

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAYSERİ İL MERKEZİ İÇİN V_{s30} KAYMA DALGASI
HIZI HARİTALARININ HAZIRLANMASI**

**Tezi Hazırlayan
AYNUR AKGÜL**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mutluhan AKIN**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

Haziran 2023

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAYSERİ İL MERKEZİ İÇİN V_{s30} KAYMA DALGASI
HIZI HARİTALARININ HAZIRLANMASI**

**Tezi Hazırlayan
AYNUR AKGÜL**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mutluhan AKIN**

**Yardımcı Tez Danışmanı
Doç. Dr. Müge AKIN**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

Haziran 2023

Prof. Dr. Mutluhan AKIN danışmanlığında **Aynur AKGÜL** tarafından hazırlanan “**Kayseri İl Merkezi İçin $V_{s(30)}$ Kayma Dalgası Hızı Haritalarının Hazırlanması**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

.../.../2023

JÜRİ

Başkan : Doç. Dr. İsmail AKKAYA

Üye : Prof. Dr. Mutluhan AKIN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.../.../2023

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Cemal ÇARBOĞA

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Aynur AKGÜL

TEŞEKKÜR

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığım bu çalışmada, yardımını, emeğini ve bilgisini güler yüzüyle esirgemedi paylaşan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mutluhan AKIN'a ve çalışmalar sırasında sabır gösterdiği ayrıca çalışmalarımda bana ümit verdiği ve destek olduğu için yardımcı tez danışmanı hocam Doç. Dr. Müge AKIN'a en derin teşekkürlerimi sunmayı bir vefa borcu bilirim.

Değerli bilgilerinden faydalandığım Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri sayın Sayın Prof. Dr. İsmail DİNÇER ve Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN hocalarım başta olmak üzere diğer bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında yer bilimleri bilgisini ve tecrübelerini paylaşan ve bana destek olan eşim Jeofizik Yüksek Mühendisi Muhammed Kamil AKGÜL'e teşekkür ederim.

Ayrıca, bu süreçte çeşitli fedakârlık gösteren biricik oğlum Hüseyin Kerem AKGÜL'e ve biricik kızım Ecrin Sevim AKGÜL'e sonsuz teşekkür ederim.

KAYSERİ İL MERKEZİ İÇİN V_{s30} KAYMA DALGASI HIZI HARİTALARININ HAZIRLANMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Aynur AKGÜL

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2023

ÖZET

Yıkıcı depremlerden sonra depremin etkilediği bölgelerde yapılan gözlemlerde yapı hasarının değişken olabileceği gözlenmektedir. Bunun bir nedeni yapısal kusurlar olarak ön plana çıkmaktayken, diğer bir nedeni de yerel zemin koşullarındaki farklılıklardır. Bu nedenle, depreme dayanıklı yapılaşmada yapı dayanımı ve kalitesinin yanı sıra zemin koşullarının da iyi olması gerekmektedir. Bu açıdan ele alındığında yerel zemin koşullarının bilinmesi depreme dayanıklı kent tasarımında oldukça önemlidir. Kayma dalgası (S dalgası) deprem dalgalarından yeryüzüne ikinci olarak ulaşan dalgalar olup, hareket yönelimi dikkate alınarak enine dalga olarak da adlandırılmaktadır. Kayma dalgasının zemin içerisindeki yayılma hızı (V_s) zeminin dayanımını ve kalitesini ortaya koyan bir parametredir. Kayma dalgası yüksek olan zemin veya kaya ortamları daha yüksek dayanıma sahiptirler. V_{s30} değeri, arazide sismik etütler sonucunda elde edilen kayma dalga hızlarının 30 m derinliğe kadar ortalama değeri olarak tanımlanmakta olup ve bu değer kullanılarak zemin sınıflandırmaları yapılabilmektedir.

Kayseri ili İç Anadolu Bölgesinde yapılaşmanın ve sanayinin yoğun olduğu önemli illerimizden biridir. Öte yandan, Kayseri ili kuzeyden ve güneyden aktif fay hatları ile çevrelenmiştir. Bu nedenle deprem tehlikesi altındaki bu ilimizde depreme dayanıklı yapılaşmada yerel zemin koşullarının bilinmesi önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında Kayseri ilinde yapılaşmanın yoğun olduğu bazı yerleşim alanlarında imar planlamasına yönelik önceki etüt çalışmalarından jeofizik yöntemlerle doğrudan elde edilen V_{s30} değerleri ve Standart Penetrasyon deneylerinden elde edilen SPT N_{30} değerleri dikkate alınarak ampirik yöntemlerle bulunan V_s değerleri kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla V_{s30} , zemin büyütmesi ve zemin sınıflandırma haritaları hazırlanmıştır. Bu çalışma kapsamında hazırlanan bu haritalar, Kayseri il

merkezinde düzlük kesimlerde kayma dalgası hızlarının düştüğünü göstermektedir. Öte yandan, ilin kuzeyine ve güneyine doğru kaya ortamlarda kayma dalgası hızı değerleri artmakta ve zemin büyütme değerleri azalmaktadır. Bu çalışmada sunulan haritaların imar planlama çalışmalarına yol göstereceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Ortalama kayma dalga hızı (V_{s30}), Zemin büyütmesi, Zemin Sınıfı, Kayseri, Deprem, CBS*

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mutluhan AKIN

Sayfa Adeti: 72



PREPARATION OF V_{s30} SHEAR WAVE VELOCITY MAPS FOR KAYSERİ CITY CENTER

(Master's Thesis)

Aynur AKGÜL

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

June 2023

ABSTRACT

In the field observations performed in the earthquake-affected regions after the devastating earthquakes, it is observed that the structural damage can be variable. For this reason, in earthquake resistant construction, the ground conditions should be good as well as the strength and quality of the structure. From this point of view, knowing the local ground conditions is very crucial in earthquake resistant city planning. The shear wave (S wave) is the second wave that reaches the earth from earthquake waves, and is also called transverse wave, taking into account the movement direction. The propagation velocity (V_s) of the shear wave in the soil is a parameter that reveals the strength and quality of the soil. Soil or rock masses with high shear waves have higher strength. The V_{s30} value is defined as the average value of the shear wave velocities obtained as a result of seismic studies in the field up to a depth of 30 m, and soil classifications can be executed using this value.

Kayseri province is one of the important provinces in our Central Anatolia Region where construction and industry are intense. On the other hand, Kayseri province is surrounded by active fault lines from the north and south. For this reason, it is important to know the local ground conditions in earthquake resistant construction in this province, which is under earthquake risk. In this thesis study, V_{s30} values directly obtained by geophysical methods from previous survey studies for city planning in some settlement areas where settlements are dense in Kayseri and V_s values found by empirical methods considering SPT N_{30} values obtained from Standard Penetration tests, V_{s30} , ground amplification and soil classification maps were prepared with the help of Geographical Information Systems. These maps, prepared within the scope of this study, reveal that shear wave velocities decrease in the plains of Kayseri city center.

On the other hand, shear wave velocity values increase and ground amplification values decrease in rock masses towards the north and south of the city. It is thought that the maps presented in this study will guide the development city planning studies.

Keywords: Average shear wave velocity (V_{s30}), Soil amplification, Soil Class, Kayseri, Earthquake, GIS

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Mutluhan AKIN

Number of pages: 72



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar.....	x
ŞEKİLLER	xi
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xii
1.BÖLÜM	
GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı.....	2
2.BÖLÜM	
BÖLGESEL JEOLojİ	6
2.1. Genel Jeoloji	6
2.1.1. Stratigrafi	10
2.1.2. Yapısal jeoloji	13
2.1.3. Kayseri ilinin depremselliği.....	18
3. BÖLÜM	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	21
3.1 Kayseri İli İçin Gerçekleştirilen Çalışmalar	21
3.2 Kayma Dalgası Hızına Yönelik Çalışmalar.....	22
4.BÖLÜM	
KURAMSAL TEMELLER.....	24

4.1.	Kayma Dalga Hızı (V_s).....	27	
4.2.	V_{s30} Kavramı.....	28	
4.3.	Zemin Sınıflamaları.....	31	
5. BÖLÜM			
MATERYAL VE METOT.....			33
6. BÖLÜM			
ARAŞTIRMA BULGULARI			39
6.1.	SPT N_{30} Verilerine Dayalı V_s ve V_{s30} Değerlerinin Belirlenmesi.....	46	
6.2.	V_{s30} Değerine Bağlı Zemin Sınıflamaları	48	
6.3.	Kayseri İl Merkezi V_{s30} Dağılım Haritaları	53	
6.4.	Kayseri İl Merkezi Zemin Büyütmesi Dağılım Haritaları	57	
6.5.	Kayseri İl Merkezi Zemin Sınıflama Dağılım Haritaları.....	61	
7. BÖLÜM			
SONUÇ VE ÖNERİLER.....			64
KAYNAKLAR.....			67

TABLolar

Tablo 1. 1. Kayseri iline ait yağış sıcaklık istatistikleri	4
Tablo 2. 1. Kayseri ve yakın çevresinde meydana gelen önemli depremler	18
Tablo 4. 1. Kohezyonlu zeminlerin V_s hızlarına göre sınıflandırılması	27
Tablo 4. 2. Kohezyonsuz zeminlerin V_s hızlarına göre sınıflandırılması	28
Tablo 4. 3 a) Zemin hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri	28
Tablo 4. 4. SPT-N ile V_s ilişkisine yönelik bazı ampirik bağıntılar.....	31
Tablo 4. 5. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre zemin sınıflandırma tablosu ..	31
Tablo 4. 6. Eurocode8'de V_{s30} 'a göre zemin sınıflaması.....	32
Tablo 4. 7. NEHRP Hükümlerinde V_{s30} 'a göre zemin sınıflaması.....	32
Tablo 5. 1. Tez çalışması kapsamında yararlanılan sismik kırılma verilerine ait örnek.	34
Tablo 5. 2. SPT-N ile V_s arasındaki ampirik ilişkiler	35
Tablo 5. 3. SPT N_{30} değerleri kullanılarak her bir kuyu için farklı seviyelerde V_s Excel	36
Tablo 5. 4. Kayseri ilinde jeofizik etüt çalışmalarında elde edilen V_{s30} değerleri	37
Tablo 6. 1. Tez çalışması kapsamında incelenen bölgelerin toplam sondaj kuyu sayısı	39
Tablo 6. 2. Boztepe bölgesi için tez çalışmasında dikkate alınan sondaj kuyuları.....	40
Tablo 6. 3. Tez kapsamında incelenen bir alandaki (Cırgalan) sismik kırılma yöntemi ile	42
Tablo 6. 4. Sismik kırılma yöntemi ile doğrudan belirlenen V_{s30} değerleri.....	43
Tablo 6. 5. İnceleme alanlarında en düşük ve en yüksek V_{s30} değerine bağlı TBDY	49
Tablo 6. 6. İnceleme alanlarında en düşük ve en yüksek V_{s30} değerine bağlı NEHRP ..	51
Tablo 6. 7. İnceleme alanlarında en düşük ve en yüksek V_{s30} değerine bağlı Eurocode8 ölçütlerine göre zemin sınıfları.....	52

ŞEKİLLER

Şekil 1. 1. Kayseri il haritası	2
Şekil 1. 2. Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	3
Şekil 2. 1. Kayseri ili yakın çevresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası	9
Şekil 2. 2. Kayseri ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	12
Şekil 2. 3. Kayseri ve yakın civarının jeolojisi ve Orta Anadolu Faz Zonu'nun segmentleri	14
Şekil 2. 4. Kayseri ve yakın çevresine ait diri fay haritası	17
Şekil 2. 5. Kayseri ve yakın civarında yer alan diri faylar	19
Şekil 2. 6. Kayseri ilinin Türkiye Deprem Tehlike Haritası üzerindeki konumu	20
Şekil 4. 1. Sismik kırılma yönteminin genel prensipleri	24
Şekil 4. 2. Sismik yansıma yönteminin genel prensipleri	25
Şekil 4. 3. Sismik dalgaların yayılması esnasındaki parçacık hareketleri a) P-dalgası b) S-.....	25
Şekil 4. 4. Rayleigh ve Love dalgaları parçacık hareketleri	26
Şekil 4. 5. Tabakalı ortamda bir yüzey dalgasının yayılımı	27
Şekil 5. 1. Tez çalışmasında kullanılan sondaj verisinden bir görünüm.....	33
Şekil 5. 2 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) bileşenleri	38
Şekil 6. 1. Farklı ampirik eşitlikler yardımıyla SPT N_{30} değerinden elde edilen V_s	48
Şekil 6. 2. Kayseri il merkezindeki incelenen alanlar için SPT N_{30} verisinden üretilen V_{s30}	55
Şekil 6. 3. Kayseri il merkezindeki incelenen alanlar için jeofizik ölçüm verisinden....	56
Şekil 6. 4. Kayseri il merkezindeki incelenen alanlar için SPT N_{30} verisinden üretilen	58
Şekil 6. 5. Kayseri il merkezindeki incelenen alanlar için jeofizik ölçüm verisinden....	60
Şekil 6. 6. Kayseri il merkezindeki incelenen alanlar için SPT N_{30} verisinden üretilen	62
Şekil 6. 7. Kayseri il merkezindeki incelenen alanlar için jeofizik ölçüm verisinden....	63

SİMGE VE KISALTMALAR

KD	Kuzey doğu
GB	Güney Batı
MS	Milattan sonra
Spt-N	Standart penetrasyon deneyi
Spt-N₃₀	SPT deneyinde Numune alıcının zemine 30m çakılması için gerekli olan vuruş sayısı.
TBDY	Türkiye bina deprem yönetmeliği
V_s	S dalgası hızı
V_p	P dalgası hızı
V_{s30}	Kayma dalga hızının 30 metreye kadar ortalama hızı
REMİ	S dalga hızını hesaplamak için kullanılan Jeofizik yöntem
MASW	Sığ derinliklerdeki S dalga hızını hızı tespiti için kullanılan Jeofizik yöntem

1.BÖLÜM

GİRİŞ

Depremlerden sonra meydana gelen hasar ve yıkımın en önemli nedenleri arasında yerel zemin koşulları bulunmakta olup, zemin araştırmalarının dikkate alınmaması, yapı tasarımının depreme dayanıklı olmaması, inşaat sırasında doğru malzemenin kullanılmaması ya da kötü işçilik hasarı ve yıkımı artırmaktadır. Özellikle yeni yapıların imalatı sırasında yerel zemin özellikleri ön planda tutulmalıdır. Oluşabilecek hasarın boyutu, zeminlerin dinamik özelliği ile doğrudan ilişkili olduğundan, deprem esnasında ortaya çıkacak hasarı en aza düşürmek için yapının inşası sırasında zeminin özelliklerinin çok iyi tanımlanması gereklidir. Jeolojik bulgular, jeofizik yöntemler, laboratuvar ve saha deneylerinden elde edilen jeoteknik veriler, zemin sınıflandırmaları yapılırken birlikte değerlendirilmelidir.

Bu tez çalışma kapsamında Kayseri il merkezinde yerleşimin yoğun olduğu bazı mahallelerde imar planlamasına yönelik önceki yıllarda yapılmış olan zemin etüt çalışmaları sırasında jeofizik yöntemlerle doğrudan elde edilen V_{s30} değerleri ve Standart Penetrasyon deneylerinden elde edilen SPT N_{30} değerleri dikkate alınarak ampirik yöntemlerle bulunan V_s değerleri kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla V_{s30} , zemin büyütmesi ve zemin sınıflandırma haritaları üretilmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışması kapsamında Kayseri il merkezi içerisinde yer alan, yapılaşmanın yoğun olduğu bazı mahallelerde, zemin ve kaya birimlerinin doğrudan (sismik kırılma) ve dolaylı (SPT N_{30}) olarak bulunan kayma dalgası hızı değerleri (V_s) kullanılarak bir Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı olan MapInfo programı yardımıyla V_{s30} , zemin büyütmesi ve zemin sınıfı dağılım haritalarının üretilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında imar planlamasına yönelik olarak gerçekleştirilen arazi çalışmalarından elde edilen jeofizik veriler (sismik kırılma) ve sondaj çalışmaları sırasında gerçekleştirilen Standart Penetrasyon Deneyleri (SPT) sırasında elde edilen SPT N_{30} değerleri dikkate alınmıştır. Söz konusu arazi deney verileri sondaj ve jeofizik ölçüm lokasyonlarının coğrafi konumlarına göre bir veri tabanına aktarılmıştır. Koordinatlı veri yardımıyla çalışma alanına ait farklı yöntemlerle (sismik kırılma verisi ve SPT N_{30} verisi) elde edilen V_{s30} değerleri kullanılarak V_{s30} kayma dalga hızı, zemin

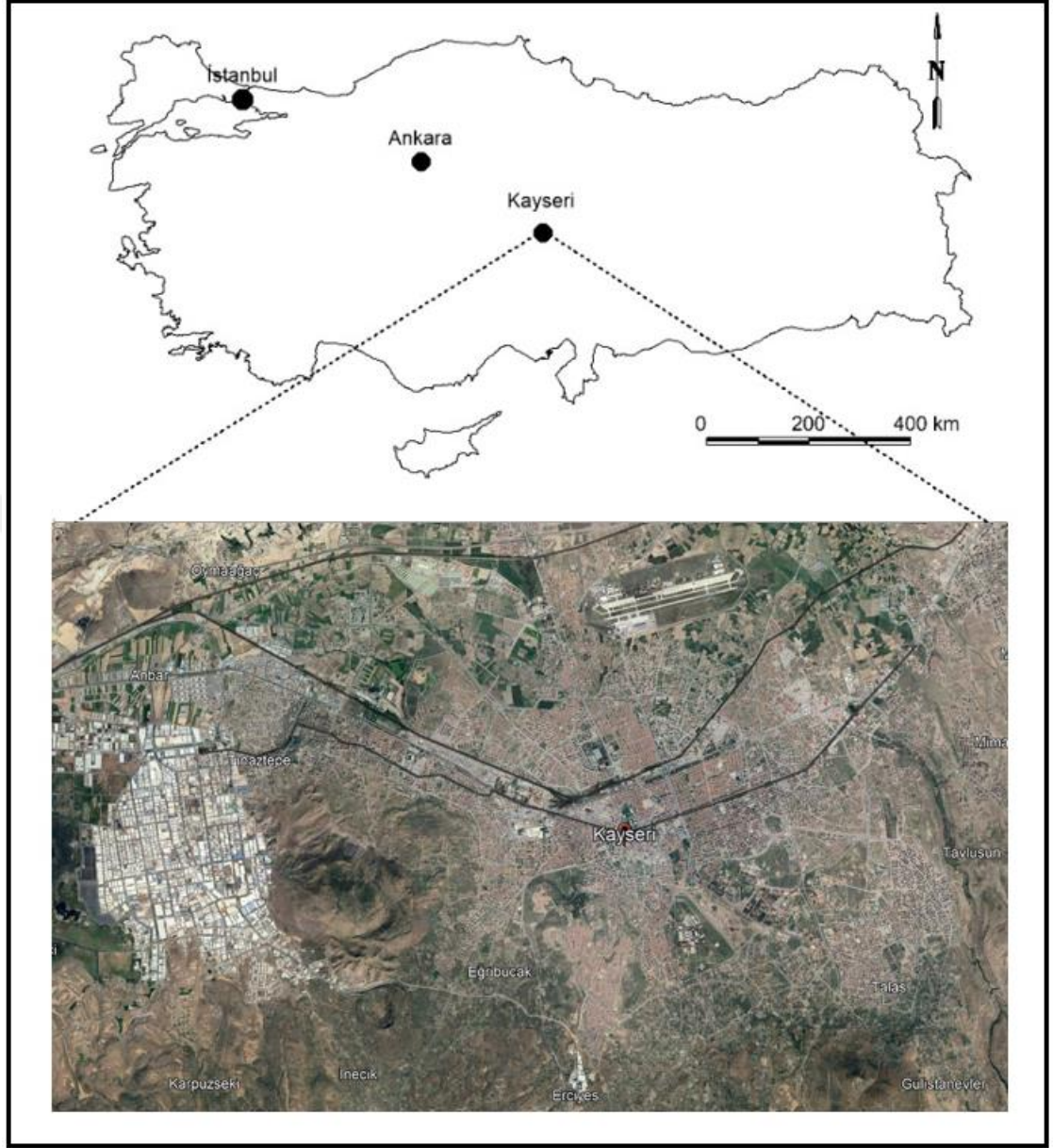
büyütmesi ve zemin sınıfı haritaları oluşturulmuştur. Üretilen haritalar bölgenin jeolojisi ile ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir. Sonuç olarak Kayseri ilinin zeminlerinin doğru tanımlanması, olası deprem zararlarının azaltılması ve güvenilir bir yerleşim alanı oluşturulmasında yol gösterici niteliktedir.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı

Kayseri ili, güneyinde bulunan Kahramanmaraş ve Adana, Kuzeyinde Yozgat ve Sivas, batısında Nevşehir ve Niğde illerine komşudur (Şekil 1.1). Sönmüş bir volkan olan Erciyes Dağı, Lifos Tepesi, Ali Dağı, Yılanlı Dağı, Şeker Tepesi, Karadağ gibi önemli yükseltiler çalışma alanının çevresinde bulunmaktadır.



Şekil 1. 1. Kayseri il haritası [1]



Şekil 1. 2. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Kayseri ve çevresinde Miyosen ve öncesi temel kayalarından günümüze kadar farklı kayaç türlerinden oluşan birimler bulunmaktadır. Kayseri ilindeki jeolojik birimleri genellikle Pliyosen volkanitleri, Pliyo-Kuvaterner volkanik kayaları ve Kuvaterner yaşlı alüvyon oluşturmaktadır [2]. İlin kuzeyi ve güneyi yükseltiler ile sınırlandırılmış durumda iken, il merkezinde yapılaşmanın da yoğun olduğu kısım düzlük bir alan üzerinde yer almaktadır. Bu düzlük kesimde genel olarak farklı zemin boyutlarından oluşan alüvyon birimi yayılım göstermektedir. Öte yandan, ilin düzlük kesimlerindeki bazı alanlarda yeraltısuyu da bulunmaktadır.

İlin en önemli yükseltisini sönmüş bir volkan olan Erciyes Dağı (3916 m) oluşturmaktadır. Erciyes Dağı'nın yanı sıra, Lifos Tepesi (2240 m), güneydoğusunda yer alan Ali Dağı (1871 m), güneybatısında yer alan Yılan Dağı (1640 m), Şeker Keykubat Tepesi (1158 m), kuzeybatısında yer alan Karadağ (1253 m) bulunmaktadır.

Kayseri ilinin birçok yerinde karasal iklim özellikleri vardır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır [3]. Yüksek yerlerde ise yayla iklimi hüküm sürer. En sıcak günler Temmuz ve Ağustos aylarında olup bazen 38 °C kadar yükselir (Tablo 1.1). Bu ayların ortalama sıcaklığı ise yaklaşık 23 °C'dir. En soğuk günler ise Aralık, Ocak ve Şubat aylarında olup sıcaklığın bazen -36° C kadar düştüğü görülmektedir. Kış ortalaması ise -2 °C ile -6 °C arasındadır. Son altmış yıllık gözlemlere göre merkezde ortalama sıcaklık, 10,4 °C'dir [4].

Tablo 1. 1. Kayseri iline ait yağış sıcaklık istatistikleri [3]

KAYSERİ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1931 - 2020)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-1,6	0,2	4,9	10,6	15,1	19	22,3	22	17,5	11,9	5,5	0,7	10,7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4,1	6,3	11,5	17,7	22,6	26,9	30,7	30,8	26,6	20,5	13	6,5	18,1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-6,8	-5,1	-1,3	3,2	6,9	9,8	12	11,5	7,4	3,6	-0,9	-4,4	3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,5	10,9	12,9	13,7	14,1	9,1	2,6	2,2	4,3	7,3	8,3	11	107,9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	35,9	36,4	42,7	51,2	51,8	40,2	10,6	8,8	14,5	27,8	32	37,4	389,3
	Ölçüm Periyodu (1931 - 2020)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18	22,6	28,6	31,2	34,2	37,6	40,7	40,6	38,4	33,6	26	21	40,7

En Düşük Sıcaklık (°C)	-32,5	-31,2	-28,1	-11,6	-6,9	-0,6	2,9	1,4	-3,8	-12,2	-20,7	-28,4	-32,5
------------------------	-------	-------	-------	-------	------	------	-----	-----	------	-------	-------	-------	-------

Kayseri, Kızılırmak ve Seyhan havzaları içinde bulunmakta olup, önemli akarsuları Kızılırmak, Sarımsaklı Suyu ve Zamantı Irmağı'dır. Kayseri topraklarında bozkır bitki örtüsü hakimdir. İlin birçok yerinde meşe ve ardıç bulunmaktadır. Kayseri'nin nüfusunun fazla olma sebebi sanayi ve ticaret alanındaki gelişmelerdir. Ayrıca şehirdeki Erciyes Üniversitesi, Abdullah Gül Üniversitesi, Kayseri Üniversitesi ve Nuh Naci Yazgan Üniversitesi'nin bulunması da Kayseri'nin bir öğrenci şehri olmasını sağlamıştır [5].

2. BÖLÜM

BÖLGESEL JEOLojİ

2.1. Genel Jeoloji

Neotektonik dönem boyunca meydana gelen jeolojik oluşumlar ile Neojen-Kuvaterner boyunca görülen volkanik aktivite oldukça yakın kökensel ilişkiye sahiptir. İlgili volkanik aktiviteler coğrafik açıdan dört ana bölgeye ayrılmaktadır. Bunlar Doğu Anadolu, Batı Anadolu, İç Anadolu ve Galatya bölgeleridir. Bunun haricinde Anadolu bloğu üzerinde daha küçük ölçekli volkanik çıkış merkezleri bulunmaktadır. İç Anadolu Volkanik Bölgesi (İAVB), uzun ekseni yaklaşık 300 km olan, Anatolid tektonik birliği içerisinde geniş bir yayılıma sahip volkanik bir bölgedir ve farklı kayaç birimleri tarafından çevrelenmektedir [6]. İç Anadolu Volkanik Bölgesinde görülen Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanizma değişik araştırmacılar tarafından incelenmiştir ve bölgedeki volkanizmanın başlıca üç dönemde gelişmiş olduğu belirlenmiştir:

I. Dönem: Düşük viskoziteye sahip, andezit, bazalt bileşimli lavların oluşturduğu çıkış merkezleri tarafından temsil edilir. I. dönem 13.5–8.5 milyon yıl (my) önce meydana gelen volkanik oluşukları kapsamaktadır [7].

II. Dönem: Keçiboyduran-Melendiz volkanitlerinin oluşumu ve Ürgüp havzası-Nevşehir platosunu kaplayan ignimbiritlerin yerleşimi ile karakteristiktir. İgnimbiritler kalınlığı yer yer 400 m'yi bulan karasal çökeller ile ara katkılı olarak görülmektedir. Bu döneme ait volkanik ürünlerin yaşları 8.5-2.7 my arasında değişmektedir [8].

III. Dönem: 2.7 my ve daha genç volkanik ürünleri kapsamaktadır. Erciyes ve Hasandağ strato-volkanları bu dönemde gelişmiş olup, Kayseri'den Konya'ya kadar olan alanda çok sayıda monojenetik volkanik çıkış merkezleri meydana gelmiştir [9].

Şen (1997), Erciyes strato-volkanının gelişimini Koçdağ ve yeni Erciyes safhaları olmak üzere iki safhaya ayırmış, stratovolkana ait ürünler üzerinde petrografik ve mineralojik incelemeler, ana ve iz element ile mineral mikro analizleri yapmış, alkali bazalt, bazaltik andezit, andezit, dasit ve riyodasit olmak üzere 18 adet kayaç birimi ayrılmıştır. Erciyes stratovolkanına ait tüm kayaç örneklerinin kalkalkali seriye dahil olduğunu, ana ve iz element analiz sonuçları ile mineral parajenezlerinin, magmada fraksiyonel kristalleşme sürecine ait izler taşıdığını tespit etmiştir [10].

Erciyes Dağı, 3916 m yüksekliğe erişen merkez konisinin etrafında çapları 600-3000 m arasında değişen çeşitli büyüklüklerde 68 volkan konisi bulunmaktadır. Erciyes Dağı volkanizması Üst Miyosen'den sonra başlamış ve çok yakın zamanlara kadar sürmüştür. Erciyes volkanizması andezitik lavlarla başlamış ve bazaltik-andezitik bileşimli piroklastik ürünlerle sona ermiştir [11].

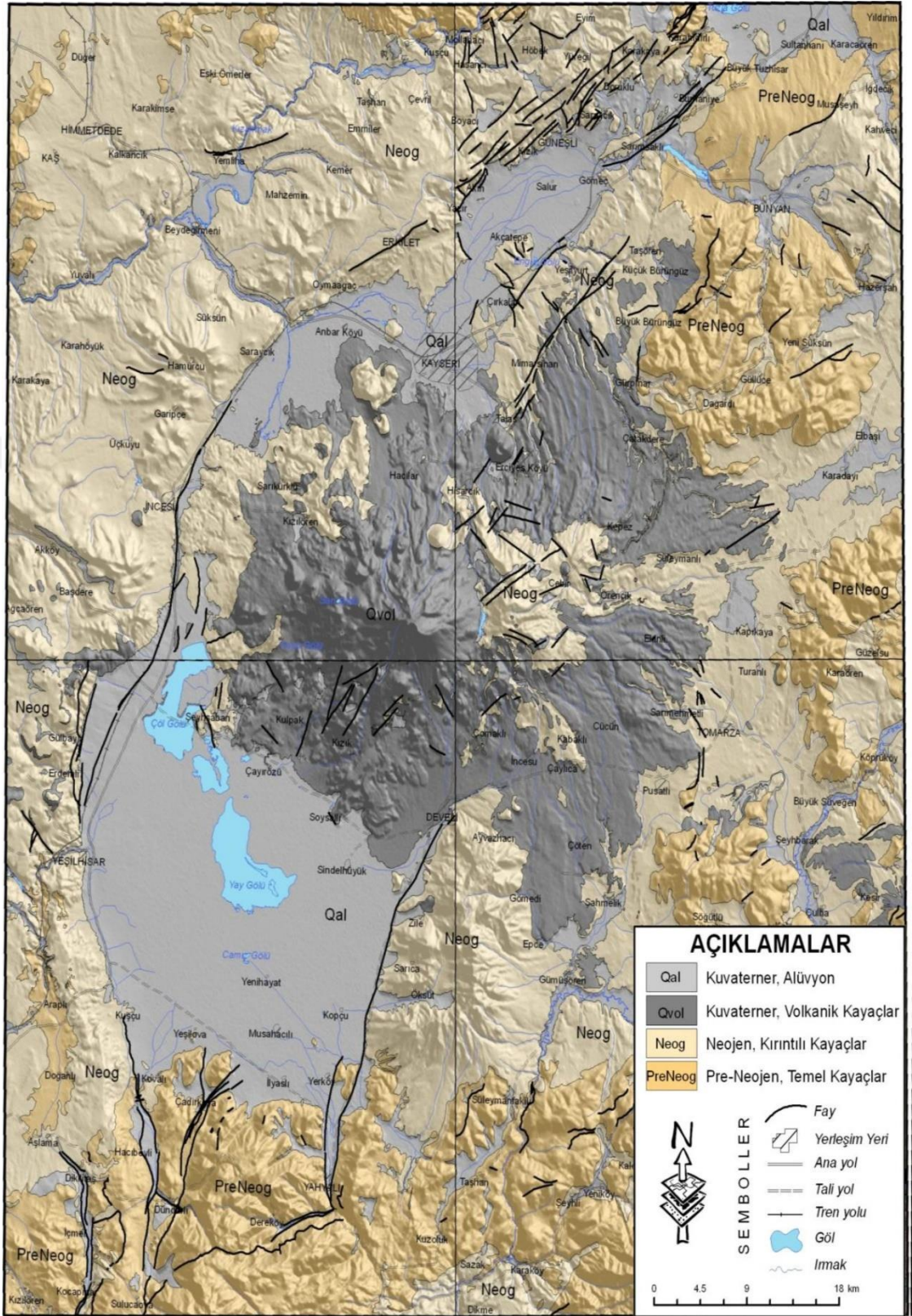
Türkecan vd. (1998), Kayseri ve çevresini kapsayan 26 adet 1/25.000 ölçekli paftada jeolojik amaçlı çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda bölgede yüzeyleme veren kaya topluluklarını stratigrafik konumlarına göre 9 ayrı topluluk altında incelemişlerdir. Neojen yaşlı Erciyes ve Develidağ volkanik kayaçlarının çarpışma sonrası oluşmuş levha içi volkanitler olduklarını, bazalttan riyolite kadar değişen bir seri oluşturduğunu, bu volkanitlerin oluşumunda fraksiyonel kristallenme ve kabuk kirlenmesinin birlikte etkin olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca bölgede görülen İncesu ve Valibaba ignimbiritlerinin Erciyes volkanizmasının ilk ürünleri olduklarını ifade etmişlerdir [12].

Schumacher vd. (2004), İAVB'de çok iyi kaynaklaşma özelliği gösteren 2.8 my yaşındaki İncesu ignimbiritinin bölgesel yayılımını, hacmini ve kayaç yoğunluk değişimlerini incelemişlerdir. İncesu ignimbiritinin en az 7,760 km²'lik bir alana yayıldığını ve 38 km³'lük magmanın püskürmesi sonucunda oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca bu ignimbiritin kaynağının Erciyes-Koçdağ kompozit volkanının kuzeydoğu kanadı altında yer aldığını söylemişlerdir. Kayaç yoğunluğunun yanal olarak kaynaktan uzaklaştıkça ve paleo-topografyaya bağlı olarak sistematik bir değişiklik gösterdiğini, istif içerisinde dikey yönde gözlemlenen yoğunluk değişimleri birbirlerinden belli bir zaman aralığı ile ayrılan çok sayıdaki akıntıdan oluşan bir istifin varlığı ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir [43].

Dönmez vd. (2003) İncesu ignimbiritinin Kapadokya bölgesinin kuzeyindeki alanlarda yayılım gösterdiğini, Tekkedağ-Topuzdağ'ın güneyine inmediğini belirtmişlerdir. Kayseri merkez olmak üzere Himmetdede, İncesu, Erkilet, Mimarsinan, Bünyan, Develi ve Tomarza bölgelerinde geniş yayılım gösteren İncesu ignimbiriti bölgesel stratigrafik kolon kesitte Geç Pliyosen yaşlı Koçdağ volkanitleri grubu içerisinde yer almaktadır. Koçdağ volkanitleri andezit, bazaltik andezit bileşimli lav ve piroklastikler ile İncesu ignimbiritinden oluşmakta olup, Kışladağ kireçtaşları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. İncesu ignimbiritinin kaynak alanının, Şen (1997) ve Schumacher vd.

(2004) tarafından Erciyes strato volkanının doğu kanadında yer alan Koçdağ olabileceği belirtilmiştir [13]. Kayseri il merkezi ve yakın çevresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası Şekil 2.1'de sunulmuştur. Buna göre, Erciyes volkanizmasına bağlı olarak gelişen volkanik kayaçların stratovolkan etrafındaki dağılımını da net olarak görülebilmektedir.





Şekil 2. 1. Kayseri ili yakın çevresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası [14]

2.1.1. Stratigrafi

Kayseri bölgesinin en yaşlı birimleri güneyde Yahyalı ilçesi dolayında yüzeyleyen Devonyen yaşlı az metamorfik şistler ve kireçtaşlarıdır. Devonyen birimleri üzerine Yahyalı doğusunda Özbek köyü dolayında Permo-Karbonifer yaşlı kumtaşı, kuvarsitli ve marnlı kireçtaşları yüzeyler. Permo - Karbonifer yaşlı birimler Koramaz Dağında da yüzeyler ve yarı metamorfik kireçtaşı ve kalkşistler halindedir. Yetiş (1978a, b), Ecemiş Fay Kuşağı doğu bloğunda, Maden Boğazı kuzey kesimlerinde koyu gri - siyah renkli, kireçtaşı - dolomit yapılı Permo-Karbonifer yaşlı birimlerin yüzeylediğini bildirmiştir.

Erciyes Volkanizması Ecemiş Fay Kuşağı üzerinde gelişmiştir. Erciyes Dağı güneyinde Ecemiş Fay Kuşağı Doğu bloğunda, Maden boğazı kuzey kesimlerinde Paleozoik birimleri; güney kesimlerinde ise Mezosoyik karbonatları ile ofiyolitik kayaçlar yüzeyler (Yetiş, 1978a, b). Geç Triyas - Jura - Kretase yaşlı, açık gri – bej renkli Demirkazık formasyonu başlıca kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit yapılıdır. Üzerine Geç Kretase’de bölgeye yerleşen ofiyolitik kayaçlar gelir. Tuzla Gölü batısında da Ofiyolit yüzlekleri vardır. Doğuda Aygörmez ve Süvengen dağlarında Kretase yaşlı, açık renkli, neritik kireçtaşları Permo - Karbonifer çökelleri üzerine transgressif aşmalıdır. Koççağz dolayındaki inceleme alanında kristalize kireçtaşı - mermer yapılışı Geç Triyas - Jura yaşlı Aşıgediği metamorfiti ve kristalize kireçtaşı - dolomit yapılışı, Jura - Kretase yaşlı Tavşancıdağtepe formasyonları yüzeyler [15].

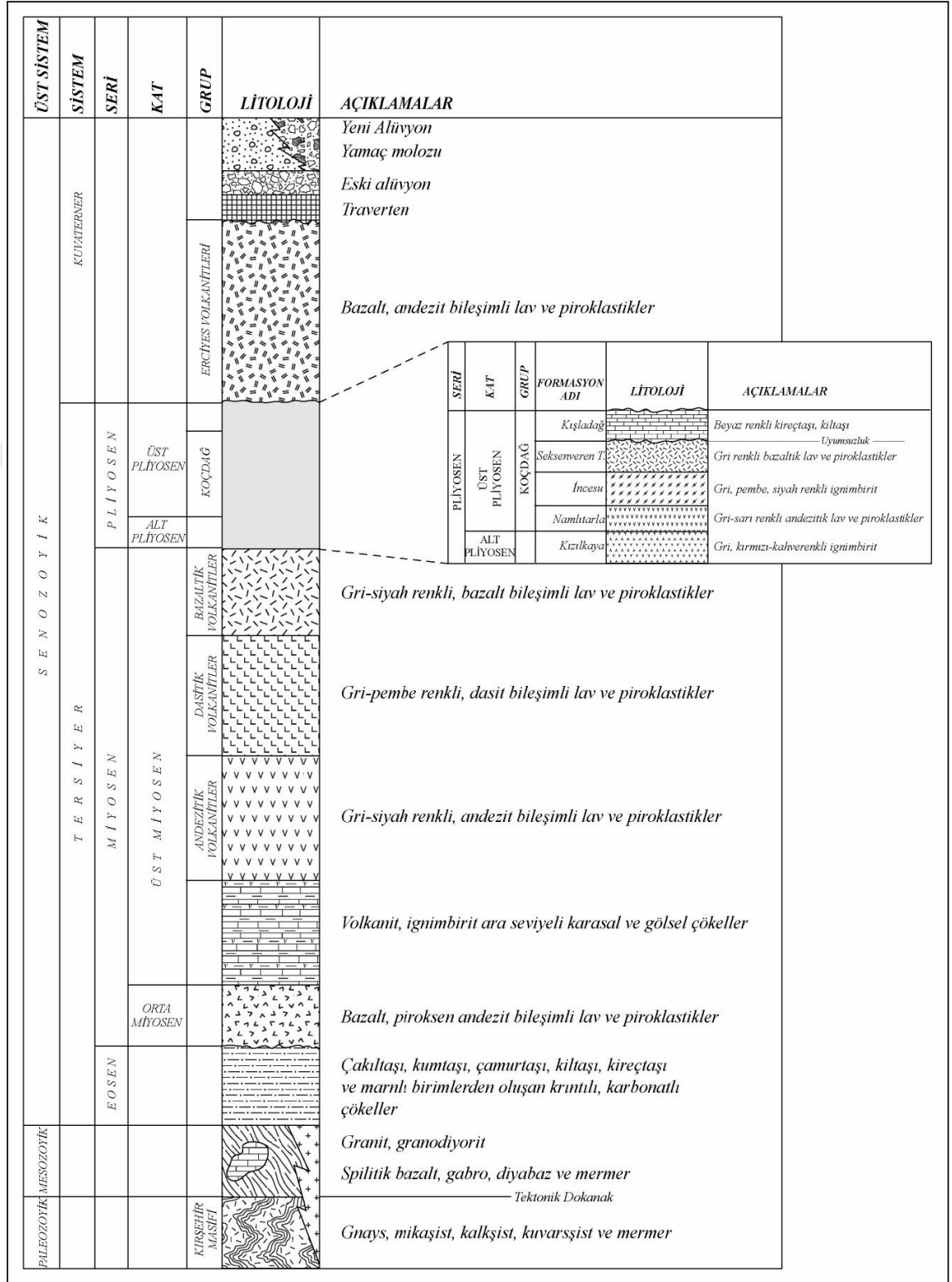
Ecemiş Fay Kuşağı batı bloğunda temeli Paleozoyik yaşlı gnays, şist, kuvarsit, mermerler oluşturup bunların üzerine Paleosen yaşlı volkano sedimanter kayaçlar açısıl diskordanslıdır. Paleosen çökelleri türbiditik oluşumlu kumtaşı, siltaşı, çamurtaşı ardalanmasından ibaret Çamardı formasyonu; başlıca spilit yapılışı volkanitler de Karadağ spiliti adı ile incelenmiştir (Yetiş, 1978a, b). Ecemiş Fay Kuşağı batı ve doğu bloklarında yüzeyleyen altta kırıntılı karbonat ile başlayıp üstte kireçtaşı yapılışı olan Lütesiyen (Eosen) çökelleri bölgede Kaleboynu formasyonu adı ile incelenmiştir. Bünyan batısı ve Yahyalı batısında da fliş fasiyesinde Eosen çökellerinden bahsedilmiştir. Buralarda da Eosen taban konglomeraları temel birimleri transgressif olarak örtmektedir [15].

Erciyes Volkanizması güneyinde Ecemiş Fay Kuşağı boyunca oluşan fay hattı çukurluğunu Oligo - Miyosen yaşlı başlıca kırıntılı, yer yer karbonatlar tarafından doldurur. Çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı yapılışlı, akarsu çökellerinden ibaret, Oligo - Miyosen yaşlı birim Çukurbağı formasyonu adıyla incelenmiştir. Fay hattı boyunca oluşan Miyosen yaşlı gölsel kireçtaşı çökelleri de Burç formasyonu olarak incelenmiştir (Yetiş, 1978a, b). İstifin tabanında yer yer jips oluşumları söz konusudur. Bünyan dolay ile Yeşilhisar güneyinde lagüner fasiyeste, konglomera, kumtaşı, kiltası ve marn yapılışlı Oligo - Miyosen çökelleri geniş yayımlı olup içerisinde tuz ve jips oluşumları olağandır. Üzerinde ise volkanik Neojen birimleri gelmektedir [16].

Erciyes Dağını çevreleyen platoları meydana getiren volkanik fasiyesteki Neojen yaşlı birimler kireçtaşı, kil, marn, tuf aralanmasından ibaret olup, Erkilet yöresinde 400 m kalınlığa erişir. Birimdeki volkanik fasiyes üst düzeylere doğru artmakta ve en üstte ignimbiritler yer almaktadır [15].

Kayseri ve Develi ovalarının Kuvaterner yaşlı genç alüvyonları Erciyes çevresinde geniş alanlar kaplar, Erciyes Dağı doruk bölümünde yer alan morenler Pleyistosen yaşlıdır. Bünyan girişindeki travertenler de Kuvaterner’de gelişmiştir.

Böylece Erciyes Volkanizması, Ecemiş Fay Kuşağının ilk doğrultu atımlı, ana hareketi ile ilgili veya bu hareketin hemen ardından Lütesiyen sonrası, Oligosen, Miyosen, Kuvaterner ve yakın geçmişe kadar sonraki hareketleri oluşmuş olmalıdır. Kayseri - Nevşehir arasında kalan sahadaki yaygın volkanizmanın genel olarak Geç Miyosen’de başladığı bildirilmektedir. Erciyes Yanardağı konisi dışında kalan bu sahanın batısındaki volkanik etkinlik andezitik lavlarla başlamıştır [44]. Kuzeyde Erkilet yöresi ise tuf ve ignimbiritler tarafından örtülmüştür. Geniş platoları meydana getiren tuf ve ignimbiritler en yaygın birimi oluştururlar. Gesi güneydoğusunda bunlar içerisinde açılan vadilerde olivin bazaltlar yüzeyler. Batıda Oludağ bazaltı (Pasquare, 1968), kuzeyde Erkilet yöresinde ise doleritik tuf ve ignimbirit serisi üzerine gelir. Doğuda Koçdağı andezit akıntılarıyla Erciyes Volkanik Kompleksi bunların üzerinde kurulur [15]. Kayseri ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 2. Kayseri ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti [17]

2.1.2. Yapısal jeoloji

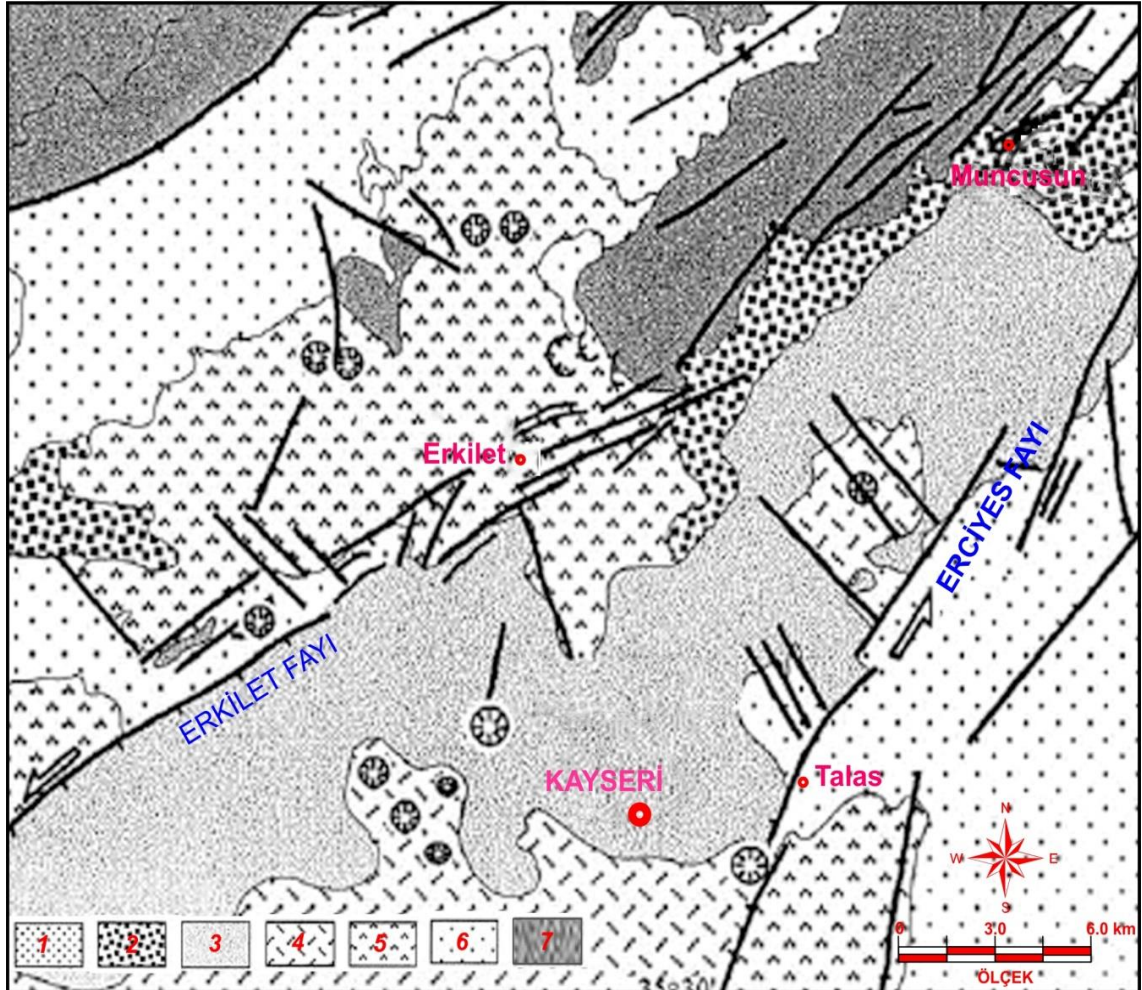
Orta Anadolu Geç Miyosen-Pliyosen döneminde karmaşık tektonizmaya maruz kalmış ve bunun sonucu olarak bu dönemde birçok fay ve kıta içi havzalar şekillenmiş veya yeniden aktif hale gelmiştir [20] Tuz Gölü Fay Zonu, Ecemiş Fay Zonu ve bunların arasında yer alan diğer fay sistemleri Orta Anadolu'nun önemli tektonik unsurlarını oluşturmaktadır. Söz konusu fay sistemleri KKD-GGB yönünde sıkışmanın sonucu oluşmuş olup, Orta Anadolu'da Neojen ve Kuvaterner havzalarının oluşumu kontrol etmektedir (Dirik ve Göncüoğlu, 1996). Günümüzde daha çok Orta Anadolu Fay Zonu olarak adlandırılan Ecemiş Fay Zonu, Koçyiğit ve Beyhan (1988) tarafından tanımlanmış olup, sol yönlü doğrultu atımlı bir yapıya sahiptir. Orta Anadolu Fay Zonu Erzincan'dan başlayıp Doğu Akdeniz'de Kıbrıs'ın batısına kadar uzanmakta olup, yaklaşık 720 km uzunluğunda ve 2.8 km genişliğindedir [18]. Orta Anadolu Fay Zonu, kuzey doğu uzanımlı olup, aralıklı ve düzensiz bir sismik aktiviteye sahiptir [19]. Erkilet Fayı ve Erciyes Fayı, Orta Anadolu fay Zonu'nun önemli bileşenlerinden olup, inceleme alanı Erciyes Fayı'na yakın bir bölgede yer almaktadır.

Erciyes Fayı ve civarında gözlenen jeolojik birimler Dirik (2001) tarafından, Üst Miyosen–Alt Pliyosen Volkanik Seri, Pliyosen Çökelleri, Pliyosen Volkanitleri, Pliyo-Kuvaterner Volkanitleri, Pliyo-Kuvaterner Havza Çökelleri ve Kuvaterner Çökelleri olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.3). Buna göre Orta Anadolu'nun güney bölümü kalkalkalin ve alkalın volkanikler içeren Üst Miyosen–Pliyosen volkano-sedimanter bir seri tarafından kaplanmıştır. Bu birim Kayseri ve civarında Erkilet'in kuzey doğusunda ve Hırka'nın batısında geniş alanlarda gözlenmektedir. Birim Üst Miyosen yaşlı temel birimleri üzerine uyumsuz bir şekilde gelmekte ve kalkalkalin ve alkalın lav ve piroklastik ardalanmaları ile karakteristiktir. Piroklastik kayalar kalın tabakalı aglomera, volkanik breş ve ince tabakalı tüflerden oluşmaktadır. Birimin Kalınlığı yaklaşık 200 metre civarındadır. Klastik seviyeler çapraz tabakalı, kötü çimentolanmış kumtaşlarından oluşmaktadır. Kolonsal eklemliler bazaltlar proklastikler ile ardalanmalıdır [20].

Pliyosen çökelleri genel olarak gölsel ve akarsu çökellerinden oluşmakta olup, bölgede KD-GB doğrultusunda uzanmaktadırlar. Birim kumtaşı, gastropodlu marn, kiltası, şeyl ve diatomit-tüf, kumtaşı-kiltası ve marnlı kireçtaşı-şeyl ardalanmaları ile temsil

edilmektedir [20]. Söz konusu litolojilerin kalınlık ve yayılımları yerel farklılıklar göstermektedir.

Pliyosen volkanitleri bölgede andezitik dom, strato-volkan plato bazaltlarından ve ignimbiritlerden oluşmaktadır. Erkiyet kuzeyinde birim andezitik domlardan oluşmakta ve hemen hemen fay sınırına paralel bir geometri sunmaktadır. Bu seviyeler kalın siyah ve koyu gri renkli boşluklu ignimbirit seviyeleri tarafından üzerlenmektedir. Birim en genç seviyesini Velibaba İgnimbiritleri oluşturmakta ilk kez Pasquare (1968) tarafından adlandırılan birim gri ve koyu kırmızı renklerde gözlenmektedir. Radyometrik yaş tayinine göre birimin yaşı 5.1-2.8 Ma olup, kalınlığı 10-15 metredir [20].



Şekil 2. 3. Kayseri ve yakın civarının jeolojisi ve Orta Anadolu Faz Zonu'nun segmentleri (1-Alüvyon; 2-Alüvyal Yelpeze; 3-Pliyo-Kuvaterner Basen Çökelleri; 4-Pliyo-Kuvaterner Volkanitleri; 5-Pliyosen Volkanitleri; 6-Pliyosen (Hırka-Kızılırmak Baseni) Çökelleri; 7-Miyo-Pliyosen Volkanitleri) [20]

Pliyo-Kuvaterner volkanitleri Erciyes strato-volkanının bir ürünü olup, Sultan Sazlığı çöküntü alanında yaygın olarak yer almaktadır. Strato volkan dasitik karakterde proklastik pomza ve kül çökelleri ara tabakalı bazaltik –andezitik lavlardan oluşmaktadır. Birimin jeokimyasal bileşimi kalkalkalin karakterde olup birimin yaşı Pliyo-Kuvaterner'dir.

Bölgede, Erciyes Fayı ve Erkilet Fayı arasında geniş alanlarda gözlenen birim, Dirik (2001) tarafından Sultan Sazlığı Pliyo-Kuvaterner havza çökelleri olarak değerlendirilmiştir. Buna göre, Birim yanal ve düşey derecelenme gösteren olarak kaba taneli kenar ve ince taneli eksen düzlüğü çökellerinden oluşmaktadır. Konglomeralar basenin batı kenarında dik ve eğimli yamaçlar boyunca yamaç molozu ve alüvyal yelpaze olarak çökelen kaba taneli kenar çökellerinden oluşmaktadır. İnce taneli eksen düzlüğü çökelleri silttaşı, marn, kiltası ve çamur taşından oluşmaktadır. Bu sedimanter çökelin kalınlığı güneye doğru azalır ve Erciyes dağının güneyinde maksimum 300 metreye ulaşır [20]. Bu birimlerin yanı sıra alüvyonlar ve yamaç molozları bölgede gözlenen diğer jeolojik birimler olarak dikkati çekmektedir.

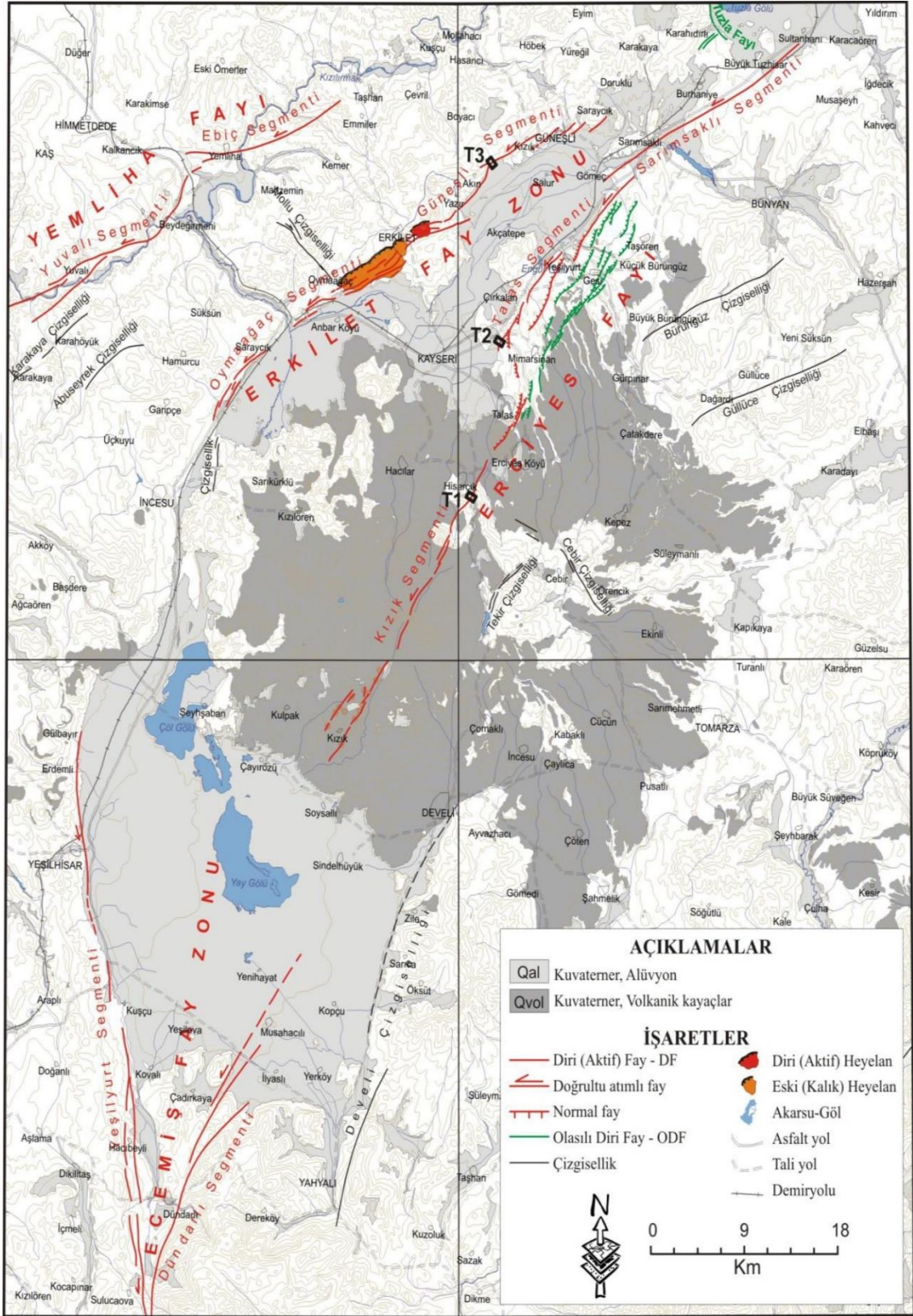
Kayseri il merkezi ve yakın çevresi graben çöküntü alanı içerisinde yer alır. Bu graben Kuvaterner tektonizması sonucu oluşmuştur. Erciyes volkanizmasının tamamen bitmesi düşey blok hareketlerinden dolayı olmuştur. Söz konusu graben kuzeydoğu, güneybatı doğrultusunda oluşmuştur. Grabenin güney kanadında Gesi, Mimarsinan, Tavlusun, Talas, Ali Dağı ve Erciyes'ten geçen çekim fayı ve buna paralel ovaya doğru çok sayıda çekim fayları vardır. Grabenin kuzey kanadında Muncusun, Erkilet, Boğazköprü, İncesu, Yeşilhisar çekim fayları vardır. Bu graben Develi ovası ile bağlantılıdır. Hatta daha güneyde Ecemiş koridoruna bağlıdır. Kuzeydoğu devamında ise Tuzla gölü ve Sarioğlan baseni yer alır. Bu iki çöküntü arasında Lalebeli sırtı bulunur. Bu topoğrafik eşik iki çöküntüyü birbirinden ayırır.

Bölgenin tektonik çehresi, Alp orojenezi esnasında şekillenmiş olup, bu orojenezin muhtelif safhaları sonunda oluşmuştur. Başlıca üç safha, Laremiyen, Pireniyen ve Helvetik safhaları Orta Anadolu Bölgesi'nin tektonik gelişmesinde çok etkili olmuşlardır. Özellikle Laremiyen orojenezi ile Orta Anadolu kristalin masifinin bazik ve asidik plütonları Kratese ve daha eski oluşumlar içerisinde yerleşmişlerdir. Pireniyen

ve Helvetik safhalar esnasında paroksizma hareketleri meydana gelmiş ve bu hareketlerle ilgili olarak şiddetli kıvrılmalar meydana gelmiştir.

İnceleme alanını da içine alan Kayseri ve yakın çevresindeki diri fayları gösteren harita Şekil 2.4'te gösterilmiştir.





Şekil 2. 4. Kayseri ve yakın çevresine ait diri fay haritası [14]

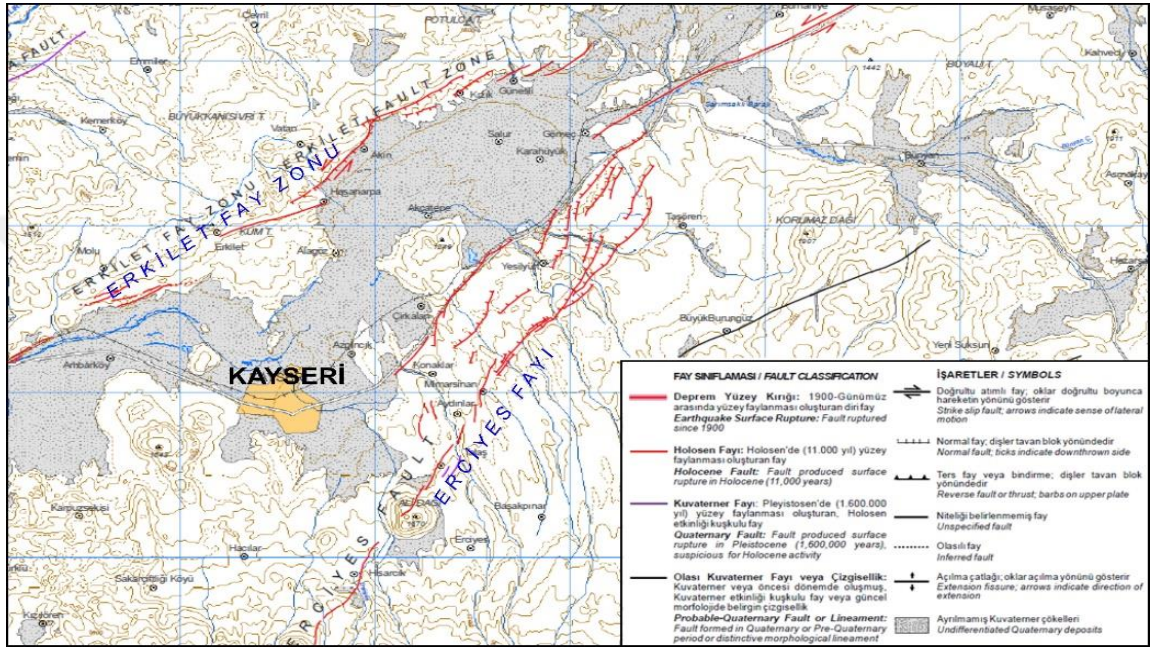
2.1.3. Kayseri ilinin depremselliği

MS. 14 ile MS. 1865 yıllarında Kayseri ve çevresinde şiddetleri VII-IX arasında depremler olmuştur. MS. 254 ve 270 yılları arasında Kayseri ilinde yıkıcı depremler meydana gelmiştir. 1717 yılının Şubat ayında gerçekleşen depremde Erkilet'te bulunan Musaağa Cami hasar görmüş ve cami kebirin kemer, kubbe, kolonları yıkılmıştır. 1865 yılında Kayseri'de gerçekleşen depremde Habek Dilaver Paşa Cami yıkılmış ve Hatiroğlu Cami hasar görmüştür. Bunların dışında, MS 240 –MS 1835 yılları arasında Kayseri ve çevresinde şiddetleri VII-IX arasında değişen 5 deprem olmuştur. MS 240 yılında IX şiddetinde oluşan depremin yeri belirlenememiş kayıtlara göre Sivas, Kayseri ve Malatya'da hissedilmiştir. MS 1835 yılında VIII şiddetinde Develi'de bir deprem meydana gelmiştir. [21]. 1900 – 2023 yılları arasındaki aletsel dönemde Kayseri ve yakın çevresinde (37.785803° – 39.584438°)K–(34.665060° – 36.463721°)D oluşan depremlerin yıllara göre büyüklükleri (en düşük M=4.0) Tablo 2.1'deki gibidir.

Tablo 2. 1. Kayseri ve yakın çevresinde meydana gelen önemli depremler [23]

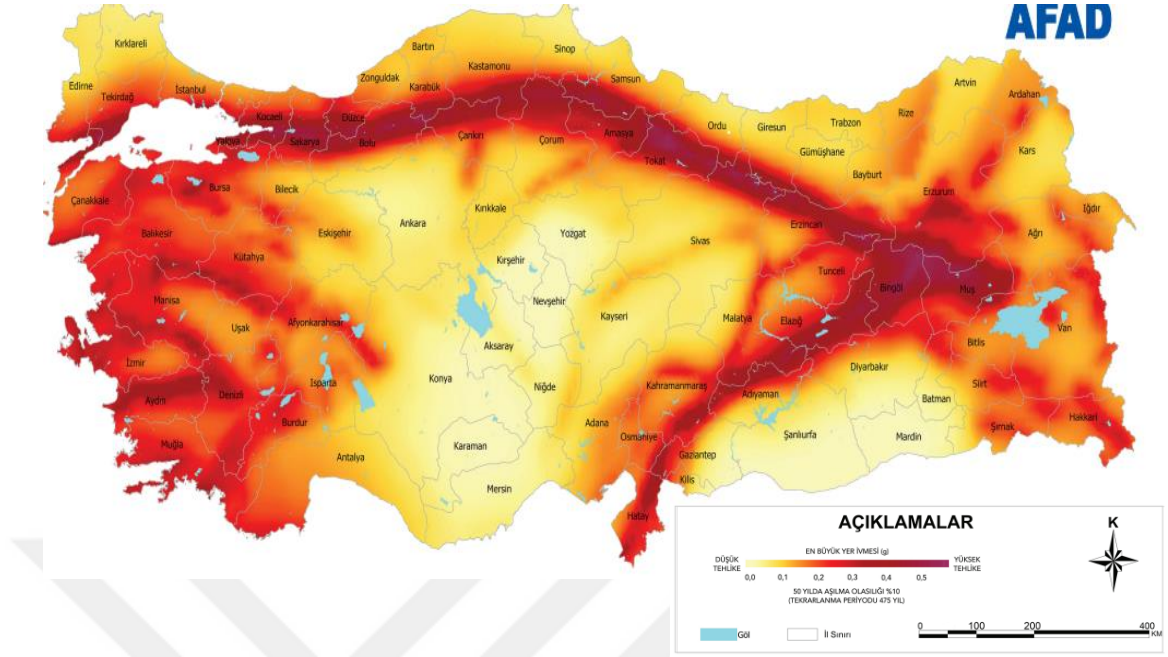
Tarih	M	Lokasyon
5.07.1928	4.7	Aylı-Kozaklı (Nevşehir)
21.02.1940	5.4	Çayırözü-Develi (Kayseri)
31.08.1960	4.9	Sarıoğlan (Kayseri)
9.01.1979	4.2	Dayoluk-Sarız (Kayseri)
5.08.1982	4.4	Sulucaova-Çamardı (Niğde)
23.01.1985	4.6	Yahyalı-Sarıoğlan (Kayseri)
18.09.1989	4.2	Mollahacı-Kocasinan (Kayseri)
10.10.1989	4.1	Acırlı-Felahiye (Kayseri)
26.11.1990	4.2	Dallıkavak-Sarız (Kayseri)
13.06.1992	4.3	İğdebel-Tufanbeyli (Adana)
28.01.1994	4.4	Çavdar-Sarız (Kayseri)
29.10.1995	4.1	Musalar-Feke (Adana)
14.12.1998	4.3	Sultanhanı-Bünyan (Kayseri)
14.12.1998	4.6	Karakaya-Bünyan (Kayseri)
15.12.1998	4.1	Büyüktuzhisar-Bünyan (Kayseri)
2.05.2003	4.0	Yağmurbeyli-Bünyan (Kayseri)
4.07.2005	4.3	Tatlı-Sarıoğlan (Kayseri)
12.11.2008	4.9	Çavuşağa-Kocasinan (Kayseri)
16.08.2011	4.5	Sarıoğlan (Kayseri)
30.09.2011	4.5	Sulucaova-Çamardı (Niğde)
22.11.2011	4.3	Sarıoğlan (Kayseri)
18.02.2016	4.1	Palas-Sarıoğlan (Kayseri)
7.04.2016	4.1	Bademdere-Çamardı (Niğde)
4.09.2016	4.1	Kızılcaışla-Şarkışla (Sivas)
28.02.2023	4.4	İncesu (Kayseri)

Kayseri il merkezi, Maden Tetkik Arama Enstitüsü tarafından, 2012 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda tanımlanan Erciyes Fayı ile Erkilet Fay Zonu arasındaki bir bölgede yayılım göstermektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2. 5. Kayseri ve yakın civarında yer alan diri faylar [35]

Öte yandan, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda Kayseri ilinin konumu Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Şekil 2.6'ya göre Kayseri ili ve yakın çevresinde kaya ortamlar için maksimum yatay yer ivmesinin 0.15g civarında olduğu görülmektedir.



Şekil 2. 6. Kayseri ilinin Türkiye Deprem Tehlike Haritası üzerindeki konumu [25]

3. BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

3.1 Kayseri İli İçin Gerçekleştirilen Çalışmalar

Şaroğlu vd. (1987) tarafından yapılan bilimsel çalışmada Türkiye'nin diri fayları ve deprenselliği konusunda anlatımlar yapılırken Erciyes Fayı'ndan da bahsedilmektedir. Erciyes Fayı ve Ecemiş Fayı'nın ortasında yer alan Kayseri ili ve çevresinde piroklastik çökellerin yanı sıra düzlük kesimlerde genç çökellerin olduğuna değinilmektedir. Bahsedilen iki fayın bağlantısı net olmamasına rağmen doğrultularının birbirinin devamı olduğu düşünülmektedir. Koçyiğit ve Beyhan (1988) Orta Anadolu Fay Zonu'nun aktif doğrultu atımlı fay zonu olduğunu, deprem kayıtları, jeolojik ve morfolojik veriler ile fayın aktif olduğunu söylemişlerdir [45]. Buna bağlı olarak Kayseri ili de aktif fayların ortasında konumlanmış bir şehrimizdir.

İller Bankası Makine ve Sondaj Dairesi Başkanlığı (2006) tarafından Kayseri ili İncesu Belediyesi'nin kaya düşmesi tehlikesinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmada bölgede ignimbirit, yamaç molozu ve alüvyon birimlerinin yayılım gösterdiği ifade edilmektedir. Ayrıca sert kırmızımsı mor renkte köşeli andezit, bazalt parçaları ve pomzalar bulunmaktadır. İncesu ilçesinde yüzeye yakın tabakalarda kesme dalga hızları V_s 179m/s ile 300m/s aralığında değişirken, alt tabakada V_s hız değeri 224m/s ile 1053 m/s aralığındadır [26].

İller Bankası Makine ve Sondaj Dairesi Başkanlığı (2008) tarafından gerçekleştirilen Kayseri Cırgalan –Talatpaşa ve Tanpınar mahallelerinin imar planı çalışmaları sonucunda düzenlenen raporda çalışma alanının zemin grubu C2 (orta sıkı) ve D3 (yumuşak) olarak sınıflandırılmıştır. Zemin hakim titreşim periyot değerleri 0.25-0.56 aralığında, zemin büyütme değerleri 1.7-2.7 arasında bulunmuştur. Kumsar vd. (2005) spektral büyütme değerleri 2.0 ve üzerindeki değerlerinin yerleşime önlemler alanlar olarak sınıflandırılabilirliğini ifade etmektedir. Kayseri Cırgalan-Talatpaşa bölgesindeki ölçüm noktalarında kayma dalga hız değerleri daha düşüktür ve hesaplanan zemin büyütme değerleri riskli sınırdan (2.0) üstüne çıkmaktadır. Bununla birlikte belirtilen sahada çok düşük-düşük dereceli bir sıvılaşma potansiyelinin bulunduğu, zemin büyütme değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir [27].

İller Bankası Makine ve Sondaj Dairesi Başkanlığı'nın (2009) Kayseri Boztepe mevki için hazırladığı raporda, çalışılan bölgede 30 m derinlikteki ortalama V_s hız değerlerinin

(V_{s30}) 475m/s ile 860m/s arasında değiştiği belirtilmiştir. Buna göre, söz konusu V_{s30} değerleri ile bölgedeki zeminler NEHRP-UBC'ye göre B (kaya) ve C (ok sıkı/sert zemin ya da yumuşak kaya) sınıfındadır. Zemin büyütmeleri 1.2-1.7 arasında olduğundan ve Ansal vd. (2004) olutlerine göre 0.0-2.5 arasında kaldığından A (duşuk tehlike düzeyi) sınıfına girmektedir [2].

Akıl (2019) öncü lugunde Erenköy, Tavlusun, Bahçelievler, Harman, Han, Yukaritalas, Tablakaya, Kicikoy ve Dere mahallelerinin imar planı çalışmasında kullanılmak için İller Bankası Genel Mudurlugu Makine ve Sondaj Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan rapora göre çalışılan bölgede 30 m derinlikte V_{s30} değerleri 349 m/s ile 1048 m/s aralığında bulunmaktadır [22].

3.2 Kayma Dalgası Hızına Yönelik alışmalar

Hasancebeci ve Ulusay (2007) Bursa Yenişehir'de belirledikleri alanda 37 adet sondaj değeri ile downhole ve borehole teknikleri ile çalışılan alanda 10-20 m arası V_s ölü mlerini kullanarak SCPT'den belirlenen V_s değerleri ile sondajlardan elde edilen SPT N_{30} değerinden ampirik olarak belirlenen V_s değerlerini karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar ampirik olarak belirlenen kayma dalgası hızı değerlerinin anlamlı sonuçlar verdiğini göstermektedir [28].

Kanbur vd. (2009), Isparta'nın kuzey bölgesinde 4km² lik bölgede ReMi tekniği ile bölgedeki zeminlerin V_{s30} değerlerinin dağılımını belirlemeyi amaçlamıştır. Buan göre, 54 noktada mevcut olan ReMi verisi kullanılarak bölgenin V_{s30} dağılım haritası hazırlanmış olup, bu değerlere göre inceleme alanındaki zeminlerin zemin sınıflarının C ve D olduğunu belirlemişlerdir [29].

Akın vd. (2011) Tokat ili Erbaa ilçesindeki zeminlerin SPT-N ve V_s değerleri arasındaki ilişkiyi incelemiş ve zemin sınıfı haritaları hazırlamışlardır. Sismik yöntemlerle bulunan V_s değerleri ile SPT-N değerine bağlı olarak verilmiş olan ampirik yaklaşımları değerlendirmişler, ayrıca kendileri de SPT- N_{30} değerlerinden V_s değerinin bulunmasına yönelik derinlik faktorunu de işveren yeni bir bağıntı önermişlerdir [30].

Kanbur vd. (2011)'e ait "*Sığ Sismik Yansıma, MASW ve ReMi Yöntemleri ile Sığ Yapıların İncelenmesi: Isparta Yerleşim Merkezi Kuzeyi Pliyo-Kuvaterner okel Yapı*

Örneği” adlı çalışmasında Süleyman Demirel Kampüsü’nde yer alan çökellerin kayma dalgası hızı değerlerini araştırmıştır. Bu kapsamda sığ sismik yansıma, MASW, ReMi yöntemleri ile S dalgası hızlarını belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucu olarak Pliyo-Kuvaterner çökellerinin 50 m derinliğe kadar sismik hız özelliklerini ortaya koymak için yapılan sismik yansıma, MASW ve ReMi tekniklerinden elde edilen sonuçların birbirlerini desteklediğini ifade etmişlerdir [31].

Akdeniz (2012)’e ait “*Sismik Dalga Hızları ile SPT ve Pressiometre Deney Sonuçları Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi*” adlı yüksek lisans tez çalışmasında SPT N_{30} değerleri ile kayma dalgası hızları arasındaki ilişki olarak $V_s=32.8N^{0.51}$ eşitliğini önermişlerdir. Öte yandan, SPT N_{30} değerlerine bağlı olarak belirlenen V_s değerlerini kullanarak Kriging yöntemi ile kayma dalgası hızı haritası hazırlamışlardır [28].

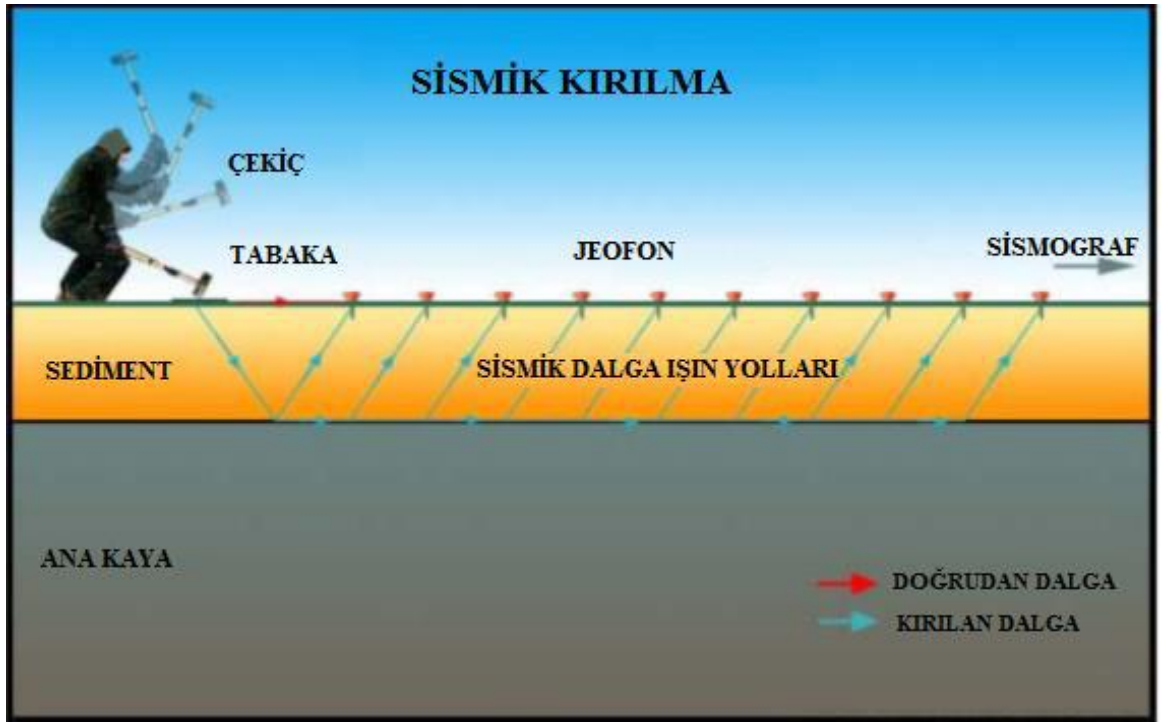
Pamuk (2014) tarafından hazırlanan “*İzmir (Buca) Bölgesinde Yüzey Dalgası Yöntemleriyle Elde Edilen Kayma Dalgası Hızlarının (V_s) Analizi ve Mikrotremor Uygulamaları*” adlı yüksek lisans tez çalışmasında MASW, ReMi ve SPAC yöntemlerinden yararlanılarak kayma dalgası hızları bulunmaya çalışılmıştır. Ayrıca mikrotremor yöntemi ile de zemin hakim periyodu bulunmuştur. Mikrotremor yönteminin maliyetinin düşük, hızlı ve kolay olmasından dolayı tercih edilmiştir ve bu yöntemle belirlenen kayma dalgası hızlarının yüksek çözünürlükte olduğu belirlenmiştir. SPAC yöntemi ile zemin tabakalarının kayma dalgası hızı ve tabaka kalınlığı belirlenmiştir. Çalışmada 25 adet tek istasyon olmak üzere mikrotremor ölçümleri alınarak kontur haritası oluşturulmuştur [32].

Tuncel (2014) yaptığı çalışmada deprem, zemin, yapı etkileşimini ve dinamik şartlar altında gerilme deformasyon değişimlerini incelemiştir. Güzelbahçe ilçesinde 4 profilde MASW yöntemi, 1 profilde 11 noktada mikrotremor tek istasyon yöntemi ve 17 noktada mikro gravite yöntemi verilerini kullanarak Karşıyaka’da ise 43 profil MASW yöntemi, 112 noktada tek istasyon mikrotremor yöntemi ve 2 noktada SPAC dizilim yöntemi ile 150 noktada mikro gravite yöntemi ile topladığı verileri kullanmıştır. Çalışılan iki bölgede sismik çalışmalarda bulunan tabaka yoğunluğu, derinlik değerleri, mikrogravite verileri, bölgedeki jeolojik birimler karşılaştırılarak zemin anakaya dağılımı incelenmiştir [33].

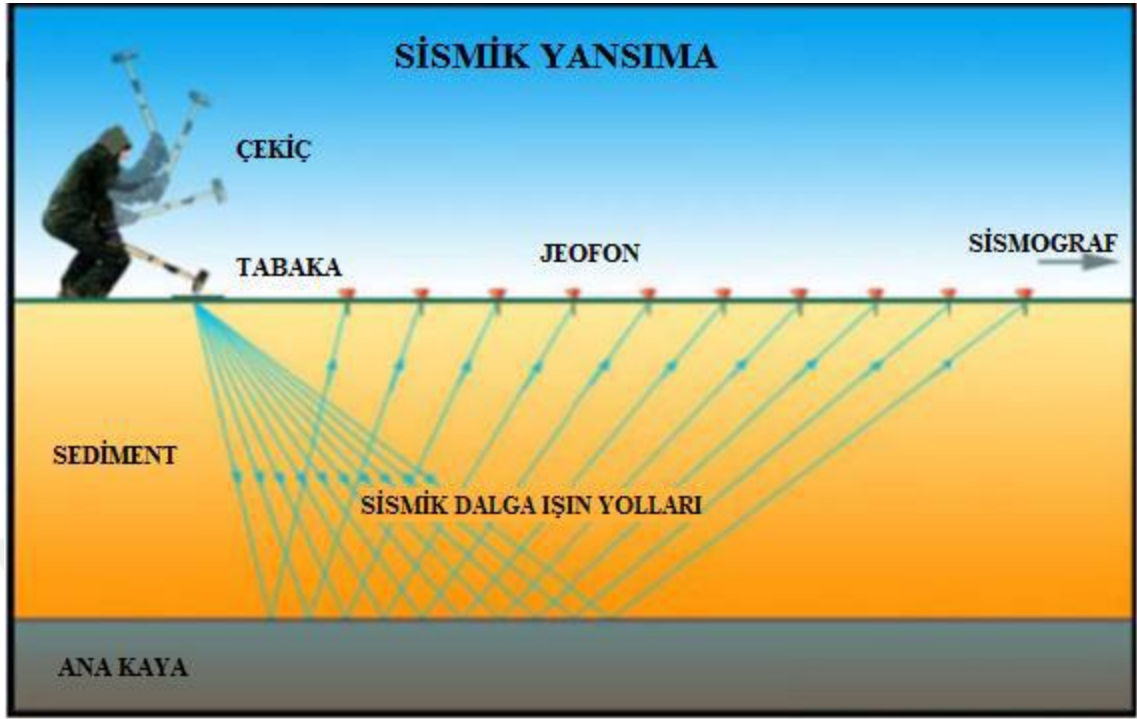
4.BÖLÜM

KURAMSAL TEMELLER

Yeraltındaki jeolojik birimlerin sismik hız değerlerinin belirlenmesinde sismik yöntemler kullanılmaktadır. Sismik kırılma ve sismik yansıma olarak iki gruba ayrılan sismik yöntemler mühendislik çalışmalarında en yaygın kullanılan jeofizik yöntemlerdir. Sismik yöntemler zemin içerisinde elastik dalganın kırılma ve yansıma ile ortamında fiziksel özelliklerini taşıyıp yeryüzüne iletilmesi ve kaydedilmesidir. Sismik cihazlar ile kayıtlar yapay deprem dalgasının tabaka sınırında yansıma ve kırılması ile yeryüzündeki jeofonlara iletilmesidir. Sismik boyuna dalgalar P, enine dalgalar S jeofonlara varış zamanları ile hesaplanan yol zaman grafikleri oluşturulur. Ayrıca sismik hız ile tabakalı ortamların kalınlıkları tabakaların elastik dinamik parametreleri de belirlenir. Önemli bir parametre olan sismik kayma dalgası (S) zeminin kayma dayanımını belirler. Hava, su gibi ortamlarda sismik kayma dalgası hızları yayılmazlar. Zeminlerin sismik kayma dalga hızları düşükse zeminler zayıf ya da gevşek özelliktedirler [34]. Sismik kırılma yönteminin genel prensipleri Şekil 4.1’de, sismik yansıma yönteminin esasları ise Şekil 4.2’de verilmiştir.

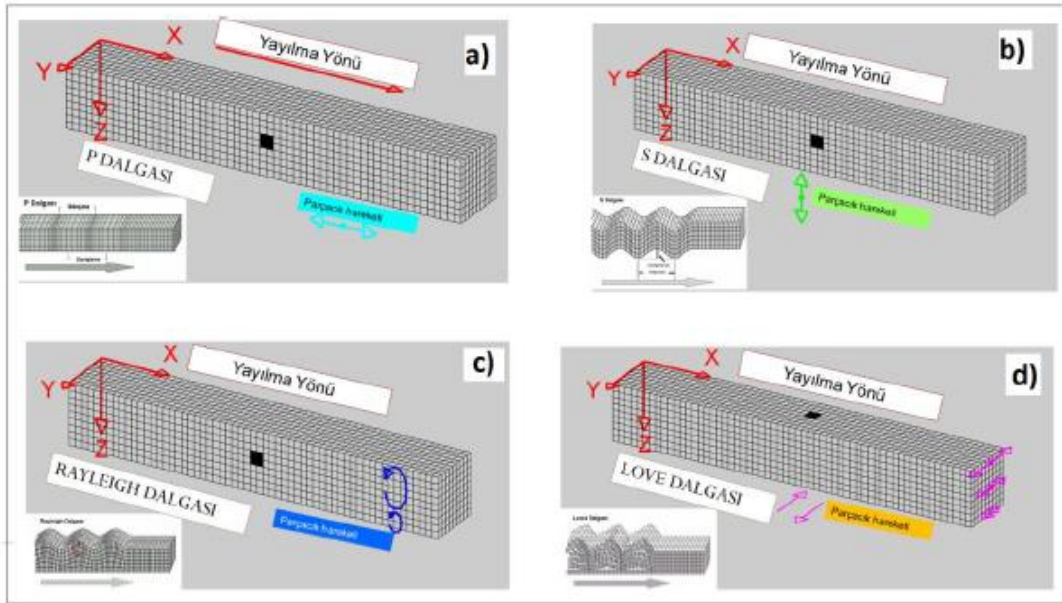


Şekil 4. 1. Sismik kırılma yönteminin genel prensipleri [34].



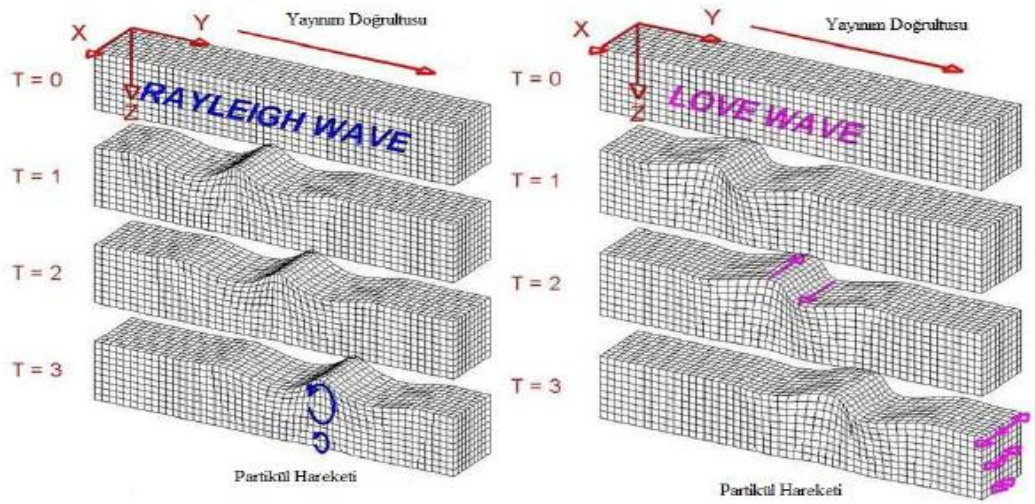
Şekil 4. 2. Sismik yansımaya yönteminin genel prensipleri [34]

Sismik dalgalar cisim dalgaları ve yüzey dalgaları olarak önce iki gruba ayrılırlar. Cisim dalgaları P dalgası ve S dalgası olmak üzere, yüzey dalgaları da Rayleigh dalgası ve Love dalgası olmak üzere kendi içinde gruplara ayrılırlar (Şekil 4.3).



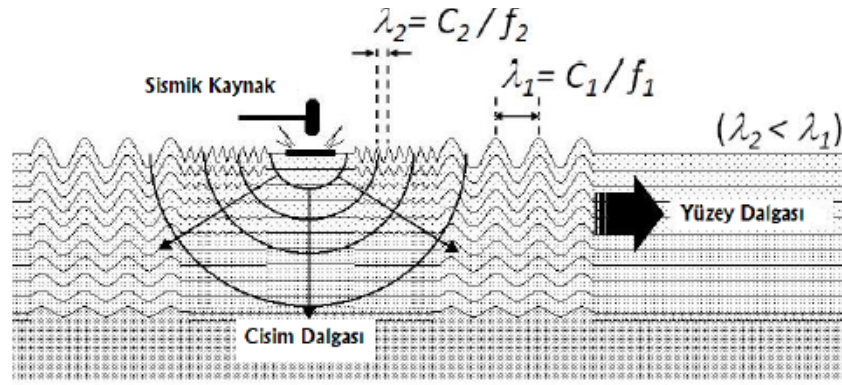
Şekil 4. 3. Sismik dalgaların yayılması esnasındaki parçacık hareketleri a) P-dalgası b) S-dalgası, c) Rayleigh dalgası d) Love dalgası [32].

Yüzey dalgaları, serbest yüzeye ulaşan P ve S dalgaları bu yüzeyde paralel yayılması sonucu oluşur. İki tür yüzey dalgası bulunmaktadır. Birinci yüzey dalgası serbest yüzeydeki SH dalgalarının yapıcı çoklu yansımaları sonucunda oluşan Love dalgalarıdır. İkinci yüzey dalgası ise P ve SV düzlem dalgalarının serbest yüzeyde etkileşmesi ve yüzeye paralel yayılması sonucunda oluşan Ground roll olarak da bilinen Rayleigh dalgasıdır (Şekil 4.4). Yüzey dalgasının hızı gerçek zemin koşullarında boyuna bağlıdır.



Şekil 4. 4. Rayleigh ve Love dalgaları parçacık hareketleri [39].

Kısa dalga boyuna sahip yüzey dalgaları yüzeye yakın ortamın fiziksel özelliklerine karşı daha duyarlıdır ve her bir yüzey dalgası modu tek bir dalga boyu için bir faz hızı gösterir bu faz hızı ile frekans ilişkisi yüzey dalgalarının dispersif yapısının asıl nedenidir (Şekil 4.5).



Şekil 4. 5. Tabakalı ortamda bir yüzey dalgasının yayılımı [39].

4.1. Kayma Dalga Hızı (V_s)

S dalgasında titreşim yönü yayılma yönüne diktir. Sismolojide bu dalgaya ikincil (sekonder) dalga da denilmektedir. Taneciklerin titreşimleri dalganın yayılma yönüne dik olup, ölçüm istasyonlarına ikinci olarak gelmektedir. SH yatay düzlemdeki yayılan enine dalgalar, SV düşey düzlemde yayılan enine dalgalar olmak üzere iki bileşenden oluşurlar. Yeraltının mekanik özelliklerini bulmada yardımcı olan S dalgası, malzemede şekil bozukluğu ve burulmaya karşı direnç oluşturur [24].

Jeolojik yapının ortaya konması sırasında ölçüm yapılan alanda jeolojik birimin zemin olarak sınıflandırılabilmesi için kayma dalgası hızının 760 m/s'den düşük olması, ana kaya olarak adlandırılması için ise 760 m/s'den büyük olması gerekmektedir [36]. Kohezyonlu (ince taneli) ve kohezyonsuz (iri taneli) zeminlerde V_s hızına göre yapılan sınıflandırmalar Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de gösterilmektedir. Kohezyonlu zeminlerde V_s hızının 200 m/s'nin altında olması zeminin yumuşak ve orta katı olduğunu, 200 ile 300 m/s arasında bulunması katı, 300 ile 500 m/s arasında olması çok katı, 500 ile 750 m/s arasında olması sert bir zemin olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. 1. Kohezyonlu zeminlerin V_s hızlarına göre sınıflandırılması [34]

S Dalga Hızı (m/s)	Zemin Durumu
<200	Yumuşak –Orta Katı
200-300	Katı
300-500	Çok Katı
500-750	Sert

Tablo 4. 2. Kohezyonsuz zeminlerin Vs hızlarına göre sınıflandırılması [24]

S Dalga Hızı (m/s)	Zemin Durumu
< 300	Gevşek
300-600	Orta Sıkı
600-800	Sıkı
800-1000	Çok Sıkı

Kayma dalgalarının katı ortamlardaki değişme hızı 50-4000 m/s arasındadır. Zemin dayanımını yansıtan bir parametre olan kayma dalga hızlarına bağlı olarak zemin sınıflandırmaları yapılmaktadır [37]. Yeraltındaki yapının su içeriği hakkında bilgi veren S dalgası hızının yüksek olması su içeriğinin olmadığını açıklar. Suda ilerleyemeyen S dalgasının hızı arttıkça risk azalır [38].

Zemin büyütmesi (Ak), zemin tabakaları içerisinde sismik dalgaların uğradığı değişimlerdir. Sismik dalgaların genliklerindeki değerlerinin yükselmesinin sebebi düşük hız ve yoğunluk olarak saptanmıştır. Shoji ve diğerleri yaptığı çalışmalarda yumuşak zeminlerde oluşan hareketin zamanının arttığını ifade etmektedir. Tablo 4.3'te zemin hakim titreşim periyodu ve zemin büyütmesi değerlerine göre tehlike düzeyleri sunulmaktadır. Buna göre, zemin büyütmesinin 2.5 değerinin altında olması düşük zemin büyütmesini işaret etmektedir.

Tablo 4. 3 a) Zemin hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri
b) Spektral büyütme ölçütleri [34]

(a)		(b)	
ZEMİN HAKİM TİTREŞİM PERİYODU ARALIĞI	ÖLÇÜT TANIMI	SPEKTRAL BÜYÜTME	TEHLİKE DÜZEYİ
0.10 – 0.30 s	A	0.0 – 2.5	A (Düşük)
0.30 – 0.50 s	B	2.5 – 4.0	B (Orta)
0.50 – 0.70 s	C	4.0 – 6.5	C (Yüksek)
0.70 – 1.00 s		D	

4.2. Vs₃₀ Kavramı

Vs₃₀, yerinde yapılan sismik ölçüm çalışmalarında oluşan kayma dalga hızlarının 30 m derinliğe kadar olan ortalama değeridir [37]. Ortalama kayma dalga hızı olarak

adlandırılır. V_{s30} 'un mühendislik anakayasının ($V_s > 760$ m/s) nispeten sığ olduğu durumlarda veya sıkı zemin koşullarında ve basit yatay stratigrafi söz konusu olduğunda kullanılması uygundur.

V_{s30} depreme dayanıklı yapı standartlarında (Uniform Building Code (UBC), NEHRP, Eurocode 8(EC8), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) dinamik zemin davranışının değerlendirilmesinde önemli bir parametredir.

Yüzey dalgaları yapı-yer incelemesinde, kabuk ve üst mantonun yapısının araştırılmasında makaslama dalgası hızlarının bulunması gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Bu nedenle yüzey dalgalarının spektral analizi (Spectral Analysis of Surface Waves) SASW yöntemi geliştirilmiştir.

Dikey heterojen bir ortamda dispersif olan yüzey dalgaları hızları frekansın fonksiyonu olarak değişir ve bu özellik penetrasyon derinliğini kontrol eder. Bir ters çözüm işlemi ile bu dispersiyon özelliği ile V_s derinliğine bağlı kullanılmaktadır [39].

V_{s30} değerinin bulunmasında kullanılan formül aşağıda belirtilmiştir.

$$V_{s30} = \frac{30}{t_d + \frac{30-d}{V_{s_{son}}}} \quad (4.1)$$

V_{s30} : d derinliği ile 30 m arasında tabakanın hızı

$V_{s_{son}}$: yeraltı modelinin en alttaki hızı

t_d : d derinliğine kadar olan tabakalarda dalganın yayılma zamanı

Bu eşitlik 3 tabakalı bir ortamda yazılırsa,

$$V_{s30} = \frac{30}{\frac{h_1}{V_{s_1}} + \frac{h_2}{V_{s_2}} + \frac{30-(h_1+h_2)}{V_{s_{son}}}} \quad (4.2)$$

Bu eşitliğin nereden geldiği,

$$T_0 = 4h/V_s \quad (4.3)$$

Tabakalı ortam için ise şu şekilde yazılır:

$$T_0 = 4\left(\frac{h_1}{V_{S_1}} + \frac{h_2}{V_{S_2}} + \frac{30 - (h_1 + h_2)}{V_{S_3}}\right) \quad (4.4)$$

T_0 yerine $4h/V_{s30}$ yazılırsa

$$\frac{4h}{V_{S_{30}}} = 4\left(\frac{h_1}{V_{S_1}} + \frac{h_2}{V_{S_2}} + \frac{30 - (h_1 + h_2)}{V_{S_3}}\right) \quad (4.5)$$

h yerine 30 m derinlik için ortalama istendiğinden 30 yazılır.

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\frac{h_1}{V_{S_1}} + \frac{h_2}{V_{S_2}} + \frac{30 - (h_1 + h_2)}{V_{S_3}}} \quad (4.6)$$

Sismik çalışmalar ile bulunan $V_{S(30)}$ değeri ile aşağıdaki tablo 6,7,8 kullanılarak zemin hakkında bilgi edinilir.[37]

$$\log V_{S(30)} = a + b \log V_{S(d)} \quad (4.7)$$

Eşitlik 7 deki a bağımsız b bağımlı olarak bu değişkenler derinliğe (d) bağımlı olup $V_{S(d)}$ değerleri ile 30 metreden az 10 metreden büyük olan yer için $V_{S(30)}$ bulunmuş olacaktır [40].

Doğrudan ölçümlerin yanı sıra V_s , sondaj kuyularında uygulanan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) verisinden (SPT N_{30}) dolaylı olarak hesaplanabilmektedir. Literatürde bu ilişkiye yönelik çok sayıda bilimsel çalışma gerçekleştirilmiş olup, SPT N_{30} ile V_s arasındaki bazı ilişkiler Tablo 4.4'te gösterilmektedir [40]. Bu tez çalışması kapsamında SPT N_{30} değerlerinden V_s hız değerlerinin belirlenmesinde Akın vd. (2011)'e ait eşitlikten yararlanılmıştır.

Tablo 4. 4. SPT-N ile V_s ilişkisine yönelik bazı ampirik bağıntılar

Araştırmacı	V_s (m/s) (Tüm zeminler)
Ohsaki ve Iwasaki (1973)	$V_s = 81.4N^{0.39}$
Ohta ve Goto (1978)	$V_s = 85.35N^{0.348}$
İyisan (1996)	$V_s = 51.5N^{0.516}$
Hasançebi ve Ulusay (2007)	$V_s = 90N^{0.309}$
Akın vd. (2011)	$V_s = 59.44N^{0.109}z^{0.426}$
(N: SPT N_{30} darbe sayısı, V_s : kayma dalgası hızı, z: derinlik)	

4.3. Zemin Sınıflamaları

Mühendislikte güvenilir ve ekonomik yapı tasarlayabilmek için zeminde oluşabilecek sorunları bilmek ve önlemleri almak için zeminin fiziksel, mekanik özelliklerinin iyi bilinmesi ayrıca yapıların yanında can ve mal kaybına sebep olan doğal afetler içinde önlemler alınması gerekmektedir. Jeolojik bulgular, jeofizik test yöntemleri, laboratuvar ve saha testlerinden elde edilen veriler zemin sınıflandırmaları yapılırken birlikte değerlendirilmelidir. 01.03.2018’de yayınlanan ve 01.01.2019’da yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde (TBDY) zemin sınıflandırma ölçütleri yeniden düzenlenmiştir. Tablo 4.5’teki zemin sınıflandırma tablosunda SPT N_{60} , drenajsız makaslama dayanımı (C_u) ve V_{s30} değerlerine göre zemin sınıfları belirtilmiştir [41].

Tablo 4. 5. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne göre zemin sınıflandırma tablosu [41]

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabakaları veya $Pl > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1-Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir)			

	<p>zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2-Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3-Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4-Çok kalın (>35 m) yumuşak veya orta katı killer.</p>
--	---

Tablo 4.6’da Eurocode 8 standartındaki V_{s30} ’a göre zemin sınıflandırması verilmektedir. Buna göre V_{s30} ’un 800 m/s’den büyük olduğu ortamlar için için zemin sınıfı A (kaya ve kaya benzeri jeolojik oluşumlar) olarak tanımlanır. Eurocode 8’de B (çok sıkı kum, çakıl ya da çok sert killer) zemin sınıfı için kayma dalgası hızı 360 ile 800 m/s arasında değişmektedir. C (sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil) sınıfı zeminlerde ise V_s 180 ile 360 m/s aralığındadır. V_s hızının 180 m/s’den düşük olduğu zeminler ise D (gevşekten orta sıkıya kadar kohezyonsuz zemin veya yumuşak-sert arası kohezyonlu zemin) sınıfı zemin olarak gruplandırılmaktadır.

Tablo 4. 6. Eurocode8’de V_{s30} ’a göre zemin sınıflaması [37]

Zemin Sınıfı	Tanım	V_{s30} (m/s)
A	Kaya veya diğer kaya benzeri formasyonlar	$V_s > 800$
B	Çok sıkı kum, çakıl ya da çok sert killer	$360 < V_s \leq 800$
C	Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	$180 < V_s \leq 360$
D	Gevşekten orta sıkıya kadar kohezyonsuz zemin veya yumuşak-sert arası kohezyonlu zemin	$180 < V_s$

ABD’de inşaat projelerinde zeminlerin sınıflandırılmasında NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) zemin sınıflama ölçütü kullanılmaktadır. NEHRP’e göre zemin sınıfı, kayma dalgası hızının 30 metre derinliğe kadar olan ortalama hızına (V_{s30}) dayanmaktadır (Tablo 4.7). Bu sınıflamada zemin beş ayrı sınıfa ayrılmaktadır. Diğer zemin sınıflamalarından farklı olarak bu zemin sınıflamasında V_{s30} değeri 1500 m/s’den büyük olan ortamlar sağlam kaya olarak tanımlanmıştır.

Tablo 4. 7. NEHRP Hükümlerinde V_{s30} ’a göre zemin sınıflaması [37]

Zemin Sınıfı	Tanım	V_{s30} (m/s)
A	Sağlam kaya	$V_s > 1500$
B	Kaya	$760 < V_s \leq 1500$
C	Çok sıkı-sert zemin ya da yumuşak kaya	$360 < V_s \leq 760$
D	Sert-sıkı zemin	$180 < V_s \leq 360$
E	Zayıf zemin	$V_s < 180$

5. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

Tez çalışması Türkiye'nin en büyük ve kalabalık illerinden biri olan Kayseri il merkezinde özellikle de yerleşimin yoğun olduğu bölgelerde yapılmıştır. Bu kapsamda, Kayseri il merkezi içerisindeki Boztepe, Çırgalan, Üniversite, Yıldırım Beyazıt, Erkilet, Hacılar, Talas, Oymağaç, Yeşilyurt, Şeker, Süksün, Pervane, Mobilyakent, AVM, OSM Cami, Kuşoğlu, Sahabiye, Uğurevler, Anbar lokasyonlarında gerçekleştirilmiş zemin etüt çalışmalarına ait verilerden yararlanılmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilmiş olan jeofizik çalışmalar sırasında yapılmış olan sismik kırılma etüt verileri ve sondajlar sırasında yapılan Standart Penetrasyon Deneyi verileri bu tez çalışmasının ana verisini oluşturmaktadır.

Yapılan bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçların anlamlı olabilmesi için güvenilir veri setlerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda İller Bankası Genel Müdürlüğü'ne ait imar planlamasına esas gerçekleştirilmiş veriler büyük ölçüde çalışmaya dahil edilmiştir (Şekil 5.1 ve Tablo 5.1).

PROJE ADI		BOZTEPE (KAYSERİ)		Kuyunun Koordinatları		Derinlik (m) : 15.45		Başlama Tarihi : 16.10.2007		Bitiş Tarihi : 16.10.2007		Sondaj Metodu : Rotary		Sondaj No : SK-5		
		X - 4294177		Y - 454701								Makine Adı : Board LongYear		Sayfa : 1 / 2		
		Z - 1056										Muhafaza Borusu Derinliği (m)				
												BX 8.00		NX		
												Dis Çap		İç Çap		
												2 7/8"		2 9/16"		
												3 1/2"		3 3/16"		
												4 1/2"		4 1/8"		
												73 mm.		86 mm.		
												88,9 mm.		114,3 mm.		
												104,7 mm.				
İLLER BANKASI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ JEOTEKNİK SONDAJ CETVELİ												LİTOLOJİ (Tanım, Renk, Bıkkık, Kıvam, Doku, vs.)				
Sondaj Derinliği (m)	ÖRNEKLER - TESTLER						Manevra		KAROT VERİMLİ				ROD %	Makrup Çapı	Muhafaza Borusu Derinliği (m)	Yerli & Bu Derinlik (m)
	SPT de 30 cm için darbe sayısı (N)		SPT Oranlığı				Baş (m)		Sonu (m)		Toplam					
	Örnek-1	Örnek-2	16	30	45	10	20	30	40	60	m	%	m	%		
0.00																
- 1.00																
SPT-1	5	4	5								1.50	1.95				
- 2.00																
- 3.00																
SPT-2			4	4	4						3.00	3.45				

Şekil 5. 1. Tez çalışmasında kullanılan sondaj verisinden bir görünüm.

Tablo 5. 1. Tez çalışması kapsamında yararlanılan sismik kırılma verilerine ait örnek tablo

Profil No	Koordinatlar			Tabaka No	V _p (m/s)	V _s (m/s)	H (m)	V _{s30} (m/s)
	X	Y	Z					
BOZ JF-1	4294677	455563	1061	1	750	450	10.00	680.00
				2	1860	920		
BOZ JF-2	4294917	455543	1063	1	515	350	8.00	530.00
				2	1390	650		
BOZ JF-3	4295199	455863	1067	1	650	500	9.00	785.00
				2	1730	1040		
BOZ JF-4	4294955	455069	1065	1	535	355	7	530.00
				2	1100	620		
BOZ JF-5	4294409	454675	1058	1	400	300	5	475.00
				2	1345	540		
BOZ JF-6	4294737	454191	1079	1	650	500	7	860.00
				2	2215	1095		
BOZ JF-7	4293920	454394	1061	1	460	370	10	530.00
				2	1440	780		
CIR JF-1	461743.7	4293533	1058.585	1	530	160	3.00	340.00
				2	1450	400		
CIR JF-2	460700.2	4293502	1039.069	1	495	200	7.50	260.00
				2	750	290		
CIR JF-3	461227.9	4294067	1069.297	1	420	225	5.50	285.00
				2	1300	300		
CIR JF-4	460698.9	4293167	1062.878	1	345	140	9.5	215.00
				2	1440	285		
CIR JF-5	459940.8	4293228	1058.746	1	400	240	7	365.00
				2	1470	435		
CIR JF-6	459573.2	4292607	1061.697	1	490	320	6.5	485.00
				2	1535	570		
CIR JF-7	459318.7	4291919	1065.298	1	410	260	4.5	335.00
				2	1625	350		
CIR JF-8	460038.7	4291723	1081.848	1	680	415	7.5	475.00
				2	1700	500		
CIR JF-9	458800	4292558	1062.381	1	370	220	5	400.00
				2	1320	480		
CIR JF-10	458196.3	4293339	1056.452	1	475	290	4	375.00
				2	1435	390		
CIR JF-11	459124.2	4294151	1059.120	1	420	185	8	285.00
				2	1510	355		
CIR JF-12	459141.1	4293292	1060.154	1	560	290	5	345.00
				2	1270	360		
CIR JF-13	460269	4292586	1063.720	1	770	240	7	410.00
				2	2175	520		
CIR JF-14	460591.6	4291817	1066.390	1	440	235	6.5	395.00
				2	1250	490		
CIR JF-15	461530.2	4292041	1061.547	1	395	200	7.5	260.00

				2	1500	290		
CIR JF-16	461193.2	4292734	1064.108	1	915	170	6.5	225.00
				2	1595	250		

Bu tez çalışmasında Kayseri il merkezi sınırları içinde kalan 19 farklı bölgeden toplamda 404 adet jeoteknik sondaj verisi kullanılmıştır. Çalışılan alanlardaki sondaj kuyu log cetvellerinden kuyuların X, Y, Z koordinatları, yeraltı su değeri, sondaj derinliği, SPT N_{30} değerleri derlenmiştir. Standart Penetrasyon Deneylelerinden elde edilen SPT N_{30} değerleri dikkate alınarak literatürde SPT N_{30} - V_s ilişkisine yönelik önerilen 10 farklı ampirik ilişki (Tablo 5.2) ile V_s değerleri belirlenmiştir. Haritalama çalışmasında Akın vd. (2011) tarafından önerilen ve derinlik faktörünü de dikkate alan eşitlik ile bulunan değerler kullanılmıştır.

Tablo 5. 2. SPT-N ile V_s arasındaki ampirik ilişkiler

Tüm Zeminler için V_s (m/s)	
Imai ve Yoshimura (1970)	$V_s=76N^{0.33}$
Imai (1977)	$V_s=91N^{0.337}$
Ohto ve Goto (1978)	$V_s=85.35N^{0.348}$
Seed ve Idriss (1981)	$V_s=61.4N^{0.5}$
İmai ve Tonouchi (1982)	$V_s=97N^{0.31}$
İyisan (1996)	$V_s=51.5N^{0.516}$
Hasancebi ve Ulusay (2007)	$V_s=90N^{0.39}$
Dikmen (2009)	$V_s=58N^{0.39}$
Akın vd. (2011)	$V_s=59.44N^{0.109}Z^{0.426}$
Fabbracino vd. (2015)	$V_s=90.353N^{0.317}$

Öte yandan, sondaj kuyularında gerçekleştirilen SPT deneylerine ait verilen 30 m derinliğe ulaşmamaktadır. Bu amaçla Akın vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada olduğu gibi SPT N_{30} verileri Akın vd. (2011) eşitliğinde 30 m derinliğe kadar uzatılmıştır. Bu amaçla SPT N_{30} verisi olmayan seviyeler için N_{30} değeri 50 olarak atanmıştır (Tablo 5.3).

Öte yandan, resmi kurum ve kuruluşlarca yapılan jeofizik etüt çalışmaları sonucunda doğrudan ölçüm yöntemi ile çalışılan sahalarda elde edilmiş en yüksek ve en düşük ortalama kayma dalgası hızı (V_{s30}) değerlerine ait veriler Tablo 5.4'te sunulmaktadır. Buna göre Kayseri il merkezinde belirlenmiş olan en düşük V_{s30} 184 m/s, en yüksek V_{s30} 294 m/s olarak belirlenmiştir.

Tablo 5. 3. SPT N_{30} değerleri kullanılarak her bir kuyu için farklı seviyelerde V_s Excel hesap tablosu

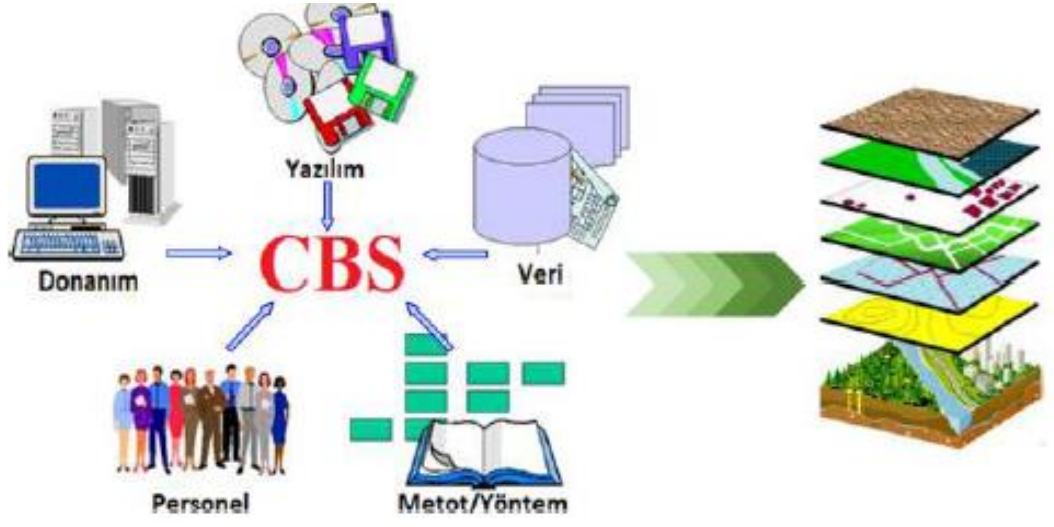
SK3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Derinlik (m)	SPT_ N_{30}	Imai & Yoshimura (1970)	Imai (1977)	Ohta & Goto (1978)	Seed & Idriss (1981)	Imai & Tonouchi (1982)	Iyisan (1996)	Hasancebi & Ulusay (2007)	Dikmen (2009)	Akın vd. (2011)	Fabbracino vd. (2015)
		tüm zeminler	tüm zeminler	tüm zeminler	tüm zeminler	tüm zeminler	tüm zeminler	tüm zeminler	tüm zeminler	tüm zeminler	tüm zeminler
1.5	7	144.44	175.32	168.00	161.39	177.32	140.57	163.88	123.88	87.34	167.43
3	8	150.95	183.39	175.99	172.53	184.81	150.59	170.76	130.51	119.06	174.67
4.5	50	276.36	340.09	333.00	431.34	326.18	387.68	300.28	266.70	172.80	312.26
6	51	278.17	342.37	335.30	435.63	328.18	391.66	302.12	268.77	195.75	314.23
7.5	50	276.36	340.09	333.00	431.34	326.18	387.68	300.28	266.70	214.80	312.26
9	56	286.89	353.33	346.40	456.48	337.84	411.03	310.95	278.75	235.04	323.68
10.5	46	268.86	330.67	323.48	413.72	317.85	371.36	292.67	258.17	245.67	304.11
12	46	268.86	330.67	323.48	413.72	317.85	371.36	292.67	258.17	260.05	304.11
13.5	50	276.36	340.09	333.00	431.34	326.18	387.68	300.28	266.70	275.92	312.26
15	50	276.36	340.09	333.00	431.34	326.18	387.68	300.28	266.70	288.59	312.26
17	50									304.40	
19	50									319.17	
21	50									333.07	
23	50									346.23	
25	50									358.75	
27	50									370.70	
29	50									382.16	
30	50									387.72	

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), verileri veri tabanında toplayarak türlü çözümleme yapılması ve sonuçların çizelge, grafik veya harita biçiminde verilmesine olanak sağlayan geliştirilmiş bilgisayar sistemidir. CBS'nin oluşabilmesi için gerekenler

coğrafi veriler, personel, uygun yöntem, CBS donanımı ve CBS yazılımıdır (Şekil 5.1). CBS de oluşturulan haritalar çalışılan bölgenin ölçüsüne göre ada, mahalle, ilçe veya şehir ölçeği olarak detaylandırılabilir. CBS de oluşturulan görseller bölgelerin durumlarını karşılaştırıp farklılıkları daha kısa sürede anlayıp karar verme açısından önemlidir [42]. Buna göre bu tez çalışması kapsamında farklı yöntemlerle her bir lokasyon için elde edilen verilen CBS tabanlı bir yazılım olan MapInfo programı yardımıyla haritalanmıştır.

Tablo 5. 4. Kayseri ilinde jeofizik etüt çalışmalarında elde edilen V_{s30} değerleri

Bölgenin Adı	En düşük V_{s30} değeri	En yüksek V_{s30} değeri
Boztepe	263	267
Çırgalan	246	271
Üniversite	271	278
Yıldırım beyazıt	262	286
Erkilet	254	283
Hacılar	260	290
Talas	268	293
Oymaağaç	265	289
Yeşilyurt	254	277
Şeker	230	258
Süksün	249	294
Pervane	242	278
Mobilyakent	230	264
AVM	236	264
OSB Cami	236	256
Kuşoğlu	262	264
Sahabiye	259	270
Uğurevler	184	269
Anbar	254	272



Şekil 5. 2 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) bileşenleri [20].

6. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışması kapsamında daha önceki bölümlerde de vurgulandığı gibi büyük bir bölümü İller Bankası Genel Müdürlüğü Makine ve Sondaj Dairesi Başkanlığı'nın Kayseri il merkezinde imar planına esas zemin etüt çalışmaları kapsamında elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Tablo 6.1'de tez kapsamında değerlendirilen yerleşim alanlarında dikkate alınan sondaj kuyusu sayıları verilmiştir. Buna göre, toplam 404 sondaj kuyusundaki SPT N30 değerleri dikkate alınarak ampirik ilişkilerle ortalama kayma dalga hızı değerleri elde edilmiştir.

Tablo 6. 1. Tez çalışması kapsamında incelenen bölgelerin toplam sondaj kuyu sayısı

Bölgenin Adı	Sondaj Kuyusu Sayısı
Boztepe	12
Cırgalan	20
Üniversite	2
Yıldırım Beyazıt	21
Erkilet	22
Hacılar	63
Talas	27
Oymaağaç	10
Yeşilyurt	35
Şeker	27
Süksün	35
Pervane	34
Mobilyakent	44
AVM	7
OSB Cami	8
Kuşoğlu	2
Sahabiye	3
Uğurevler	28
Anbar	4
Toplam	404

Örnek olarak Boztepe bölgesinde incelenen 12 adet sondaj kuyusunun koordinatları, sondaj derinliği ve yeraltısuyu durumunu gösteren tablo, Tablo 6.2'de sunulmuştur.

Tablo 6. 2. Boztepe bölgesi için tez çalışmasında dikkate alınan sondaj kuyuları

BOZTEPE						
Sıra no	Sondaj no	Koordinatlar			Yeraltısuyu Seviyesi (m)	Derinlik (m)
		X	Y	Z		
BOZ-1	SK-1	454429	4293899	1060	Rastlanılmamıştır	15.45
BOZ-2	SK-2	454337	4294309	1080	Rastlanılmamıştır	7.50
BOZ-3	SK-3	454193	4294820	1081	Rastlanılmamıştır	4.50
BOZ-4	SK-4	454629	4294639	1061	Rastlanılmamıştır	15.45
BOZ-5	SK-5	454701	4294177	1056	Rastlanılmamıştır	15.45
BOZ-6	SK-6	454995	4294244	1055	Rastlanılmamıştır	15.45
BOZ-7	SK-7	454938	4294892	1063	Rastlanılmamıştır	15.45
BOZ-8	SK-8	455316	455316	1068	Rastlanılmamıştır	15.45
BOZ-9	SK-9	455542	4294903	1063	Rastlanılmamıştır	15.45
BOZ-10	SK-10	455823	4295171	1068	Rastlanılmamıştır	6.00
BOZ-11	SK-11	455763	4294783	1061	Rastlanılmamıştır	15.45
BOZ-12	SK-12	455481	4294674	1063	Rastlanılmamıştır	4.50

Boztepe çalışma alanında 12 sondaj kuyusu açılmış ve yeraltısuyuna rastlanmamıştır. Sondaj kuyularından derinlik 4.5 m ile 15.45 m arasında değişmektedir. Cırgalan çalışma alanında 21 sondaj kuyusu açılmış olup, yeraltısuyu derinliği 10 m ile 1.5 m arasında bulunmuştur. Bu alandaki en derin sondaj 21.45 m, en sığ sondaj ise 13 m'dir. Yeni Üniversite bölgesinde 15.45 m derinliğinde 2 sondaj kuyusu açılmıştır ve yeraltısuyu tespit edilmemiştir. Yıldırım Beyazıt çalışma alanında 24 adet sondaj kuyusu açılmış olup, yeraltısuyuna en derin 14 m'de, en sığ ise 7.2 m'de rastlanılmıştır. Sondaj derinlikleri bu bölgede 15.45 m ile 4.5 m arasındadır. Erkilet çalışma alanında 22 tane sondaj kuyusu açılmış ve yeraltısuyuna rastlanılmamıştır. Sondaj derinliği en fazla 15.45 m olup, en sığ sondaj 5.4 m'dir. Hacılar çalışma alanında 72 adet sondaj kuyusu açılmış ve yeraltısuyuna rastlanılmamıştır. Sondaj derinliği en derin olarak 21.45 m, en sığ olarak da 4.5 m'dir. Talas çalışma alanında 28 adet sondaj kuyusu açılmış ve yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. Sondaj derinlikleri 15.45 m ile 1 m aralığındadır. Oymaağaç çalışma bölgesinde 10 adet sondaj kuyusu açılmış ve yeraltısuyuna rastlanılmamıştır. Sondaj derinliği en fazla 15.45 metredir. Yeşilyurt çalışma bölgesinde 35 adet sondaj kuyusu açılmış ve yeraltısuyuna en derin 2.15 m'de, en sığ 1.35 m'de rastlanılmıştır. Sondaj derinliği 15.45 m ile 4.5 m arasında değişmektedir. Şeker çalışma alanında 28 adet sondaj kuyusu açılmış olup, bu bölgedeki

yeraltısuyu seviyesi 4.1 m ile 1.2 m arasında dağılım göstermektedir. Sondaj derinlikleri 15.45 m ile 7.3 m arasındadır. Süksün çalışma alanında 35 adet sondaj kuyusu açılmış ve yeraltısuyuna en derin 7.2 m'de en sığ 2.1 m'de rastlanılmıştır. Maksimum sondaj derinliği 21 m olup, bu alandaki en sığ sondaj kuyusu 15.45 m'dir. Pervane çalışma alanında 35 adet sondaj kuyusu açılmış ve yeraltısuyuna 6.45 m ile 4.1 m arasında rastlanılmıştır. Sondaj derinlikleri 15.45 m ile 13 m arasındadır. Mobilya kent çalışma alanında 45 adet sondaj kuyusu açılmış ve yeraltısuyuna en derin 2 m'de en sığ 1.6 m'de rastlanılmıştır. Sondaj derinliği en derin olarak 20 m en sığ olarak ise 15 m'dir. AVM çalışma alanında 9 adet sondaj kuyusu açılmış olup, yeraltısuyu derinliği 2.8 m ile 2.3 m aralığında değişmektedir. Maksimum sondaj derinliği 40 m'dir. OSB Cami lokasyonunda zemin etüt çalışmaları kapsamında 8 adet sondaj kuyusu açılmış ve yeraltısuyuna 6 m'de girilmiştir. Sondaj derinliği bu bölge için 15.5 m'dir. Kuşoğlu bölgesinde 2 adet sondaj kuyusu mevcut olup, yeraltısuyuna 2 m'de rastlanılmıştır. Sondaj derinliği 11.45 m ile 10.45 m aralığında değişmektedir. Sahabiye çalışma alanında 3 adet sondaj kuyusu dikkate alınmıştır ve bu kuyularda yer altı suyuna 4.8 m de rastlanılmıştır. Sondaj derinliği maksimum 30 m'dir. Uğurevler mahallesinde 28 adet sondaj kuyusu incelenmiştir ve bu alanda yer altı suyu en derin 5.6 m'de en sığ 4.4 m'dedir. Bu bölgede incelenen sondajların maksimum derinliği 15.45 m, minimum derinliği ise 4.5 m'dir. Anbar çalışma alanında 4 adet sondaj kuyusu açılmış ve yer altı suyuna rastlanılmamıştır. Sondaj derinliği 15 m'dir.

Sondaj kuyusu verilerinin yanı sıra, bu tez çalışması kapsamında sismik kırılma yöntemi ile doğrudan belirlenen kayma dalga hızı değerleri de dikkate alınmış ve SPT N30 değerinden dolayı olarak elde edilen V_{s30} değerleri ile doğrudan sismik kırılma yöntemi ile ortaya konan V_{s30} değerleri haritalanarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu kapsamda incelenen bir alandaki (Cırgalan) sismik kırılma yöntemi ile elde edilmiş verilere ait örnek veri seti Tablo 6.3'te gösterilmektedir.

Her bir sismik kırılma ölçüm noktasından elde edilen ortalama kayma dalga hızı (V_{s30}) ve yine sismik ölçüm verisine göre belirlenmiş olan zemin büyütme değerleri koordinatlı olarak veri tabanına aktarıldıktan sonra haritalanmıştır. Tablo 6.4'te tez çalışması kapsamında dikkate alınan ve doğrudan sismik kırılma ölçümleri sonucu belirlenmiş V_{s30} ve o lokasyona ait zemin büyütme değeri verilmektedir.

Tablo 6. 3. Tez kapsamında incelenen bir alandaki (Cırgalan) sismik kırılma yöntemi ile bulunan V_p ve V_s değerleri

Profil No	Koordinatlar			Tabaka No	V_p (m/s)	V_s (m/s)	H (m)	V_{s30} (m/s)
	X	Y	Z					
CIR JF-1	461743.7	4293533	1058.585	1	530	160	3.00	340.00
				2	1450	400		
CIR JF-2	460700.2	4293502	1039.069	1	495	200	7.50	260.00
				2	750	290		
CIR JF-3	461227.9	4294067	1069.297	1	420	225	5.50	285.00
				2	1300	300		
CIR JF-4	460698.9	4293167	1062.878	1	345	140	9.5	215.00
				2	1440	285		
CIR JF-5	459940.8	4293228	1058.746	1	400	240	7	365.00
				2	1470	435		
CIR JF-6	459573.2	4292607	1061.697	1	490	320	6.5	485.00
				2	1535	570		
CIR JF-7	459318.7	4291919	1065.298	1	410	260	4.5	335.00
				2	1625	350		
CIR JF-8	460038.7	4291723	1081.848	1	680	415	7.5	475.00
				2	1700	500		
CIR JF-9	458800	4292558	1062.381	1	370	220	5	400.00
				2	1320	480		
CIR JF-10	458196.3	4293339	1056.452	1	475	290	4	375.00
				2	1435	390		
CIR JF-11	459124.2	4294151	1059.120	1	420	185	8	285.00
				2	1510	355		
CIR JF-12	459141.1	4293292	1060.154	1	560	290	5	345.00
				2	1270	360		
CIR JF-13	460269	4292586	1063.720	1	770	240	7	410.00
				2	2175	520		
CIR JF-14	460591.6	4291817	1066.390	1	440	235	6.5	395.00
				2	1250	490		
CIR JF-15	461530.2	4292041	1061.547	1	395	200	7.5	260.00
				2	1500	290		
CIR JF-16	461193.2	4292734	1064.108	1	915	170	6.5	225.00
				2	1595	250		

Tablo 6. 4. Sismik kırılma yöntemi ile doğrudan belirlenen Vs30 değerleri

Profil No	Koordinatlar		Vs30 (m/s)	Zemin büyütme değeri (Ak)
	X	Y		
BOZ JF-1	455563	4294677	680	1.4
BOZ JF-2	455543	4294917	530	1.6
BOZ JF-3	455863	4295199	785	1.3
BOZ JF-4	455069	4294955	530	1.6
BOZ JF-5	454675	4294409	475	1.7
BOZ JF-6	454191	4294737	860	1.2
BOZ JF-7	454394	4293920	530	1.6
CIR JF-1	461744	4293533	340	2.0
CIR JF-2	460700	4293502	260	2.4
CIR JF-3	461228	4294067	285	2.3
CIR JF-4	460699	4293167	215	2.7
CIR JF-5	459941	4293228	365	2.0
CIR JF-6	459573	4292607	485	1.7
CIR JF-7	459319	4291919	335	2.1
CIR JF-8	460039	4291723	475	1.7
CIR JF-9	458800	4292558	400	1.9
CIR JF-10	458196	4293339	375	1.9
CIR JF-11	459124	4294151	285	2.3
CIR JF-12	459141	4293292	345	2.0
CIR JF-13	460269	4292586	410	1.8
CIR JF-14	460592	4291817	395	1.9
CIR JF-15	461530	4292041	260	2.5
CIR JF-16	461193	4292734	225	2.6
HACI JF-1	452426	4285844	591	1.5
HACI JF-2	450802	4284746	393	1.9
HACI JF-3	450552	4283401	514	1.6
HACI JF-4	450308	4282677	521	1.6
HACI JF-5	451134	4282672	662	1.4
HACI JF-6	451759	4283763	381	1.9
HACI JF-7	452612	4283397	531	1.6
HACI JF-8	453155	4282785	440	1.8
HACI JF-9	453258	4284088	436	1.8
HACI JF-11	454393	4279251	394	1.9
HACI JF-12	455417	4278982	481	1.7
HACI JF-13	454947	4278181	435	1.8
HACI JF-14	456085	4278456	338	2.1
HACI JF-15	456334	4279259	407	1.9
HACI JF-16	457157	4279692	313	2.2
HACI JF-17	454732	4280100	425	1.8
HACI JF-18	453576	4278500	627	1.4

Profil No	Koordinatlar		V _{s30} (m/s)	Zemin büyütme değeri (Ak)
	X	Y		
HACI JF-19	452713	4277775	415	1.6
HACI JF-20	453386	4281841	451	1.7
HACI JF-21	452652	4281083	361	2.0
HACI JF-22	451898	4281212	539	1.6
HACI JF-23	452209	4281993	463	1.7
HACI JF-24	451756	4279767	369	2.0
HACI JF-25	451600	4277956	510	1.6
HACI JF-26	451429	4276627	490	1.7
HACI JF-27	450649	4276516	594	1.5
HACI JF-28	450422	4277736	405	1.9
HACI JF-29	450927	4277272	597	1.5
HACI JF-37	449483	4276524	361	2.0
HACI JF-38	448194	4278009	405	1.9
HACI JF-39	449254	4280871	405	1.7
HACI JF-40	448198	4281856	478	1.8
HACI JF-41	449377	4281993	421	2.1
PER JF-1	458345	4292492	380	1.9
PER JF-2	457583	4291965	302	2.2
PER JF-3	455980	4291851	230	2.6
PER JF-4	456192	4290075	407	1.9
PER JF-5	456821	4290990	727	1.3
PER JF-6	454931	4291410	514	1.6
PER JF-7	456674	4292552	285	2.3
PER JF-8	455511	4290778	238	2.6
SÜKSÜN JF-1	440399	4291673	237	2.6
SÜKSÜN JF-2	439667	4292772	334	2.1
SÜKSÜN JF-3	438506	4294099	505	1.6
SÜKSÜN JF-4	437454	4293740	308	2.2
SÜKSÜN JF-5	435448	4294262	486	1.7
SÜKSÜN JF-6	434134	4296208	419	1.8
SÜKSÜN JF-7	431304	4297186	590	1.5
SÜKSÜN JF-8	432698	4297013	355	2.0
SÜKSÜN JF-9	432997	4295445	383	1.9
SÜKSÜN JF-10	433146	4293923	200	2.8
SÜKSÜN JF-11	434231	4294667	398	1.9
SÜKSÜN JF-12	436420	4293429	466	1.7
SÜKSÜN JF-13	439408	4292462	341	2.1
ŞEKER JF-31	450062	4290033	238	2.6
ŞEKER JF-32	449137	4290827	197	2.9
ŞEKER JF-38	449992	4292838	214	2.7
ŞEKER JF-40	447917	4291131	217	2.7

Profil No	Koordinatlar		V _{s30} (m/s)	Zemin büyütme değeri (Ak)
	X	Y		
ŞEKER JF-50	449927	4293878	214	2.7
ŞEKER JF-51	448988	4293818	288	2.3
ŞEKER JF-53	447979	4292400	214	2.7
ŞEKER JF-60	446812	4293862	443	1.8
ŞEKER JF-62	446818	4292376	277	2.3
ŞEKER JF-63	447838	4293781	146	3.4
ŞEKER JF-67	445819	4292317	184	3.0
TALAS JF-1	461328	4283671	515	1.6
TALAS JF-2	461689	4285146	790	1.2
TALAS JF-3	460256	4283696	775	1.3
TALAS JF-4	462766	4285471	770	1.3
TALAS JF-5	460110	4284451	700	1.3
TALAS JF-6	460865	4284668	310	2.2
TALAS JF-7	460294	4284765	720	1.3
TALAS JF-8	459802	4285422	555	1.5
TALAS JF-9	460628	4285453	1.000	1.1
TALAS JF-10	461105	4285585	695	1.3
TALAS JF-11	461264	4287008	570	1.5
TALAS JF-12	461475	4286366	785	1.3
TALAS JF-13	462115	4286703	900	1.2
ERK JF-1	454898	4295752	462	1.7
ERK JF-2	454496	4296121	464	1.7
ERK JF-3	449549	4297504	428	1.8
ERK JF-4	449060	4297459	446	1.8
ERK JF-5	452245	4299405	482	1.7
ERK JF-6	451051	4298458	227	2.6
ERK JF-7	450470	4296419	470	1.7
ERK JF-8	452046	4293903	332	2.1
ERK JF-9	451170	4293903	181	3.0
ERK JF-10	449975	4293454	214	2.7
ERK JF-11	448679	4294724	296	2.2
ERK JF-13	450927	4294959	343	2.1
ERK JF-14	449883	4295117	344	2.0
UGUR-JF-1	531197	4329309	850	1.2
UGUR-JF-2	531610	4328396	900	1.2
UGUR-JF-3	532144	4327802	920	1.2
UGUR-JF-4	532094	4328874	320	2.0
UGUR-JF-5	532352	4329313	500	1.6
UGUR-JF-6	532653	4328481	240	2.5
UGUR-JF-7	533270	4328133	620	1.4
UGUR-JF-8	533387	4328760	1050	1.1

Profil No	Koordinatlar		V _{s30} (m/s)	Zemin büyütme değeri (Ak)
	X	Y		
UGUR-JF-9	533634	4329190	780	1.3
UGUR-JF-10	533055	4329316	500	1.6
UGUR-JF-11	534273	4329419	350	2.0
UGUR-JF-12	533884	4328924	850	1.2
UGUR-JF-13	534698	4328889	190	2.9
AMBAR-JF-1	445816	4290314	224	2.6
AMBAR-JF-2	445305	4290266	254	2.4
AMBAR-JF-3	446166	4290194	267	2.4
Y-BEY-JF-1	461435	4288898	1577	0.8
Y-BEY-JF-2	459957	4287555	727	1.3
Y-BEY-JF-3	459867	4287043	1123	1.0
Y-BEY-JF-4	459610	4288577	338	2.1
Y-BEY-JF-5	460382	4288166	638	1.4

6.1. SPT N₃₀ Verilerine Dayalı V_s ve V_{s30} Değerlerinin Belirlenmesi

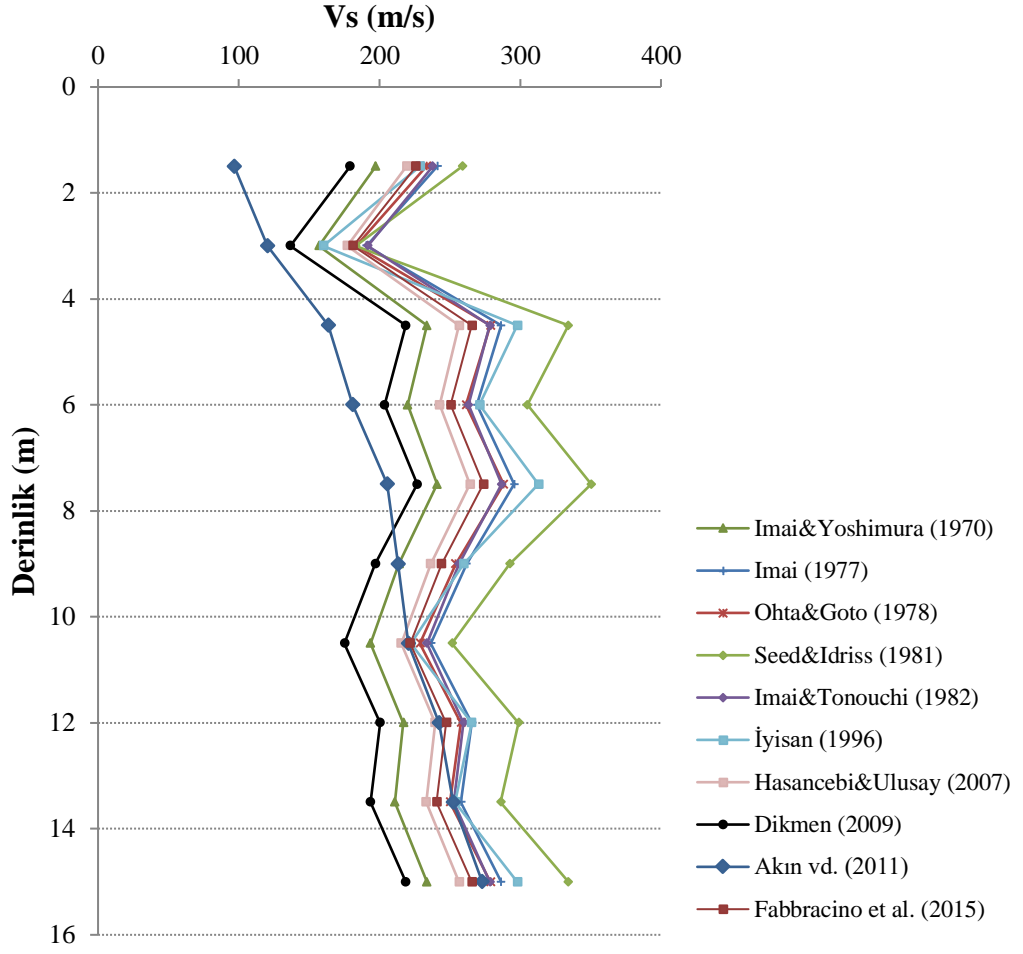
Kayma dalga hızı (V_s) mühendislikte zeminlerin dayanımını ortaya koymada önemli bir parametredir. Zeminlerin dinamik özelliklerini tanımlamak için en temel parametredir. Kayma dalga hızının ortaya konması, yerel zemin koşullarının ortaya konması, zemin sınıflandırması, sıvılaşma potansiyeli, zemin hâkim periyodu ve zemin büyütmesi gibi parametrelerin hesabında kullanılmaktadır. Bu kapsamda ortalama kayma dalga hızı zeminlerin sınıflandırılmasında ve bazı mühendislik parametrelerinin bulunmasında ön plana çıkmaktadır. Kayma dalga hızının belirlenmesinde jeofizik yöntemler doğrudan kullanılabilen gibi, jeofizik yöntemlerin dışındaki bazı arazi deneylerinden elde edilen veriler ile de dolaylı olarak ampirik ilişkiler ile kayma dalga hızı tahmin edilebilmektedir. Bu anlamda literatürde en çok çalışma SPT N₃₀ ile V_s arasındaki ilişki üzerine yoğunlaşmıştır. Birçok araştırmacı bu konuda bilimsel araştırmalar yapmış ve bu iki parametre arasında yüksek korelasyon katsayısına sahip ampirik ilişkiler önermiştir.

Bu tez çalışması kapsamında SPT N₃₀ ile V_s hızı arasındaki ilişki için literatürdeki 10 farklı ilişki ile hesaplama yapılmasına rağmen, tez kapsamında dikkate alınan sondaj kuyularının derinliğinin çoğunlukla 20 m'den daha sığ olması ve V_{s30} değerinin dolaylı olarak hesabında 30 m'ye kadar olan değerlere ihtiyaç olması sebebiyle Akın vd. (2011) tarafından önerilen ve derinlik (z) faktörünü dikkate alan aşağıdaki eşitlik yardımıyla

elde edilen V_s hız değerleri haritalamada dikkate alınmıştır. Söz konusu formülde N , SPT N_{30} darbe sayısına karşılık gelmektedir.

$$V_s = 59.44N^{0.109}Z^{0.426} \quad (6.1)$$

Şekil 6.1’de Cırgalan çalışma alanındaki bir sondaj kuyusunda 10 farklı ampirik ilişki ile farklı derinliklerdeki SPT N_{30} değeri ile bulunan V_s değerlerinin önek bir grafiği görülmektedir. Benzer grafikler tüm çalışma bölgelerindeki her kuyu için yapılmıştır. Şekil 6.1’den de görüleceği üzere Akın vd. (2011) tarafından önerilen ve derinlik değerini de dikkate alan eşitlik yardımıyla hesaplanan V_s değerleri ilk 8 m’de diğer eşitliklere göre daha düşük değerler vermekte, 8 m’den sonra ise düzenli bir artış göstermektedir. Şekil 6.1’deki sondaj kuyusu 15 m derinliktedir. Bu nedenle 15 m’den sonraki V_s değerleri, SPT N_{30} darbe sayısı 50 kabul edilerek Akın vd. (2021) eşitliği kullanılarak 30 m’ye kadar uzatılmıştır. Daha sonra her bir sondaj kuyusu lokasyonu için 30 m’lik derinlik boyunca ampirik olarak belirlenen V_s değerlerinin ortalaması alınarak o lokasyon için V_{s30} değeri elde edilmiştir.



Şekil 6. 1. Farklı ampirik eşitlikler yardımıyla SPT N_{30} değerinden elde edilen V_s değerlerinin derinlikle değişimi

6.2. V_{s30} Değerine Bağlı Zemin Sınıflamaları

Birçok uluslararası standartta zemin sınıflandırması çoğunlukla kayma dalga hızının (V_s) 30 m derinliğe kadar olan ortalama hızı (V_{s30}) dikkate alınarak yapılmaktadır. V_s hız değerleri dikkate alınarak yapılan zemin sınıflandırmaları için birçok sınıflama ölçütü mevcuttur. Bu tez çalışmasında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), Ulusal Deprem Tehlike Azaltma Programı (National Earthquake Hazard Reduction Program-NEHRP) ve Eurocode 8 zemin sınıflandırma sistemleri dikkate alınmıştır. Zemin sınıflandırma haritalama çalışmalarında ise sadece Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) ölçütleri dikkate alınmıştır.

Tablo 6.5, Tablo 6.6 ve Tablo 6.7’de çalışılan her bir bölgedeki en düşük ve en yüksek ortalama kayma dalga hızı değeri (SPT N_{30} değerinden ampirik olarak bulunan) dikkate

alınarak, TBDY 2018, NEHRP ve Eurocode 8 sınıflamalarına göre zemin sınıfları belirlenmiştir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) ölçütleri dikkate alınarak yapılan zemin sınıflamasında inceleme alanındaki yerleşim yeri zeminlerinin genel olarak ZD sınıfı (Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları) zeminlerden oluştuğu göze çarpmaktadır (Tablo 6.5). Öte yandan, Talas ve Yeşilyurt bölgelerinde V_s hızının 1000 m/s'nin üzerine çıkmasına bağlı olarak bu bölgede yer yer ZB sınıfı zeminler (Az ayrılmış, orta sağlam kayalar) de yer almaktadır. Bu alanlar genellikle topoğrafik olarak eğimin arttığı, kaya birimlerinin yüzlek verdiği kesimlere karşılık gelmektedir.

Ulusal Deprem Tehlike Azaltma Programı (National Earthquake Hazard Reduction Program-NEHRP) ölçütlerine göre yapılan zemin sınıflamalarında ise Kayseri il merkezindeki inceleme alanlarında zeminlerin genel olarak sert ve sıkı zeminleri tanımlayan D sınıfı zeminler olduğu görülmektedir. Talas ve Yeşilyurt yerleşimindeki kayalık alanlar ise B sınıfı zeminler (Kaya) olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 6.6).

Son olarak Eurocode 8 sınıflamasına göre ortalama kayma dalga hızı değerleri dikkate alındığında Kayseri il merkezindeki zeminlerin çoğunlukla C sınıfı zemin (Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil) olduğu görülmektedir (Tablo 6.7). Bunun yanı sıra Talas ve Yeşilyurt yerleşimlerinde ortalama kayma dalga hızının 1000 m/s'nin üzerine çıktığı alanlar da Eurocode 8 ölçütlerine göre A sınıfı zemin (Kaya ya da benzeri formasyonlar) olarak ayırtlanmaktadır.

Tablo 6. 5. İnceleme alanlarında en düşük ve en yüksek V_{s30} değerine bağlı TBDY 2018 ölçütlerine göre zemin sınıfları

Bölgenin Adı	En Düşük V_{s30} (m/s)	Zemin Sınıfı	En Yüksek V_{s30} (m/s)	Zemin Sınıfı
AVM	236	ZD <i>Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları</i>	264	ZD <i>Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları</i>
Boztepe	263	ZD <i>Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları</i>	267	ZD <i>Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları</i>
Cırgalan	246	ZD <i>Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları</i>	271	ZD <i>Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları</i>

Erkilet	254	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	283	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Hacılar	260	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	290	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Mobilyakent	230	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	264	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Pervane	242	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	278	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Şeker	230	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	258	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Talas	268	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	1000	ZB Az ayrıışmış, orta sağlam kayalar
Üniversite	271	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	278	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Yeşilyurt	254	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	1100	ZB Az ayrıışmış, orta sağlam kayalar
Yıldırım Beyazıt	262	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	286	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Oymaağaç	265	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	289	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Süksün	249	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	294	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
OSB Cami	236	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	256	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Kuşoğlu	262	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	264	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Sahabiye	259	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	270	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Uğurevler	184	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	269	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları

Anbar	254	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	272	ZD Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
-------	-----	--	-----	--

Tablo 6. 6. İnceleme alanlarında en düşük ve en yüksek V_{s30} değerine bağlı NEHRP ölçütlerine göre zemin sınıfları

Bölgenin Adı	En Düşük V_{s30} (m/s)	Zemin Sınıfı	En Yüksek V_{s30} (m/s)	Zemin Sınıfı
AVM	236	D Sert/Sıkı Zemin	264	D Sert/Sıkı Zemin
Boztepe	263	D Sert/Sıkı Zemin	267	D Sert/Sıkı Zemin
Cırgalan	246	D Sert/Sıkı Zemin	271	D Sert/Sıkı Zemin
Erkilet	254	D Sert/Sıkı Zemin	283	D Sert/Sıkı Zemin
Hacılar	260	D Sert/Sıkı Zemin	290	D Sert/Sıkı Zemin
Mobilyakent	230	D Sert/Sıkı Zemin	264	D Sert/Sıkı Zemin
Pervane	242	D Sert/Sıkı Zemin	278	D Sert/Sıkı Zemin
Şeker	230	D Sert/Sıkı Zemin	258	D Sert/Sıkı Zemin
Talas	268	D Sert/Sıkı Zemin	1000	B Kaya
Üniversite	271	D Sert/Sıkı Zemin	278	D Sert/Sıkı Zemin
Yeşilyurt	254	D Sert/Sıkı Zemin	1100	B Kaya
Yıldırım Beyazıt	262	D Sert/Sıkı Zemin	286	D Sert/Sıkı Zemin
Oymaağaç	265	D Sert/Sıkı Zemin	289	D Sert/Sıkı Zemin
Süksün	249	D Sert/Sıkı Zemin	294	D Sert/Sıkı Zemin
OSB Cami	236	D Sert/Sıkı Zemin	256	D Sert/Sıkı Zemin
Kuşoğlu	262	D Sert/Sıkı Zemin	264	D Sert/Sıkı Zemin
Sahabiye	259	D Sert/Sıkı Zemin	270	D Sert/Sıkı Zemin
Uğurevler	184	D Sert/Sıkı Zemin	269	D Sert/Sıkı Zemin
Anbar	254	D Sert/Sıkı Zemin	272	D Sert/Sıkı Zemin

Tablo 6. 7. İnceleme alanlarında en düşük ve en yüksek V_{s30} değerine bağlı Eurocode8 ölçütlerine göre zemin sınıfları

Bölgenin Adı	En Düşük V_{s30} (m/s)	Zemin Sınıfı	En Yüksek V_{s30} (m/s)	Zemin Sınıfı
AVM	236	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	264	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Boztepe	263	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	267	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Cırgalan	246	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	271	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Erkilet	254	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	283	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Hacılar	260	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	290	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Mobilyakent	230	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	264	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Pervane	242	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	278	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Şeker	230	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	258	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Talas	268	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	1000	A Kaya ya da benzeri formasyonlar
Üniversite	271	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	278	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Yeşilyurt	254	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	1100	A Kaya ya da benzeri formasyonlar
Yıldırım Beyazıt	262	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	286	C Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
Oymaağaç	265	C Sıkı ya da orta sıkı	289	C Sıkı ya da orta sıkı

		<i>kum, çakıl veya sert kil</i>		<i>kum, çakıl veya sert kil</i>
Süksün	249	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>	294	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>
OSB Cami	236	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>	256	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>
Kuşoğlu	262	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>	264	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>
Sahabiye	259	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>	270	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>
Uğurevler	184	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>	269	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>
Anbar	254	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>	272	C <i>Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil</i>

6.3. Kayseri İl Merkezi V_{s30} Dağılım Haritaları

Önceki bölümlerde belirtildiği üzere SPT N_{30} verileri kullanılarak Akın vd. (2011)'e ait eşitlik kullanılarak sondaj kuyularının bulunduğu lokasyonlar için 30 m'lik derinlikteki zeminler için V_s değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan V_s değerleri kullanılarak bu lokasyonlar için ortalama kayma dalga hızı (V_{s30}) belirlenmiştir. Öte yandan, aynı alanlarda jeofizik etüt çalışmaları sırasında yapılan sismik kırılma ölçümlerinden elde edilen kayma dalga hızı verileri ile belirlenmiş olan V_{s30} değerleri de bu tez çalışması kapsamında dikkate alınmıştır. İki ayrı yöntemle belirlenmiş olan V_{s30} değerleri kullanılarak Kayseri il merkezinde incelenen bölgeler için iki farklı V_{s30} dağılım haritası hazırlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında haritaların hazırlanması sırasında Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı MapInfo yazılımından yararlanılmıştır. V_{s30} dağılım haritalarının üretilmesi sırasında farklı lokasyonlardaki verilerin enterpolasyonunda Ters Mesafe Ağırlıklandırma (Inverse Distance Weighting-IDW) yöntemi kullanılmıştır. Ters Mesafe Ağırlıklandırma yöntemi, belirli bir alandaki bilinmeyen noktaların mevcut ve bilinen yakın noktalardaki değerleri aracılığıyla tahmininde kullanılmaktadır. Bu

kapsamda mevcut veri noktaları arasındaki alanlardaki veri değerleri kestirilmeye çalışılmaktadır.

Kayseri il merkezindeki incelemeye konu olan alanlardaki sondaj kuyusu lokasyonları için SPT N_{30} darbe sayılarından ampirik olarak üretilen V_{s30} değerleri kullanılarak üretilen V_{s30} dağılım haritası Şekil 6.2’de sunulmuştur.

Üretilen bu harita incelendiğinde Kayseri il merkezinin düzlük alanlarda kurulu olan bölümlerinde ortalama kayma dalga hızının genel olarak 250 – 300 m/s aralığında değişim gösterdiği dikkati çekmektedir. Bunun yanı sıra, ilin doğusuna ve güneydoğusuna gidildikçe Erciyes Dağı volkanizmasının ürünü olan piroklastik kayaçların (ignimbirit) yüzlek verdiği alanlarda V_{s30} değerleri aniden yükselmekte ve 750 m/s’nin üzerine çıkabilmektedir. Bu bölgeler genellikle Kayseri ili Talas ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Sonuç olarak üretilen V_{s30} dağılım haritasının Kayseri ile merkezinin jeolojik yapısı ile uyumlu olduğu görülmektedir.

İnceleme alanı için SPT N_{30} tabanlı V_{s30} dağılım haritasına detay olarak bakıldığında çalışma alanının, Talas ilçesi Bahçelievler Mahallesi, Yenidoğan, Yıldırım Beyazıt, Uğurevler Mahalleri ortalama kayma dalga hızının yüksek olduğu alanlara karşılık gelmektedir ve bu bölgelerde genellikle V_{s30} hızlarının 500 m/s ile 750 m/s arasında değiştiği görülmektedir. Bu bilgiler işığında NEHRP sınıflamasına göre bu bölgedeki zeminlerin C sınıfı (ok Sıkı-Sert Zemin ya da Yumuşak Kaya) zeminlerden oluştuğundan söz edilebilir. Eurocode 8’de aynı alan V_{s30} hızlarına göre B sınıfı (ok sıkı kum, çakıl ya da çok sert killer) olarak sınıflandırılmaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne göre ortalama kayma dalga hızının 500 ile 750 m/s arasında olduğu alanlarda zemin sınıfı ZC (ok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakası veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kaya) olarak bulunmaktadır.

ortalama kayma dalga hızlarının genellikle daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İlin batısına doğru yerel zemin koşullarının görece kötüleştiği Boğazköprü mevkinde V_{s30} değeri 300 m/s'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 6.3). Oysaki aynı bölge için Şekil 6.2'de sunulan haritada ortalama kayma dalga hızı değeri 250 m/s'nin altına düşmektedir. Benzer şekilde şehrin güney kesiminde jeofizik ölçüm sonuçları daha yüksek V_{s30} değerlerini işaret etmektedir.

İnceleme alanından elde edilen jeofizik verilerinden üretilen V_{s30} dağılım haritasına (Şekil 6.3) bakıldığında Üniversite, AVM, Oymağaç, Mobilyakent, Şeker Mahallesi, Süksün civarı haritada kırmızı ile gösterilen bölgede yer almakta olup, bu sahalarda V_{s30} hızlarının 250 m/s ile 350 m/s arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu kesimlerde NEHRP zemin sınıflamasına göre D sınıfı, Eurocode 8 ölçütlerine göre C sınıfı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre ise ZD sınıfı zeminlerden söz edilebilir.

İncelenen diğer bölgelerde ise V_{s30} değerlerine bakıldığında; Hacılar, Eğribucak, Beğendik, Erkilet, Osman Gazi, Boztepe Mahalleleri ile Çırgalan, Talas Yenidoğan, Bahçelievler, mahallelerinde genellikle hız değerlerinin 350 m/s ile 750 m/s arasında değiştiği görülmektedir. Bu doğrultuda, NEHRP sınıflamasına göre bu alanlardaki zeminler C sınıfı, Eurocode 8 zemin sınıflamasına göre B sınıfı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre de ZC sınıfı zeminler mevcuttur (Şekil 6.3).

6.4. Kayseri İl Merkezi Zemin Büyütmesi Dağılım Haritaları

Zemin büyütmesi bir deprem sonrasında açığa çıkan dalgalarının odak noktasından yayılımı sırasında yeryüzüne yakın zayıf, gevşek ve suya doygun zemin tabakaları içinden geçerken genliklerinde meydana gelen artış olarak tanımlanmaktadır. Deprem dalgaları kaya ortamlardan geçerken genliklerinde önemli bir değişim olmazken, belirtildiği şekilde suya doygun alüvyon birimlerinde zemin büyütmesine sıklıkla rastlanmaktadır. Zemin büyütmesinin boyutu zeminin dayanımı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle ortalama kayma dalga hızı (V_{s30}) zemin büyütmesinin miktarını belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında SPT N_{30} değerlerinden dolayı olarak ve sismik kırılma ölçümleri ile doğrudan belirlenen 30 m derinlik için ortalama kayma dalga hızı değerleri

piroklastiklerden oluşan kayalık kesimlerde zemin büyütmesi 1.5 değerinin altına düşmektedir. Benzer şekilde şehrin kuzeyindeki Erkilet civarında kayalık alanlara doğru zemin büyütmelerinin azaldığı dikkati çekmektedir.

İnceleme alanında SPT verilerinden elde edilen V_{s30} değerleri ile belirlenen zemin büyütmeleri incelendiğinde çalışma alanının Hacılar, Eğribucak, Beğendik Mahallesi ve Talas ilçesi Bahçelievler, Yenidoğan, Tavlusun, Yıldırım Beyazıt, Uğurevler, Sahabiye, Erkilet, Osman Gazi, Boztepe mahallelerinde zemin büyütmelerinin 1.5 ile 2.25 arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Bu kesimlerde V_{s30} değerlerinin yaklaşık olarak 360 m/s ile 750m/s arasında değiştiği ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ndeki zemin sınıflamasına göre yerel zemin sınıfının ZC olduğundan sözü edilebilir.

Çalışma alanının diğer bölgelerinden olan Çırgalan, Üniversite, AVM, Oymağaç, Mobilyakent, Şeker ve Süksün civarlarında zemin büyütmelerinin 2.25'in üzerine çıkarak 2.5 arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Bu bölgeler genellikle şehrin düzlük kesimlerine karşılık gelmekte olup bu alanlarda V_{s30} değerlerinin yaklaşık olarak 250 m/s ile 350 m/s arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu kesimlerde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (2018) göre yerel zemin sınıfının ZD olduğu görülmektedir.

Şekil 6.5'te ise incelenen alanlar için doğrudan belirlenmiş olan V_{s30} değerleri kullanılarak hesaplanmış zemin büyütmesi verisinden hazırlanmış zemin büyütmesi dağılım haritası gösterilmektedir. Şekil 6.4'te sunulan zemin büyütme haritasından farklı olarak zemin büyütme değerlerinin genel olarak daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. İncelenen alanın orta bölümündeki Oymağaç, Şeker ve 19 Mayıs mahallelerinin ortasındaki alanda Şekil 6.4'te sunulan haritaya benzer olarak zemin büyütme değerlerinin 2.5'a yaklaştığı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle her iki veri seti ile hazırlanmış zemin büyütme haritasında belirtilen bölgede zemin büyütmesinin diğer alanlara göre görece yüksek olduğu ortaya konmuştur. Bunun yanı sıra, Talas Yenidoğan ve Bahçelievler Mahallesi civarlarında zemin büyütme değerleri oldukça düşmekte ve 1.5 değerinin altına yaklaşmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde Kayseri il merkezindeki incelenen alanlarda zemin büyütmesinin 2.5 değerinin altında olması sebebiyle düşük tehlike düzeyini işaret ettiği ifade edilebilir.

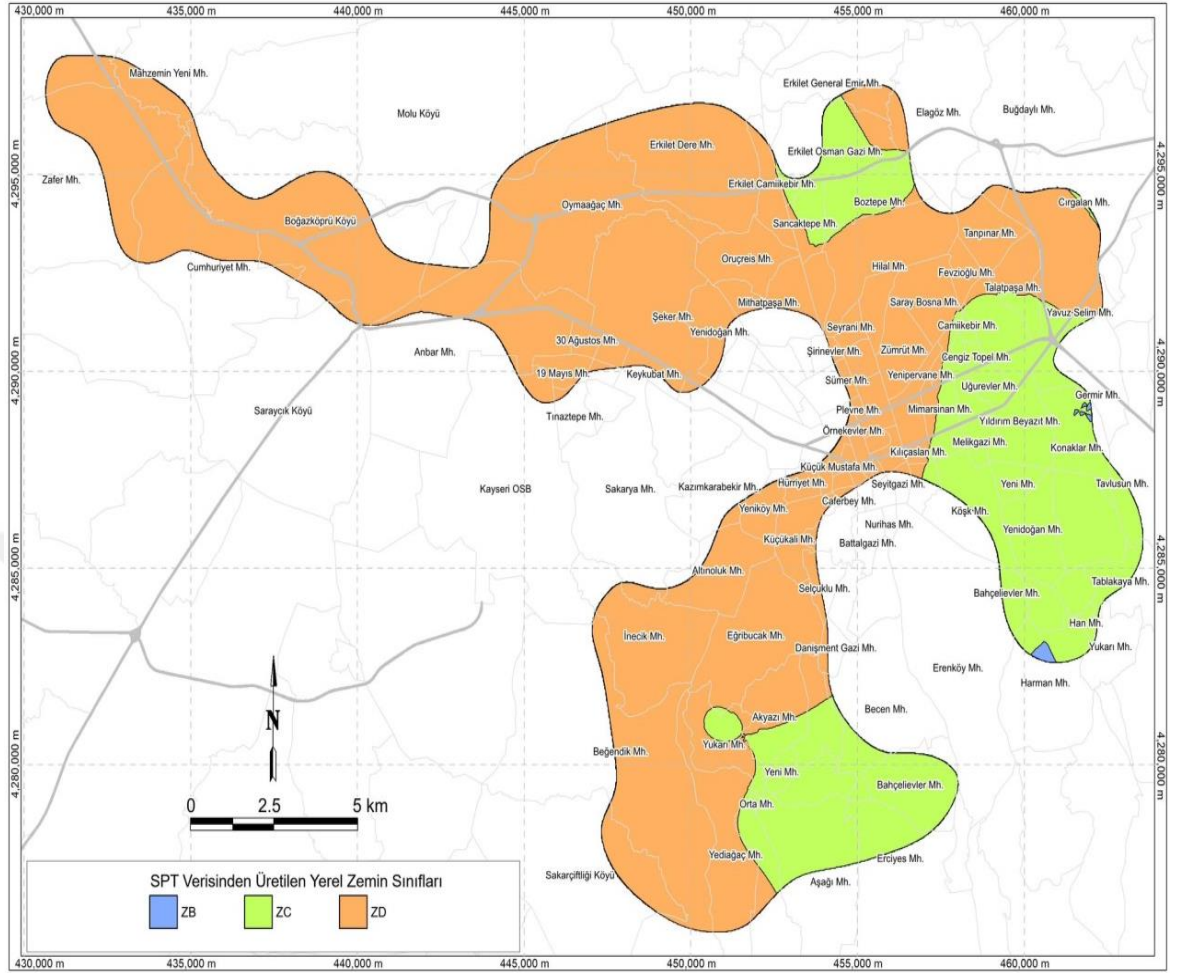
nedenle bu bölgelerdeki zeminler Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (2018) göre ZD olarak sınıflandırılmıştır.

6.5. Kayseri İl Merkezi Zemin Sınıflama Dağılım Haritaları

Bu tez çalışması kapsamında mevcut veri setinden iki farklı yöntemle (SPT N_{30} ve sismik kırılma) elde edilen V_{s30} değerleri baz alınarak çalışma alanının genelini yansıtacak şekilde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) ölçütlerine göre iki farklı zemin sınıfı dağılım haritası hazırlanmıştır.

Şekil 6.6'da incelenen alanlar için SPT N_{30} değerlerinden ampirik olarak belirlenmiş olan V_{s30} değerleri dikkate alınarak hazırlanmış zemin sınıflama dağılım haritası gösterilmektedir. Bu haritada Kayseri il merkezindeki birçok alanın ZD türü zeminlerden (orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları) oluştuğu göze çarpmaktadır. Bununla birlikte, inceleme alanının doğu ve güney kesimlerinde ZC türü zeminler (çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar) yayılım göstermektedir. ZB türü zeminler (az ayrıışmış, orta sağlam kayalar) ise Harman Mahallesi yakınlarındaki çok sınırlı bir alanda yüzlek vermektedir.

İnceleme alanında SPT verilerinden elde edilen V_{s30} değerleri ile yapılan zemin sınıflama haritası incelendiğinde Hacılar, Eğribucak, Beğendik, Erkilet Dere, Cırgalan, Üniversite, AVM, Oymağaç, Mobilyakent, Şeker, Süksün mahalleleri başta olmak üzere birçok alanın Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre yerel zemin sınıfının ZD olduğundan söz edilebilir. Öte yandan, ortalama kayma dalga hızının artışına da bağlı olarak Talas, Yenidoğan, Tavlusun, Yıldırım Beyazıt, Uğurevler, Sahabiye, Bahçelievler, Erkilet, Erkilet Osman Gazi mahallelerinin bulunduğu doğuda ve güneydoğudaki (yeşil ile gösterilen kesim) sahalarda yerel zemin sınıfının ZC olduğu ve zeminlerin çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Bu durum şehrin doğu, güney ve kuzeyine doğru kayalık kesimlere yaklaşıldıkça zemin sınıfının göreceli olarak artış gösterdiğini işaret etmektedir. Bununla birlikte şehrin orta kesimlerindeki düzlük alanlarda ortalama kayma dalga hızındaki azalışa bağlı olarak zemin sınıfı ZD olarak ayırtlanmaktadır.



Şekil 6.6. Kayseri il merkezindeki incelenen alanlar için SPT N_{30} verisinden üretilen yerel zemin sınıflama dağılım haritası

Şekil 6.7’de ise incelenen alanlar için doğrudan jeofizik yöntemle belirlenmiş olan V_{s30} değerleri kullanılarak hazırlanmış yerel zemin sınıflama dağılım haritası verilmektedir. Bu haritada Kayseri il merkezindeki zeminlerin ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminlerden oluştuğu ve il genelinde bu zemin türlerinin farklı alanlarda dağılım gösterdiği görülmektedir. Buna göre şehrin doğu ve güney bölümleri ağırlıklı olarak ZC sınıfı zeminlerden oluşmaktayken, orta bölümlerde ZD sınıfı zeminler yayılım sergilemektedir. ZB türü zeminler ise Tavlasun civarında sınırlı bir alanda gözlenmektedir.

Jeofizik verilerinden üretilen yerel zemin sınıf dağılım haritası detay olarak incelendiğinde araştırma bölgesinin Hacılar, Eğribucak, Beğendik, Talas, Yenidoğan, Yıldırım Beyazıt, Uğurevler, Sahabiye, Bahçelievler mahallelerinde yerel zemin sınıfının ZC olduğu (çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar) sonucuna varılmıştır. Öte yandan, Erkilet Osman Gazi, Erkilet Dere Mahallesi, Cırgalan, Üniversite AVM, Oymağaç, Mobilyakent ve Şeker

7. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kayseri ili İç Anadolu Bölgemizde yoğun ve yüksek yapılaşmanın egemen olduğu bir kentimizdir. Bununla birlikte ilin ekonomisinde sanayi tesisleri önemli bir yer tutmaktadır. Kayseri il merkezi bulunduğu konum itibarıyla de kuzeyde Erkilet Fay Zonu ve güney-güneydoğuda Erciyes Fay Zonu ile sınırlanmış durumdadır. Her iki fay zonu da aktif olup, tarihsel süreç içerisinde yıkıcı depremler üretmişlerdir. En son olarak 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinden sonra 28 Şubat ve 7 Mart 2023 tarihlerinde İncesu (Kayseri) ve yakın çevresinde büyüklükleri 4.2 ile 4.9 arasında değişen dört deprem meydana gelmiştir. Bu depremler Kayseri ilinde depreme dayanıklı yapı tasarımının ve imar planlamalarında zemin koşullarının bilinmesi gerektiğinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Kayseri il merkezi ve yakın çevresinde yer alan aktif faylar 5 - 6.5 büyüklüğünde deprem meydana getirme potansiyeline sahiptirler. Geçmiş dönemde Kayseri ve çevresinde yaşanmış depremler de Kayseri ilinin deprem tehlikesi altında olduğunu göstermektedir. Bu nedenle il genelindeki yapılaşmalarda yerel zemin koşullarının bilinmesi gereklidir. Kayseri coğrafi olarak doğrudan atımlı fayların çevrelediği bir alanda konumlandığından hem Kayseri hem de çevresindeki iller aletsel ve tarihsel zamanlarda yıkıcı depremlerden olumsuz şekilde etkilenmiştir. Bu zararın ortaya çıkmasında Kayseri il merkezinin büyük bölümünün alüvyon üzerine kurulu olması önemli bir rol oynamaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında Kayseri il merkezinde yerleşimin yoğun olduğu bazı lokasyonlar için yerel zemin koşullarının ortalama kayma dalga hızı parametresine bağlı olarak ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Kayseri ilindeki bazı yerleşim alanları için ortalama kayma dalga hızı değerleri kullanılarak V_{s30} , zemin büyütme ve zemin sınıfı haritaları hazırlanmıştır. Bu kapsamda ortalama kayma dalga hızının belirlenmesinde SPT N_{30} değerlerin ampirik ilişkiler ile elde edilmesinin yanı sıra doğrudan sismik kırılma yöntemi ile ölçülmüş V_s değerlerinden de yararlanılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Jeolojik olarak ele alındığında Kayseri il merkezindeki inceleme alanlarının genel olarak alüvyon birimlerden oluştuğu görülmektedir. Özellikle il merkezinin düzlük

kesimlerinde zaman zaman yeraltısuyu da içeren zemin birimleri kalın bir yayılım göstermektedir. Şehrin kuzeyinde sedimanter kayaçların yanı sıra güney-güneydoğusunda ise Erciyes Dağı'nın volkanik ürünleri olan piroklastik kaya birimleri yayılım göstermektedir. Çalışma alanındaki jeolojik birimler için elde edilen V_{s30} değerleri, yaklaşık olarak 200 ile 1000 m/s arasında geniş bir aralıkta dağılım sergilemektedir. İncelenen alanlar içerisinde ortalama kayma dalga hızının 200 m/s'nin altına düştüğü çok fazla alan olmamakla birlikte, özellikle Oymağaç, Şeker ve 19 mahallelerinin bulunduğu alanlarda 200 m/s'ye yakın V_{s30} değerlerine rastlanılmaktadır. Bu alanlarda yeraltısuyu seviyesinin de sığ olduğu düşünüldüğünde adı geçen yerleşim alanlarındaki yapılaşmalarda yerel zemin koşullarındaki olumsuzluklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Kayseri ilinde şehrin kuzeyine ve güneyine-güneydoğusuna doğru gidildikçe ve kaya ortamlara yaklaşıldıkça V_{s30} değerleri de artarak 1000 m/s'yi aşan değerlere ulaşabilmektedir. Özellikle Talas ilçesindeki birçok yerleşim alanında jeolojik koşulların etkisiyle yüksek kayma dalga hızı değerleri elde edilebilmektedir. Benzer şekilde Erkilet ve yakın çevresinde de yerel zemin koşullarındaki iyileşmeye bağlı olarak kayma dalga hızları artış sergilemektedir. Bu tez çalışması kapsamında elde edilen bu sonuçların ilin jeolojik yapısıyla büyük uyum gösterdiği söylenebilir.

Zemin büyütmesi (Ak) açısından irdelendiğinde incelenen alanlarda zemin büyütmelerinin genel olarak 1.5 ile 2.5 arasında değiştiği ortaya konmuştur. Bu değerler Kayseri ili zeminlerinde zemin büyütmesi açısından tehlike boyutunun düşük olduğu ($Ak < 2.5$) sonucunu ortaya koymaktadır. Ancak, V_{s30} hızlarının oldukça düştüğü Oymağaç, Şeker ve 19 mahallelerinin bulunduğu alanlarda zemin büyütmesi 2.5 değeri civarlarındadır. İlin kayalık kesimlerinde ise bu değer 1.5 altına inebilmektedir.

Farklı ölçütlere göre farklı sınıflar elde edilebilmekle birlikte il genelindeki zeminlerin Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) ölçütlerine göre ZC ve ZD sınıfı zeminler olduğu ortaya konmuştur. İnceleme alanlarındaki kaya ortamlarda zemin sınıfı V_{s30} değerlerindeki artışa bağlı olarak ZB sınıfına yükselmektedir. Yerel zemin sınıflarının ve bu tez çalışması kapsamında belirlenen ortalama kayma dalgası hızı ve zemin büyütmesi gibi parametrelerin alansal ölçekte belirlendiği göz önünde bulundurulmalı

ve parsel bazlı çalışmalarda bu değerlerin ayrıntılı olarak belirlenmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Sonuç olarak, dolaylı olarak SPT N_{30} değerlerinden ampirik olarak belirlenen ve sismik kırılma ölçümleri ile doğrudan elde edilen V_{s30} değerlerine göre iki farklı değere göre hazırlanan haritalar karşılaştırıldığında gerek V_{s30} değerleri açısından gerekse zemin sınıfları açısından özellikle Kayseri ili batısı ve güneyinde yer alan bazı mahallelerde zaman zaman farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, sismik kırılma verileri dikkate alınarak hazırlanan haritalarda zemin sınıfı incelenen alanlar için genelde ZC olarak bulunurken, zemin büyütmeleminin de 1.5-2.0 civarında olduğu tespit edilmiştir. Ancak SPT N_{30} verilerine göre elde edilen zemin sınıflamasında, V_{s30} değerlerinin daha düşük olması nedeniyle ZD zemin sınıfı hakimdir ve zemin büyütmeleminin de 2.0-2.5 mertebesinde olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan bazı alanlarda ise farklı yöntemlere göre üretilen haritaların uyumlu sonuçlar verdiği de göze çarpmaktadır. İnceleme alanının jeolojik yapısı dikkate alındığında özellikle sert ve sıkı zeminlerin veya kaya birimlerin bulunduğu sahalarda jeofizik yöntemlerle elde edilen V_{s30} değerlerinin daha anlamlı sonuçlar verdiği ifade edilebilir. Bununla birlikte zayıf zeminlerin bulunduğu alanlarda farklı yöntemlerle elde edilen ortalama kayma dalga hızı değerlerinin birbiri ile daha uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Hazırlanan bu tez çalışmasının bundan sonra gerçekleştirilecek imar planlama çalışmalarına yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Öte yandan, depreme dayanıklı ve güvenli şehirleşmede mikrobölgeleme çalışmaları yapılarak yerel zemin koşullarının daha detaylı olarak ortaya konması gereklidir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Kayseri Büyükşehir Belediyesi “Kayseri İl Haritası”
<https://cbs.kayseri.bel.tr/kayseri-kent-bilgi-sistemi>.
2. İler Bankası Genel Müdürlüğü Makina ve Sondaj Dairesi Başkanlığı Jeoteknik Etüt Şube Müdürlüğü. “Kayseri Büyükşehir Belediyesi Boztepe Mahallesi (Kocasınan İlçesi) İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu”. *İLB – İ / 38.001.012*. TEMMUZ – 2009.
3. İnternet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Kayserinin Yağış İstatistikleri”
<http://www.mgm.gov.tr>.
4. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. ”Kayseri İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü”. erişim 9 Aralık 2020. [kayseri.ktb.gov.tr/TR- 54975/jeolojik-yapi.html](http://kayseri.ktb.gov.tr/TR-54975/jeolojik-yapi.html).
5. Yücel, G., “*Suyollarının Kentsel Tasarımdaki Yeri. Önemi ve Kayseri Kanal Projesi Örneği*”. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi*. 2013.
6. Koralay, O.E., Petrography and Geochemistry of Paragneisses in the Çine Submassif of the Menderes Massif, Western Anatolia," *Turkish Journal of Earth Sciences*: Vol. 15: No. 3, Article 3. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/earth/vol15/iss3/3 2006>.
7. İnnocenti vd., “The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: Geochronological data on Kayseri—Nigde area”, *Geological Magazine*, Volume 112 , Issue 4 , July 1975 , pp. 349 – 360 1975.
8. Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L., Zanchi, A.. “Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia”, *Turkey Tectonophysics*, vol.146, p.217-230, 1988.

9. Özçelik, C., İnci, İ., Toprak, M., Eren N., Özgen G., Yaşar T., “Surgical treatment of pulmonary hydatidosis in children”, *Experience in 92 patients Volume 29, Issue 3, March 1994, Pages 392-395.*
10. Şen, E., “Erciyes Stratovulkanı’ nın (Orta Anadolu) volkanolojik ve petrolojik gelişiminin incelenmesi”, *Yüksek Mühendislik Tezi. H.Ü.*, 197 sayfa, Ankara, 1997.
11. Baş, H., Güner, Y. ve Emre, Ö. “Erciyes Dağı Volkanitlerinin Özellikleri”. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.1(1), s.29-44, 1986.
12. Türkecan, A., Acarlar, M., Dönmez, M., Hepşen, N., Bilgin, R.. “Kayseri (Bünyan-Develi-Tomarza) yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaçların petrografisi”, *MTA Rapor No:10186*, Ankara, 1998.
13. Dönmez, M., Türkecan, A., Akçay, A.E. “Kayseri-Niğde-Nevşehir yöresi Tersiyer volkanikleri”, *MTA Rapor No:10575*, Ankara, 2003.
14. Doğan, A., Bulut, İ., Karaçam, A., ‘Kayseri ili yakın çevresinin diri fayları ve deprem tehlike değerlendirmesi’, *İller Bankası Genel Müdürlüğü Raporu*, Ankara, 2008.
15. Duran, F.,. “Erciyes volkanizmasının oluşumu, Koçağız köyü (Kayseri) dolayının stratigrafisi ve tüflerin yapı - kaplama taşı olarak kullanılabilirliği”, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 130 sf.* Adana 2009.
16. Güner, Y., Emre, Ö., Baş, H., “Erciyes Yanardağı’nın Jeolojisi ve Jeomorfolojisi”, *MTA Temel Araştırmalar Dairesi Başkanlığı, Ankara, MTA Rapor Numarası:7550, 7 - 72.* Ankara, 1984.
17. Dönmez, M., Akçay, A.E ve Türkecan, A.. “1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları (Kayseri-K34 paftası)”. *M. T.A. yayınları, No:49* Ankara, 2005.

18. Koçyigit, A., Erol, “A tectonic escape structure: Erciyes pull-apart basin, Kayseri, central Anatolia, Turkey”, *Geodinamica Acta* 14, 133-145, 2001.
19. Tatar, O., Piper J.D., Gürsoy, “H. Palaeomagnetic study of the Erciyes sector of the Ecemiş Fault Zone: Neotectonic deformation in the southeastern part of the Anatolian Block, Bozkurt, E., Winchester, J. A. & Piper, J. D. A. (eds) Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area”, *Geological Society, London, Special Publications*, 173, 423-440, 2000.
20. Dirik, K.. “Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian fault zone, Central Anatolia, Turkey”, *Geodinamica Acta* 14, 147-158, 2001.
21. Çakmak. B.. “Kayseri İli Depremselliği ve Özel Bir Mikro bölgeleme Çalışması”. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi*, Kayseri–2009.
22. Akıl. B.. Bozöyük. İ..Yalçın. C.. “Kayseri Büyükşehir Belediyesi Erenköy-Tavlusun-Yukarıtalas-Tablakaya Kçüköy-Bahçelievler-Harman-Han ve Dere Mahalleleri İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Rapor”, *İller Bankası Genel Müdürlüğü Makina ve Sondaj Dairesi Başkanlığı Jeoteknik Etüt Şube Müdürlüğü. İLB – İ / 38.001.14. TEMMUZ – 2009.*
23. İnternet: Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi “Deprem Sorgulama Sistemi” <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>.
24. Özer, T., Altıntuğ, S., “Kayseri ili Kocasinan ilçesi zemin etüt raporu”, Kayseri, 2016.
25. İnternet: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı “Deprem Tehlikesi Haritası” <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi>

26. İller Bankası Genel Müdürlüğü Makine ve Sondaj Daire Başkanlığı, ‘İncesu (Kayseri) Belediyesi İmar Planına Esas Jeolojik Raporunda Yerleşime Uygun Olmayan Alan Olarak Belirlenen Alanların Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu’, *İLB-İ/38-019-002.*, Ocak 2006.
27. İller Bankası Genel Müdürlüğü Makine ve Sondaj Dairesi Başkanlığı Jeoteknik Etüt Şube Müdürlüğü, “Kayseri Büyükşehir Belediyesi Cırgalan-Talatpaşa ve Tanpınar mahalleleri İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu”, *İLB-İ/38.001.017*, Aralık 2008.
28. Akdeniz, E., ‘Eskişehir Zemini için Kayma Dalgası Hızı(Vs) ile Standart Penetrasyon (SPT) sayısı Arasındaki İlişkinin Modellenmesi’, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2012.
29. Esen, E.,” Senirkent Yerleşim Alanının Vs30 Hız Haritasının Kırılma-Mikro kırınım (Remi) Tekniği İle Çıkarılması” , *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Isparta , 2019.
30. Akın, M.K.. Kramer, S.L., Topal. T., “Empirical correlations of shear wave velocity (Vs) and penetration resistance (SPT-N) for different soils in an earthquake-prone area” *Erbaa-Turkey. Engineering Geology*. 2011.
31. Kanbur. M.Z., Silahtar. A., Özsoy. C., “Sığ Sismik Yansıma. MASW ve ReMi Yöntemleri ile Sığ Yapıların İncelenmesi: Isparta Yerleşim Merkezi Kuzeyi Pliyo-Kuvaterner Çökel Yapı Örneği”, *Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 15-3 (2011).224-232.
32. Pamuk, E., ‘İzmir (Buca) Bölgesinde Yüzeysel Dalgası Yöntemleriyle Elde Edilen Kayma Dalgası Hızlarının (Vs) Analizi Ve Mikrotremor Uygulamaları’, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ocak, 2014.
33. Tunçel, A., “Jeofizik Yöntemlerle Zemin-Anakaya Sınırının Belirlenmesi Ve Dinamik Zemin Parametrelerinin Elde Edilmesi: Karşıyaka Ve Güzelbahçe

- (İzmir) Örneği”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı*, İzmir, Ekim 2014.
34. Erdem, İ., “Konya İl Merkezinin Sismik Hız Özelliklerinin İncelenmesi”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Aralık 2017.
35. Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş.,. “1:250 000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi”, *Kayseri (NJ 36-8) Paftası Seri No: 32 Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara, 2011.
36. Gürler, M., “İzmir Metropol Alanında Mühendislik Ana Kayasının Jeofizik Çalışmalarla Araştırılması”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2015.
37. Uyanık. O.. “Deprem Ağır Hasar Alanlarının Önceden Belirlenmesi ve Şehir Planlaması için Makro ve Mikro Bölgelelendirmelerin Önemi”. *19(2).24-38 Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2015.
38. Üçöz. E.. Yerin Sıvılaşma Potansiyelinin Sismik Verilerle Analizi”, *Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi*, Ankara. 2002.
39. Tüzel, B., ‘Yüzey Dalgasının Ters Çözümü Yöntemiyle İzmir Menemen İlçesi Yerleşim Alanlarının Kayma Dalgası (Vs30) Haritalaması’, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Isparta, 2009.
40. Aykaç.Z., Akın. M.K., Çabalar.A. F., “Vs (30) Tabanlı Yerel Zemin Koşulları ve Deprem Hasar İlişkisi: Van-Abdurrahmangazi Örneği”, *Jeoloji Mühendisliği dergisi Araştırma Makalesi.45(2021)181-198*.
41. Kılıç, İ.E., Kutlu. Z.N., Özcan, E.O., “2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Uyarınca Bir İnceleme Alanının Zemin Etüdü Açısından İncelenmesi”, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi 10(1):100-112.2020*. 2019.

42. Bol, E., Sert. S., Özocak, A., “Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Geoteknik Alanında Değişken Zemin Ortamında Uygulaması” 2018 Published in 6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 09-11 November Alanya – Antalya, 2018
43. Schumacher, U.M., Schumacher, R., Götte-Viereck, G.L., Lepetit, P. “Areal Distribution and Bulk Rock Density Variations of the Welded İncesu İgnimbrite, Central Anatolia”, *J. Earth Sci.*, vol.13, p.249-267.2004.
44. Batum, İ., “Nevşehir Güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Yöresi Volkanitlerinin Jeolojisi ve Petroğrafisi”, *Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi*, Cilt:4, Sayı: 1- 2, 102 s. 1978.45.
45. Koçyiğit, A., Beyhan, A., “A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian fault zone”, *Tectonophysics* 284; 317–336. 1988.

