



DAVULTEPE (MERSİN) BÖLGESİ ZEMİNLERİNİN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EZGİ ARSLANTAŞ

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİMDALI**

**MERSİN
HAZİRAN- 2022**

**DAVULTEPE (MERSİN) BÖLGESİ ZEMİNLERİNİN
JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EZGİ ARSLANTAŞ
ORCID ID: 0000-0002-4129-678X

MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. KIVANÇ ZORLU ARAS
ORCID ID: 0000-0002-2086-7379

MERSİN
HAZİRAN - 2022

ÖZET

DAVULTEPE (MERSİN) BÖLGESİ ZEMİNLERİNİN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Türkiye’de özellikle nüfus yoğunluğu ve göç sebebiyle hızla artan kentleşme ve sanayileşme yapılaşmayı da artmıştır. Yapılaşmanın tasarımında ilk adım zeminlerin mühendislik özelliklerinin bilinmesidir. Zemin özelliklerini belirlemek amacıyla sondaj ve laboratuvar deneyinden elde edilen veriler kullanılmaktadır. Zemin etüdü yapılmayan binalarda, zemin-yapı etkileşimlerin bilinmediği durumlarda ve olası doğal afet sonucu zayıf zemin özelliği gösteren yapılarda çok ciddi hasarlara maddi kayıplara yol açmaktadır.

Tez kapsamında Davultepe (Mersin) bölgesi zeminlerinin jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanında 28 adet sondajdan elde edilen SPT sonuçları ve araziden alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Zeminlerin sınıflanması ve fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneyler sırasıyla; su içeriği, doğal ve kuru birim hacim ağırlık deneyi, tane boyu dağılımı ve atterberg limitleridir. Jeofizik çalışmalardan yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (MASW) ve elektrik özdirenç (Rezistivite) yöntemi 29 noktada uygulanmıştır. MASW yöntemiyle zeminin derinlikle değişen tabaka geometrilerini saptamak, dinamik ve elastik parametrelerini belirlemek amacıyla boyuna dalga hızları ile kayma dalga hızları ölçülmüştür. Bu yöntemle bulunan parametreler, V_s30 (m/sn) değerine göre zemin sınıflaması, yoğunluk, dinamik poisson oranı, dinamik elastisite modülü, dinamik kayma modülü ve dinamik bulk modülüdür. Rezistivite yöntemiyle belirlenen formasyonların kalınlık ve özdirenç aralıkları bulunmuştur. Yapılan jeofizik çalışmalardan elde edilen verilerle bir veri seti oluşturulmuştur. Arazi çalışmaları, jeofizik çalışmalar ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlarla zemin özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışma alanında yapılan sondaj ve jeofizik çalışmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda genellikle kıyı kesimleri kumlu ve alüvyonal zeminlerin üzerine yapılmış yerleşim alanlarında olduğu belirlenmiştir. Bölgedeki yeraltı su seviyesinin zemin tabanına yakın olması nedeniyle gevşek kumlu zeminler bulunmaktadır. Bölge imara açılacağı zaman daha detaylı zemin etüd çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Zemin, SPT, Fiziksel, Jeomekanik, Jeofizik, CBS, Mersin.

Danışman: Prof. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

DETERMINATION OF GEOMECHANICAL PROPERTIES OF SOIL DAVULTEPE (MERSİN) REGION

In Turkey, there is an increase in construction, especially due to population density and migration, which depend on urbanization and industrialization. The first step in the design of the construction is to know the engineering properties of the soil, especially with the rapidly increasing urbanization and industrialization due to population density and migration. Soil properties are determined using data obtained from drilling data and laboratory tests. Constructions without soil mechanics analysis, which ground-structure interactions are not known, and structures with weak ground characteristics as a result of possible natural disasters, cause very serious damage and financial losses in economic terms.

This thesis aims to determine the geomechanical properties of the soils of the Davultepe (Mersin) region. Laboratory experiments were carried out on samples taken from SPT results obtained from 28 drillings in the study area and the samples taken from the field. The experiments that are used to determine the classification and physical properties of soils are water content, natural and dry unit weight tests, particle size distribution, and atterberg limits. From geophysical studies, multi-channel analysis of surface waves (MASW) and electrical resistivity (Resistivity) methods were applied at 29 points. With the MASW method, longitudinal wave velocities and shear wave velocities were measured in order to determine its dynamic parameters, elastic parameters, and the layer geometries of the soil that change with depth. The parameters found by this method are soil classification according to V_{s30} (m/s), density, dynamic poisson's ratio, dynamic modulus of elasticity, dynamic shear modulus and dynamic bulk modulus. The thickness and resistivity ranges of the formations determined by the resistivity method. A data set was created with the data obtained from the geophysical studies. With the results obtained from field studies, geophysical studies, and laboratory experiments, soil properties were analyzed by using Geographic Information Systems (GIS).

With the information obtained from the drilling and geophysical studies carried out in the study area, it has been determined that the coastal areas are generally located in settlement areas built on sandy and alluvial soils. Loose sandy soils exist because the groundwater level in the area is close to the ground floor. It is recommended to carry out more detailed soil mechanics analysis, when they want to start a construction in this region.

Keywords: Soil, SPT, Geomechanic, Geophysic, GIS, Mersin

Advisor: Professor Kıvanç ZORLU ARAS, Mersin University, Department of Geological Engineering, Mersin.

TEŞEKKÜR

Tez çalışma süresi boyunca beni yönlendiren, ilgi ve desteğini esirgemeyen ve hayata dair yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS' a teşekkür ederim.

Tez çalışma süresinde destek ve katkılarından dolayı sevgili hocam Prof. Dr. Cüneyt GÜLER' e teşekkür ederim.

Bu çalışmanın geliştirilmesine katkıda bulunan Jeoloji Mühendisi Dengir ŞAHİN' e ve MerTest Mühendislik firmasına teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından "2020-1-TP2-4208" numaralı proje ile desteklenmiştir. Bu desteğinden dolayı, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi'ne teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni her zaman destekleyen ve yanımda olan, Annem, Ayşe ARSLANTAŞ, Babam, Murat ARSLANTAŞ, Ablam, Sevim Ece YELTEKİN ve Kardeşim, Mert Can ARSLANTAŞ' a saygı, sevgi ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Son olarak tez aşamasında hayatımıza dahil olan Yeğenim, Ela Naz YELTEKİN' e en içten sevgilerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Tanımı	2
1.2. Çalışma Bölgesinin Alanı	2
1.2.1. Coğrafi Konum	2
1.2.1. İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.2.3. Depremsellik	5
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	8
2.1. Önceki Çalışmalar	8
2.2. Bölgenin Jeolojisi	11
2.2.1. Karahamzaşağı Formasyonu	13
2.2.2. Mersin Ofiyolitik Melanj	13
2.2.3. Gildirli Formasyonu	13
2.2.4. Karaisalı Formasyonu	13
2.2.5. Güvenç Formasyonu	14
2.2.6. Kuzgun Formasyonu	14
2.2.7. Handere Formasyonu	14
2.2.8. Kuvaterner Birimleri	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM	16
3.1. Arazi Çalışmaları	16
3.1.1. Standart Penetrasyon Deneyi	16
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	18
3.2.1. Su İçeriği ve Doygunluk Derecesi	18
3.2.2. Birim Hacim Ağırlık Deneyi	19
3.2.3. Tane Boyu Dağılım Analizi Deneyi	19
3.2.4. Atterberg Limitleri	20
3.2.5. Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi (USCS)	21
3.3. Jeofizik Çalışmalar	23
3.3.1. Sismik Yöntemler	23
3.3.1.1. Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) Yöntemi	24
3.3.2. Elektriksel Özdirenç (Rezistivite) Yöntemi	25
3.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Teknolojisi	28
3.4.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Elemanları	28
3.4.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Genel Fonksiyonları	29
3.4.3. Veri Girişi	29
3.4.4. Veri İşleme ve Veri Yönetimi	29
3.4.5. Sorgulama ve Analizler	30
3.4.6. Görüntüleme	30
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	31
4.1. Arazi Çalışmaları	34
4.2. Laboratuvar Çalışmaları	40
4.2.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi	40
4.3. Jeofizik Çalışmalar	47

	Sayfa
4.3.1. V_s30 (m/sn) Değerine Göre Zemin Sınıflaması	50
4.3.2. Zeminin Dinamik-Elastik Parametreleri	54
4.3.3. Yoğunluk (ρ - gr/cm)	54
4.3.4. Dinamik Poisson Oranı (μ)	57
4.3.5. Dinamik Elastisite (Young) Modülü (Ed, kg/cm ²)	60
4.3.6. Dinamik Kayma (Shear) Modülü (Gd, kg/cm ²)	63
4.3.7. Dinamik Bulk Modülü (K, kg/cm ²)	66
4.3.8. Elektrik zdiren (Rezistivite) Yöntemi	69
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	78
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŐ	87



TABLULAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Mersin ili aylık ortalama meteorolojik istatistikler (1940-2022) (MGM, 2020).	4
Tablo 3.1. SPT avantaj ve dezavantajları (Aggour vd, 2001).	18
Tablo 3.2. ASTM Standartlarına Göre Elek Aralıkları (Atterberg, 1911).	20
Tablo 3.3. Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi (Unified Soil Classification System) (Casagrande, 1948).	22
Tablo 3.4. Kullanılan elektrot dizilimi (Candansavar, 2007).	27
Tablo 4.1. Çalışma bölgesine ait sondaj kuyularının koordinat verileri	35
Tablo 4.2. Çalışma alanında yapılan sondaj kuyularına ait derinlik, litoloji ve formasyon bilgileri	36
Tablo 4.3. Zeminlerin fiziksel özellikleri	41
Tablo 4.4. Deney sonuçları	46
Tablo 4.5. İnce Taneli Zeminlerin Plastisite İndeksine Göre Sınıflandırılması	46
Tablo 4.6. Çalışma alanında yapılan sismik çalışmaların koordinatları	48
Tablo 4.7. Zeminin dinamik ve elastik parametreleri	49
Tablo 4.8. UBS ve EUROCODE-8 'e Göre Zemin Sınıfları	50
Tablo 4.9. NEHRP 'e Göre Zemin Sınıflama Kriterleri (Bozkurt vd, 2013).	50
Tablo 4.10. Çalışma alanının V_{s30} hızına göre zemin grupları	52
Tablo 4.11. Zemin Birimlerinin Yoğunluk Sınıflaması (Keçeli, 1990).	54
Tablo 4.12. Poisson Sınıflaması (Keçeli, 1990).	57
Tablo 4.13. Elastisite Modülü Değerlerine Göre Zemin Dayanımı (Keçeli, 1990).	60
Tablo 4.14. Kayma Modülü Değerlerine Göre Zemin Dayanımı (Keçeli, 1990).	63
Tablo 4.15. Bulk Modülü Değerlerine Göre Zemin Dayanımı (Keçeli, 1990).	66
Tablo 4.16. Çalışma alanında yapılan rezistivite çalışmalarının koordinatları	70
Tablo 4.17. Çalışma alanında yapılan rezistivite çalışmalarının sonuçları	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası (Google Earth, 2022).	3
Şekil 1.2. Mersin ili yıllık alansal yağışları (MGM, 2020).	5
Şekil 1.3. AFAD, 2018, Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018).	6
Şekil 1.4. 1900-2022 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü 3-7 arasında olan depremler (AFAD, 2022).	6
Şekil 1.5. Mersin ili Mezitli ilçesi Davultepe merkezli 100 km yarıçaplı 10<M>5 aralığında 1900-2022' ye kadar gelen depremler (AFAD, 2022).	7
Şekil 2.1. Çalışma Bölgesinin Jeoloji Haritası (Şenol vd, 1998).	11
Şekil 2.2. Mersin ili genel dikme kesit (Şenol vd, 1998).	12
Şekil 3.1. Standart Penetrasyon Deneyi Aşamaları (Aggour vd, 2001).	17
Şekil 3.2. Zeminlerde hacim ve su içeriği ilişkisi (Yılmaz vd, 2014).	21
Şekil 3.3. Plastisite Abağı (Casagrande, 1948).	23
Şekil 3.4. Rezistivite Elektrot Dizilim Düzenegi	25
Şekil 3.5. CBS Elemanları (Yomralıoğlu, 2000).	28
Şekil 3.6. CBS'nin genel fonksiyonları	29
Şekil 3.7. Vektör Veri Yapısı (Töreayen vd, 2010).	29
Şekil 3.8. Raster veri modeli (Töreayen vd, 2010).	30
Şekil 4.1. Çalışma alanında gözlenen Alüvyon (Qal) birimleri	31
Şekil 4.2. Çalışma alanında gözlenen Kaliş birimi	32
Şekil 4.3. Çalışma alanında gözlenen Kaliş ve Alüvyon birimlerinden görünümü	33
Şekil 4.4. Çalışma alanının kuzey doğusunda gözlenen Handere Formasyonuna ait kumtaşı ve marn birimlerinden görünüm	33
Şekil 4.5. Çalışma alanı kuzey doğusunda gözlenen Handere Formasyonuna ait kumtaşı ve kireçtaşı birimlerinin ardalanmasından görünüm	34
Şekil 4.6. Çalışma bölgesindeki yapılan sondajların Google Earth üzerindeki lokasyonları (Google Earht, 2022).	35
Şekil 4.7. Standart Penetrasyon Testi (SPT)	39
Şekil 4.8. Çalışma alanında yapılan sondaj çalışmaları	39
Şekil 4.9. Plastik limit deneyi zemin örneği	42
Şekil 4.10. Likit Limit deneyi	43
Şekil 4.11. Zemin örneklerinin etüvde kurutulması	43
Şekil 4.12. Tane boyu dağılım analizi	44
Şekil 4.13. İri taneli örnekler üzerinde yapılan elek analiz sonuçlarına göre tane boyu dağılımı (Özhan, 2021).	45
Şekil 4.14. Çalışma alanının yeraltı su seviyesi (YASS) haritası (Özhan, 2021).	46
Şekil 4.15. Çalışma bölgesindeki yapılan jeofizik çalışmaların Google Earth üzerindeki lokasyonları (Google Earht, 2022).	47
Şekil 4.16. Çalışma alanında yapılan sismik çalışmalar	48
Şekil 4.17. Çalışma alanına ait Vs30 hızlarının dağılımları	53
Şekil 4.18. 1. Tabaka (0-10 m arası) yoğunluk sonuçları dağılım haritası	55
Şekil 4.19. 2. Tabaka (10 metre sonrası) yoğunluk sonuçları dağılım haritası	56
Şekil 4.20. 1. Tabaka (0-10 m arası) dinamik poisson oranı sonuçları dağılım haritası	58
Şekil 4.21. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik poisson oranı sonuçları dağılım haritası	59
Şekil 4.22. 1. Tabaka (0-10 m arası) dinamik elastisite modülü (Ed) sonuçları dağılım haritası	61
Şekil 4.23. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik elastisite modülü (Ed) sonuçları dağılım haritası	62
Şekil 4.24. 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik kayma modülü (Gd) sonuçları dağılım haritası	64
Şekil 4.25. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik kayma modülü (Gd) sonuçları dağılım haritası	65

	Sayfa
Şekil 4.26. 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik bulk modülü (K) sonuçları dağılım haritası	67
Şekil 4.27. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik bulk modülü (K) sonuçları dağılım haritası	68
Şekil 4.28. Çalışma bölgesindeki yapılan rezistivite çalışmaların Google Earth üzerindeki lokasyonları (Google Earht, 2022).	69
Şekil 4.29. Çalışma alanında yapılan rezistivite çalışmaları	70
Şekil 4.30. Rezistivite 1. Tabaka haritası	74
Şekil 4.31. Rezistivite 2. Tabaka haritası	75
Şekil 4.37. Rezistivite 3. Tabaka haritası	76



SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma/Simge	Tanım
ASTM	Amerikan Standartlar Enstitüsü
BAF	Batı Anadolu Fayı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CH	Yüksek Plastisiteli Kil
CI	Orta Plastisiteli Kil
CL	Düşük Plastisiteli Kil
CR	Karot
DAF	Doğu Anadolu Fayı
ΔV	Potansiyel Elektrotları Arasındaki Fark
Ed	Dinamik Elastisite (Young) Modülü
g	Yerçekimi İvmesi
GC	Siltli Çakıl
Gd	Dinamik Kayma (Shear) Modülü
GM	Killi Çakıl
GP	Kötü Derecelendirilmiş Çakıl
GW	İyi Derecelendirilmiş Çakıl
I	Yere uygulanan akım şiddeti
K	Elektrot dizilimine bağlı faktör
K	Dinamik Bulk (Compressibility) Modülü
KAF	Kuzey Anadolu Fayı
NEHRP	National Earthquake Hazard Reduction Programme
LL	Likit Limit Değeri
MH	Elastik Silt
MI	Orta Plastisiteli Silt
P	Boyuna Dalga
ρ	Görünür Özdirenç
PI	Plastisite İndisi
S	Yüzey Dalga
SC	Siltli Kum
SM	Killi Kum
SP	Kötü Derecelendirilmiş Kum
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi
SW	İyi Derecelendirilmiş Kum
t_p	Basınç Dalgasının Alıcıya Varış Süresi
t_s	Kayma Dalgasının Alıcıya Varış Süresi
USCS	Unified Soil Classification System
V_s	Kayma Dalga Hızı
V_p	Basınç Dalga Hızı
YASS	Yeraltı Su Seviyesi
γ	Birim hacim ağırlık
γ_n	Doğal Birim Hacim Ağırlık
γ_k	Kuru Birim Hacim Ağırlığı
w	Su İçeriği
Qal	Alüvyon
μ	Dinamik Poisson Oranı

1. GİRİŞ

Türkiye’de özellikle nüfus yoğunluğu ve göç sebebiyle hızla artan kentleşme ve sanayileşme yoğunluğuyla birlikte yapılaşmayı da artırmıştır. Yapılaşmanın tasarımı sırasındaki, ilk adım zeminlerin mühendislik özelliklerinin bilinmesidir. Zemin özelliklerini belirlemek amacıyla sondaj ve laboratuvar deneyinden elde edilen veriler kullanılmaktadır. Zeminlerde sıkça karşılaşılan problemler şişme, sıvılaşma ve zemin oturmasıdır. Zemin etüdü yapılmayan binalarda zemin-yapı etkileşimlerin bilinmediği durumlarda ve olası doğal afet sonucu zayıf zemin özelliği gösteren yapılar çok ciddi hasarlara ve maddi kayıplara yol açmaktadır.

İnsanların yaşamını olumsuz etkileyen can ve mal kayıplarına neden olan doğa olaylarına doğal afet denir. Türkiye, jeolojik, topoğrafik yapısı ve iklim özellikleriyle doğal afetlerin sık yaşandığı bir ülkedir. Türkiye özellikle deprem başta olmak üzere sel, yangın ve heyelan gibi doğal afetlerle sık sık karşı karşıya kalmaktadır. Türkiye aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Türkiye sınırları içerisindeki en aktif fay hatları; Doğu Anadolu Fay Hattı, Batı Anadolu Fay Hattı ve Kuzey Anadolu Fay Hattıdır. Türkiye’nin yüzey ölçümünün %92’sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu ve nüfusunun %95’inin deprem tehlikesi altında kaldığı ifade edilmektedir (AFAD, 2018).

Depremsellik açısından diğer önemli bir neden de bölgedeki zemin özellikleridir. İnsanların yaşamını sürdürdükleri binalar ve bunları birbirine bağlayan yollar, barajlar ve tüneller gibi önemli mühendislik yapılarının ne tür zemin koşulları üzerine inşa edildikleri bilinmelidir. Uygunsuz zemin koşulları üzerine inşa edilmiş yapılar deprem sırasında etkileneceği gibi maddi ve manevi kayıplara da neden olacaktır.

Mersin-Tarsus-Erdemli bölgesindeki kıyı şeridinde bulunan yerleşim yerleri genellikle gevşek zeminler üzerinde bulunmaktadır. Deprem sırasında gevşek zeminler sağlam zeminlere oranla daha fazla etkilenmekte ve büyük hasarlar gözlenmektedir. Akdeniz bölgesinde meydana gelebilecek büyük ölçekli deprem, sahil şeridinde ve yüksek katlı binalarda yıkıcı hasarlar oluşturabilir (İnan, 2005). Bu nedenle zararı en aza indirmek veya ortadan kaldırmak için bölgenin jeolojisi iyi bilinmeli, gerekli zemin araştırması yapılmalıdır. Yapılaşma öncesi imar planı ve zemin özelliklerini bilmek, olası doğal afet risklerini analizi yapmak gerekmektedir.

1.1. Çalışmanın Tanımı

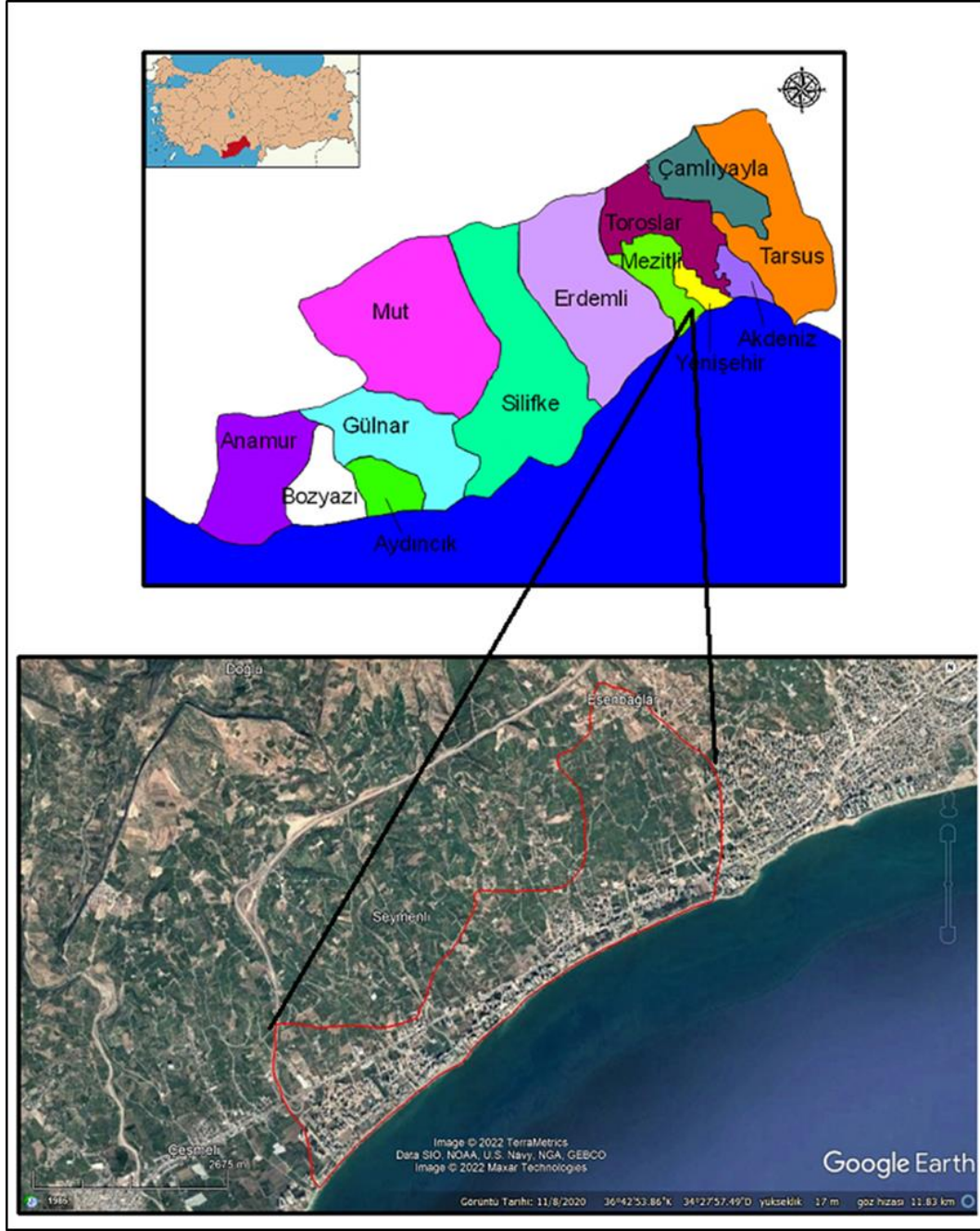
Bu çalışmada Mersin ili Mezitli ilçesi Davultepe bölgesine ait zeminlerin jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Zeminlerin fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bölgede arazi çalışmasında; jeofizik çalışmalar ve Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmıştır. Bu amaçla tez kapsamında çalışma alanında açılan sondaj kuyularından elde edilen zemin örnekleri ve bölgede daha önce çalışılmış olan sondaj kuyusu verilerine ek olarak Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) verileri de elde edilmiştir. Sondajlar sırasında alınan örnekler üzerinde laboratuvarında, su içeriği, doğal ve kuru birim hacim ağırlık, tane boyu dağılımı ve atterberg limitleri analizleri yapılmıştır. Jeofizik çalışmalardan yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (MASW) ve elektrik özdirenç (Rezistivite) yöntemi kullanılmıştır. MASW yönteminde zeminin derinlikle değişen tabaka geometrilerini saptamak, dinamik ve elastik parametrelerini tayin etmek amacıyla boyuna dalga hızları ile kayma dalga hızları ölçülmüştür. Rezistivite çalışmasında belirlenen formasyonların kalınlık ve özdirenç aralığı bulunmuştur. Arazi çalışmaları, jeofizik çalışmalar ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlarla zemin özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak analiz edilmiştir.

1.2. Çalışma Bölgesinin Alanı

1.2.1. Coğrafi Konum

Çalışma alanı, Mersin ili, Mezitli ilçesi, Davultepe bölgesinde yer almaktadır. Çalışma alanının doğusunda Yenişehir ilçesi, batısında Erdemli ilçesi, kuzeyinde ise Toroslar ilçeleri bulunmaktadır (Şekil 1.1.). Çalışma alanının geneli düz bir topoğrafyaya sahip olup, kıyı bölgelerine yakın alanlar düşük eğime sahipken kuzeye doğru gittikçe eğim artmaktadır.



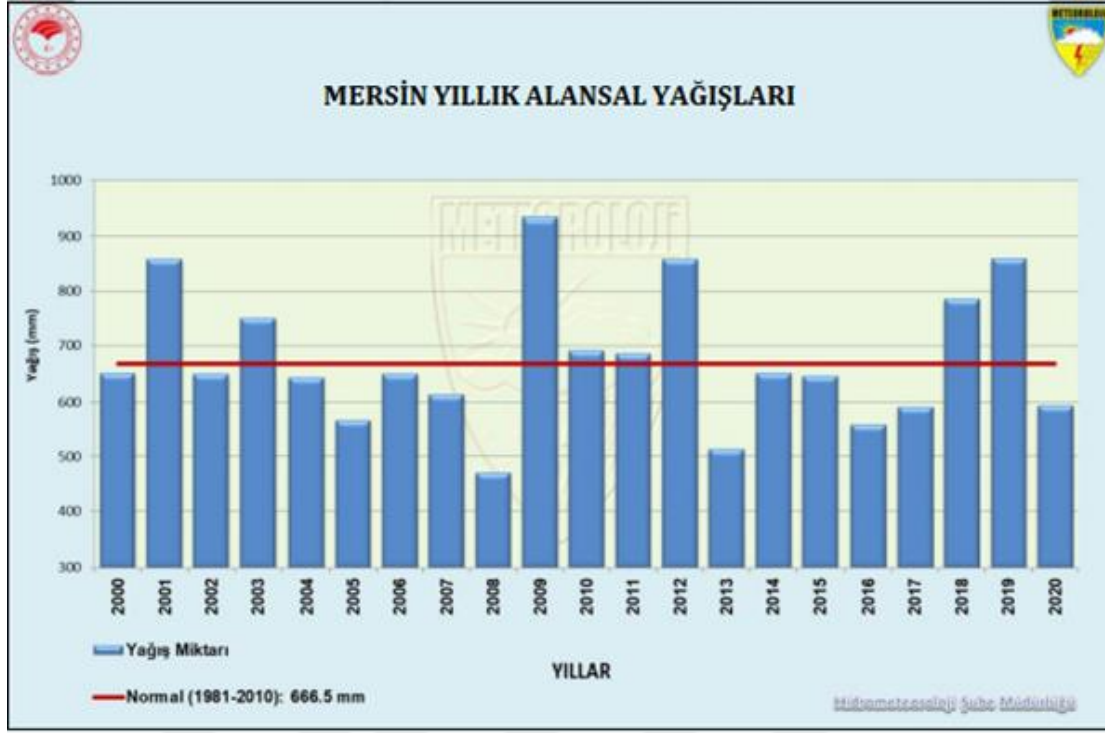
Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası (Google Earth, 2022).

1.2.2. İklim Ve Bitki Örtüsü

Mersin ili iklimi, tipik Akdeniz iklimi göstermekle beraber yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Deniz seviyesinden yükselerek çıktıkça yazları serin, kışları ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün Mersin yağış gözlemi istasyonu verilerinde, yağış ortalaması yıllık 613,9 mm ve sıcaklık ortalaması 19,2°C'dir. Yaz aylarında özellikle aşırı nem bunalıcı olabilmektedir. İl en fazla yağışı Aralık - Ocak döneminde almaktadır. (Tablo 1.1. ve Şekil 1.2.).

Tablo 1.1. Mersin ili aylık ortalama meteorolojik istatistikler (1940-2022) (MGM, 2020).

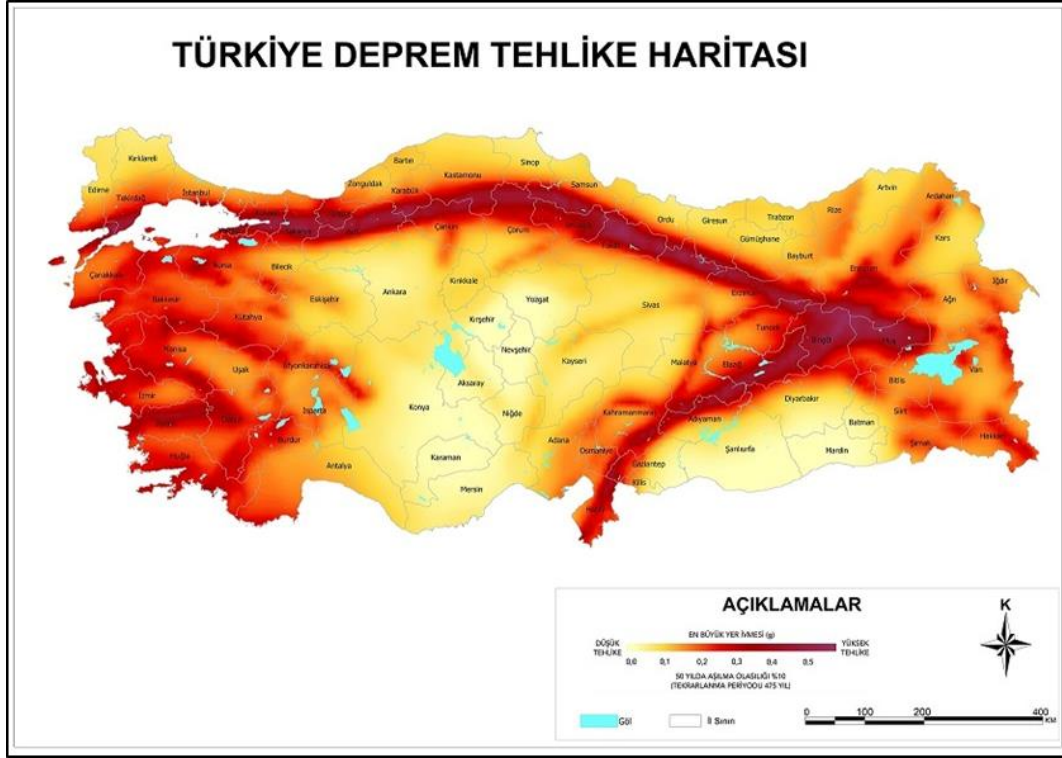
MERSİN	En Düşük Sıcaklık	En Yüksek Sıcaklık	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(mm)	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)
OCAK	-6,3	25,2	119,9	9,69	4,8	6,4	14,6	10,2
ŞUBAT	-6,6	26,5	85,2	6,62	5,6	7,0	15,5	11,1
MART	-2,2	29,8	56,4	6,69	6,8	9,3	18,2	13,8
NİSAN	0,6	34,7	34,3	5,08	7,6	13,0	21,6	17,5
MAYIS	7,0	36,0	23,6	4,38	8,5	16,9	25,0	21,3
HAZİRAN	12,0	40,0	10,0	2,31	9,9	20,9	28,2	25,0
TEMMUZ	16,1	38,1	11,3	0,46	10,0	24,1	30,8	27,9
AĞUSTOS	15,0	39,8	7,5	0,85	9,9	24,4	31,6	28,4
EYLÜL	11,0	41,5	12,1	1,92	9,1	21,1	30,1	25,9
EKİM	2,7	37,5	38,2	4,0	7,6	16,4	26,8	21,6
KASIM	-3,3	31,0	76,9	4,92	5,7	11,6	21,6	16,2
ARALIK	-3,0	27,0	138,5	9,85	4,7	8,0	16,5	11,9
YILLIK	-6,6	41,5	613,9	56,8	7,5	14,9	23,4	19,2



Şekil 1.2. Mersin ili yıllık alansal yağışları (MGM, 2020).

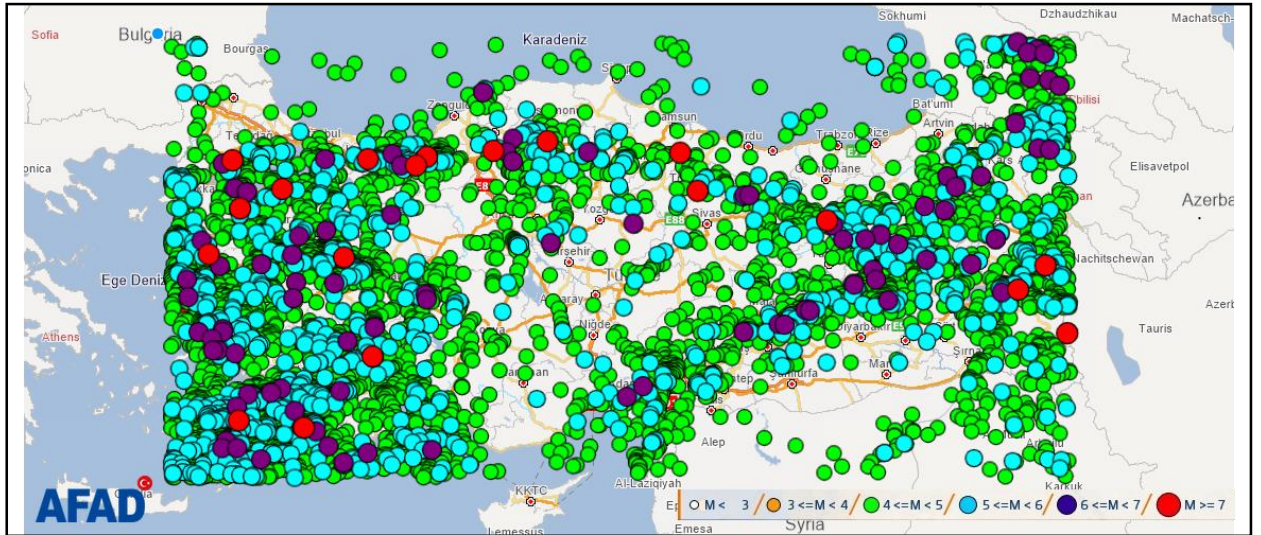
1.2.3. Depremsellik

AFAD (2018), Türkiye deprem haritasına göre zemin koşulu $(V_s)_0 = 760$ m/s esas alınarak hazırlanmıştır. Bu harita yer ivmesi 0.0 en düşük deprem tehlikesini gösterirken, yer ivmesi 0.5 ve üzeri yüksek tehlikeli deprem bölgelerini göstermektedir (Şekil 1.3.). Bu haritaya göre Mersin ili yer ivmesi 0.0-0.2 aralığındadır.



Şekil 1.3. AFAD, 2018, Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018).

Türkiye’de 1900-2022 yılları arasında kayıt edilmiş 3-7 arasındaki depremler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 1.4.).

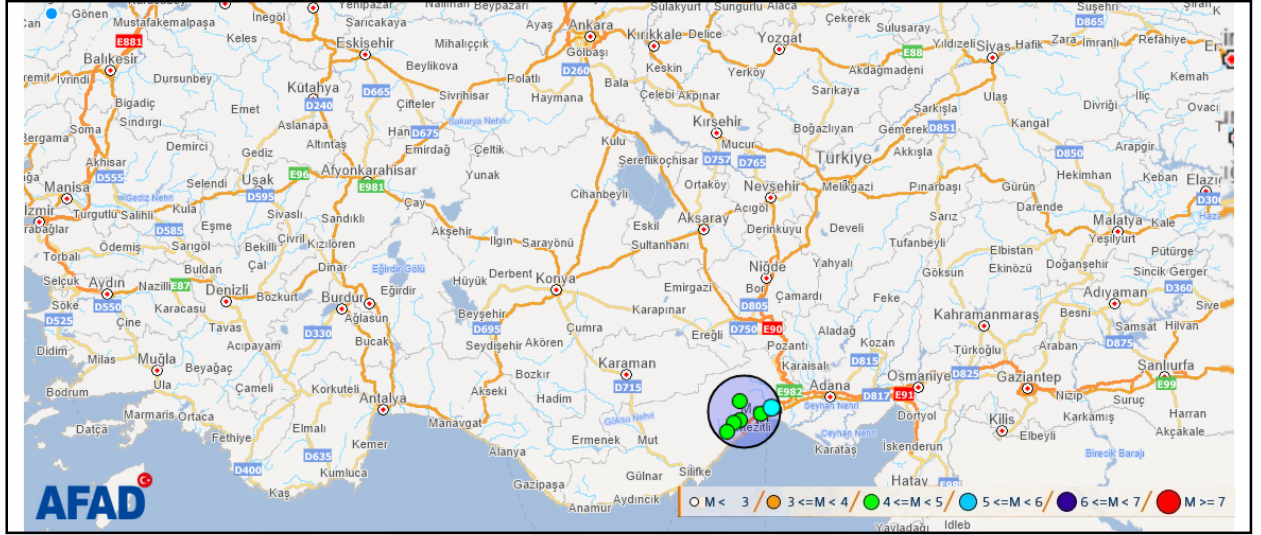


Şekil 1.4. 1900-2022 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü 3-7 arasındaki depremler (AFAD, 2022).

Depremlerin oluşmasına neden olan en büyük etkenlerden biri aktif faylardır. Mersin İli ve çevresinde deprem oluşturabilecek aktif faylar bulunmaktadır. Mersin’i tehdit edebilecek faylardan biri kuzey Çamardı ile Gülek Boğazı arasında yer alan doğrultu atımlı Ecemiş fayıdır. Gülek Boğazı ile

Karsantı-Karaisalı arasında uzanan Karsantı-Karaisalı fay zone, Gülek Boğazı ve Anamur'da tekrar doğrultu atımlı Namrun fay zone bulunmaktadır. 1998 Ceyhan depremine neden olan Yumurtalık-Karataş fayı, Akdeniz'i geçerek Kıbrıs'a uzanan fay hattı, Mut civarındaki Mut fayı, Ovacık ile Silifke arasındaki Ovacık fayıdır (İnan, 2005).

Mersin ili Davultepe merkezli 100 km yarıçaplı alanda 1900-2022 yılları arasında meydana gelen ve büyüklüğü $10 < M > 5$ olan depremler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 1.5.).



Şekil 1.5. Mersin ili Mezitli ilçesi Davultepe merkezli 100 km yarıçaplı $10 < M > 5$ aralığında 1900-2022' ye kadar gelen depremler (AFAD, 2022).

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. Önceki Çalışmalar

Coşkun (2016), Aksaray ili merkezindeki zeminlerin özelliklerinin ve bunların mekânsal dağılımlarının belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapmıştır. Çalışma sırasında zemin özellikleri belirlenmesi amacıyla 83 adet jeoteknik sondajlardan zemin örneğine ait verileri Coğrafi Bilgi Sistemi tekniklerini kullanarak analiz etmiştir. Zemin genel olarak kil, kumlu-siltli kil, killi-siltli ince kum, killi kumlu silt, çakıllı kum ve çakıllardan oluşan profil gösterdiğini belirtmiştir. Çalışması sonucunda yapıları olumsuz etkileyen zemin özellikleri ve mekânsal dağılımları ortaya koyarak, gelecekte yapılacak olan yapıların proje ve tasarım aşamalarında kullanılacak tavsiyelere yer vermiştir. Zemin özellikleri açısından yüksek risk içeren alanlar şehrin kuzeybatı, batı ve güney bölgelerinde yoğunlaştığını söylemiştir.

Alptekin (2016), çalışmasında Mersin İli merkez yerleşim alanındaki zeminlerin kohezyonlu indeks ve konsolidasyon parametrelerini araştırmıştır. Çalışma bölgesinde sondaj yardımıyla 4 farklı yerlerden örselenmemiş örnekler alınmış ve indeks deneylerinden nem içeriği, özgül ağırlık ile kıvam limitleri deneyleri ve mekanik deneylerden konsolidasyon deneyleri yapmıştır. Çeşitli şirketlerden almış olduğu jeoteknik etüd raporu ve verilerden MS Excel yazılımını kullanarak zemin örneklerinin indeks ve konsolidasyon özellikleri basit ve çoklu regresyon analizleri yapmıştır. Çalışma sonucunda indeks özelliklerinden Likit Limit (LL), Plastik Limit (PL), Plastisite İndisi (PI), yoğunluk (ρ), birim hacim ağırlık (γ) ve boşluk oranı (e_0) parametreleri ve konsolidasyon özelliklerinden sıkışma indisi (C_c) ve şişme indisi (C_s) parametreleri hesaplamıştır. Önceki çalışmalarla karşılaştırmıştır. Günümüzde kullanılan araç ve gereçlerin daha hassas olduğu için yakın geçmişte önerilmiş eşitliklere güvenmek daha doğru sonuç verecektir (Alptekin, 2016). Önceki çalışmalarda bulunan eşitliklerin doğruluğundan yola çıkarak sıkışma indeksi değerlerinin ortalamasını kullanılmasının daha güvenilir olduğunu önermiştir. Sonuç olarak C_c ve C_s parametreleri ile indeks parametreleri arasında eşitlik saptanamamıştır. Bu amaçla elek analizi, hidrometre deneyi ve efektif gerilme analizi yapılırsa daha detaylı bilgi vereceğini söylemiştir.

Karakuş (2009), çalışmada Türkiye’de şehirlerde plansız olarak genişlediğini belirtmiş ve 1999 Marmara depreminden sonra ülkenin şehirleşme ve yapı kalitesinin öne çıkmaya başladığını söylemiştir. Karakuş, yasal hükümler ile jeolojik ve jeoteknik çalışmalara da atıfta bulunarak, imar planının yapıldığı alanın jeolojik ve jeoteknik özellikleri ile yapı temellerinin bulunduğu zemin özelliklerinin araştırılması gerektiğini söylemiştir.

Özaydın vd. (2009), yaptığı çalışmada önce İstanbul'un genel jeolojik yapısı hakkında bilgi vermiş, ardından bu jeolojik yapının mühendislik jeolojisi açısından ne gibi sorunlara yol açabileceği sorgulamıştır. Bu nedenle, bu çalışma, özellikle jeoteknik konulara odaklanarak, sahanın inşaat için uygunluğu hakkında bilgi vermiştir.

Uyan (2018), Ayşebacı mahallesinin (Karesi, Balıkesir) mevcut yerleşim alanlarının planlanmasında ve yeni yerleşim alan seçiminde jeolojik ve jeoteknik çalışmalar yapmıştır. Çalışma alanında deprem açısından yüksek tehlike potansiyeli gösteren Balıkesir Fayı bulunmakta olup çalışma kapsamında zemin özellikleri belirlenerek Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri kullanmıştır. Çalışmada sondaj logları, laboratuvar deneyleri ve jeofizik veriler Balıkesir Belediye arşivinden sağlanmıştır. Çalışmada ilk olarak CBS kullanılarak topografik veriler, jeoteknik sondaj logları, laboratuvar deneyleri ve yerinde deneyler sonuçları kullanılarak veri tabanı oluşturmuştur. Mekânsal analizler yapılarak ArcGis (V:10.2) programı kullanılarak mühendislik jeolojisi haritaları üretilmiş. Son olarak deprem tehlike analizi yapılmış ve fay izi uzunluğunun çalışma alanına uzaklığı hesaplanarak senaryo deprem haritası oluşturmuştur. Araştırmacı öneri olarak, Balıkesir fayı yerleşim alanının yakınından geçtiği için fayın geçtiği alanda 'fay sakinim zonu'nun oluşturulması gerektiğini ve mühendislik yapılarının deprem riski değerlendirmesinin yapılmasını sunmuştur. Çalışmada ilgili alanda yapılaşma olacak ise bu bölgenin Balıkesir fayına yakınlığı, zemin özellikleri, mekânsal değişimlere ve olası deprem durumunda taşıma gücü kaybı dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Araştırmacı ilgili alanın yerleşime açılabilir olduğunu, ancak yeşil alan olarak kullanılmasının yararlı olacağını önermiştir.

Er (2002) yaptığı çalışmada, Aksaray şehir merkezinde yer alan zemin ve mühendislik jeolojisi verilerini bilgisayar ortamında derleyerek jeoteknik veri tabanı oluşturmuştur. Çalışma alanındaki parseller ve topografik harita verileri bilgisayar ortamına aktarılıp, sondaj ve jeoteknik etüd çalışmaları ile ilgili veriler harita koordinatlarına aktarılmış ve veri tabanına işlenmiştir. Son kısımda verilerin birleştirilmesi ve yorumlanmasıyla çalışma alanının zemin profilleri ve haritaları hazırlanmıştır.

Cevni (2018), yaptığı çalışmada, Burdur ilinin birinci derece deprem bölgesinde yer aldığı ve bölgede önceki yıllarda ciddi can ve mal kayıplarına sebep olmuş iki büyük depremin meydana geldiğini belirtmiştir. Çalışma kapsamında 28 adet farklı konumda toplam 300 metre sondaj kuyusu açılmış ve sondaj kuyusundan zemin örnekleri alınıp Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmıştır. Bölgede yapılması düşünülen veya yapılan yapıların temellerine özen gösterilmesi ve riskli alanların tespit edilmesi gerektiğini önermiştir. Burdur ili merkezindeki zemin malzemesinin jeoteknik özellikleriyle birlikte zemin sınıfı tespit edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak zemin sınıfının, inorganik kil, çakıllı kumlu kil, siltli kil ve yağsız kil (CL) olduğu belirlenmiştir.

Sakaoğlu (2008), Bartın şehir merkezinin zeminlerini jeoteknik açıdan incelemiştir. Araştırmacı, çalışma alanındaki formasyonları yaşlıdan gence doğru sıralayıp 1:25 000 ölçekli jeoloji haritası hazırlamıştır. Çalışma sırasında alınan 11 adet zemin örneğinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla; elek analizi, su içeriği, birim hacim ağırlık, kompaksiyon, kesme kutusu ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney sonucunda alanın taşıma gücü, oturma değerleri ve zemin emniyet gerilmeleri bulunmuş ve Bartın ilinin Bartın Irmağı kollarının oluşturduğu alüvyonlar üzerinde kurulmuş olduğu ve bölgenin sel felaketi açısından tehlike arz ettiği vurgulanmıştır.

Demir (2013), Bursa ilinin Gürsu ilçesinin yerleşim alanında yaptığı çalışmada zemin etüd raporlarından derlediği jeolojik-jeofizik-jeoteknik verilerle veri tabanı oluşturularak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanında zeminin özelliklerini belirlemiştir. Araştırma sonucunda çalışma alanının birinci derece deprem bölgesi olduğu, zeminin önceki çalışmalara göre jeolojik açıdan zayıf zemin özelliklerine sahip olduğu vurgulanmıştır.

Tavlaşoğlu (2021), çalışmasında Erzurum ili Aziziye ilçesinin hızla gelişmekte olan yerlerini inceleyerek zeminlerin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemiştir. Çalışma kapsamında önceki çalışmalardan yola çıkılarak yeni sondaj kuyuları açılmış ve sondaj kuyusundan alınan zemin örnekleriyle Standart Penetrasyon Deneyi yapmıştır. Ayrıca çalışmada sismik çalışmalarla zemin tabakalarının S-dalgası ve P-dalgası hızları tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışma alanının zemin özellikleri yapılaşmaya uygun olmadığı, mevsimsel değişikliklere ve olası deprem durumunda zemin davranışlarının değişebileceği tespit edilerek, yapılaşma düşünülen yerlerde zemin özelliklerinin iyi bilinmesi ve yapının yer tespitinin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Başdemir (2019) tarafından yapılan çalışmada, Osmaniye ilinin 8 mahallesinin zeminlerinin jeoteknik ve sıvılaşma potansiyeli değerlendirilmiştir. Yerleşim alanlarının silt, kum, kil ve çakıllardan oluşan alüvyal zeminlerden oluştuğu, alüvyal zeminlerin sıkışma, oturma gibi mühendislik problemlerine neden olduğu belirtilmiştir. İnceleme alanı zeminlerinin killi, siltli, kumlu ve çakıllı birimler olduğu ve killi ve çakıllı birimlerin daha fazla gözlendiği çalışmada vurgulanmıştır. Ayrıca 4 mahallede sıvılaşma potansiyeli gözlemlenmiş ve bazı sondaj kuyusunda sıvılaşabilen zeminler belirlenmiştir.

Selçuk (2003) tarafından, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Zeve kampüsünün mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Önceki çalışmalardan derlediği 12 sondaj kuyusu verisine ek olarak 31 adet sondaj kuyusundan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınarak zeminlerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma alanındaki çökeller kil, silt, kum ve çakıl birimlerinden oluşturmaktadır. Birleşik zemin sınıflamasına göre, plastisitesi yüksek inorganik kil, plastisitesi düşük inorganik kil ve plastisitesi düşük inorganik silt grubunda yer alıp, şişme potansiyeli olarak yüksek ve çok yüksektir. İnceleme alanı şişme potansiyeline sahip olması nedeni ile temellerde farklı oturma ve şişme özelliğinden kaynaklanan deformasyonlar oluşturmaktadır.

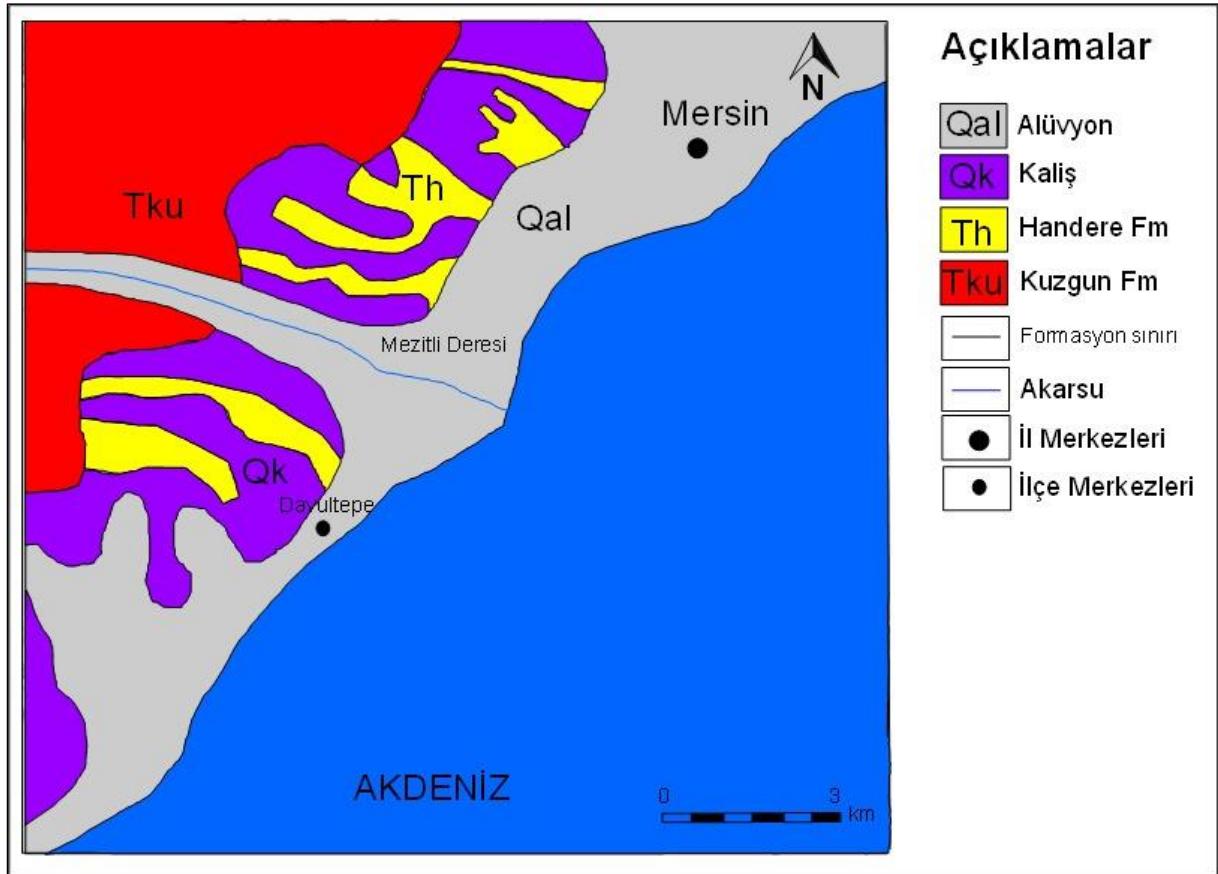
Coşkun (2008), Marmara Bölgesi'nde bulunan İzmit Körfezi kuzey kıyı bölgeleri ve deniz dibi çökellerinin mühendislik jeolojisi özelliklerini belirlemiştir. Çalışma kapsamında arazi çalışmaları ve sondaj kuyularından alınan örnekler laboratuvar deneyleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) üzerinde haritalanmış ve mühendislik jeolojisi özellikleri değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma alanında formasyonlar üzerinde, kil boyutundan blok boyutuna kadar malzemenin oluşan dolgu zemin tabakası bulunmaktadır. Deniz tabanında ise Pleistosen-Holosen yaşlı karasal çökellere ait, çok yumuşak, kil ile gevşek-orta-sıkı, çakıllı kumlu kabuk-kabuklu kum tabakaları belirlenmiştir.

2.2. Bölgenin Jeolojisi

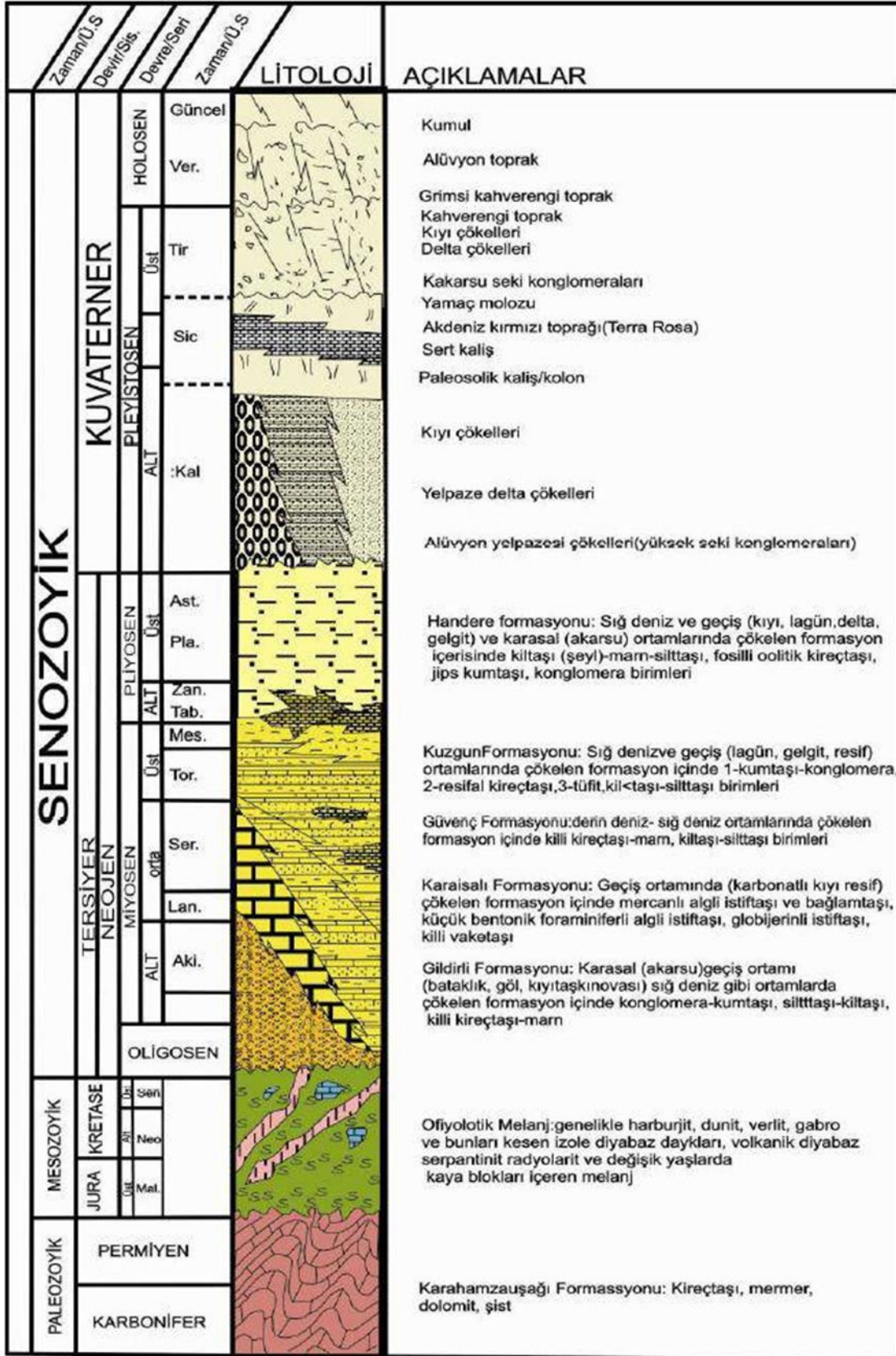
Mersin İl'inin genel jeolojik özelliklerinin incelenmesinde MTA tarafından yayınlanan 1/25.000 - 1/250.000 ölçekli jeolojik harita ve alana ilişkin daha önce yapılmış jeolojik çalışmalardan yararlanılmıştır. Ayrıca çalışma alanı ve çevresindeki jeolojik özelliklerin belirlenmesi amacıyla çalışma alanında sondaj ve detaylı gözlemler yapılmıştır.

Tarsus-Mersin bölgesinin kıyı akifer sistemi ve akifer sisteminin havzasındaki jeolojik birimler, Toros Dağları kuşağında Ecemiş fay hattının güneydoğu kesiminde yer almakta ve jeolojik özelliklerini taşımaktadır.

Çalışma bölgesinde, Kuzgun Formasyonu, Handere Formasyonu, Kaliş birimleri ve alüvyon çökelleri bulunmaktadır (Şekil 2.1. ve Şekil 2.2.).



Şekil 2.1. Çalışma Bölgesinin Jeoloji Haritası (Şenol vd, 1998).



Şekil 2.2. Mersin ili genel dikme kesit (Şenol vd, 1998).

2.2.1. Karahamzauşağı Formasyonu

Paleozoyik yaşlı olan Karahamzauşağı Formasyonu Mersin ilinin temel birimini oluşturmaktadır. Ünlügenç; 1986 tarafından adlandırılan birim, çalışma bölgesinin kuzeybatı kesiminde görülmekte olup kireçtaşı, mermer, kuvarsit, şistten meydana gelmiştir. Düzenli bir tabakalanma gösteren formasyon sığ–derin denizde çökelmiş ve daha sonra metamorfizmaya uğramıştır (Ünlügenç, 1986).

2.2.2. Mersin Ofiyolitik Melanj

Ofiyolitik melanj genellikle Mersin ilinin kuzeyinde yer alan derin vadiler içinde görülmektedir. Ofiyolitik melanj içerisinde; gabro, dünit, harzburjit, verlit, lerzolit, diyabaz, radyolarit, deniz sedimanları ve Permiyen-Jura-Kretase yaşındaki yabancı kayaç blokları bulunmaktadır (Şenol vd, 1998). Ofiyolitik birimler tektonizma etkisiyle ilksel konum ve yapılarını kaybetmiştir ve birimde serpantinleşme hâkimdir. Ofiyolitik birimin bölgeye yerleşim yaşı Üst-Kretase olarak bilinmektedir. Oligo-Miyosen yaşlı Gildirli Formasyonu ofiyolitleri uyumsuz olarak üzerlemektedir. Gildirli formasyonunun bulunmadığı yerlerde veya Jura-Kretase yaşlı kireçtaşlarının üzerine Alt-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı Formasyonu da yine uyumsuz olarak gelmektedir (Şenol vd, 1998).

2.2.3. Gildirli Formasyonu

Gildirli Formasyon üç ana kaya biriminden oluşmaktadır. Bunlar konglomera-kumtaşı, silttaşı-kiltaşı ve killi kireçtaşı-marn biriminden oluşmaktadır. Birimler birbirleri ile yanal ve düşey geçişli durumda olmakla birlikte, konglomera-kumtaşı birimi alt kesimlerde, silttaşı-kiltaşı birimi orta kesimlerde ve killi kireçtaşı-marn birimi üst kesimlerde egemendir. Gildirli Formasyonu Schmidt (1961) tarafından isimlendirilmiş ve formasyonun yaşını Alt-Miyosen olarak yaşlandırmıştır. Alt-Miyosen yaşlı birim akarsu, taşkın ovası, göl, sığ deniz, lagün gibi ortamlarda çökelmiştir (Schmidt, 1961).

2.2.4. Karaisalı Formasyonu

Karaisalı Formasyonu genellikle beyaz, açık gri, bej renklerde, yer yer bol algli, mercanlı, gastropod ve lameli kavkılı, killi yumrulu, erime boşluklu ve bazı kesimlerde iyi katmanlı resifal kireçtaşlarından oluşmuştur. Schmidt tarafından Karaisalı Kalkeri olarak adlandırılmış ve daha sonrasında diğer araştırmacılar tarafından Karaisalı formasyonu olarak değiştirilmiştir. Genellikle resifal özellikli kalın kireçtaşı olan Karaisalı formasyonu mercan, alg, foraminifer, ekinoderm, mollusk, bryozoa, halimeda, annelid gibi resif yapıcı organizmaların matriks ve kalsit ile çimentolamasından oluşmuştur. Dik şevler sunan resifal özellikli Karaisalı kalın kireçtaşının ayrılmış yüzeyi açık gri-boz

renkli, taze kırık yüzeyi ise gri, sarımsı-gri ve kirli beyaz renklerde olup keskin köşeli, kırıklı ve bol miktarda alg, foraminifer, mercan, gastropod ve ekinid kavrıkları içermektedir (Schmidt; 1961; Bozkurt 2009).

2.2.5. Güvenç Formasyonu

Güvenç formasyonu genel olarak yeşilimsi gri, beyazımsı sarı renklerde gözlenmektedir. Formasyon Schmidt (1961) tarafından adlandırılmıştır. Stratigrafik olarak alt bölümlerde killi kireçtaşı-marn, üst kesimlerde ise kilitaşı-silttaşı birimlerinden oluşmaktadır. Güvenç formasyonu içinde iki birim gözlenmektedir. Bunlar killi kireçtaşı-marn birimi ve kilitaşı-silttaşı birimleridir. Killi kireçtaşı-marn birimi stratigrafik olarak formasyonun alt kesimlerinde Girdirli ve Karaisalı Formasyonları ile geçişli bulunmaktadır. Kilitaşı-silttaşı birimi orta ve üst bölümlerde Kuzgun Formasyonu ile geçişli olarak bulunmaktadır. Formasyonun yerleştiği paleotopoğrafyanın etkisine bağlı olarak bazı kesimlerde bu sıralamalar da değişiklik görülmektedir (Schmidt, 1961).

2.2.6. Kuzgun Formasyonu

Kuzgun formasyonundaki birimler genellikle sarımsı beyaz, yeşilimsi gri-siyah renklerde olup dört birimden oluşmuştur. Bunlardan kumtaşı-konglomera birimi formasyonun alt bölümlerinde, resifal kireçtaşı ve tuf orta bölümlerde, kilitaşı-marn silttaşı üst bölümlerde egemendir. Kuzgun Formasyonu alttaki formasyonlar üzerine uyumlu ve geçişli olarak gelir. Formasyonun üst dokunağında ise Handere Formasyonu uyumlu ve geçişli olarak bulunmaktadır. Formasyonun kalınlığı 50- 1500 m arasında değişmektedir. Kuzgun Formasyonunu oluşturan kumtaşı-çakilttaşı, silttaşı-marn-şeyl, tüfit ve resifal kireçtaşı birimleri kıyı ve sığ deniz ortamı koşullarında çökelmiştir. Bu ortamda deniz altı morfolojisinin uygun olduğu kesimlerde resifal kireçtaşları oluşmuştur (Şenol vd, 1998).

2.2.7. Handere Formasyonu

Beyazımsı, sarımsı, yeşilimsi gri ve siyah renklerde olan Handere formasyonu dört birimden oluşmaktadır. Bunlar formasyonun alt bölümlerinde bulunan kilitaşı-marn-silttaşı, fosilli oolitik kireçtaşı, jips ve üst bölümlerde hakim olan kumtaşı-konglomera birimleridir. Handere Formasyonu, Schmidt (1961) tarafından adlandırılmış olup kalınlığı 50-500 m arasında değişmektedir. Formasyonun yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olarak belirlenmiştir (Schmidt, 1961).

2.2.8. Kuvaterner Birimleri

Kuvaterner Döneminde karasal ve geçiş ortamı koşullarında oluşan birimler farklı fasiyes özellikleri göstermeleri nedeni ile Kalabriyen-Siciliyen zamanında oluşan birimler ve Tirreniyen-güncel zamanında oluşan birimler olarak iki bölümde incelenmiştir (Şenol vd, 1993). Kalabriyen-Siciliyen birimleri; alüvyon yelpazesi çökelleri, yüksek seki konglomeraları, kıyı çökelleri ve kalişi içermektedir. Alttaki birimler üzerine uyumsuz olarak gelen Tirreniyen-Güncel birimleri yamaç molozları, akarsu seki konglomeraları, delta çökelleri, kıyı çökelleri, kumul ve pedolojik oluşumları kapsamaktadır. Kuvaterner birimleri karadan denize doğru gelişmiş ve ayrışma-aşınma-taşınma ile birlikte morfolojik-pedolojik oluşuklar meydana gelmiştir (Şenol vd, 1993).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması Mezitli ilçesi Davultepe bölgesi zeminlerinin jeomekanik özellikleri belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında jeofizik çalışmalar ve Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmıştır. Bu tez çalışma kapsamında açılmış olan 4 adet sondaj kuyularından elde edilen toprak zemin örneklerinin yanı sıra, farklı mühendislik firmaları tarafından yapılan jeolojik-jeoteknik amaçlı raporlar incelenmiş ve toplam 28 adet sondaj kuyusu verisi ve bu kuyulardan elde edilen örnekler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deney sonuçları kullanılmıştır. Çalışma alanı zeminlerinin sınıflanması ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla; tane boyu dağılımı, su içeriği, birim hacim ağırlık deneyi, atterberg limitleri deneyleri yapılmıştır. Jeofizik çalışmalardan yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (MASW) ve elektrik özdirenç (Rezistivite) yöntemi kullanılmıştır. Bu tez çalışma kapsamında 3 adet MASW ve rezistivite analizi yapılırken, farklı mühendislik firmaları tarafından yapılan jeofizik amaçlı raporlar incelenmiş, toplam 29 adet MASW ve rezistivite verisi kullanılmıştır. MASW yönteminde zeminin derinlikle değişen tabaka geometrilerini saptamak, dinamik ve elastik parametrelerini tayin etmek amacıyla boyuna dalga hızları ile kayma dalga hızları ölçülmüştür. Rezistivite çalışmasında belirlenen formasyonların kalınlık ve özdirenç aralığı bulunmuştur. Arazi çalışmaları, jeofizik çalışmalar ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlarla zemin özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak analiz edilmiştir.

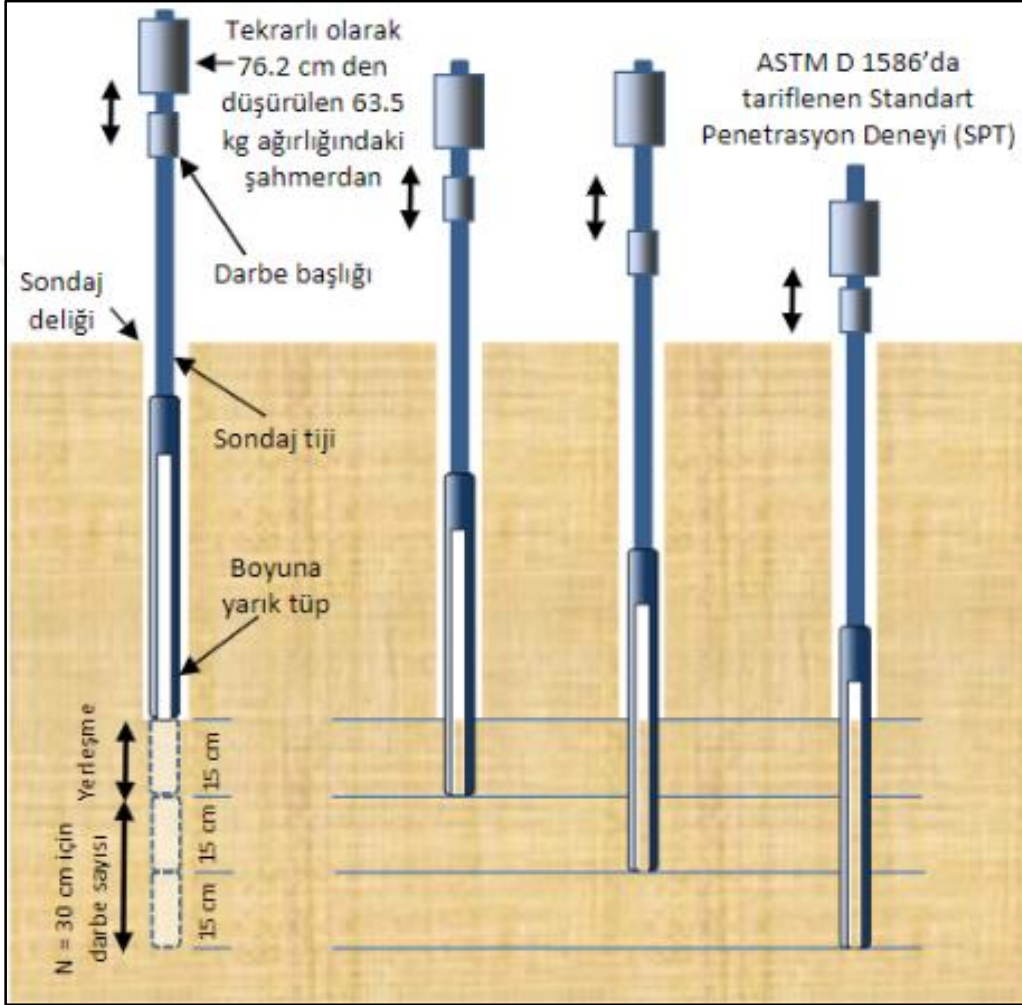
3.1. Arazi Çalışmaları

Mezitli ilçesi Davultepe bölgesi toprak zeminlerinin fiziksel ve jeomekanik özellikleri belirlenmesi için sondaj kuyuları açılmıştır. Bu tez çalışma kapsamında açılmış olan 4 adet sondaj kuyularından elde edilen toprak zemin örneklerinin yanı sıra, farklı mühendislik firmaları tarafından yapılan jeolojik-jeoteknik amaçlı raporlar incelenmiş ve toplam 28 adet sondaj kuyusu verisi kullanılmıştır. Sondaj kuyusundan elde edilen örnekler üzerinde arazi ve laboratuvar deneyleri yürütülmüştür. Açılan sondaj kuyularından SPT ve CR (karot) örnekleri alınmıştır. Arazi çalışmaları sırasında SPT deneyleri yapılmıştır.

3.1.1. Standart Penetrasyon Deneyi

Standart penetrasyon deneyi, en yaygın olarak kum zeminlerde uygulanmakta olup, elde edilen sonuçlar zeminin sıklığının ya da yoğunluğunun veya dayanımının bir göstergesi olmaktadır. Deney düzeneği basit olup ve kuyu deneyinin yapılacağı seviyeye kadar temizlenir. Sondaj kuyusu içerisinde yapılan, en uçta yarık tüp olarak isimlendirilen standart örnek alıcısının bağlı olduğu tijler üzerine, 63,5 kg ağırlığındaki şahmerdanın 76 cm yükseklikten tekrarlı bir şekilde bırakılarak toplamda 45 cm'lik penetrasyon sağlayana kadar çakılması ve bunun için gerekli olan darbe sayısı (SPT-N) değerlerinin

belirlenmesi olarak tanımlanır. Şahmerdan 76 cm yükseklikten düşürülerek tütün her 15 cm'lik bir ilerlemesini sağlayacak vuruş sayısı kaydedilir. Tütün ilk 15 cm'lik çakılmasından elde edilen darbe sayıları (N) kuyu tabanındaki örselenmiş zemin kısmında olduğu için dikkate alınmaz. İlk 15 cm'lik ilerlemeden sonra tütün, zemine 30 cm daha çakılır ve bu 30 cm'lik çakma için toplam darbe sayısı kaydedilir (Erol vd, 2004) (Şekil 3.1.). SPT avantaj ve dezavantajı aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3.1.).



Şekil 3.1. Standart Penetrasyon Deneyi Aşamaları (Aggour vd, 2001).

Tablo 3.1. SPT avantaj ve dezavantajları (Aggour vd, 2001).

Avantajlar	Dezavantajlar
<ul style="list-style-type: none">• Deneyin yapılışı çabuk ve basit uygulama.• Dünya genelinde ekipman ve teknik servisi yaygın olan arazi deneyidir.• Deney sayesinde laboratuvarda belirlenemeyecek birçok parametrelerin belirlenmesini sağlar.• SPT verilerinden mühendislik yorumu ve parametreleri elde etmek için önerilen çok sayıda yöntem vardır..	<ul style="list-style-type: none">• Sürekli yapılmadığı için zayıf zonlar atlanabilir.• Blok veya kaya gibi zeminlerde örnek alıcı hasar görebileceğinden elde edilen sonuçlar sağlıklı olmayabilir.• Deney sonuçları, sondaj ekipmanları ve uygulama yöntemleri bakımından değişkenlik gösterebilir.• Diğer örnek alma yöntemlerine göre daha uzun zaman alabilir.

SPT deneyinin amacı:

- Kumların içsel sürtünme açısını belirlemek,
- Sığ temeller için zeminlerin taşıma gücünü belirlemek,
- Kohezyonsuz kumların sıkışma (kompaksiyon) dereceleri,
- Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi,
- Kumların elastisite modülünü belirlemektir.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Tez çalışma kapsamında açılmış olan 4 adet sondaj kuyusundan elde edilen zemin örneklerinin yanı sıra, farklı mühendislik firmaları tarafından yapılan jeolojik-jeoteknik amaçlı raporlar incelenmiş ve toplam 28 adet sondaj kuyu verisi kullanılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında sondaj kuyularından alınan SPT ve CR (karot) örnekleri üzerinde toprak zeminlerin fiziksel ve jeomekanik özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler yapılmıştır. Laboratuvarda SPT ve CR (karot) örnekleri üzerinde; su içeriği, doğal ve kuru birim hacim ağırlık deneyi, elek analizi ve atterberg limitleri deneyleri yapılmıştır. Zeminlerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneyler, zemin örnekleri üzerinde ASTM standartlarına uygun olacak şekilde yapılmıştır (ASTM, 1990).

3.2.1. Su İçeriği ve Doygunluk Derecesi

Zeminlerin buldukları ortamda sahip oldukları su içeriğini tespit etmek için yapılan bir deneydir (Mollamahmutoğlu vd, 2006).

Su içeriği deneyi ASTM (D2216) yürütülerek kolayca yapılan deneydir:

- Zemin örneği bir kaba alınır ve darası (M_c) ölçülür.
- Kabın içine temsili bir zemin örneği yerleştirilir ve toplam kütle (M_1) bulunur.
- Zemin ve kap 110 etüve yerleştirilir ve tamamen kuruyana kadar bekletilir.
- Kuru zemin örneğinin ve kabın kütlesi (M_2) bulunur.

Elde edilen eşitliklerle su içeriği hesaplanır:

$$\text{Su içeriği (w)} = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_c} * 100 (\%) \quad (3.1.)$$

3.2.2. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Birim hacim ağırlık deneyi, zeminin doğal durumdaki birim hacim ağırlığını belirlemek için yapılmaktadır. Deneyin yapılışından kısaca bahsedecek olursak; boş metal kabın ağırlığı tartılır ve hacmi belirlenir. Örnek kaba konulup tekrar tartılır. Örnek + kap ağırlığından kabın ağırlığı çıkarılarak örneğin ağırlığı belirlenir. Örneğin ağırlığı kabın hacmine oranlanarak yoğunluk bulunur.

Değerler formülde yerine yazılarak birim hacim ağırlık belirlenir.

$$\gamma = p * g \quad (3.2.)$$

- γ = Birim hacim ağırlık
- p = yoğunluk
- g = yerçekimi ivmesi

3.2.3. Tane Boyu Dağılım Analizi Deneyi

Zemini oluşturan tanelerin dağılımı, zeminin derecelenmesi olarak adlandırılır. Zeminin tane boyu dağılımına göre iyi derecelenmiş ve kötü derecelenmiş olarak tanımlanır.

İyi derecelenmiş bir zeminde geniş bir aralıktaki tane boyu dağılımı söz konusudur. Kötü derecelenmiş bir zeminde ise belirli boyuttaki tanelerin fazlalığı veya eksikliği söz konusudur ya da tanelerinin çoğunluğunun çapı aşağı yukarı aynı boydadır.

Tane boyu dağılımı gözle tahmin edilebilmesine rağmen daha kesin sonuçlar için elek analizi ve hidrometre deneyi yapılmaktadır. Elek analizi, zemini oluşturan tane büyüklüklerinin dağılımı ve miktarını belirlemek için yapılan deneye denir. Bu deneyde tane çapları 76,2-0,075 mm arasındaki zemin örneklerine yapılan deneydir. Elek analizi ile ayrılamayan 0,075 mm'den küçük tane boyulu malzemelerin ayrıştırabilmesi amacıyla, hidrometre deneyi kullanılmaktadır.

Elek analizi deneyinden bahsedecek olursak; elek açıklığı üstten alta doğru küçülecek şekilde dizilmiş dokumalı telden oluşan kare delikli eleklerde mekanik olarak sallanır. Sallama işlemi sonucunda zeminler tane boyutlarına göre ayrılmış olur ve eleklerin en altında bulunan kaptaki biriken ince tane çapına sahip malzeme ile hidrometre analizi yapılır. Başlangıçtaki zeminin toplam kütlesi bilindiğinden elemenden sonra her bir elek üzerinde kalan miktarın tartılmak suretiyle yüzdesi belirlenebilir. Yüzde olarak hesaplanan malzemenin mühendislik parametrelerinde kullanılan özellik olarak; gözeneklilik, geçirgenlik, hidrolik iletkenlik, su tutma özellikleri, direnç/dayanım özellikleri

belirlenmektedir. Ayrıca elek ve hidrometre deneyi sonucunda elde edilen tane boyutları logaritmik yatay eksende işaretlenir ve elde edilen yüzde miktarları aritmetik düşey eksende işaretlenilerek ‘Tane Boyu Dağılım Eğrisi’ elde edilir. Bu deney sonucunda elde ettiğimiz tane boyu dağılım eğrisinden zemini oluşturan çakıl, kum ve silt miktarları değeri bulunur ve bu değerlerle de zemin sınıflaması yapılmaktadır.

Zeminlerin tane boyu dağılım deneyi genellikle ASTM standartlarına uygun elekler kullanılır. ASTM standartlarına göre uygun elek numaraları ve açıklıkları aşağıdaki Tablo 3.2.’de gösterilmiştir (ASTM, 1990).

Tablo 3.2. ASTM Standartlarına Göre Elek Aralıkları (Atterberg, 1911).

Elek No	Elek Açıklığı (mm)
4	4,75
10	2,00
20	0,85
40	0,425
60	0,250
100	0,150
140	0,106
200	0,075

3.2.4. Atterberg Limitleri

İsveç zemin bilim adamı Albert Atterberg (1846 – 1916) su içeriği ve zemin kıvamı arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için bir dizi deneyler geliştirmiştir (Atterberg; 1911). Bu deneyler, zeminin bir fiziksel durumdan diğerine geçerken sahip olduğu su içeriğini bulmak için yapılır (Şekil 3.2.).

Likit Limit Deneyi

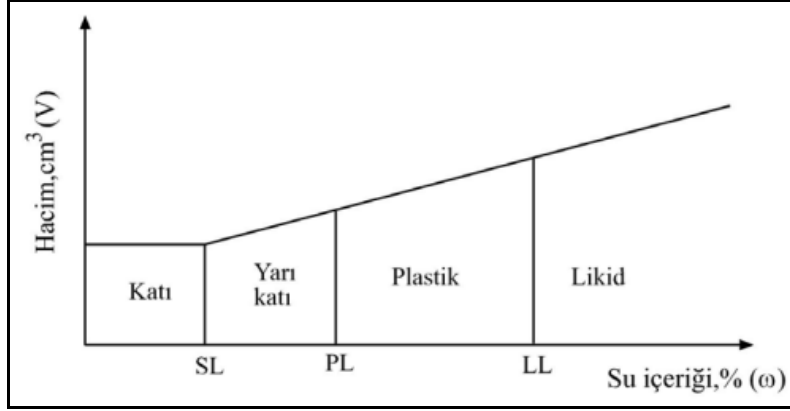
Zemine fazla su verildiğinde likit (sıvı) hale gelirken sahip olduğu su içeriğine likit limit denir.

Casagrande (ASTM, 1994) likit limiti şu şekilde tanımlamıştır: Zemin örneği yoğurularak likit limit kabı içine yerleştirilir. Oyuk açma bıçağı ile zemin içinde standart bir yarık oluşturulur. Sonra tas tekrar tekrar düşürülür ve oyuğun 25 vuruşta kapanması için gereken su içeriği belirlenmektedir.

Plastik Limit Deneyi

Zeminin düşük su içeriğinde plastik halden katı hale geçişi sırasındaki su içeriğine plastik limit denir. Plastik limit deneyi, plastik kıvamdaki zemin örneğinin 3 mm çapındaki silindirik çubuklar haline

ulaşınca kadar yuvarlanır; silindir çubuklar yüzeyinde oluşan çatlamlar veya kopmalar olduğu andaki su içeriğidir.



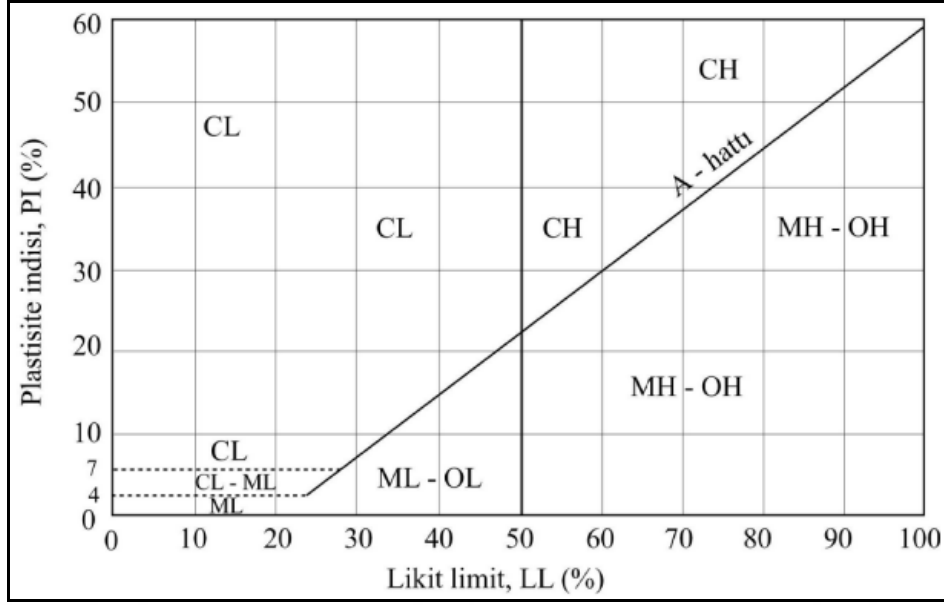
Şekil 3.2. Zeminlerde hacim ve su içeriği ilişkisi (Yılmaz vd, 2014).

3.2.5. Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi (USCS)

Bu sistemde 'zemin sınıfı' tane boyu dağılım eğrisi ve Atterberg limitlerine bağlı bulunur. USCS' nin temel dayanağı, iri taneli zeminlerin tane boyuna göre; ince taneli zeminlerin mühendislik davranışının da plastisite özelliğine göre sınıflanmasıdır (Tablo 3.3.).

Tablo 3.3. Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi (Unified Soil Classification System) (Casagrande, 1948).

Ana Gruplar	Özellikler	Grup Sembolü	İnce Malzeme	Derecelenme	Plastisite	
İri taneli %50 den fazlası 200 no lu elekte kalan	ÇAKILLAR Çakıl taneleri %50den fazla, 4 no elek üstü	İyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı	GW	0-5	Cu>4, 1<Cc< 3	
		Kötü derecelenmiş çakıl, kumlu çakıl, ince tane az veya yok	GP	0-5	GW deki şartlar sağlanmaz ise	
		Siltli çakıl, siltli kumlu çakıl	GM	>12		A hattının altında PI<4
		Killi çakıl, killi kumlu çakıl	GC	>12		A hattının üstünde PI>7
	KUMLAR Kum taneleri %50 den fazla	İyi derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince tane az veya yok	SW	0-5	Cu>6, 1<Cc< 3	
		Kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince tane az veya yok	SP	0-5	SW deki şartlar sağlanmaz ise	
		Siltli kum	SM	>12		A hattının altında PI<4
		Killi kum	SC	>12		A hattının üstünde PI>7
İnce taneli %50 den fazlası 200 no lu elekten	SİTLER ve KİLLER	İnorganik silt, siltli veya killi ince kum, az plastik	ML	Plastisite kartı kullanılır		
		İnorganik kil, siltli kil, düşük plastisiteli kumlu kil	CL	Plastisite kartı kullanılır		
		Düşük plastisiteli organik silt ve organik siltli kil	OL	Plastisite kartı kullanılır		
	SİTLER ve KİLLER	Yüksek plastisiteli inorganik silt	MH	Plastisite kartı kullanılır		
		Yüksek plastisiteli inorganik kil	CH	Plastisite kartı kullanılır		
		Yüksek plastisiteli organik kil	OH	Plastisite kartı kullanılır		
Yüksek organik zeminler	Turba ve diğer organik zeminler	Pt	Plastisite kartı kullanılır			
Not: İnce tane oranı %5 ile %12 arasında ise zemin çift sembol ile ifade edilir						



Şekil 3.3. Plastisite Abağı (Casagrande, 1948).

İnce taneli zeminler, %50'den fazlası #200 eleği geçen zeminlerdir. Bu nedenle, bu zeminler aslında silt veya kildir. Casagrande bu zeminlerin sınıflamasında yardımcı olmak için Şekil 3.3.'deki plastisite grafiğini geliştirmiştir. Bu grafik, killer ve siltler arasında ayırım yapmak için Atterberg limitlerini kullanır. Çoğu ince taneli zeminler hem kil ve hem de silt ve belki çakıl ve kum da içermesine rağmen, A çizgisi yukarısına düşenler kil olarak sınıflandırılır iken, bu çizgi aşağısındakiler silttir.

3.3. Jeofizik Çalışmalar

Bu tez çalışması kapsamında 3 adet MASW ve rezistivite analizi yapılırken, farklı mühendislik firmaları tarafından yapılan jeofizik amaçlı raporlar incelenmiş, toplam 29 adet MASW ve rezistivite verisi kullanılmıştır. Jeofizik çalışma kapsamında yüzey dalga (S) ve boyuna dalga (P) hızlarının dinamik zemin parametreleri belirlenmesi amacıyla 12 kanallı RAS24 12S 12L mühendislik sismograf cihazı ile sismik ölçümler ve rezistivite ölçümleri yapılmıştır. Sismik kaynak olarak Balyoz-çelik levha kullanılmıştır.

3.3.1. Sismik Yöntemler

Sismik yöntem, zeminde çeşitli enerji kaynaklarıyla yapay olarak oluşturulan sarsıntıların yani elastik dalgaların ara yüzeylere çarpıp kırılarak veya yansyarak geçtikleri ortamların fiziksel özelliklerini taşıyarak sismik sinyal olarak yeryüzüne gelişlerinin kayıtlarında bu kayıtların kendine özgü yöntemlerle değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır (Yardım, 1993).

Sismik kırılma yöntemi, veri toplama ve değerlendirme açısından oldukça pratik, hızlı ve ekonomik bir yöntemdir. Mühendislik amaçlı zemin etütlerinde, özellikle deprem tehlikesinin

beklendiği bölgelerde risk araştırmalarında yatay ve düşey yönde her bir katman için sismik hızların belirlenmesi ve gerçek tabaka kalınlıkları ve bunların dinamik özelliklerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Sismik yöntem olarak, dalga oluşturu ve kaynaktan belirli aralıkta dalga ölçümünü gerçekleştirecek alıcılar kullanılmaktadır. Bu alıcıya verilen isim Jeofon olup, mekanik sinyalleri ölçüp bunları elektrik sinyallerine dönüştüren elektromanyetik cihazdır. Jeofonlar ölçüm yapılacak arazide darbe noktasından itibaren düz hat üzerine belirli mesafede konumlandırılır. Sismik dalga hızları, alıcı ile kaynak arasındaki mesafenin, dalganın alıcıya varış süresine bölünmesi ile elde edilir. Böylece, kayma dalga hızı V_s , basınç dalga hızı V_p , alıcı ile kaynak arasındaki mesafe l , kayma dalgasının alıcıya varış süresi t_s ve basınç dalgasının alıcıya varış süresi t_p olup aşağıdaki formül ile elde edilmektedir (Tonyalı, 2011).

$$V_s = l / t_s \quad (3.3.)$$

$$V_p = l / t_p \quad (3.4.)$$

3.3.1.1. Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) Yöntemi

Yeraltında bulunan jeolojik yapıları belirlemede birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlar arasında yaygın olarak kullanılan sismik yöntemler, farklı özelliklere sahip tabakalı ortamların kalınlıkları, hızları ve yoğunluklarının hesabından, olası yeraltı jeolojik yapıları saptayabilir. Zemin özelliklerinin araştırılmasında kullanılan sismik kırılma yönteminin karşılaştığı yüksek hızlı bir katmanın altında düşük hızlı katmanın bulunması, hedeflenen nüfuz derinliğine ulaşılamaması gibi sorunlardan dolayı yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (MASW) yöntemi alternatif yöntemdir.

MASW yöntemi, yüzey dalga (S) hızı değişimlerinin belirlenmesinde özellikle sismik kırılma yönteminin uygulanmadığı durumlarda MASW yöntemi alternatif yöntemdir. Yer altı tabakalarının fiziksel özellikleri yüzey dalga (S) hızı ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle yüzey dalga (S) hızı değişimlerinin belirlenmesi oldukça önemlidir.

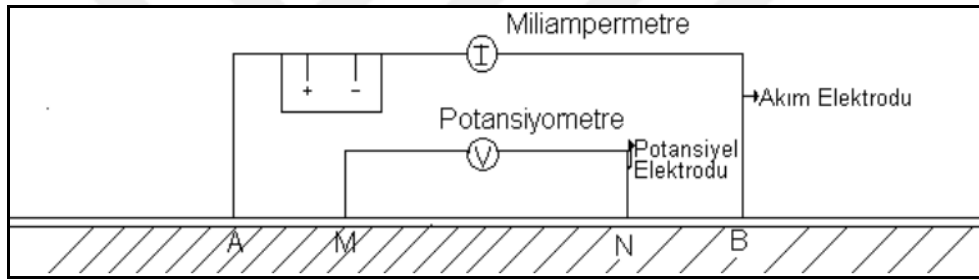
MASW yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar MASW verisi, dispersiyon eğrisini elde etmek ve ters çözüm işlemidir. MASW verisi 4.5 Hz sismografla toplanmıştır. Düşük frekanslı 4.5 Hz'lik jeofonlar bir çok araştırmacı tarafından bu yöntemde sıkça kullanılmıştır (Park vd., 1999; 2002; Xia vd., 1999a; Stephenson vd., 2005; Tallavo vd., 2008). MASW yöntemi faz hızının frekansla değiştiği Rayleigh dalgası dispersiyonunu elde etmek ve ters çözüm tekniği ile bunu yüzey dalga (S) dalgası hızı ve tabaka derinliğine dönüştürmektir (Park vd., 1999). Dispersiyon eğrilerinden yararlanılarak yapılan ters çözüm tekniği sonucunda yeraltının derinliğe ve tabaka sayısına bağlı olarak V_s hız değerleri saptanır.

MASW yöntemiyle yüzey dalgaları kayıt edilerek yeraltında bulunan tabakaların V_s hızları ve buna bağlı olarak da jeoteknik amaçlı yeraltının dinamik ve elastik parametrelerinin, yoğunluk (ρ), maksimum kayma modülü (G_d), young modülü (E_d), poisson oranı (μ) ve V_s30 (m/s) hesaplanmaktadır.

3.3.2. Elektriksel Özdirenç (Rezistivite) Yöntemi

Elektrik rezistivite yöntemi, yeraltı tabakalarının rezistivite (özdirenç) değerlerini yüzeyden ölçme operasyonudur. Jeolojik birimlerin birbirinden farklı rezistivite değerine sahip olması özelliğinden yararlanılarak elektriksel rezistivite yönteminde genellikle bir sahadaki yapıyı ortaya çıkarmak, tabakalar ve kalınlıklarını belirlemek amacıyla yapılır.

Rezistivite ölçümleri yere kontaklanmış dört elektrotla yapılır. Elektrotlardan ikisi yeraltına akım vermede, diğer ikisi de bu elektrik akımının yarattığı potansiyel farkını ölçmede kullanılır. Zemine akım vermede akım elektrotları, yeraltında yaratılan elektrik alanının potansiyelini ölçmek için potansiyel elektrotları kullanılır (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Rezistivite Elektrot Dizilim Düzenegi

Uygulanan akımın birimi miliamper ve ölçülen gerilimin birimi ise Volt olarak bilinir. Bu ölçü değerleri ve kullanılan elektrot diziliminin K geometrik faktörü olup, elektrot dizilimine bağlı faktör olarak tanımlanır ve ölçü konumu için kullanılarak görünür özdirenç (ohm-m) hesaplanır (Çağlar,2009). Elektrot diziliminde A ile B akım elektrotlarını, M ile N potansiyel elektrotları, yere uygulanan akım şiddeti I akımı (Miliampermetre) ve potansiyel elektrotları arasındaki fark (ΔV), elektrotlar arası uzaklık, uygulanan akıma ve aynı özellik gösteren ortamın özdirencine bağlıdır. Fakat ortam aynı özellik göstermemektedir. Ölçülen potansiyel elektrotları arasındaki farkı (ΔV) kullanılarak altta verilen bağlantıda yerine konulup hesaplanan özdirence görünür özdirenç olarak isimlendirilmektedir. (Başokur, 1994).

$$\rho = K * \Delta V / I \quad (3.5.)$$

ρ = Görünür Özdirenç (Ohm-m)

ΔV =Potansiyel elektrotları arasındaki fark (MV)

I=Yere uygulanan akım şiddeti (MA)

K = Elektrot dizilimine bağlı faktör olarak tanımlanır.

Görünür öz direnç, elektrot dizilimine ve öz direncine bağlıdır. Görünür öz dirence göre aynı özellik gösteren ortam ile farklı elektrot dizilimi dolayısıyla ölçülen potansiyel elektrotları arasındaki farklar (ΔV) görünür öz direnç değerleri de farklı olmaktadır. A, B akım elektrotları ve M, N potansiyel elektrotları farklı konumlanmalarına göre farklı elektrot dizilimleri tavsiye edilmiştir. Elektrot dizilimleri; Schlumberger, wenner, dipol-dipol ve pole-dipol dizilimleridir (Tablo 3.4.). Dizilimler amaca yönelik olarak seçilmektedir. Schlumberger ve wenner dizilimi derin amaçlı araştırmalarda kullanılmakta olup yanal süreksizliklerin belirlenmesinde pole-dipol dizilimi kullanılmaktadır. Maden aramasında ise dipol-dipol ve gradient dizilimi kullanılmaktadır. Türkiye’de en çok kullanılan Schlumberger elektrot dizilimidir (Candansavar, 2007) (Tablo 3.4.).



Tablo 3.4. Kullanılan elektrot dizilimi (Candansavar, 2007).

Elektrot Dizilimi	Geometrisi	K	Ölçülen
Schlumberger	<p style="text-align: center;">$AB \geq 5MN$ (veya $n \geq 3$ olmalı)</p>	<p>Genel olarak $K = \pi / 4 MN$ $(AB^2 / MN^2 - 1)$ dir. Eğer, $MN = a$ ve $AM = NB = na$ alınırsa $\pi n(n + 1)a$</p>	ρ_a (AMNB)
Wenner		$2\pi a$	ρ_a (AMNB)
Dipol-dipol		$\pi n(n + 1)(n + 2)a$	ρ_a (ABMN)
"Pole-dipol" sol (AMN)		$2\pi n(n + 1)a$	ρ_a (AMN)
"Pole-dipol" sağ (MNB)		$2\pi n(n + 1)a$	ρ_a (MNB)
İki Yönlü Üç Elektrot (İYÜE) Dizilimi	<p style="text-align: center;">C ($CO \geq 10AO$)</p>	$2\pi n(n + 1)a$	ρ_a (AMN) ve ρ_a (MNB)

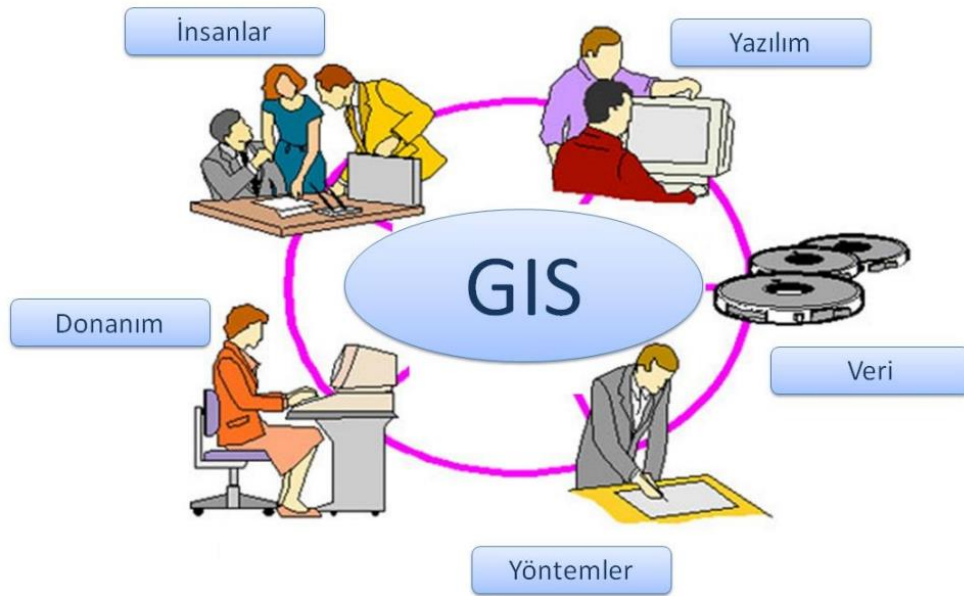
3.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Teknolojisi

Bilgi, günümüzde çok önemli yere sahip olup ve bu önem giderek artmaktadır. Artık çağımız bilgi çağı olup, bilgiye daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgiye artan önemde, hızlı ve kolay şekilde ulaşmanın yolu teknolojidir. Geçmişten günümüze gelişmekte olan teknoloji sayesinde bilgiye daha hızlı ve kolay ulaşılabilir. Gelişen teknolojiye bilgi teknolojileri de hızla gelişmekte olup bu gelişmeler neticesinde bilgi sistemleri ortaya çıkmıştır. Bunlardan biri Coğrafi Bilgi Sistemidir (CBS) (Yomralıoğlu, 2000).

Coğrafi bilgi sistemi, her türlü mekâna ait verilerin toplandığı, istenildiği zaman bilginin etkin olarak kullanıldığı, depolanması, güncellenmesi, işlenmesi, analiz edilmesi, yönetimi, sorgulanması ve görüntülenmesi için gerekli bir sistemdir. Bu sistem bilgisayar donanımı, yazılımı, personel ve yöntemleri organize olarak çalışmaktadır.

3.4.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Elemanları

Bir CBS'nin mutlaka sahip olması gereken beş önemli bileşen vardır. Bunlar: yazılım, veri tabanı, donanım, yöntemler ve insanlardır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. CBS Elemanları (Yomralıoğlu, 2000).

CBS'nin varoluş nedeni insanlardır. İnsanlar olmadan CBS hiçbir anlam ifade etmemektedir.

3.4.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Genel Fonksiyonları

CBS'nin genel fonksiyonları genel olarak 5 tanedir. Bunlar: veri girişi, veri işleme, veri depolama, sorgulama ve analizler, görüntüleme ve çıktı şeklinde önemli başlıklar altında toplanır (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. CBS'nin genel fonksiyonları

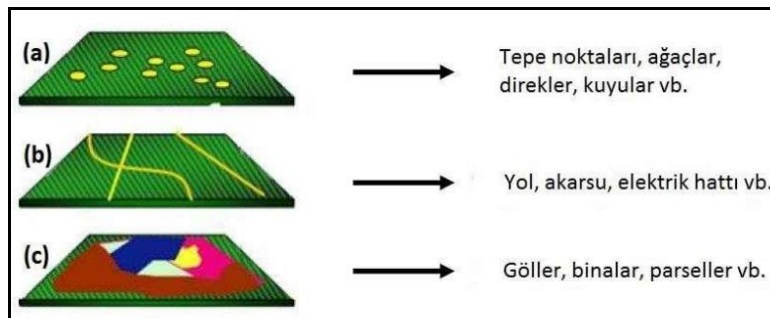
3.4.3. Veri Girişi

Coğrafi bilgi sisteminde, coğrafi veriler sayısal biçimde yani x,y koordinatlarına uygun şekilde dönüştürülmektedir. CBS de kullanılan coğrafi veriler farklı ölçeklerdeki haritalar, arazi fotoğrafları, hava fotoğrafları, uydu fotoğrafları ve video görüntüleri gibi çeşitli kaynaklardan elde edilebilmektedir (Heywood vd, 1998).

3.4.4. Veri İşleme ve Veri Yönetimi

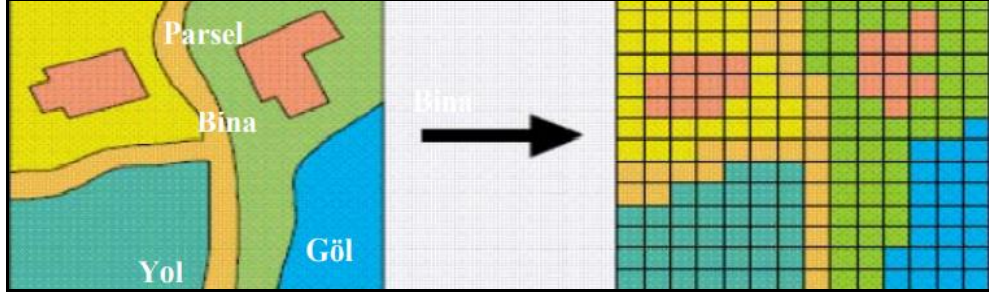
CBS ortamında, coğrafi veriler vektör ve raster veri modeli mevcuttur. Bu iki veri modeli coğrafi sorgulama ve analizlerde aktif bir biçimde kullanılmaktadır.

Vektör veri modelinde, noktalar, çizgiler ve poligonlar bilgisayara x,y koordinatları şeklinde depolanır. Noktalar, nesnelere ait konumları tek bir koordinat (x,y) değeri ile belirlenmektedir. Noktasal verilere örnek olarak su depoları, ağaçlar ve ölçüm istasyonları gösterilebilir. Çizgisel veri ise başlangıç ve bitiş noktası olan seri koordinat dizisi şeklinde depolanır. Çizgisel verilere örnek olarak faylar, yollar ve elektrik hatları gösterilebilir. Poligon veri ise başladığı noktada biten aynı koordinatlar (x,y) olan seri koordinatlar dizisi şeklinde depolanır. Poligon verilere örnek olarak il sınırları, parseller ve göller gösterilebilir (Töreayen vd, 2010) (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Vektör Veri Yapısı (Töreayen vd, 2010).

Raster veri, birbirine komşu grid yapıdaki hücrelerin bir araya gelmesi ile oluşurlar. Raster verisinde her piksel bir değere sahip olup en küçük birim piksel olarak tanımlanır. Raster verisinde piksel sayısı arttıkça veri setinin çözünürlüğü ve elde edilecek bilgi detayı artmaktadır (Töreayen vd, 2010) (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Raster veri modeli (Töreayen vd, 2010).

3.4.5. Sorgulama ve Analizler

CBS, grafik ve sözel verilerin birbirleri ile bütünleşik olarak sorgulanması olarak tanımlanır. Buna dayanarak grafik veriden sözel verilere, sözel verilerden grafik (konumsal) verilere hızlı şekilde ulaşmasını sağlamış olur (Töreayen vd, 2010).

CBD' de depolanan veriler üzerinde konuma dayalı kararlarla, tampon bölge analizi, yer seçimi analizi, bindirme analizleri, yakınlık analizleri, yoğunluk analizleri, taşkın analizleri, görünürlük analizleri, yüzey analizleri ve kısayol ve altyapı yönetim analizleri gibi analizler yapılarak yeni bilgi kümeleri üretilebilmektedir. Veri analizinde amaca yönelik çalışmaların yapıldığı yerdir (Töreayen vd, 2010).

3.4.6. Görüntüleme

CBS'de kullanılan ve depolanan vektör verileri, veri tabanı bilgilerine göre sınıflandırılarak farklı özelliklerde görüntülenebilirler. CBS'de yer alan vektör verilere çizgi tipleri, tarama, renk ve grafik sembolleri atayarak harita görüntüleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Elde edilen haritalar, iki boyutlu veya üç boyutlu biçimlerde olabilmektedir. Ayrıca, üretilen haritalar sürekli olarak güncelleştirmeye hazır durumdadır (Töreayen vd, 2010).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mersin ilinin merkezinin güney batısında yer alan çalışma alanının jeolojisini Akdeniz bölgesindeki akarsuların ovaya getirdikleri sedimanların oluşturduğu Kuvaterner yaşlı Alüvyon (Qal) birimi oluşturmaktadır (Şekil 4.1.). Kuzey-kuzeybatı kısımları Kaliş birimi ve Üst Miyosen Pliyosen yaşlı Handere Formasyonunu oluşturmaktadır.

Çalışma alanında yer alan alüvyonlar, genellikle akarsuların denize ulaştığı alanlarda akarsular tarafından getirilen çakıl, kum ve kil boyutundaki malzemelerden oluşmaktadır. Kıyıya yakın tarafta gözlenen çökellerin ise tane boyu genellikle kum boyutunda olup, ara ara yumuşak kıvamlı killi birimler de gözlemlenmiştir. Kıyıya uzak tarafta ise kil, silt ve çakıl boyutundaki malzemeler daha yoğun olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanında gözlenen Alüvyon (Qal) birimleri

Çalışma alanı iklimi yağışlı ve kurak bölge olduğu için Kaliş birimi yoğun olarak gözlenmektedir. Kaliş birimi büyük oranda kalsiyum karbonattan oluşmaktadır. Karasal oluşum olarak tanımlanan kaliş, gevşek durumdan sıkılaştırılmış durumlara geçiş gösterir. Kaliş oluşumu üç farklı model ile açıklanabilir. Bunlar; süzülme modeli, kapiler yükselme modeli ve kırıntı modelidir. Süzülmeyle oluşan kaliş modeli, atmosferdeki toz, bitki kalıntıları ve hayvan kavrıklarındaki karbonat, yağmur suyu ile aşağı doğru süzülür ve toprağın alt seviyelerine çöker. Daha sonra buharlaşmayla karbonatın yüzeyde birikmesine ve kaliş oluşumuna neden olur. Kapiler yükselme modeli, yüzeydeki suların aşağı doğru süzülmesi, ortamdaki kalsiyum karbonatın çözünmesine neden olur. Su, kapiler kuvvetler etkisiyle yüzeye doğru hareket eder ve buharlaşır. Su buharlaşması sonucu kalsiyum karbonatın çökmesi meydana gelir. Kapiler yükselme modeli, yeraltı suyunun kalsiyum karbonatça zengin ve yüzeye yakın kesimlerde oluşmaktadır. Kırıntı modeli, kalişin bozunmaya uğramış parçaları taşınmakta ve uygun yerde yeniden depolanmaktadır. Kaliş kabuk, fiziksel veya kimyasal bozunma sonucu parçalanarak daha farklı bölgelerde birikmekte ve burada tekrardan çözünerek yeraltı suyuna karışmaktadır. Daha sonra kaliş kabuk çözeltiler yoluyla çözünerek yeraltı suyu tablasına ulaşır. Bu süreç devamında yeni kaliş oluşumu gerçekleşmektedir (Zorlu, 2003) (Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.).

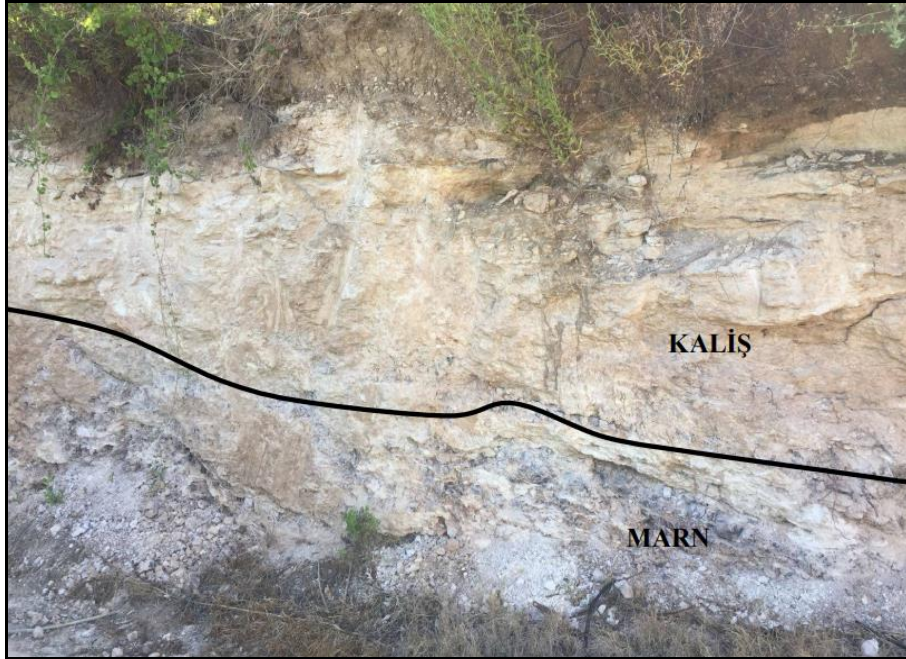


Şekil 4.2. Çalışma alanında gözlenen Kaliş birimi



Şekil 4.3. Çalışma alanında gözlenen Kalış ve Alüvyon birimlerinden görünümü

Çalışma alanında yer alan Handere formasyonu içerisinde kum, kumtaşı, kireçtaşı ve marn birimleri gözlemlenmiştir. Kumtaşı birimi sarımsı bej renkli olup yer yer yumuşak, yer yer sert litolojik özellik göstermektedir. Kireçtaşı sarımsı krem renkli olup, sert litolojik özellik göstermektedir. Marn birimi ise yeşilimsi gri, mavimsi gri olup, yer yer yumuşak, yer yer sert litolojik özellik göstermektedir (Şekil 4.4. ve Şekil 4.5.).



Şekil 4.4. Çalışma alanının kuzey doğusunda gözlenen Handere Formasyonuna ait kumtaşı ve marn birimlerinden görünüm



Şekil 4.5. Çalışma alanı kuzey doğusunda gözlenen Handere Formasyonuna ait kumtaşı ve kireçtaşı birimlerinin ardalanmasından görünüm

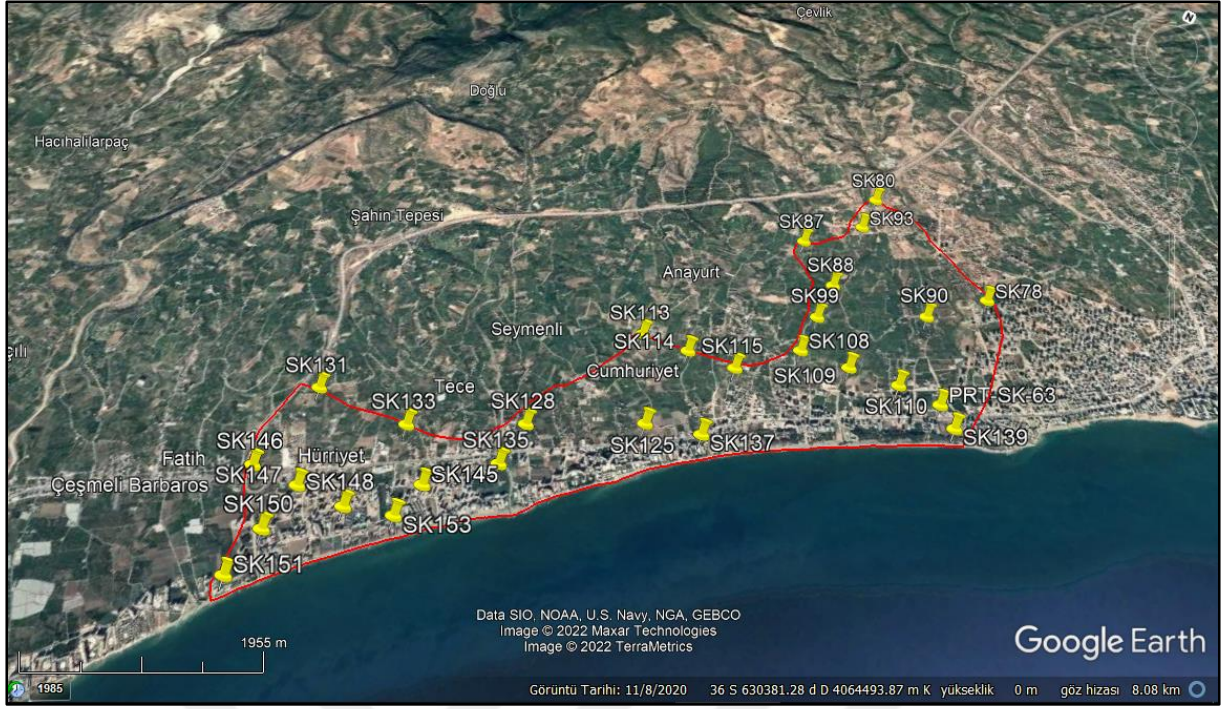
4.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanının fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sondaj kuyuları açılmıştır. Bu sondaj kuyularının derinlikleri 25 metreye kadar ulaşmaktadır. Sondaj kuyularından SPT ve CR (karot) örnekleri alınmıştır.

Şekil 4.6.'de sondaj çalışması yapılan bölgedeki uydu görüntüsü üzerinde lokasyon yerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.1'de GPS ile alınan sondaj koordinatları ED 1950 zon 36 koordinat sistemine göre gösterilmiştir.

Tablo 4.2.'de sondaj kuyularına ait derinlik, litoloji ve formasyon bilgileri verilmiştir.



Şekil 4.6. Çalışma bölgesindeki yapılan sondajların Google Earth üzerindeki lokasyonları (Google Earth,2022).

Tablo 4.1. Çalışma bölgesine ait sondaj kuyularının koordinat verileri

Sondaj No	X	Y	Sondaj No	X	Y
SK63	633563.36	4065198.39	SK125	631167.77	4063679.11
SK80	632062.31	4067732.16	SK128	630175.46	4063148.0
SK78	633599.65	4066767.78	SK131	628176.85	4062588.96
SK87	631587.10	4066711.92	SK133	629183.15	4062616.92
SK88	632104.20	4066222.75	SK135	630189.44	4062644.87
SK90	633110.48	4066250.68	SK137	631691.14	4063812.31
SK93	632076.28	4067229.03	SK139	633764.07	4064983.93
SK99	632118.17	4065719.61	SK145	629700.27	4062127.75
SK108	632132.14	4065216.47	SK146	628204.81	4061582.66
SK109	632635.28	4065230.44	SK147	628707.96	4061596.64
SK110	633138.41	4065244.41	SK148	629211.11	4061610.62
SK113	630636.69	4064671.42	SK150	628721.94	4061093.49
SK114	631139.83	4064685.39	SK151	628735.92	4060590.34
SK115	631642.97	4064699.36	SK153	629663.59	4061742.48

Tablo 4.2. Çalışma alanında yapılan sondaj kuyularına ait derinlik, litoloji ve formasyon bilgileri

Sondaj No	Derinlik(m)	Litoloji	Formasyon
SK-63	0,00 - 0,50	Bitkisel Toprak	Kaliş (Qk)
	0,50 - 3,00	Çakıllı Kumlu Kil	
	3,00 - 26,00	Killi, Kumlu Çakıl	Alüvyon (Qal)
SK-80	0,00-1,00	Sert Kaliş	Kaliş (Qk)
	1,00-15,00	Kaliş Girişimli Çakıl	Alüvyon (Qal)
SK-78	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-1,00	Sert Kaliş	Kaliş (Qk)
	1,00-15,00	Kaliş Girişimli Çakıl	Alüvyon (Qal)
SK-87	0,00-0,50	Kırıntılı Malzeme	
	0,50-1,50	Sert Kaliş	Kaliş (Qk)
	1,50-4,00	Kaliş Girişimli Çakıl	Alüvyon (Qal)
	4,00-15,00	Çakıllı Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
SK-88	0,00-1,00	Sert Kaliş	Kaliş (Qk)
	1,00-15,00	Kaliş Girişimli Kil	Alüvyon (Qal)
SK-90	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-1,50	Çakıllı, Killi Kallış	Alüvyon (Qal)
	1,50-15,00	Kaliş Girişimli Çakıl	
SK-93	0,00-0,50	Sert Kaliş	Kaliş (Qk)
	0,50-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
SK-99	0,00-1,00	Kırıntılı Malzeme	
	1,00-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
SK-108	0,00-3,00	Sert Kaliş	Kaliş (Qk)
	3,00-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
SK-109	0,00-1,00	Kırıntılı Malzeme	
	1,00-5,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
	5,00-15,00	Killi, Kumlu Çakıl	
SK-110	0,00-1,00	Dolgu Malzemesi	
	1,00-4,00	Sert Kaliş	Kaliş (Qk)
	4,00-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
SK-113	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-3,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
	3,00-4,00	Çakıllı, Killi Kum	
	4,00-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	

Sondaj No	Derinlik(m)	Litoloji	Formasyon
SK-114	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
SK-115	0,00-0,50	Kırıntılı Malzeme	
	0,50-1,00	Sert Kaliş	Kaliş (Qk)
	1,00-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
SK-125	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
SK-128	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-4,50	Çakıllı, Killi Kaliş	Alüvyon (Qal)
	4,50-15,00	Kaliş Girişimli Çakıl	
SK-131	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-4,00	Çakıllı, Killi Kaliş	Alüvyon (Qal)
	4,00-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	
SK-133	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-5,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
	5,00-15,00	Marn	Handere Formasyonu
SK-135	0,00-1,00	Kırıntılı Malzeme	
	1,00-5,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
	5,00-15,00	Killi, Kumlu Çakıl	
SK-137	0,00-1,00	Kırıntılı Malzeme	
	1,00-11,00	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
	11,00-15,00	Killi, Kumlu Çakıl	
SK-139	0,00-5,00	Çakıllı, Killi Kum	
	5,00-15,00	Killi, Kumlu Çakıl	Alüvyon (Qal)
SK-145	0,00-0,50	Kırıntılı Malzeme	
	0,50-1,50	Çakıllı, Killi Kum	Alüvyon (Qal)
	1,50-15,00	Killi, Kumlu Çakıl	
SK-146	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-4,00	Çakıllı, Killi Kum	Alüvyon (Qal)
	4,00-7,00	Killi, Kumlu Çakıl	
	7,00-15,00	Çakıllı, Killi Kaliş	
SK-147	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	
	0,50-2,50	Çakıllı, Kumlu Kil	Alüvyon (Qal)

Sondaj No	Derinlik(m)	Litoloji	Formasyon
	2,50-15,00	Çakıllı, Killi Kaliş	
SK-148	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	Alüvyon (Qal)
	0,50-5,00	Çakıllı, Kumlu Kil	
	5,00-15,00	Killi, Kumlu Çakıl	
SK-150	0,00-1,50	Kırıntılı Malzeme	Alüvyon (Qal)
	1,50-5,00	Çakıllı, Killi Kum	
	5,00-8,00	Çakıllı, Kumlu Kil	
	8,00-15,00	Killi, Kumlu Çakıl	
SK-151	0,00-0,50	Kırıntılı Malzeme	Alüvyon (Qal)
	0,50-3,00	Çakıllı, Kumlu Kil	
	3,00-9,00	Çakıllı, Killi Kum	
	9,00-15,00	Çakıllı, Kumlu Kil	
SK-153	0,00-0,50	Bitkisel Toprak	Alüvyon (Qal)
	0,50-4,00	Çakıllı, Killi Kum	

Arazi çalışmasında, toprak türü zeminlerin fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla her bir sondaj kuyularında Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmıştır. Çalışma alanında yapılan sondajlar ve gözlemler sonucunda bölgede Kuvaterner yaşlı Alüvyon formasyonunda kil, silt, kum ve çakıl boyutunda birimler gözlemlenmiştir (Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.).

Çalışma alanında açılan sondaj kuyularından alınan örnekler Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına (USCS) tabi tutulmuştur (Wagner, 1957).

Çalışma alanında yer alan alüvyonlar genellikle kuzeyden güneye doğru boşalan akarsuların denize ulaştığı düz alanlarda biriken çakıl, kum ve kil boyutundaki malzemelerden oluşmaktadır. Kıyıya yakın tarafta gözlenen çökellerin tane boyu genellikle kum boyutunda olup, yumuşak kıvamlı killi birim tabakalarına rastlanmıştır. Kıyıya uzak kuzey bölgesinde ise kil, silt ve çakıl boyutundaki malzemeler yoğun olarak görülmektedir.



Şekil 4.7. Standart Penetrasyon Testi (SPT)



Şekil 4.8. Çalışma alanında yapılan sondaj çalışmaları

4.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmalarında sondaj kuyularından alınan SPT ve CR (karot) örneği üzerinde toprak türü zeminlerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla deneyler yapılmıştır. Bu deneyler; elek analizi, doğal ve kuru birim hacim ağırlık deneyi, su içeriği ve atterberg limitleri deneylerdir.

4.2.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Zeminlerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla, çalışma alanında yapılan sondaj kuyularından alınan örnekler üzerinde laboratuvarında gerekli deneyler yapılmış ve sonuçlar Tablo.4.3’de gösterilmiştir.



Tablo 4.3. Zeminlerin fiziksel özellikleri

Sondaj No	Derinlik (m)	SINIFLANDIRMA			DOĞAL BİRİM HACİM AĞIRLIK (gr/cm ³)	SU İÇERİĞİ W _n (%)	KURU BİRİM HACİM AĞIRLIK (gr/cm ³)	Zemin Sınıfı
		Atterberg Limitleri						
		LL%	PL%	PI%				
SK 63	0,50-3,00	58,80	25,86	32,94	1,99	18,70	1,68	CH
SK 78	1,50-2,00	-	-	-	-	-	-	SM/SC
SK 80	2,00-4,00	-	-	-	1,82	20,47	1,51	GM/GC
SK 87	2,00-4,00	-	-	-	-	-	-	SM/SC
SK 88	2,00-4,00	41,40	20,08	21,32	-	-	-	CI
SK 90	2,00-4,00	-	-	-	1,79	10,98	1,61	GW-GM/GW-GC
SK 93	2,00-4,00	52,10	28,05	24,05	-	-	-	CH
SK 99	2,00-4,00	37,00	18,45	18,55	-	-	-	CI
SK 108	6,00-8,00	49,90	33,80	16,10	-	-	-	GM
SK109	2,00-4,00	43,80	23,96	19,84	1,98	10,10	1,79	CI
SK110	6,00-8,00	55,10	38,77	16,33	-	-	-	MH
SK 113	6,00-8,00	46,80	23,03	23,77	-	-	-	CI
SK 114	6,00-8,00	45,20	24,09	21,11	-	-	-	CI
SK 115	7,00-9,00	66,60	38,90	27,70	-	-	-	MH
SK 125	2,00-4,00	35,70	16,00	19,70	-	-	-	CI
SK 128	2,00-4,00	35,45	18,57	16,88	-	-	-	GC
SK 131	2,00-4,00	53,00	27,03	25,97	1,96	29,20	1,51	CH
SK 133	2,00-4,00	59,00	28,07	30,93	-	-	-	CH
SK 135	2,00-4,00	41,30	19,04	22,26	-	-	-	CI
SK 137	2,00-4,00	60,60	27,37	33,27	-	-	-	CH
SK 139	5,00-7,00	-	-	-	-	-	-	GW-GM/GW-GC
SK145	2,00-4,00	-	-	-	-	-	-	SM/SC
SK 146	4,00-5,50	-	-	-	-	-	-	SP
SK 147	2,00-4,00	41,00	17,71	23,29	-	-	-	CI
SK 148	2,00-4,00	28,90	18,13	10,77	1,99	17,40	1,69	CL
SK 150	3,00-5,00	-	-	-	1,97	35,29	1,46	SM/SC
SK 151	1,00-3,00	37,00	15,95	21,05	2,00	16,88	1,71	CI
SK 153	2,00-3,50	-	-	-	1,84	17,53	1,56	SP-SM/SP-SC

Çalışma alanından alınan kil örnekleri üzerinde laboratuvarında yapılan elek analizleri ve atterberg limitleri deneyleri sonucunda düşük plastisiteli kil (CL), yüksek plastisiteli silt (MH), orta plastisiteli silt (MI), orta plastisiteli kil (CI) ve yüksek plastisiteli kil (CH) sınıfında zeminler tespit edilmiştir. (Şekil 4.9. ve Şekil 4.10.)



Şekil 4.9. Plastik limit deneyi zemin örneği



Şekil 4.10. Likit Limit deneyi

Çalışma alanından alınan kum örnekleri üzerinde laboratuvarında yapılan elek analizi deneyleri sonucunda zeminlerin iyi derecelendirilmiş kum (SW), siltli kum (SM), kötü derecelendirilmiş kum (SP) ve killi kum (SC) sınıfında zeminler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.11., Şekil 4.12 ve Şekil 4.13).

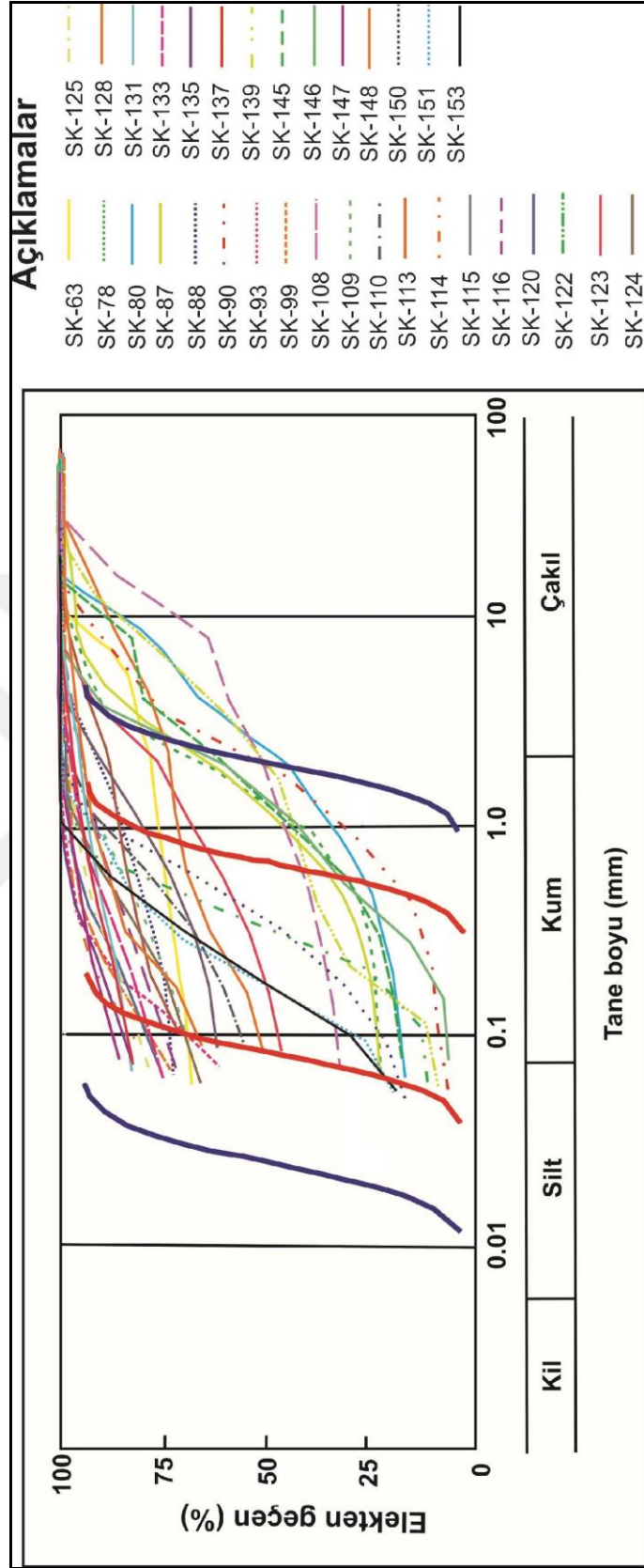


Şekil 4.11. Zemin örneklerinin etüvde kurutulması

Çalışma alanından alınan çakıl örnekleri üzerinde laboratuvarında yapılan elek analizi deneyleri sonucunda iyi derecelendirilmiş çakıl (GW) , siltli çakıl (GM), kötü derecelendirilmiş çakıl (GP) ve killi çakıl (GC) sınıfında zeminlerin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.11., Şekil 4.12 ve Şekil 4.13).

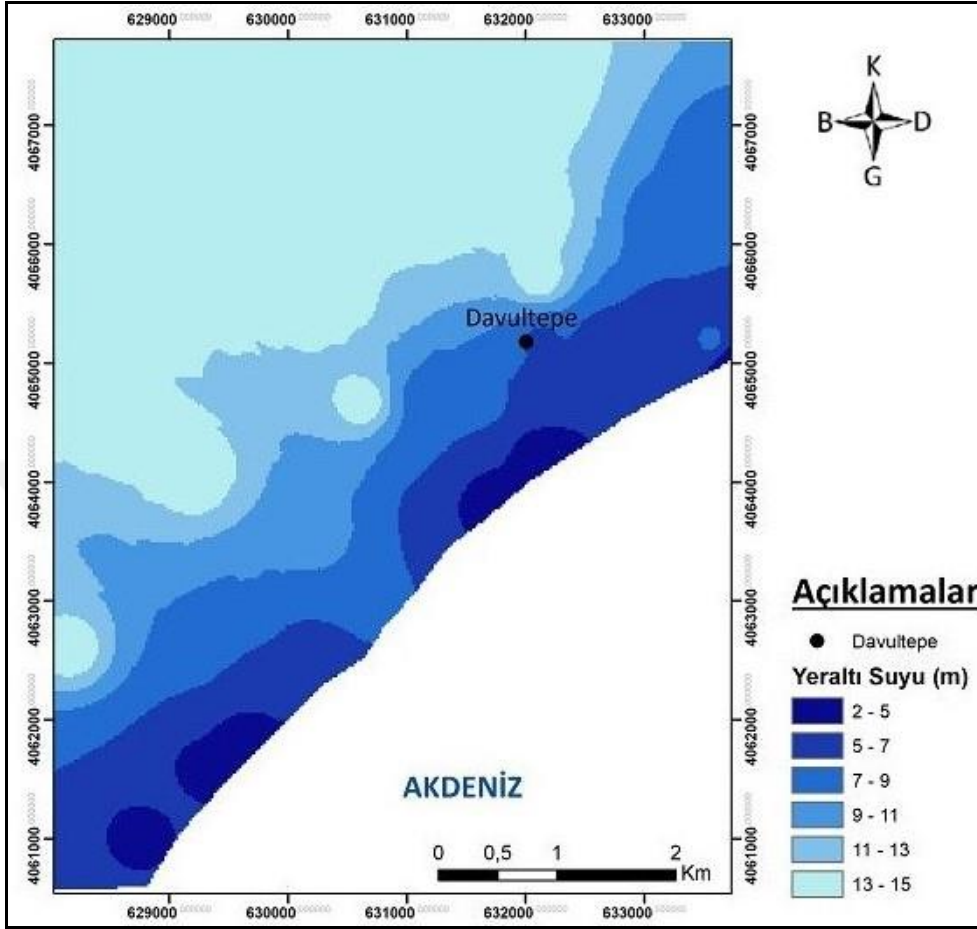


Şekil 4.12. Tane boyu dağılım analizi



Şekil 4.13. İri taneli örnekler üzerinde yapılan elek analiz sonuçlarına göre tane boyu dağılımı (Özhan, 2021).

Çalışma alanında yapılan sondaj çalışmalarında yeraltı su seviyesi ölçümleri yapılmıştır. Sahil kesimlerinde su seviyesinin düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.14.).



Şekil 4.14. Çalışma alanının yeraltı su seviyesi (YASS) haritası (Özhan, 2021).

Çalışma alanında açılan sondaj kuyularından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre doğal birim hacim ağırlık, su içeriği ve plastisite indisi değer aralıkları (Tablo 4.4.) belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Deney sonuçları

Deneyler	Değer Aralığı
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	1.79 gr/cm ³ – 2 gr/cm ³
Su İçeriği (w %)	5.75 – 41.13
Plastisite İndisi (PI %)	8.27 – 33,27

Tablo 4.5. İnce Taneli Zeminlerin Plastisite İndeksine Göre Sınıflandırılması

Plastisite İndeksi PI (%)	Kuru Dayanım	Plastisite Derecesi
0-5	Çok düşük	Plastik değil
5-15	Düşük	Az plastik
15-40	Orta	Plastik
>40	Yüksek	Çok plastik

Çalışma alanında killi birimlerden alınan örnekler üzerinde laboratuvarında yapılan atterberg limitleri deney sonucuna göre kuru dayanımlarının düşük, orta ve yüksek olduğu plastisite derecelerinin ise az plastik, plastik ve çok plastik olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.5.).

4.3. Jeofizik Çalışmalar

Mersin ili Mezitli ilçesi Davultepe bölgesinde bulunan çalışma alanında jeofizik çalışması kapsamında yüzey dalga (S) ve boyuna dalga (P) hızlarının dinamik zemin parametrelerinin belirlenmesi amacıyla 12 kanallı RAS24 12S 12L mühendislik sismograf cihazı ile sismik ölçümler, rezistivite ölçümleri yapılmıştır. Balyoz-çelik levha sismik kaynak olarak kullanılmıştır.

Çalışma alanında 29 profil boyunca hız ölçümleri yapılmıştır; bu uygulamalarla zeminin derinlikle değişen tabaka geometrilerini saptamak ve dinamik (sismik) elastik parametrelerini tayin etmek amacıyla boyuna dalga hızları ile kayma dalga hızları ölçülmüştür. 29 Nuktada Alınan Masw ölçümlerinde Jeofon Aralıkları 2 metre, ofset 6 metre, serim boyu 28 metredir.

Şekil 4.15.'de Mezitli ilçesi Davultepe bölgesinde yapılan jeofizik çalışmaların uydu görüntüsü üzerinde lokasyon yerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.6'de çalışma alanında yapılan sismik çalışmaların koordinatları ED 1950 zon 36 koordinat sistemine göre gösterilmiştir.

Tablo 4.7.'de çalışma alanında yapılan zeminin dinamik ve elastik parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Çalışma bölgesindeki yapılan jeofizik çalışmaların Google Earth üzerindeki lokasyonları (Google Earth,2022).

Tablo 4.6. Çalışma alanında yapılan sismik çalışmaların koordinatları

Nokta No	X	Y	Nokta No	X	Y
SİS49	633497.23	4066613.19	SİS65	630430.62	4065859.06
SİS50	633786.65	4065962.19	SİS66	630987.13	4064822.42
SİS52	631546.40	4067560.14	SİS67	631599.27	4063829.51
SİS53	632613.62	4067013.53	SİS68	630318.16	4064149.42
SİS54	632973.04	4066330.74	SİS69	630870.13	4063672.67
SİS55	633259.78	4065988.69	SİS70	631076.26	4063062.08
SİS56	633568.71	4065321.31	SİS71	629857.31	4063089.92
SİS57	631401.65	4066977.56	SİS72	629945.84	4062721.67
SİS58	631941.05	4066391.41	SİS73	629968.27	4062005.33
SİS59	632454.37	4065265.40	SİS74	629126.06	4062745.01
SİS60	633032.01	4064799.46	SİS75	629628.99	4061821.70
SİS61	631344.33	4065806.68	SİS76	628066.54	4062120.81
SİS62	631550.03	4065210.07	SİS77	629121.17	4061367.78
SİS63	631861.68	4064806.81	SİS78	628616.16	4060855.94
SİS64	632165.94	4064320.30			



Şekil 4.16. Çalışma alanında yapılan sismik çalışmalar

Tablo 4.7. Zeminin dinamik ve elastik parametreleri

Serim No	Tabakalar	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_{s30}	H (m)	V_p/V_s	ρ (gr/cm ³)	G _d (kg/cm ²)	μ	E_d (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)
SİS49	1	1053,00	629,00	686	4,00	1,67	1,77	6986,67	0,22	17084,04	10265,02
	2	1705,00	694,00				2,46	1,99	9594,27	0,40	26877,56
SİS50	1	878,00	332,00	448	4,00	2,64	1,69	1859,99	0,42	5269,66	10528,42
	2	1213,00	470,00				2,58	1,83	4041,31	0,41	11410,03
SİS52	1	688,00	410,00	596	5,00	1,68	1,59	2668,86	0,22	6536,83	3956,63
	2	1286,00	651,00				1,98	1,86	7867,45	0,33	20891,58
SİS53	1	716,00	462,00	615	7,00	1,55	1,60	3422,74	0,14	7826,60	3657,18
	2	1154,00	671,00				1,72	1,81	8135,01	0,24	20249,82
SİS54	1	1118,00	687,00	736	5,00	1,63	1,79	8460,30	0,20	20248,21	11125,16
	2	1583,00	742,00				2,13	1,96	10765,64	0,36	29265,61
SİS55	1	1565,00	643,00	750	10,00	2,43	1,95	8061,43	0,40	22547,09	37006,44
	2	1648,00	808,00				2,04	1,98	12895,07	0,34	34604,47
SİS56	1	717,00	219,00	443	4,00	3,27	1,60	769,36	0,45	2228,92	7220,88
	2	1062,00	513,00				2,07	1,77	4657,23	0,35	12554,23
SİS57	1	652,00	314,00	531	4,00	2,08	1,57	1544,48	0,35	4167,06	4599,84
	2	1222,00	583,00				2,10	1,83	6229,69	0,35	16853,28
SİS58	1	667,00	363,00	527	6,00	1,84	1,58	2075,90	0,29	5354,11	4240,95
	2	1161,00	600,00				1,94	1,81	6514,37	0,32	17169,26
SİS59	1	663,00	253,00	466	4,00	2,62	1,57	1006,89	0,41	2849,05	5572,08
	2	1130,00	525,00				2,15	1,80	4953,93	0,36	13498,10
SİS60	1	887,00	359,00	498	6,00	2,47	1,69	2180,38	0,40	6113,99	10403,19
	2	1267,00	555,00				2,28	1,85	5696,94	0,38	15738,13
SİS61	1	878,00	440,00	518	4,00	2,00	1,69	3266,94	0,33	8705,20	8652,50
	2	1305,00	526,00				2,48	1,86	5155,08	0,40	14465,30
SİS62	1	938,00	324,00	424	6,00	2,90	1,72	1800,95	0,43	5158,87	12693,21
	2	1059,00	475,00				2,23	1,77	3990,00	0,37	10965,10
SİS63	1	620,00	160,00	300	4,00	3,88	1,55	396,00	0,46	1159,76	5418,24
	2	1117,00	340,00				3,29	1,79	2071,73	0,45	6003,64
SİS64	1	650,00	292,00	550	4,00	2,23	1,57	1334,61	0,37	3666,41	4833,79
	2	1140,00	622,00				1,83	1,80	6968,97	0,29	17952,89
SİS65	1	896,00	409,00	516	6,00	2,19	1,70	2837,17	0,37	7764,73	9833,27
	2	1107,00	550,00				2,01	1,79	5409,09	0,34	14454,41
SİS66	1	709,00	282,00	463	4,00	2,51	1,60	1272,10	0,41	3577,24	6344,97
	2	1146,00	556,00				2,06	1,80	5575,80	0,35	15010,90
	1	698,00	295,00		4,00	2,37	1,59	1386,66	0,39	3858,43	5914,24

SİS67	2	1210,00	460,00	432		2,63	1,83	3868,78	0,42	10952,73	21610,42
SİS68	1	1118,00	586,00	614	6,00	1,91	1,79	6155,56	0,31	16134,93	14198,15
	2	1340,00	623,00			2,15	1,88	7279,71	0,36	19831,65	23971,81
SİS69	1	672,00	371,00	447	4,00	1,81	1,58	2172,46	0,28	5564,92	4230,97
	2	1252,00	455,00			2,75	1,84	3817,56	0,42	10871,75	23814,82
SİS70	1	1028,00	548,00	588	6,00	1,88	1,76	5271,34	0,30	13721,43	11521,64
	2	1116,00	598,00			1,87	1,79	6407,37	0,30	16641,40	13772,31
SİS71	1	1123,00	524,00	560	4,00	2,14	1,79	4927,42	0,36	13410,86	16061,76
	2	1171,00	562,00			2,08	1,81	5727,61	0,35	15468,76	17229,69
SİS72	1	811,00	492,00	504	6,00	1,65	1,65	4004,49	0,21	9681,39	5541,43
	2	1147,00	505,00			2,27	1,80	4600,82	0,38	12696,16	17600,03
SİS73	1	655,00	333,00	404	5,00	1,97	1,57	1739,04	0,33	4610,97	4409,56
	2	951,00	418,00			2,28	1,72	3007,87	0,38	8303,37	11558,76
SİS74	1	839,00	448,00	517	4,00	1,87	1,67	3348,56	0,30	8710,14	7279,52
	2	1043,00	523,00			1,99	1,76	4818,77	0,33	12837,69	12739,65
SİS75	1	589,00	215,00	430	4,00	2,74	1,53	705,94	0,42	2009,30	4356,86
	2	1074,00	499,00			2,15	1,77	4418,90	0,36	12040,17	14578,30
SİS76	1	1125,00	538,00	557	9,00	2,09	1,80	5196,54	0,35	14048,82	15793,71
	2	1275,00	565,00			2,26	1,85	5913,38	0,38	16295,19	22228,87
SİS77	1	408,00	206,00	302	4,00	1,98	1,39	591,24	0,33	1571,42	1530,93
	2	655,00	307,00			2,13	1,57	1478,08	0,36	4018,13	4757,51
SİS78	1	434,00	209,00	293	4,00	2,08	1,41	618,05	0,35	1667,56	1841,03
	2	701,00	307,00			2,28	1,60	1503,38	0,38	4153,36	5833,89

4.3.1. V_{s30} (m/sn) Değerine Göre Zemin Sınıflaması

V_{s30} , UBC ve Eurocode-8 uluslararası standartlarında kullanılan temel parametrelerin başında gelmektedir. V_{s30} çalışmalarında ilk 30 metrenin önemi ve ince tabakaların tespitinde doğru sonuçlar vermesi nedeni ile etkin kullanıma sahiptir. UBS ve EUROCODE-8 'e göre zemin sınıfları Tablo 4.8.' de verilmiştir. Formülü:

$$V_{s30} = 30 / [(h1 / V_{s1}) + ((30 - h2) / V_{s2})] \quad (4.1.)$$

Tablo 4.8. UBS ve EUROCODE-8 'e Göre Zemin Sınıfları

ZEMİN TİPİ	Profilin Tanımı	V _{s30} (m/sn)
A	Yüzeyde en fazla 5m kalınlığında daha zayıf malzeme bulunduran dahil kaya ve kaya benzeri jeolojik formasyon.	>800
B	En az on metrelerce kalınlığında çok sıkı kum, çakıl yada kil tabakaları	360-800
C	Onlarca metre ile yüzlerce metre arasında kalınlığa sahip derin sıkı yada orta sıklıkta kum,çakıl yada rijit kil.	180-360
D	Gevşek-orta kohezyonsuz zemin (yada bazı kohezyonlu tabakalara sahip) ya da yumuşak sert kohezyonlu zemin tabakaları	<180

Kayma dalgası hızı ile zemin özelliklerinin belirlenmesinde zemin sınıflaması kriterleri kullanılmaktadır. Kayma dalga hızınının 30 metre derinliğe kadar ortalama hızı (V_{s30}) verisini kullanan NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) kriterleri tercih edilmiştir. NEHRP kriterleri Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. NEHRP 'e Göre Zemin Sınıflama Kriterleri (Bozkurt vd, 2013).

NEHRP ZEMİN SINIFI	TANIMLAMA	S DALGA HIZI (Vs 30)
A	Sert Ana Kaya	>1500 m/sn
B	Sağlam dayanıklı ile sert kaya arası birimler	760-1500 m/sn
C	Yoğun Toprak, Yumuşak Kaya	360-760 m/sn
D	Sert Toprak	180-360 m/sn
E	Yumuşak Killer	<180

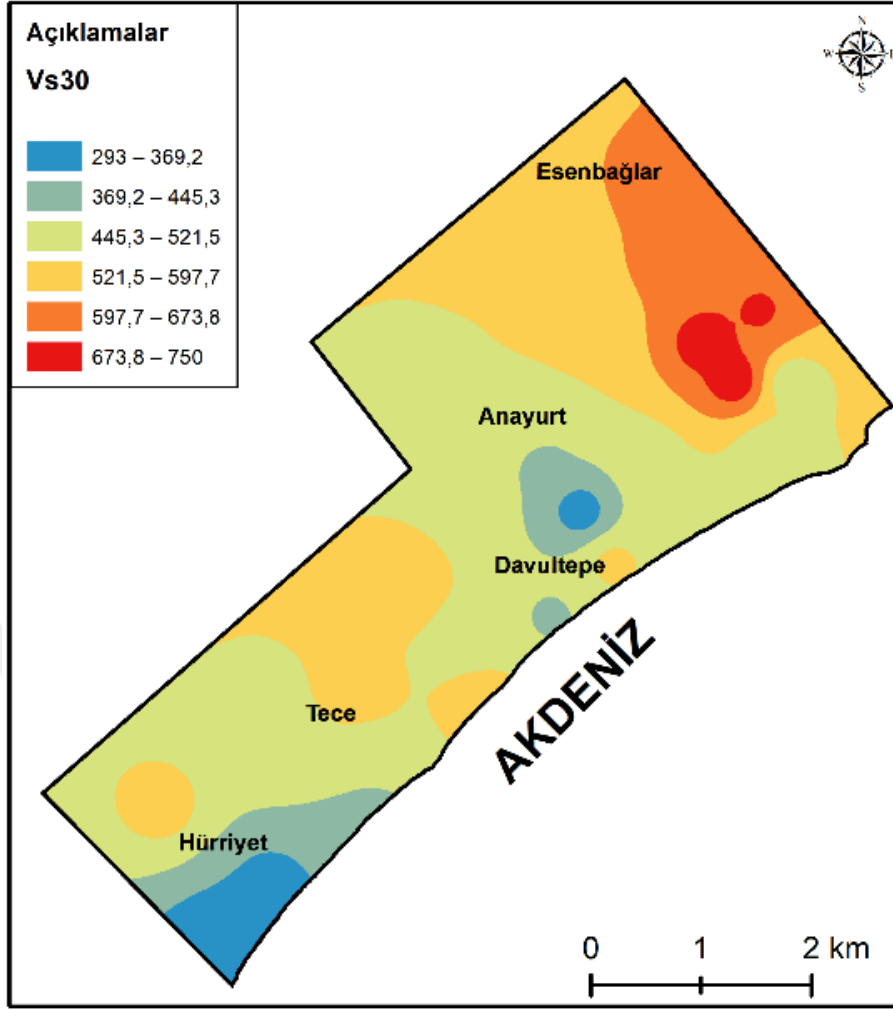
Çalışma alanındaki zemin sınıflaması kullanılarak birimde ne kadar dalga hızıyla hareket edildiğinin belirlenmektedir.

Mezitli ilçesi Davultepe bölgesindeki 29 nokta için 30 metreye kadar ortalama S dalga hızlarınının zemin grupları Tablo 4.10.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Çalışma alanının Vs30 hızına göre zemin grupları.

Serim No	Vs30 (m/s)	EUROCODE-8 'e Göre	NEHRP 'e Göre
SİS49	686	B	C
SİS50	448	B	C
SİS52	596	B	C
SİS53	615	B	C
SİS54	736	B	C
SİS55	750	B	C
SİS56	443	B	C
SİS57	531	B	C
SİS58	527	B	C
SİS59	466	B	C
SİS60	498	B	C
SİS61	518	B	C
SİS62	424	B	C
SİS63	300	C	D
SİS64	550	B	C
SİS65	516	B	C
SİS66	463	B	C
SİS67	432	B	C
SİS68	614	B	C
SİS69	447	B	C
SİS70	588	B	C
SİS71	560	B	C
SİS72	504	B	C
SİS73	404	B	C
SİS74	517	B	C
SİS75	430	B	C
SİS76	557	B	C
SİS77	302	C	D
SİS78	293	C	D

Mezitli ilçesi Davultepe bölgesinde yapılan 29 adet jeofizik çalışmasında Vs30 hızı 293.00 m/sn – 750.00 m/sn aralığında bulunmuştur. Bu değerler için EUROCODE-8 e göre B ve C sınıfında, NEHRP sınıfına göre C ve D sınıfında bulunmuştur.



Şekil 4.17. Çalışma alanına ait V_{s30} hızlarının dağılımları

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan Masw yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, V_{s30} hız dağılımı haritasında 293-750 m/sn değer aralığındadır (Şekil 4.17.). EUROCODE-8 ve NEHRP zemin sınıflama kriterleri esas alınarak çalışma alanı için hazırlanmış zemin sınıflaması haritası Şekil 4.22.'de verilmiştir. Hürriyet bölgesinin V_{s30} hız dağılımı 293-521,5 m/sn aralığında olup, EUROCODE-8 sınıfına göre B ve C sınıfında yer alıp NEHRP sınıflamasına göre C ve D sınıfındadır. Davultepe bölgesinin V_{s30} hız dağılımı 293-597,7 m/sn aralığında olup, EUROCODE-8 sınıfına göre B ve C sınıfında yer alıp, NEHRP sınıflamasına göre C ve D sınıfındadır. Anayurt bölgesinin V_{s30} hız dağılımı 396,2-521,5 m/sn aralığında olup, EUROCODE-8 sınıfına göre B sınıfında yer alıp, NEHRP sınıfına göre C sınıfındadır. Tece bölgesinin V_{s30} hız dağılımı 445,3-597,7 m/sn aralığında olup, EUROCODE-8 sınıfına göre B sınıfında yer alıp, NEHRP sınıfına göre C sınıfındadır. Esenbağlar bölgesinin V_{s30} hız dağılımı 521,5-673,8 m/sn aralığında olup, EUROCODE-8 sınıfına göre B sınıfında yer alıp, NEHRP sınıfına göre C sınıfındadır. Çalışma alanında V_{s30} hız dağılımı haritasına göre 293-597,7 m/sn değeri aralığında yoğun olarak görünüp, EUROCODE-8 sınıfına göre B ve C sınıfında belirlenmiştir. NEHRP sınıflamasına göre ise C ve D sınıfında olduğu belirlenmiştir.

4.3.2. Zeminin Dinamik-Elastik Parametreleri

Çalışma alanında yapılan 29 adet MASW çalışması sonucu zeminin dinamik ve elastik parametreleri belirlenmiştir. Bunlar; yoğunluk (ρ - gr/cm³), poisson oranı (μ), dinamik elastisite modülü (E_d - kg/cm²), dinamik kayma modülü (G_d -kg/cm²) ve dinamik bulk modülü (K -kg/cm²)'dür.

4.3.3. Yoğunluk (ρ - gr/cm³)

Boyuna dalga hızına göre Telford (1976) tarafından verilen yoğunluk aşağıdaki formülden hesaplanır. Yoğunluk; 1,20 gr/cm³' den küçük ise çok düşük, 1,20-1,40 gr/cm³ arasında ise düşük, 1,40-1,90 gr/cm³ arasında ise orta, 1,90-2,20 gr/cm³ arasında ise yüksek ve 2,20 gr/cm³'den büyük ise çok yüksek olduğunu gösterir (Tablo 4.11.).

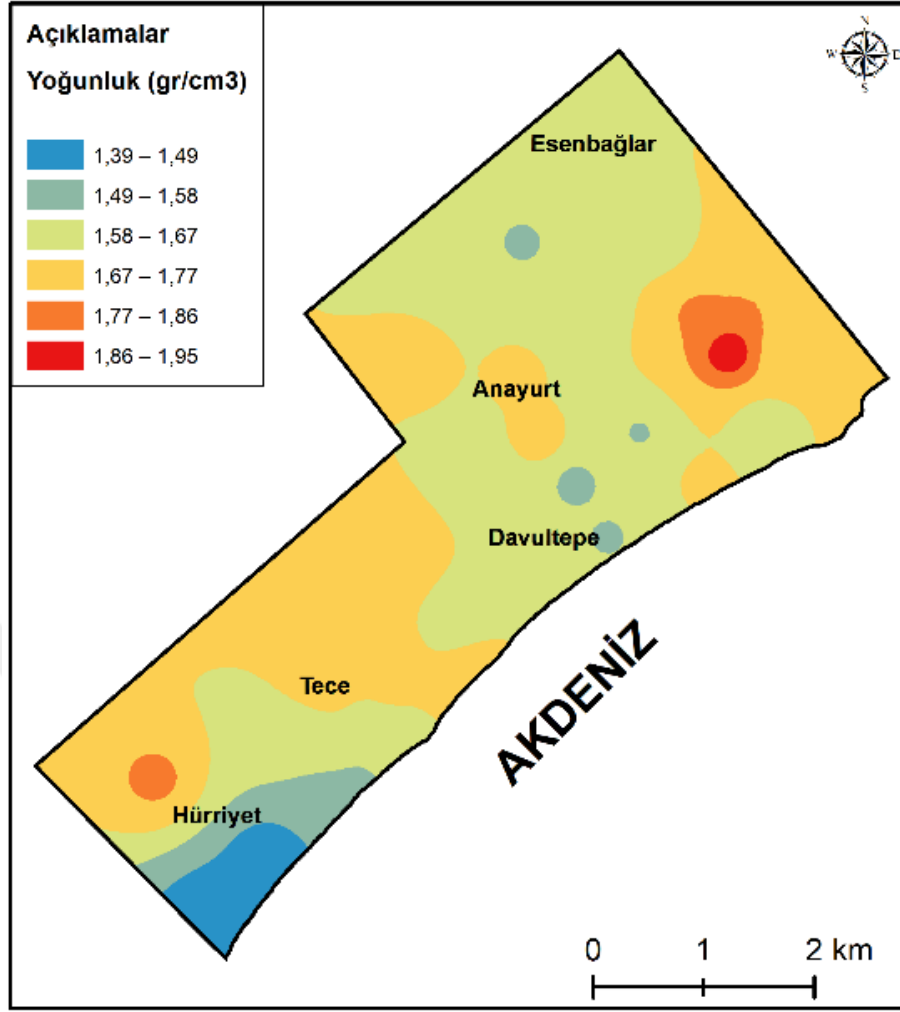
$$\rho = d = 0.31 * V_p^{0.25} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (4.2.)$$

Tablo 4.11. Zemin Birimlerinin Yoğunluk Sınıflaması (Keçeli, 1990).

YOĞUNLUK (ρ - gr/cm ³)	TANIMLAMA
<1.20	Çok Düşük
1.20-1.40	Düşük
1.40-1.90	Orta
1.90-2.20	Yüksek
>2.20	Çok Yüksek

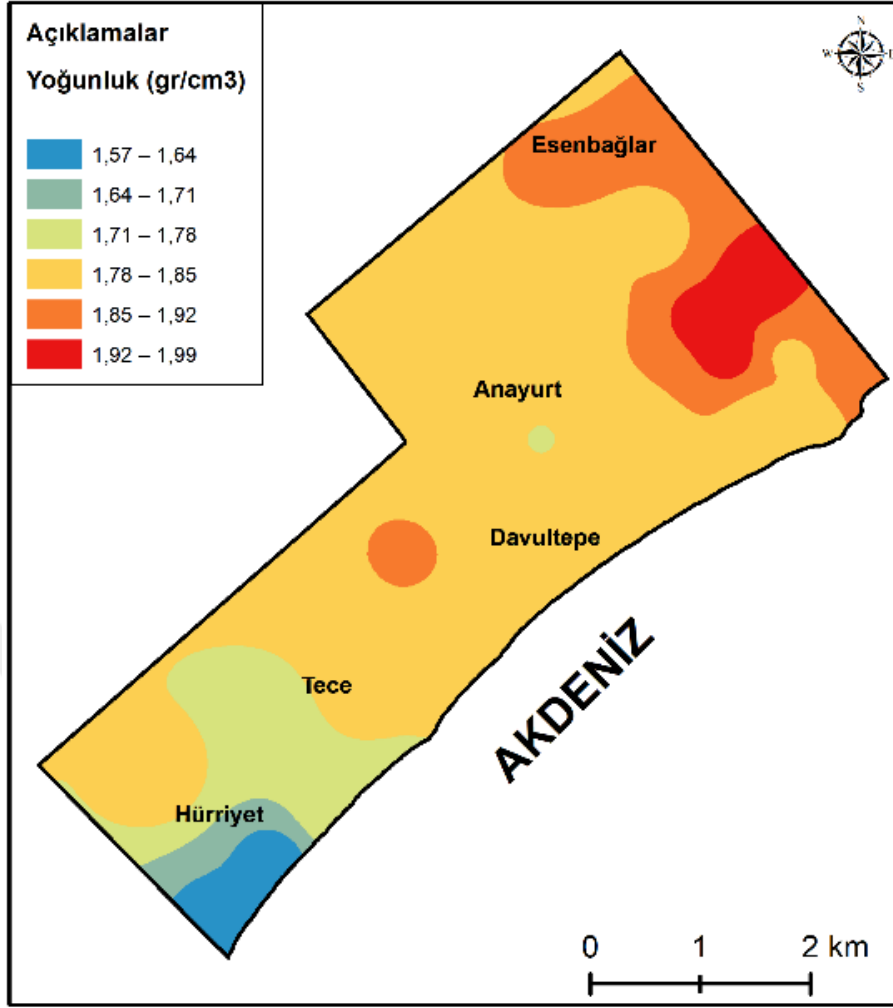
Mezitli ilçesi Davultepe bölgesinde yapılan 29 adet jeofizik çalışması sonucunda birinci tabaka için elde edilen yoğunluk değeri 1,39 g/cm³-1,95 g/cm³ aralığında olup, ikinci tabaka için elde edilen yoğunluk değeri 1,57 g/cm³-1,99 g/cm³ aralığındadır.

Bu değerlere göre birinci tabaka düşük, orta ve yüksek, ikinci tabaka orta ve yüksek yoğun sınıfına girmektedir.



Şekil 4.18. 1. Tabaka (0-10 m arası) yoğunluk sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 1. Tabaka 0-10 metre aralığında olan yoğunluk haritası $1,39 \text{ g/cm}^3$ – $1,95 \text{ g/cm}^3$ aralığındadır (Şekil 4.18.). Yoğunluk değeri, porozitesi yüksek, gözenekli ve gevşek ortamlarda düşüken, sağlam çatlaksız ortamlarda yüksektir. 1. Tabaka (0-10 m arası) yoğunluk dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Hürriyet $1,39$ - $1,67 \text{ gr/cm}^3$ (düşük ve orta sınıfı), Davultepe $1,49$ - $1,67 \text{ gr/cm}^3$ (orta sınıfı), Esenbağlar $1,58$ - $1,67 \text{ gr/cm}^3$ (orta sınıfı), Anayurt ve Tece $1,57$ - $1,77 \text{ gr/cm}^3$ (orta sınıfı) değer aralıkları gözlenmiştir. Çalışma alanı 1. Tabaka (0-10 metre arası) yoğunluk sonuçları dağılım haritasına göre $1,49$ - $1,77 \text{ gr/cm}^3$ değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, orta yoğun sınıfta yer almaktadır.



Şekil 4.19. 2. Tabaka (10 metre sonrası) yoğunluk sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 2. Tabaka 10 metre sonrası olan yoğunluk haritası 1.57 g/cm^3 – 1.99 g/cm^3 aralığındadır (Şekil 4.19.). 2. Tabaka (10 metre sonrası) yoğunluk dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Hürriyet 1.57 - 1.85 gr/cm^3 (orta sınıfı), Anayurt ve Tece 1.71 - 1.85 gr/cm^3 (orta sınıfı), Davultepe 1.78 - 1.85 gr/cm^3 (orta sınıfı), Esenbağlar 1.85 - 1.92 gr/cm^3 (orta ve yüksek sınıfı) değer aralıkları gözlenmiştir. Çalışma alanı 2. Tabaka (10 metre sonrası) yoğunluk dağılım haritasına göre 1.71 - 1.92 gr/cm^3 değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, orta ve yüksek sınıfında yer almaktadır.

4.3.4. Dinamik Poisson Oranı (μ)

Dinamik poisson oranı, formasyonun enine birim değişiminin boyuna birim değişimine oranıdır. P ve S dalga hızları oranı ile bulunur ve yoğunluk dikkate alınmaz. Poisson oranı değeri 0-0,5 aralığındadır ve birimsizdir. Ortamın suya doygunluğu arttıkça poisson oranı artmaktadır. Poisson oranı, az gözenekli ortamlarda 0-0,25 arasında, gözenekli ortamlarda 0,25-0,35 arasında ve çok gözenekli ortamlarda 0,35-0,50 arasında değişmektedir (Tablo 4.12.).

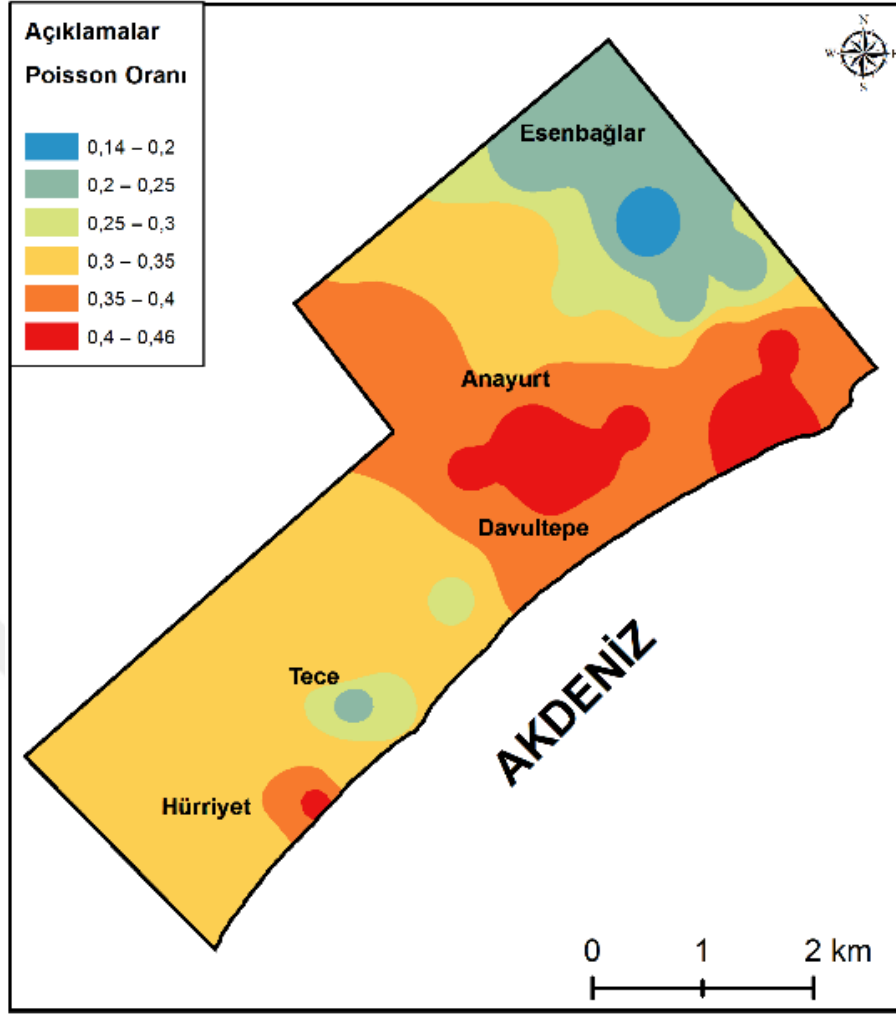
$$\mu = (V_p^2 - 2V_s^2) / (2V_p^2 - 2V_s^2) \quad (4.3.)$$

Tablo 4.12. Poisson Sınıflaması (Keçeli, 1990).

POISSON ORANI (μ)	TANIMLAMA
0,35-0,50	Çok Gözenekli
0,25-0,35	Gözenekli
0-0,25	Az Gözenekli

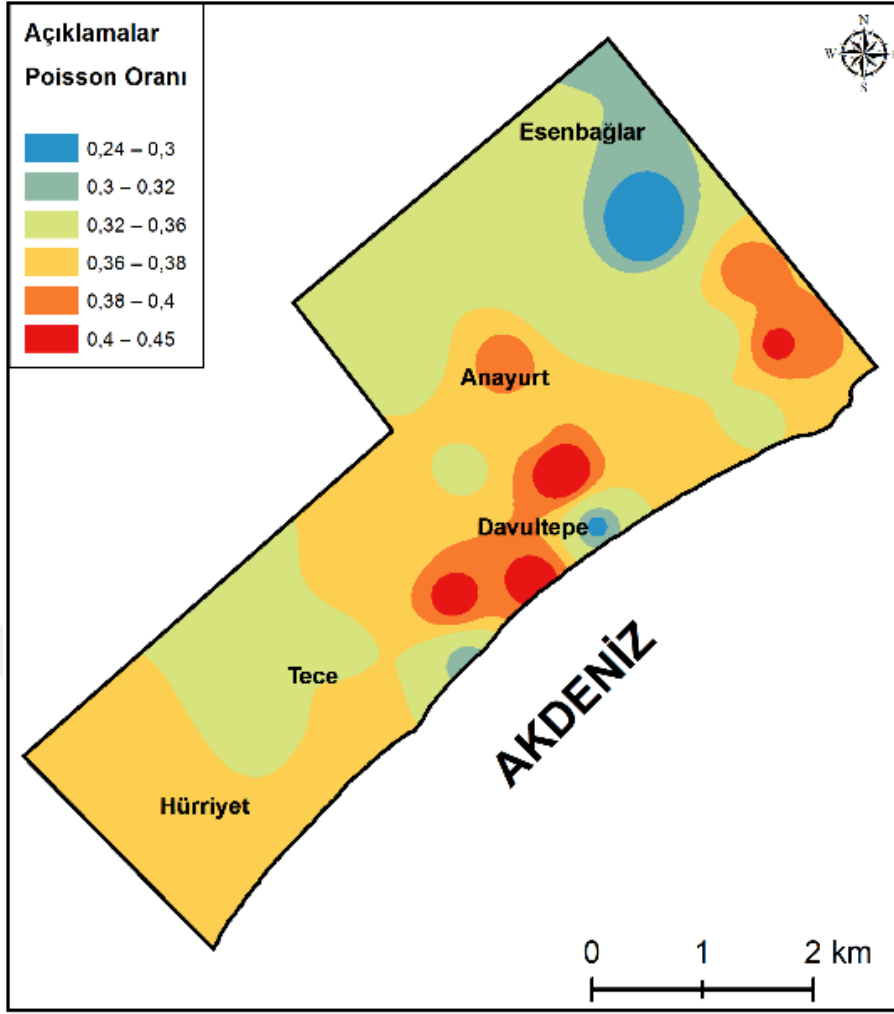
Mezitli ilçesi Davultepe bölgesinde yapılan 29 adet jeofizik çalışması sonucunda birinci tabaka için elde edilen poisson oranı değeri 0.14 – 0.46 aralığında, ikinci tabaka için elde edilen poisson oranı değeri 0.24 – 0.45 aralığındadır.

Bu değerlere göre birinci tabaka az gözenekli, gözenekli ve çok gözenekli yapıda, ikinci tabaka az gözenekli, gözenekli ve çok gözenekli yapıdadır.



Şekil 4.20. 1. Tabaka (0-10 m arası) dinamik poisson oranı sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 1. Tabaka 0-10 metre aralığında olan dinamik poisson oranı haritası 0,14-0,46 aralığında gözlenmektedir (Şekil 4.20.). 1. Tabaka (0-10 m arası) dinamik poisson oranı dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Esenbağlar 0,14-0,25 (düşük ve az gözenekli sınıfı), Tece 0,14-0,35 (az gözenekli ve gözenekli sınıfı), Hürriyet 0,3-0,35 (gözenekli sınıfı), Anayurt 0,3-0,4 (gözenekli ve çok gözenekli sınıfı), Davultepe 0,4-0,46 (çok gözenekli) değer aralıkları gözlenmiştir. Çalışma alanı 1. Tabaka (0-10 m arası) dinamik poisson oranı dağılım haritasına göre 0,3-0,46 değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, gözenekli ve çok gözenekli sınıfında yer almaktadır.



Şekil 4.21. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik poisson oranı sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 2. Tabaka 10 metre sonrası olan dinamik poisson oranı haritası 0,24-0,45 aralığında gözlenmektedir (Şekil 4.21.). 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik poisson oranı dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Esenbağlar 0,24-0,36 (az gözenekli, gözenekli ve çok gözenekli sınıfı), Tece 0,32-0,38 (gözenekli ve çok gözenekli sınıfı), Hürriyet 0,36-0,38 (çok gözenekli sınıfı), Anayurt 0,38-0,4 (çok gözenekli sınıfı) ve Davultepe 0,24-0,45 (az gözenekli, gözenekli ve çok gözenekli sınıfı) değer aralıkları gözlenmiştir. Çalışma alanı 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik poisson oranı sonuçları dağılım haritası göre 0,32-0,45 değer aralığında yoğun gözlenmekte olup, çok gözenekli sınıfında yer almaktadır.

4.3.5. Dinamik Elastisite (Young) Modülü (E_d , kg/cm^2)

Elastisite modülü, jeolojik birimlerin sertliğini ve sağlamlığını gösterir. Elastisite modülü, mekanik anlamda cisimlerin katılığının ya da sertliğinin bir belirtisidir. Dinamik elastisite modülü; 1000 kg/cm^2 den düşük ise çok zayıf, $1000-5000 \text{ kg/cm}^2$ arasında ise zayıf, $5000-10000 \text{ kg/cm}^2$ arasında ise orta, $10000-30000 \text{ kg/m}^2$ arasında ise sağlam, 30000 ' den büyük ise çok sağlam olduğunu gösterir (Tablo 4.13.).

$$E_d = 2\mu(1+\sigma) \text{ kg/cm}^2 \quad (4.4.)$$

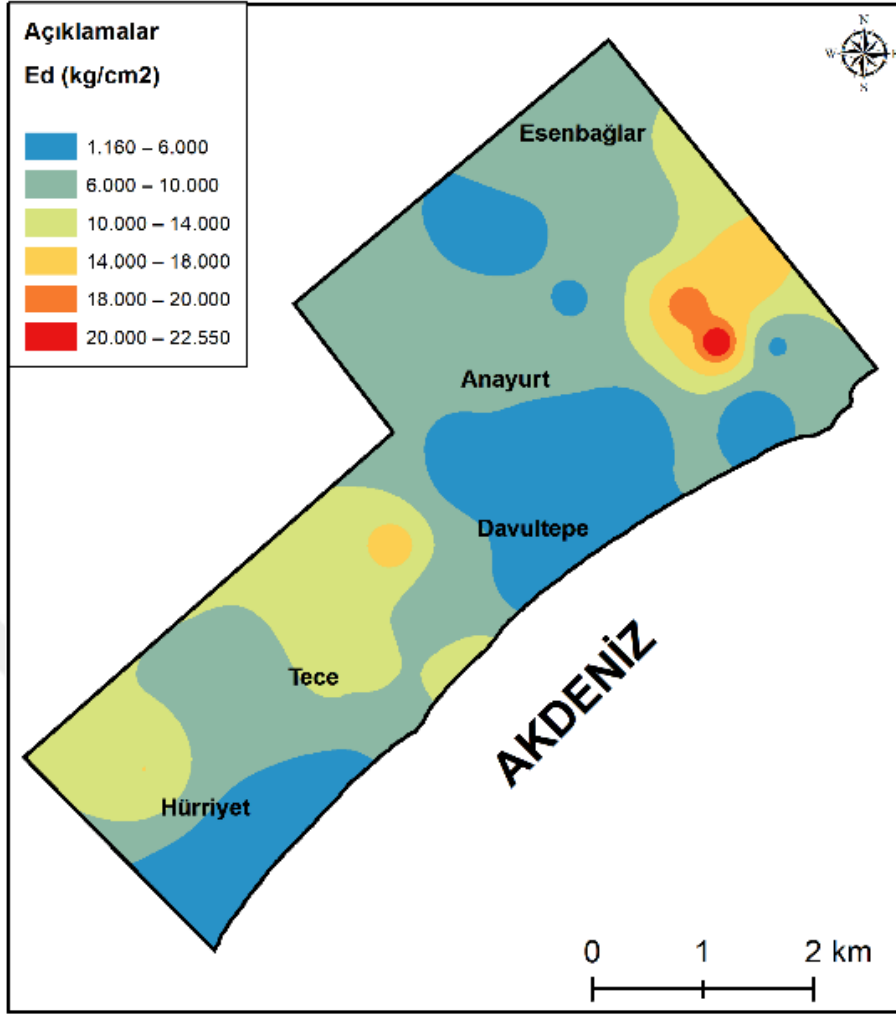
$$E_d = G \cdot (3 \cdot V_p^2 - 4 \cdot V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2) \quad (4.5.)$$

Tablo 4.13. Elastisite Modülü Değerlerine Göre Zemin Dayanımı (Keçeli, 1990).

ELASTİSİTE MODÜLÜ (E - kg/cm^2)	DAYANIM
<1000	Çok Zayıf
1000-5000	Zayıf
5000-10000	Orta
10000-30000	Sağlam
>30000	Çok Sağlam

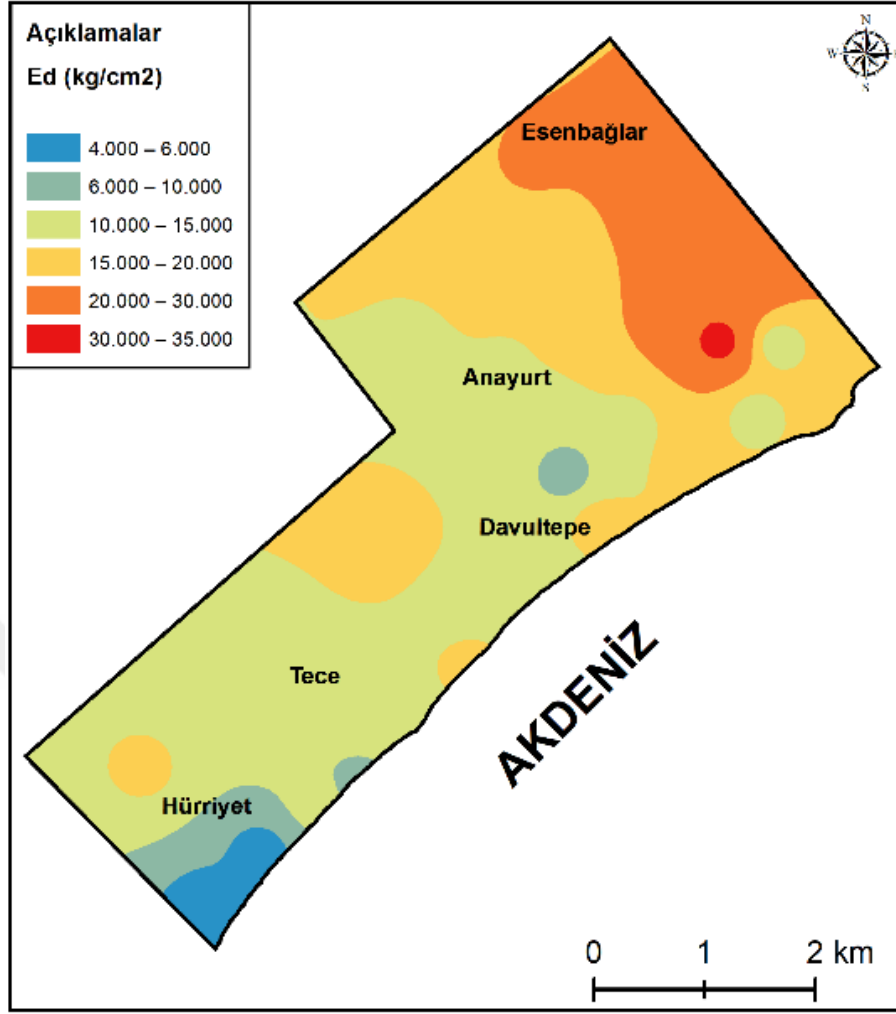
Mezitli ilçesi Davultepe yapılan 29 adet jeofizik çalışması sonucunda birinci tabaka için elde edilen elastisite modülü değeri $1159.76 \text{ kg/cm}^2 - 22547.09 \text{ kg/cm}^2$ aralığında olup ikinci tabaka için elde edilen elastisite modülü değeri $4018.13 \text{ kg/cm}^2 - 35000 \text{ kg/cm}^2$ aralığındadır.

Bu değere göre birinci tabaka zayıf, orta ve sağlam dayanımlı, ikinci tabaka zayıf, orta, sağlam ve çok sağlam zemin sınıfında olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.22. 1. Tabaka (0-10 m arası) dinamik elastisite modülü (Ed) sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 1. Tabaka 0-10 metre aralığında olan dinamik elastisite modülü haritası 1160-22500 kg/cm² aralığında gözlenmektedir (Şekil 4.22.). Dinamik elastisite modülü zeminin sertlik ve sağlamlığını göstermektedir. 1. Tabaka (0-10 m arası) dinamik elastisite modülü (Ed) dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Davultepe ve Anayurt 1160-10000 kg/cm² (zayıf ve orta zemin sınıfı), Hürriyet 1160-14000 kg/cm² (zayıf, orta ve sağlam zemin sınıfı), Esenbağlar ve Tece 6000-14000 kg/cm² (orta ve sağlam zemin sınıfı) değer aralıkları gözlenmiştir. Çalışma alanı 1. Tabaka (0-10 m arası) dinamik elastisite modülü (Ed) sonuçları dağılım haritasına göre 1160-14000 kg/cm² değer aralığında yoğun gözlenmekte olup, zayıf, orta ve sağlam zemin sınıfında yer almaktadır.



Şekil 4.23. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik elastisite modülü (Ed) sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 2. Tabaka 10 metre sonrası olan dinamik elastisite modülü haritası 4000-35000 kg/cm² aralığında gözlenmektedir (Şekil 4.23.). 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik elastisite modülü (Ed) dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Hürriyet 4000-15000 kg/cm² (zayıf, orta ve sağlam zemin sınıfı), Davultepe 6000-20000 kg/cm² (orta ve sağlam zemin sınıfı), Tece 10000-15000 kg/cm² (orta zemin sınıfı), Anayurt 10000-20000 kg/cm² (sağlam zemin sınıfı) ve Esenbağlar 20000-30000 kg/cm² (sağlam ve çok sağlam zemin sınıfı) değer aralıkları gözlenmiştir. Çalışma alanı 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik elastisite modülü (Ed) sonuçları dağılım haritasına göre 10000-20000 kg/cm² değer aralığında yoğun gözlenmekte olup, orta ve sağlam zemin sınıfında yer almaktadır.

4.3.6. Dinamik Kayma (Shear) Modülü (Gd, kg/cm²)

Zemin ve depremle ilgili hasarların belirlenmesi için önemli bir parametredir. Zeminin yatay kuvvetlere karşı formasyonun direncini dayanıklılığını gösterir. Sıvıların makaslamaya karşı direnci olmadığından dolayı sıvılar için bu modül sıfırdır. Dinamik kayma modülü ne kadar yüksek ise formasyonun yatay kuvvetlere karşı direnci o kadar fazladır. Dinamik kayma modülü; 400 kg /cm²' den düşük ise çok zayıf, 400-1500 kg /cm² arasında ise zayıf, 1500-3000 kg /cm² arasında ise orta, 3000-10000 kg / m² arasında ise sağlam, 10000' den büyük ise çok sağlam olduğunu gösterir (Tablo 4.14.).

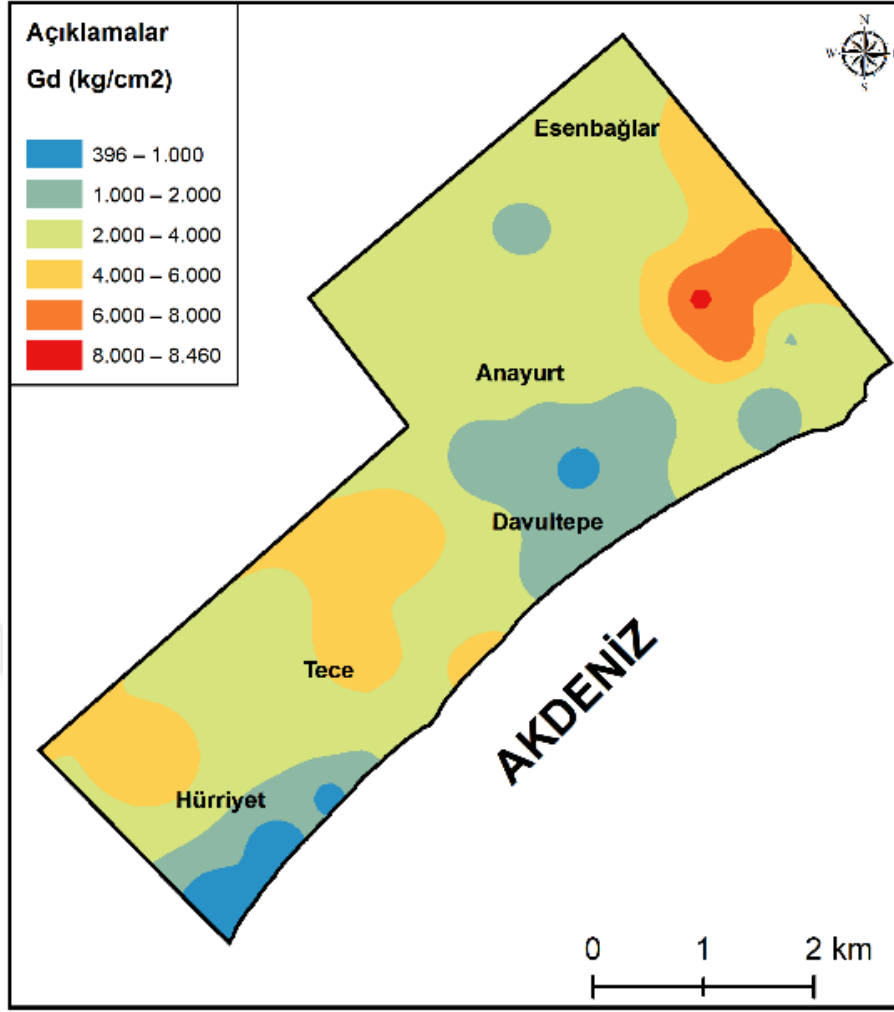
$$Gd = \rho * V_s^2 (\text{kg/cm}^2) \quad (4.6.)$$

Tablo 4.14. Kayma Modülü Değerlerine Göre Zemin Dayanımı (Keçeli, 1990).

KAYMA MODÜLÜ (G, kg/cm ²)	DAYANIM
<400	Çok Zayıf
400-1500	Zayıf
1500-3000	Orta
3000-10000	Sağlam
>10000	Çok Sağlam

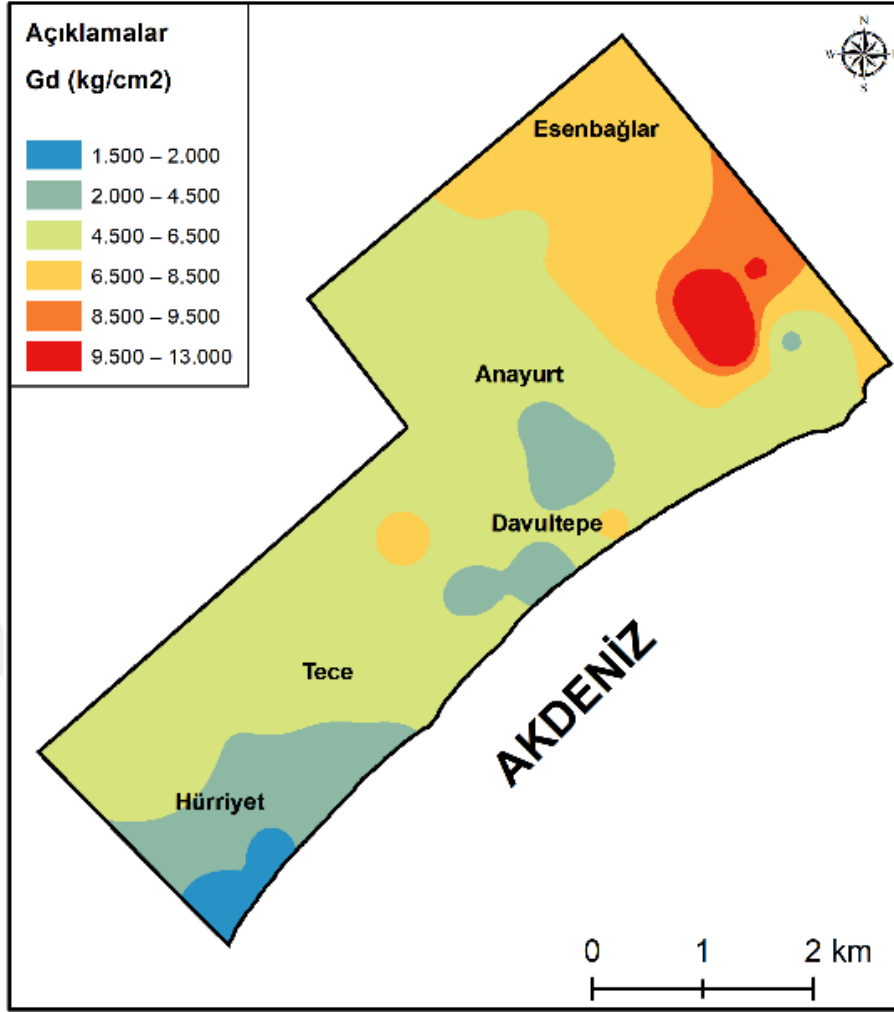
Mezitli ilçesi Davultepe bölgesinde yapılan 29 adet jeofizik çalışması sonucunda birinci tabaka için elde edilen kayma modülü değeri 396 kg/cm² – 8460 kg/cm² aralığında olup ikinci tabaka için elde edilen kayma modülü değeri 1500 kg/cm² – 13000 kg/cm² aralığındadır.

Bu değere göre birinci tabaka kaymaya karşı çok zayıf, zayıf, orta ve sağlam dirençli zemin sınıfında, ikinci tabaka kaymaya karşı zayıf, orta, sağlam ve çok sağlam dirençli zemin sınıfında olduğunu gösterir.



Şekil 4.24. 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik kayma modülü (Gd) sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 1. Tabaka 0-10 metre aralığında olan dinamik kayma modülü haritası 396-8460 kg/cm² aralığında gözlenmektedir (Şekil 4.24.). Dinamik kayma modülü zemin ve depremle ilgili hasarı belirlemesi için göstermektedir. 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik kayma modülü (Gd) dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Davultepe 396-40000 kg/cm² (çok zayıf, zayıf, orta ve sağlam dirençli zemin sınıfı), Hürriyet 396-6000 kg/cm² (çok zayıf, zayıf, orta ve sağlam dirençli zemin sınıfı), Anayurt 2000-4000 kg/cm² (orta ve sağlam dirençli zemin sınıfı), Tece 2000-6000 kg/cm² (orta ve sağlam dirençli zemin sınıfı) ve Esenbağlar 2000-6000 kg/cm² (orta ve sağlam dirençli zemin sınıfı) değer aralıkları gözlenmiştir. Çalışma alanı 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik kayma modülü (Gd) sonuçları dağılım haritasına göre 1000-6000 kg/cm² değer aralığında yoğun gözlenmekte olup, zayıf, orta ve sağlam dirençli zemin sınıfındadır.



Şekil 4.25. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik kayma modülü (Gd) sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 2. Tabaka 0-10 metre sonrası olan dinamik kayma modülü haritası 1500-13000 kg/cm² aralığında gözlenmektedir (Şekil 4.25.). 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik kayma modülü (Gd) dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Hürriyet 1500-6500 kg/cm² (zayıf, orta ve sağlam dirençli zemin sınıfı), Anayurt 2000-6500 kg/cm² (orta ve sağlam dirençli zemin sınıfı), Davultepe 2000-8500 kg/cm² (orta ve sağlam dirençli zemin sınıfı), Tece 4500-6500 kg/cm² (sağlam dirençli zemin sınıfı) ve Esenbağlar 6500-8500 kg/cm² (sağlam dirençli zemin sınıfı) değer aralıkları gözlenmiştir. Çalışma alanı 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik kayma modülü (Gd) sonuçları dağılım haritasına göre 2000-8500 kg/cm² değer aralığında yoğun gözlenmekte olup, orta ve sağlam dirençli zemin sınıfındadır.

4.3.7. Dinamik Bulk Modülü (K, kg/cm²)

Çevreleyen basınç altında ortamda oluşan hacim değişimini gösterir. Kayacın sıkışmazlığını denetler. Dinamik bulk modülü; 400 kg /cm²' den düşük ise çok az, 400-10000 kg /cm² arasında ise az, 10000-40000 kg /cm² arasında ise orta, 40000-100000 kg / m² arasında ise yüksek, 100000' den büyük ise çok yüksek olduğunu gösterir (Tablo 4.15.).

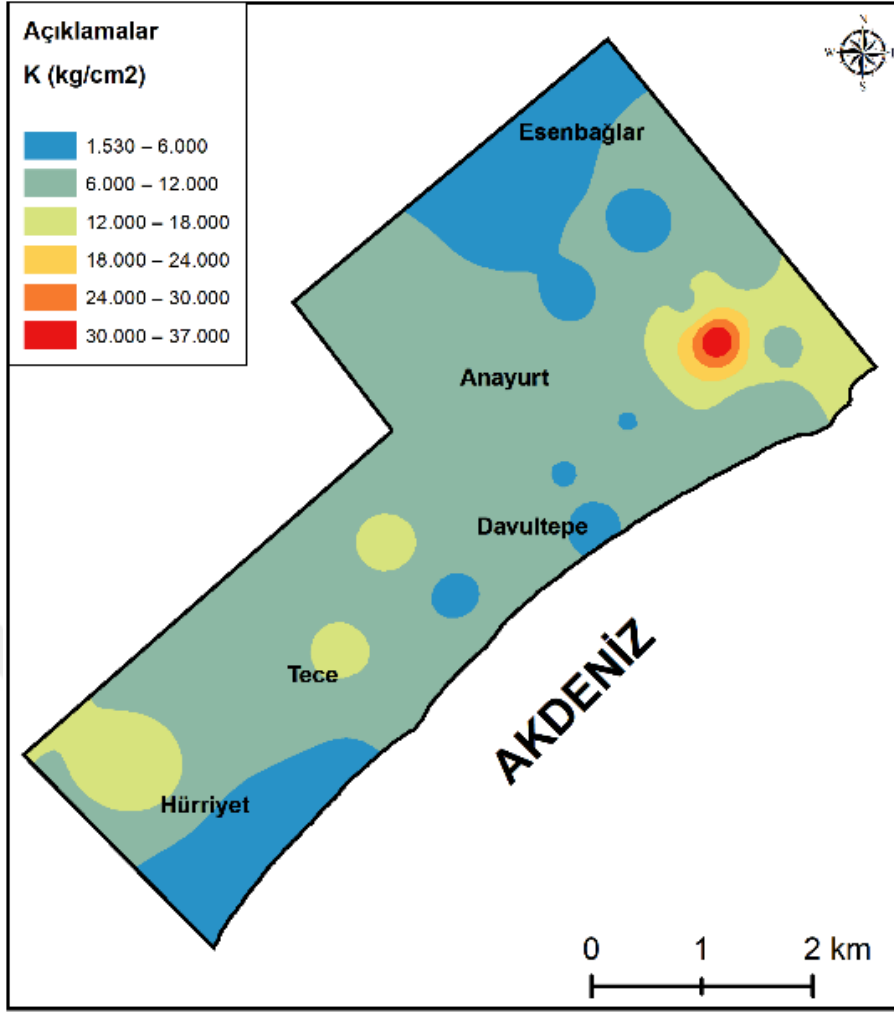
$$K = \rho * (V_p^2 - 4/3 * V_s^2) \quad (4.7.)$$

Tablo 4.15. Bulk Modülü Değerlerine Göre Zemin Dayanımı (Keçeli, 1990).

BULK MODÜLÜ (K, kg/cm ²)	SIKIŞMA
<400	Çok Az
400-10000	Az
10000-40000	Orta
40000-100000	Yüksek
>100000	Çok Yüksek

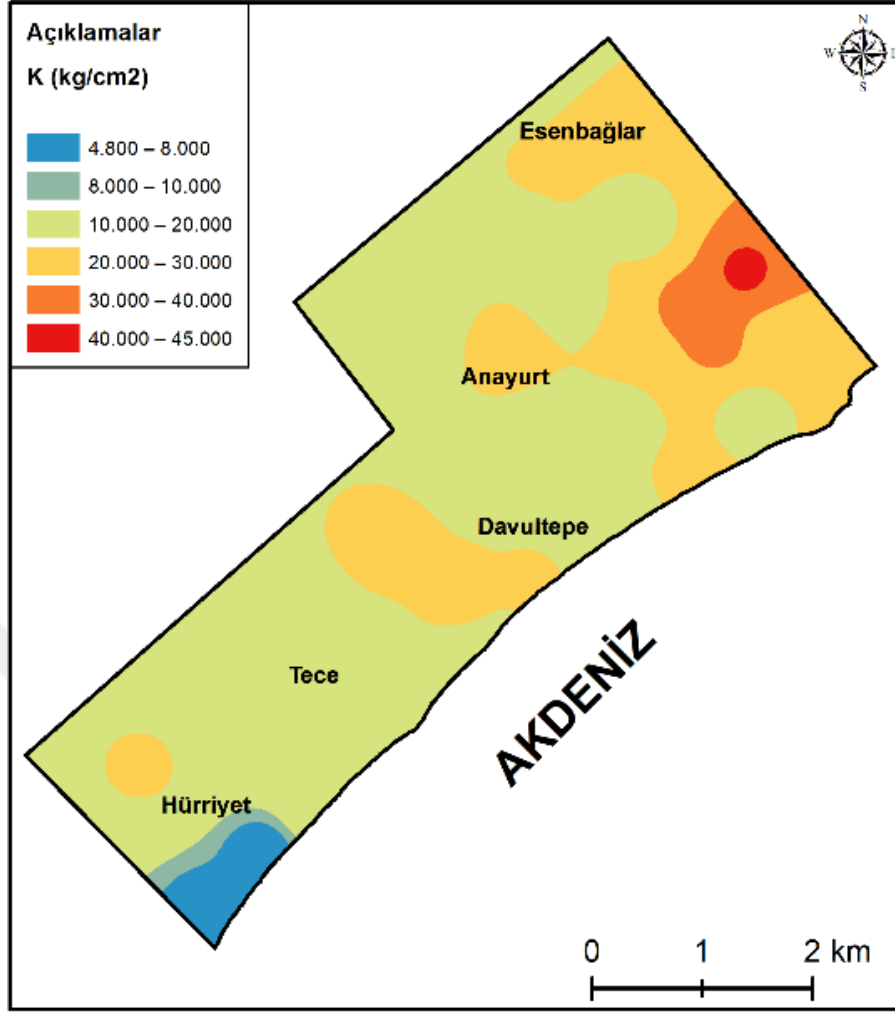
Mezitli ilçesi Davultepe bölgesinde yapılan 29 adet jeofizik çalışması sonucunda birinci tabaka için elde edilen bulk modülü değeri 1530 kg/cm² – 37000 kg/cm² aralığında olup ikinci tabaka için elde edilen bulk modülü değeri 4800 kg/cm² – 45000 kg/cm² aralığındadır.

Bu değere göre birinci tabaka sıkışmaya karşı az ve orta dayanımlı, ikinci tabaka sıkışmaya karşı az, orta ve yüksek dayanımlı sınıfına girmektedir.



Şekil 4.26. 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik bulk modülü (K) sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 1. Tabaka 0-10 metre aralığında olan dinamik bulk modülü haritası 1530-37000 kg/cm² aralığında gözlenmektedir (Şekil 4.26.). Dinamik bulk modülü basınç ortamında sıkışmadan kaynaklı oluşan hacimsel değişmeyi göstermekte olup, hacimsel küçülme eğer küçükse dinamik bulk modülü büyüktür. 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik bulk modülü (K) dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Esenbağlar ve Davultepe 1500-12000 kg/cm² (az ve orta dayanımlı sınıf), Hürriyet 1530-18000 kg/cm² (az ve orta dayanımlı sınıf), Anayurt 6000-12000 kg/cm² (az ve orta dayanımlı sınıf) ve Tece 6000-18000 kg/cm² (az ve orta dayanımlı sınıf) değer aralıklı gözlenmiştir. Çalışma alanı 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik bulk modülü (K) sonuçları dağılım haritasına göre 1530-18000 kg/cm² değer aralığında yoğun gözlenmekte olup, sıkışmaya karşı az ve orta dayanımlı sınıfına girmektedir.



Şekil 4.27. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik bulk modülü (K) sonuçları dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan MASW yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, 2. Tabaka 10 metre sonrası olan dinamik bulk modülü haritası 4800-45000 kg/cm² aralığında gözlenmektedir (Şekil 4.27.). 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik bulk modülü (K) dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Hürriyet 4800-12000 kg/cm² (az ve orta dayanımlı sınıfı), Tece 10000-20000 kg/cm² (orta dayanımlı sınıfı), Esenbağlar, Davultepe ve Anayurt 10000-30000 kg/cm² (orta dayanımlı sınıfı) değer aralıkları gözlenmiştir. Çalışma alanı 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik bulk modülü (K) sonuçları dağılım haritasına göre 10000-30000 kg/cm² değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, sıkışmaya karşı orta dayanımlı sınıfına girmektedir.

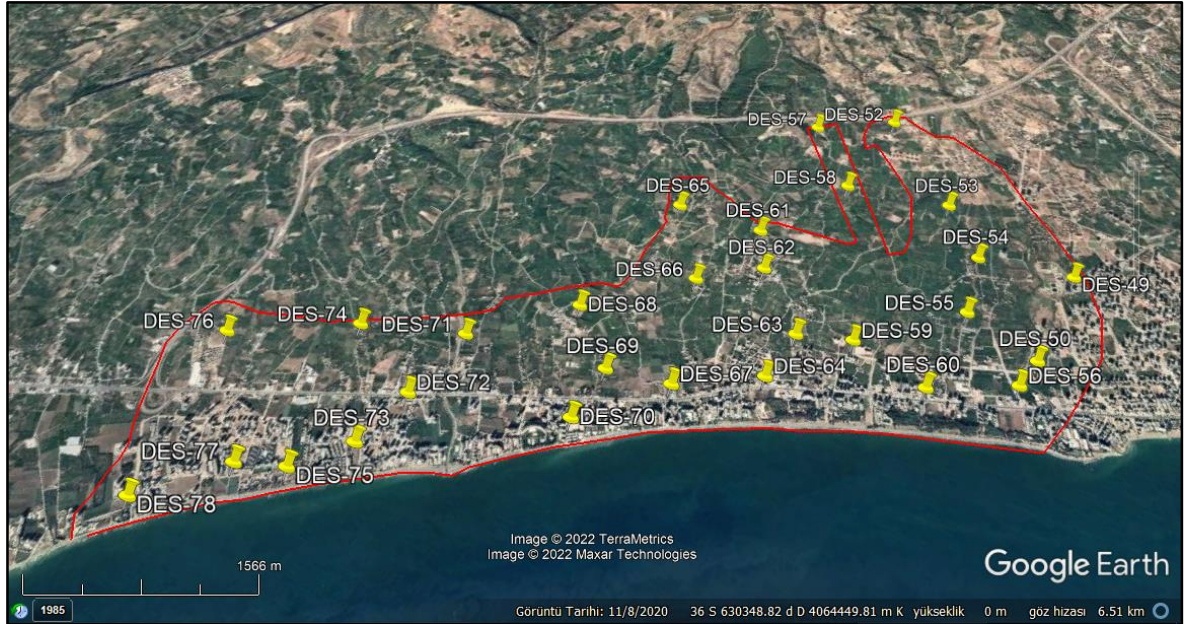
4.3.8. Elektrik Özdirenç (Rezistivite) Yöntemi

Mezitli ilçesi Davultepe bölgesinde bulunan çalışma alanında suya doymun seviyenin belirlenmesi, tabaka sayısı ve derinliklerinin belirlenmesi, sağlam zemin ve temel kaya derinliğinin belirlenmesi ve yerin direnç özelliğine göre yeraltı jeofizik yapısının belirlenmesi amacıyla elektrik özdirenç (Rezistivite) yöntemlerinden Schlumberger yöntemi 29 noktaya uygulanmıştır.

Şekil 4.28.' de Mezitli ilçesi Davultepe bölgesinde yapılan rezistivite çalışmalarının uydu görüntüsü üzerinde lokasyon yerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.16.'de Çalışma alanında yapılan rezistivite çalışmalarının koordinatları ED 1950 zon 36 koordinat sistemine göre gösterilmiştir.

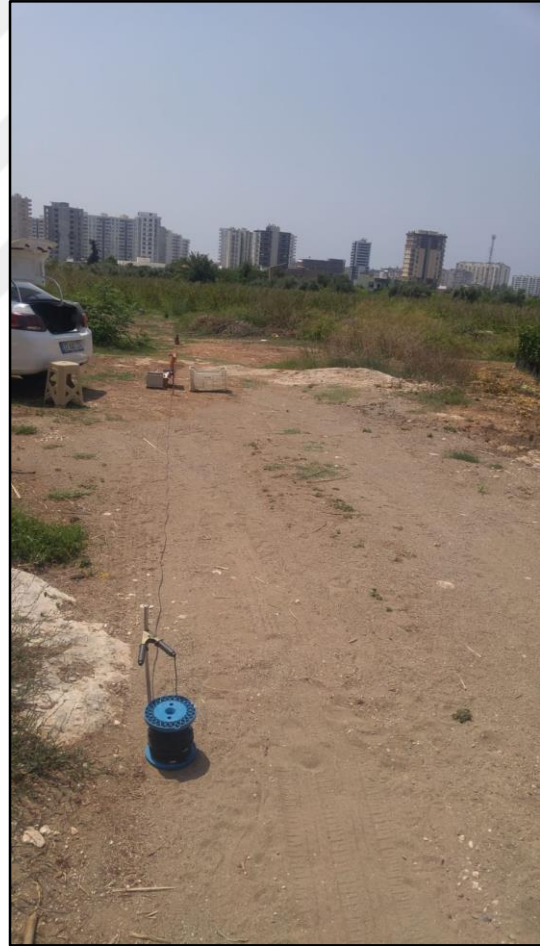
Tablo 4.17.'da çalışma alanında yapılan rezistivite çalışmalarının sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.28. Çalışma bölgesindeki yapılan rezistivite çalışmalarının Google Earth üzerindeki lokasyonları (Google Earth, 2022).

Tablo 4.16. Çalışma alanında yapılan rezistivite çalışmalarının koordinatları

Nokta No	X	Y	Nokta No	X	Y
DES49	633648.00	4066671.00	DES65	630520.00	4065506.00
DES50	633695.00	4065660.00	DES66	631080.00	4064858.00
DES52	631608.00	4067616.00	DES67	631478.00	4063847.00
DES53	632470.00	4066866.00	DES68	630456.00	4064075.00
DES54	632914.00	4066423.00	DES69	630984.00	4063677.00
DES55	633062.00	4065809.00	DES70	631027.00	4063164.00
DES56	633661.00	4065356.00	DES71	629884.00	4063317.00
DES57	631043.00	4067135.00	DES72	629883.00	4062636.00
DES58	631627.00	4066579.00	DES73	629854.00	4062088.00
DES59	632431.00	4065024.00	DES74	629130.00	4062915.00
DES60	633083.00	4064929.00	DES75	629600.00	4061658.00
DES61	631253.00	4065644.00	DES76	628307.00	4062254.00
DES62	631488.00	4065282.00	DES77	629258.00	4061466.00
DES63	632031.00	4064819.00	DES78	628852.00	4060852.00
DES64	632029.00	4064321.00			



Şekil 4.29. Çalışma alanında yapılan rezistivite çalışmaları

Tablo 4.17. Çalışma alanında yapılan rezistivite çalışmalarının sonuçları

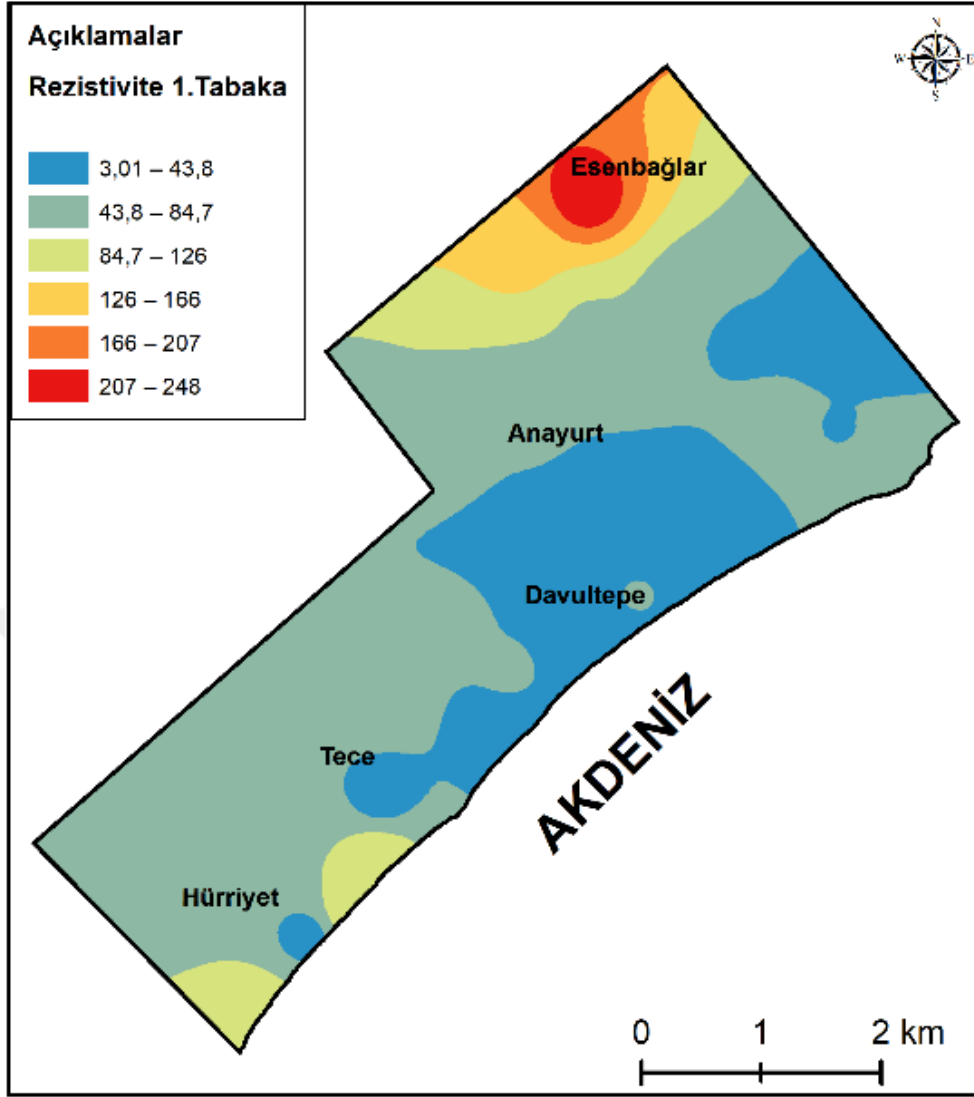
Rezistivite No	Tabaka	Zemin Türü	Kalınlık (m)	Özdirenç (ohm-m)
DES49	1	Kırıntılı Malzeme+Sert Kaliş	1,44	21,5
	2	Sert Kaliş	0,97	136
	3	Killi, Kumlu Çakıl	∞	30,1
DES50	1	Kırıntılı Malzeme+Sert Kaliş	1,11	40
	2	Sert Kaliş	2,1	346
	3	Killi, Kumlu Çakıl	∞	44
DES52	1	Sert Kaliş	2,55	248
	2	Kum - Kumtaşı Ardalanması	∞	373
DES53	1	Sert Kaliş	1,02	56,9
	2	Killi, Kumlu Çakıl	11	100
	3	Killi Çakıl	∞	18,1
DES54	1	Kırıntılı Malzeme	1,8	25,8
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	3,4	83,9
	3	Killi, Kumlu Çakıl	9,8	16,3
	4	Killi Çakıl	∞	77,1
DES55	1	Kırıntılı Malzeme	1,27	58,4
	2	Sert Kaliş	2,33	237
	3	Killi, Kumlu Çakıl	∞	78,6
DES56	1	Kırıntılı Malzeme+ Çakıllı, Kumlu Kil	1,38	71,6
	2	Killi, Kumlu Çakıl	6,88	93,2
	3	Killi Çakıl	∞	37,7
DES57	1	Sert Kaliş	0,84	143
	2	Killi, Kumlu Çakıl	8,67	19,9
	3	Çakıllı, Kumlu Kil	∞	9,7
DES58	1	Sert Kaliş	1,13	78,5
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	0,71	9,61
	3	Çakıllı Kil	∞	24,6
DES59	1	Sert Kaliş	3,96	17,7
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	6,41	12
	3	Çakıllı Kil	∞	39,4
DES60	1	Sert Kaliş	1,27	41,1
	2	Killi, Kumlu Çakıl	1,49	8,51
	3	Killi Çakıl	∞	19,2

DES61	1	Sert Kaliş	3,66	67,6
	2	Kum	5,03	8,43
	3	Kum - Kumtaşı Ardalanması	∞	45,2
DES62	1	Sert Kaliş	1,53	13,2
	2	Killi, Kumlu Çakıl	1,79	29
	3	Killi Çakıl	∞	9,23
DES63	1	Kırıntılı Malzeme+ Sert Kaliş	4,4	14,4
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	∞	5,27
DES64	1	Çakıllı, Killi Kum	2,33	48,2
	2	Killi, Kumlu Çakıl	27,7	28,4
	3	Killi Çakıl	∞	12,1
DES65	1	Yüzey Örtüsü+ Çakıllı, Kumlu Kil	2,77	64,2
	2	Killi, Kumlu Çakıl	∞	20
DES66	1	Yüzey Örtüsü+ Çakıllı, Kumlu Kil	6,91	18,2
	2	Killi, Çakıllı Kum	12,8	10,7
	3	Çakıllı, Kumlu Kil	∞	42,6
DES67	1	Kırıntılı Malzeme	1,8	7,34
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	10,7	8,23
	3	Killi, Kumlu Çakıl	∞	10,9
DES68	1	Sert Kaliş	3,01	58,8
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	0,28	60,3
	3	Çakıllı Kil	∞	11,4
DES69	1	Sert Kaliş	3,76	58,6
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	0,38	32,6
	3	Çakıllı Kil	∞	6,31
DES70	1	Kırıntılı Malzeme	0,34	3,01
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	14,9	8,29
	3	Killi, Kumlu Çakıl	∞	13
DES71	1	Kırıntılı Malzeme	3,81	56,7
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	20,9	9,23
	3	Killi, Kumlu Çakıl	∞	85,1
DES72	1	Kırıntılı Malzeme	1,12	12,5
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	1,79	183
	3	Killi, Kumlu Çakıl	∞	20,2
	1	Kırıntılı Malzeme+ Çakıllı, Kumlu	3,91	138

		Kil		
DES73	2	Killi, Kumlu Çakıl	∞	25,9
DES74	1	Kırıntılı Malzeme	3,91	48,8
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	8,13	8,86
	3	Marn	∞	28,1
DES75	1	Yüzey Örtüsü+ Çakıllı, Kumlu Kil	5,4	114
	2	Killi, Kumlu Çakıl	∞	38,2
DES76	1	Sert Kaliş	3,93	47,7
	2	Killi, Kumlu Çakıl	6,28	7,94
	3	Killi Çakıl	∞	42,1
DES77	1	Killi, Çakıllı Kum	1,8	17,2
	2	Çakıllı, Kumlu Kil	3,4	139
	3	Killi, Kumlu Çakıl	∞	22,5
DES78	1	Yüzey Örtüsü + Çakıllı, Kumlu Kil	5,17	121
	2	Killi, Çakıllı Kum	∞	22,4

Kaliş'de yapılan DE49, DES52, DES57, DES58, DES61, DES62, DES65, DES66, DES68, DES71, DES74 ve DE75, rezistivite sonuçlarına göre; 1. tabaka için 13,20-248 ohm-m aralığında, 2. tabaka için 8,43-429,00 ohm-m aralığında, 3. tabaka için 5,04-85,10 ohm-m aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur.

Diğer rezistivite çalışmaları Alüvyon'da yapılmıştır. Alüvyonda yapılan rezistivite sonuçlarına göre; 1. tabaka için 3,01-158,00 ohm-m aralığında, 2. tabaka için 5,17-346,00 ohm-m aralığında, 3. tabaka için 4,69-78,60 ohm-m aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur.

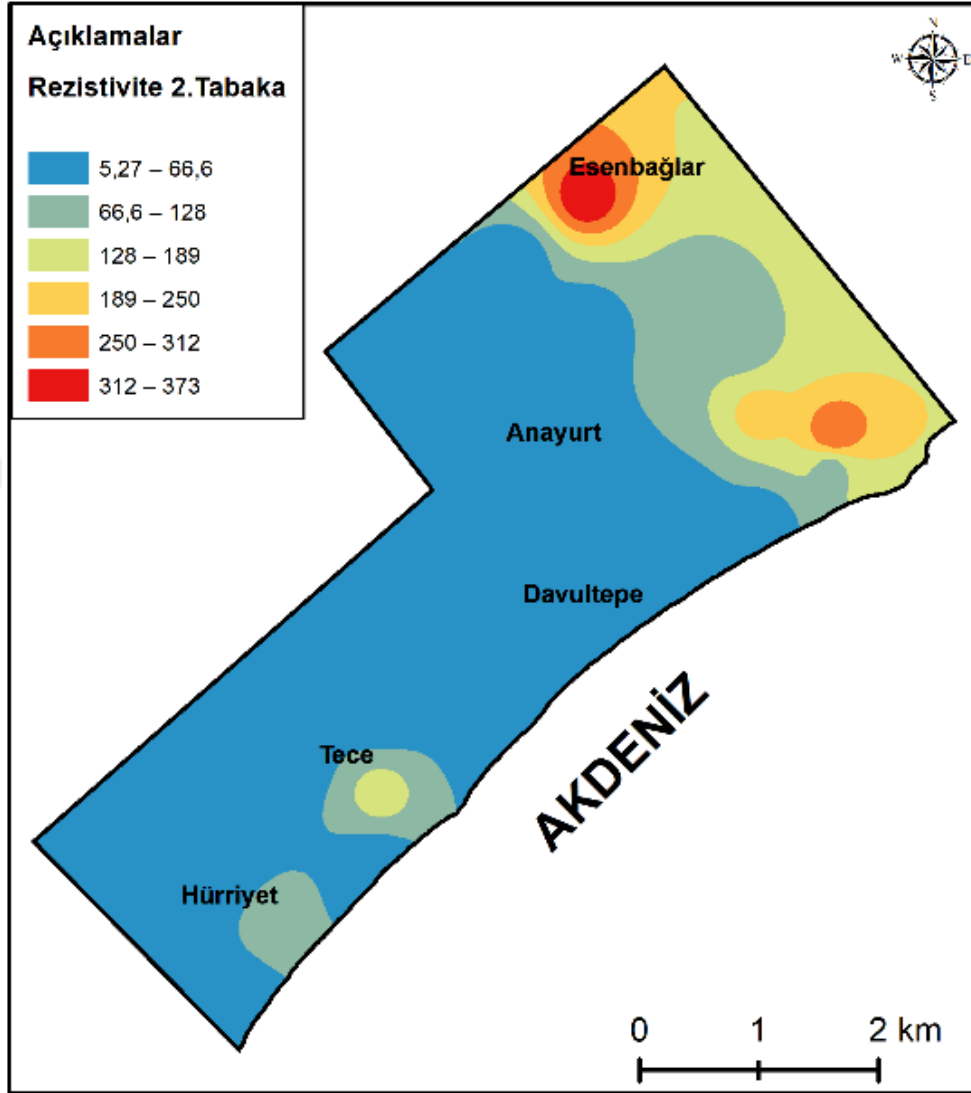


Şekil 4.30. Rezistivite 1. Tabaka dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan rezistivite yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, rezistivite 1. Tabaka dağılım haritası 3,01-248 ohm-m aralığında özdirenç değerleri gözlenmektedir (Şekil 4.30.). Rezistivite yönteminde belirlenen formasyonların kalınlık ve özdirençleri belirlenmiştir. Akımı iyi ileten ortamın özdirenç değeri düşük, akım iletkenliği az olan ortamın özdirenç değeri yüksektir. Rezistivite 1. Tabaka dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Anayurt ve Davultepe 3,01-84,7 ohm-m (kırıntılı malzeme), Hürriyet ve Tece 3,01-126 ohm-m, Esenbağlar 43,8-248 ohm-m (sert kalış) aralığında özdirenç aralığı gözlenmiştir.

Çalışma alanı rezistivite 1. Tabaka dağılım haritası için elde edilen veriler incelendiğinde rezistivite koordinatları DES49, DES52, DES57, DES58, DES61, DES62, DES65, DES66, DES68, DES71, DES74 ve DES75 kalışte yapılmıştır. Kalışte yapılan rezistivite 1. Tabakası 13,20-248 ohm-m aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur. Diğer rezistivite çalışmaları ise alüvyonda yapılmıştır. Alüvyonda yapılan rezistivite 1. Tabakası 3,01-158,00 ohm-m aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur.

Çalışma alanında rezistivite 1. Tabaka dağılım haritasına göre genel olarak gözlenen kırıntılı malzeme ve sert kalış yoğun olarak gözlenmektedir.



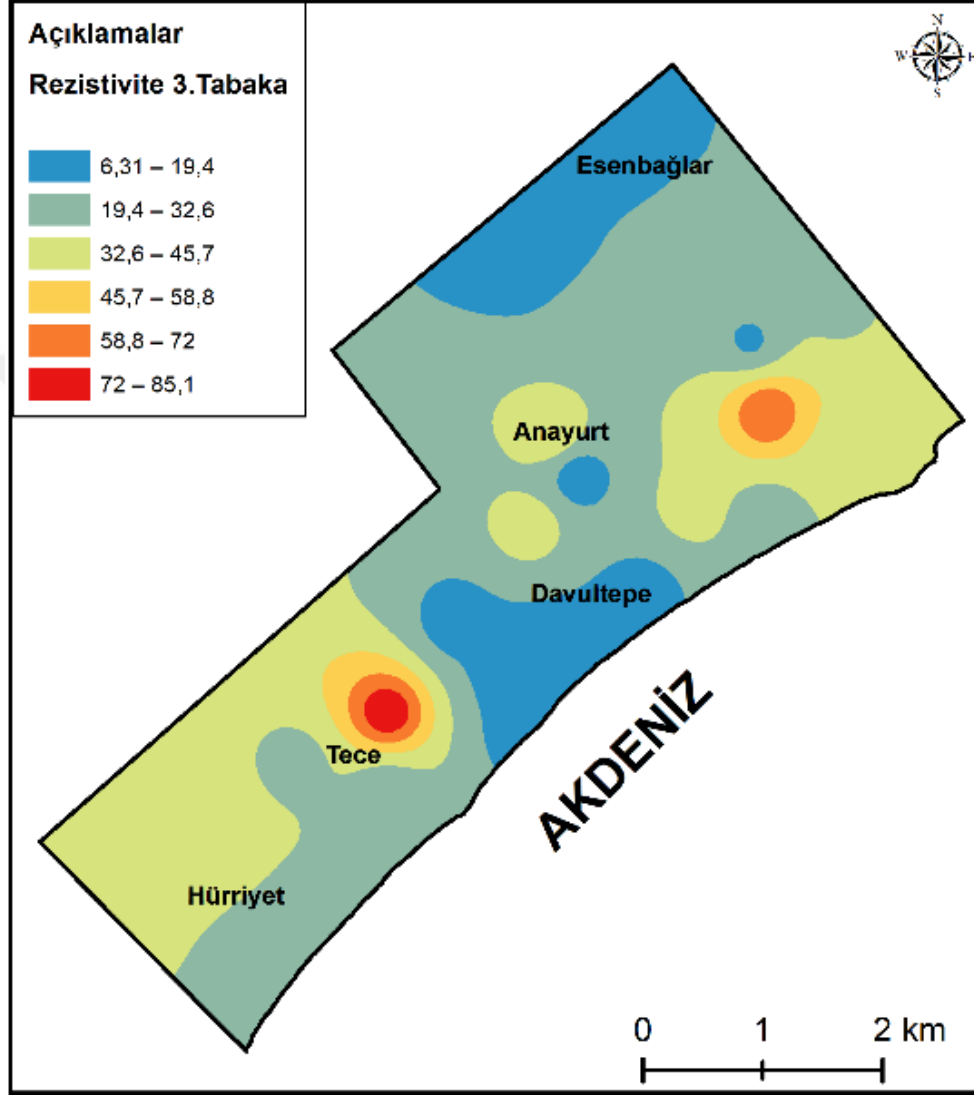
Şekil 4.31. Rezistivite 2. Tabaka dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan rezistivite yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, rezistivite 2. Tabaka dağılım haritası 5,27-373 ohm-m aralığında özdirenç değerleri gözlenmektedir (Şekil 4.31.). Rezistivite 2. Tabaka dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Anayurt ve Davultepe 5,27-66,6 ohm-m (çakıllı kum, kil), Hürriyet 5,27-128 ohm-m, Tece 5,27-189 ohm-m ve Esenbağlar 66,6-373 ohm-m (sert kalış) aralığında özdirenç aralığı gözlenmiştir.

Çalışma alanı rezistivite 2. Tabaka dağılım haritası için elde edilen veriler incelendiğinde rezistivite koordinatları DES49, DES52, DES57, DES58, DES61, DES62, DES65, DES66, DES68, DES71, DES74 ve DES75 kalışte yapılmıştır. Kalışte yapılan rezistivite 2. Tabakası 8,43-429 ohm-m

aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur. Diğer rezistivite çalışmaları ise alüvyonda yapılmıştır. Alüvyonda yapılan rezistivite 2. Tabakası 5,17-346 ohm-m aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur.

Çalışma alanında rezistivite 2. Tabaka dağılım haritasına göre genel olarak gözlenen çakıllı, kumlu kil ve killi, kumlu çakıl yoğun olarak gözlenmektedir.



Şekil 4.32. Rezistivite 3. Tabaka dağılım haritası

Çalışma alanında 29 farklı noktada yapılan rezistivite yöntemiyle elde edilen veriler incelendiğinde, rezistivite 3. Tabaka dağılım haritası 6,31-85,1 ohm-m aralığında özdirenç değerleri gözlenmektedir (Şekil 4.32.). Rezistivite 3. Tabaka dağılım haritasına göre bölgelerde elde edilen deney sonuçları sırasıyla; Esenbağlar 6,31-32,6 ohm-m (killi kumlu, çakıl), Anayurt, Davultepe ve Hürriyet 6,31-45,7 ohm-m, Tece 19,4-85,1 ohm-m (çakıllı kumlu, kil) aralığında özdirenç aralığı gözlenmiştir.

Çalışma alanı rezistivite 3. Tabaka dağılım haritası için elde edilen veriler incelendiğinde rezistivite koordinatları DES49, DES52, DES57, DES58, DES61, DES62, DES65, DES66, DES68, DES71, DES74 ve DES75 kalışte yapılmıştır. Kalışte yapılan rezistivite 3. Tabakası 5,04-85,10 ohm-m

aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur. Diğer rezistivite çalışmaları ise alüvyonda yapılmıştır. Alüvyonda yapılan rezistivite 3. Tabakası 4,69-78,60 ohm-m aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur.

Çalışma alanında rezistivite 3. Tabaka dağılım haritasına göre genel olarak gözlenen killi çakıl ve çakıllı kil yoğun olarak gözlenmektedir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mersin ili, Mezitli ilçesi, Davultepe bölgesinde daha önce yapılmış olan çalışmalarda elde edilmiş fiziksel ve jeomekanik veriler bu yüksek lisans tezi kapsamında detaylı olarak ele alınmıştır. Bu amaçla çalışma bölgesinde arazi çalışmaları olarak; sondaj kuyuları açılmış SPT deneyi ve jeofizik çalışmalar yapılmış ve araziden alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. CBS yardımıyla bölgenin fiziksel ve jeomekanik özellikleri analiz edilmiştir.

Çalışma alanında zeminlerin litolojik özelliklerini, fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yönelik açılmış olan sondaj kuyuları ve bölgede daha öncede açılmış olan sondaj kuyularının verileri derlenmiştir. 29 noktada jeofizik çalışmalardan yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (MASW) ve elektrik özdirenç (rezistivite) yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışma alanında yapılan arazi ve literatür çalışmalarına göre inceleme alanının temel jeolojisini Kuvaterner yaşlı Alüvyon (Qal) birimlere ait çakıl, kum, silt ve kil boyutu malzemeler oluşturmaktadır.

Bu çalışma kapsamında zeminlerin fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla zemin örneklerinin su içeriği, doğal ve kuru birim hacim ağırlık tayini, elek analizi ve atterberg limitleri deneyleri yapılmıştır.

Zeminler Birleşik Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS – Unified Soil Classification System) göre sınıflandırılmıştır.

- Çalışma alanından alınan kil örnekleri üzerinde laboratuvarda yapılan elek analizleri ve atterberg limitleri deneyleri sonucunda düşük plastisiteli kil (CL), elastik silt (MH), orta plastisiteli silt (MI), orta plastisiteli kil (CI) ve yüksek plastisiteli kil (CH) olarak sınıflandırılmıştır.
- Çalışma alanından alınan kum örnekleri üzerinde laboratuvarda yapılan elek analizi deneyleri sonucunda iyi derecelendirilmiş kum (SW), siltli kum (SM), kötü derecelendirilmiş kum (SP) ve killi kum (SC) olarak sınıflandırılmıştır.
- Çalışma alanından alınan çakıl örnekleri üzerinde laboratuvarda yapılan elek analizi deneyleri sonucunda iyi derecelendirilmiş çakıl (GW) , siltli çakıl (GM), kötü derecelendirilmiş çakıl (GP) ve killi çakıl (GC) olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanında killi birimlerden alınan örnekler üzerinde laboratuvarda yapılan atterberg limitleri deneyleri yapılarak sonuç değerlendirilmiştir. Bu deney sonuçlarına göre zeminlerin kuru dayanımlarının çok düşük, düşük, orta ve yüksek olduğu, plastisite derecelerinin ise az plastik, plastik ve çok plastik olduğu belirlenmiştir.

Jeofizik yöntemlerden MASW yöntemi uygulanarak 29 noktada 1. Tabaka ve 2. Tabakalar için sonuçlar elde edilmiştir:

- V_{s30} hızı 293.00 m/sn-750.00 m/sn aralığında bulunmuştur. Bu değerler için EUROCODE-8 e göre birimler B ve C sınıfında, NEHRP sınıfına göre C ve D sınıfında bulunmuştur.
- Birinci tabaka için elde edilen yoğunluk değeri $1,39 \text{ g/cm}^3 - 1,95 \text{ g/cm}^3$ aralığında, ikinci tabaka için elde edilen yoğunluk değeri $1,57 \text{ g/cm}^3 - 1,99 \text{ g/cm}^3$ aralığındadır. Bu değerlere göre birinci tabaka düşük, orta ve yüksek, ikinci tabaka orta, yüksek yoğun sınıfına girmektedir.
- Birinci tabaka için elde edilen poisson oranı değeri 0,14-0,46 aralığında, ikinci tabaka için elde edilen poisson oranı değeri 0,24-0,45 aralığındadır. Bu değerlere göre birinci tabaka az gözenekli, gözenekli ve çok gözenekli yapıda, ikinci tabaka az gözenekli, gözenekli ve çok gözenekli yapıdadır.
- Birinci tabaka için elde edilen elastisite modülü değeri $1159.76 \text{ kg/cm}^2 - 22547.09 \text{ kg/cm}^2$ aralığında, ikinci tabaka için elde edilen elastisite modülü değeri $4018.13 \text{ kg/cm}^2 - 35000 \text{ kg/cm}^2$ aralığındadır. Bu değere göre birinci tabaka zayıf, orta ve sağlam olduğunu ikinci tabaka zayıf, orta, sağlam ve çok sağlam zemin sınıfında olduğunu göstermektedir.
- Birinci tabaka için elde edilen kayma modülü değeri $396 \text{ kg/cm}^2 - 8460 \text{ kg/cm}^2$ aralığında, ikinci tabaka için elde edilen kayma modülü değeri $1500 \text{ kg/cm}^2 - 13000 \text{ kg/cm}^2$ aralığındadır. Bu değere göre birinci tabaka kaymaya karşı çok zayıf, zayıf, orta ve sağlam dirençli zemin sınıfında, ikinci tabaka kaymaya karşı zayıf, orta, sağlam ve çok sağlam dirençli zemin sınıfında olduğunu gösterir.
- Birinci tabaka için elde edilen bulk modülü değeri $1530 \text{ kg/cm}^2 - 37000 \text{ kg/cm}^2$ aralığında, ikinci tabaka için elde edilen bulk modülü değeri $4800 \text{ kg/cm}^2 - 45000 \text{ kg/cm}^2$ aralığındadır. Bu değere göre birinci tabaka sıkışmaya karşı az ve orta dayanımlı, ikinci tabaka sıkışmaya karşı az, orta ve yüksek dayanımlı sınıfına girmektedir.

CBS yöntemiyle elde edilen dağılım haritalarına göre çalışma alanında:

- V_{s30} hızlarının dağılımları haritasına göre 293-597,7 m/sn değeri aralığında yoğun olarak görünüp, EUROCODE-8 sınıfında göre B ve C sınıfında belirlenmiştir. NEHRP sınıflamasına göre ise C ve D sınıfında olduğu belirlenmiştir.
- 1. Tabaka (0-10 m arası) yoğunluk sonuçları dağılım haritası göre $1,49 - 1,77 \text{ gr/cm}^3$ değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, orta yoğun sınıfında yer almaktadır. 2. Tabaka (10 metre sonrası) yoğunluk sonuçları dağılım haritası göre $1,71 - 1,92 \text{ gr/cm}^3$ değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, orta ve yüksek sınıfında yer almaktadır.

- 1. Tabaka (0-10 m arası) dinamik poisson oranı sonuçları dağılım haritasına göre 0,3-0,46 değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, gözenekli ve çok gözenekli sınıfında yer almaktadır. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik poisson oranı sonuçları dağılım haritası göre 0,32-0,45 değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, çok gözenekli sınıfında yer almaktadır.
- 1.tabaka (0-10 m arası) dinamik elastisite modülü (Ed) sonuçları dağılım haritasına göre 1160-14000 kg/cm² değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, zayıf, orta ve sağlam zemin sınıfında yer almaktadır. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik elastisite modülü (Ed) sonuçları dağılım haritasına göre 10000-20000 kg/cm² değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, orta ve sağlam zemin sınıfında yer almaktadır.
- 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik kayma modülü (Gd) sonuçları dağılım haritasına göre 1000-6000 kg/cm² değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, zayıf, orta ve sağlam dirençli zemin sınıfındadır. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik kayma modülü (Gd) sonuçlarının dağılım haritasına göre 2000-8500 kg/cm² değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, orta ve sağlam dirençli zemin sınıfındadır.
- 1. Tabaka (0-10 metre arası) dinamik bulk modülü (K) sonuçları dağılım haritası göre 1530-18000 kg/cm² değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, sıkışmaya karşı az ve orta dayanımlı sınıfına girmektedir. 2. Tabaka (10 metre sonrası) dinamik bulk modülü (K) sonuçlarının dağılım haritasına göre 10000-30000 kg/cm² değer aralığı yoğun gözlenmekte olup, sıkışmaya karşı orta dayanımlı sınıfına girmektedir.

Rezistivite çalışmalarında belirlenen formasyonların kalınlık ve özdirenç aralıkları bulunmuştur.

Kalıştı yapılan DES49, DES52, DES57, DES58, DES61, DES62, DES65, DES66, DES68, DES71, DES74 ve DES75, rezistivite sonuçlarına göre; 1. tabaka için 13,20-248 ohm-m aralığında, 2. tabaka için 8,43-429,00 ohm-m aralığında, 3. tabaka için 5,04-85,10 ohm-m aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur.

Diğer rezistivite çalışmaları ise alüvyonda yapılmıştır. Alüvyonda yapılan rezistivite sonuçlarına göre; 1. tabaka için 3,01-158,00 ohm-m aralığında, 2. tabaka için 5,17-346,00 ohm-m aralığında, 3. tabaka için 4,69-78,60 ohm-m aralığında özdirenç değerleri bulunmuştur.

CBS yöntemiyle elde edilen dağılım haritalarına göre çalışma alanında:

- Rezistivite 1. Tabaka dağılım haritasına göre genel olarak gözlenen kırıntılı malzeme ve sert kalış yoğun olarak gözlenmektedir.
- Rezistivite 2. Tabaka dağılım haritasına göre genel olarak gözlenen çakıllı, kumlu kil ve killi, kumlu çakıl yoğun olarak gözlenmektedir.
- Rezistivite 3. Tabaka sonuçlarının dağılım haritasına göre genel olarak gözlenen killi çakıl ve çakıllı kil yoğun olarak gözlenmektedir.

Yapılan zemin sınıflaması sonucunda, kıyı kesimleri kumlu ve alüvyonal zeminlerin üzerine yapılmış yerleşim alanlarında olduğu belirlenmiştir. Bölgedeki yeraltı su seviyesinin zemin tabanına yakın olması nedeniyle gevşek kumlu zeminler bulunmaktadır.

MASW yöntemiyle zeminin dinamik ve elastik parametreleri belirlenmiştir. CBS yöntemiyle elde edilen dağılım haritasına göre çalışma alanında; kıyı kesimlerinde zemin sağlam olmadığı için yerleşim yerleri için zemin etütlerinin dikkatli ve hassas bir şekilde yapılması, ayrıca yapıların inşa edileceği yerlerde “Fore Kazık”, “Jet Kolon” ve “Enjeksiyon” gibi güçlendirici sistemler kullanılmalıdır.

Bölgede yapılan çalışmalardan elde edilen zemin özellikleri zemin etüdü raporu kadar detaylı olmadığı için yapılaşma ön çalışmalarında kullanılamaz. Bölge imara açılacağı zaman daha detaylı zemin etüd çalışmalarının yapılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

A.S.T.M. D. 1586-99 (1990). Standard Method of Test for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils In, Annual Book of A.S.T.M. Standards. Philadelphia, 1092.

AFAD (2018). Deprem tehlike haritası. 25 Mart 2022 tarihinde <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi> adresinden erişildi.

Aggour, M. S. ve Radding, W. R. (2001). Research Report: Standard Penetration Test (SPT) Correction, Final Report. Maryland Department of Transportation-State Highway Administration, Maryland.

Alptekin, A. (2016). Mersin İli Merkez Yerleşim Alanındaki Kohezyonlu Zeminlerin İndeks ve Konsolidasyon Özelliklerinin Belirlenmesi, yüksek lisans tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.

ASTM, (1994). Annual Book of ASTM Standards-Soil and Rock, Building Stones, Section-4, Construction, 04.08, ASTM Publication.

Atterberg, A. (1911). Plastizität der Tone. Internationale mitteilungen für bodenkunde, 1:10- 43.

Başdemir, S., E. (2019). Osmaniye İli Alüvyal Zeminlerin Jeoteknik İncelenmesi, yüksek lisans tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir.

Bozkurt, A. (2009). Güzeloluk Ve Yakın Yöresinin (Erdemli Kuzeyi Mersin) Tektonostratigrafik Özellikleri, Yüksek lisans tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.

Bozkurt, A., Endeş, H. ve Kurtuluş, C., Jeolojik Gözlemler, Jeofizik Uygulamalar Ve Jeoteknik Testlerle Yer Araştırması. Uygulamalı Yer Bilimleri Sayı:1 (Ocak-Şubat 2013) 10-30, 16.05.2022 tarihinde, <http://yerbilim.kocaeli.edu.tr/2013/2.pdf> adresinden erişildi.

Cevni, S. (2018). Burdur İli Yerleşim Alanının Zemin Malzemesinin Jeoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur.

Coşkun, D. (2016). Aksaray İli Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri Arasındaki İlişkiler, yüksek lisans tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray.

Çoşkun, Ş., E. (2008). İzmit Körfezi Kuzeyi Kıyı ve Deniz Dibi Çökellerinin Mühendislik Jeolojisi, yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.

D. M. Boore, "Estimating (2004). Vs (30) (or NEHRP site classes) from shallow velocity models (depths < 30 m). Bulletin of the seismological society of America, vol. 94, no. 2, pp. 591-597.

Demir, G. (2013). Gürsu (Bursa) Yerleşim Alanındaki Temel Zemininin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Değerlendirmesi, yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.

Dr. Selim İnan (2005). 12Kasım 1999 Düzce Depremi Yıldönümünde Deprem Gerçeği ve Mersin'in Depremselliği. Çiftlikköy Merkez Konferans Salonu. Mersin: Mersin Üniversitesi.

Er, B. (2002). Aksaray ili merkezinin zemin ve mühendislik jeolojisi özelliklerini değerlendirerek örnek bir jeoteknik veri tabanının hazırlanması, yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde.

Erol, O. ve Çekinmez, Z., (2014). Geoteknik Mühendisliğinde Saha Deneyleri. Yüksel Proje Yayınları No:14-01, Ankara.

Heywood, I. D, Cornelius, S. C, Carver, S. J. (1998). An Introduction to Geographical Information Systems. New York.

Karakuş, K. (2009). Kent Planlaması ve Jeoloji (Plana Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Çalışmaları ve Yasal Mevzuat). Tmmob Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 184s. Ankara.

Keçeli, A., (1990). "Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması." Jeofizik, 4, 83-92.

Keçeli, A. D. (1990). "Zemin Emniyet Gerilmesinin Sismik Metodlar İle Tayini", Jeofizik Dergisi, 83-92.

Mersin haritası 6 Nisan 2022 tarihinde https://www.wikiwand.com/tr/Mersin%27in_il%C3%A7eleri adresinden erişildi.

MGM. (2020). Mersin ili sıcak ve yağışlı ortamları. 25 Şubat 2022 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=MERSIN> adresinden erişildi.

Mollamahmutoğlu, M. ve Kayabalı, K. (2006). Geoteknik Mühendisliği İlkeler ve Uygulamalar. Gazi Kitapevi, Ankara.

Özaydın, K., (1997). Zemin mekaniği. birsen yayınevi, İstanbul.

Özaydın, K. ve Yıldırım, M., (2000), İstanbul'un Zemin koşulları ve Geoteknik Sorunlar, II. İstanbul ve Deprem Sempozyumu.

Özhan, U. (2021). Davultepe Yerleşim Alanının Sıvılaşma Potansiyellerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.

Park, C.B., Miller, R.D., Miura, H. (2002). Optimum field parameters of an MASW survey [Exp. Abs.]: SEG-J, Tokyo, May 22-23.

Park, C.B., R.D. Miller and J. Xia (1999). Multi-channel analysis of surface waves (MASW). Geophysics, Vol.64, 3, pp. 800-808.

Sakaoğlu, İ. (2008). Bartın İl Merkezi Zemininin Jeoteknik İncelenmesi, yüksek lisans tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.

Schmidt, G. (1961). VII. Adana Petrol Bölgesinin Stratigrafik Nomenklatürü, Petrol Der. Yay. 6. 47 – 63, Ankara.

Selçuk, L. (2003), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Zeve Kampüsü Yerleşim Alanının Mühendislik Jeolojisi, yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.

Stephenson, W.J. Louie, J.N. Pullammanappallil, S. Williams, R.A. Odum, J.K. (2005). Blind shear-wave velocity comparison of ReMi and MASW results with boreholes to 200 m in Santa Clara Valley: implications for earthquake ground motion assessment, Bull Seism Soc Am. 95, 2506–2516.

Şenol, M., Kapur, S. ve Şahin, Ş. (1993). Adana Havzası Kuvaterneri. İ.T.Ü. Maden Fak. Türkiye Kuvaterneri Workshop Bildiri Özleri, İstanbul, 24-27.

Şenol, M., Şahin, Ş. ve Duman T.Y. (1998). Adana-Mersin dolayının jeoloji etüd raporu. M.T.A., Ankara. (yayımlanmamış).

Tallavo, F., Cascante, G., Pandey, M. (2008). Experimental and numerical analysis of MASW tests for detection of buried timber trestles. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 29(1). 91- 102.

Tavlaşoğlu, E. (2021). Erzurum Aziziye Bölgesi Jeolojik Ve Jeoteknik Çalışması, yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Tonyalı, İ. (2011). Laboratuvar arazi ve jeofizik deney sonuçlarını kullanan zemin taşıma gücü hesap yöntemlerinin incelenmesi ve karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Töreyan, G., Özdemir, İ. ve Kurt, T. (2010). ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dökümanı. Ankara.

Türkiye Deprem Tehlike Haritası 24 Mart 2022 tarihinde <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi> adresinden erişildi.

Uyan, A. (2018). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Ayşebacı Mahallesiindeki (Karesi/Balıkesir) Zeminlerinin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Değerlendirilmesi, yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.

Ünlügenç, U. (1986). Kızıldağ Yayla (Adana) Dolayının Jeoloji İncelemesi, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Wagner, A. A. (1957). "The use of the Unified Soil Classification System by the Bureau of Reclamation: Proceedings, 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London, Vol. 1, pp. 125.

Xia, J., Miller, R.D., Park, C.B. (1999). Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh wave. Geophysics, 64(3), 691-700.

Yardıı, T. (1993). Zemin Araştırmalarında Kullanılan Jeofizik Yöntemler ve Traverten Ortamlara Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Yılmaz, İ., Yıldırım, M. ve Keskin, İ. (2014). Zemin Mekaniği Laboratuvar Deneyleri Ve Çözümlü Problemler. 2.Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Yılmaz, L. (1991). "Geiede - Ankara ve Ankara çevre otoyoluna genel ve jeoteknik açıdan bakış." Jeoloji Mühendisliği Dergisi. 38,43 – 50.

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

Zorlu, K. (2003), Adana Organize Sanayi Bölgesindeki Kalışların Jeomekanik Özelliklerinin Ve İç Yapı Çökme Mekanizmasının İncelenmesi, doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.



