K.S., Modified Free Swell Index for Clay. *Geotechnical Testing Journal*, ASTM, Vol 11, No. 2, p 80-85, (1987).
- SOYDEMİR, Ç., ÖZKAN, M.Y., Gevşek Kumlu Zeminlerin Sıvılaşma Yönünden Değerlendirilmesi- Türkiye İçin Bir Taslak Şartname Önerisi, ZM 1 Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, ANKARA, (1981), s. 177-188.
- ŞAHİNCİ, A., Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, İZMİR, 1991, 548 s.
- ŞENER, E., ÖZÇELİK, M., Burdur Şehir Merkezinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Yerleşime Uygunluk Haritasının Hazırlanması, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Bildiriler Kitabı, İstanbul, (2001), 1-10.
- ŞİMŞEK, O., DALGIÇ, S., Düzce Ovası Killerinin Konsolidasyon Özellikleri ve Jeolojik Evrim İle İlişkisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 40 (2), 29-38. (1997).
- TEME, S.C., Liquefaction Potentials of a Sandy Substratum In The South- Eastern Lower Niger Delta of Nigeria, *Bull. of Int. Assoc. Eng. Geol*, 42, p. 85-94, (1990).
- TEPEUĞUR, E., KAPLAN, M., Hatay ve Çevresinin Depremselliği, *Jeofizik Bülteni*, 40, 20-24, (2002).
- TERİ, L., TEZCAN, S., Shear Propagation and Liquefaction in Layered Soils, *Türkiye Deprem Vakfı*, TDV/DR 96-005, (1996).150 s.
- TERZAGHI, K., PECK, R.B., *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Wiley, NEW YORK, (1967), 729 s.
- THOMAS, P.J., *Quantifying Properties and Variability of Expansive Soils in Selected Map Units*, (Ph.D. Thesis), Virginia, (1998).
- TOPAL, T., DOYURAN, V., KARAHANOĞLU, N., TOPRAK, V., SÜZEN, M.L., YEŞİLNACAR, E., Microzonation for Earthquake Hazards: Yenişehir Settlement, Bursa, Turkey, *Engineering Geology*, 70, 93-108, (2003).
- TRIFUNAC, M.D., Empirical Criteria For Liquefaction in Sands Via Standard Penetration Tests And Seismic Wave Energy, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 14, p. 419-426, (1995).
- TSE 266, İçme Suları, 1. Baskı, TSE yayını, ANKARA, (1966), 42 s.

- TS 1901, İnşaat Mühendisliğinde Sonda Yolları İle Örselenmiş ve Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri, TSE yayını, ANKARA, (1975), 74 s.
- TS 1900, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuar Deneyleri, TSE yayını, ANKARA, (1987), 153 s.
- TS 699, Tabii Yapıtaşları Muayene ve Deneysel Metotları, TSE yayını, ANKARA, (1987), 83 s.
- TS 5744, İnşaat Mühendisliğinde Temel Zemin Özelliklerinin Yerinde Ölçümü, TSE yayını, ANKARA., (1988), 33 s.
- TSE 1500, İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması, TSE Yayını, ANKARA, (2000).
- TSIAMBAOS G., TSALIGOPOULOS C.H., A Proposed Method of Estimating The Swelling Characteristics of Soils: Some Examples From Greece, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 52, 109-115, (1995).
- ULUSAY, R., AYDAN, Ö., KUMSAR, H., SÖNMEZ, H., Engineering Geological Characteristics of The 1998 Adana-Ceyhan Earthquake, With Particular Emphasis On Liquefaction Phenomena And The Role of Soil Behaviour, Bull. Eng. Geo and The Env. Vol. 59, Num. 2, s. 99-118, (2000a).
- ULUSAY, R., AYDAN, Ö., KUMSAR, H., SÖNMEZ, H., TUNCAY, E., Türkiye’de Son Depremlerde Gözlenen Sıvılaşma Olgusu ve Batı Anadolu’da Sıvılaşma Potansiyeline Genel Bir Bakış, Batı Anadolu’nun Depremselliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İZMİR. 2000b, s. 323-336
- ULUSAY, R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, JMO Yayın No: 38, ANKARA, 2001, 385 s.
- ULUSAY, R., AYDAN, Ö., ERKEN, A., KUMSAR, H., TUNCAY, E., KAYA, Z., Çay-Eber Depreminin Özellikleri ve Yerel Zemin Koşulları Açısından Değerlendirilmesi, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiriler CD’si, İstanbul, (2003), Bildiri No:AT-115.
- ULUSAY, R., TUNCAY, E., SONMEZ, H., GÖKÇEOĞLU, C., An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data and Iso-acceleration Map of Turkey, Engineering Geology, 74, pp. 265-291, (2004).
- ULUTAŞ, E., ÖZER, M.F., GÜVEN, İ.T., Doğu Akdeniz Depremleri Jeofizik Toplantısı Bildiriler Kitabı, Adana, (2001), s. 103-121.
- VILLACIS, C., TUCKER, B., YEPES, H., KANEKO, F., CHATELAIN, J.L., Use of Seismic microzoning for Risk Management in Quito, Ecuador, Engineering Geology, 46, 63-70, (1997).

- WELLS, D.L., COPPERSMITH, K.J., New Empirical Relationship Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement. Bull. Seis. Soc. Amer., 84/4, 974-1002, (1994).
- WEI, B. Z., PEZESHK, S., CHANG, T. S., HALL, K. H., LIU, H. P., An Empirical Method to Estimate Shear Wave Velocity of Soils in the New Madrid Seismic Zone, Soil Dynamics & Earthquake Engineering, 15, 399-408, (1996).
- XEIDAKIS, G., KOUDOUMAKIS, P., TSIRAMBIDES, A., Road Construction on swelling Soils: The Case of Strymi Soils, Rhodope, Thrace, Northern Greece. Bull. Eng. Geol. Env., 63, p. 93-101, (2004).
- YALÇINKAYA, E., Bir Boyutlu Modeller İçin Zemin Büyütmesine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, İSTANBUL, C. 17, S. 1, s. 47-56, (2004).
- YETİŞ, C., DEMİRKOL, C., Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü, MTA Derleme Rapor No. 8037, Ankara, (1986), 187s.
- YILDIRIM, H., Şişme Basıncının Tespiti ve Emme Kapasitesi İle İlişkisi, İMO Teknik Dergi, Yazı 176, (2002), 2617-2625.
- YILDIRIM, S., Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, (2002), 466 s.
- YILDIRIM, M., ADATEPE, Ş., İstanbul-Küçükçekmece Yöresi Zemin Koşulları ve Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, Eskişehir, (2002), s. 89-99.
- YILMAZ, I., Köklüce Regülatörü-Erbaa HES Arasında Yapılması Planlanan Su Kanalı Güzergahındaki Killerde Oluşacak Şişmenin Yapı Üzerinde Yaratacağı Etkiler, 52. TJK Bildiriler Kitabı, ANKARA, (1999), s. 1- 8.
- YILMAZ, I., Evaluation of Shear Strength of Clayey Soils By Using Their Liquidity Index, Bull.Eng Geol Env, 59, 227-229, (2000a).
- YILMAZ, I., Mühendislik Jeolojisinde Alan Araştırması, Teknik Yayınevi, Ankara, (2000b), 216 s.
- YILMAZER, İ., SMITH, I., Yumuşakken ve Sertken Seviyelerinden Oluşan Kalışın Jeolojik ve Jeoteknik Özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Sayı: 7, 145-152, (1992).
- YULE, D.F, RITCHIE, J.T., Soil Shrinkage Relationships of Texas Vertisols: 1 Small Cores. Soil Sci. Soc. Am. J. 44, 1285-1291, (1980).

EK – 1

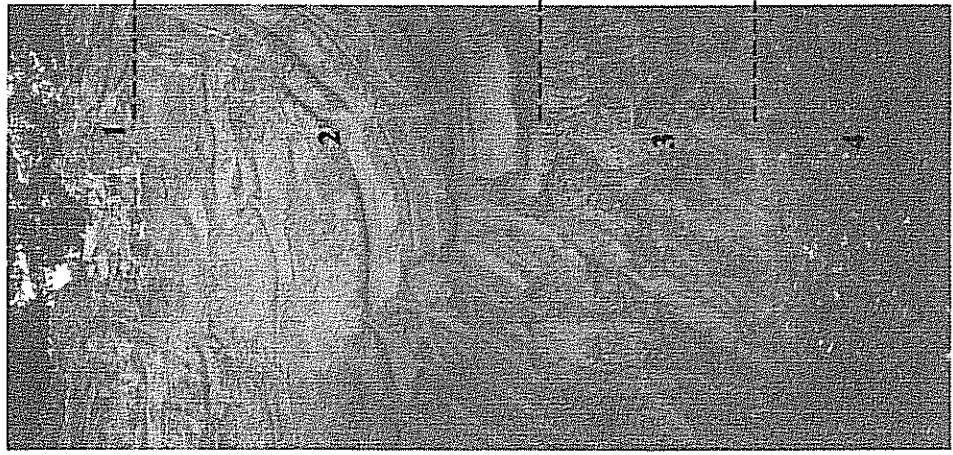
ARAŞTIRMA ÇUKURLARI

Lokasyon AÇ 1 (A.Demir Spor Kulübü yanı)
(06701 D / 97783 K, 25 m kot)



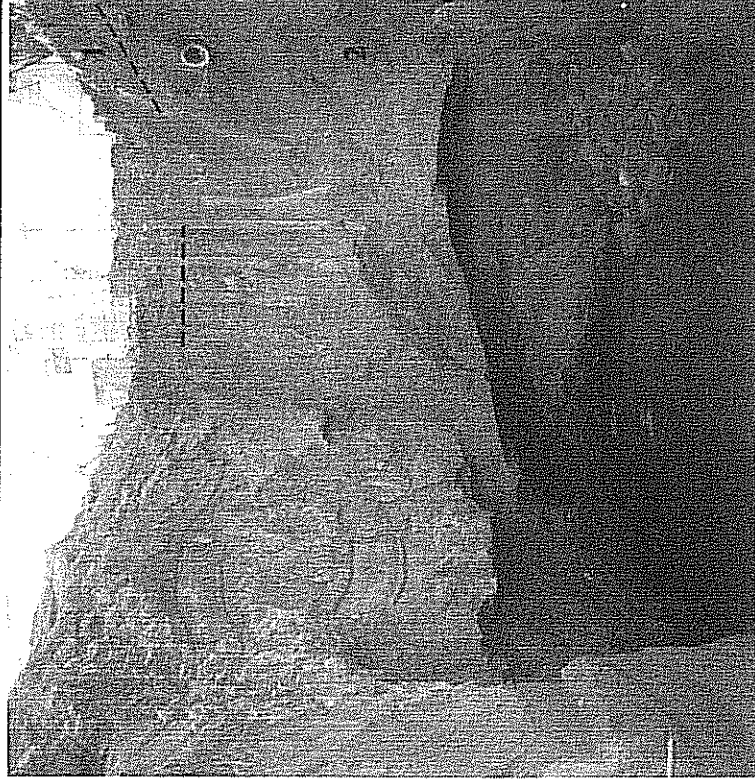
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 1.0	-	Dolgu zemin
2	1.0 - 2.9	SM	Açık sarımsı kahverengi, kötü derecelenmiş karbonatlı siltli kum. $\gamma_n : 1.76 \text{ gr/cm}^3$, $\phi : 23^\circ$, $c : 0.03 \text{ kg/cm}^2$
3	2.9 - 7.5	CL	Koyu kahverengi siltli kil; kısmen plastik, nemli iken yapışkan, kuru iken sert ; karbonatlaşma yaygın $\gamma_n : 1.88 \text{ gr/cm}^3$, $\gamma_k : 1.52 \text{ gr/cm}^3$, $\phi : 4^\circ$, $c : 0.24 \text{ kg/cm}^2$, $e : 0.74$, $n : 42.57$, $LL : 38.4$, $PL : 22$, $PI : 16.4$
4	> 7.5	GW	Açık gri, grimsi kahverengi, iyi derecelenmiş ve gevşek tutturulmuş taraça; taneler oldukça iyi yuvarlaklanmış, karbonatlaşma yaygın.

Lokasyon AÇ 5 (Kurtuluş Mah.)
(06730 D / 97197 K, 29 m kot)



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 1.5	-	Dolgu zemin
2	1.5 - 6.6	SM	Açık - grimsi kahverengi, üniform taneli, nemli iken dağılmayan ve yoğun, kireçsiz, organik madde içerikli siltli kum. $\gamma_n : 1.86 \text{ gr/cm}^3$, $\gamma_k : 1.53 \text{ gr/cm}^3$, $\phi : 18^\circ$, $c : 0.12 \text{ kg/cm}^2$, $e : 0.68$, $n : 40.33$
3	6.6 - 8.0	CL	Alüvyon kili; Koyu kahverengi, plastik, yoğun, az karbonatlı yağlı kil. $\gamma_n : 1.82 \text{ gr/cm}^3$, $\gamma_k : 1.56 \text{ gr/cm}^3$, $\phi : 8^\circ$, $c : 0.26 \text{ kg/cm}^2$, $e : 0.74$, $n : 42.39$, LL: 42, PL: 20, PI: 22
4	> 8.0	GP	Açık gri, grimsi kahverengi üst kısımlarda gevşek alta doğru iyi tutturulmuş ve sıkı, iyi derecelenmiş, kötü boylanmış, karbonatsız taraça malzemesi.

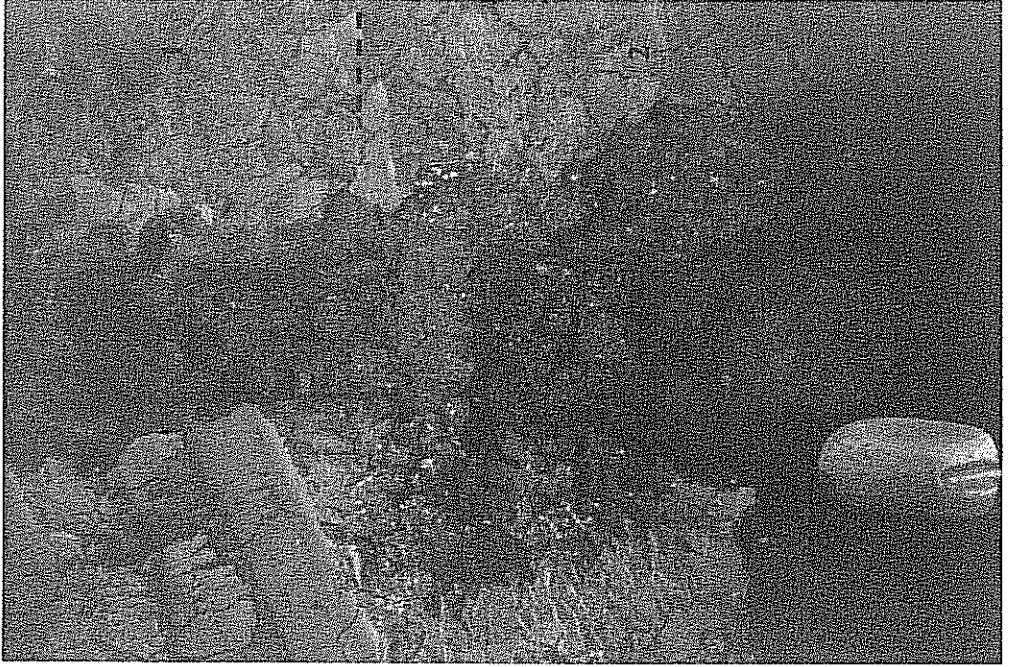
Lokasyon AÇ 12 (Diomed Sağlık Merkezi Yanı, Gazipaşa)
(06927 D / 97388 K, 23 m kot)



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Zemin Tanımlama
1	0 - 0.5	-	Dolgu zemin
2	0.5 - 6.8	CL	Altıvyon kili; Koyu kahverengi, kısmen plastik, organik madde içerikli, karbonatsız siltli kil. Seviye içerisinde kum boyutu malzemelerin de bulunduğu ancak düzensiz bir dağılım sergilediği görülmektedir. γ_n : 1.88 gr/cm ³ , γ_k : 1.54 gr/cm ³ , ϕ : 4 ⁰ , c: 0.33 kg/cm ² , e: 0.76, n: 43.02, LL: 47, PL: 22, PI: 45

Lokasyon AÇ 20 (Demirköprü) (07510 D / 98394 K, 14 m kot)		Derinlik	Zemin
Seviye	(m)	Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 1.4	-	Dolgu zemin
2	2.5 - 4.0	SM	<p>Açık kahverengi, kötü derecelenmiş, nemli iken dağılmayan ve yoğun, üniform taneli, organik madde içeren, karbonatsız kum.</p> <p>γ_n : 1.78 gr/cm³, γ_k : 1.50 gr/cm³, ϕ : 23⁰, c : 0.14 kg/cm², e: 0.81, n: 44.60</p>
3	> 4.0	CL	<p>Koyu kahverengi, plastik, organik madde içerikli, kuru iken dağılgan, kumlu-siltli kil. γ_n : 1.92 gr/cm³, γ_k : 1.60 gr/cm³, ϕ : 12⁰, c : 0.21 kg/cm², e: 0.69, n: 40.74, LL: 46, PL: 22, PI: 24</p>

**Lokasyon AÇ 21 (DGM, Kurtuluş Mah.)
(06138 D / 97342 K, 30 m kot)**



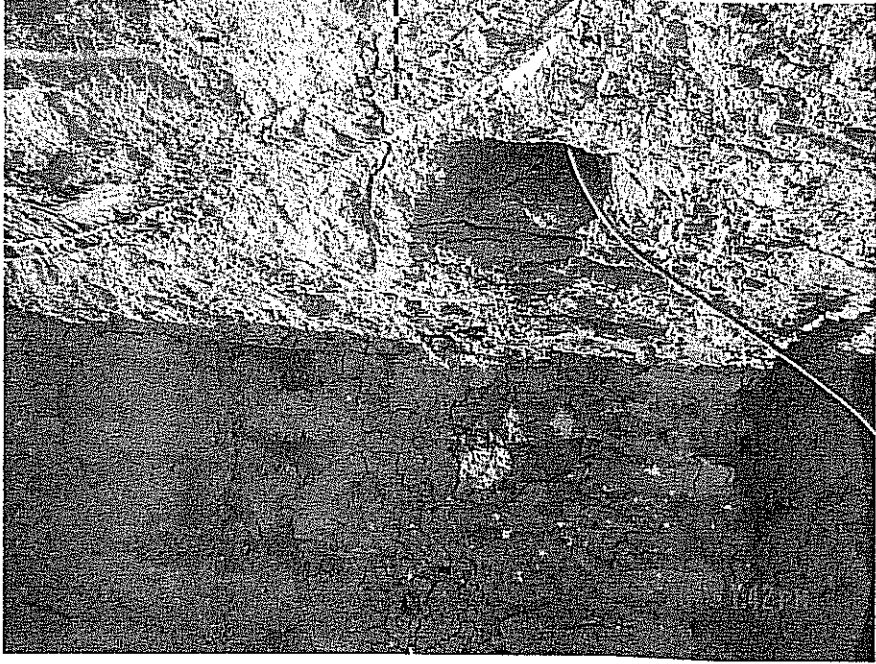
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 3.4	CL	Alüvyon kili; Koyu kahverengi, kısmen plastik, organik madde içerikli, karbonatsız siltli kil. γ_n : 1.89 gr/cm ³ , γ_k : 1.59 gr/cm ³ , c: 0.23 kg/cm ² , e: 0.70, n: 41.08, LL: % 48, PL: % 20, PI: 28
2	3.4 - 4.5	CH	Alüvyon kili; Koyu kahverengi, plastik kıvamda, nemli, kuru iken sert ve dayanımlı, iri-orta çakıl boyutu malzeme de içeren, taze yüzeyleri parlak, karbonatlı alüvyon kili. Birim içerisinde güncel organizma kalıntıları ve kavrıkları bulunmakta. γ_n : 1.92 gr/cm ³ , γ_k : 1.57 gr/cm ³ , c: 0.92 kg/cm ² , e: 0.69, n: % 40.89, LL: % 62, PL: 26, PI: % 36

Lokasyon AÇ 23 (M.Akif Ersoy)
(12737 D / 98621 K, 38 m kot)



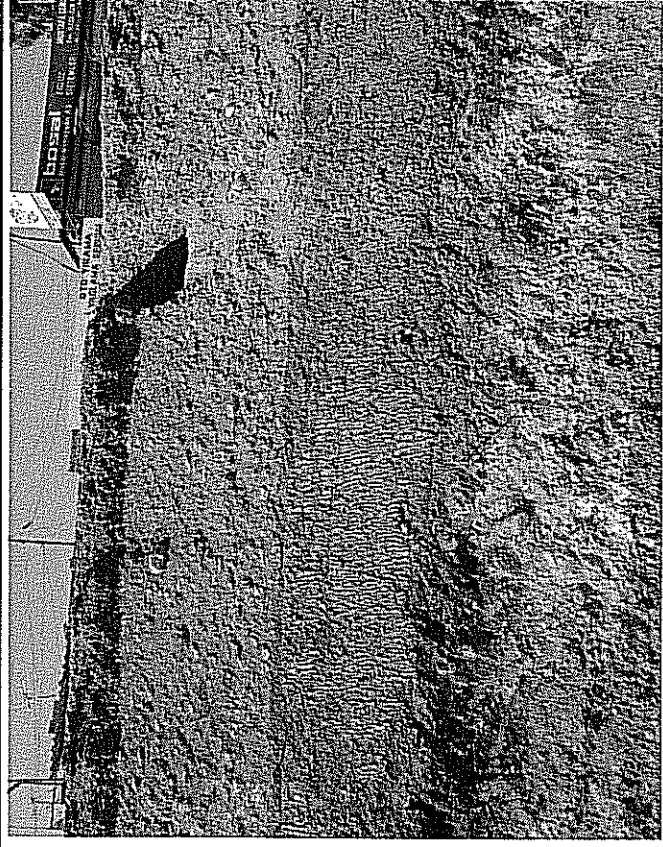
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 1.5	-	Dolgu zemin
2	1.5 - 2.2	SW	Açık - grimsi kahverengi, iyi derecelenmiş, gevşek, organik madde ve çakıl içeren, karbonatsız siltli kum. γ_n : 1.89 gr/cm ³ , γ_k : 1.47 gr/cm ³ , ϕ : 23 ^o , c : 0.11 kg/cm ² , e: 0.82, n: % 44.99
3	2.2 - 4.2	GM	Koyu kahverengi, bol organik madde içerikli, kuru iken dağılğan, gevşek tutturulmuş kumlu- killi çakıl. γ_n : 2.01 gr/cm ³ , γ_k : 1.66 gr/cm ³ , ϕ : 28 ^o , c : 0.03 kg/cm ² , e: 0.62, n: % 38.12
4	> 4.6	CL	Koyu kahverengi, nemli, yoğun, kısmen plastik, organik madde içerikli az çakıllı-kumlu alüvyon kili.

Lokasyon AÇ 25 (Kazım Karabekir Mah.)
(09218 D / 98506 K, 8 m kot)



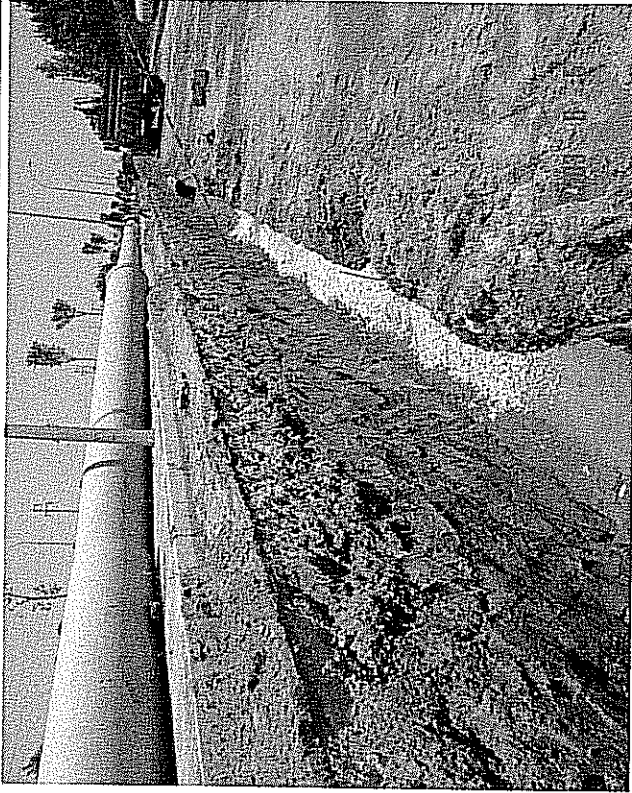
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 2.2	SC	Açık kahverengi, yoğun ve kısmen sıkı, organik madde içerikli, karbonatsız çakıllı ara seviyeler içeren killi kum. γ_n : 1.93 gr/cm ³ , γ_k : 1.52 gr/cm ³ , c: 0.09 kg/cm ² , ϕ : 26.5°, e: 0.69, n: % 40.97, LL: % 32, PL: % 18, PI: 14
2	2.2 - 4.5	CL	Koyu kahverengi, plastik kıvamda, kuru iken sert ve dayanımlı, ince-orta çakıl boyutu malzeme içeren, taze yüzeyleri parlak, karbonatlı alüvyon kili. Birim içerisinde güncel organizma kalıntıları ve kavrıkları bulunmakta. γ_n : 1.86 gr/cm ³ , γ_k : 1.52 gr/cm ³ , c: 0.84 kg/cm ² , e: 0.76, n: % 43.11, LL: % 48.8, PL: % 24, PI: 24.8

**Lokasyon AÇ 26 (Kıyı boyu, kanal kenarı)
(05261 D / 98668 K, 23 m kot)**



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 0.4	-	Dolgu zemin
2	0.4 - 1.7	GP	Açık kahverengi, gevşek, kötü derecelenmiş, dağılgan kumlu çakıl, γ_n : 1.96 gr/cm ³ , γ_k : 1.78 gr/cm ³ , ϕ : 33 ⁰ , e: 0.53, n: % 34.85
3	1.7 - 3.0	CL	Koyu kahverengi, plastik, taze yüzeyleri parlak, nemli iken yapışkan, kuru iken sert, karbonatsız, organik malzeme içeren kil, γ_n : 1.87 gr/cm ³ , γ_k : 1.66 gr/cm ³ , c: 0.44 kg/cm ² , e: 0.62, n: % 38.44, LL: % 40.2, PL: % 18.4, PI: 21.8
4	> 4.1	GW	Açık kahve, grimsi kahverengi, iyi derecelenmiş ve gevşek tutturulmuş taraça; taneler oldukça iyi yuvarlaklanmış, karbonatlaşma yaygın.

**Lokasyon AÇ 29 (Kıyı boyu caddesi)
(01018 D / 98123 K, 23 m kot)**



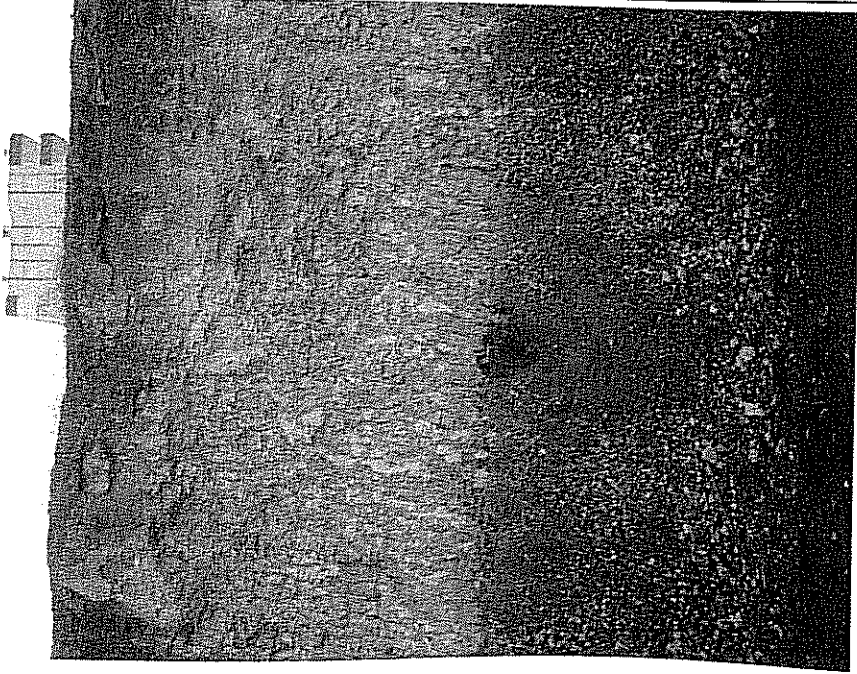
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 0.9	-	Grimsi açık kahverengi, kum ve çakıl boyutu malzeme içeren, gevşek malzeme.
2	0.9 - 3.0	CL	Koyu kahverengi, plastik, nemli, organik madde içerikli, ince çakıllı, karbonatsız kumlu-siltli kil. $\gamma_n: 1.91 \text{ gr/cm}^3$, $\gamma_k: 1.51 \text{ gr/cm}^3$, c: 0.91 kg/cm^2 , e: 0.78, n: % 43.97, LL: % 44.2, PL: % 21, PI: 23.8

Lokasyon AÇ 8 (Yurt Mah.)
(03493 D / 01349 K, 72 m kot)



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 0.8	-	Dolgu malzeme Açık-sarımsı kahverengi, bol karbonatlı, karbonatlı kesimlerden dolayı beyaz benekli görünen, nemli iken dağılan, seviyeler halinde çakıl boyutu malzeme içeren katiş; γ_n : 1.76 gr/cm ³ , γ_k : 1.53 gr/cm ³ , c: 0.16 kg/cm ² , ϕ : 19°, e: 0.72, n: % 41.81
3	4.3 - 8.5	GW	Gri-kahverengi, üst kısımları ayrılmış ve gevşek, derine doğru iyi tutturulmuş, iri çakıl-blok boyutu malzeme hakim, kısmen iyi derecelenmiş, sıkı taraça; γ_n : 2.26 gr/cm ³ , γ_k : 1.52 gr/cm ³ , c: 0.15 kg/cm ² , ϕ : 24.5°, e: 0.38, n: % 27.50,

**Lokasyon AÇ 11 (Huzurevleri Mah.)
(02405 D / 02653 K, 116 m kot)**



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Zemin Tanımlama
1	0 - 1.0	-	Koyu-kirli kahverengi, oldukça çeşitli tane boyuna sahip malzeme içeren yüzey örtüsü.
2	1.0 - 6.0	-	Ayrışmış yüzeyi gri-krem, taze yüzeyi koyu kahverengi, ayrılmış kaya özelliği gösteren, kuru iken sert ve dayanımlı, bol karbonatlı kalış. Birim içerisinde çakıl boyutu malzeme de yer alıyor; γ_n : 1.94 gr/cm ³ , γ_k : 1.76 gr/cm ³ , c: 0.30 kg/cm ² , ϕ : 18.5°, e: 0.53, n: % 34.44

**Lokasyon AÇ 13 (Mavi Bulvar, Kırmızı Evler)
(01415 D / 00248 K, 55 m kot)**



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 0.9	-	Çakıllı-kumlu, organik madde içerikli kalis toprağı.
2	0.9 - 4.0	CH	Sütü kahverengi, bol karbonatlı, karbonatlı kesimlerden dolayı beyaz benekli görünen, nemli, oldukça ayrışmış, toprak özelliğı gösteren kalis; γ_n : 1.73 gr/cm ³ , γ_k : 1.43 gr/cm ³ , c: 0.11 kg/cm ² , ϕ : 14.6°, e: 0.88, n: % 46.74, LL: % 61, PL: % 24.18, PI: 36.82

**Lokasyon AÇ 14 (Yeşiloba, kızalkum)
(00886 D / 00671 K, 64 m kot)**



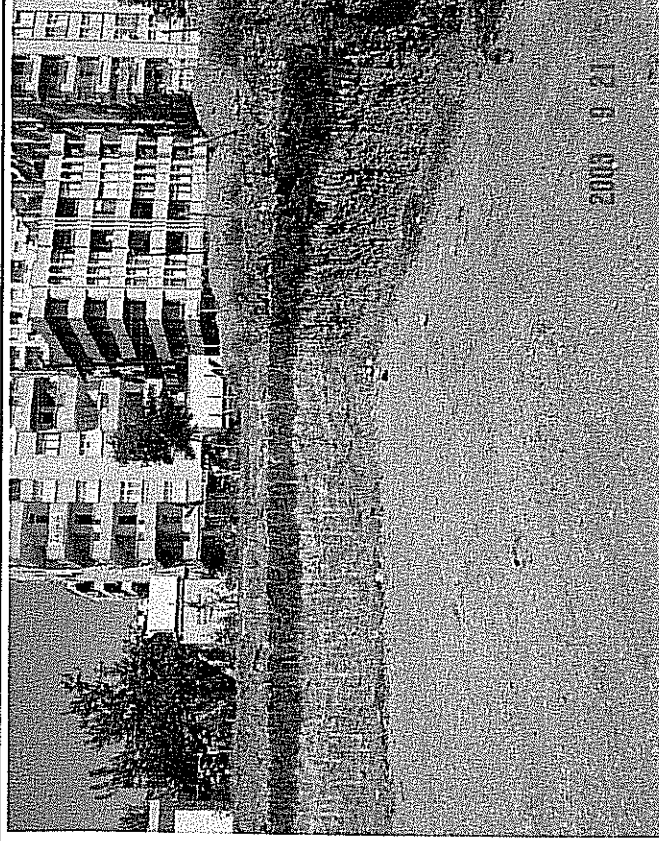
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0- 0.30	-	Organik madde içerikli bitkisel toprak
2	0.3 - 3.0	ML	Kamuflej desenli, beyaz-açık kahverengi, karbonat yumrulu, sert ve yoğun, ayrılmaya bağlı olarak toprak özelliği gösteren kiliş; γ_n : 1.79 gr/cm ³ , γ_k : 1.43 gr/cm ³ , c: 0.36 kg/cm ² , ϕ : 13.3°, e: 0.88, n: % 46.74, LL: % 42.3, PL: % 28.5, PI: 13.8

**Lokasyon AÇ 28 (Mavi Bulvar sonu, doğu)
(01044 D / 00270 K, 54 m kot)**



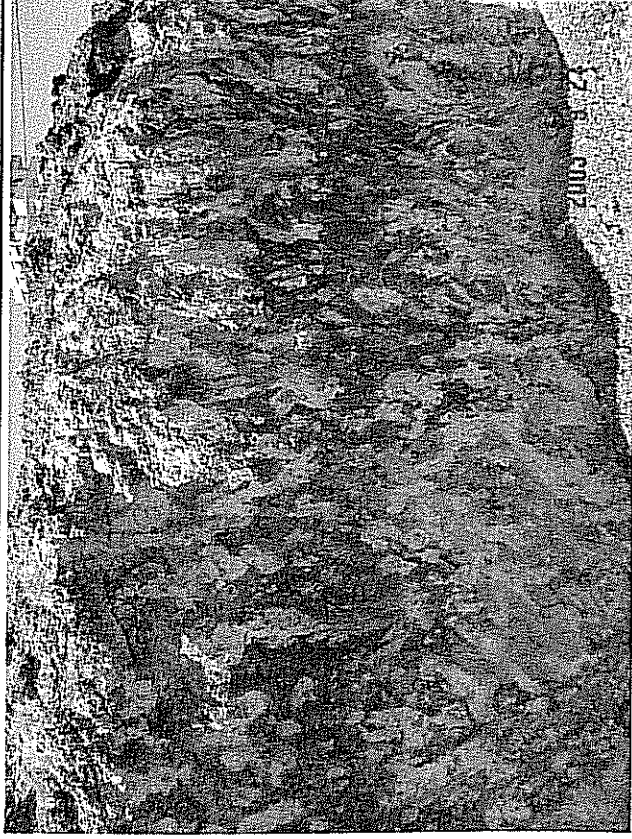
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Zemin Tanımlama
1	0 - 1.5	-	Dolgu zemin
2	1.5 - 2.0	-	Koyu kahverengi, organik madde içerikli, az karbonatlı, çakıllı siltli kil. KD'ya doğru 3-5° eğimle yer alıyor
3	2.0 - 4.0	CL	Açık-sarımsı kahverengi, kısmen pekleşmiş, kuru, karbonatlı kil (kalış). γ_n : 1.79 gr/cm ³ , γ_k : 1.55 gr/cm ³ , c: 0.55 kg/cm ² , ϕ : 16°, e: 0.73, n: % 42.32, LL: % 32.4, PL: % 18, PI: 14.4

**Lokasyon AÇ 41 (Metropol Hastanesi, M.Kemal Paşa Bulvarı)
(06043 D / 98054 K, 22 m kot)**



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 0.5	-	Dolgu zemin
2	0.5 - 1.2	CL	Koyu kahverengi, plastik, taze yüzeyleri parlak, karbonatsız, organik malzeme içeren kil, γ_n : 1.87 gr/cm ³ , γ_k : 1.66 gr/cm ³ , c: 0.38 kg/cm ² , e: 0.61, n: % 37.79, LL: % 38.15, PL: % 21.8, PI: 16.35
3	1.2 - 5.5	GW	Açık - sarımsı kahverengi, iyi derecelenmiş üst kısımları gevşek tutturulmuş taraça; taneler oldukça iyi yuvarlaklanmış, karbonatlaşma ve kum mercekleri yaygın.

Lokasyon AÇ 43 (Huzurevleri Mah.)
(03552 D / 01164 K, 68 m kot)



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
--------	--------------	--------------	-----------

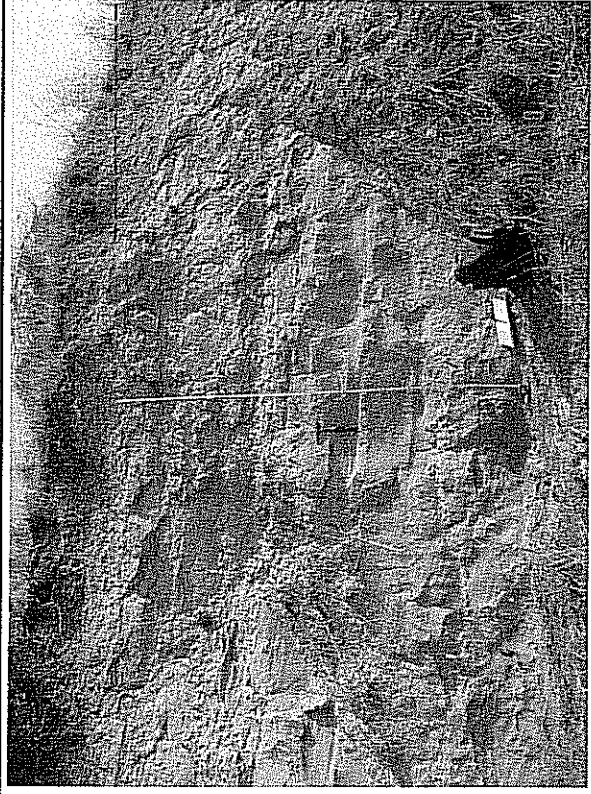
1	0.0 - 4.0	CL	
---	-----------	----	--

Kamuflej desenli, karbonatlı kısımları beyaz, kili kısımları koyu kahverengi, oldukça ayrılmış, yoğun, kısmen organik malzeme içeren kili;

γ_n : 1.81 gr/cm³, γ_k : 1.66 gr/cm³, c: 0.38 kg/cm², ϕ : 5°, e: 0.65, n: % 39.25, LL: % 52, PL: % 27.6, PI: 24.4

(kıvam limitleri kili kesimden alınan örnekler üzerinde yapılmıştır)

**Lokasyon AÇ 50 (Çatalan köprüsü yakını)
(01417 D / 04852388 K, 70 m kot)**



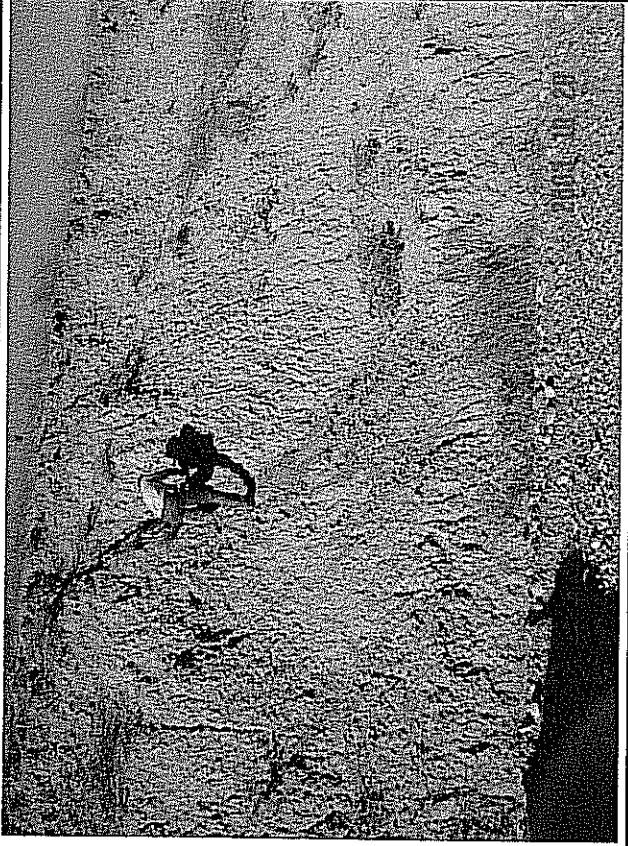
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 0.5	-	Nebati toprak örtü
2	0.5 - 6.5	ML	Handere kili; Açık-sarımsı kahverengi, üniform taneli, kısmen pekleşmiş ve yoğun, kuru, karbonatsız killi silt. γ_n : 2.02 gr/cm ³ , γ_k : 1.92 gr/cm ³ , c: 0.17 kg/cm ² , ϕ : 19.7°, e: 0.37, n: % 26.91, LL: % 40.4, PL: % 24.6, PI: 15.8

Lokasyon AÇ 53 (75. Yıl Cumhuriyet Ormanı arazi)
(01365 D / 04385 K, 84 m kot)



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 6.0	CH	Handere kili; Üst kısımları bol organik malzeme içeren, açık-sarımsı kahverengi, nemli iken dağılgan, plastik, çok az silt içeren kil; γ_n : 1.99 gr/cm ³ , γ_k : 1.83 gr/cm ³ , c: 0.38 kg/cm ² , e: 0.45, n: % 30.81, LL: % 56.5, PL: % 25, PI: 31.5

**Lokasyon AÇ 55 (75. Yıl Cumhuriyet Orman arazisi)
(01095 D / 04636 K, 60 m kot)**



Seviye **Derinlik (m)** **Zemin Sınıfı** **Tanımlama**

1 0.0 - 9.5 CH

Handere kili;

Üst kısımları bol organik malzeme içeren, açık-sarımsı kahverengi, bej renkli, nemli iken dağılgan, plastik, plastik kil; birim içerisinde bol miktarda kavkı izleri ve parçaları bulunmaktadır;

γ_n : 1.70 gr/cm³, γ_k : 1.61 gr/cm³, c: 0.74 kg/cm², e: 0.61, n: % 37.99, LL: % 50, PL: % 21.5, PI: 28.5

**Lokasyon AÇ 15 (Kurtepe Kavşağı)
(02060 D / 02854 K, 122 m kot)**



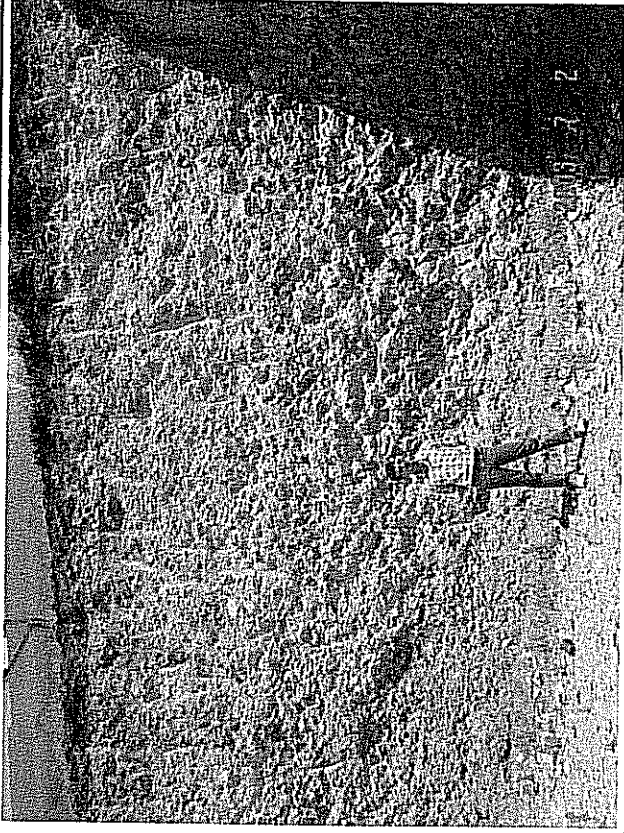
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.5 - 5.5	Kaya	Gri, açık kahverenkli, üst kısımları daha gevşek tutturulmuş, iyi derecelenmiş, iyi yuvarlaklanmış, iri blok boyutu malzeme ve kum ara bantları içeren, alt seviyelerde daha iyi tutturulmuş, kaya özelliği gösteren taraça. γ_k : 2.21 - 2.34 gr/cm ³ , γ_d : 2.34 - 2.60 gr/cm ³ , UCS: 2.38 - 3.40 MPa.

Lokasyon AÇ 16 (Mavi Bulvar)
(00526 D / 00083 K, 60 m kot)



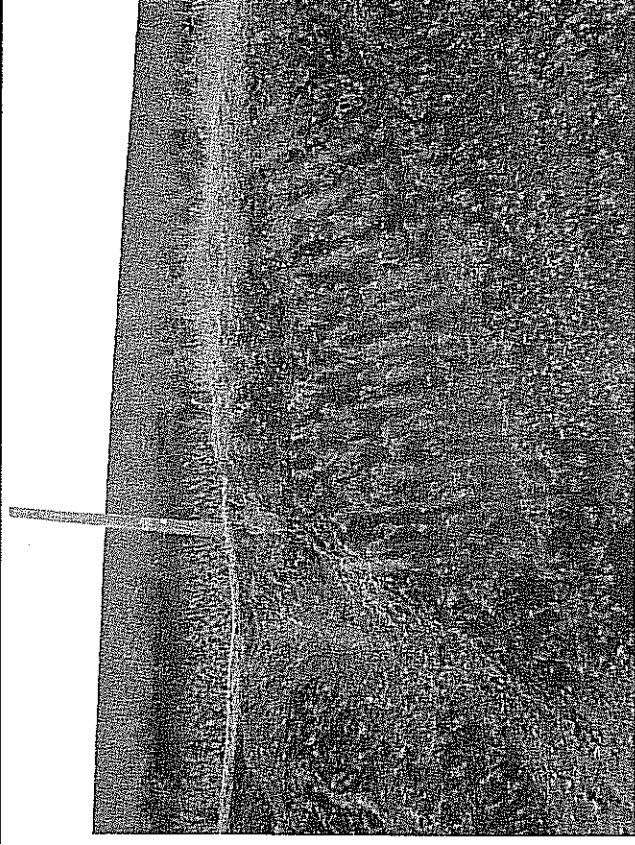
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 0.5	-	Gevşek, çakıllı dolgu zemin
2	0.5 - 1.2	CL	Açık - grimsi kahverengi, ince çakıllı ve kumlu, organik madde içeren, kuru iken dağılgan, karbonatlı kalış; γ_n : 1.62 gr/cm ³ , γ_k : 1.37 gr/cm ³ , ϕ : 19.6 ⁰ , c: 0.38 kg/cm ² , e: 0.92, n: % 47.89, LL: % 32.2, PL: % 17.4, PI: 14.8
3	1.2 - 2.0	CH	Koyu kahverengi, bol organik madde içerikli, kuru iken dağılgan, nemli iken yapışkan, plastik, karbonatsız, çok az çakıl boyutu malzeme içeren kil; γ_n : 1.91 gr/cm ³ , γ_k : 1.62 gr/cm ³ , c: 0.63 kg/cm ² , e: 0.67, n: % 40.13, LL: % 56, PL: % 28.4, PI: 27.6
4	2.0 - 4.0	ML	Açık - grimsi kahverengi, ince çakıllı ve kumlu, organik madde içeren, üst seviyeye göre daha sert ve karbonatlı kalış; γ_n : 1.71 gr/cm ³ , γ_k : 1.47 gr/cm ³ , ϕ : 15.1 ⁰ , c: 0.22 kg/cm ² , e: 0.83, n: % 45.50, LL: % 44.6, PL: % 26.2, PI: 18.4

**Lokasyon AÇ 36 (Yurt Mahallesi)
(04008 D / 01733 K, 73 m kot)**



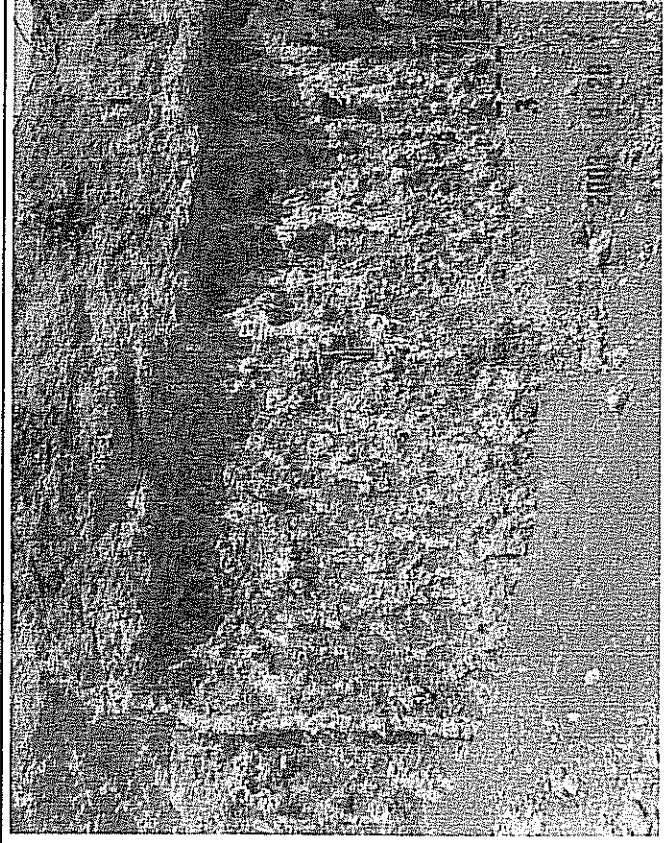
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 0.4	-	Koyu kahverengi, oldukça ayrılmış, organik madde içerikli toprak. Taraça: Gri renkli, üst kısımları daha gevşek tutturulmuş, iyi derecelenmiş, iyi yuvarlaklanmış, iri blok boyutu malzeme (maks. 28 cm) ve kum bantları içeren tutturulmuş taraça. γ_k : 2.41 - gr/cm ³ , γ_d : 2.54 gr/cm ³ , UCS: 4.00 - 7.06 MPa,
2	0.4 - 7.0	Kaya	

Lokasyon AÇ 38 a (100. Yıl Mah, Carrefour üstü)
(00207 D / 02013 K, 97 m kot)



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 5.0	CL	<p>Kaliş;</p> <p>Koyu kahverengi kil içerikli, açık – beyazımsı kahverengi karbonat yumrulu, kamuflej desenli, kuru ve dağılgan, kısmen çakıl boyu malzeme de içeren yumuşak kaliş.</p> <p>γ_n : 1.96 gr/cm³, γ_k : 1.73 gr/cm³, ϕ : 8⁰, c: 0.43 kg/cm², e: 0.51, n: % 33.93, LL: % 41.1, PL: % 18.6, PI: 22.5</p>

**Lokasyon AÇ 46 (Seyhan İlköğretim Okulu)
(01058 D / 01524 K, 73 m kot)**



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 1.0	Kaya	Açık kahverengi, toprağımsı görünümde, masif karbonat kabuk (sert kalış); γ_k : 1.92 gr/cm ³ , γ_d : 2.01 gr/cm ³ , UCS: 1.96 MPa.
2	1.0 - 3.3	-	Kamuflaj desenli, beyaz karbonat yumruları içeren, ayrılmış, kuru iken kolay dağılan kalış (killi kalış) γ_n : 1.87 gr/cm ³ , γ_k : 1.68 gr/cm ³ , c: 0.31 kg/cm ² , ϕ : 25.25 ⁰ , e: 0.59, n: % 37.21
3	3.3 - 4.0 (döktürü)	-	Açık-kırmızısı kahverengi, tamamen toprak özelliğinde, kuru, ayrışma ürünü kalış toprağı.

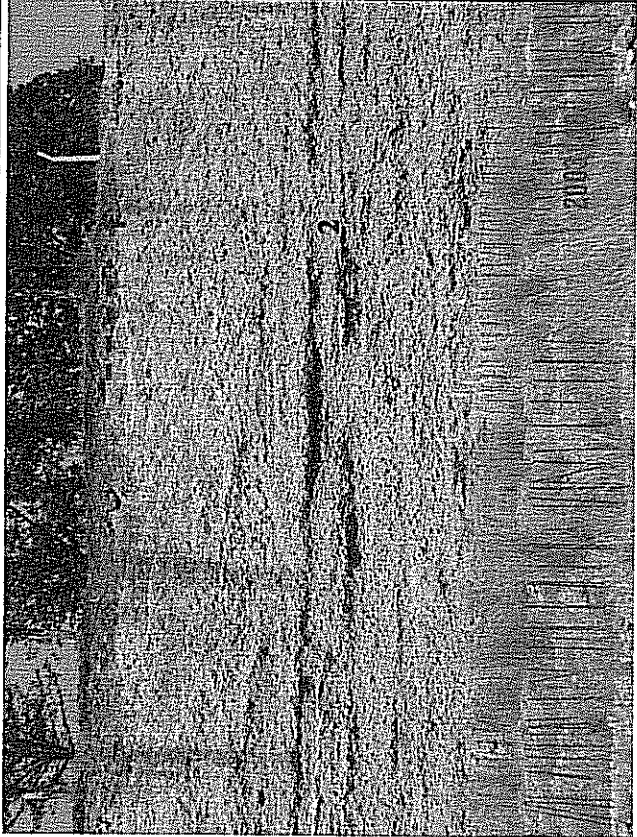
Lokasyon AÇ 47 (Belediye Evleri Mah.)
(00805 D / 02769 K, 123 m kot)



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 4.0	Kaya	Kaliş; Kirlı beyaz-krem renkli, üst kısımları oldukça ayrışmış ve okside olmuş, alta doğru daha masif ve yoğun, kuru, karbonat kabuk (kaliş); γ_k :1.97 gr/cm ³ , γ_d :2.06 gr/cm ³ , UCS: 2.20 MPa.

**Lokasyon AÇ 48 (Ordu evi güneyi)
(06352 D / 01886 K, 63 m kot)**

Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 0.5	-	Koyu kahverengi, oldukça ayrılmış, organik madde içerikli, gevşek taraça.
2	0.5 - 9.5	Kaya	Taraça; Gri renkli, üst kısımları daha gevşek tutturulmuş, iyi derecelenmiş, iyi yuvarlaklanmış, iri blok boyutu malzeme ve kum ara bantları içeren taraça γ_k : 2.45 gr/cm ³ , γ_d : 2.51 gr/cm ³ , UCS: 2.40-4.29 MPa,

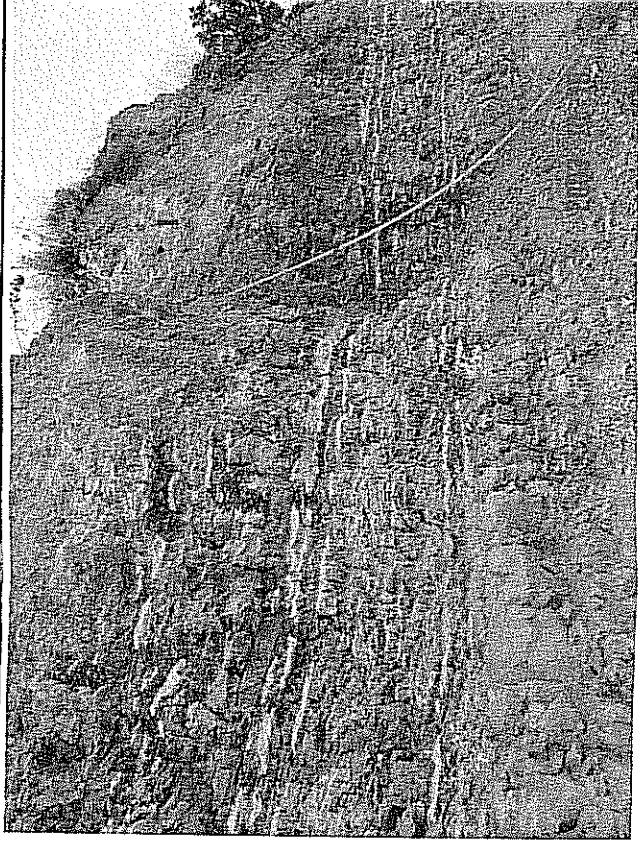


**Lokasyon AÇ 51 (Zahit Akdağ Bulvarı, dere içi)
(01297 D / 02266 K, 97 m kot)**



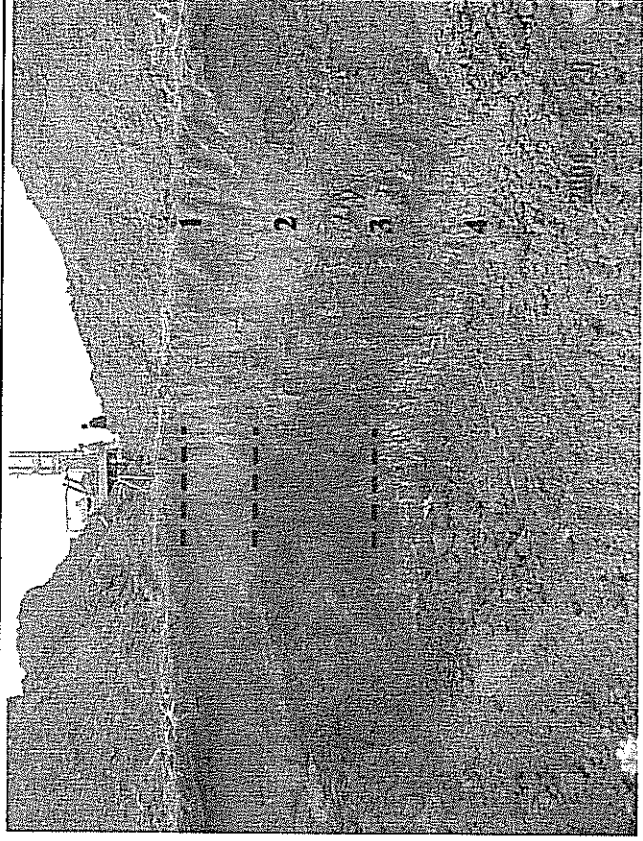
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Zemin Tanımlama
1	0.0 - 1.5	-	Dolgu malzeme.
2	1.5 - 4.5	-	Kalış; Kamufraj desenli, k.kahve-kırmızısı kahverengi, iri çakıl-blok boyutu malzeme içeren, sert zemin özelliği gösteren kalış. γ_n : 1.94 gr/cm ³ , γ_k : 1.71 gr/cm ³ , c: 0.12, ϕ : 23.2 ⁰ , e: 0.52, n: % 34.09

Lokasyon AÇ 54 (Kurttepe, Esentepe Mevkii)
(01297 D / 03764 K, 140 m kot)



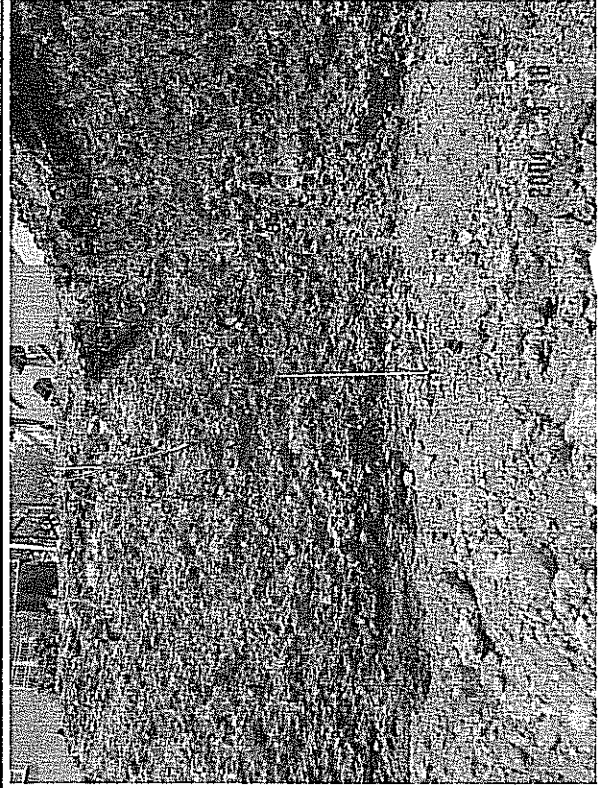
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0-1.0	-	Ayrıışarak topraklaşmış, organik malzeme içeren killi malzeme
2	1.0 - 1.7	-	Açık kırmızımsı kahverengi, nemli, organik madde içeren, oldukça ayrıışmış, kısmen de kalişleşmiş tabakalı kil.
3	1.7 - 4.0	CH	Açık grimsi kahverengi, kısmen karbonatlaşmış, yer yer silt içeren, oldukça sert tabakalı kil (kıltaşı); γ_n : 1.95 gr/cm ³ , γ_k : 1.67 gr/cm ³ , c: 1.01 kg/cm ² , e: 0.74, n: % 44.50, LL: % 58.6, PL: % 21.1, PI: 37.5

Lokasyon AÇ 61 (Real Güneyi)
(00143 D / 98558 K, 34 m kot)



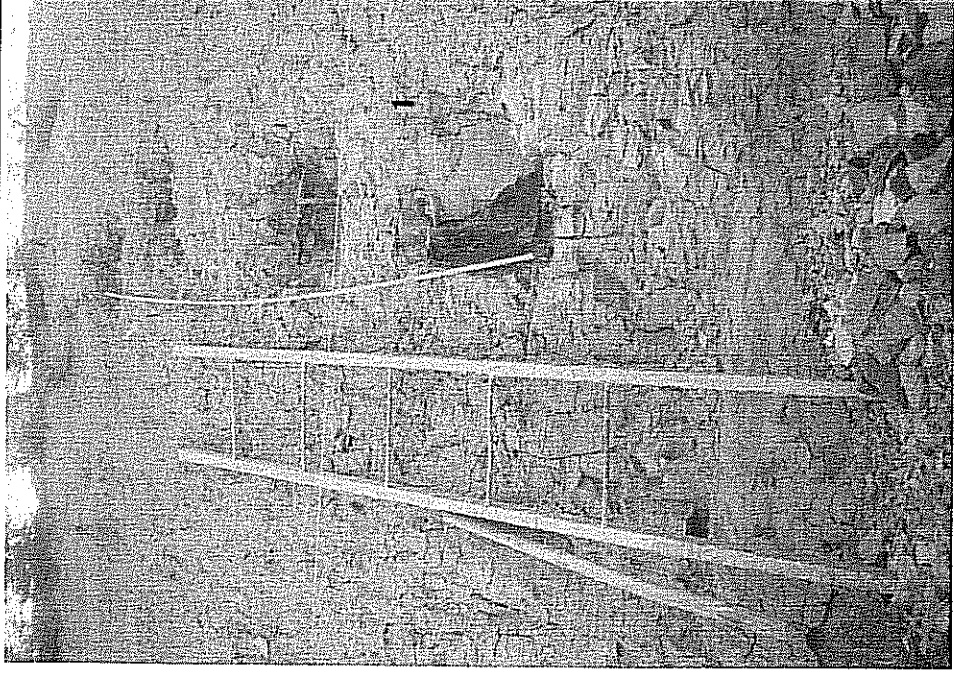
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0-0.5	-	Killi nebatli örtü malzeme
2	0.5 - 2.2	-	Açık kahverengi, nemli, kum içeren kil.
3	2.2 - 4.5	CH	K.Kahverengi, plastik, nemli iken yapışkan, güncel organizma kavrıkları içeren yağlı kil. γ_n : 1.76 gr/cm ³ , γ_k : 1.49 gr/cm ³ , c: 1.52 kg/cm ² , e: 0.78, n: % 43.91, LL: % 62.2, PL: % 28.4, PI: 33.8
4	4.5- > 6.0	CL	Açık kahverengi, beyaz karbonat benekleri içeren, yer yer çakıl ve kum boyutu malzeme içeren karbonatlı kil; γ_n : 1.85 gr/cm ³ , γ_k : 1.57 gr/cm ³ , c: 1.01 kg/cm ² , e: 0.71, n: 41.60, LL: % 48.6, PL: % 19.6, PI: 29.0

**Lokasyon AÇ 62 (Hastaneler Caddesi)
(06210 D / 99594 K, 42 m kot)**



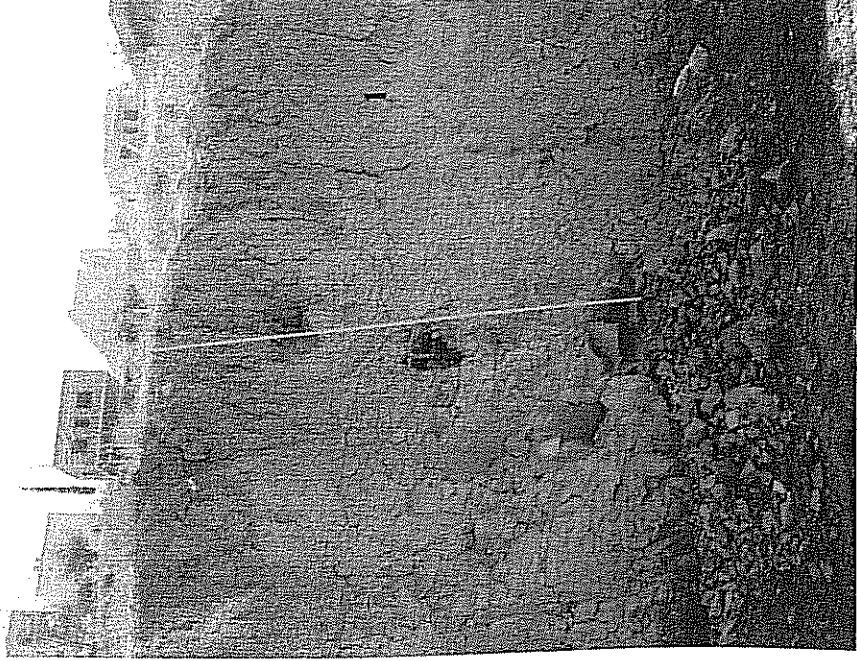
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0 - 0.8	-	K.kahverengi, plastik, kum boyu karbonat taneleri içeren alüvyon kili.
2	0.8 - 6.5	GW	Taraça; Açık-koyu kahverengi, iyi derecelenmiş, üst seviyeleri daha gevşek tutturulmuş, kum ara bantları içeren taraça; γ_n : 2.04 - 2.44 gr/cm ³ , γ_k : 1.58 - 1.66 gr/cm ³ , ϕ : 32.5 ⁰ , e: 0.54, n: % 34.8

Lokasyon L-1 (Carrefour doğusu)
(00605 D /02566 K, 113 m kot)



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 6.0	CH	Handere kili; Açık-sarımsı kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, diyajenez etkisi ile kısmen taşlaşmış, tabakalı yapı gösteren, katı kil; γ_n : 1.78 gr/cm ³ , γ_k : 1.47 gr/cm ³ , c: 1.30 - 1.77 kg/cm ² , e: 0.75, n: % 42.97, LL: % 56.8, PL: % 28.76, PI: 28.04 OCR: 1.926, C _c : 0.142, C _s : 0.05

Lokasyon L-2 (100 Yıl yakınları)
(99156 D /02903 K, 102 m kot)

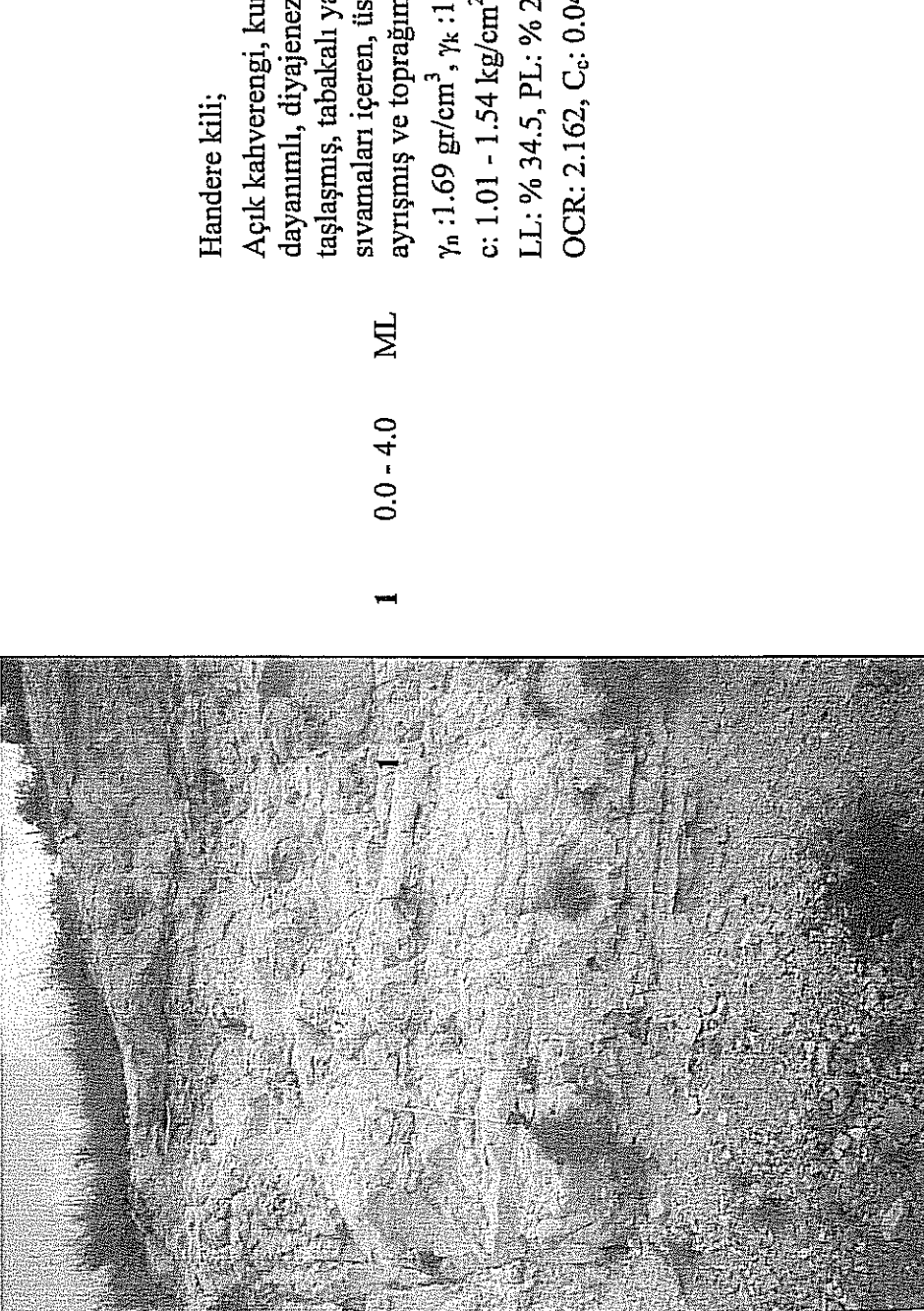


Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 3.4	CH	Handere kili; Açık-sarımsı kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, diyajenez etkisi ile kısmen taşlaşmış, ince tabakalı yapı gösteren, üst seviyeleri oldukça fazla ayrılmış ve toprağımsı katı kil; γ_n : 1.64 gr/cm ³ , γ_k : 1.34 gr/cm ³ , c: 1.33 - 1.79 kg/cm ² , e: 1.00, n: % 50.05, LL: % 51, PL: % 28, PI: 23 OCR: 2.831, C _c : 0.132, C _s : 0.035

Lokasyon L-3 (Karaisaltı yolu)
(99204 D /03976 K, 110 m kot)



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 5.0	ML	<p>Handere kili; Açık-kirli kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, diyajenez etkisi ile kısmen taşlaşmış, tabakalı yapı gösteren, üst kısımları oldukça ayrılmış ve toprağimsi kati siltli kil; γ_n: 2.01 gr/cm³, γ_k: 1.73 gr/cm³, c: 1.41 - 1.84 kg/cm², e: 0.50, n: % 33.47, LL: % 44.5, PL: % 33.97, PI: 10.53 OCR: 1.242, C_c: 0.065, C_s: 0.036</p>

<i>Lokasyon L- 4 (00921 D /03806 K, 155 m kot)</i>	<i>Seviye</i> <i>Derinlik (m)</i> <i>Zemin Sınıfı</i> <i>Tanımlama</i>
	<p data-bbox="595 652 627 829">Handere kili;</p> <p data-bbox="635 298 995 829">Açık kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, diyajenez etkisi ile kısmen taşlaşmış, tabakalı yapı gösteren, mangan sıvımları içeren, üst kısımları oldukça ayrılmış ve toprağimsi katı siltli kil; γ_n : 1.69 gr/cm³, γ_k : 1.56 gr/cm³, c: 1.01 - 1.54 kg/cm², e: 0.71, n: % 41.65, LL: % 34.5, PL: % 25.74, PI: 8.76 OCR: 2.162, C_c: 0.040, C_s: 0.017</p> <p data-bbox="776 873 807 940">1</p> <p data-bbox="776 984 807 1094">0.0 - 4.0</p> <p data-bbox="776 1161 807 1205">ML</p>

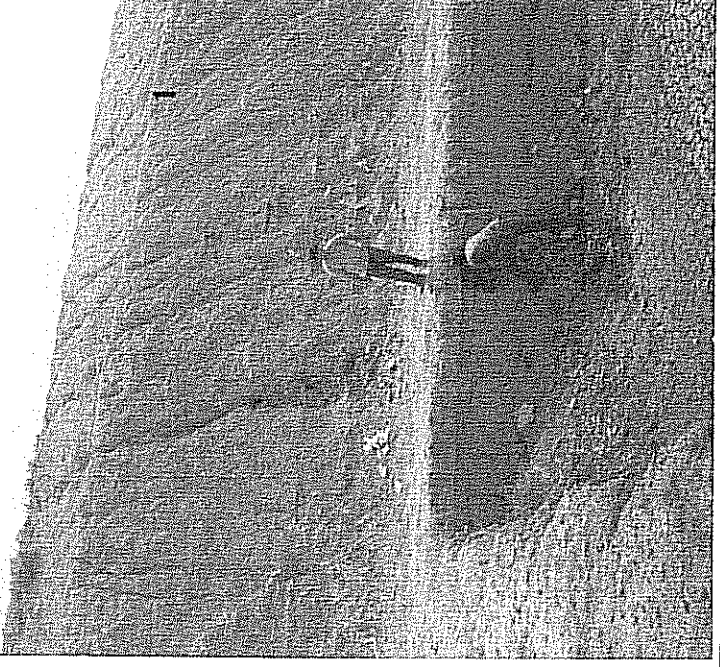
Lokasyon L- 5 (Çatalan köprüsü yolu)
(00706 D /04427 K, 65 m kot)



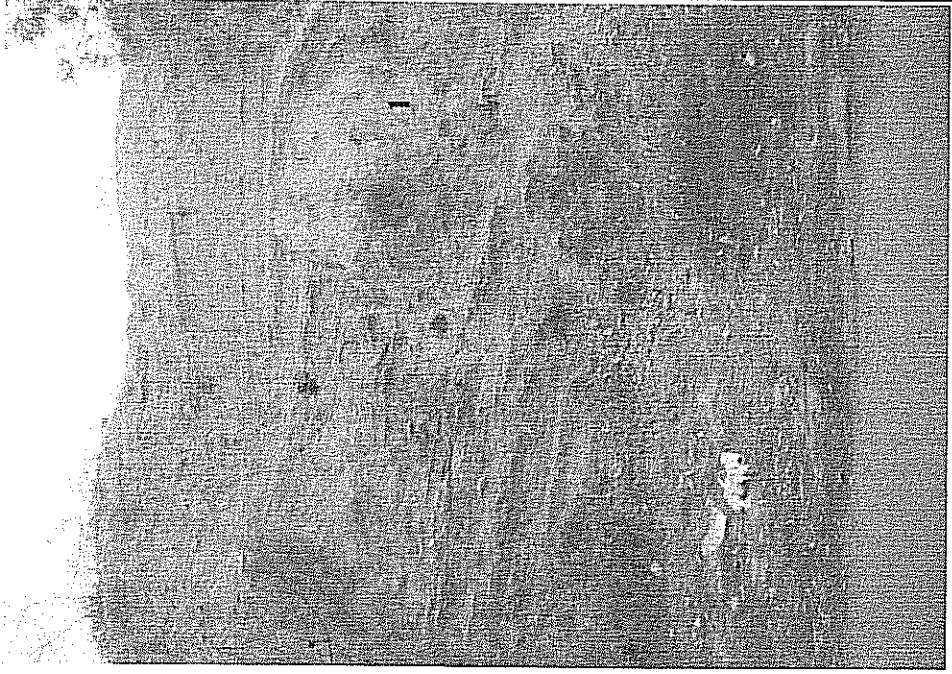
Derinlik (m) **Zemin Sınıfı** **Tanımlama**

Handere kili;
Açık kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, diyajenez etkisi ile kısmen taşlaşmış, tabakalı yapı gösteren, mangan sıvımları içeren, üst kısımları oldukça ayrılmış ve toprakimsi katı siltli kil;
 γ_n : 1.58 – 1.72 gr/cm³, γ_k : 1.34 – 1.55 gr/cm³, c: 0.88 - 1.32 kg/cm², e: 0.96, n: % 48.98, LL: % 41.0, PL: % 27.93, PI: 13.07
OCR: 1.025, C_c: 0.066, C_s: 0.034

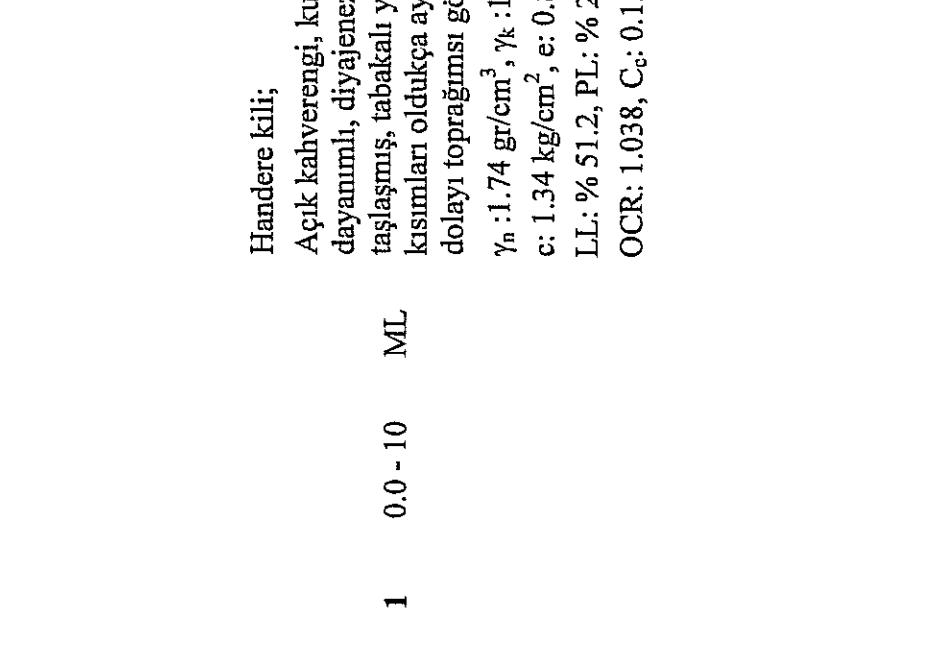
1 0.0 - 7.0 ML

Lokasyon L- 6 (Kurtepe beton santrali) (03155 D / 04086 K, 93 m kot)	Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
		1	0.0 - 7.0	CH MH

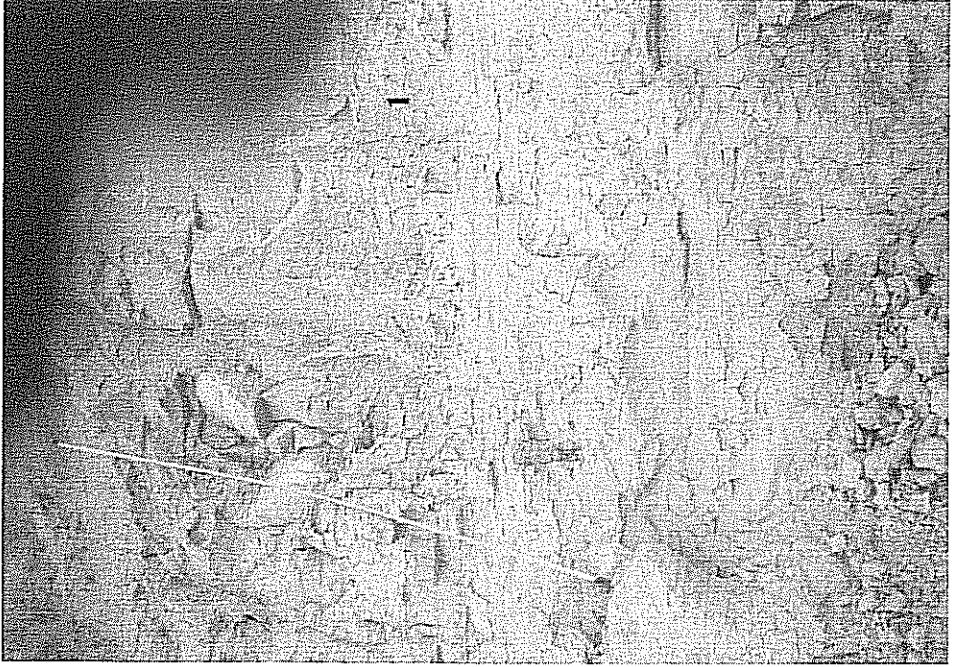
Lokasyon L- 7 (Çobandede güneyi)
(04921 D / 03773 K, 79 m kot)



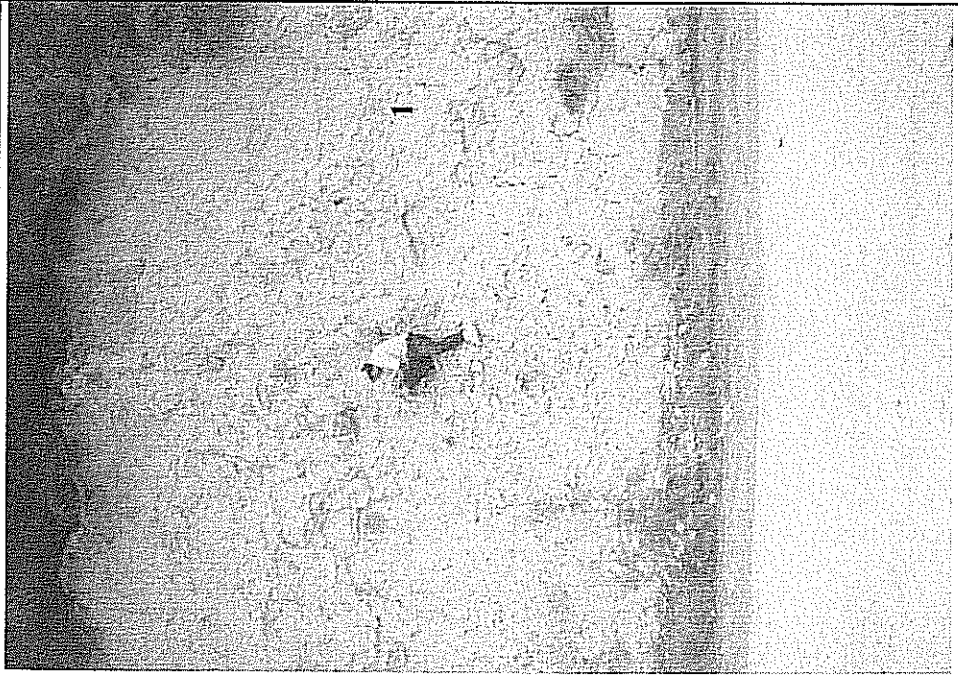
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 5.0	ML	Handere kili; Açık kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, diyajenez etkisi ile kısmen taşlaşmış, ince ve kıvrımlı tabakalı yapı gösteren, üst kısımları oldukça ayrılmış ve yıkanmadan dolayı toprağımsı kil; γ_n : 1.77 gr/cm ³ , γ_k : 1.73 gr/cm ³ , c: 1.13 - 1.41 kg/cm ² , e: 0.90, n: % 47.32, LL: % 45.0, PL: % 33.92, PI: 11.08 OCR: 3.130, C _c : 0.079, C _s : 0.031

<i>Lokasyon L-8 (Menekşe yolu üzeri) (09708 D / 06186 K, 146 m kot)</i>	<i>Seviye</i>	<i>Derinlik (m)</i>	<i>Zemin Sınıfı</i>	<i>Tanımlama</i>
	1	0.0 - 10	ML	<p>Handere kili; Açık kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, diyajenez etkisi ile kısmen taşlaşmış, tabakalı yapı gösteren, üst kısımları oldukça ayrılmış ve yıkanmadan dolayı toprağmsı görünümde siltli kil; γ_n : 1.74 gr/cm³, γ_k : 1.44 gr/cm³, c: 1.34 kg/cm², e: 0.86, n: % 46.22, LL: % 51.2, PL: % 26.31, PI: 24.89 OCR: 1.038, C_c: 0.139, C_s: 0.047</p>

Lokasyon L-9 (Çatalan yolu, Alke İnşaat)
(11136 D / 05810 K, 93 m kot)



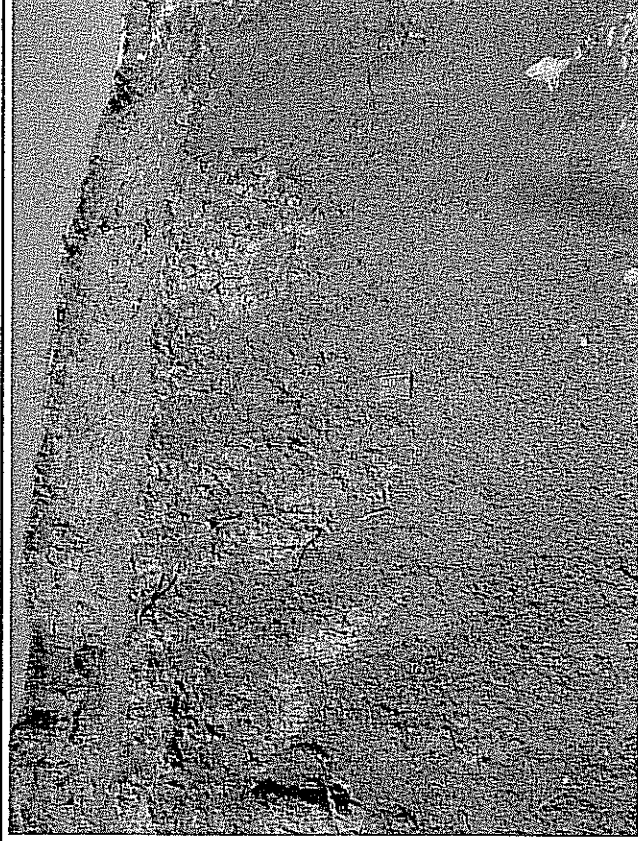
Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 – 4.5	ML	Handere kili; Açık grimsi kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, diyajenez etkisi ile oldukça pekişmiş, tabakalı yapı gösteren, üst kısımları oldukça ayrışmış ve yıkanmadan dolay toprağimsi görünümde siltli kil; γ_n : 1.65 gr/cm ³ , γ_k : 1.55 gr/cm ³ , c: 2.34 kg/cm ² , e: 0.67, n: % 39.99, LL: % 40, PL: % 19.75, PI: 19.35 OCR: 3.033, C _c : 0.126, C _s : 0.050

Lokasyon L-10 (Ç.Ü. Mediko sosyal yakını) (09542 D / 04599 K, 77 m kot)	Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
	1	0.0 – 6.5	CL	<p>Handere kili;</p> <p>Açık grimsi kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, diyajenez etkisi ile oldukça pekişmiş, tabakalı yapı gösteren, üst kısımları oldukça ayrışmış ve yıkanmadan dolayı toprağımsı görünümde siltli kil;</p> <p>γ_n : 1.72-1.92 gr/cm³, γ_k : 1.44-1.66 gr/cm³, c: 1.17 kg/cm², e: 0.81, n: % 44.71, LL: % 41.5, PL: % 22, PI: 25.30 OCR: 2.36, C_c: 0.073, C_s: 0.039</p>

Lokasyon AÇ 70a (S.Demirel Bulvarı üzeri) (03165 D / 03850 K, 130 m kot)		Derinlik	Zemin
Seviye	(m)	Stüf	Tanımlama
1	0.0 – 3.5	-	Kalişleşmiş kil (Handere Kili) Handere Kili; Açık toprağımsı kahverengi, kuru iken sert ve dayanımlı, tabakalı yapı gösteren, üst kısımları kalişleşmeye bağılı olarak karbonat içerikli, yüksek plastisiteli kil; γ_n : 1.92 gr/cm ³ , γ_k : 1.76 gr/cm ³ , c: 1.44 kg/cm ² , e: 0.74, n: % 41.21, LL: % 54.6, PL: % 26.2, PI: 28.4
2	3.5 – 7.5	CH	



**Lokasyon AÇ 70 b (Adana Güçbirliği Vakfı Okulları)
(03481 D / 04141 K, 95 m kot)**



Seviye	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Tanımlama
1	0.0 - 3.5	CH	Handere Kili; Griimsi kahverengi, nemli iken yapışkan, kuru iken sert, saf kil. γ_n : 1.84 gr/cm ³ , γ_k : 1.67 gr/cm ³ , c: 1.43 kg/cm ² , e: 0.64, n: % 43.70, LL: % 56.8, PL: % 26.8, PI: 30.0

EK – 2

SONDAJ LOGLARI

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 06/04/2004
 Sondaj Derinliği (m): 10.60 m
 Logu Yapan :
 Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-1
 Sondaj Yeri : Sinanpaşa Mah.
 GPS Koordinatları: 08237 D/ 96626 K
 Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 20 m
1.5							Nebati toprak
3.0		SPT 1	4 - 4 - 5 1.50-1.90	9			Koyu kahverengi, sert, plastik kıvamda, alüvyon kili. Birim içerisinde siltli ve ince kumlu ara seviyeler de yer almakta.
		UD	2.50-3.00				
4.5		SPT 2	5 - 7 - 8 3.00-3.45	15			
6.0		SPT 3	6 - 8 - 9 4.50-4.95	17			
7.5		SPT 4	13-25-28 6.00-6.45	53			Aynı kil birimi içerisinde ince çakıl ve karbonatlı kesimler görülmekte. Özellikle bu karbonatlı kesimlerden dolayı SPT darbe sayıları artmakta. Karbonat çakıllı kil
		SPT 6	50/5 7.50-7.55	R			
9.0		SPT 6	50/10 9.00-9.10	R			
10.5		SPT 7	50/10 10.50-10.60	R			Kuyu sonu 10.60 m
12.0							
13.5							
15.0							
SPT-N (ince taneli zemin)		SPT-N (iri taneli zemin)				SPT : Standart penetrasyon deneyi UD : Örselenmemiş örnek D : Örselenmiş örnek S : Sediman örnek	
0-2	Çok yumuşak	0-4	Çok gevşek				
3-5	Yumuşak	4-10	Gevşek				
6-9	Orta katı	10-30	Orta sıkı				
10-16	Katı	30-50	Sıkı				
17-30	Çok katı	> 50	Çok sıkı				
> 30	Çok sert						

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 07/04/2004
 Sondaj Derinliği (m): 15.45 m
 Logu Yapan :
 Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-2
 Sondaj Yeri : Başak Mah.
 GPS Koordinatları: 10606 D/ 95795 K
 Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 27 m
1.5							Nebati toprak
3.0	SPT 1	6 - 7 - 8	15	1.50-1.95			Koyu kahverengi, sert, plastik kıvamda, alüvyon kili.
	UD	2.50-3.00					
4.5	SPT 2	9-12-13	25	3.00-3.45			UD tüpü 6. m'de kaldığı için bu metredeki SPT darbeleri iptal edilmiştir.
6.0	SPT 3	9 - 11 - 13	24	4.50-4.95			
7.5	SPT 4	iptal	-	6.00-6.45			Aynı kil birimi içerisinde kum boyutu karbonat taneleri görülmekte. Ancak birimin geneli içerisindeki dağılım seyrek ve düzensiz.
9.0	SPT 6	14-18-27	45	7.50-7.95			
10.5	SPT 6	15-21-21	42	9.00-9.45			Birim içerisinde çakıl boyutu karbonat yumruları görülmekte. Yumrular kısmen taşlaşmış durumda ve bu özelliği ile kil içindeki sert kısımları oluşturmaktadır.
12.0	SPT 7	17-21-25	46	10.50-10.95			
13.5	UD	11.50-12.00					Kuyu sonu 15.45 m
15.0	SPT 8	15-17-17	35	12.00-12.45			
	SPT 9	18-21-25	46	13.50-13.95			
	SPT 10	21-19-25	44				
SPT-N (ince taneli zemin) 0 - 2 Çok yumuşak 3 - 5 Yumuşak 6 - 9 Orta katı 10 - 16 Katı 17 - 30 Çok katı > 30 Çok sert					SPT-N (iri taneli zemin) 0 - 4 Çok gevşek 4 - 10 Gevşek 10 - 30 Orta sıkı 30 - 50 Sıkı > 50 Çok sıkı		SPT : Standart penetrasyon deneyi UD : Örselenmemiş örnek D : Örselenmiş örnek S : Sediman örnek

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 08/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 15.45 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-3
Sondaj Yeri : Bahçelievler Mah.
GPS Koordinatları: 09838 D/ 94470 K
Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 17 m
1.5							Nebati toprak
3.0		SPT 1	6 - 7 - 9 1.50-1.95	16			
		UD	2.50-3.00				
4.5		SPT 2	7-11-11 3.00-3.45	22			
6.0		SPT 3	7 - 11 - 15 4.50-4.95	26			Koyu kahverengi, sert, plastik kıvamda alüvyon kili.
		UD	5.50-6.00				6.00. metredeki SPT'de karbonat yumruları görölmüştür. Bu seviyeler SPT darbe sayılarının yükselmesine neden olmuştur.
7.5		SPT 4	12-17-20 6.00-6.45	37			
9.0		SPT 5	13-15-25 7.50-7.95	40			
10.5		SPT 6	15-18-20 9.00-9.45	38			
12.0		SPT 7	11-16-20 10.50-10.95	36			
		UD	11.50-12.00				
13.5		SPT 8	9-13-15 12.00-12.45	28			
15.0		SPT 10	14-18-24 13.50-13.95	42			14.00 metreden sonra birim içinde ince çakıl-kum boyutu malzeme ile karşılaşılmıştır.
		UD	14.50-15.00				
		SPT 11	17-21-28	49			Kuyu sonu 15.45 m
SPT-N (ince taneli zemin)		SPT-N (iri taneli zemin)		SPT : Standart penetrasyon deneyi			
0 - 2 Çok yumuşak		0 - 4 Çok gevşek		UD : Örselenmemiş örnek			
3 - 5 Yumuşak		4 - 10 Gevşek		D : Örselenmiş örnek			
6 - 9 Orta katı		10 - 30 Orta sıkı		S : Sediman örnek			
10 - 16 Katı		30 - 50 Sıkı					
17 - 30 Çok katı		> 50 Çok sıkı					
> 30 Çok sert							

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 09/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 10.00 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-4
Sondaj Yeri : Çamlıbel Mah.
GPS Koordinatları: 12205 D/ 97832 K
Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 38 m
1.5							Nebati toprak
3.0		SPT 1	6-10-9 1.50-1.95	19			Koyu kahverengi, sert, plastik kıvamda, alüvyon kili.
4.5		UD	2.50-3.00				
4.5		SPT 2	10-13-15 3.00-3.45	28			Siltli, killi kum ve kumlu kil.
6.0		SPT 3	21-19-16 4.50-4.95	35			
6.0		UD	5.50-6.00				
7.5		SPT 4	12-15-19 6.00-6.45	34			Kahverengi, karbonat yumrulu, ince çakıllı içeren alüvyon kili.
9.0		SPT 6	13-27-R 7.50-7.92	R			Son SPT tüpü büyük çoğunluğu karbonat yumrularından oluşan killi birimin varlığını ortaya koymuştur Özellikle bu karbonatlı kesimlerden dolayı SPT darbe sayıları artmıştır.
10.5		SPT 6	24-50/12 9.55-9.82	R			
12.0							Kuyu sonu 10.00 m
13.5							
15.0							
<p>SPT-N (ince taneli zemin)</p> <p>0-2 Çok yumuşak</p> <p>3-5 Yumuşak</p> <p>6-9 Orta katı</p> <p>10-16 Katı</p> <p>17-30 Çok katı</p> <p>> 30 Çok sert</p>				<p>SPT-N (iri taneli zemin)</p> <p>0-4 Çok gevşek</p> <p>4-10 Gevşek</p> <p>10-30 Orta sıkı</p> <p>30-50 Sıkı</p> <p>> 50 Çok sıkı</p>		<p>SPT : Standart penetrasyon deneyi</p> <p>UD : Örselenmemiş örnek</p> <p>D : Örselenmiş örnek</p> <p>S : Sediman örnek</p>	

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 13/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 10.00 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-5
Sondaj Yeri : Yenidoğan Mah.
GPS Koordinatları: 12633 D/ 96533 K
Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 34 m
1.5							Nebati toprak
3.0	SPT 1	UD	9-10-13 1.50-1.95 2.50-3.00	23			Koyu kahverengi, sert, plastik kıvamda, alüvyon kili. Seviye içerisinde az miktarda karbonat çakılı bulunmakta.
4.5	SPT 2		14-18-22 3.00-3.45	40			Aynı kil birimi içerisinde ince-iri çakıl boyutu karbonatlı kesimler görülmekte. Karbonat çakıllarının gelişgüzel dağılımı olmaları SPT darbe sayılarında aşırı artışlara neden olmamıştır.
6.0	SPT 3		10-15-25 4.50-4.95	40			
7.5	SPT 4		11-15-22 6.00-6.45	37			
9.0	SPT 5		10-12-20 7.50-7.95	32			
10.5	UD		9.00-9.55				
10.5	SPT 6		17-28-32 9.55-10.00	60			
12.0							Kuyu sonu 10.00 m
13.5							
15.0							

SPT-N (ince taneli zemin)
0-2 Çok yumuşak
3-5 Yumuşak
6-9 Orta katı
10-16 Katı
17-30 Çok katı
> 30 Çok sert

SPT-N (iri taneli zemin)
0-4 Çok gevşek
4-10 Gevşek
10-30 Orta sıkı
30-50 Sıkı
> 50 Çok sıkı

SPT : Standart penetrasyon deneyi
UD : Örselenmemiş örnek
D : Örselenmiş örnek
S : Sediman örnek

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 14/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 15.45 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-6
Sondaj Yeri : Levent Mah.
GPS Koordinatları: 12110 D/ 94980 K
Y.S.S (m) : 5.40 m

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması		
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 24 m		
1.5							Nebatı toprak		
3.0	SPT 1		5 - 9 - 14 1.50-1.95	23			Kahverengi, saf, plastik alüvyon kili.		
4.5	SPT 2		7 - 11 - 13 3.00-3.45	24			3.00 metrede karbonat yumruları görülmüştür.		
6.0	SPT 3		9 - 13 - 15 4.50-4.95	26			Birim içerisinde dağılımı düzensiz ince karbonat çakılları da yer almakta.		
7.5	UD 1		5.50-6.00						
9.0	SPT 4		12 - 14 - 21 6.00-6.45	35					
10.5	SPT 5		12 - 16 - 19 7.50-7.95	35					
12.0	UD 2		8.50-9.00						
13.5	SPT 6		10 - 12 - 14 9.00-9.45	26					
15.0	SPT 7		11 - 15 - 17 10.50-10.95	32			Kuyu sonunda kısmen az da olsa kum boyutu malzeme görülmüştür. Bu seviyede karbonat çakıllarının boyutları daha büyüktür.		
	UD 3		11.50-12.00						
	SPT 8		7 - 10 - 15 12.00-12.45	25					
	SPT 9		15 - 20 - 25 13.50-13.95	45			Y.S.S'nin yüzeye yakın olmasından dolayı SPT darbe sayıları daha düşük elde edilmiştir.		
	UD 4		14.50-15.00						
	SPT 10		20 - 25 - 31	56			Kuyu sonu 15.45 m		
SPT-N (ince taneli zemin) 0 - 2 Çok yumuşak 3 - 5 Yumuşak 6 - 9 Orta katı 10 - 16 Katı 17 - 30 Çok katı > 30 Çok sert				SPT-N (iri taneli zemin) 0 - 4 Çok gevşek 4 - 10 Gevşek 10 - 30 Orta sıkı 30 - 50 Sıkı > 50 Çok sıkı				SPT : Standart penetrasyon deneyi UD : Örselenmemiş örnek D : Örselenmiş örnek S : Sediman örnek	

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 15/04/2004
 Sondaj Derinliği (m): 10.00 m
 Logu Yapan :
 Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-7
 Sondaj Yeri : Yavuzlar Mah.
 GPS Koordinatları: 08621 D/ 98282 K
 Y.S.S (m) : 4.80

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 19 m
1.5							Nebati toprak
3.0	SPT 1		7 -11-14 1.50-1.95	25			Açık kahverengi, sert, plastik kıvamda alüvyon kili. Birim içerisinde ince çakıl boyutunda malzeme yer almakta.
4.5	SPT 2		10-15-20 3.00-3.45	35			
6.0	SPT 3		9-19 -15 4.50-4.95	34			Kil içinde çört ve kçt çakılları ile kum taneleri görüldü. Yeraltı suyundan dolayı taneler arası bağ oldukça zayıf, bu yüzden UD alınamadı.
7.5	SPT 4		9-10- 8 6.00-6.45	18			
9.0	SPT 5		10-17-50/12 7.50-7.92	R			
9.0	SPT 6		45-50/12 9.70-9.97	R			Bol kum içerikli iri kçt ve ofiyolit çakılı içeren taraça konglomerası. Birim gevşek tutturulmuş, karot alımı denemesinde başarısız olundu.
10.5							
12.0							Kuyu sonu 10.00 m
13.5							
15.0							
SPT-N (ince taneli zemin)		SPT-N (iri taneli zemin)		SPT : Standart penetrasyon deneyi			
0-2 Çok yumuşak		0-4 Çok gevşek		UD : Örselememiş örnek			
3-5 Yumuşak		4-10 Gevşek		D : Örselemiş örnek			
6-9 Orta katı		10-30 Orta sıkı		S : Sediman örnek			
10-16 Katı		30-50 Sıkı					
17-30 Çok katı		> 50 Çok sıkı					
> 30 Çok sert							

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 16/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 12.00 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-8
Sondaj Yeri : Narlıca Mah.
GPS Koordinatları: 04018 D/ 97066 K
Y.S.S (m) : 7.00

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 20 m
1.5							Nebati toprak
3.0		SPT 1	10-15-19 1.50-1.95	34			Koyu kahverengi, sert, plastik kıvamda alüvyon kilii.
4.5		SPT 2	9-16-20 3.00-3.45	36			
6.0		SPT 3	8-12-17 4.50-4.95	29			
6.0		UD 1	5.50-6.00				
7.5		SPT 4	12-12-15 6.00-6.45	27			Açık kahverengi, siltli, az çakıllı kum
9.0		SPT 6	20-40-50/7 7.50-7.87	R			Kumlu çakıl. Çakıl ve kum oranları düzensiz bir şekilde değişiyor. Çakıl ile birlikte blok boyutu malzeme de bulunmakta. Kuyu sonuna doğru yeraltı suyunun da etkisi ile yıkıntılar görölmüştür.
10.5		SPT 6	12-17-20 9.00-9.45	37			
12.0		SPT 7	11-16-29 10.50-10.95	45			
13.5		SPT 8	Yapılamadı				Kuyu sonu 12.00 m
15.0							
SPT-N (ince taneli zemin)			SPT-N (iri taneli zemin)			SPT : Standart penetrasyon deneyi	
0-2 Çok yumuşak			0-4 Çok gevşek			UD : Örselenmemiş örnek	
3-5 Yumuşak			4-10 Gevşek			D : Örselenmiş örnek	
6-9 Orta katı			10-30 Orta sıkı			S : Sediman örnek	
10-16 Katı			30-50 Sıkı				
17-30 Çok katı			> 50 Çok sıkı				
> 30 Çok sert							

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 17/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 14.60 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-9
Sondaj Yeri : Fevzipaşa Mah.
GPS Koordinatları: 00944 D/ 97725 K
Y.S.S (m) : 12.70

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 25 m
1.5							Koyu kahverengi, ince karbonat taneleri içeren plastik alüvyon kili
3.0	SPT 1		6 - 7 - 11 1.50-1.95	18			
4.5	SPT 2		5 - 7 - 9 3.00-3.45	16			
6.0	SPT 3		8 - 10 - 13 4.50-4.95	23			
7.5	UD 1		5.50-6.00				
9.0	SPT 4		10 - 16 - 19 6.00-6.45	35			
10.5	SPT 5		13 - 15 - 25 7.50-7.95	40			
12.0	UD 2		8.50-9.00				
13.5	SPT 6		11 - 13 - 17 9.00-9.45	30			
15.0	SPT 7		11 - 17 - 42 10.50-10.95	59			
	SPT 8		28 - 31 - 50 / 10 12.00-12.45	R			Koyu kırmızı-bordo renkli, kum ve çakıl boyutu karbonat taneleri içeren plastik alüvyon kili. Karbonat yumruları SPT darbe sayılarının yükselmesine neden olmuştur. Kuyu sonuna doğru birim daha sert haldedir.
	SPT 9		14 - 18 - 24 13.50-13.95	42			
	SPT 10		14.55-14.60 50/3	R			Kuyu sonu 14.60 m

SPT-N (ince taneli zemin)

0 - 2 Çok yumuşak
3 - 5 Yumuşak
6 - 9 Orta katı
10 - 16 Katı
17 - 30 Çok katı
> 30 Çok sert

SPT-N (iri taneli zemin)

0 - 4 Çok gevşek
4 - 10 Gevşek
10 - 30 Orta sıkı
30 - 50 Sıkı
> 50 Çok sıkı

SPT : Standart penetrasyon deneyi
UD : Örselenmemiş örnek
D : Örselenmiş örnek
S : Sediman örnek

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 18/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 14.90 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-10
Sondaj Yeri : Yeşiloba Afetevleri Mah.
GPS Koordinatları: 99524 D/ 97579 K
Y.S.S (m) : 11.30

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 25 m
1.5							Koyu kahverengi, ince karbonat taneleri içeren plastik alüvyon kili
3.0		SPT 1	6 -10-13 1.50-1.95	23			
4.5		SPT 2	6- 9- 14 3.00-3.45	23			
6.0		SPT 3	9 -15-20 4.50-4.95	35			
6.0		UD 1	5.50-6.00				
6.0		SPT 4	14-17-24 6.00-6.45	41			
7.5		SPT 5	11-19-25 7.50-7.95	44			
9.0		UD 2	8.50-9.00				
9.0		SPT 6	14-21-23 9.00-9.45	44			
10.5		SPT 7	9-14-22 10.50-10.95	36			
12.0		UD 3	11.50-12.00				Koyu kırmızı-bordo renkli, iri çakıl, blok boyutu karbonat yumruları içeren alüvyon kili. Karbonat yumruları SPT darbe sayılarının yükselmesine neden olmuştur. Kuyu sonuna doğru birim daha sert haldedir.
13.5		SPT 8	16-37-50/8 12.00-12.45	R			
15.0		SPT 9	31-43-50/5 14.55-14.90	R			
Kuyu sonu 14.90 m							
SPT-N (ince taneli zemin) 0 - 2 Çok yumuşak 3 - 5 Yumuşak 6 - 9 Orta katı 10 - 16 Katı 17 - 30 Çok katı > 30 Çok sert			SPT-N (iri taneli zemin) 0 - 4 Çok gevşek 4 - 10 Gevşek 10 - 30 Orta sıkı 30 - 50 Sıkı > 50 Çok sıkı			SPT : Standart penetrasyon deneyi UD : Örselenmemiş örnek D : Örselenmiş örnek S : Sediman örnek	

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 19/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 15.45 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-11
Sondaj Yeri : Hipodrom
GPS Koordinatları: 98171 D/ 96555 K
Y.S.S (m) : 2.70 m

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 21 m
1.5							Nebati toprak
3.0		SPT 1	4 - 5 - 7 1.50-1.95	12			Koyu kahverengi, plastik, ince karbonat taneleri içeren alüvyon kili
4.5		SPT 2	7 - 9 - 12 3.00-3.45	21			
6.0		SPT 3	9 - 12 - 32 4.50-4.95	44			Çakıllı seviye (30 cm)
7.5		SPT 4	22 - 15 - 20 6.00-6.45	35			Kumlu seviye (20 cm)
9.0		SPT 5	7 - 13 - 14 7.50-7.95	27			Kuyu sonuna kadar birim kısmen homojen bir yayılım sunmakta. Karbonat tanelerinin yayılımında seviyeler içinde değişiklikler olmakta.
10.5		SPT 6	6 - 13 - 16 9.00-9.45	29			
12.0		SPT 7	11 - 15 - 21 10.50-10.95	36			
13.5		SPT 8	10 - 16 - 19 12.00-12.45	35			Y.S.S'nin yüzeye yakın olmasından dolayı SPT darbe sayıları düşük ve birimin homojenliğinden ötürü birbirine yakın çıkmıştır.
15.0		SPT 9	10 - 14 - 17 13.50-13.95	31			
15.45		SPT 10	14 - 17 - 26 15.00-15.45	43			Kuyu sonu 15.45 m
		SPT-N (ince taneli zemin)		SPT-N (iri taneli zemin)		SPT : Standart penetrasyon deneyi	
		0 - 2 Çok yumuşak		0 - 4 Çok gevşek		UD : Örselenmemiş örnek	
		3 - 5 Yumuşak		4 - 10 Gevşek		D : Örselenmiş örnek	
		6 - 9 Orta katı		10 - 30 Orta sıkı		S : Sediman örnek	
		10 - 16 Katı		30 - 50 Sıkı			
		17 - 30 Çok katı		> 50 Çok sıkı			
		> 30 Çok sert					

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 20/04/2004
 Sondaj Derinliği (m): 12.25 m
 Logu Yapan :
 Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-12
 Sondaj Yeri : Yeşilevler Mah.
 GPS Koordinatları: 03272 D/ 98111 K
 Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 22 m
1.5							Nebati toprak
3.0	SPT 1		5-9-12 1.50-1.95	21			Koyu kahverengi, sert kıvamda, plastik alüvyon kili. Seviye içerisinde az miktarda karbonat çakılı bulunmaktadır.
4.5	SPT 2		11-16-17 3.00-3.45	33			<p>Siltli kil - kumlu, siltli kil. Kil birimi içerisinde bol miktarda silt ve kum boyutu malzeme bulunmakta .</p> <p>6. metrede yapılan SPT de tanelerde karbonatlaşma etkisiyle tutturulma olduğundan darbe sayılarında önemli artışların olduğu görülmüştür. Birim yine koyu kahverengi alüvyon kilinin fiziksel özelliklerine sahip.</p> <p>7 ve 8. SPT seviyelerinde sertlik arttığından darbe sayıları aşırı derecede yükselmiştir.</p>
6.0	SPT 3		18-20-26 4.50-4.95	46			
7.5	SPT 4		23-50-R 6.00-6.35	R			
9.0	SPT 5		25-50/9 7.50-7.74	R			
10.5	SPT 6		22-50/13 9.00-9.27	R			
12.0	SPT 7		50-R 10.50-10.65	R			
13.5	SPT 8		31-50/9 12.00-12.24	R			
15.0							
SPT-N (İnce taneli zemin)		SPT-N (İri taneli zemin)				SPT : Standart penetrasyon deneyi	
0-2 Çok yumuşak		0-4 Çok gevşek				UD : Örselenmemiş örnek	
3-5 Yumuşak		4-10 Gevşek				D : Örselenmiş örnek	
6-9 Orta katı		10-30 Orta sıkı				S : Sediman örnek	
10-16 Katı		30-50 Sıkı					
17-30 Çok katı		> 50 Çok sıkı					
> 30 Çok sert							

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 21/04/2004
 Sondaj Derinliği (m): 12.15 m
 Logu Yapan :
 Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-13
 Sondaj Yeri : 2000 Evler Mah.
 GPS Koordinatları: 01443 D/ 00512 K
 Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafığı	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 70 m
1.5							Nebati toprak
3.0		SPT-1	12-17-23 1.50-1.95	40			Kırmızı renkli, plastik kıvamda, ince çakıl ve kum boyu malzeme içeren karbonatlı kalış kili.
4.5		SPT-2	24-31-43 3.00-3.45	74			Sert karbonat yumruları içeren kırmızı renkli kalış kili.
6.0		SPT-3	35-50/10 4.50-4.75	R			SPT-2'de yaygın karbonatlaşmadan dolayı N sayılarında ani artış dikkati çekmekte.
7.5		SPT-3	29-50/9 7.50-7.74	R			4.50 m'den sonra sediman örnek alınarak ilerlenebilmiştir. Birim içinde ara seviyeler halinde kumlu ve siltli kısımlar kesilmiştir.
9.0		SPT-4	50/13 9.00-9.13	R			Bitki kalıntıları ve mangan sıvamaları içeren açık sarı, krem renkli sert kil (Handere Kil)
10.5		SPT-5	50/13 10.50-10.63	R			
12.0		SPT-6	50/14 12.00-12.14	R			
13.5							Kuyu sonu 12.15 m
15.0							
SPT-N (ince taneli zemin)		SPT-N (iri taneli zemin)					
0-2 Çok yumuşak		0-4 Çok gevşek					
3-5 Yumuşak		4-10 Gevşek					
6-9 Orta katı		10-30 Orta sıkı					
10-16 Kattı		30-50 Sıkı					
17-30 Çok katı		> 50 Çok sıkı					
> 30 Çok sert							
							SPT : Standart penetrasyon deneyi UD : Örselenmemiş örnek D : Örselenmiş örnek S : Sediman örnek

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 23/04/2004
 Sondaj Derinliği (m): 10.00 m
 Logu Yapan :
 Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-14
 Sondaj Yeri : 100.Yıl Kadirbeyoğlu Mah.
 GPS Koordinatları: 00079 D/ 01665 K
 Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							10 20 30 40 50
1.5							Nebati toprak
3.0		SPT 1	22-40-50/14 1.50-1.95 Karot	R			Açık kahve- kırmızı renkli, karbonat yumrulu ve bitki kalıntılı kalış kili. Karbonat, yumrular ve sütunlar şeklinde yaygın bir şekilde yer almaktadır.
4.5			2.50-3.00 Karot				Birim içerisinde çakıllı - kumlu seviyelere rastlanmıştır. Ancak seviyelerin birim içindeki dağılımı düzensizdir.
6.0			4.50-6.00 Sediman Numune				6.00-10.00 m arası sulu sistem ilerlendiğinden sediman örnek alınabilmiştir. Birimin sertliği derine inildikçe artmaktadır.
7.5							
9.0							
10.5			6.00-10.00				Kuyu sonu 10.00 m
12.0							
13.5							
15.0							
SPT-N (ince taneli zemin)		SPT-N (iri taneli zemin)		SPT : Standart penetrasyon deneyi			
0-2 Çok yumuşak		0-4 Çok gevşek		UD : Örselenmemiş örnek			
3-5 Yumuşak		4-10 Gevşek		D : Örselenmiş örnek			
6-9 Orta katı		10-30 Orta sıkı		S : Sediman örnek			
10-16 Katı		30-50 Sıkı					
17-30 Çok katı		> 50 Çok sıkı					
> 30 Çok sert							

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 24/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 10.00 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-15
Sondaj Yeri : Pınar Mah.
GPS Koordinatları: 03505 D/ 00084 K
Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 55 m
1.5							Nebati toprak
3.0	SPT-1	UD 1	8-5-19 1.50-1.95	24			Kırmızı renkli, plastik kıvamda, karbonat yumrulu kalış kili. SPT 2'de siyah renkli mangan sıvımaları, ve ince çakıl taneleri görülmüştür
4.5	SPT-2		14-24-28 3.00-3.45	52			
6.0	SPT-3		12-28-50/13 4.50-4.93	R			Sert karbonat yumruları içeren kırmızı renkli kalış kili.
7.5	SPT-4		21-33-50/5 6.00-6.35	R			SPT-3'de yaygın karbonatlaşmadan dolayı N sayılarında ani artış dikkati çekmektedir.
9.0	SPT-5		20-30-50/6 7.50-7.86	R			
10.5	SPT-6		17-22-33 9.55-10.00	55			Kuyu sonu 10.00 m
12.0							
13.5							
15.0							
SPT-N (ince taneli zemin)		SPT-N (iri taneli zemin)		SPT : Standart penetrasyon deneyi			
0-2 Çok yumuşak		0-4 Çok gevşek		UD : Örselenmemiş örnek			
3-5 Yumuşak		4-10 Gevşek		D : Örselenmiş örnek			
6-9 Orta katı		10-30 Orta sıkı		S : Sediman örnek			
10-16 Katı		30-50 Sıkı					
17-30 Çok katı		> 50 Çok sıkı					
> 30 Çok sert							

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 24/04/2004
Sondaj Derinliği (m): 5.00 m
Logu Yapan :
Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-16
Sondaj Yeri : Mithatpaşa Mah.
GPS Koordinatları: 04536 D/ 98360 K
Y.S.S (m) : -

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipi	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 25 m
1.5							Nebati toprak
1.5		SPT 1	19-20-31 1.50-1.95	51			Kahverengi, 2-3 cm boyutunda çakıl içeren bol karbonatlı alüvyon kili.
3.0		SPT 2	3.00-3.05 50/5	R			Üst seviyeleri gevşek tutturulmuş ve kumlu, derine doğru daha iyi tutturulmuş ve iri taneli taraça. SPT yapılamamıştır.
4.5							
6.0							Kuyu sonu 5.00 m
7.5							
9.0							
10.5							
12.0							
13.5							
15.0							
SPT-N (ince taneli zemin)		SPT-N (iri taneli zemin)		SPT : Standart penetrasyon deneyi			
0-2 Çok yumuşak		0-4 Çok gevşek		UD : Örselenmemiş örnek			
3-5 Yumuşak		4-10 Gevşek		D : Örselenmiş örnek			
6-9 Orta katı		10-30 Orta sıkı		S : Sediman örnek			
10-16 Katı		30-50 Sıkı					
17-30 Çok katı		> 50 Çok sıkı					
> 30 Çok sert							

SONDAJ LOGU

Sondaj Tarihi : 25/04/2004
 Sondaj Derinliği (m): 10.00 m
 Logu Yapan :
 Arş. Gör. İbrahim ÇOBANOĞLU

Sondaj No: SK-17
 Sondaj Yeri : Mirzaçelebi Mah.
 GPS Koordinatları: 06397 D/ 95683 K
 Y.S.S (m) : 4.80 m

Derinlik (m)	Örnek yeri	Örnek tipl	SPT darbe sayıları ve derinlik	SPT - N	SPT Grafiği	Sondaj profili	Litoloji Tanımlaması
							Sondaj yerinin topoğrafik yüksekliği: 22 m
1.5							Dolgu
3.0		SPT 1	14-25-27 1.50-1.90	52			
4.5		SPT 2	7-10-16 3.00-3.45	26			Kahverengi-gri, nemli, yumuşak ve plastik killi silt.
6.0		SPT 3	3 - 3 - 3 4.50-4.95	6			
7.5		SPT 4	4 - 5 - 3 6.00-6.45	8			Az miktarda orta-iri çakıl boyutu malzeme içeren kısmen sıkı killi kum. Aynı birim UD 1'de de görülmüştür.
9.0		SPT 5	5 - 7 - 11 7.50-7.95	18			
10.5		UD 1	9.00-9.55				Kuyu sonu 10.00 m
		SPT 6	10-13-20 9.55-10.00	23			
12.0							
13.5							
15.0							

SPT-N (ince taneli zemin)

0-2 Çok yumuşak

3-5 Yumuşak

6-9 Orta katı

10-16 Katı

17-30 Çok katı

> 30 Çok sert

SPT-N (iri taneli zemin)

0-4 Çok gevşek

4-10 Gevşek

10-30 Orta sıkı

30-50 Sıkı

> 50 Çok sıkı

SPT : Standart penetrasyon deneyi

UD : Örselenmemiş örnek

D : Örselenmiş örnek

S : Sediman örnek

EK – 3

SİSMİK RİSK ANALİZİNDE

KULLANILAN ALETSEL DÖNEM

DEPREM KAYITLARI

EK – 3. Adana ilini etkileyen aletsel dönem depremler (1900 – 2001 yılları arası).

<i>Sıra No</i>	<i>Tarih</i>	<i>Episantr (Enlem / Boylam)</i>	<i>Büyüklik</i>
1	1906	37.60 N / 36.80 E	5.1
2	12. 1907	37.60 N / 34.50 E	6.2
3	02.02.1908	37.50 N / 34.50 E	4.9
4	17.02.1908	37.06 N / 35.80 E	6.0
5	30.10.1908	37.60 N / 36.80 E	5.4
6	1908	37.10 N / 36.20 E	5.1
7	20.03.1910	36.80 N / 34.60 E	4.9
8	25.12.1915	36.47 N / 36.14 E	5.2
9	27.05.1918	37.20 N / 35.40 E	5.3
10	27.01.1919	36.25 N / 36.10 E	4.3
11	01.02.1922	38.00 N / 37.10 E	5.3
12	21.12.1923	36.23 N / 36.1 E	4.0
13	13.12.1924	38.00 N / 33.50 E	4.9
14	01.05.1925	37.00 N / 35.30 E	4.6
15	17.03.1926	37.00 N / 35.00 E	5.5
16	31.07.1926	36.50 N / 36.00 E	4.3
17	29.12.1926	38.50 N / 34.50 E	4.3
18	24.02.1928	38.00 N / 33.50 E	4.3
19	23.08.1928	36.50 N / 36.00 E	4.8
20	07.02.1929	37.00 N / 35.50 E	4.3
21	16.05.1929	36.50 N / 36.00 E	4.5
22	04.08.1929	36.50 N / 36.00 E	4.7
23	17.12.1930	36.20 N / 36.10 E	4.1
24	26.12.1932	36.90 N / 34.70 E	5.2
25	25.09.1933	37.00 N / 35.50 E	5.0
26	14.06.1936	36.60 N / 35.85 E	5.5
27	03.02.1940	38.50 N / 36.85 E	4.5
28	21.02.1940	38.40 N / 35.30 E	5.2
29	1940	38.00 N / 34.20 E	5.2
30	20.04.1941	37.35 N / 35.70 E	4.6
31	27.04.1941	37.50 N / 36.00 E	4.3
32	28.06.1944	37.50 N / 35.00 E	5.2
33	26.10.1944	37.60 N / 36.90 E	4.3
34	20.03.1945	37.10 N / 35.70 E	6.0
35	14.04.1947	37.14 N / 36.32 E	4.4
36	09.12.1947	36.52 N / 34.34 E	5.6

<i>Sıra No</i>	<i>Tarih</i>	<i>Episantr (Enlem / Boylam)</i>	<i>Büyüklik</i>
37	10.12.1947	37.00 N / 35.70 E	5.2
38	23.05.1949	37.10 N / 36.20 E	4.3
39	07.07.1949	37.50 N / 36.10 E	4.9
40	14.01.1950	36.50 N / 35.80 E	4.5
41	25.01.1951	37.50 N / 36.30 E	4.9
42	08.04.1951	36.50 N / 35.85 E	5.8
43	27.05.1951	36.60 N / 36.30 E	4.3
44	12.07.1951	36.60 N / 36.30 E	4.8
45	22.10.1952	37.25 N / 35.65 E	5.6
46	24.03.1953	37.02 N / 37.00 E	5.0
47	25.07.1959	37.20 N / 34.60 E	4.2
48	01.06.1961	37.65 N / 36.75 E	5.0
49	10.09.1961	37.00 N / 36.10 E	4.7
50	16.01.1962	37.60 N / 36.90 E	4.6
51	20.03.1962	38.30 N / 36.90 E	4.6
52	26.03.1962	38.30 N / 37.10 E	4.2
53	29.03.1962	37.20 N / 36.50 E	4.6
54	02.02.1964	36.50 N / 35.80 E	4.1
55	17.11.1964	36.80 N / 35.30 E	4.6
56	15.12.1964	36.46 N / 34.80 E	4.5
57	25.11.1965	37.24 N / 36.22 E	4.5
58	26.06.1966	36.84 N / 35.92 E	4.8
59	07.04.1967	37.43 N / 36.15 E	4.6
60	07.04.1967	37.36 N / 36.24 E	4.8
61	30.05.1968	36.30 N / 36.20 E	4.3
62	16.06.1968	36.70 N / 34.25 E	4.4
63	15.05.1969	37.30 N / 35.00 E	4.7
64	19.05.1969	37.75 N / 35.30 E	4.6
65	24.05.1969	36.82 N / 35.30 E	4.2
66	29.08.1969	38.00 N / 36.50 E	4.2
67	13.10.1970	38.28 N / 36.98 E	4.6
68	30.04.1971	37.76 N / 36.18 E	4.4
69	29.06.1971	37.11 N / 36.85 E	5.1
70	29.06.1971	37.33 N / 36.72 E	4.5
71	01.07.1971	37.17 N / 36.91 E	4.5
72	11.07.1971	37.16 N / 36.85 E	5.3

<i>Sıra No</i>	<i>Tarih</i>	<i>Episantr (Enlem / Boylam)</i>	<i>Büyükük</i>
73	15.07.1971	37.20 N / 36.80 E	4.6
74	17.08.1971	37.10 N / 36.77 E	5.1
75	13.05.1972	38.00 N / 36.10 E	4.5
76	01.01.1975	36.67 N / 36.49 E	4.8
77	15.07.1976	37.55 N / 35.90 E	4.6
78	30.07.1976	36.71 N / 35.90 E	4.6
79	08.04.1977	37.90 N / 36.70 E	4.3
80	11.12.1977	37.30 N / 36.20 E	4.7
81	09.02.1978	37.07 N / 36.84 E	4.4
82	26.04.1979	37.54 N / 36.16 E	4.7
83	28.12.1979	37.52 N / 35.85 E	4.7
84	02.01.1980	36.56 N / 36.38 E	4.6
85	19.05.1980	37.57 N / 35.92 E	4.5
86	01.09.1980	37.64 N / 36.15 E	4.2
87	19.02.1980	36.35 N / 36.42 E	4.6
88	24.02.1981	36.44 N / 36.18 E	4.4
89	30.06.1981	36.17 N / 35.89 E	4.7
90	11.02.1982	36.08 N / 35.89 E	4.2
91	24.04.1982	37.74 N / 35.40 E	4.2
92	18.05.1982	37.10 N / 36.40 E	4.1
93	20.05.1982	37.60 N / 35.80 E	4.0
94	05.08.1982	38.00 N / 35.23 E	4.4
95	24.11.1983	37.05 N / 36.12 E	4.7
96	15.11.1984	37.12 N / 36.28 E	4.3
97	22.06.1985	37.26 N / 36.98 E	4.5
98	21.12.1985	37.55 N / 35.47 E	4.6
99	21.12.1985	37.56 N / 35.40 E	4.4
100	09.06.1986	37.98 N / 36.90 E	4.0
101	20.07.1986	37.81 N / 35.91 E	4.1
102	20.11.1987	37.10 N / 36.38 E	4.1
103	31.12.1987	37.02 N / 36.02 E	4.2
104	01.01.1988	36.35 N / 35.47 E	4.4
105	17.12.1988	37.50 N / 36.20 E	4.1
106	06.03.1989	37.44 N / 36.42 E	4.4
107	02.04.1989	37.76 N / 36.66 E	4.2
108	24.06.1989	36.71 N / 35.93 E	4.9

<i>Sıra No</i>	<i>Tarih</i>	<i>Episantr (Enlem / Boylam)</i>	<i>Büyüklik</i>
109	15.10.1989	36.85 N / 35.78 E	4.3
110	10.04.1991	37.31 N / 36.14 E	5.2
111	11.08.1991	36.15 N / 35.90 E	4.0
112	14.09.1991	37.10 N / 36.00 E	4.1
113	19.09.1991	36.14 N / 35.83 E	4.2
114	26.09.1991	37.37 N / 36.31 E	4.7
115	02.10.1991	37.37 N / 36.04 E	4.3
116	19.01.1992	37.59 N / 35.91 E	4.1
117	29.05.1992	37.53 N / 36.81 E	4.2
118	21.07.1993	37.14 N / 36.86 E	4.2
119	03.01.1994	37.00 N / 35.84 E	5.0
120	10.02.1994	36.97 N / 35.83 E	4.9
121	30.07.1994	37.33 N / 36.15 E	4.5
122	13.04.1995	37.39 N / 36.13 E	4.5
123	05.06.1995	37.75 N / 36.43 E	4.0
124	22.06.1995	36.76 N / 35.10 E	4.0
125	29.10.1995	37.83 N / 35.68 E	4.1
126	20.03.1996	36.91 N / 36.10 E	4.3
127	02.04.1996	37.50 N / 36.81 E	4.4
128	05.06.1996	37.15 N / 36.21 E	4.0
129	10.07.1996	37.38 N / 36.19 E	4.1
130	15.08.1996	36.33 N / 35.54 E	4.2
131	24.09.1996	37.18 N / 35.67 E	4.1
132	13.11.1996	36.80 N / 36.35 E	4.0
133	06.01.1997	36.93 N / 35.68 E	4.2
134	22.01.1997	36.14 N / 36.12 E	5.5
135	22.01.1997	36.13 N / 36.08 E	5.0
136	23.01.1997	36.16 N / 36.33 E	4.0
137	26.02.1997	36.07 N / 36.27 E	4.0
138	03.01.1998	37.18 N / 35.64 E	4.1
139	27.06.1998	36.96 N / 35.52 E	6.3
140	27.06.1998	36.81 N / 35.61 E	4.2
141	27.06.1998	37.23 N / 35.74 E	4.1
142	27.06.1998	37.01 N / 35.68 E	4.0
143	27.06.1998	36.84 N / 35.56 E	4.1
144	27.06.1998	36.56 N / 35.54 E	4.2

<i>Sıra No</i>	<i>Tarih</i>	<i>Episantr (Enlem / Boylam)</i>	<i>Büyüklik</i>
145	28.06.1998	37.00 N / 35.68 E	4.9
146	28.06.1998	36.95 N / 35.63 E	4.1
147	04.07.1998	36.85 N / 35.47 E	5.1
148	04.07.1998	36.85 N / 35.51 E	4.5
149	15.07.1998	36.86 N / 35.65 E	4.0
150	17.07.1998	36.70 N / 36.04 E	4.0
151	24.08.1998	36.84 N / 35.45 E	4.1
152	20.09.1998	36.89 N / 35.49 E	4.1
153	22.09.1998	36.98 N / 36.94 E	4.1
154	18.10.1998	37.29 N / 36.25 E	4.1
155	04.12.1998	35.59 N / 36.98 E	4.3
156	15.01.1999	37.03 N / 35.81 E	4.5
157	05.05.1999	36.95 N / 35.35 E	4.0
158	10.06.1999	36.28 N / 35.88 E	4.5
159	01.11.1999	37.30 N / 36.33 E	4.0
160	18.01.2000	37.43 N / 36.14 E	4.0
161	06.03.2000	37.17 N / 35.14 E	4.0
162	06.03.2000	37.19 N / 35.10 E	4.0
163	08.03.2000	37.18 N / 35.23 E	4.0
164	12.05.2000	37.00 N / 36.16 E	4.8
165	17.01.2001	36.96 N / 36.27 E	4.9