

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

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK
ADAPAZARI İLİNİN MİKRO ZEMİN PARAMETRE
HARİTALARININ HAZIRLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Alper KIYAK

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Can KARAVUL

Mayıs 2008

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK
ADAPAZARI İLİNİN MİKRO ZEMİN PARAMETRE
HARİTALARININ HAZIRLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Alper KIYAK

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 26 / 05 /2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Yrd.Doç.Dr. Can
KARAVUL**

.....
Jüri Başkanı

**Prof.Dr.Ruhi
SAATÇILAR**

.....
Üye

**Yrd.Doç.Dr.Aşkın
DEMİRKOL**

.....
Üye

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Kullanılan Yöntemler Hakkında Temel Bilgiler.....	3
1.1.1. Sismik kırılma yöntemi.....	3
1.1.2. Sondaj yöntemi.....	3
1.1.3. Dinamik elastik parametreleri ve tanımları.....	4
1.1.3.1. Elastisite modülü (E).....	4
1.1.3.2. Kayma modülü (G)	5
1.1.3.3. Zemin emniyet gerilmesi (q_s).....	5

BÖLÜM 2.

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ METODU (CBS) ile MİKROBÖLGELEME

HARİTALARININ TASARIMI.....	6
2.1. İnceleme Alanını Tanıtan Bilgiler.....	6
2.1.1. İnceleme alanı jeolojisi.....	6
2.1.2. Topoğrafya.....	6
2.1.3. Genel jeoloji.....	7
2.1.4. Çalışma alanının depremselliği.....	7
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS).....	7
2.2.1. Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) kapsamı.....	7

2.2.2. Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) avantajları ve metodolojisi.....	9
2.2.3. Konumsal bilgi sistemlerinin sınıflandırılması.....	11
2.3. Zemin Parmetre Haritaların Oluşturulması.....	11
2.4. Mapinfo Programının Avantajları.....	12
2.5. Vertical Mapper Programının Avantajları.....	14
2.5.1. Doğal komşuluk (natural neighbourhood)	15
2.5.2. Yuvarlayarak üçgenleme (triangulation with smoothing)	15
2.5.3. Uzaklıkla ters orantılı ağırlıkta (inverse distance weighting)	16
2.5.4. Dikdörtgensel enterpolasyon (rectengular interpolation)	17
BÖLÜM 3.	
BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC) İLE YEREL ZEMİN SINIFLANDIRMA	
İŞLEMİ.....	19
3.1. Bulanık Mantık Sistemi.....	19
3.1.1. Bulanık mantığın tarihçesi.....	21
3.1.2. Bulanık küme teorisi ve modelleme çeşitleri.....	22
3.2. Mamdani Tipi Bulanık Modellemenin Esasları.....	22
3.2.1. Mamdani tipi bulanık modelleme uygulaması.....	23
3.3. Takagi Sugeno Bulanık Modellemenin Esasları ve Modelleme Uygulaması....	31
BÖLÜM 4	
İNCELEME ALANI ADAPAZARI İLİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	36
4.1. İnceleme Alanının Coğrafi Konumu ve Özellikleri.....	36
4.2. Genel Jeoloji ve Jeomorfoloji.....	37
4.3. Türkiye'nin Genel Tektoniği.....	44
4.4. Bölgesel Tektonik ve Faylar.....	46
4.5. İnceleme Alanının Jeolojisi.....	48
4.6. İnceleme Alanının Topoğrafik Durumu.....	49
4.7. İnceleme Alanının Su Durumu.....	51
BÖLÜM 5	
ADAPAZARI İLİ MİKROBÖLGELEME HARİTALARININ OLUŞTURULMASI.....	53
5.1. Verilerin Elde Edilmesi ve Analizi.....	53
5.2. Mikrobölgeleme Haritalarının Hazırlanması.....	55
5.2.1. Sondajlardan alınan veriler kullanılarak oluşturulan haritalar.....	55
5.2.1.1. SPT (standart penetrasyon testi) haritaları.....	55

5.2.1.2. ZEG (zemin emniyet gerilmesi) haritaları.....	62
5.2.2. Sismik çalışmalardan alınan veriler kullanılarak oluşturulan haritalar.....	65
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR.....	79
BÖLÜM 7.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ	86

TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim boyunca danışmanlığımı yapan, Jeofizik mühendisliği mesleğini sevmemde büyük katkısı olan, tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen değerli hocam Yerfiziği Anabilim dalı Başkanı, Yrd.Doç.Dr. Can KARAVUL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerine başvurduğum tüm değerli bölüm öğretim üyesi hocalarıma teşekkür eder, şükranlarımı sunarım. Ayrıca bana her konuda destek olan ve bundan sonraki hayatımda da daima kıymetli arkadaşlarım olarak kalacak, Araştırma Görevlisi arkadaşlarım T.Fikret KURNAZ'a, Fatih SÜNBÜL'e, Hatice DURMUŞ'a sonsuz teşekkürler ederim.

Tezimin hazırlanma sürecinde yardımlarını benden esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Alparslan Serhat DEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim ve tezimi hazırlamam sürecinde sıkıntılarımı, yorgunluğumu ve hayatı benimle paylaşan çok kıymetli eşim Saliha KIYAK'a, ve birkaç ay sonra aramıza katılacak olan kızıma ve tüm hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
E	: Elastisite Modülü
G	: Kayma Modülü
H-1	: Birinci tabaka kalınlığı (sismik verisinden)
IDW	: Inverse Distance Weighting
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Kurumu
NN	: Natural Neighbourhood
Qal	: Alüvyon
Qs	: Zemin Emniyet Gerilmesi (sismik verisinden)
RI	: Rectengular Interpolation
SPT	: Standart Penetrasyon Testi
TWS	: Triangulation With Smoothing
V_p	: P Dalga Hızı
V_s	: S Dalga Hızı
YAS	: Yeraltı Suyu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1	Elastisite modülü.....	4
Şekil 1.2	Kayma modülü.....	5
Şekil 1.3	Zemin emniyet gerilmesi(sismik yönt.).....	5
Şekil 2.1	Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) metodolojisi.....	11
Şekil 2.2	Doğal Komşuluk (Natural Neighborhood).....	15
Şekil 2.3	Yuvarlayarak Üçgenleme (Triangulation With Smoothing).....	16
Şekil 2.4	Uzaklıkla Ters Orantılı Ağırlıkta (Inverse Distance Weighting).....	16
Şekil 2.5	Dikdörtgensel Enterpolasyon (Rectengular Interpolation).....	17
Şekil 2.6	H1 (1. Tabaka Kalınlığı) Haritası 4 Metot.....	18
Şekil 3.1a	Mamdani tipi bulanık model genel görünüm (Zemin Grubu Belirleme Modeli).....	28
Şekil 3.1b	Mamdani tipi bulanık model genel görünüm (Zemin Sınıfı belirleme modeli).....	28
Şekil 3.2a	Mamdani tipi bulanık model SPT girdisi üyelik fonksiyonlarının dağılımı.....	28
Şekil 3.2b	Mamdani tipi bulanık model Vs girdisi üyelik fonksiyonlarının dağılımı.....	29
Şekil 3.2c	Mamdani tipi bulanık model Grup çıktısı üyelik fonksiyonlarının dağılımı.....	29
Şekil 3.3a	Mamdani tipi bulanık model H girdisi üyelik fonksiyonlarının dağılımı.....	29
Şekil 3.3b	Mamdani tipi bulanık model Grup girdisi üyelik fonksiyonlarının dağılımı.....	30
Şekil 3.3c	Mamdani tipi bulanık model Sınıf çıktısı üyelik fonksiyonlarının dağılımı.....	30

Şekil 3.4	Mamdani tipi bulanık model sonuçlarından CBS kullanılarak oluşturulan çalışma alanı Yerel Zemin Sınıfı Haritası.....	31
Şekil 3.5a	Sugeno tipi bulanık model genel görünüm (Zemin Grubu Belirleme Modeli).....	33
Şekil 3.5b	Sugeno tipi bulanık model genel görünüm (Zemin Sınıfı Belirleme Modeli).....	33
Şekil 3.6a	Sugeno tipi bulanık model Grup çıktısı üyelik fonksiyonlarının dağılımı.....	33
Şekil 3.6b	Sugeno tipi bulanık model Sınıf çıktısı üyelik fonksiyonlarının dağılımı.....	33
Şekil 3.7	Sugeno tipi bulanık model sonuçlarından CBS kullanılarak oluşturulan çalışma alanı Yerel Zemin Sınıfı Haritası	34
Şekil 4.1	İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	37
Şekil 4.2	Adapazarı jeoloji haritası.....	38
Şekil 4.3	Adapazarı' nın KD' dan GB' ya doğru morfolojik görünümü.....	43
Şekil 4.4	Türkiye Tektonik Haritası.....	46
Şekil 4.5	Adapazarı ve çevresinin neo-tektonik haritası.....	47
Şekil 4.6	Adapazarı ve çevresinin topoğrafik haritası.....	50
Şekil 4.7	İnceleme alanının YAS (Yeraltı Su Seviyesi) Haritası.....	52
Şekil 5.1	Analiz öncesi görünüm.....	54
Şekil 5.2	Analiz sonrası görünüm.....	54
Şekil 5.3	SPT-1 (Standart Penetrasyon Testi) haritası.....	57
Şekil 5.4	SPT-2 (Standart Penetrasyon Testi) haritası.....	58
Şekil 5.5	SPT-3 (Standart Penetrasyon Testi) haritası.....	59
Şekil 5.6	SPT-4 (Standart Penetrasyon Testi) haritası.....	60
Şekil 5.7	Zemin emniyet gerilmesi(Sondaj yönt.1).....	62
Şekil 5.8	Zemin emniyet gerilmesi(Sondaj yönt.2).....	62
Şekil 5.9	ZEG-1 (Zemin emniyet gerilmesi) haritası.....	63
Şekil 5.10	ZEG-2 (Zemin emniyet gerilmesi) haritası.....	64
Şekil 5.11	Vp-1 Hız haritası.....	67
Şekil 5.12	Vs-1 Hız haritası.....	68
Şekil 5.13	Vp-2 Hız haritası.....	69
Şekil 5.14	Vs-2 Hız haritası.....	70

Şekil 5.15	H-1 (Sismik yönteme göre hesaplanan 1. Tabaka Kalınlığı) Haritası	71
Şekil 5.16	E-1 (Sismik yönteme göre hesaplanan 1. Tabaka Elastiside Modülü) Haritası.....	72
Şekil 5.17	G-1 (Sismik yönteme göre hesaplanan 1. Tabaka Elastiside Modülü) Haritası.....	73
Şekil 5.18	E-2 (Sismik yönteme göre hesaplanan 1. Tabaka Elastiside Modülü) Haritası.....	74
Şekil 5.19	G-2 (Sismik yönteme göre hesaplanan 1. Tabaka Elastiside Modülü) Haritası.....	75
Şekil 5.20	Qs (Sismik yönteme göre hesaplanan Zemin emniyet gerilmesi) Haritası.....	76

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) kapsam özellikleri.....	10
Tablo 3.1.	Yerel Zemin Grupları.....	25
Tablo 3.2.	Yerel Zemin Sınıfları.....	26
Tablo 3.3.	Yerel Zemin Grubunun belirlenmesinde kullanılan kurallar.....	27
Tablo 3.4.	Yerel Zemin Sınıfının belirlenmesinde kullanılan kurallar.....	27
Tablo 3.5.	Bulanık model sonuçlarına göre oluşturulan Zemin grubu haritaları sonuçlarının yüzdelerik dağılımları.....	34
Tablo 4.1.	Adapazarı ve yakın çevresinde yüzeylenen kayaçların jeolojik özellikleri.....	41
Tablo 4.2.	İnceleme alanı YAS (Yer altı Su Seviyesi) yüzdelerik dağılımı.....	51
Tablo 5.1.	İnceleme alanı (Adapazarı) Zemin parametre haritaları (SPT haritaları ve Bulanık Mantık Sonucu haritaları) lejant yüzdelerik dağılımları.....	61
Tablo 5.2.	İnceleme alanı (Adapazarı) Zemin parametre haritaları (ZEG-1, ZEG-2 ve Qs) lejant yüzdelerik dağılımları.....	63
Tablo 5.3.	İnceleme alanı (Adapazarı) Sismik Hız değerleri yüzdelerik dağılımları.....	66
Tablo 5.4.	İnceleme alanı (Adapazarı) Sismik Qs değerleri yüzdelerik dağılımları.....	66

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 4.1.	İnceleme Alanı (Adapazarı) YAS haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	51
Grafik 5.1.	İnceleme Alanı (Adapazarı) SPT1 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafikleri.....	57
Grafik 5.2.	İnceleme Alanı (Adapazarı) SPT2 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafikleri.....	58
Grafik 5.3.	İnceleme Alanı (Adapazarı) SPT3 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafikleri.....	59
Grafik 5.4.	İnceleme Alanı (Adapazarı) SPT4 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafikleri.....	60
Grafik 5.5.	İnceleme Alanı (Adapazarı) Mamdani Bulanık mantık sonucu haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	61
Grafik 5.6.	İnceleme Alanı (Adapazarı) Sugeno Bulanık mantık sonucu haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	61
Grafik 5.7.	İnceleme Alanı (Adapazarı) ZEG-1 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	64
Grafik 5.8.	İnceleme Alanı (Adapazarı) ZEG-2 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	65
Grafik 5.9.	İnceleme Alanı (Adapazarı) P-1 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	67
Grafik 5.10.	İnceleme Alanı (Adapazarı) S-1 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	68
Grafik 5.11.	İnceleme Alanı (Adapazarı) P-2 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	69
Grafik 5.12.	İnceleme Alanı (Adapazarı) S-2 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	70

Grafik 5.13.	İnceleme Alanı (Adapazarı) H-1 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	71
Grafik 5.14.	İnceleme Alanı (Adapazarı) E-1 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	72
Grafik 5.15.	İnceleme Alanı (Adapazarı) G-1 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	73
Grafik 5.16.	İnceleme Alanı (Adapazarı) E-2 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	74
Grafik 5.17.	İnceleme Alanı (Adapazarı) G-2 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	75
Grafik 5.18.	İnceleme Alanı (Adapazarı) Qs haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği.....	76

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Mikrobölgeleme, Kuzey Anadolu Fay Zonu(KAFZ), Bulanık Mantık, Mamdani, Sugeno, Yerel Zemin Grubu, Zemin Emniyet Gerilmesi (ZEG) ,

Bu çalışmada, ülkelerin bugünkü yerleşim alanlarının planlanmasında jeodinamik verilerine ait arşivler oluşturmasının, deprem gibi afetlerin oluşumlarının meydana getirebileceği riskleri öngörmek ve gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamakta etkin ve gerekli bir yöntem olduğunu göstermek amaçlanmıştır.

Gelişmiş ülkelerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak oluşturdukları jeodinamik veritabanı arşivleri ile hazırlanacak mikrobölgeleme haritaları ile deprem gibi afetlerde karşılaşılabilecek riskler en asgari seviyeye düşürülmesi amaçlanmaktadır. Son yıllarda özellikle yerbilimleri alanında sıklıkla kullanılan Bulanık mantık (Fuzzy Logic) metodu ile şehir ve ülke gibi büyük coğrafi bölgelerin Yerel zemin gruplarının sınıflandırılması işlemi klasik metoda göre oldukça kısa sürede yapılarak, CBS' de haritalanabilmektedir.

Bu amaçla yöntemin uygulaması 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinde büyük can ve mal kaybına uğramış Adapazarı ilinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda 2000 adet sondaj ve 280 adet sismik kırılma verilerinden elde edilen zemin parametrelerine ait mikrobölgeleme haritaları oluşturularak, Bulanık Mantık ile sınıflanan zemin grupları CBS' de haritalanmıştır. Mikrobölgeleme haritalarına göre, Adapazarı ili kent merkezi zemininin ilk 1,5 metrelik kesiminin %85–90 oranında Z–4 zemin grubu olduğu görülmüş, artan derinliklerde ise bu oran nispeten azaldığı izlenmekle birlikte, genel dağılımının yine Z–4 ve Z–3 grubu zeminlerden oluştuğu görülmektedir. Dağılımın böyle çıkmasında en büyük etkenin, çalışma alanının yaklaşık % 85'lik bölümünde yeraltı su seviyesinin yüksek oluşu ve alüvyon zemine bağlıdır.

CREATING MICROZONATION MAPS OF ADAPAZARI PROVINCE BY USING GEORAPHIC INFORMATION SYSTEMS

SUMMARY

Keywords: Microzonation, Georaphic Information Systems (GIS), Fuzzy Logic, Soil Group

In this study, we aimed to show the vitality of geodynamic data archives fort he planning of settlement areas and earthquake risks.

In many advanced countries, this geodynamic data archives using for microzonation maps that are preparing by using Georaphic Information Systems (GIS). Recently, the fuzzy logic systems are using for classification of soil groups in city and countries and we can show them on the microzonation maps.

This study applied on the Adapazari province that exposed many damages in 1999 Earthquake. Totally 2000drilling and 280 seismic data were collected and transferred into digital form. The soil groups were classiflicated by fuzzy logic system and microzonation maps were prepared by using GIS. Microzonation maps are show that most areas in the study area have Z-3 and Z-4 kind of soil group. It can be explain by the high ground water levels on the under consideration areas.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkelerin bugünkü yerleşim alanlarının jeodinamik verilerinin arşivlenmesi gereklidir. Arşivlenen bu verilerden ülkelerin deprem ve benzeri afetler zamanında karşılaşılabileceği riskler ortaya çıkacaktır. Şehirlerde gelişim ve yerleşim planları yapılırken bu arşivden yararlanılması olası bir deprem durumunda can ve mal kaybının en aza indirilmesinde büyük rol oynayacaktır. Bu arşivlerde derlenen veriler ile zemin durumunu ortaya koyacak haritalar yapılmalıdır. Bu haritalar tektonik bakımdan aktif olan alanlardan başlayarak ülke geneli için yapılmalıdır. Az gelişmiş yada gelişmekte olan ülkelerde şehirleşmeler zemin özellikleri dikkate alınmadan yapılmaktadır. Bu nedenle de tektonik hareketler sonucunda büyük can ve mal kaybı yaşamaktadırlar. Önce şehir kapsamında lokal olarak hazırlanacak bu haritalar ülke geneli için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)‘nde oluşturulursa afetlere karşı, etkili ve faydalı bir öngörü sistemi elde edilir. Tektonik olarak aktif bir kuşakta yer alan ülkemizde yaşanan depremler, yapılarımızı uygun zeminler üzerinde bina etmemiz gerektiği gerçeğini bize göstermiştir. Bu nedenle yerleşim için tahsis edilmiş ve edilecek alanlardaki zemin özelliklerinin belirlenmesi ve mikrobölgeleme haritalarının oluşturulması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Böylece, hazırlanan haritalar yardımıyla şehirlerde olası depremde meydana gelebilecek can ve mal kaybı en aza indirilmesi mümkün olacaktır. Aynı zamanda şehirlerin gelişme planları bu haritalara göre yapıldığı için zemin koşulları açısından daha sağlıklı şehirleşmeler olacaktır.

Herhangi bir yerleşim alanının araziye ilişkin temel zemin bilgilerinin toplanması, saklanması ve güncellenmesi sonucu zemine ait mikrobölgeleme haritaları ortaya çıkarılabilir. Oluşturulan haritalar sayesinde bilgi edinme süresinin azalması, hem insan gücü, hem de maliyet açısından önemli kazançlar sağlayacaktır.

Bu çalışma, 17-08-1999 depreminde büyük can ve mal kaybı yaşamış Adapazarı için yapılmıştır. Buradaki amaç ise, Ülke geneli için oluşturulacak bu haritaların birim hücrelerinin nasıl oluşturulması gerektiğini, uygulanabilirliğini ve getirdiği avantajları ortaya koymaktır. Oluşturulan sistem şehirler bazında yaygınlaştırılarak ülke genelinde ve hatta daha kapsamlı çalışmalar ile dünya genelinde bir veri tabanı arşivine sahip olunabilir. Bu güne kadar CBS' de zemin bilgi sistemlerine yönelik olarak şehir, ülke ve dünya genelinde arşivler oluşturulmuş ve bu arşivler sayesinde bir çok bilgilere kolayca ulaşılarak faydalanılmaktadır. SIS (Soil information system) (<http://www.soilinformationssystem.com/topic.php?lang=enu&sec=tech>) , Canadian soil information system (<http://sis.agr.gc.ca/cansis>) , NASIS (National soil information system) (<http://www.soils.wisc.edu/courses/SS325/soildata.htm>) gibi CBS ile oluşturulmuş olan sistemler sayesinde ülke genelinde zemine dair her türlü bilgiye ve öngörü sağlayacak haritalara ulaşmak mümkündür. Zemin dinamik parametreleri içerikli bir arşiv ülkemizde bu güne kadar bazı bölgelerde yapılan pilot uygulamalar dışında tüm ülkeyi kapsayacak şekilde bir sistem halinde oluşturulmamıştır.[1-4] Böyle bir arşivin oluşturulmasının tektonik olaylar sonucu insanların yaşayabileceği büyük can ve mal kayıplarının önlenmesinde etkili olacaktır. Ülke genelinde bir sistem oluşturabilmek için iller yada diğer yerleşim birimlerinde yerel yönetimler veya kamu ve özel kuruluşlarca yapılan CBS çalışmalarının oluşturulacak bir merkezde arşivlenerek işlenmesi ve genel kullanıma açılması gereklidir. Yukarıda bahsedilen Dünya'daki benzer uygulamaların çalışma biçimi bu şekilde işlemektedir. Ülkemizde, ülke genelini kapsayan CBS kullanılarak hazırlanan yol bilgi sistemlerinin oluşturulması da bu şekilde yapılmıştır.

GIRVAN ve APPLE , New Jersey Somerset bölgesinin yeniden yapılanmasında GIS kullanımı çalışmasını yapmışlardır. Bu çalışmada Somerset bölgesinin yeniden yapılanması için oluşturulan coğrafik veri tabanı arşivi ve bunlardan yararlanılarak geleceğe dönük öngörüler ve stratejik planlarla yapılanmanın nasıl yapılabileceğini ortaya koymuşlardır [5].

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden (CBS), mikro bölgeleme haritaları oluşturulması ve bulanık mantık sistemi ile yapılan yerel zemin gruplama işlemi sonuçlarının haritalanması amacıyla faydalanılmıştır. Öncelikle coğrafi bilgi

sistemlerinin kullanılmasında en temel malzeme olan verilerin elde edilmesi; raporlar halinde bulunan metin ortamındaki verilerin incelenerek Microsoft Visual Basic dilinde yazılan veri giriş programı ile Microsoft Access'te oluşturulan veritabanına girilmesi işlemi, elde edilen veri setinin SPSS istatistikî analiz programı ile veri analizi işleminden geçirilerek güvenilirliğinin sağlanması, Mamdani ve Sugeno bulanık mantık metotları ile oluşturulan modeller ile yerel zemin sınıflandırılma işleminin yapılması, elde edilen sonuç veri setleri yerel zemin grubu haritalarının hazırlanması ve iki metot sonuçlarının karşılaştırılması, ile Sismik ve Sondaj veri setinde bulunan verileri ile parametre bazında mikrobölgeleme haritalarının hazırlanmasına yer verilmiştir.

1.1. Kullanılan Yöntemler Hakkında Temel Bilgiler

1.1.1. Sismik kırılma yöntemi

Mühendislik çalışmalarında kullanılan sismik-kırılma yönteminde, yeryüzünde veya herhangi derinlikte uygulanan bir kaynakla (balyoz, ağırlık düşürme, patlayıcı vb.) yeraltına elastik şok dalgaları gönderilir. Gönderilen dalga, sismik hızları farklı, değişik birimleri geçerek ilerlerken bu birimlerin sınırına kritik açıyla gelen dalganın bir kısmı kırılıp sınır boyunca ilerleyerek kritik açıyla tekrar kırılarak yeryüzüne ulaşmaktadır. Yeryüzüne ulaşan ve doğrudan yayılan dalgalar, yüzeyle belirli bir düzende ve kaynaktan en az kritik uzaklığında yerleştirilmiş jeofonlar tarafından algılanarak sismograflarda kayıt edilmesi esasına dayanan bu yöntemde farklı litolojik birimler ayırt edilmekte, bu birimlere ait dinamik elastik parametreler hesaplanabilmektedir.

1.1.2. Sondaj yöntemi

Sondaj yeraltında bulunan jeolojik formasyon ve yeraltı zenginlikleri hakkında bilgi toplamak ve işletmelerde üretime geçmek amacıyla küçük çaplı kuyular açma işlemidir. Sondajın kullanım yerleri ise;

- a) Jeolojik bilgi toplamak,
- b) Jeofizik çalışmalar,
- c) Arama işlemleri,
- d) Maden yataklarının işletilmesi,
- e) Temel sondajları ve yeraltı çimentolanması,
- f) Su etüd ve aramaları,
- g) Petrol ve doğal gaz, doğal buhar etüd aramaları,
- h) Drenaj amacıyla yapılır,
- i) İşletmelerde elektrik nakil hatlarının döşenmesi,
- j) Galeri açılmasında,
- k) Radyometrik etüd sahaları (özellikle uranyum aramalarında) kullanılır.

Burada bahsedildiği gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmada sondaj geoteknik amaçlı yapıp, veriler bu amaca göre kullanılmıştır.

1.1.3. Dinamik elastik parametreleri ve tanımları

Bir malzemenin elastik özellikleri, elastik parametreler adı verilen sabitler ile tanımlanır. Mühendislik çalışmalarında önemli bir yere sahip olan ve yapılaşmalardaki zeminin dinamik özelliklerinin belirlenmesi, sismik kırılma çalışmalarında P ve S dalgalarının ölçümleri sayesinde yapılabilmektedir. Gelişmiş dinamik yöntemin her türlü zemine uygulanabilirliği gösterilmiştir [6].

1.1.3.1. Elastisite modülü (E)

Düşey gerilmenin, düşey yamulmaya oranıdır. Ortamın E esneklik direnci büyükse, gerilme altında yerin biçim değişikliği küçük olacaktır.

$$E = G \left(\frac{3V_P^2 - 4V_S^2}{V_P^2 - V_S^2} \right) (\text{kg/cm}^2) \quad (1.1)$$

G: Kayma Modülü

V_p : P dalgası hızı

V_s : S dalgası hızı

1.1.3.2. Kayma modülü (G)

Kesme-makaslama güçleri altında yerin esnemesini belirten esnek burulma direncidir. Sıvıların makaslama kuvvetlerine karşı direnci olmadığından bu parametre 0'dır. Kayma modülü ne kadar büyük ise, formasyonun makaslama gerilmelerine karşı direnci de o kadar fazladır. d , yoğunluğu göstermektedir.

$$G = d V_s^2 \quad (\text{kg/cm}^3) \quad (1.2)$$

d : Yoğunluk

V_s : S dalgası hızı

1.1.3.3. Zemin emniyet gerilmesi (q_s)

İnşaat Mühendislerinin binaların tasarımında v projelendirme safhasında dikkate aldıkları parametrelerden biridir. Bu değer ne kadar büyükse kayacın emniyetli olarak gerilmesi de o kadar artar.

$$q_s = \frac{d V_s T}{40} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (1.3)$$

d : Yoğunluk

V_s : S dalgası hızı

T: Titreşim Periyodu

BÖLÜM 2. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ METODU (CBS) İLE MİKROBÖLGELEME HARİTALARININ TASARIMI

Üzerinde çalışılan bölgenin zeminine ait mikrobölgeleme haritalarının oluşturulması, o bölge ile ilgili bir çok zemin bilgilerinin toplanması, sayısal ortama aktarılarak saklanması ve elde edilen sonuçların yorumlanması ile mümkündür. Bu bölümde mikrobölgeleme haritaları oluşturulacak bir inceleme alanına ait ne tür verilerin toplandığı açıklanacaktır. Ayrıca mikrobölgeleme haritalarının oluşturulmasında Mapinfo Professional programının tercih edilmesinin nedenlerinden bahsedilecektir.

2.1. İnceleme Alanını Tanıtan Bilgiler

2.1.1. İnceleme alanı jeolojisi

Mikrobölgeleme haritaları oluşturulacak olan bölgenin;

- a) İnceleme alan sınırları,
- b) İnceleme alanı ve çevresini kaplayan genel jeolojik bilgilerin elde edilmesi,
- c) Mevcut belediye sınırları içindeki sondaj derinliklerinin tespit edilerek harita üzerinde gösterilmesi.

2.1.2. Topoğrafya

Mikrobölgeleme haritaları oluşturulacak olan bölgenin;

- a) Eğim,
- b) Yükselti,
- c) Topoğrafya,
- d) Nehir, çay vb., gösterilmesi.

2.1.3. Genel jeoloji

Mikrobölgeleme haritaları oluşturulacak olan bölgenin;

- a) Genel jeoloji bilgisi,
- b) Formasyon sınırları,

ile ilgili bilgileri tespit edilerek harita üzerine yerleştirilmesi.

2.1.4. Çalışma alanının deprenselliği

Mikrobölgeleme haritaları oluşturulacak olan bölgenin; deprenselliği araştırılarak, 100-200 km uzaklığı etkilemiş ve etkileyecek olan depremlerin derinlik ve büyüklük değerleri tespit edilir.

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

2.2.1. Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) kapsamı

C.B.S. veya İngilizce kısaltması ile GIS (Geographical Information System) olarak ifade edilen Coğrafi Bilgi Sistemi ilk olarak “Father of GIS” (CBS’nin babası) unvanına sahip olan Roger TOMLINSON tarafından 1960 ‘lı yılların başında coğrafik dataların analizi için yeni bir yöntem olarak keşfedilmesi ile kullanılmaya başlamış ve gelişen teknolojiye paralel olarak geliştirilmiş ve birçok disiplin tarafından kullanılan bir sistem olmuştur.[7]

CBS kullanımının sağladığı en önemli kazanım verinin bilgisayarda işlenebilir hale gelmesidir. Bilgisayarla harita üreten sektör daha çok veri toplama, işleme, denetim, güncelleştirme, depolama ve konumsal verinin dağıtımı ile ilgilenmektedir. Bu, sayısal kartografyanın bir alt alanı olarak tanımlanabilir. Sayısal yöntemle üretilmiş görsel haritalar yalnızca bilgisayarda okunabilen harita veri dosyası olarak algılanmamalıdır. Sayısal harita konumsal varlıkların geometrik olmayan öznitelikleri ve sunumları ile bütünleşmiş ve yapılanmıştır. Böylece sayısal haritalar konumsal biçimlerin tanınmasında ve aralarındaki ilişkilerin anlaşılmasında, konumsal yapıların belirlenmesinde kullanılır.[8]

Yeryüzüne ait bilgileri belirli bir amaca yönelik olarak toplamaya, bilgisayar ortamında depolamaya, kontrol etmeye, sorgulamaya, analiz etmeye ve görüntülemeye olanak sağlayan yazılım, donanım, personel ve veri bileşenlerinden oluşan sistem bütünüdür. Yeryüzüne ait bilgiler genellikle coğrafi koordinatları referans aldıklarından CBS, harita sistemi olarak da algılanmaktadır. Koordinat sistemine göre yeryüzü referanslı olarak bilgisayar ortamında üretilen ve kullanılan haritaları temel altlık kabul eden CBS, planıcı ve karar vericilere bilgileri doğru, hızlı ve eksiksiz sunma ile birlikte harita bazlı analiz imkanı sağlayarak bir çok alanda destek olan bir sistemdir. Yeryüzüne ait olan bilgiler sadece coğrafi olmayıp coğrafi bilgilerin durum ve yapıları hakkında detayları içeren coğrafi olmayan bilgilerde olabilmektedir. CBS her iki bilgiyi de kullanabilme imkanına sahip bir teknolojidir. Temel altlığı çeşitli ölçeklerde harita olan CBS, harita destekli uygulamalardan mümkün olan en iyi şekilde yararlanmayı ve analiz etmeyi sağlamaktadır. Harita üzerindeki bilgiler grafiksel olarak ifade edilebildiğinden konuma dayalı grafik ve grafik olmayan nitelikleri açıklayabilen bilgilerin bir bütün içinde aynı sistemde toplanıp analiz edilmesi gereği CBS'nin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bilgilerin tek bir sistem içerisinde toplanıp, depolanması, modellenerek analiz edilmesi, eldeki bilgilere hızlı ve güvenli bir ulaşımı sağlayacağından sistemin etkinliği ve güvenilirliği daha fazla olacaktır. CBS'nin genel uygulama alanları olarak; bilgisayar tabanlı haritalama, Kent bilgi sistemine dayalı uygulamalar, arazi özelliklerinin analizi (arazinin yapısı, eğimi), toprak türü, erozyon haritaları, trafik işlerliliği, askeri uygulamalar, jeoloji uygulamaları, su ve kar yapısının haritalanması, arazi ulaşım ve tarım planlaması, çevre ve doğal kaynakların yönetimi, yer bulma, yer tahsis etme kararları, pazarlama, eğitim, hastane, emniyet, itfaiye gibi hizmetlerin planlaması ve uygulanması sayılabilir. Kısacası; fiziksel olarak yeryüzünde görülebilen bir nesne ve ona ait her türlü bilginin CBS ortamına aktarılıp analizler yapılması mümkün olmaktadır [9].

Her ölçekteki doğal ortam ile insan, zaman özellikleri ve ilişkilerine ait bilgi toplama, depolama ve analiz çalışmalarını kapsayan, kendine ait metodolojisi olan yöntem Coğrafi Bilgi Sistemi olarak tanımlanabilir. Doğal ortamın fiziksel özellikleri (jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri, iklim, bitki örtüsü, toprak vb.), coğrafyanın insan ve insanla ilgili yaklaşımları, mevcut araziden faydalanma,

düzenleme ve planlama, işletim-yönetim faaliyetleri, zaman içindeki değişimler ve değişikliklerin takibi ve tespiti, güncelleştirme, karşılaştırma, çakıştırma, temin edilen bilgilerin (metin, grafik ve görüntü gb.) saklanması, analiz edilmesi ve sayısal ifadeler ile somut sonuçlara ulaşılması sayısal verilerin görüntü haline dönüşmesidir. [10]

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden (CBS), mikro bölgeleme haritaları oluşturulması ve bulanık mantık sistemi ile yapılan yerel zemin gruplama işlemi sonuçlarının haritalanması amacıyla faydalanılmıştır.

2.2.2. Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) avantajları ve metodolojisi

Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) en büyük avantajı geniş yorum tekniği olup, elde edilen veriden sorgulama yapmasıdır. Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) tanım kapsam ve kabiliyetleri açısından konuya yaklaşıldığında klasik yöntemler ile yapılan çalışmalara göre bazı avantajlar sağladığı görülmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); alansal kaynakların yönetiminde kullanılabilen karar destekli sistemlerdir. CBS disiplinler arası olup, bütünsel yapısı ile verilerin ve bilgilerin bütünleşmesine imkan verir. CBS kullanımının bazı yararları vardır. Bunlar;

- a) Büyük alansal veri setlerinin yönetimi ve saklanmasında uygun bir teknolojidir.
- b) Alansal ilişkilerin ve özelliklerin tanımlanmasında etkin bir araçtır.
- c) Karar vermeye yardımcı olan kabul görmüş bir yöntemdir.
- d) Yüksek kalitedeki haritaların hazırlanması için bir mekanizmadır.

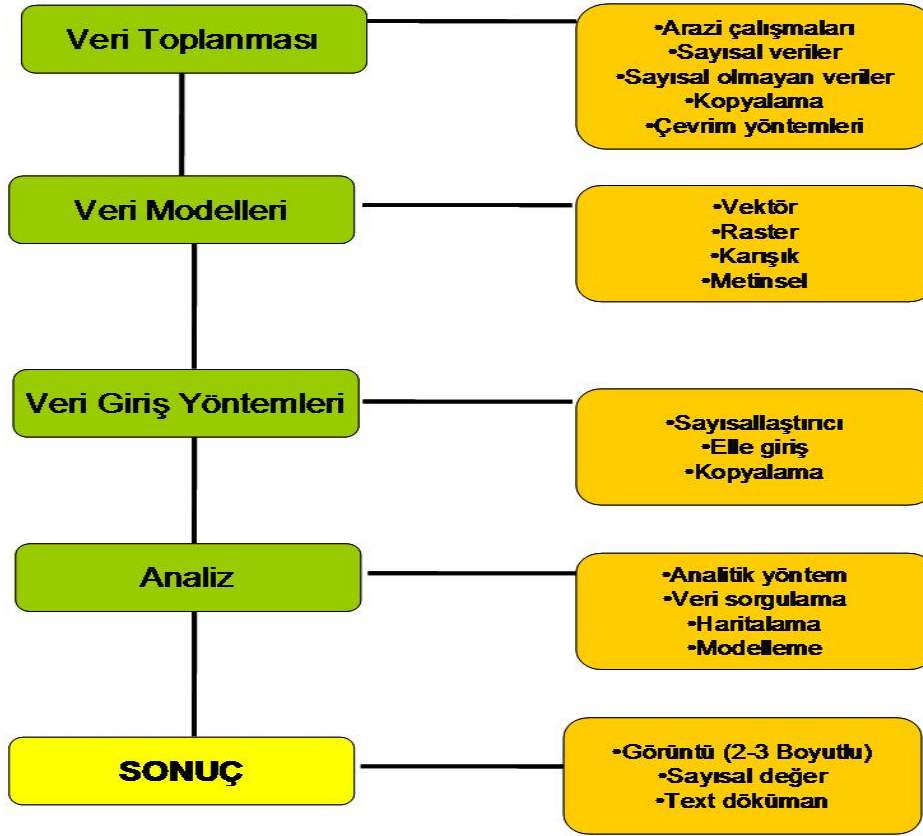
Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) uygulamalarında ilk dosya hazırlanması ve görüntülerin hazırlanması çalışmanın en çok meşgul edici aşamasıdır. Sonraki yeni dosya yaratma aşamaları hazırlanmış olan bu dosya ve görüntüler üzerinde kopyalama ve güncelleştirme işlemleri ile gerçekleştirilir. Böylece aynı işlerin tekrar edilmediği, zaman ve emek tasarrufunun sağlandığı, hata payının en aza indirildiği, hataların çok kolay ve hızlı bir şekilde düzeltildiği, bir

görüntü yaratma işlemi ile çaba harcamaksızın o görüntüye ait sayısal ve grafik değerlere ulaşılması Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) metodolojisini uygulayan programın kabiliyetlerinin sağladığı analiz yöntemleri, hazırlanan dosyaların taşınması, kopyalanması, başka çalışmalara intibak ettirilmesi, diğer Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programlarına çevirim imkanı v.b. gibi avantajlar Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) metodolojisinin tercih edilmesine neden olmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) metodolojisi, çok genel olarak ölçekle ve alansal büyüklükle sınırlandırılmayan bir doğal ortama bağlı, onun fiziksel özelliklerine ait bilgi toplama, depolama ve analiz yapma yöntemidir. Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) kapsam özellikleri onun metodolojisini belirleyen temel içeriktir [11]

Tablo 2.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) Kapsam Özellikleri [10]

Sorgulama	Cevap içeriği	Cevaplama Yöntemi	Sunduğu imkanlar
Ne	Tanımlama	Haritalama	Gelişimin izlenmesi
Nerede	Mekan	Üç boyutlu görüntü	Analiz
Ne kadar	Miktar	Text döküman	Planlama
Ne zamandır	Zaman aralığı	Veri Analizi	Yönetim
Nasıl	Sebep	Depolama	Tasarruf



Şekil 2.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) Metodolojisi [10]

2.2.3. Konumsal bilgi sistemlerinin sınıflandırılması

- Çevresel (Environmental) Bilgi Sistemleri
- Altyapı-Mühendislik (Infrastructure) Bilgi Sistemleri
- Kadastral (Cadastral) Bilgi Sistemi
- Sosyo-Ekonomik (Social-Economic) Bilgi Sistemi

2.3. Zemin Parametre Haritalarının Oluşturulması

Haritaların oluşturulması için anlatılan teorik bilgiler, Sakarya ili Adapazarı bölgesinde uygulanmış ve bölgenin zeminine ait mikrobölgeleme haritaları ortaya çıkarılmıştır. Zemin parametre haritaları oluşturulurken, 17 Ağustos depreminden sonra Adapazarı Büyükşehir Belediyesi'nin genel zemin etüd raporu ve vatandaşların

parsel bazında yaptırdıkları zemin etüdleri kapsamında yapılan sondaj ve sismik çalışmalardan elde edilen veriler kullanılmıştır.

Bu çalışmada, Sakarya ili Adapazarı bölgesi zeminine ait mikrobölgeleme haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca bulanık mantık sistemi ile yerel zemin sınıfları tespit edilmiştir. Mikrobölgeleme haritaları oluşturulurken 4 farklı enterpolasyon yöntemi kullanılarak bu enterpolasyon yöntemleri arasında çalışma alanını en iyi temsil eden metot belirlendi. Bu sayede yapılacak mikrobölgeleme haritalarının oluşturulması çalışmalarında kullanılacak farklı enterpolasyon metotları hakkında fikir edinilmiştir. Buna ilave olarak bulanık mantık sistemi ile yapılan yerel zemin sınıflaması çalışması da alanının deprem yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları açısından dağılımını göstermiştir.

- a) SPT, Zemin Emniyet Gerilmesi, Yeraltı Suyu Durumu (Sondaj Yöntemi)
- b) Sismik Hızlar (V_p , V_s), Zemin Emniyet Gerilmesi (Q_s), Elastisite Modülü (E), Kayma Modülü (G) (Sismik Kırılma Yöntemi)
- c) Yerel Zemin Gurubu Sınıflaması (Bulanık Mantık Sistemi Sonuçları)

2.4. Mapinfo Programının Avantajları

Mapinfo Professional yazılımı dünyanın en çok tercih edilen harita ve coğrafi analiz yazılımıdır. Bu nedenle yaptığımız analiz ve haritalama işlemlerinde bu yazılımı kullandık. Mapinfo'yu kullanmak, bize çalışmalarımızda birçok kolaylıklar , avantajlar ve zaman tasarrufu sağlamıştır. Bunların başında Mapinfo'nun kendi bünyesinde bulunan sorgulama işlevi , kendi tematik harita oluşturma araçlarının yanı sıra Vertical Mapper gibi diğer haritalama ve modelleme programları ile çok düzgün bir entegrasyona sahip olması ile amaca uygun haritaların hazırlanmasını kolaylaştırması, sayısallaştırma aşamasında Cad tabanlı çizim programlarını aratmayacak ölçüde çizim araçları içermesi , verilerimizi sakladığımız MS Access ve MS Excel ile oluşturulmuş veritabanlarından veri alma konusunda çok stabil ve güvenli çalışması sayılabilir.

Bunlara ilave avantajlar olarak ;

- a) WMS (Web Map Service) ve WFS (Web Feature Service) Desteği
- b) Nesne yaratma ve dñzenleme araçları
- c) Jeolojik alan tarama tipleri
- d) Paketlenebilir çalışma sayfası (workspace) desteği
- e) Ölçek ayarlı çıktı alma desteği
- f) GML katmanlarını import edebilme
- g) Katmanlar halinde coğrafi nesnelere çizilebilmesi, görüntülenmesi, renklendirilmesi ve değişik projeksiyonlarda saklanma,
- h) Farklı projeksiyonlardaki haritaları ek bir işleme gerek kalmaksızın üst üst üste açabilme,
- i) Raster (GIF,TIF, JPG, BMP,ECW,MrDIS vb gibi) altlıkları vektörel altlıklar ile coğrafi olarak görüntüleyebilme, kağıt ortamındaki haritaları sayısallaştırma desteği,
- j) Katmanların ve ilgili nesnelere ait etiketlerin istenilen ölçek aralıklarında bağımsız olarak gösterilebilmesi,
- k) İçsel sembol editörü, ayrıca TrueType Fontları sembol olarak kullanabilme,
- l) OLE 2.0 ve ODBC standartlarına uygunluk, VB, Delphi C++ gibi programlama dillerinde OLE sayesinde entegre uygulamalar geliştirebilme yeteneği,
- m) dBASE, MS-Access'den native olarak dosya okuma ve yazma, Excel'den direkt veri okuma,
- n) DWG, DXF, DGN, E00, SHP vektör formatlarından hiç bir veri kaybı olmaksızın veri okuma ve veri yazma,
- o) Çalışılan bir proje ekranını, değişik ölçekli pencerelerde açabilme ve seçilen objeleri ve yapılan değişiklikleri anında diğer pencerelere yansıtabilme,
- p) Crystal Reports raporlama sistemi ile, wizardlar aracılığı ile coğrafi objelerin nitelik bilgileri üzerinde benzersiz niteliklerde
- q) Rapor üretebilme,
- r) Coğrafi kriterlerin de verilebildiği (contains, intersects, within...) tam SQL desteği.
- s) Built-in GPS bağlanabilme özelliği
- t) Menü'leri tamamen kendi isteğinize göre düzenleyebilme,yazılmış ek uygulamaları menülere ekleyebilme.

- u) Mapinfo Version 5.0'dan itibaren tüm sürümlerin Türkçe dil desteğini içermesi gibi pek çok özellik sayılabilir. [12]

2.5. Vertical Mapper Programının Avantajları

Vertical Mapper, MapInfo üzerinde noktasal nesnelerdeki yükseklik (Z) bilgilerini kullanarak grid oluşturan ve bu veriler üzerinde 3 boyutlu modelleme ve analiz yapan bir programdır. Program kurulduğunda Mapinfo programına ilave menü olarak eklenmekte böylece Mapinfo programı üzerinden direkt kullanılabilir.

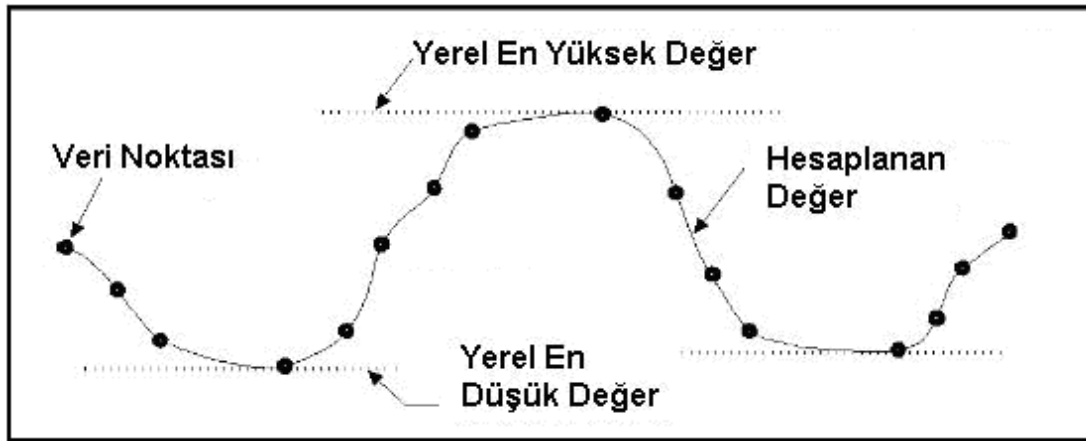
Vertical Mapper Programı Kullanılarak aşağıdaki belli başlı işlemler yapılabilir.

- a) Arazi Modeli (Grid) ve Üçgenleme (TIN) Dosyaları Oluşturma
- b) 3 Boyutlu Gösterim
- c) Eğim ve Bakı (Yön) Haritası Oluşturma
- d) Eşyüksekti Eğrileri (Münhani) Oluşturma
- e) Gridlerden Vektörel Alanlar Oluşturulması (Eğim Aralıklarına Göre Alanlar)
- f) Topografik hesaplamalar ve Sorgulamalar
- g) Kesit Çıkarma
- h) Noktasal ve Alansal Yükseklik Hesabı
- i) İki Nokta Arası Görülebilirlik Analizi
- j) Bir Noktadan Görülebilir Alanların Çıkarılması
- k) Farklı Formatlardan Dosya Alış/Verişi
- l) Doğal Komşuluk Analizi (Natural Neighbourhood Analysis)
- m) Noktalardan Poligon Oluşturma (Voronoi)

Mikrobölgeleme haritaları oluşturulurken Vertical Mapper programının 4 farklı modelleme metodu kullanıldı ve bu modelleme metotlarının avantaj ve dezavantajlarına göre en ideal olanı seçildi. Kullanılan enterpolasyon metotları aşağıda açıklanmıştır.

2.5.1. Doğal Komşuluk (Natural Neighbourhood)

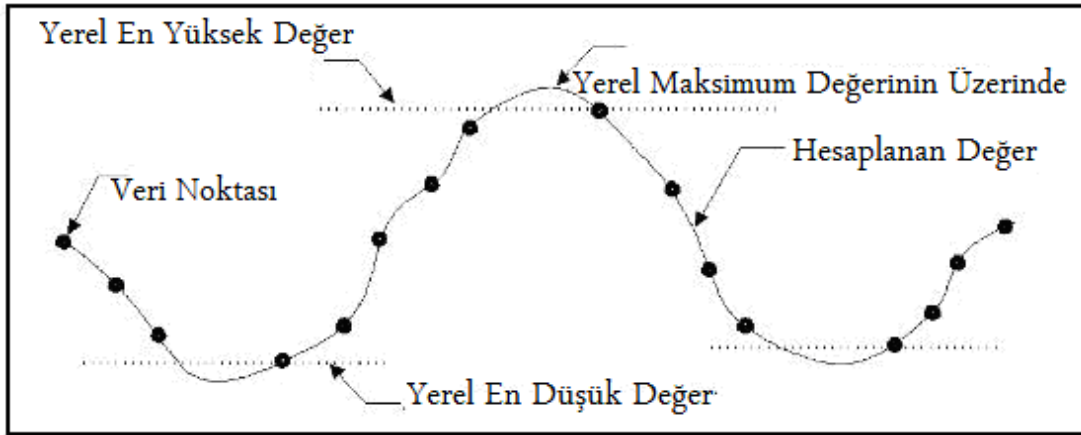
Bu metod ile yapılan hesaplamalar her noktanın komşu noktaları ile oluşturulan alan veri setinden yapılmaktadır. Bu metod doğrusal dağılım gösteren veri setlerinden uygulanması en iyi seçimdir. Bu metod ile hesaplanan değerler yerel maksimum ve minimum değerlerini aşmaz .



Şekil 2.2. Doğal Komşuluk (Natural Neighbourhood) Metodu

2.5.2. Yuvarlayarak Üçgenleme (Triangulation With Smoothing)

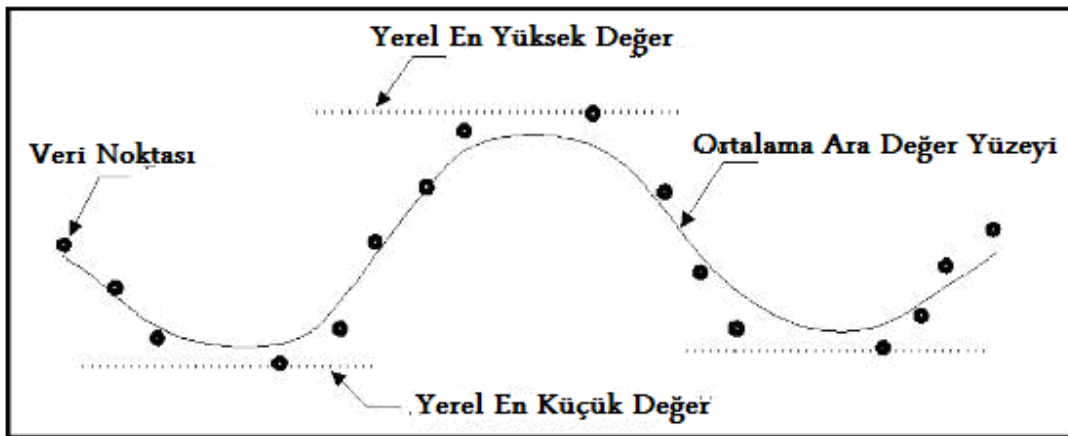
Bu metodla oluşturulan arazi gerçek verideki her noktanın gerçek değerinden üçgenleme ile oluşturulur, noktaların dağılımına göre yerel tepe ve çukurlar oluşturulur .



Şekil 2.3. Yuvarlayarak Üçgenleme (Triangulation With Smoothing) Metodu

2.5.3. Uzaklıkla Ters Orantılı Ağırlıkta (Inverse Distance Weighting)

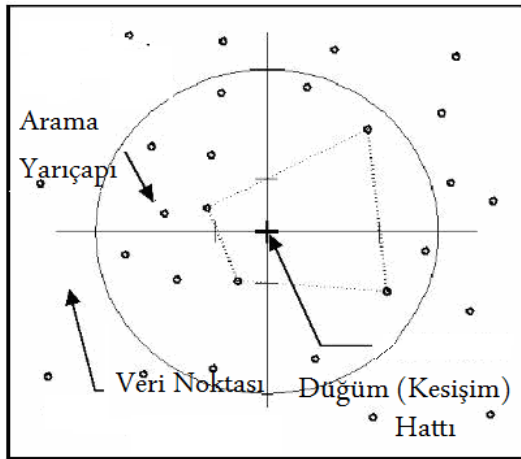
Bu metod (IDW) ile oluşturulan arazi modelindeki hesaplamalar her noktayı çevreleyen belirli uzaklıktaki diğer noktaların değerlerini uzaklıkları ile ters orantılı olarak hesaplanması ile ortaya çıkar. Böylece hesaplanan nokta değeri ilk değerinden belirli bir oranda fazla veya az olabilir .



Şekil 2.4. Uzaklıkla Ters Orantılı Ağırlıkta (Inverse Distance Weighting) Metodu

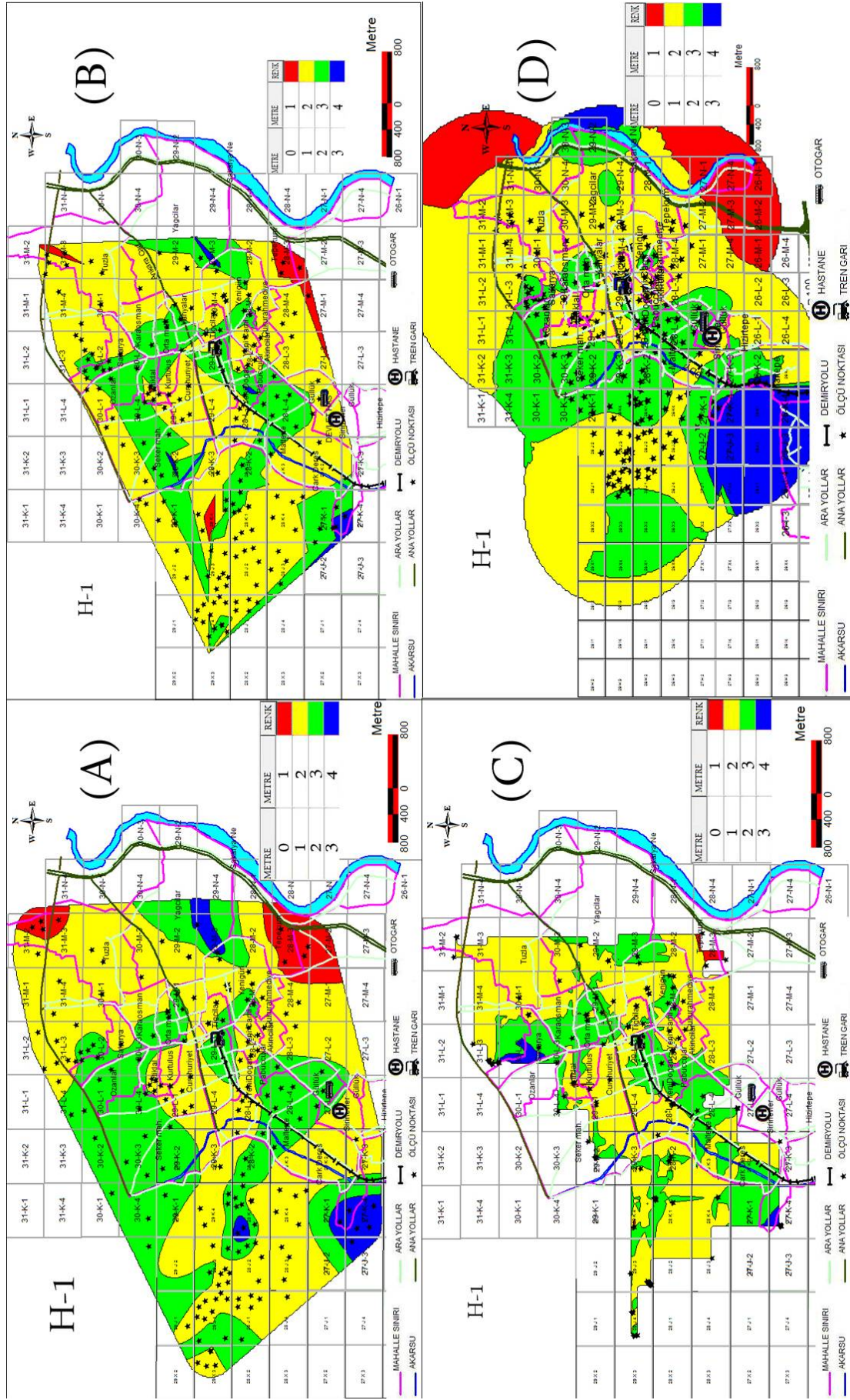
2.5.4. Dikdörtgensel Enterpolasyon (Rectengular Interpolation)

Bu metod ile yapılan hesaplamalar da her noktaya arama yarıçapı içerisinde kalan en yakın (farklı dört dilimden) 4 nokta alınır ve değerler bu şekilde hesaplanır. Bu metod yakın aralıklı veri setlerinde en uygun olanıdır .



Şekil 2.5. Dikdörtgensel Enterpolasyon (Rectengular Interpolation) Metodu

Yukarıda genel özelliklerinden bahsedilen 4 enterpolasyon metodu ayrı ayrı kullanılarak haritalar oluşturulmuştur (Şekil 2.6). Temel prensip olarak kullanılan enterpolasyon metoduna göre herhangi bir veri bulunmayan noktalar için ara değer hesaplanması işlemi değişkenlik göstermektedir. Bahsedilen 4 enterpolasyon metodu içinde Doğal Komşuluk (NN), Yuvarlayarak Üçgenleme (TWS) ve Uzaklıkla Ters Orantılı Ağırlıkta (IDW), metodlarının sonuçları incelendiğinde görsel olarak benzerlik gösteren ve dataların dağılım alanı içinde kalan haritalar elde edildiği görülmüştür. Dikdörtgensel Enterpolasyon (RI) metodu sonuçları incelendiğinde ise oluşturduğumuz haritaların dataların dağılım alanı dışını da kapsadığı görülmüştür. Bu metotlar içinde çalışmada kullanılan veri seti takımı için doğrusal değişim gösteren veri setlerine uygun olan Doğal Komşuluk (NN) metodunun kullanımının en doğru sonuçları verdiği kanaati oluşmuştur. Bu metotta ara değerler birbirine komşu olan veri noktaları baz alınarak hesaplanmakta olup hesaplanan ara değerlerin baz alınan nokta değerleri uyumlu olduğu ve güvenilir sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 2.6. H1 (1. Tabaka Kalınlığı) Haritası (A) Natural Neighbourhood Metodu, (B) Triangulation With Smoothing Metodu, (C) Rectangular Interpolation (D) Inverse Distance Weighting Metodu

BÖLÜM 3. BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC) SİSTEMİ İLE YEREL ZEMİN SINIFLANDIRMA İŞLEMİ

3.1. Bulanık Mantık Sistemi

Dünyadaki bazı olayları açıklamak için kesin tanımlamalarda bulunabilmek imkansızdır ve olaylar çoğu kere belirsizlikler ve doğrusal olmama özellikleri taşır. Cismin ısını kaybetmesi, kapasitörün şarj veya deşarj olayı bu doğrusal olmama özelliklerine birer örnektir. Belli bir miktar uranyumun bozulması esnasında hangi atomun ne zaman bozulacağına bilinmemesi de belirsizlik taşıyan bir olaydır. Bu nedenle eşya ve olaylar bulanıklık perspektifinde ele alındıkça, çok daha doğru ve verimli sonuçlar elde edilebilir. Bulanık mantık, bu yaklaşım için kullanılacak oldukça tesirli bir mantık anlayışıdır. Terimler ya da ölçüler kesin olarak tanımlanıp ölçülemediğinden dolayı insanlar çoğu zaman belirsiz (kesin olmayan) ifadeler kullanırlar. İşte bulanık mantık bazı sorulara basitçe evet-hayır cevabı verilemeyen durumları kapsar. Bulanıklığın ve bulanık mantığın temeli de budur. Bulanık mantık, klasik mantık sistemlerinden ziyade insan düşüncesi ve tabii dil ruhuna daha yakındır. Temel olarak, gerçek dünyanın eksik ve yaklaşık özelliğini yakalayan etkili bir araç sağlar. Matematiksel model ve ölçülen değerlerin yanı sıra insan düşüncesini de mühendislik sistemine katmak üzere insan düşüncesini formüle eder. “Günlük konuşma dilini kullanan bulanık mantık, dilsel değişkenler (linguistic variables) yardımıyla biraz sıcak, ılık, uzun, çok uzun, soğuk gibi günlük hayatımızda kullandığımız kelimeler yardımıyla insan mantığına en yakın doğrulukta denetimi sağlayabilir. Bulanık mantık denetleyici kullanılarak elektrikli ev aletlerinden oto elektroniğine, gündelik kullandığımız iş makinelerinden üretim mühendisliğine, endüstriyel denetim teknolojilerinden otomasyona kadar aklımıza gelecek her yerde kendisine uygulama alanı bulabilir”. İkili mantık, iki ayrık değer alabilen değişkenleri ve mantıksal anlam taşıyan işlemleri ele alır.

Değişkenlerin alabileceği iki değer farklı şekillerde adlandırılabilir (örneğin doğru ve yanlış, evet ve hayır, vs.), burada her değişken ancak ve ancak olası iki ayrı değerden birini alabilir bunlar ; 1 ve 0 değeridir.

Bulanık mantık; ikili mantık sistemine karşı geliştirilen ve günlük hayatta kullandığımız değişkenlere üyelik dereceleri atayarak, olayların hangi oranlarda gerçekleştiğini belirleyen çoklu mantık sistemidir. Bulanıklık, çoklu değerlilik (multi-valued) demektir. İkili mantığın 0-1 önermelerine karşın bulanıklık, üç veya daha fazla, belki de sonsuz sayıda önermeler yapar. Yani bu mantıkta küme üyeleri derecelendirilebilir. Başka bir deyişle siyah ile beyaz arasında yer alan sonsuz sayıda gri tonlarını içermektedir. Örneğin uzaklıkla ilgili bir problemde mesafenin yalnızca yakın ya da uzak olduğunu belirtmekle kalmayıp ne kadar yakın ya da ne kadar uzak olduğunu da belirtir. Bulanık mantığın gücü basit şeyleri basit tutmaktır. Klasik mantık bizleri çok katı sınırlar çizmeye zorlar. Mesela batı edebiyatında “novel” denilen roman, 90 veya daha fazla sayfadan , “novella” ise 90’dan daha az sayfadan oluşur. Bu standarda göre 91 sayfalık bir eser, roman olurken, 89 sayfalık bir çalışma “novella” (uzun hikaye) olur. Eğer bir bilgisayarda kelimelerin puntosu büyütülürse uzun hikaye, roman haline gelebilir. Bulanık mantık bu tür saçmalıkları önler. Klasik mantıkta büyüklük-küçüklük, uzunluk-kısalık gibi kavramların kesin sınırları vardır. Diyelim ki uzun insanların alt sınırı 1.70 m’dir. Klasik mantığa, “Ali uzun mudur?” sorusu sorulursa, bu sınıra bakıp, eğer Ali’nin boyu 1.70 m’in üzerinde ise Ali uzun, 1.69 m ise kısadır. Halbuki bulanık mantık, Ali’nin ne kadar uzun olduğunu sorar. Klasik mantık gibi uzuna 1, kısaya 0 gibi katı(kesin) değerler vermez. 0.1, 0.2, 0.3... gibi daha hassas ve esnek değerler verir. Böylelikle 1.69 m boyundaki bir insana kısa (0) demez, 0.2 gibi bir uzunluktadır der. Bulanık mantığında belli sınırları vardır ve bu sınırlar makama, ele alınan eleman ve şartlara göre değişirler. Onu klasik mantıktan ayıran nokta bu sınırların daha esnek olmasıdır. İşte bu esneklik sayesinde bulanık mantık tatbik edildiği her sahada çok daha hassas sonuçlar doğurmaktadır. Bu bölümde yer bilimleri alanında önemli bir konu olan zeminlerin sınıflandırılmasında bulanık mantık ile oluşturulmuş sistemin kullanımı ve sistemin avantaj ve dezavantajlarına değinilecektir [12,14,15,16].

3.1.1. Bulanık mantığın tarihçesi

Bulanık mantık ilk defa 1960 yılında, University of California, Berkeley'den Dr. Lotfi Zadeh tarafından, doğal dildeki belirsizliği modellemek için ortaya konmuştur. Zadeh, bulanık mantık teorisinin bağımsız ve tam bir teori olmaktan çok, bulanıklaştırma yönteminin (fuzzification), herhangi bir teorisinin ayrık (crisp, discrete) formdan sürekli (continuous, fuzzy) forma dönüştürülmek suretiyle genelleştirilmesi için kullanılan bir metodoloji olarak ele alınmasını istiyor. Bulanık mantık ilk kez 1973 yılında, Londra'daki Queen Mary College'de profesör olan H. Mamdani tarafından bir buhar makinesinde uygulandı. Ticari olarak ise ilk defa, 1980 yılında, Danimarka'daki bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmede kullanıldı. "Bulanık mantık kuramının ilk önemli endüstriyel uygulaması 1980 yılında Danimarka'daki bir çimento fabrikasında (F.L. Smidth) gerçekleştirmiş, değirmen içinde çok hassas bir denge ile oranlanması gereken sıcaklık ve oksijen ayarı en uygun bir biçimde yapılmıştır. Bundan sonra bir başka dikkate değer uygulama ise Hitachi firması tarafından 1987 yılında Sendai Metro'sunda gerçekleştirilmiştir. Bu sayede trenin istenen konumda durması üç kat daha iyileştirilmiş, kullanılan enerji ise %10 azaltılmıştır. Bunun üzerine Hitachi firmasına benzeri bir sistemin Tokyo Metro'suna da kurması için talep gelmiştir. Yamaichi Securities'in geliştirdiği Bulanık Mantık temelli uzman sistem, 1988 yılının Ekim ayında kara Pazar adlı Tokyo Borsası'nda yaşanan krizin sinyallerini onsekiz gün önceden haber vermiştir. Bu kadar başarılı uygulamaların ardından bulanık mantığa olan ilgi artmış, uluslararası bir çalışma ortamı oluşturabilmek amacıyla 1989 yılında aralarında SGS, Thomson, Omron, Hitachi, NCR, IBM, Toshiba ve Matsuhita gibi dünya devlerinin bulunduğu 51 firma tarafından LIFE (Laboratory for Interchange Fuzzy Engineering) laboratuvarları kurulmuştur". LIFE'in yanında FLSI (Fuzzy Logic Systems Institute) adındaki diğer araştırma merkezi de Bulanık Mantığın Elektronik, Otomotiv ve Üretim teknolojisi alanında yeni yeni uygulamalar kazandırmaktadır [12].

3.1.2. Bulanık küme teorisi ve modelleme çeşitleri

İkili mantık (Binary Logic) ve altküme(subset) arasındaki güçlü bağlantı gibi, bulanık mantık ve bulanık altküme teorisi arasında da teorik ve pratik bir bağ vardır. Bulanık mantık teorisi Lotfi Zadeh tarafından klasik küme teorisinin bir uzantısı olarak 1965 yılında ortaya atılmıştır. Temel fikri klasik kümelerdeki gibi bir değer için bir kümenin elemanı olup olmadığı sorusuna “evet” yada “hayır” gibi keskin cevaplar vermeyip bu elemanın üyeliğinin 0 ile 1 arasında değerler alabilen sürekli bir üyelik fonksiyonu ile ifade edilmesidir. Bulanık mantık teorisi, pek çok endüstriyel alanda bulanık kontrol mekanizmalarının başarılı sonuçlar vermesi ile dikkatleri üzerine çekmiştir. Bunun nedeni, bulanık kontrolörlerin klasik kontrolörlere nazaran insan düşüncesini ve komutları bulanık kurallar yardımı ile daha iyi ifade edebilmesiydi. Günümüzde diğer mühendislik alanlarında olduğu gibi, bulanık mantık yerbilimlerinde yapılan çalışmalarda da kullanım alanı bulmuştur. Bulanık mantık yönteminde yaygın olarak kullanılan iki yöntem vardır. Bunlar; Mamdani ve Sugeno yöntemleridir. Mamdani yöntemi, yaygın olarak kullanım alanı olan, uzman bilgisi gerektiren ve her türlü problemin çözümüne uygulanabilen bir bulanık mantık yöntemidir. Sugeno yöntemi ise değişken sayısının çok fazla olmadığı yada bu değişkenlerin fazla sayıda alt kümelere ayrılmadığı durumlardaki problemlerin çözümünde kullanılır. Bu çalışmada yerel zemin guruplarının sınıflandırılması yapılırken ayrıca yaygın olarak kullanılan bu iki yöntemin de sınıflama konusunda ne derece başarılı olduğuna da değinilecektir [12,16].

3.2. Mamdani Tipi Bulanık Modellemenin Esasları

Mamdani tipi bulanık model çok kolay oluşturulur, insan davranışlarına çok uygundur. Bu nedenle çok yaygın bir kullanıma sahiptir ve diğer bulanık mantık modellerin temelini oluşturur. İlk defa Mamdani ve Assilian tarafından 1975 yılında bir buhar motorunun insan tecrübelerinden elde edilen sözel kontrol kuralları yardımıyla kontrolü amacıyla kullanılmıştır . Bu modelde hem girdi değişkenleri hem de çıktı değişkeni kapalı formdaki üyelik fonksiyonları ile ifade edilir.

Mamdani tipi bir bulanık model aşağıdaki 5 adımda oluşturulur [14,15];

- a) Girdilerin bulanıklaştırılması: öncül kısımdaki bütün bulanık ifadeleri kullanarak girdi değişkenlerine ait 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecelerinin belirlenmesi.
- b) Bulanık mantık işlemlerini kullanarak kural ağırlıklarının belirlenmesi
- c) Bulanık küme mantıksal işlemcilerin (ve, veya) uygulanması
- d) Sonuçların toplanması: her bir kuralın çıktısını temsil eden bulanık kümelerin birleştirilmesi
- e) Durulaştırma : tek bir sayıya dönüştürülmüş toplam bulanık küme sonuçlarının durulaştırılması .

“x” ve “y” gibi sayısal iki değişkeni içeren iki kurallı bir Mamdani tipi bulanık modelde “z” çıkış değerinin c bulanık küme fonksiyonlarından nasıl hesaplandığı gösterilmektedir.

Kural 1: Eğer $x = A1$ VE $y = B1$ İse $z = C1$

Kural 2: Eğer $x = A2$ VE $y = B2$ İse $z = C2$

Mamdani tipi bulanık modelin avantajlarını özetlemek gerekirse

- a) Modelin oluşturulması basittir.
- b) Diğer bulanık mantık modellemenin temelini oluşturur.
- c) İnsan davranış ve duyularına uygundur [12].

3.2.1 Mamdani tipi bulanık modelleme uygulaması

Bulanık mantığın sağladığı en büyük fayda ise "insana özgü tecrübe ile öğrenme" olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle doğrusal olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur. Bunun için kural tabanı oluşturulur. Kural tabanı incelenen konuya ilişkin insanlığın o güne kadar edindiği tüm gözlem, deneyim ve matematiksel bağıntıları yani tüm bilgiyi içermelidir. Kural tabanı ne kadar iyi ve geniş hazırlanırsa o kadar hassas ve doğru sonuçlar elde edilir.

Klasik yöntemle yapılan sınıflama işlemlerini az sayıda veri için kolaylıkla yapmak mümkün olmakla beraber yapılan çalışmadaki veri sayısı arttığında harcanan vakit çok büyük boyutlara ulaşmaktadır. Bu çalışmada bulanık mantık metodları ile model oluşturularak zemin sınıflama işleminde kullanılmasını temel nedeni çok sayıdaki verinin sınıflanmasının klasik yöntemle oldukça uzun zaman alacağı buna karşın insana özgü tecrübe ile öğrenme yeteneğine sahip bir sistem olan bulanık mantık ile kurulan model ile yapılacak sınıflama işleminin saniyeler mertebesinde sonuçlanmasıdır. Bu çalışmada oluşturulan kural tabanının hazırlanmasında referans alınan kaynak Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan deprem yönetmeliğinde bir tablo şeklinde verilmiş zemin gurupları tablosudur. (Tablo 3.1) Bu tabloya göre zeminler sağlam zeminden, zayıf (bozmuş) zeminlere doğru gruplanırken SPT ve Kayma Dalgası (Vs) hızlarının hangi sınırlar içerisinde olması gerektiği ve bu sınıflama yapılırken dikkat edilmesi gereken 1. tabaka kalınlığı da Tablo 3.2 ile belirlenmiştir. Bulanık mantık modeli oluşturulurken elimizde bulunan SPT ve Vs veri setlerinden yararlanarak yeni bir veri seti oluşturuldu. Yeni veri seti oluşturma nedeni ise Kayma Dalgası verilerini içeren sismik veritabanındaki veri sayısının analiz sonrası kalan hali ile 220 adet buna karşın SPT verilerini içeren veri setinin analiz sonrası hali ile 1820 adet veri içermesidir. Bunun için çalışma alanında Sismik verilerin bulunduğu aynı noktalarda yada eğer aynı noktada Sondaj çalışması yapılmamış ise ilgili noktaya en yakın noktalardaki SPT değerleri alınarak eşleştirme yapıldı ve yeni bir veri seti oluşturuldu. SPT-1, Vs-1 ile H-1 değerlerini ve bu değerlerin alındığı noktaların koordinat bilgilerini içeren yeni veri seti Mamdani ve Sugeno metodları ile oluşturulan modellerin çalıştırılmasında kullanıldı.

Tablo 3.1 Yerel Zemin Grupları (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2006) Tablo 6.1 ‘den uyarlanarak derlenmiştir. [13]

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetrasyon Testi (N/30)	Kayma Dalgası Hızı (m/sn)
(A)	1. <i>A1</i> -Masif Volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar	---	>1000
	2. <i>A2</i> -Çok sıkı kum, çakıl	>50	>700
	3. <i>A3</i> -Sert kil ve siltli kil	>32	>700
(B)	1. <i>B1</i> -Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar	---	700-1000
	2. <i>B2</i> -Sıkı kum, çakıl	30-50	400-700
	3. <i>B3</i> -Çok katı kil ve silt	16-32	300-700
(C)	1. <i>C1</i> -Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar	---	400-700
	2. <i>C2</i> -Orta sıkı kum, çakıl	10-30	200-400
	3. <i>C3</i> -Katı kil ve siltli kil	8-16	200-300
(D)	1. <i>D1</i> -Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak kalın alüvyon tabakaları	---	<200
	2. <i>D2</i> -Gevşek kum	<10	<200
	3. <i>D3</i> -Yumuşak kil, siltli kil	<8	<200

Tablo 3.2 Yerel Zemin Sınıfları [13]

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 12.1'e göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h1)
Z1	<ul style="list-style-type: none"> • (A) Grubu zeminler • (H6)---$h1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	<ul style="list-style-type: none"> • (H5)---$h1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler • (H6)---$h1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	<ul style="list-style-type: none"> • (H3)---$15m < h1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler • (H2)---$h1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	<ul style="list-style-type: none"> • (H4)---$h1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler • (H1)---$h1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Oluşturulan Mamdani Bulanık mantık Zemin Grubu ve Yerel Zemin Sınıfı belirleme modelleri (Şekil 3.1a, b) , girdi elemanları ve üyelik fonksiyonlarının dağılımları (Şekil 3.2a, b) ve (Şekil 3.3a, b) 'de görüldüğü gibi hazırlandı. Çıktı elemanı ve üyelik fonksiyonlarının tasarımı ise (Şekil 3.2c) ve (Şekil 3.3c)' de görüldüğü gibi oluşturuldu. SPT girdileri için 7 üyelik fonksiyonu ve Vs girdileri için 8 üyelik fonksiyonu tanımlandı ve üyelik fonksiyonları da kendi aralarında üçgen ve trapez üyelik fonksiyonları olarak seçilip sınırları tanımlandı. Elde edilen Grup sonuçları oluşturulan Yerel Zemin Sınıfı belirleme modelinde H kalınlık parametresi ile birlikte girdi olarak kullanıldı. H girdi parametresi ise 6 adet üyelik fonksiyonu ile oluşturuldu ve üyelik fonksiyonları kendi aralarında üçgen ve trapez üyelik fonksiyonları seçilerek sınırları tanımlandı. Sistem kendisine verilen parametrelere göre önce ilgili zeminin dahil olduğu grubu belirlemekte daha sonra ise buradan elde edilen sonuçlarda kullanılarak H kalınlık parametresi değerlerine göre oluşturulan kurallara göre sistem çıktısı olarak çalışma alanının Yerel Zemin Sınıfını belirlemektedir. Coğrafi koordinat değerleri bulunan bu çıktı değerleri CBS kullanılarak haritalanmakta ve çalışma alanının Yerel Zemin Sınıfı haritaları elde edilmektedir. Böylece risk teşkil eden veya sağlam olarak nitelenen zeminler görsel olarak ortaya çıkarılmaktadır. Bu sonuçların yapılan yada yapılacak olan şehir planlamalarının yönlendirilmesinde kullanılması olası depremler sonrasında can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için büyük önem taşımaktadır.

Mamdani yönteminin model oluşturma aşamasının basitliği ve insan sezgilerine uygun oluşu ve diğer bulanık modelleme metotlarının temelini oluşturması tercih edilmesinde etkindir. Oluşturulan 2 aşamalı sistemin kurallarından bazılarının sözel olarak yazımı aşağıdaki şekildedir;

- a) *Eğer SPT A2 ve Vs A1 ise Grup A ve Eğer Grup A ve H H1 ise Sınıf Z1*
- b) *Eğer SPT B2 ve Vs B3 ise Grup B ve Eğer Grup B ve H H5 ise Sınıf Z2*
- c) *Eğer SPT D ve Vs D ise Grup D ve Eğer Grup D ve H H2 ise Sınıf Z4*

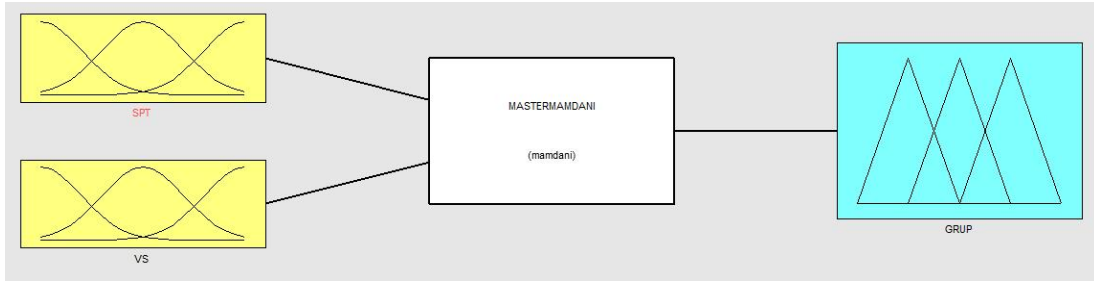
Oluşturulan sistemde ilk olarak, SPT ve Vs girdilerine karşı gelen grup türü belirlenmekte ve elde edilen grup sonucu ile birlikte H parametresi kullanılarak yerel zemin sınıfı belirlenmektedir. Oluşturulan kurallar Tablo 3.3 ve Tablo 3.4 'te görülmektedir.

Tablo 3.3. Yerel Zemin Grubunun belirlenmesinde kullanılan kurallar

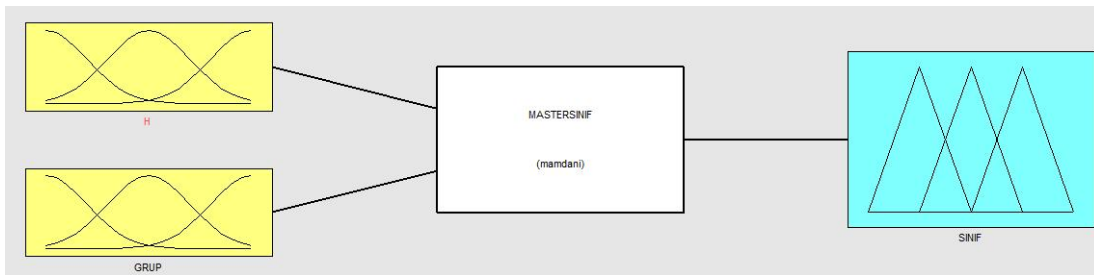
Vs SPT	A1	A2 A3	B1	B2 C1	B3	C2	C3	D
A2	A	A	-	-	-	-	-	-
A3	A	A	-	-	-	-	-	-
B2	-	-	B	B	B	-	-	-
B3	-	-	B	B	B	-	-	-
C2	-	-	-	C	-	C	C	-
C3	-	-	-	C	-	C	C	-
D	-	-	-	-	-	-	-	D

Tablo 3.4. Yerel Zemin Sınıfının belirlenmesinde kullanılan kurallar

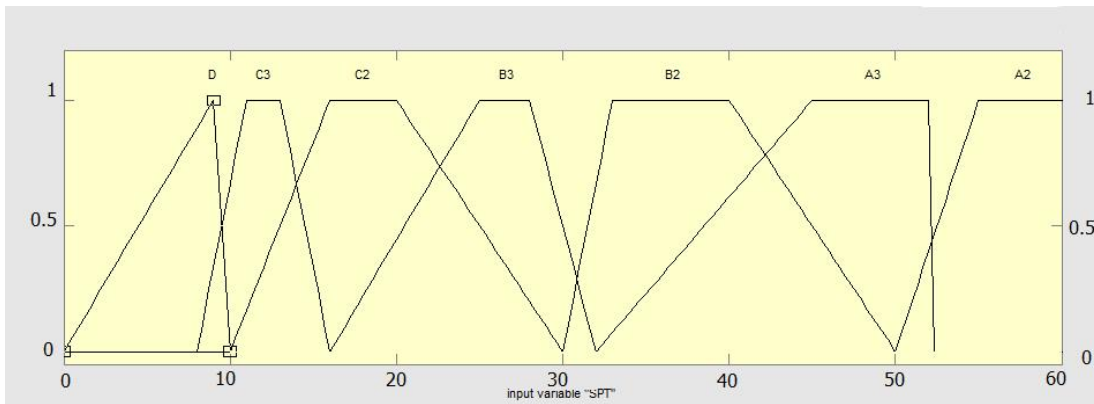
H	Grup	A	B	C	D
H-1		Z-1	-	-	Z-4
H-2		Z-1	-	-	Z-3
H-3		Z-1	-	Z-3	-
H-4		Z-1	-	Z-4	-
H-5		Z-1	Z-2	-	-
H-6		Z-1	Z-1	Z-2	-



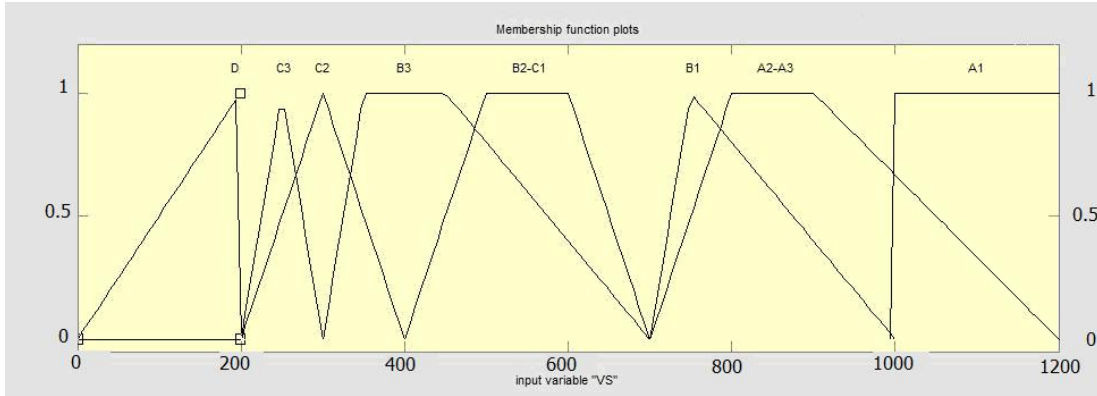
Şekil 3.1a Mamdani tipi bulanık model genel görünüm (Zemin Grubu belirleme modeli)



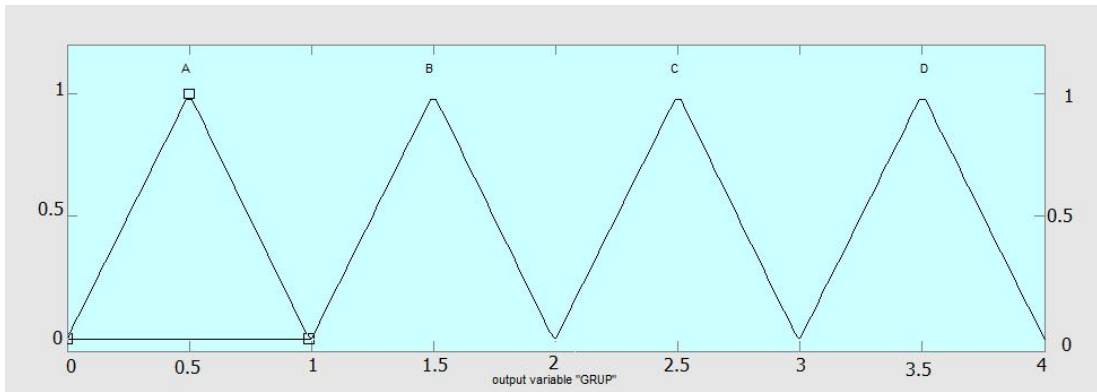
Şekil 3.1b Mamdani tipi bulanık model genel görünüm (Zemin Sınıfı belirleme modeli)



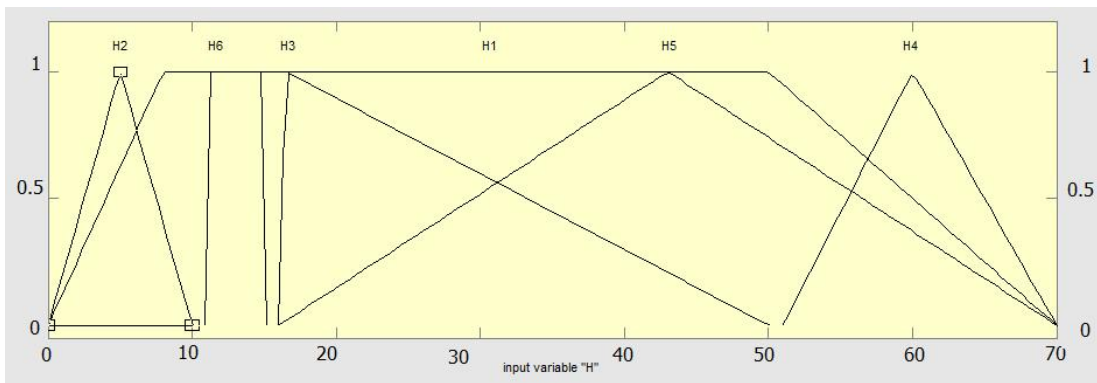
Şekil 3.2a Mamdani tipi bulanık model SPT girdisi üyelik fonksiyonlarının dağılımı



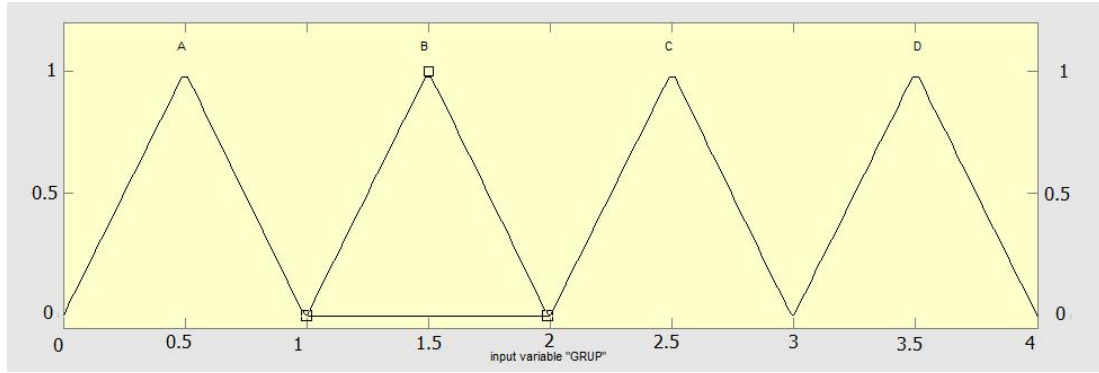
Şekil 3.2b Mamdani tipi bulanık model Vs girdisi üyelik fonksiyonlarının dağılımı



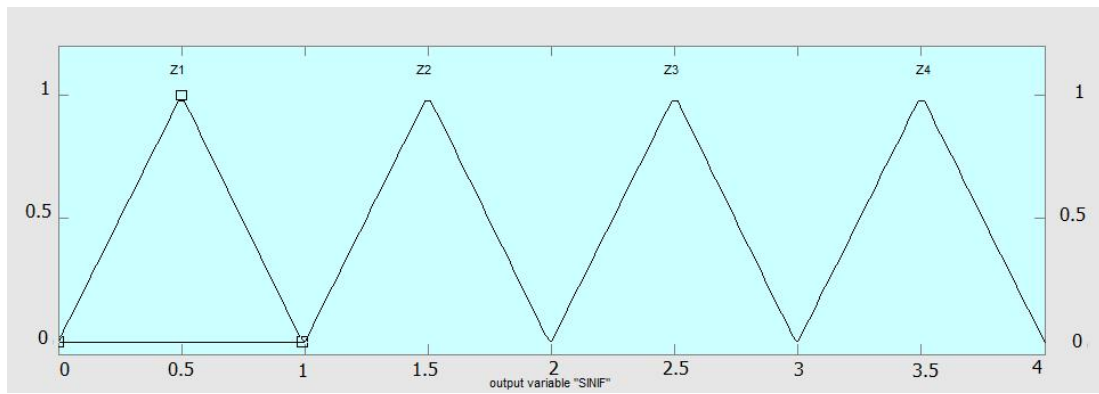
Şekil 3.2c Mamdani tipi bulanık model Grup çıktısı üyelik fonksiyonlarının dağılımı



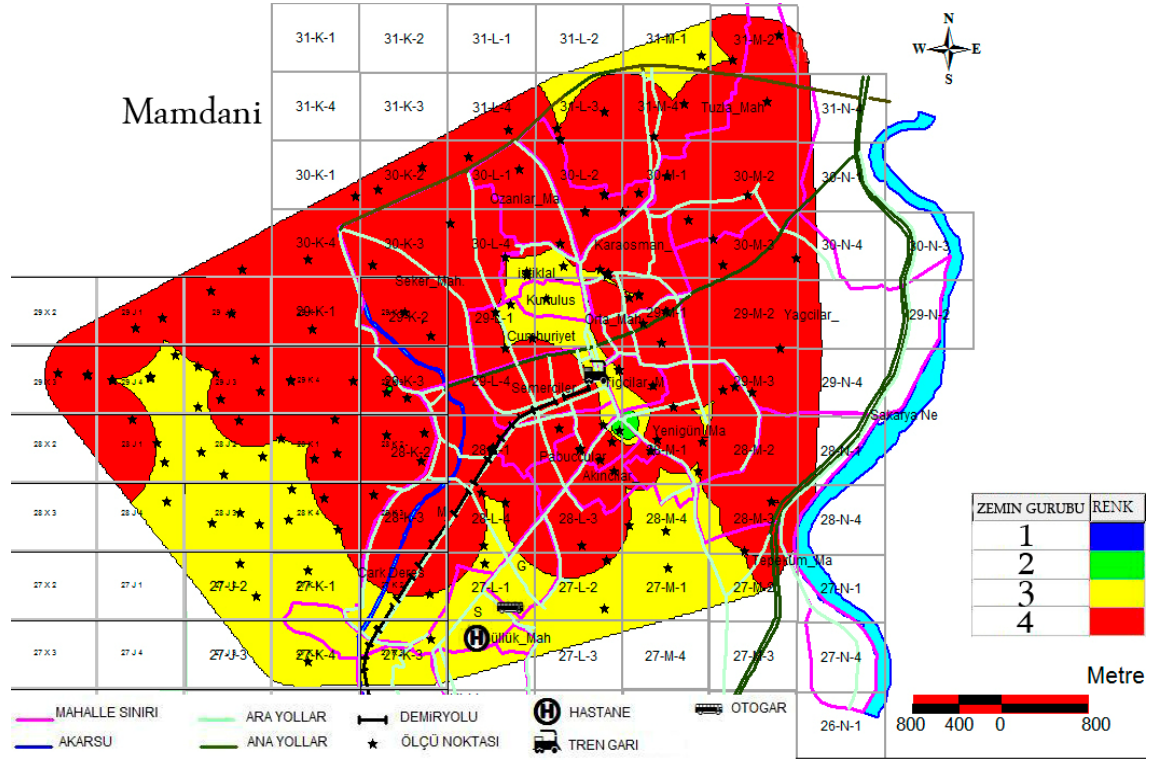
Şekil 3.3a Mamdani tipi bulanık model H girdisi üyelik fonksiyonlarının dağılımı



Şekil 3.3b Mamdani tipi bulanık model Grup girdisi üyelik fonksiyonlarının dağılımı



Şekil 3.3c Mamdani tipi bulanık model Sınıf çıktı üyelik fonksiyonlarının dağılımı



Şekil 3.4 Mamdani tipi bulanık model sonuçlarından CBS kullanılarak oluşturulan çalışma alanı Yerel Zemin Sınıfı Haritası

3.3. Takagi Sugeno Bulanık Modellemenin Esasları ve Modelleme Uygulaması

Takagi – Sugeno bulanık mantık yada Sugeno bulanık mantık ilk kez 1985 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Mamdani bulanık mantık yönteminin bir uyarlamasıdır. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri Mamdani bulanık modelleme ile tamamen aynıdır. İki yöntem arasındaki fark çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. Sugeno tipi bulanık modellemede çıktı üyelik fonksiyonları sadece lineer yada sabittir. Çıktı üyelik fonksiyonları sabit olduğu zaman, sıfırıncı derece, 1. derece doğru denklemi şeklinde olduğu zaman ise birinci derece Sugeno bulanık model olarak adlandırılırlar [12].

Sugeno tipi bulanık model, Mamdani tipi bulanık modelden daha karmaşık ve gösterim açısından daha elverişlidir. Bu nedenle Sugeno tipi bulanık model uyarlanabilir tekniklerle birlikte kullanılabilir. Bir birinci (sıfırıncı) derece Sugeno bulanık model aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

Eğer $x = A$ ve $y = B$, İse $z = f(x,y) = px+qy+r$ (c)

Burada A ve B, x ve y üyelik fonksiyonları için tanımlanmış öncül kısımdaki bulanık kümeler, p, q ve r (r) ise soncul bir parametre(ler)dir. Böylece her bir kural için bir çıktı değeri elde edilir. Bulanık küme mantıksal işlemleri (ve, veya) basit toplama ve çarpmadır.

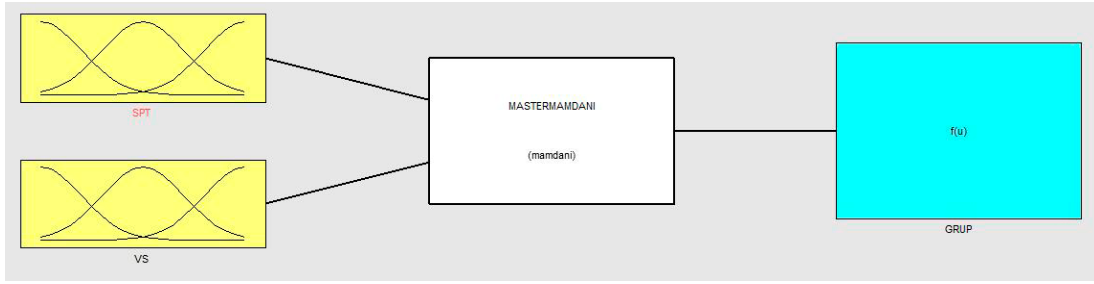
Sugeno tipi bulanık modelin avantajları aşağıda sıralanmıştır [12,16];

- a) Hesaplama için çok uygundur.
- b) Lineer olmayan sistemlerin kontrol edilmesi için lineer teknikler kullanılabilir.
- c) Optimizasyon ve uyarlanabilir (adaptive) tekniklerle birlikte iyi çalışır ve çıktı parametrelerini optimize ederek sonuçları iyileştirir.
- d) Çıktı uzayında sürekliliği garantiler.
- e) Matematiksel analiz için uygundur.

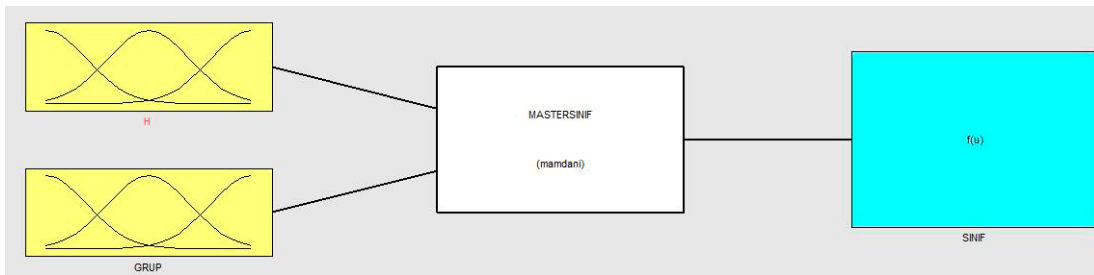
Sugeno tipi bulanık modelin dezavantajları ise [16];

- a) Yüksek derecedeki Sugeno bulanık modelleme kullanıldığında oldukça karmaşık bir yapıya sahip olur.
- b) Girdi ve alt küme sayılarının artması verilerin eğitilmesini zorlaştırır, sonuçların elde edilmesi için belirlenmesi gereken soncul parametrelerin sayısı artar.
- c) İnsan sezgilerine çok uygun değildir.

Sugeno modeli girdi parametreleri ve tasarımları Mamdani modeli girdi parametreleri ile aynı şekilde tasarlanmıştır. Oluşturulan Zemin Grubu belirleme ve Yerel Zemin Sınıfı belirleme modellerinin genel görünümleri (Şekil 3.5a, b) Mamdani modeli ile aynıdır iki model arasındaki tek fark çıktı üyelik fonksiyonlarıdır (Şekil 3.6a, b).



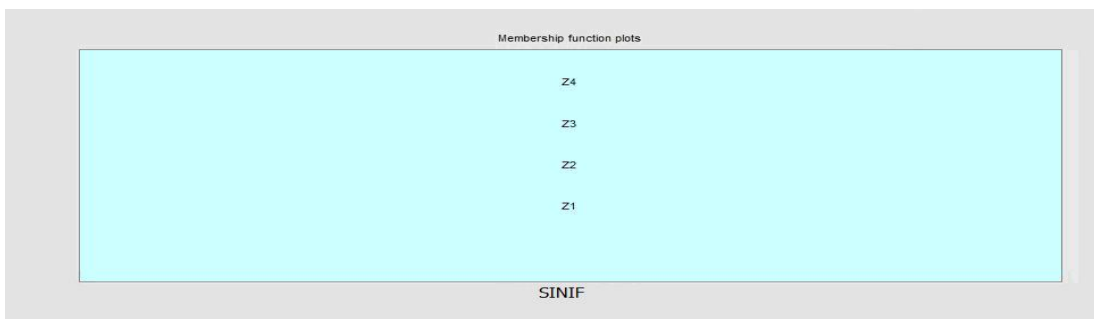
Şekil 3.5a Sugeno tipi bulanık model genel görünüm (Grup belirleme modeli)



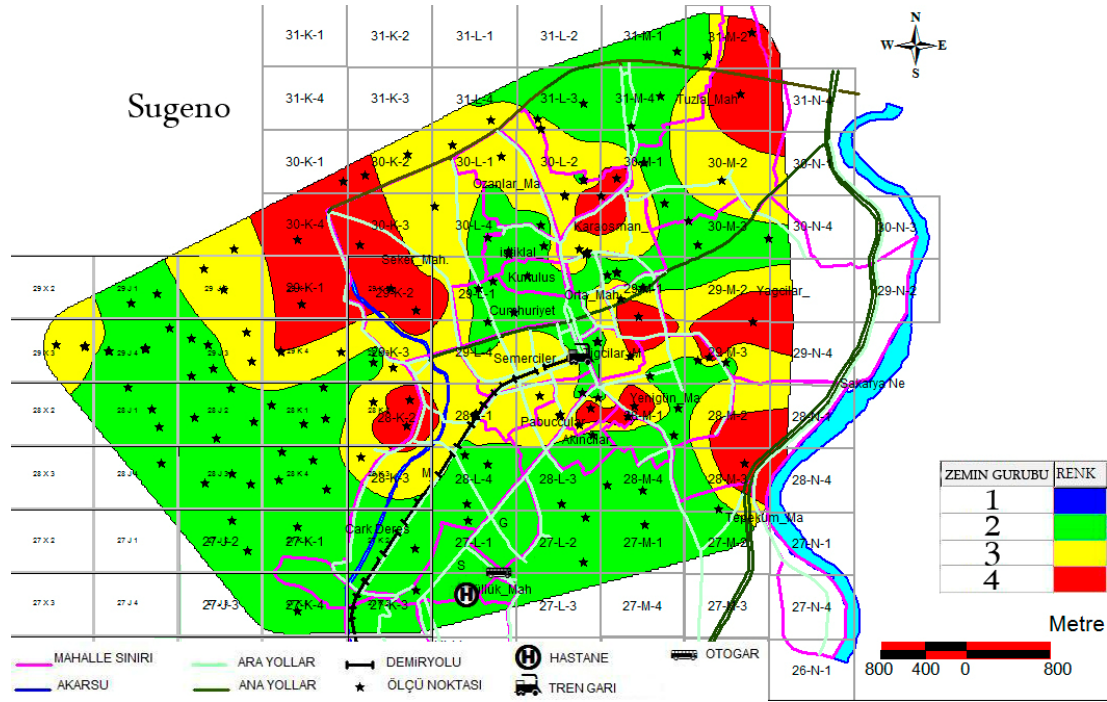
Şekil 3.5b Sugeno tipi bulanık model genel görünüm Sınıf belirleme modeli)



Şekil 3.6a Sugeno tipi bulanık model Grup çıktı üyelik fonksiyonlarının dağılımı



Şekil 3.6b Sugeno tipi bulanık model Sınıf çıktı üyelik fonksiyonlarının dağılımı



Şekil 3.7 Sugeno tipi bulanık model sonuçlarından CBS kullanılarak oluşturulan çalışma alanı Yerel Zemin Sınıfı Haritası

Tablo 3.5 Bulanık model sonuçlarına göre oluşturulan Zemin grubu haritaları sonuçlarının yüzdeler dağılımları

Harita Adı	Kırmızı (%)	Sarı (%)	Yeşil (%)	Mavi (%)
Mamdani	70	28	2	0
Sugeno	16	33	51	0

Her iki bulanık yaklaşım metodunda oluşturulan girdi üyelik fonksiyonları birbiri ile aynı olacak şekilde tasarlandı. Bu çalışmada Mamdani ve Sugeno metotları kullanılarak oluşturulan iki Zemin Sınıflama modelinden Mamdani metodu kullanılarak oluşturulan model gerçeğe ve oluşturulan diğer haritalara daha benzer sonuçlar vermiştir. Kullanılan veri yapısı Sugeno metodu kullanılarak oluşturulan model için uygun değildir. Sugeno metodu için uygun olmayan verilerle elde edilen sonuçlara göre zeminler olması gerekenden bir üst sınıf daha iyi yorumlanmasına neden olacak şekilde sonuçlar vermiştir. Oluşturulan haritaların Zemin gurupları dağılımları Tablo 3.5'te görülmektedir. Buna göre Mamdani metodu sonuçları ile oluşturulan haritada (Şekil 3.6) inceleme alanının % 70'lik kısmının kırmızı renk ile temsil edilen Z- 4 zemin gurubunda yer aldığı, %28'lik kısmının sarı renk ile temsil edilen Z-3 zemin gurubundan oluştuğu, % 2'lik kısmının yeşil renk ile temsil edilen

Z-3 zemin grubundan oluştuğu görülmektedir. Bu sonuçlar diğer haritalar ile de uyum sağlamaktadır. Benzer şekilde Sugeno metodu kullanılarak oluşturulan modele sonuçları ile çizilen haritaya (şekil 3.7) bakıldığında inceleme alanının % 51'lik kısmının Z-2, % 33'lk kısmının Z-3, % 16'lık kısmının ise Z-4 ile temsil edildiği ve bu sonuçların diğer harita sonuçları ile ve gerçek değerler ile uyum sağlamadığı görülmüştür. Bu uyumsuzluk sınıflamada kullanılan veri setinin Sugeno metodu ile oluşturulan modele uygun olmamasından kaynaklanmaktadır.

Her iki yönteminde birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunduğu göz önünde bulundurularak yapılacak çalışmaya uygun olan bulanık yöntemin seçilmesinin çalışma sonuçlarını gerçeğe yaklaştırmada en önemli etken olduğu dşnlmeli ve yöntem seçimi bu hususlara göre yapılmalıdır.

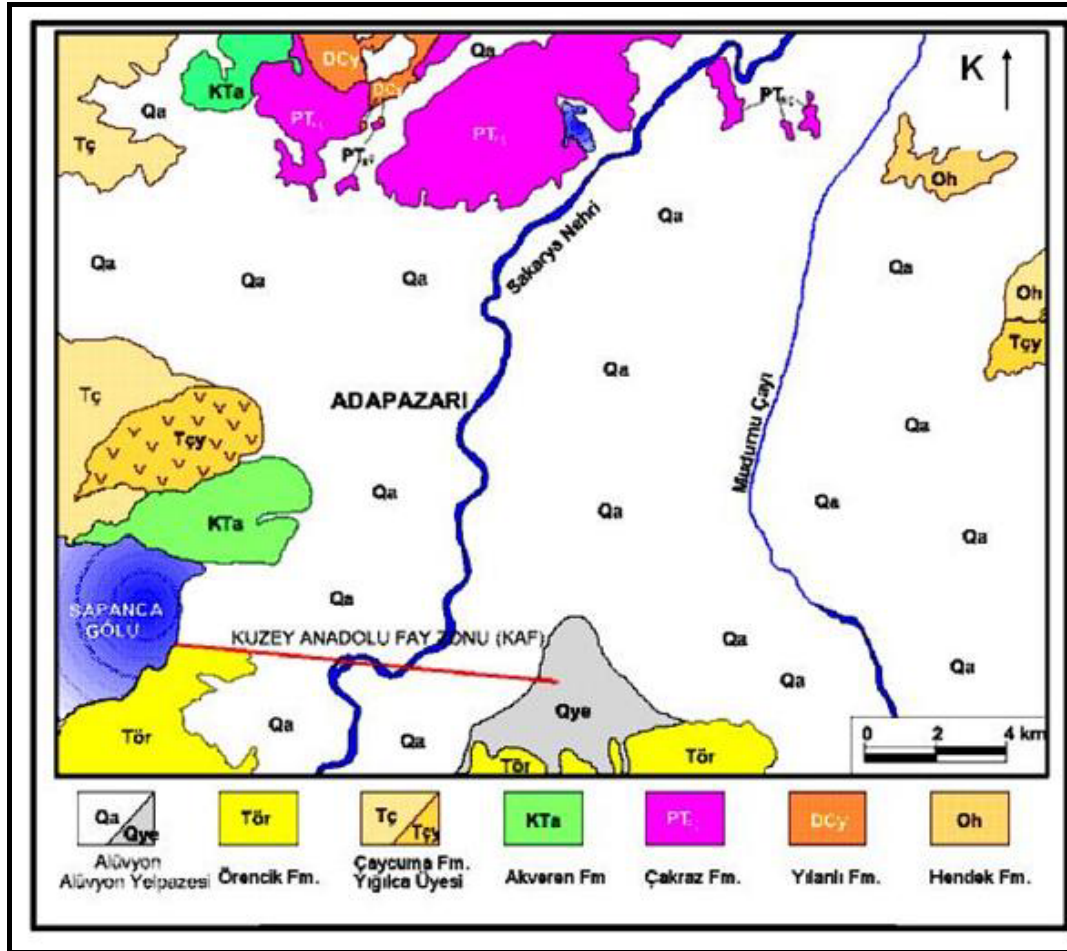
BÖLÜM 4. İNCELEME ALANI ADAPAZARI İLİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

4.1. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri

Adapazarı, Samanlı ve Keremali dağlarının kuzey eteklerinde, Eskişehir içlerinden çıkıp Ankara ve Bilecik topraklarından geçtikten sonra Geyve Boğazı'nı aşarak gelen Sakarya Nehri'nin asırlar boyunca oluşturduğu bereketli ve geniş bir ovanın ortasında kurulmuş geç dönem bir Osmanlı şehridir. Adapazarı, tarihi İpek yolunun ve Osmanlı'nın resmi Bağdat Devlet Yolu'nun hemen bitişiğinde, İstanbul'dan Anadolu'ya geçişin kavşak noktasında bulunmaktadır.

Adapazarı'nın, yüzölçümü 620 km² olup denizden yüksekliği 31 metredir. Güneyinden geçen Kuzey Anadolu Fayı (KAF) nedeniyle birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Coğrafi olarak yöre toprakları 29,57 – 30,53 doğu boylam (Meridyen), 40,17 – 41,13 Kuzey (enlem) paralelleri arasındadır. Marmara bölgesine dahil olan yöre toprakları genellikle ova karakterindedir. Bu ova coğrafyada Akova diğer bir adıyla Adapazarı ovası olarak anılır. Ovanın ortasından Sakarya Nehri geçmektedir. Genel olarak düz bir topoğrafyaya sahip olmasına karşın doğu kesimlerde tepelik alanlar göze çarpmaktadır [17].

Bölgede yüzeylenen birimlerin 1/100 000 ölçekli Jeoloji haritası MTA (1998) tarafından hazırlanmış olup (Şekil 4.2) bu birimler yaş sırasına göre Tablo 4.1 de gösterilmiştir.



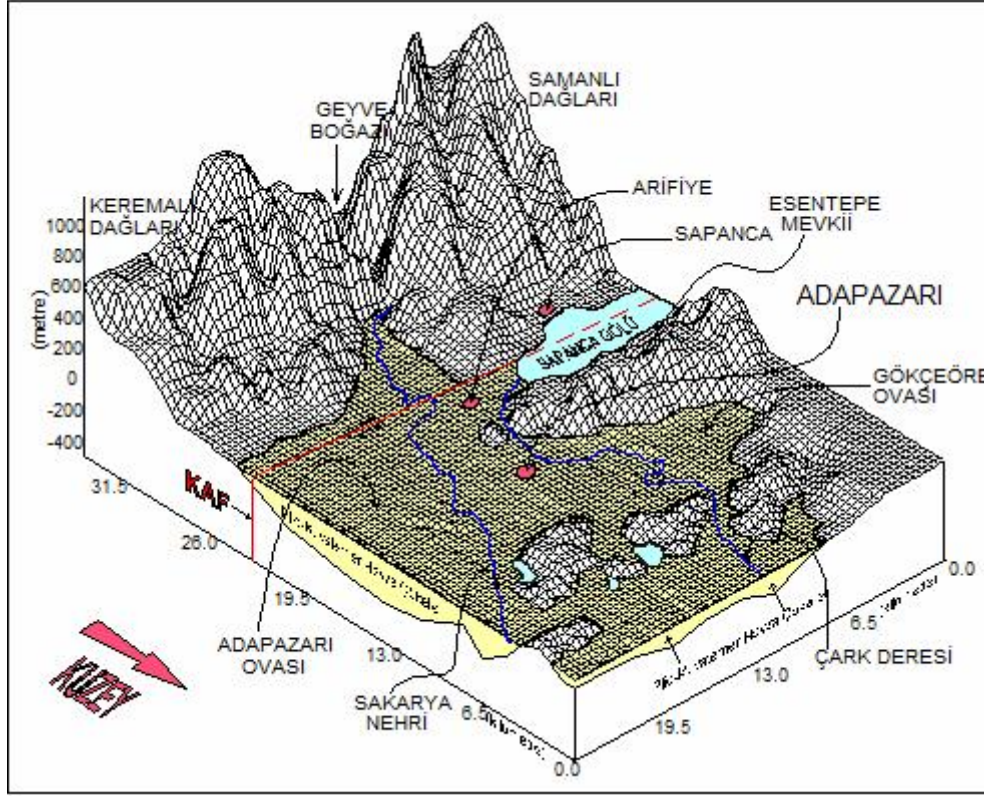
Şekil 4.2. Adapazarı jeoloji haritası [20]

Tablo 4 .1 . Adapazarı Yakın Çevresinde Yüzeylenen Kayaçların Jeolojik Özellikleri[21]

Formasyon	Simge	Yaş	Kalınlık	Litoloji Ve Renk	Oluşum Ortamı	Tabakalanma	Yüzeyleme
Hendek Formasyonu	Oh	Alt Ordovisiyen	1500-2000	Grimsi Sarı-Yeşil Renkli Şeyl Ve Kumtaşı Ardalanmalı, Grimsi Yeşil-Mor Renkli Kumtaşı Arakatkılı Şeyl	Sığ Deniz	Orta,Kalın	Adapazarı Kuzeydoğusu,Çamdağ
Yılanlı Formasyonu	Dcy	Orta Ve Üst Ordovisiyen-Alt Karbonifer	10-600	Açık-Koyu Gri,Siyah Yer Yer Beyaz Renkli Rekrystalize Kireçtaşı,Dolomitik Kireçtaşı,Dolomit	Sığ Deniz-Şelf	İnce,Orta Kalın	Adapazarı Kuzeyi , Kuzeydoğusu
Çakraz Formasyonu	Pt,ç	Permiyan Triyas	1500	Gri Dolomit,Şeyl,Kırmızı Kumtaşı,Rekrystalize Kireçtaşı,Gereçli Çakıltaşı Çamurtaşı	Karasal	İnce,Kalın	Adapazarı Kuzeyi , Taşkırsığı Mevkii
Akveren Formasyonu	Kta	Meastrihtiyen (Üst Kretase)-Alt Eosen	Sarı ,Beyaz,Grimsi Yeşil Yer Yer Kırmızı Renkli Killi Kireçtaşı,Marn,Kiltaşı,Çakıltaşı,Resifal Kireçtaşı, Ve Volkanitler (Andezit,Bazalt)	...	İnce,Orta Kalın	Adapazarı Kenti Güney Ve Üneybatı Kenarı
Çaycuma Formasyonu	Tç	Alt-Orta Eosen	...	Sarı ,Gri,Grimsi Yeşil Renkli Mika Pullu Kumtaşı Çamurtaşı,Marn,Çakıltaşı,Nummulitli Kırıntılı Kireçtaşı	Yamaç Ve Sığ Deniz Ortamı	İnce Orta Yer Yer Kalın Katmanlı	Adapazarı Batısı
Yığılca Üyesi	Tçy	Alt-Orta Eosen		Koyu Gri ,Kahverengimsi Gri,Kırmızımsı Gri Renkli Piroklastik Kayalar,Andezit, Ve Bazalt	...	Orta, Kalın	Adapazarı Batı-Güney Batısı
Örencik Formasyonu	Tör	Pliyosen-Miyosen	..	Kırmızı,Sarımsı Kırmızı,Kahverengi Renkli Çkıltaşı Kumtaşı,Çamurtaşı Ve Kiltaşı	Akarsu,Sellenme Ve Alüvyon Yelpazesi	Orta-Kalın	Adapazarı Güneyindeki Yüksek Dağların Kuzey Etekleri

Genellikle akarsu ağızlarında sellenme ile oluşan ve genellikle ovanın güney sınırında Geyve Boğazı çıkışının sağ yamaçlarında yüzeyleyen silt, kum, çakıl ve bloklardan meydana gelen alüvyon yelpazeleri (Q_{ye}) bu birimin bir alt üyesi olarak düşünülebilir.

Bu kadar büyük bir alüviyal dolgunun hangi bölgelerden taşındığının bilinmesi için Sakarya havzasından bahsetmek gerekir. Sakarya havzası 58.000 km² lik su toplama alanıyla ve 4 milyar m³ üzerinde yıllık ortalama su hacmi ile Türkiye'nin büyük havzalarından biridir. Bolu, Ankara, Konya, Afyonkarahisar, Kütahya ve Bursa arasında 2.075.000 hektar ovalık alan vardır. Sakarya Nehri ilin içinde uzunluğu 159.5 km.dir. Pamukova'nın güneyinde il topraklarına girer. Geyve Boğazı'na girmeden önce Karaçay'ın suyunu alır. Doğudan Mudurnu Çayını da (65km.) aldıktan sonra kuzeye yönelir. Sapanca Gölünün fazla suyunu boşaltan Çark Suyu (45 km.) kuzeyde Sakarya ile birleşir. Vadinin batısında 1000 metreye ulaşan dağlar yükselir. Sapanca'dan sonra düze yakın alanda akmaya başlar, kuzeydeki plato alanında yer alan boğazı geçer ve kıyı ovasına ulaşır. Karasu ilçesinde Karadeniz'e dökülür. Nehrin ovanın değişken kısımlarında aktığına menderesler oluşturduğuna dair bulgular vardır. Nehrin yüksek boşalımlı olmasından dolayı ve sellenmeyi önleyecek az miktarda bitki örtüsü bulunması sebebiyle ova aşırı hacimde çökellerle doludur. Ayrıca Geyve Boğazı'ndan ani çıkışının ardından düz olan Adapazarı ovasında hızını kaybettiğinden çakıl, kum, kil ve silt malzemeleri ovaya bırakmış ve yatağın gittikçe dolması sonucu azalan akım hızı ile kil ve silt istiflenmesine yol açmıştır [22].



Şekil 4.3. Adapazari' nın KD' dan GB' ya doğru morfolojik görünümü [21]

Şekil 4.3 de görüldüğü gibi Adapazari havzasını güneyden sınırlayan yüksek kısımlar daha ziyade E-W uzanımlı olup bu uzanımın batı kısmını Samanlı Dağları, doğu kısmını ise Karadağ-Keremali Dağları oluşturur. Bu yüksekliğin nispeten alçaldığı kesiminde Geyve Boğazı olarak bilinen derin vadi Sakarya Nehri tarafından kat edilir. Adapazari' nın güney batısında bulunan Sapanca Gölü' nün kuzey ve güney kısımları yüksek tepeliklerle kısıtlanır. Sapanca Gölü' nün doğu kısmı düz bir saha teşkil eder. Kentin kuzey kısımları (Karakamış, Dağdibi kuzey kenarları) 150-200 m civarında tepelik bir saha ile sınırlanır.

Adapazari şehrinin kurulmuş olduğu saha, genelde düz bir görünüm ihtiva etmekte olup şehir merkezinin deniz seviyesine göre yüksekliği genelde 31m civarındadır. Bu yükseklik, KD istikametinde % 0.5, KB istikametinde % 2' lik bir eğimle azalma gösterir. Kentleşme sınırlarındaki bu düzlüğü, batıda Serdivan ve güneybatıda Erenler mevkileri kısmen bozmaktadırlar.

4.3. Türkiye'nin Genel Tektoniği

Türkiye'deki tektonik-orojenik gelişme kuzeyden güneye doğru yavaş yavaş ilerlemiştir. İlk şiddetli etki kuzey silsilelerinden başlamış, bunu takip eden devre ise Orta Anadolu'da olmuştur. Bu orojenik gelişmeye paralel olarak Türkiye'de genellikle önce Pontitler, sonra iç kısımları, daha sonra Toroslar ve en son kenar kıvrımları tektonik oluşumlarını tamamlamışlardır.

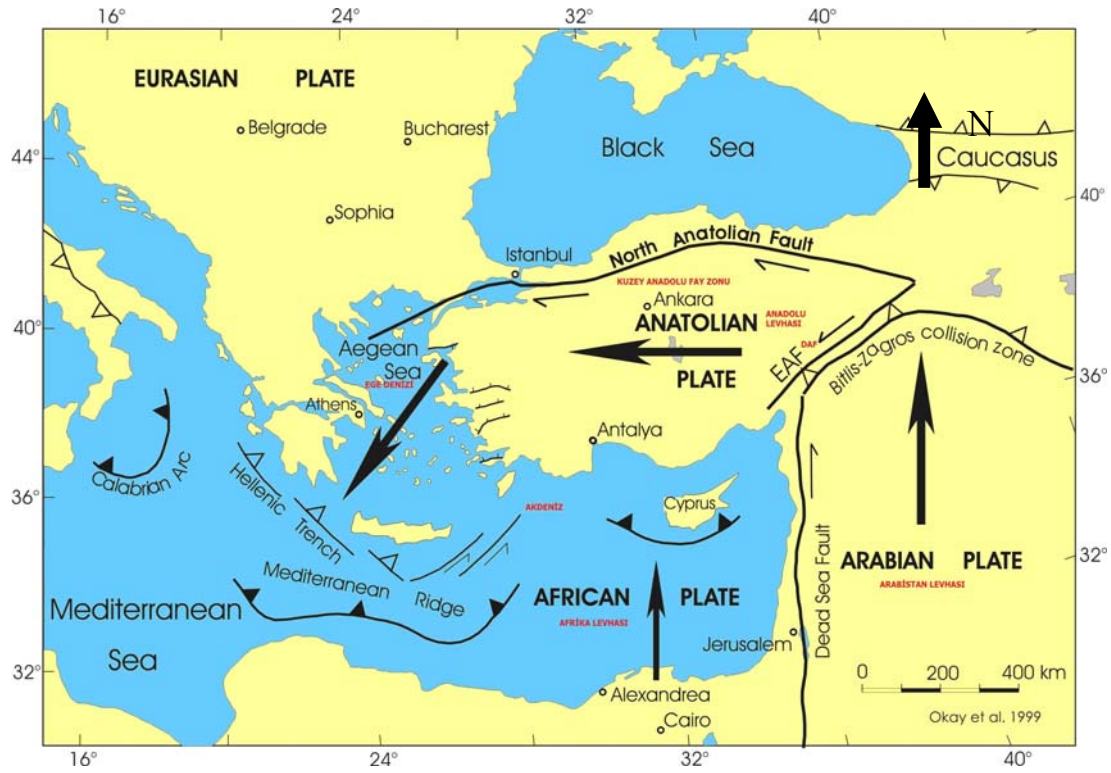
Türkiye'nin tektonik birimlerini, Arni (1939) ve Blumenthal (1949); stratigrafik, mağmatik ve orojenik bakımdan incelemiştir. 1966'da Ketin ve yine aynı yıl Brinkmann ilk defa Ofiyolit kuşaklarını dikkate alarak tektonik sınıflama geliştirmişlerdir. Ketin (1966) sınıflamasında kuzeyden güneye doğru Pontid, Anatolid, Torid ve Kenar Kıvrımları Kuşakları olmak üzere 4 ana tektonik birlik ayırtlamış ve bunların birbirinden ofiyolitik kayalarla ayrıldıkları ortaya konmuştur. Ana hatları ile Ketin (1966) sınıflamasına uygun olan Şengör ve Yılmaz (1980) sınıflaması ise Türkiye'nin levha tektoniği ilkelerine göre hazırlanmış ilk tektonik sınıflamasıdır. Bu sınıflama Ketin (1966)'nin sınıflamasındaki pontid kuşağı kuzeyde Rodop Pontid Kıta'sı ve güneyde Sakarya Kıta'sı olmak üzere ikiye ayırarak bu iki kıtasal bloğu birbirinden ayıran İntra-Pontid kenedinin varlığı ortaya konmuş, böylece ülke beş ana tektonik birliğe ayrılmıştır.

Günümüzde Levha tektoniğinin getirdiği yeni görüşlerin ışığında, Türkiye ve çevresinin tektonik olarak incelenebilmesi ile geçmişe göre daha sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir. Şekil 4.4'de Türkiye'nin ve civarındaki büyük tektonik birimlerin birbirine göre hareketleri gösterilmiştir. Buna göre, Bitlis Bindirme Zonu boyunca Arabistan Levhası'nın, Avrasya Levhası'na yaklaşması sonucu, Kuzey Anadolu'da bir yatay kaçış (Lateral escape) zonu oluşmakta ve buna bağlı olarak Anadolu Levhası batıya doğru hareket etmektedir. Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu Fay Zonları batıya doğru hareket eden Anadolu bloğunun kuzey ve güney sınırlarını oluşturmaktadırlar (Mc Kenzie, 1972; Şengör, 1979). Diğer yandan Ege graben bölgesi yoğun bir kuzey-güney gerilmesi ile açılmaktadır. Bu açılma zonunda bir çok büyük grabenler oluşmuştur. Anadolu

bloğunun sınırlarını oluşturan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ise sol yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşmaktadır [23,24].

Avrasya Levhası'na göre, güney batıya doğru saat yönünün tersine hareket eden Anadolu Levhası'nın güney sınırı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ile belirlenmektedir. DAFZ, Karlıova'dan başlayıp güney batıda Adana'nın Bahçecik ilçesine doğru uzanmaktadır.

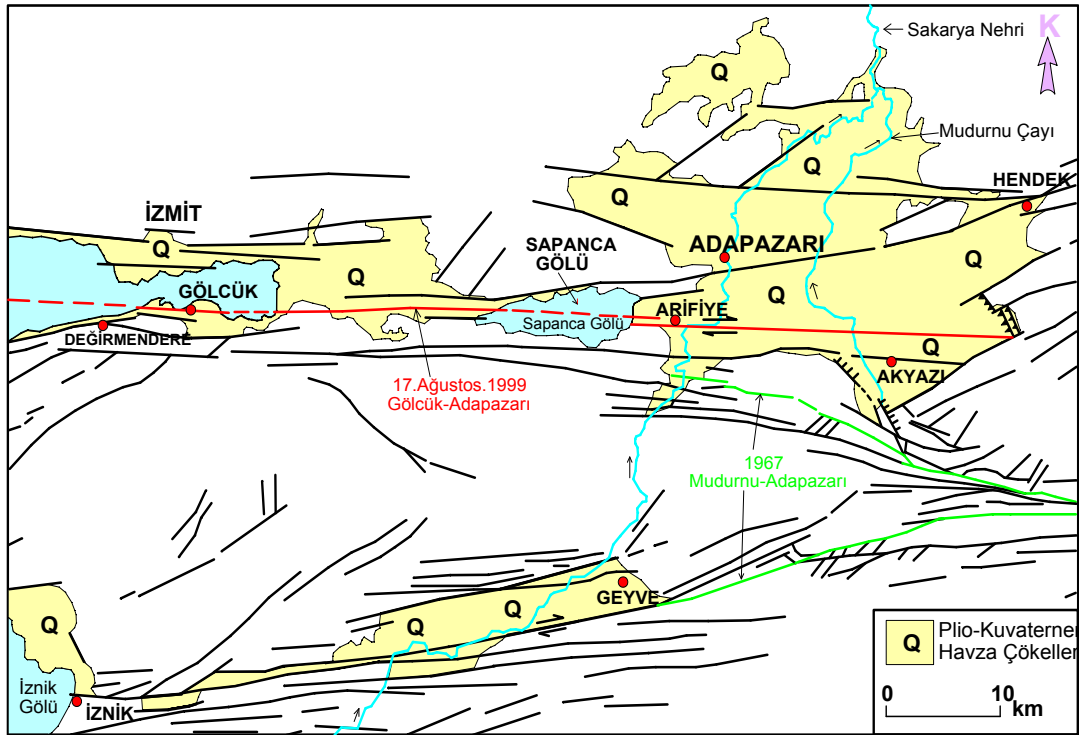
Çalışma alanı, literatürde yaygınca bilinen adı ile Kuzey Fay Zonu (KAFZ)'nda yer almaktadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) doğrultu atımlı ve sağ yönlü bir faydır. Doğuda Karlıova'dan başlayarak Erzincan-Tokat-Ilgaz-Gerede-Bolu üzerinden Mudurnu vadisine kadar uzanır. Burada Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nın güney kolu Geyve ve İzmit'ten Gemlik Körfezi'ne kadar uzanır. Bu kesimde tekrar kollara ayrılan Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nın en kuzeydeki ana kolu Arifiye-Sapanca-İzmit Körfezi-Gölcük üzerinden Kuzey Marmara çukurluklarını takiben Gelibolu Yarımadası ve Saroz Körfezine ulaşır.



Şekil 4.4. Türkiye Tektonik Haritası [25]

4.4. Bölgesel Tektonik ve Faylar

Adapazarı ve çalışma alanı olan Erenler Bölgesi, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde yer almaktadır. KAFZ, yaklaşık 1500 km uzunluğunda olup, Türkiye ve dünyanın en aktif fay kuşaklarından biridir. Adapazarı, kalın bir alüvyon dolgu, yani zayıf bir zemin üzerinde yer alması nedeniyle muhtelif tarihlerde meydana gelmiş olan şiddetli depremlerde büyük hasar görmüştür. Bunun yanında, zemin koşullarından ötürü, deprem esnasında sıvılaşma ve zemin büyütmesi açısından büyük potansiyele sahiptir.



Şekil 4.5.Adapazarı ve çevresinin neo-tektonik haritası [26]

Şekil 4.5’ de inceleme alanı ve çevresindeki faylar görülmektedir. Marmara bölgesinin güncel tektoniğini inceleyen araştırmacılar, Kuzey Anadolu Fayı’nın Mudurnu vadisi civarında iki kola ayrıldığını belirtmişlerdir. Bu kollar; İzmit’ten geçip Marmara Denizi ve Saros Körfezi boyunca Yunanistan’a kadar uzanan kuzey kol, Geyve, İzmit, Bursa, Balıkesir üzerinden Edremit körfezine kadar uzanan güney koldur (Şekil 4.5). Marmara denizindeki çukurlar ile Sapanca, İzmit ve Manyas Gölleri, Kuzey Anadolu Fay Zonu’na ait kolların doğrultu atımlı hareketleriyle ilişkili olan çek – ayır (pull – apart) mekanizmasının ürünleri olarak değerlendirilmektedir.

Çok sayıda araştırmacı (Ketin, 1948, Tokay, 1973, Seymen, 1975, Tatar, 1975, Sipahioğlu, 1984, Şengör ve diğ., 1985, Barka ve Gülen, 1987, Şaroğlu, 1988, Karavul, 1996) tarafından incelenen Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), ilk olarak Paleotektonik dönemde Arab Levhası’nın saatin tersi yönünde dönerek Anadolu Levhasını sıkıştırması sonucunda oluşmuştur. Neotektonik dönemde Anadolu Levhası, KAFZ ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca güney batıya doğru kaymaktadır. KAFZ doğuda Bingöl – Karlıova’dan başlayarak batıda Saros körfezine kadar uzanmaktadır.

Baykal (1943), Adapazarı kuzeyinde Devoniyene ait tepelerin eteğinden Karaboğaz, Karakamış kuzeyi ve Dağdibi kuzey kenarı boyunca E-W hattında geçen gömülü bir fayın varlığını ileri sürmüşlerdir. DSİ'ce yapılan rezistivite etüdü sırasında (Doğan, 1968), Sakarya Nehri yatağına paralel olarak uzanan sonra kuzeydoğuya yönelen ve güneyde ise SW istikametine devam eden diğer bir gömülü fayın varlığını saptamışlardır. Keleş (1974), tarafından yapılan rezistivite etüdü sonucunda diğer bir gömülü fayın Sapanca Oluğun kuzey kenarı boyunca ve Beşköprü vadisinin güneyinde uzamakta olduğu tespit edilmiştir.

Emre ve diğ.(1998), çalışma alanının güney batısında bulunan İzmit – Sapanca oluşunu ve güneyde bulunan Samanlı Dağlarını KAF Zonu olarak nitelemişlerdir.Yaptıkları çalışmaya göre KAF zonu Erken-Orta Miyosen 'de peneplenleşme aşaması geçirmiş, geç Miyosen ve geç Pliyosen arasındaki devrelerde K-G yönlü bir sıkışma sürecine girmiş bunun sonucunda da kıvrım ve doğrultu atımlı faylarla bölgesel tümenden bir yükselme meydana gelmiştir. Geç Pliyosenin sonlarında KAF 'nın belirmesi ile günümüze kadar İzmit-Sapanca Oluğu doğrultu atım deformasyonlarına, Adapazarı havzası çek-ayır mekanizması sürecine, Samanlı dağları ise yükselme eğilimine girmişlerdir. [27]

4.5. İnceleme Alanının Jeolojisi

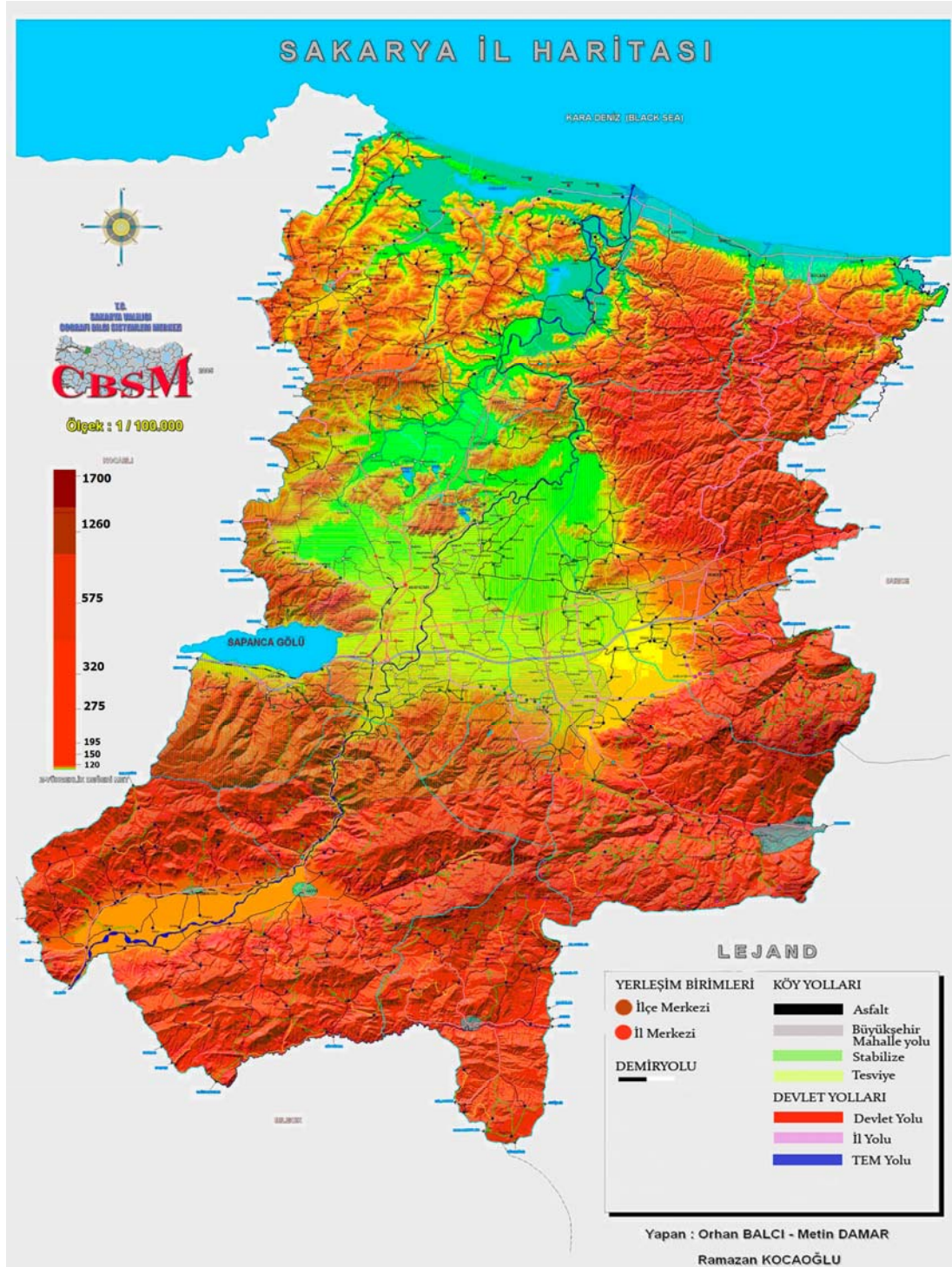
İnceleme alanı tamamen nehir çökelleri üzerindedir.İzmit körfezinden itibaren Adapazarı'na ve buradan da Hendek'e kadar uzanan bir çöküntü havzası içinde bulunmaktadır.Bu ova Sakarya'nın Çark suyu Mudurnu, Uludere gibi suların getirip biriktirdiği kalın alüvyondan ibarettir. Adapazarı'nın güneyinde doğudan-batıya doğru sıralanan tepeleri Kratese filişleri teşkil etmektedir. Serdoğan deresi, bu filiş tepeleri ve andezitik tüflerden oluşmuş Karahabi tepesini birbirinden ayırmaktadır.Batıda ise, bu formasyonlar üzerine Eosen yaşlı kireçtaşlarının geldiği görülür.

Ovanın kuzey kenarında dik falezlerle yükselen tepeler, Devoniyen'e ait kırmızı renkli şist ve kumtaşlarından oluşmuştur. Daha yukarılarda bu tabakalar Üst Kratese yaşlı kireçtaşları ile örtülüdür.Ovanın güney ve kuzeyinde aynı düzeydeki tabakaların ve jeolojik yapının başka başka olması Adapazarı'nın tektonik çöküntü (Graben) içerisinde bulunduğunu ve kuzey sınırı teşkil eden dik falezlerle doğu-batı

doğrultusunda bir dislokasyon hattına karşıt geldiğini göstermektedir. Bu fay çizgisi Tatligeçit ile çingene bayırı arasında açıkça görülür. Yer altı su seviyesi alüvyon içinde çok yüksek seviyede bazı kesimlerde bataklık durumdadır [28].

4.6. İnceleme Alanının Topoğrafik Durumu

İl topraklarının % 33.6'sı dağlarla kaplıdır. Sakarya İlinin en yüksek ve sarp kesimleri güneydedir. Kuzey Anadolu sistemine bağlı olan dağlar İl alanına yakın kesimlerde alçak platolara dönüşür. Başlıcaları, şehrin güneyinde Erenler Tepesi (75 m.), Alibey Tepesi (112 m.), güneydoğusunda Hıra Dağı ve Serdivan Tepesi, Akova'nın güneyinde Karadağ, Keremali Dağları'dır. Keremali Dağı üzerindeki Dikmen Tepesi (1.720 m.) Sakarya'nın en yüksek noktasıdır. Akova'nın doğusunda Çamdağı (880 m.), batısında ise Kocaeli Yaylası vardır. Bölgenin yükseltilerini fiiliş, düzlüklerini ise alüvyon kaplamaktadır. Şekil 4.6' da çalışma alanı olan Adapazarı kent merkezini de içinde bulunduran alanların topoğrafik haritası görülmektedir [29].

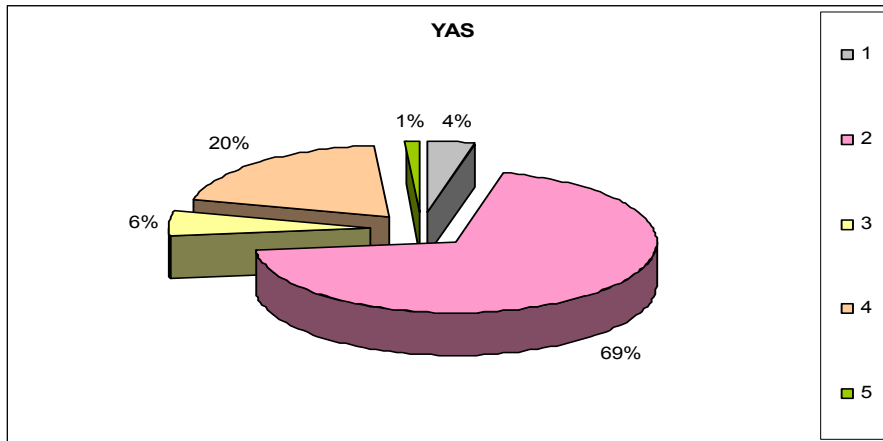


Şekil 4.6. Adapazarı ve çevresinin topoğrafik haritası [29]

4.7. İnceleme Alanının Su Durumu

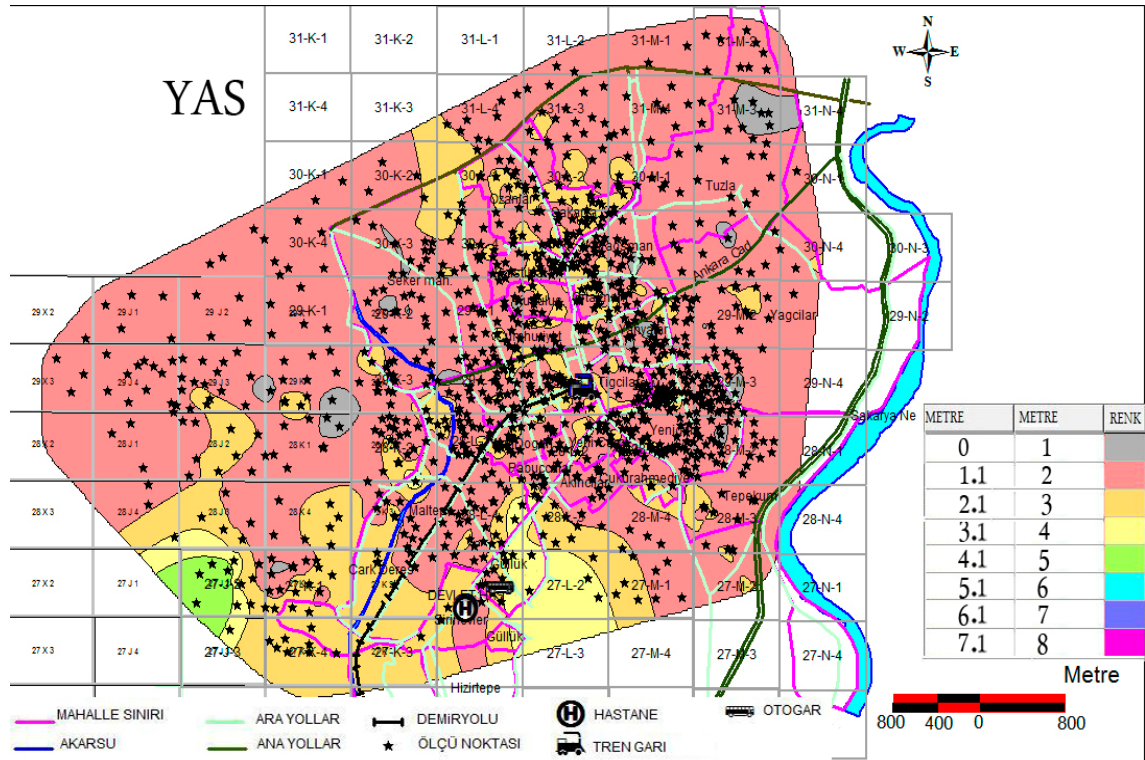
Şekil 4.7’de çalışma alanının yer altı su seviyesi (YAS) haritaları görülmektedir. Buna göre inceleme alanı genelinde yer altı suyu seviyesinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Topoğrafik olarak yüksek olan Hızırtepe ve çevresinde yeraltı su seviyesinin düşük olduğu görülmektedir. İnceleme alanında yer altı su seviyesinin alanın % 69 oranla en büyük kısmında pembe renk ile temsil edilen 1-2 metre aralığında olduğu, % 20 oranla ikinci sırada ise koyu sarı olarak temsil edilen 2-3 metre aralığında olduğu, % 6 oranla açık sarı olarak temsil edilen 3-4 metre aralığında, % 4 oranla gri renk ile temsil edilen 0-1 metre aralığında ve % 1 oranla yeşil renk ile temsil edilen 4-5 metre aralığında değiştiği görülmektedir. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı üzere inceleme alanının büyük kesiminde yer altı su seviyesi oldukça yüksek seviyede bulunmakta ve bu durumda zeminin dayanımının düşmesinde rol oynamaktadır.

Grafik 4.1. İnceleme Alanı (Adapazarı) YAS haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği



Tablo 4.2. İnceleme alanı YAS (Yer altı Su Seviyesi) yüzdeler dağılımı

Harita Adı	Gri (%)	Pembe (%)	A. Sarı (%)	K.Sarı (%)	Yeşil (%)
YAS	4	69	6	20	1



Şekil 4.7. İnceleme alanının YAS (Yeraltı Su Seviyesi) Haritası

BÖLÜM 5. ADAPAZARI İLİ MİKROBÖLGELEME HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

5.1. Verilerin Elde Edilmesi ve Analizi

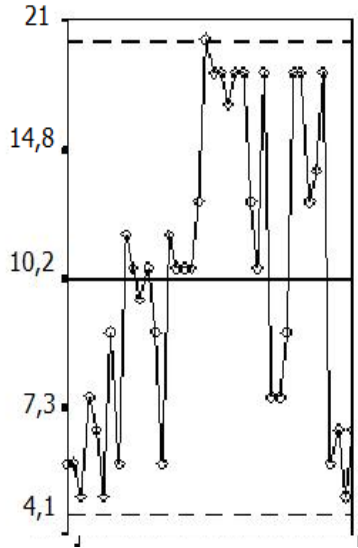
Veriler, 620 km²'lik alanı kapsayan Sakarya ili merkez Adapazarı ilinde 2100 sondaj, 280 sismik kırılma yöntemi ile yapılan zemin etüd raporlarından elde edilmiştir. Dataların elde edildiği zemin etüd raporları, 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi'nden sonra belediye tarafından yaptırılan genel zemin etüdü ve vatandaşların parsel bazında yaptırdığı zemin etüdüleri sonucu hazırlanmıştır.

Çalışma alanını kapsayan 1/13000 ölçekli pafta anahtarı üzerinde, mahalle sınırları, kadastral pafta alanları ve yollar sayısallaştırılarak projeksiyonlanmıştır. Bu harita üzerine, elde edilen datalar koordinatları ile işlenmiş ve pafta bazında dağılımlarına bakılmıştır.

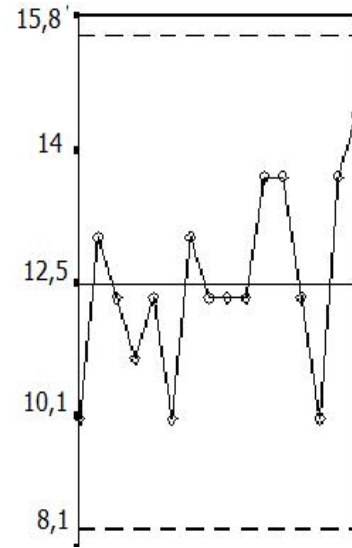
89 paftadan oluşan çalışma alanında, her bir paftaya düşen verilerin güvenilir olup olmadığını araştırmak için veri analizi uygulanarak veriler SPSS programından geçirilmiştir. SPSS programı daha çok istatistiki işlemler için kullanılmaktadır. Bizim çalışmamızda ise, SPSS programı kullanılarak, verilerin pafta bazında dağılımları incelenerek her bir paftaya ait verilerin hangi değerler arasında değiştiği, grafik üzerinde görülebilmektedir. Paftalara ait grafiklere bakılarak, söz konusu pafta içerisinde ölçüm değerlerinin en düşük ve en yüksek değerlerini, bunun yanı sıra yine aynı pafta içerisindeki ölçüm değerlerinin ortalaması görülebilmektedir. Grafikte saçılıma neden olan yani paftadaki veri değerlerinin genel dağılımından çok düşük yada çok yüksek değere sahip olan veriler tespit edilerek veri setinden atılmıştır. Verilerin pafta bazında incelenmeleri ve aykırı dataların elemine edilme işlemi bittikten sonra veriler birbirine komşu paftalar da göz önüne alınarak tekrar kontrolden geçirilmiş ve bu aşamada da çok uç noktalarda minimum yada maksimum

saçılıma neden olduğu tespit edilen datalar veri setinden atılmıştır. Bir paftaya ait verilerin içinde genel dağılımına aykırı olduğu için atılan bu datalar, arazide ölçüm sırasında alınan yanlış değerlerden, büro ortamında değerlendirme yapılırken ya da kağıt ortamından sayısal ortama aktarılırken hata yapılmasından kaynaklanabilmektedir.

Örneğin 29-L-2 nolu pafta içinde yer alan SPT 1 verilerinin dağılımına bakıldığında (Şekil 5.1) saçılmaların olduğu görülmektedir. Bu saçılmalara neden olan datalar, o paftanın zemin parametre değerlerinin güvenilirliğini azaltmakta ve bu datalar atılmadan çizilecek haritalar hatalı yorumlara neden olabilmektedir. Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak oluşturulan mikro zemin parametre haritalarında veri analizi yapmak çalışmanın güvenilir sonuçlar vermesini sağlamak için bir sigorta işlevi görmektedir.[30] Güvensiz olan bu datalar atıldığında Şekil 5.2 'de görüldüğü gibi saçılmalar azalmakta ve datalar daha güvenilir hale gelmekte bunun sonucu olarak oluşturulan haritaların ve yapılabilecek diğer çalışmaların da güvenilirliği artmış olacaktır .



Şekil 5.1 Analiz öncesi görünüm



Şekil 5.2. Analiz sonrası görünüm

Bu işlem tüm paftalara uygulandığında sapma gösteren tüm datalar atılarak güvenilir datalarla çalışmaya devam edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre geriye kalan 1820

sondaj ve 220 sismik çalışmaya ait veriler ile inceleme alanı zeminine ait mikrobölgeleme haritalarının hazırlanması işlemine geçilmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak Zemin parametreleri için mikrobölgeleme haritaları oluşturulmuştur. Buna ilave olarak yine Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak, bulanık mantık sistemi ile oluşturulan yerel zemin guruplarına göre sınıflama yapılarak sistem çıktılarından yerel zemin gurubu haritası oluşturulmuştur. Böylece CBS ve Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) sistemin birbiri ile entegrasyonu sağlanmış ve Bulanık Mantık sisteminin sayısal çıktıları görsel haritalara dönüştürülmesi sağlanmıştır .

5.2. Mikrobölgeleme Haritalarının Hazırlanması

5.2.1. Sondajlardan Elde Edilen Veriler Kullanılarak Oluşturulan Haritalar

İnceleme alanında yapılmış olan sondajlardan elde edilen veriler , veri analizi sonucunda 1820 adet kalmıştır. Bu veriler MAPINFO programı ile geocode edilmiştir. Çalışma altlığı olarak Adapazarı iline ait 1/13000 ölçekli pafta anahtarı kullanılmıştır. Geocode edilen veriler bu altlık üzerinde görüntülenmiştir. Daha sonra Vertical Mapper programı ile çalışma alanına ait SPT 1, SPT 2, SPT 3, SPT 4 (Standart Penetrasyon Testi) , ZEG 1, ZEG 2 (Zemin Emniyet Gerilmesi) ve YAS (Yeraltı Su Seviyesi) haritaları oluşturulmuştur.

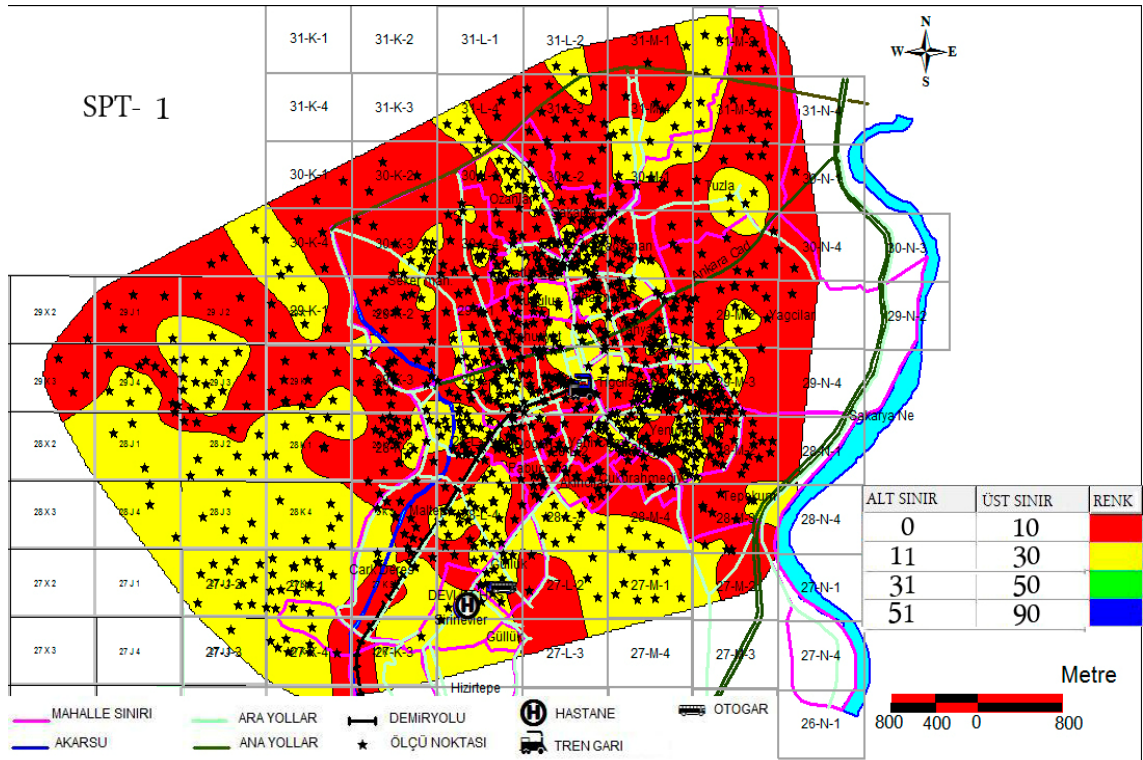
5.2.1.1. SPT (Standart Penetrasyon Testi) Haritaları

SPT (Standart Penetrasyon Testi) Deneyi, yaygın olarak kullanılan arazi deneylerinden biridir. Bu deney; sondaj tijlerine takılmış, ortasından ikiye ayrılabilen (yarık) ve içinde pirinçten yapılmış bir iç tüpün bulunduğu bir örnekleyicinin, 63,5 kg ağırlığında bir şahmerdanın 760 mm yükseklikten tijlerin üzerine düşürülerek zemine sokulması ilkesine dayanır. Kullanılan şahmerdan türleri ülkeden ülkeye değişmekte olup, en yaygın olarak Donut ve Safety adı verilen iki tip şahmerdan kullanılmaktadır. Deney, toprak zeminlerde uygulanır. Ortadan ayrılabilen tüpün dış çapı 50 mm, iç çapı 35 mm ve uzunluğu 650 mm olup, tijlere monte edilir.

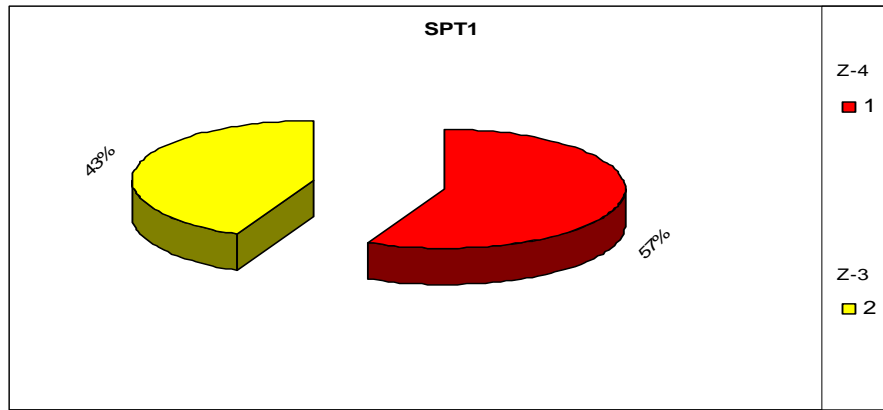
Uygulama:

- a) Kuyu deneyin yapılacağı seviyeye kadar temizlenir ve deney seviyesinde örselenmiş bir kısmın kalmamasına özen gösterilir.
- b) Tüp, kuyu tabanına kadar indirilip zemine 15 cm çakılır. Tüpün 15 cm'lik çakılmasından elde edilen darbe sayıları (N) dikkate alınmaz. Burada amaç, kuyu tabanındaki örselenmiş zemin kısmının geçilmesidir.
- c) İlk 15 cm'lik ilerlemeden sonra tüp, zemine 30 cm daha girecek şekilde tekrar çakılır ve 30 cm'lik çakma için toplam darbe sayısı kaydedilir. Kaydedilen darbe sayısı (N) deneyin sonucu olarak dikkate alınır.
- d) Eğer tüp, 30cm'lik bir penetrasyona ulaşmadan önce elde edilen darbe sayısı 50 ise, daha fazla darbe uygulanmaz.
- e) Tüp yukarı çekilir ve tüpteki örselenmiş örnek kavanoza veya torbaya konarak zemin tanımlaması ve indeks deneyler için zemin mekaniği laboratuvarına gönderilir.
- f) Deney, sondaj boyunca 1.75 m ile 1.5 m arasında değişen aralıklarla uygulanır. Türkiye'deki uygulamaya göre deney, her 1.5 m' de bir yapılır.
- g) Zemin çakıllı ise, tüpün ucundaki pabuç çıkarılarak kenarları 60° eğimli konik uç takılır.

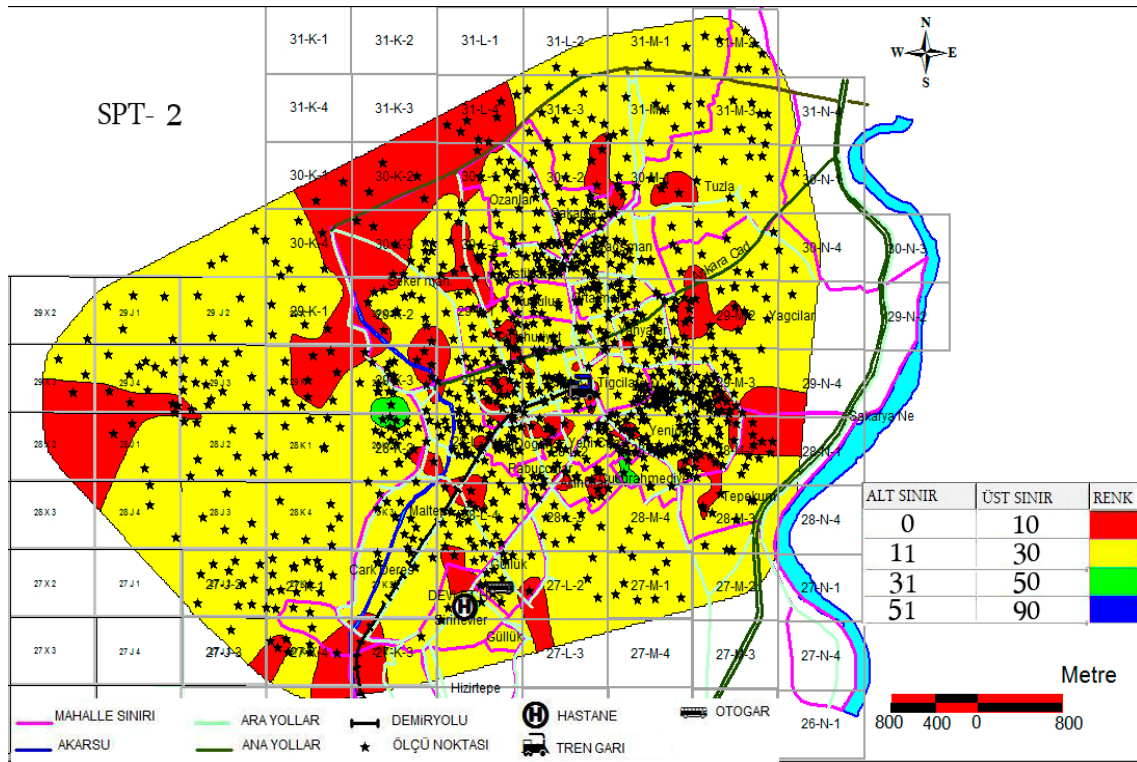
SPT haritalarında kullanılan lejanttaki renkler, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan Tablo 3.1. 'e göre oluşturulmuştur. Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de yer alan SPT 1, SPT 2 haritalarına bakıldığında inceleme alanı olan Adapazarı'nın genelinde zeminin problemlili olduğu görülmektedir. Yine bu haritalardan elde edilen sonuçlara göre çalışma alanının SPT değerlerinin yüzdelik dağılımını gösteren sonuçlar tablo 5.1.'da verilmiştir.



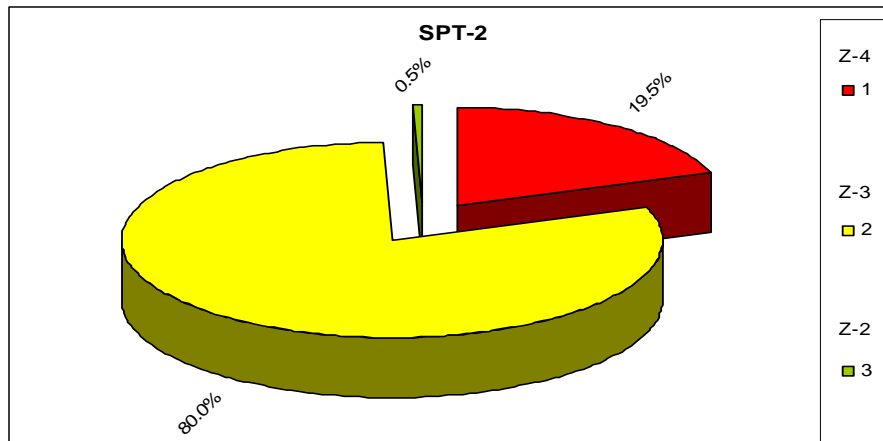
Şekil 5.3. SPT 1 (Standart Penetrasyon Testi) Haritası



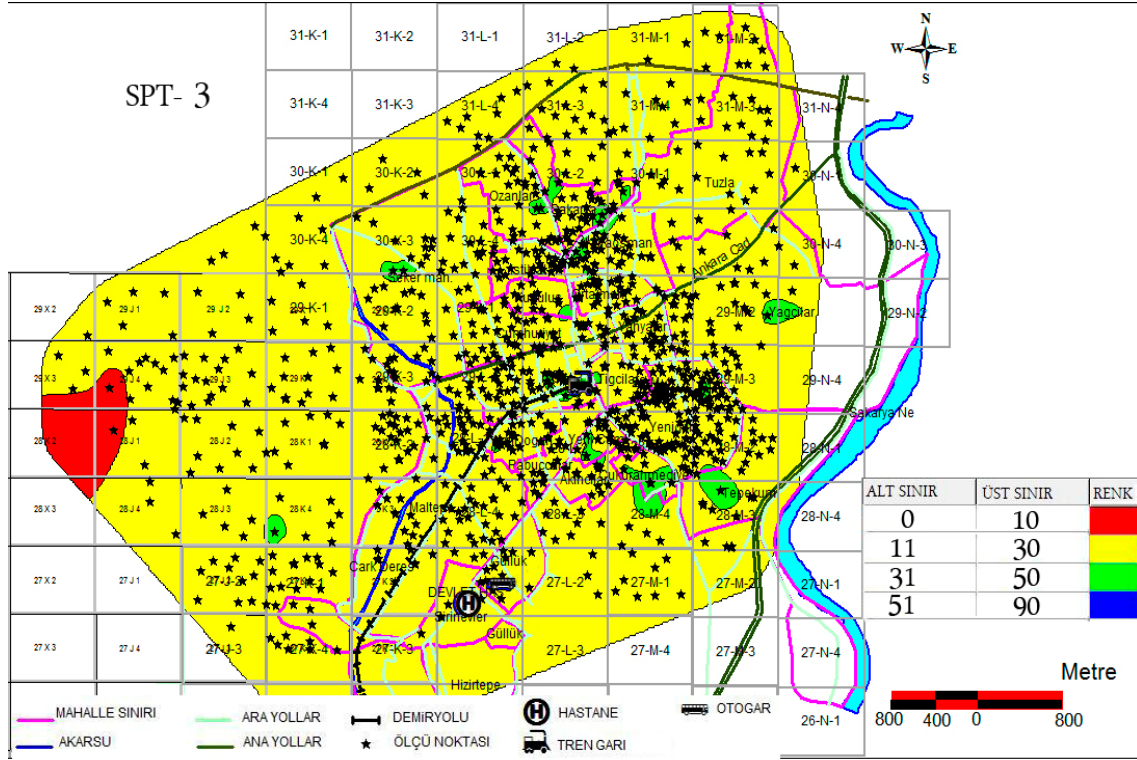
Grafik 5.1. İnceleme Alanı (Adapazarı) SPT1 haritası lejant renkleri yüzdelerik dağılım grafiği



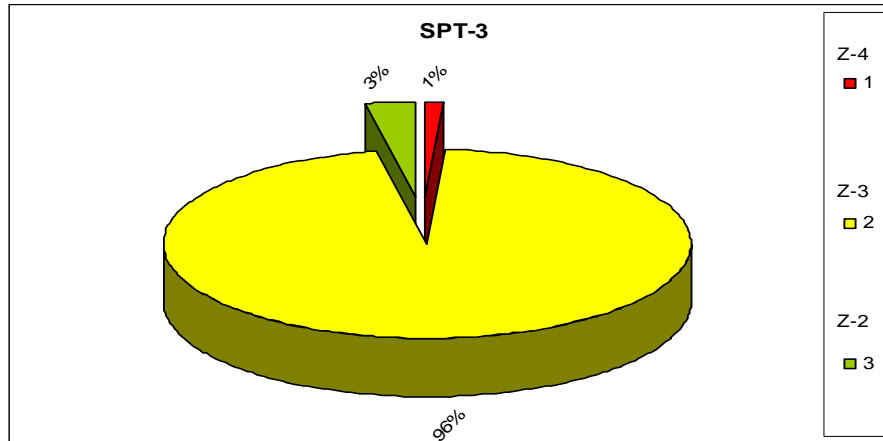
Şekil 5.4. SPT 2 (Standart Penetrasyon Testi) Haritası



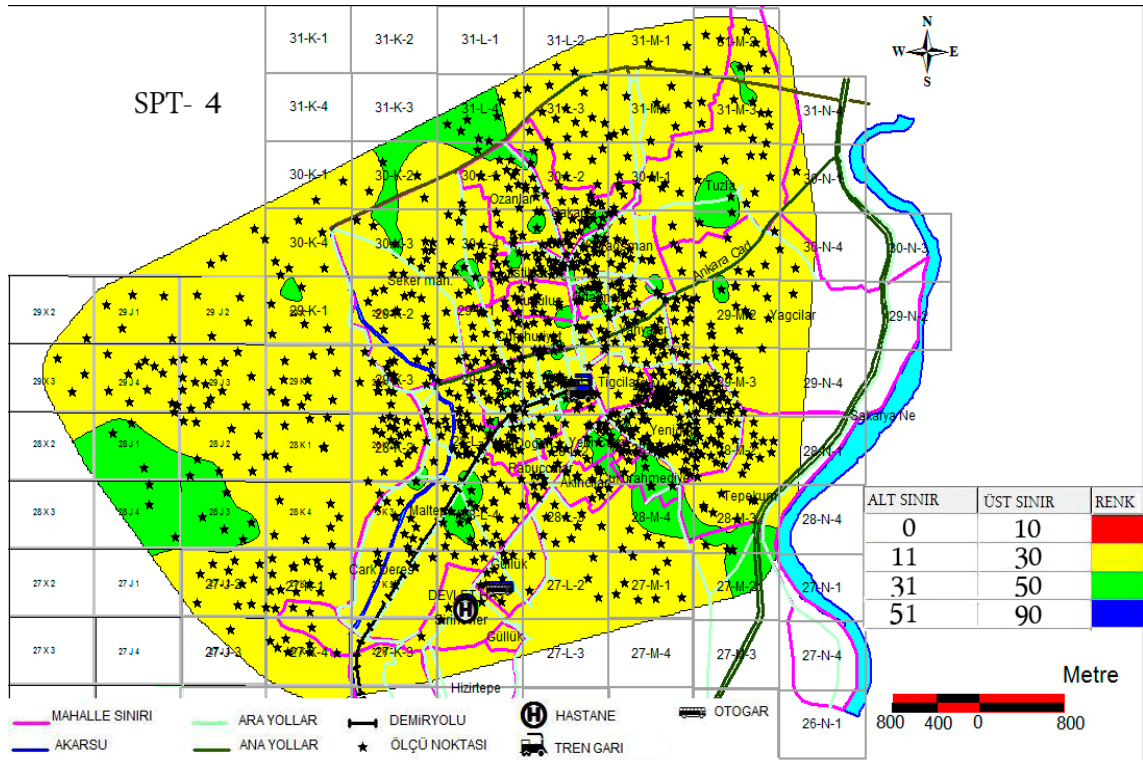
Grafik 5.2. İnceleme Alanı (Adapazarı) SPT 2 haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği



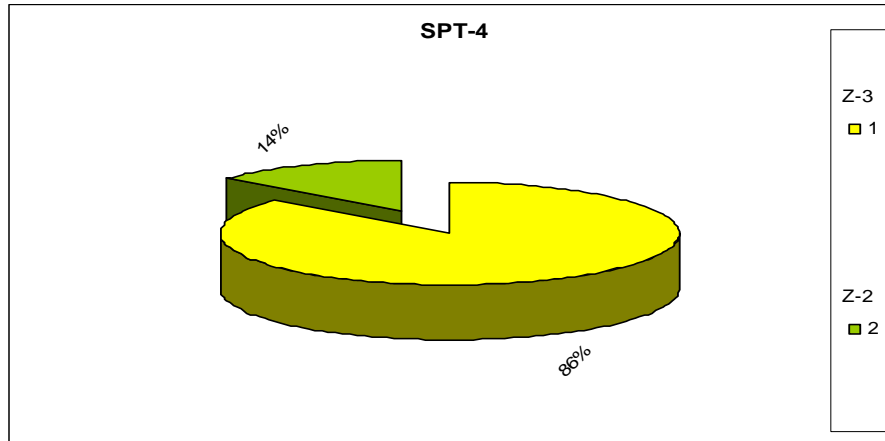
Şekil 5.5. SPT 3 (Standart Penetrasyon Testi) Haritası



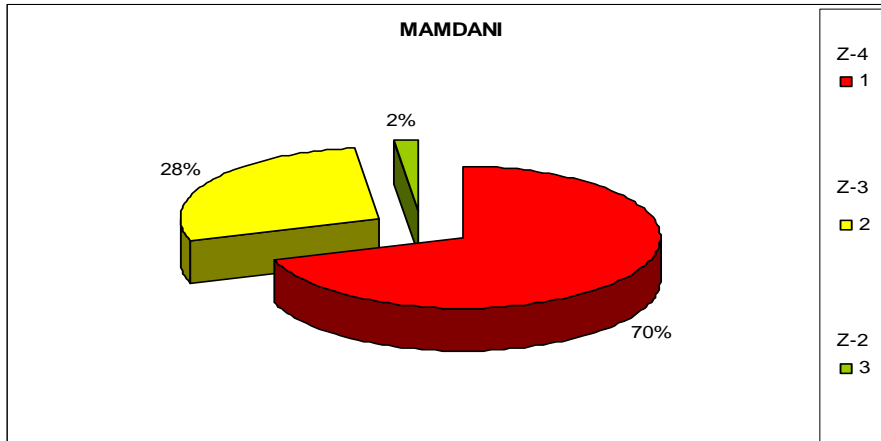
Grafik 5.3. İnceleme Alanı (Adapazarı) SPT3 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği



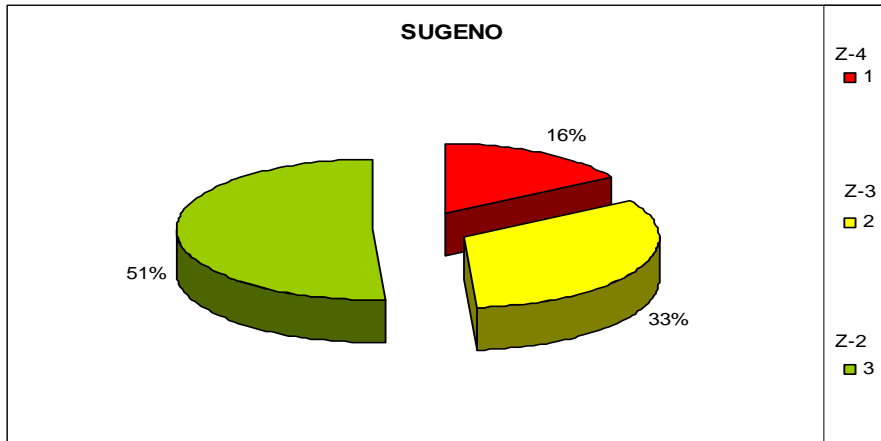
Şekil 5.6. SPT 4 (Standart Penetrasyon Testi) Haritası



Grafik 5.4. İnceleme Alanı (Adapazarı) SPT4 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği



Grafik 5.5. İnceleme Alanı (Adapazarı) Mamdani Bulanık mantık sonucu haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği



Grafik 5.6. İnceleme Alanı (Adapazarı) Sugeno Bulanık mantık sonucu haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği

Tablo 5.1 İnceleme alanı (Adapazarı) Zemin parametre haritaları (SPT haritaları ve Bulanık Mantık Sonucu haritaları) lejant yüzdeler dağılımları

Harita Adı	Z-4(%)	Z-3 (%)	Z-2 (%)	Z-1 (%)
SPT-1	57	43	0	0
SPT-2	19,5	80	0,5	0
SPT-3	1	96	3	0
SPT-4	0	86	14	0
Mamdani	70	28	2	0
Sugeno	16	33	51	0

Tablo 5.1 'deki yüzdeler dağılımlara bakıldığında Şekil 5.3'te görülen SPT-1 haritasında inceleme alanının % 57 lik kısmının Z-4 ile temsil edilen 0-10 SPT

değerlerine sahip olduğu geri kalan % 43'lük alanın ise Z-3 ile temsil edilen 10-30 SPT değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Benzer şekilde Şekil 5.4 te görülen SPT-2 haritasında inceleme alanının % 19,5 lik kısmının Z-4 ile , % 80' lik kısmının Z-3 ve geri kalan % 0,5'lik kısmının da Z-2 ile temsil edildiği görülmektedir. Şekil 5.5'te görülen SPT-3 haritasında ise alanın % 96 'lık kısmının Z-3, %3'lük kısmının yeşil ve % 1 'lik kısmının da Z-4 dağılımlarından oluştuğu görülmektedir. Şekil 5.6'da görülen SPT 4 haritasında ise inceleme alanının % 86'lük bölümünü Z-3, geri kalan %14'lük bölümünün Z-2ten oluştuğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre sırasıyla 1,5 m., 3m., 4,5 m. ve 6 m. derinliklerinden elde edilen SPT-1, SPT-2, SPT-3 ve SPT-4 haritalarından ilk 4,5 metreye kadar zeminin ağırlıklı olarak kırmızı renk ile temsil edilen Z-4 ve sarı renk ile temsil edilen Z-3 zemin guruplarından oluştuğu 6 metre derinlikten elde edilen SPT-4 haritasında ise inceleme alanının sadece % 14'lük kısmında yeşil renk ile temsil edilen Z-2 zemin gurubunda yer aldığı görülmektedir.

5.2.1.2. ZEG (Zemin Emniyet Gerilmesi) Haritaları

Bu çalışmada kullanılan zemin emniyet gerilmesi değerleri, SPT (Standart Penetrasyon Testi) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin hesaplanma şekilleri yeraltı su seviyesine göre değişmektedir. Yeraltı suyu seviyesi temel seviyesinden en az temel genişliği kadar derinde ise zemin emniyet gerilmesi,

$$q_{a1} = (N-3) / 5 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (5.7)$$

yeraltı suyu seviyesi temel seviyesinde ise zemin emniyet gerilmesi,

$$q_{a2} = (N-3) / 10 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (5.8)$$

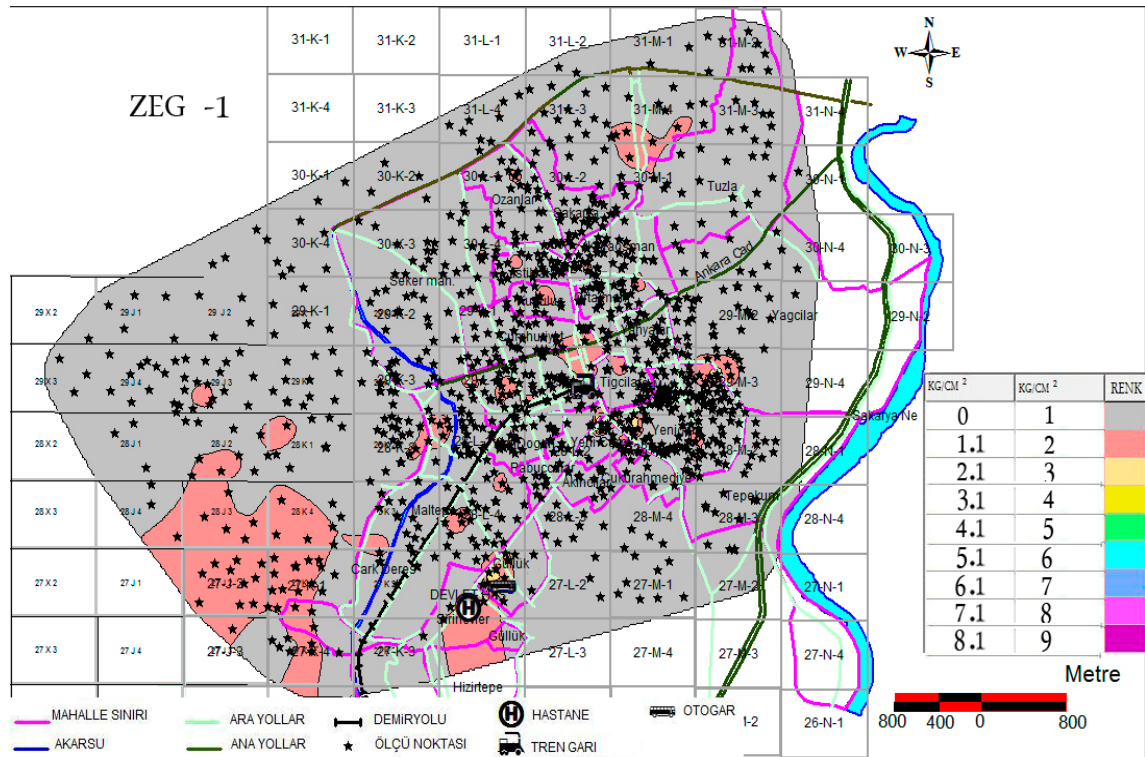
formüllerinden hesaplanmıştır. Burada ki N, SPT değerini vermektedir [31].

Bu çalışmada kullandığımız zemin emniyet gerilmesi değerleri, yer altı su seviyesinin temel seviyesinde olduğu durumlara göre hesaplanmıştır.

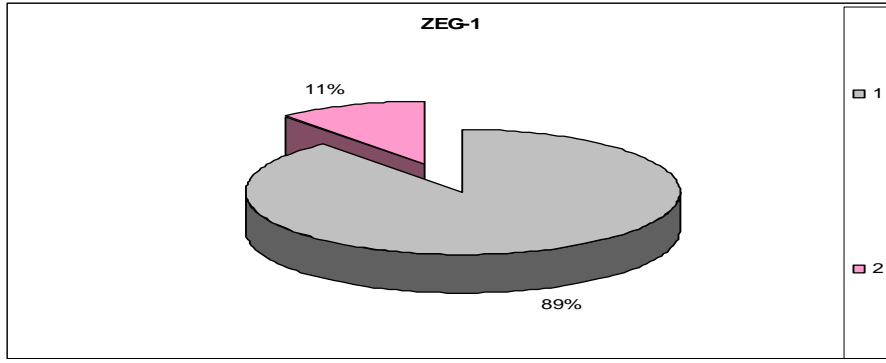
İnceleme alanının ZEG değerlerinin dağılımları Tablo5.2. 'de ve grafik gösterimleri de Grafik (5.7, 5.8)'de görülmektedir. Buna göre inceleme alanının ZEG-1 değerlerine bakıldığında %89'luk kısmının gri renk ile temsil edilen 0- 1 kg/cm² değerlerinde olduğu ve geri kalan % 11'lik kısmın ise pembe renk ile temsil edilen 1-2 kg/cm² değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Benzer şekilde ZEG-2 haritası incelendiğinde alanın % 57'lik kısmının gri renk ile , % 41'lik kısmının pembe renk ile temsil edilen değerlerden oluştuğu ve % 2'lik kısmının ise açık Z-3 ile temsil edilen 2-3 kg/cm² arasında değerler aldığı görülmektedir.

Tablo 5.2 İnceleme alanı (Adapazarı) Zemin parametre haritaları (ZEG-1, ZEG-2 ve Qs) lejant yüzdelik dağılımları

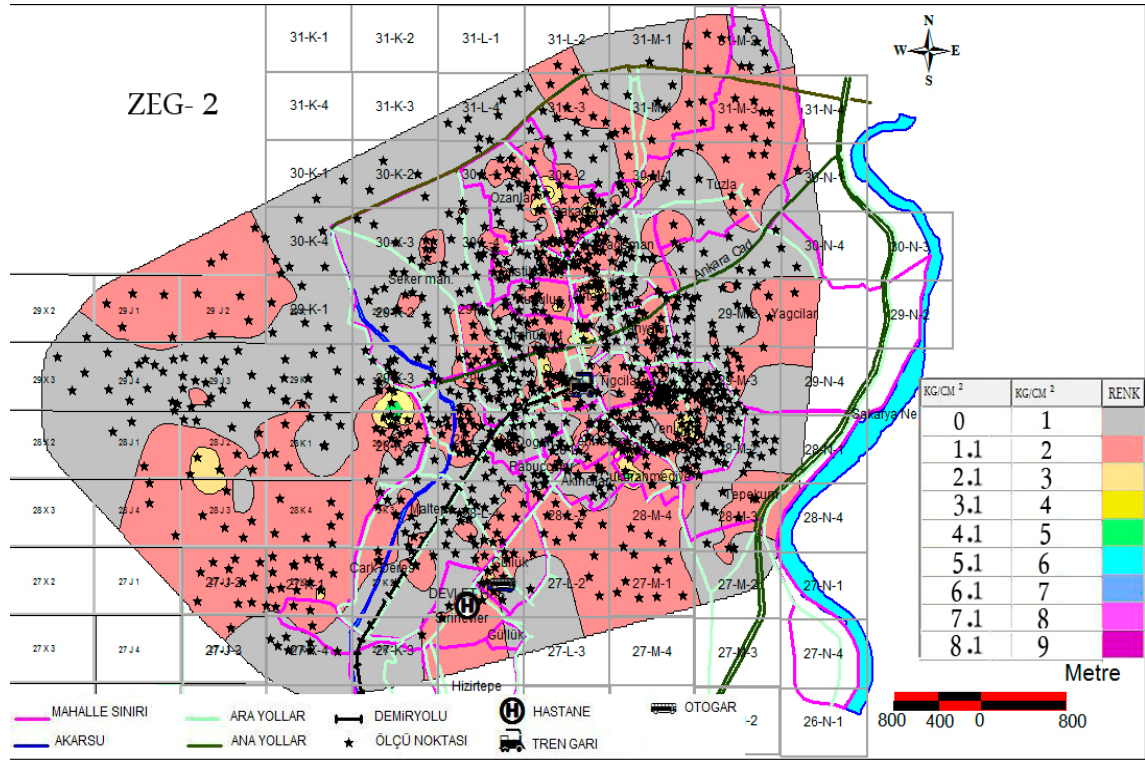
Harita Adı	Gri (%)	Pembe (%)	A. Sarı (%)	K.Sarı (%)	Yeşil (%)
ZEG-1	89	11	0	0	0
ZEG-2	57	41	0	2	0



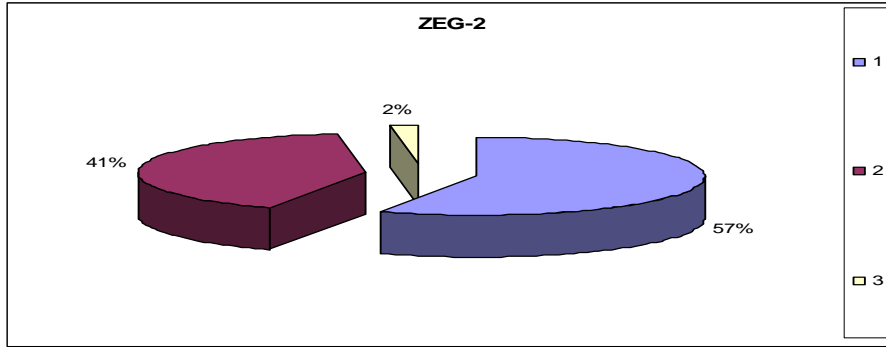
Şekil 5.9. ZEG-1 (SPT-1 'e göre hesaplanan Zemin Emniyet Gerilmesi) Haritası



Grafik 5.7. İnceleme Alanı (Adapazarı) ZEG-1 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği



Şekil 5.10. ZEG-2 (SPT -2 ye göre hesaplanan Zemin Emniyet Gerilmesi) Haritası



Grafik 5.8. İnceleme Alanı (Adapazarı) ZEG-2 haritası lejant renkleri yüzdelerik dağılım grafiği

5.2.2. Sismik Çalışmalardan Alınan Veriler Kullanılarak Oluşturulan Haritalar

İnceleme alanında yapılmış olan sismik çalışmaların, veri analizi sonucu geriye kalanlarından alınan veriler MAPINFO programı ile projeksiyonlanarak altlık üzerinde görüntülenmiş ardından Vertical Mapper programı ile çalışma alanına ait birinci ve ikinci tabaka Vp ve Vs sismik hız haritaları, Elastiside Modülü (E), Kayma Modülü (G) haritaları oluşturulmuştur. Bu haritaların lejantları, deprem yönetmeliğinde bulunan sismik hızlara göre zemin sınıfının belirlenmesi prensibine göre hazırlanmıştır.

İnceleme alanına ait sismik veri sayısının sondaj veri sayısına göre daha az sayıda olmasından dolayı, oluşturulan sismik haritalar Adapazarı merkez bölge zemini hakkında genel bir fikir vermekte olup, detaylı inceleme yapıldığında ise sağlıklı yorum yapabilmek zorlaşmaktadır. Ancak Sondaj verileri ile oluşturulan haritalardaki zeminin sorunlu ve sorunsuz olduğu alanlar ile Sismik verilerden oluşturulan haritalardaki zeminin sorunlu ve sorunsuz olduğu alanlar iki çalışma sonuçlarında da benzer özellik göstermektedir. Sismik hız haritaları oluşturulurken renklendirmede kullanılan lejantın hazırlanmasında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan Tablo 3.1. 'den yararlanılmıştır. İnceleme alanında oluşturulan sismik hız haritalarından elde edilen yüzdelerik dağılım değerleri Tablo 5.3'te ve grafik gösterimleri de Grafik (5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18,) 'de görülmektedir. (Buna göre sırasıyla Şekil 5.11 ve 5.12 de görülen Vp-1 ve Vs-1 haritalarında 1. tabaka hız dağılımının % 100 oranında Z-4 ile temsil edilen 0-200 m/sn değerleri arasında değişen Z 4 zemin gurubu olduğu görülmektedir. Sismik

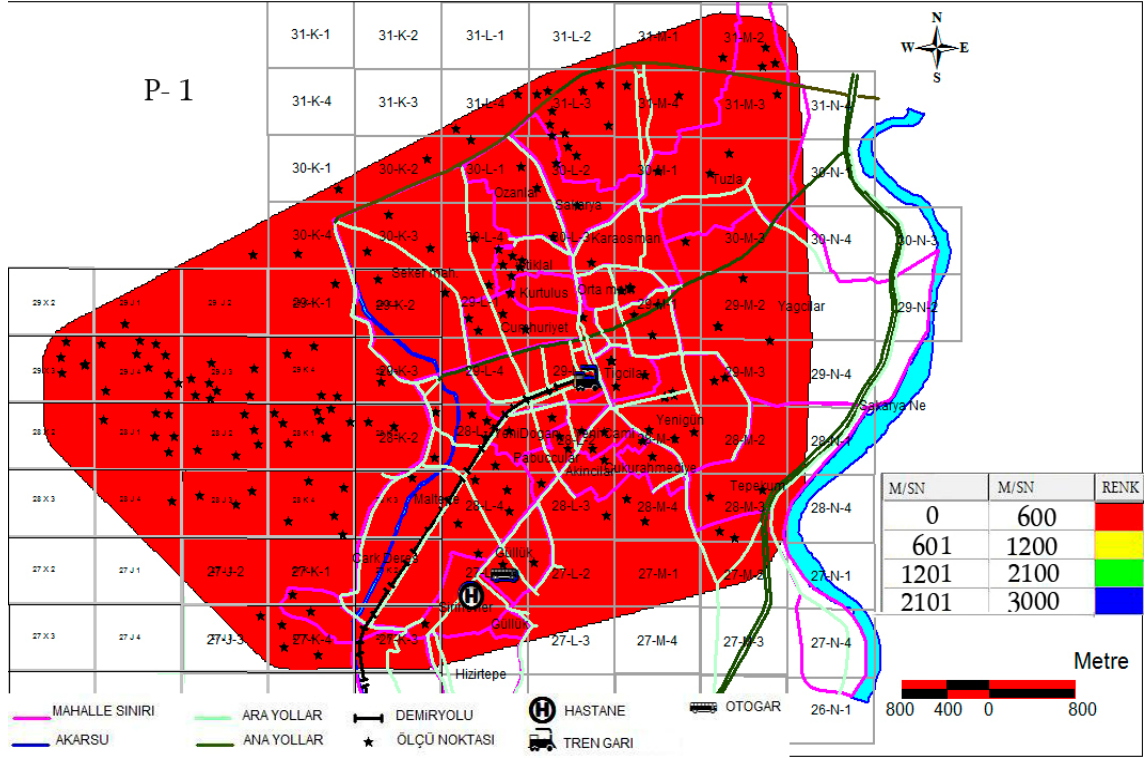
ölçümlerden elde edilen 1. tabaka kalınlığı haritası (Şekil 5.15.) göz önünde bulundurulduğunda Vp-1 ve Vs-1 haritaları ile SPT-1, SPT-2 ve SPT-3 haritaları arasında benzerlik ve uyum olduğu görülmektedir. Benzerlik oranının % 100 olamamasının nedenini ise sondaj ve sismik veri sayılarının eşit olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 5.13 de görülen Vp-2 haritasına bakıldığında inceleme alanının % 70 oranında Z-3 ile temsil edilen 600-1200 m/sn değerleri arasında değiştiği, %21'lik bölümünün Z-2 ile temsil edilen 1200-2100 m/sn değerleri arasında değiştiği ve % 9'luk kısmının ise 0-200 m/sn değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Benzer şekilde Şekil 5.14. 'de görülen Vs-2 haritasına bakıldığında inceleme alanının %96'sının Z-3 ile temsil edildiği, % 2'lik kısmının Z-2 ve geri kalan % 2'lik kısmının da Z-4 ile temsil edildiği görülmektedir.

Tablo 5.3. İnceleme alanı (Adapazarı) Sismik Hız değerleri yüzdeler dağılımları

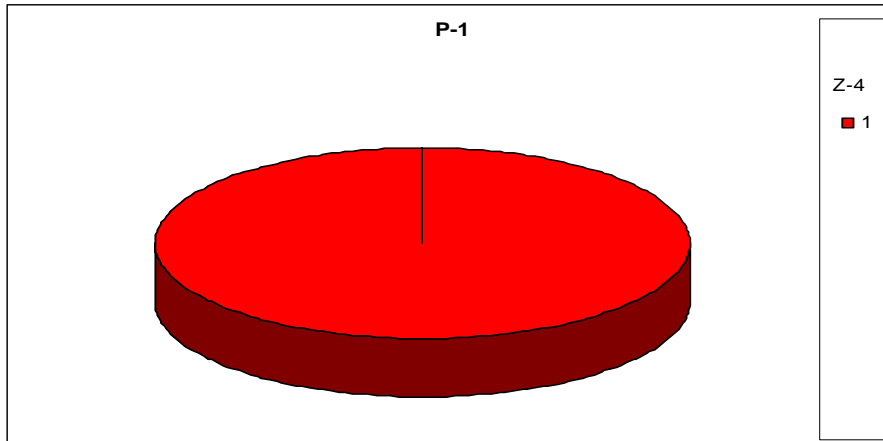
Harita Adı	Kırmızı (%)	Sarı (%)	Yeşil (%)	Mavi (%)
P1	100	0	0	0
P2	9	70	21	0
S1	100	0	0	0
S2	2	96	2	0
E1	87,5	7,7	4	0,8
E2	1	94	5	0
G1	90	7	2	1
G2	1	87	7	5
H1	4	58	36	2
Mamdani	70	28	2	0
Sugeno	16	33	51	0

Tablo 5.4. İnceleme alanı (Adapazarı) Sismik Qs değerleri yüzdeler dağılımları

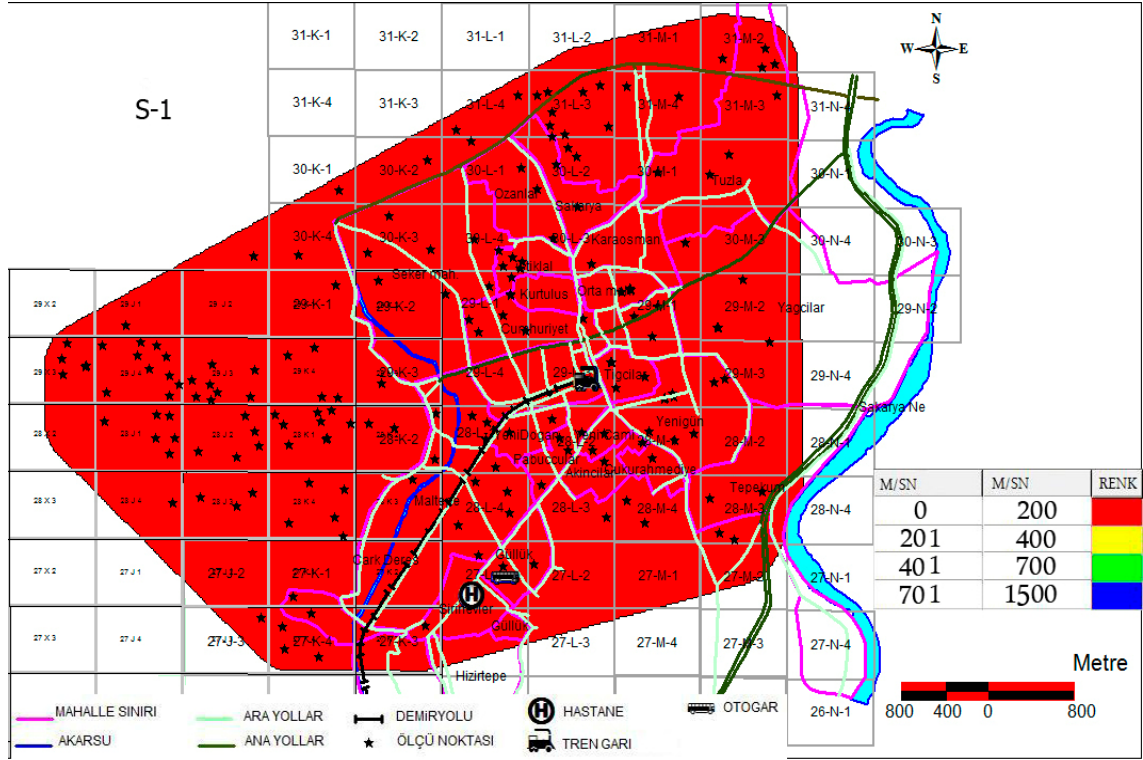
Harita Adı	Gri (%)	Pembe (%)	A. Sarı (%)	K.Sarı (%)	Yeşil (%)
Qs	93,5	2	1,5	1,5	1,5



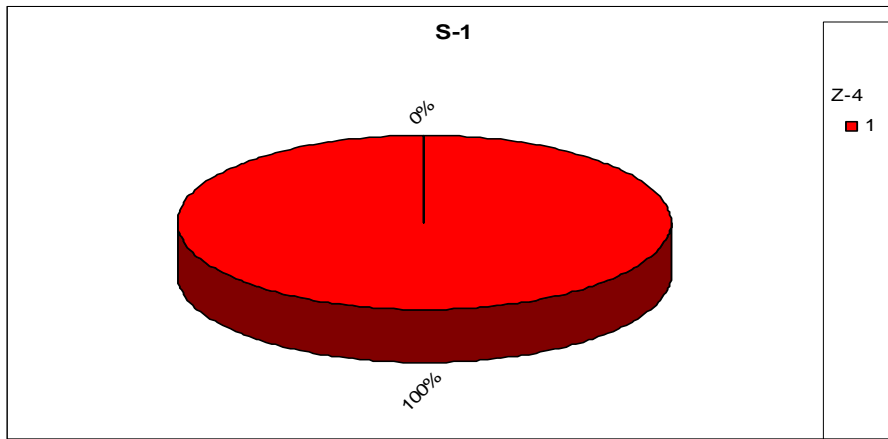
Şekil 5.11. Vp1 (1. Tabaka P dalga hızı) Haritası



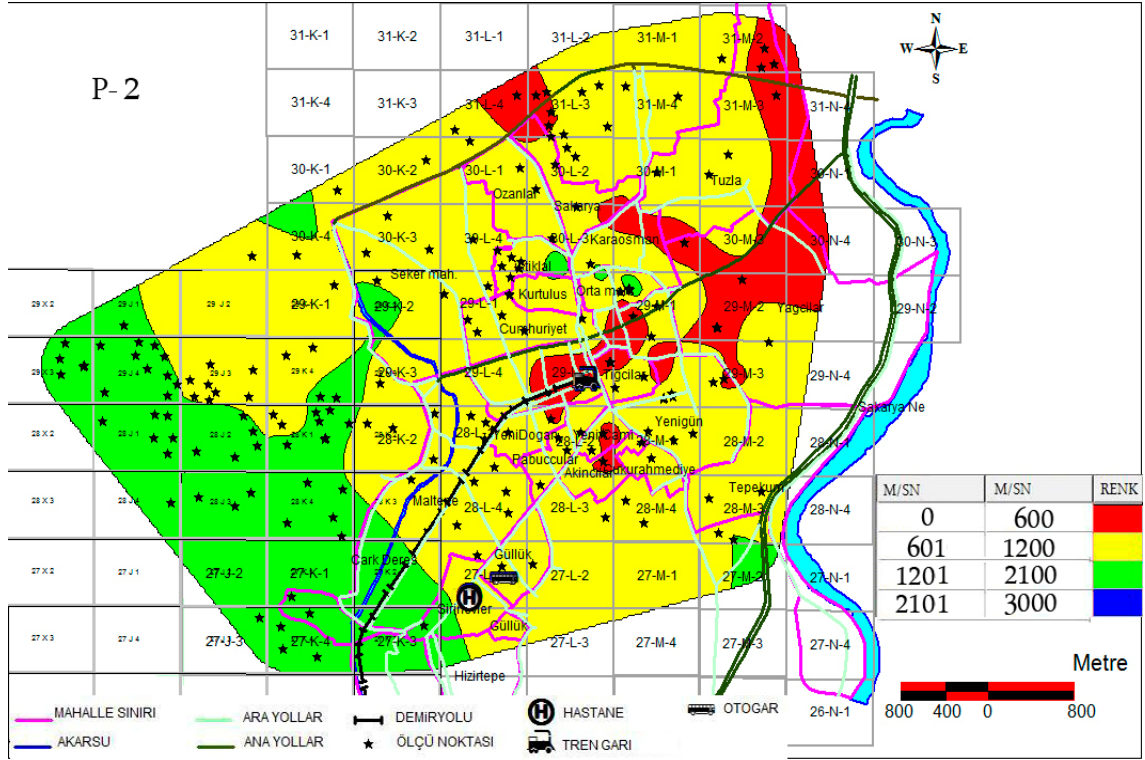
Grafik 5.9. İnceleme Alanı (Adapazarı) P-1 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği



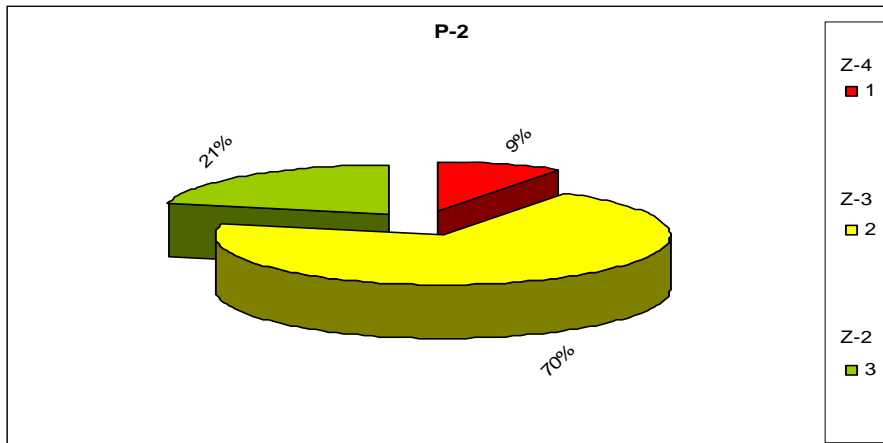
Şekil 5.12. Vs1 (1. Tabaka S dalga hızı) Haritası



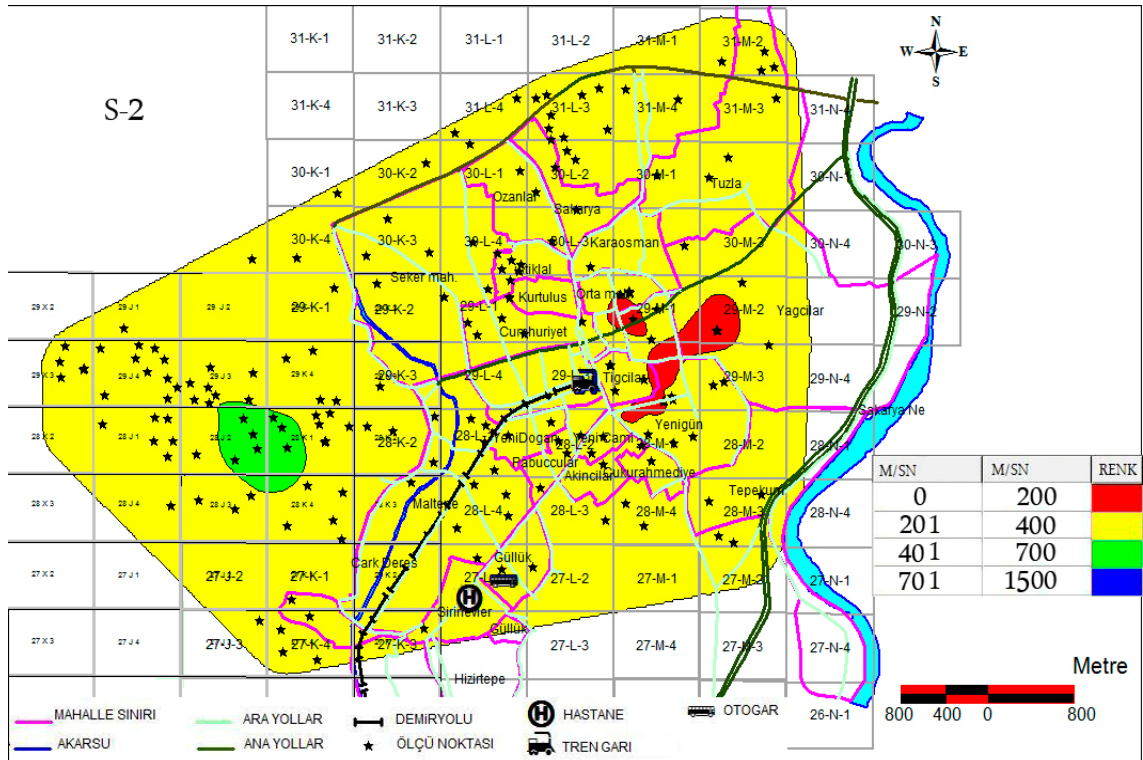
Grafik 5.10. İnceleme Alanı (Adapazarı) S-1 haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği



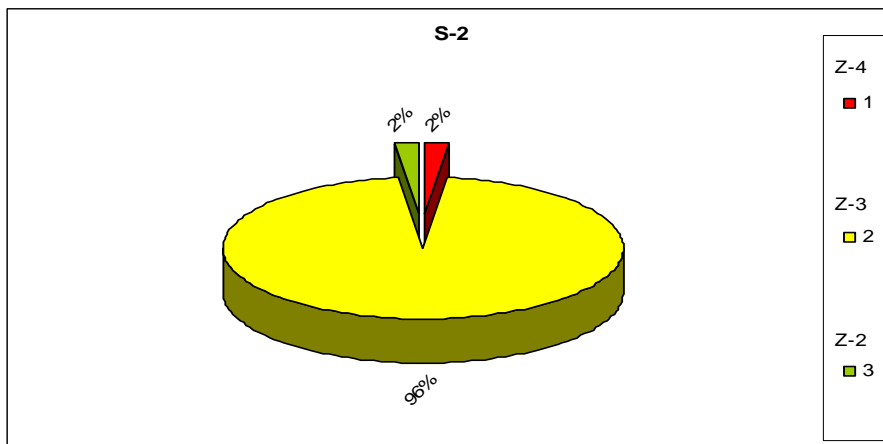
Şekil 5.13. Vp2 (2. Tabaka P dalga hızı) Haritası



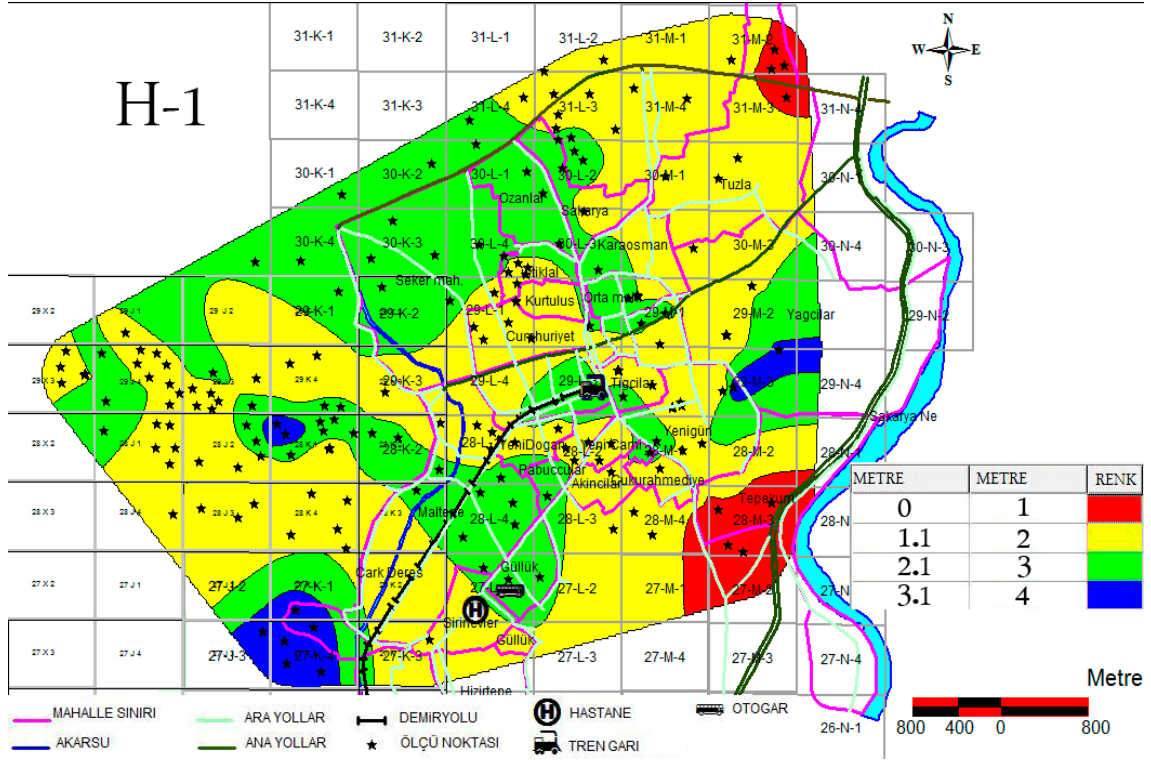
Grafik 5.11. İnceleme Alanı (Adapazarı) P-2 haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği



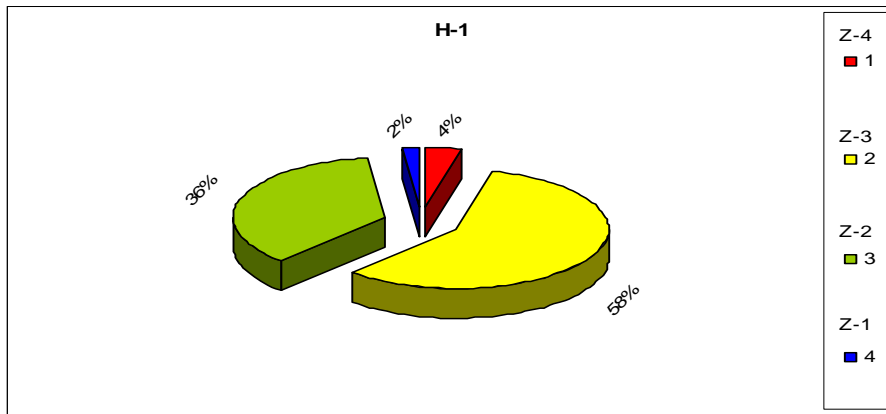
Şekil 5.14. Vs2 (2. Tabaka S dalga hızı) Haritası



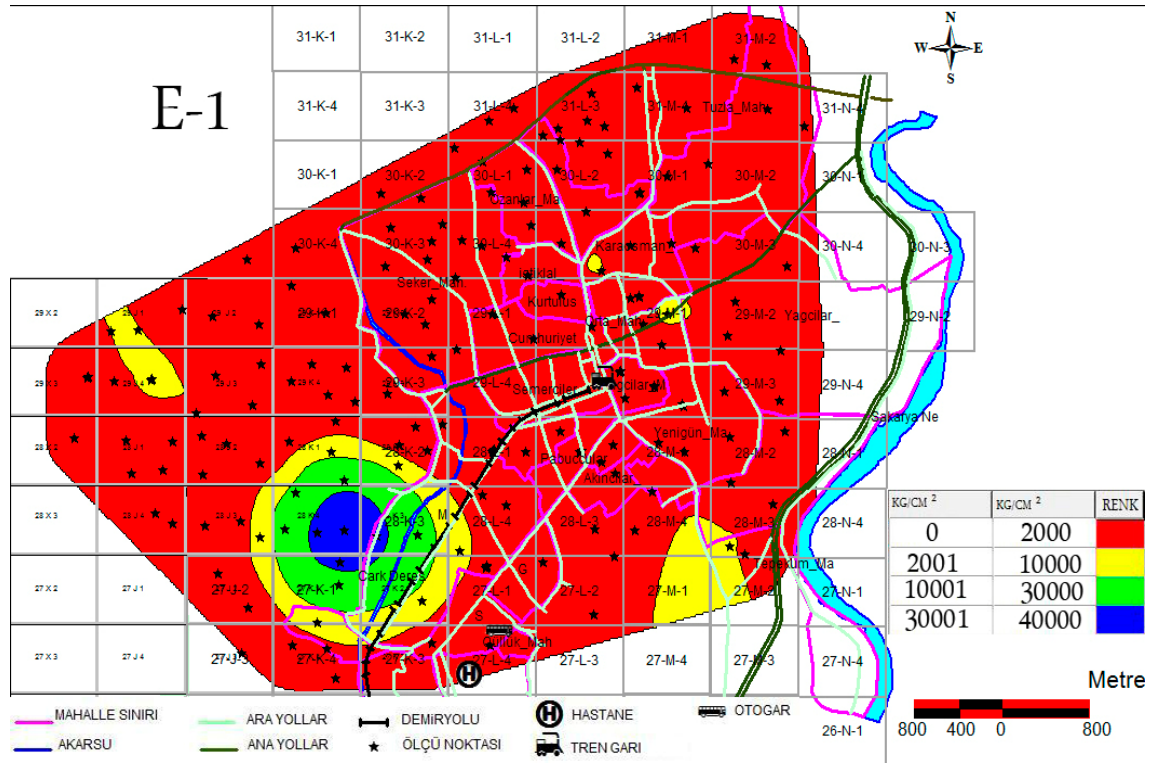
Grafik 5.12. İnceleme Alanı (Adapazarı) S-2 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği



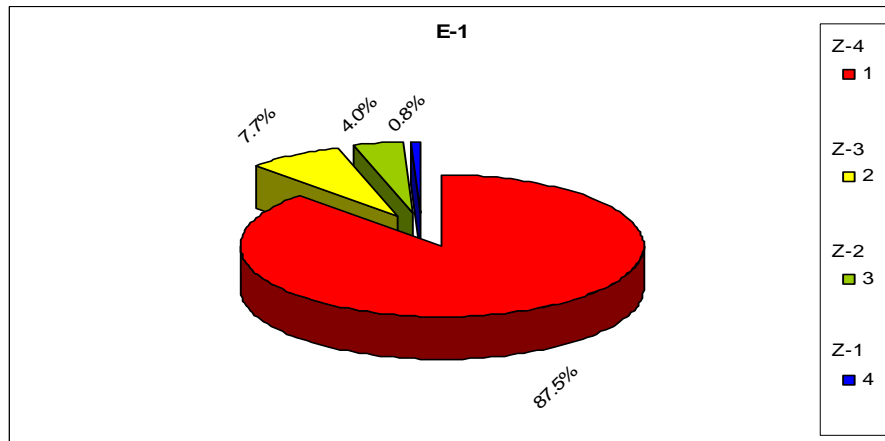
Şekil 5.15 H-1 (Sismik yöneme göre hesaplanan 1. Tabaka Kalınlığı) Haritası



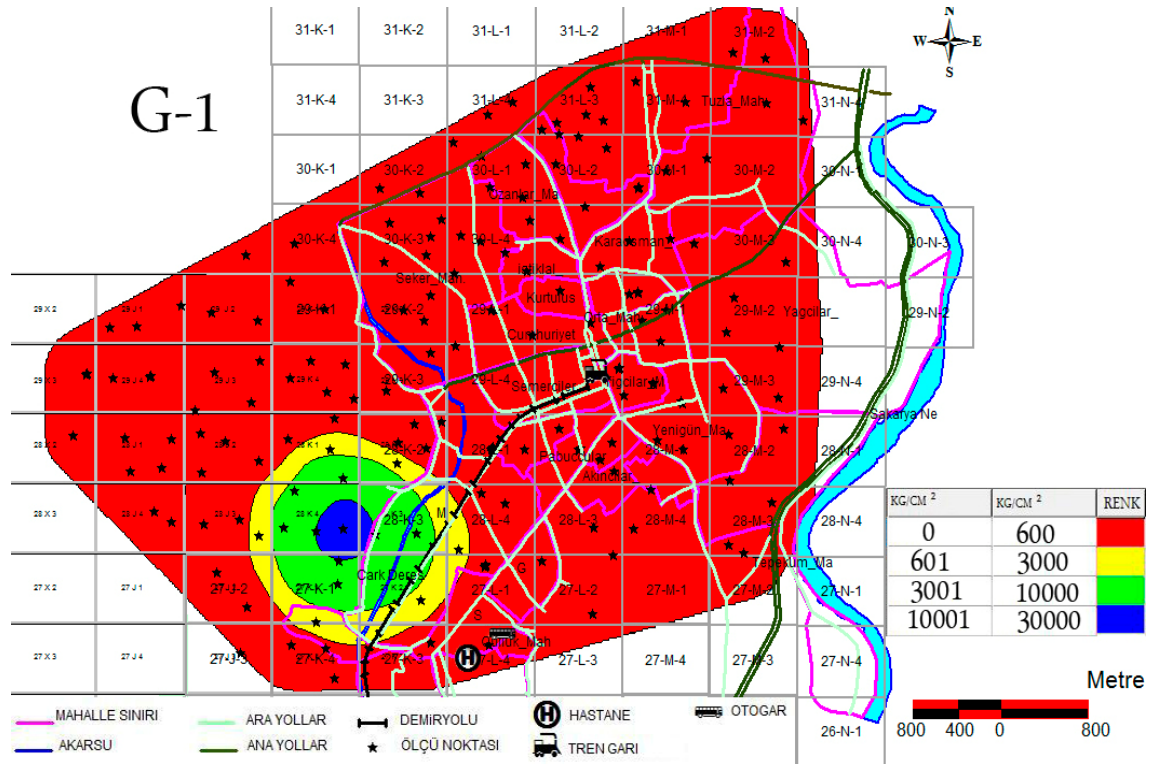
Grafik 5.13. İnceleme Alanı (Adapazarı) H-1 haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği



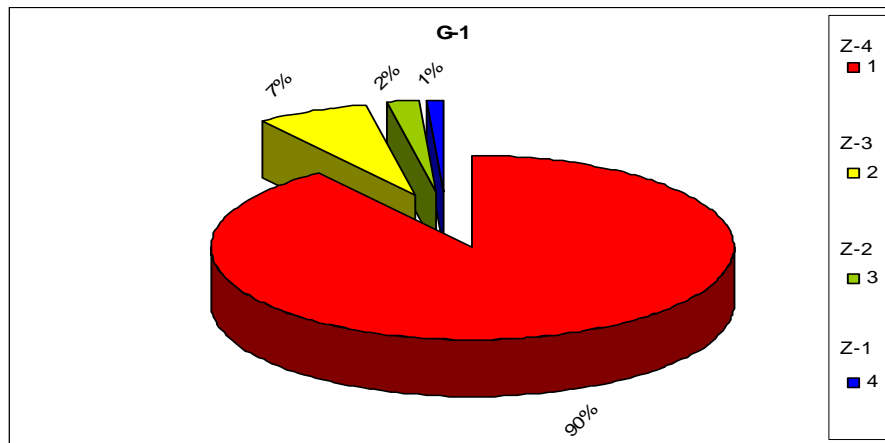
Şekil 5.16 E-1 (Sismik yönetime göre hesaplanan 1. Tabaka Elastiside Modülü) Haritası



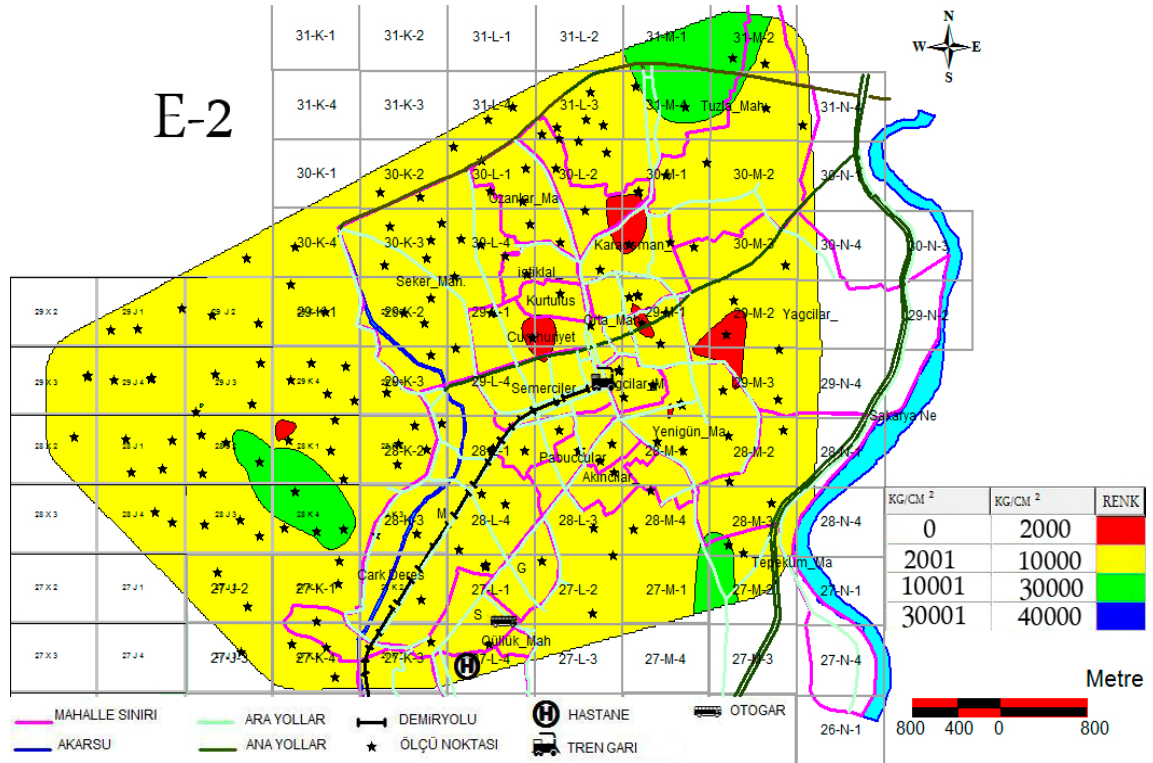
Grafik 5.14. İnceleme Alanı (Adapazarı) E-1 haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği



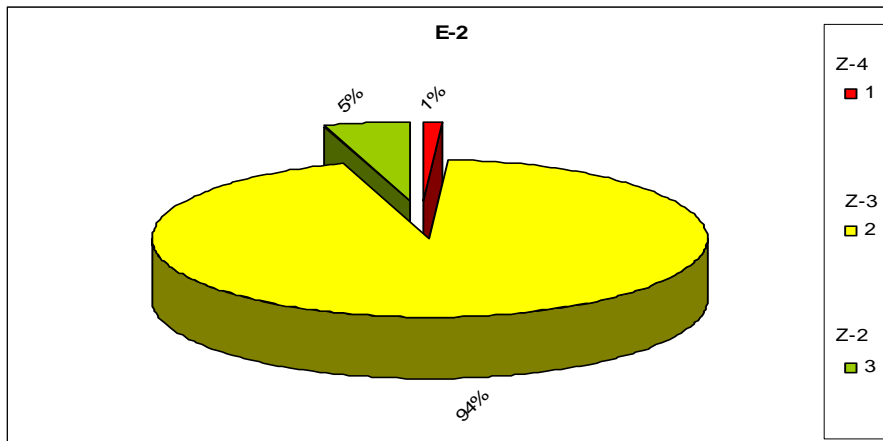
Şekil 5.17 G-1 (Sismik yöneme göre hesaplanan 1. Tabaka Kayma Modülü) Haritası



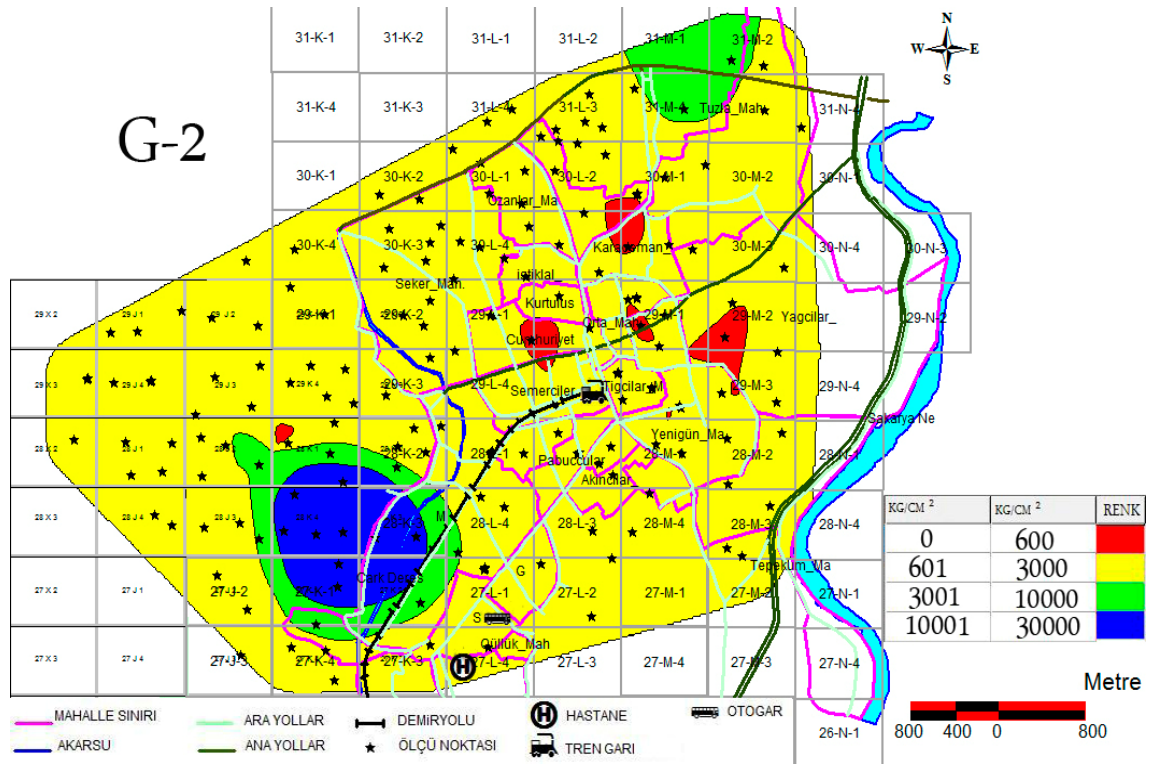
Grafik 5.15. İnceleme Alanı (Adapazarı) G-1 haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği



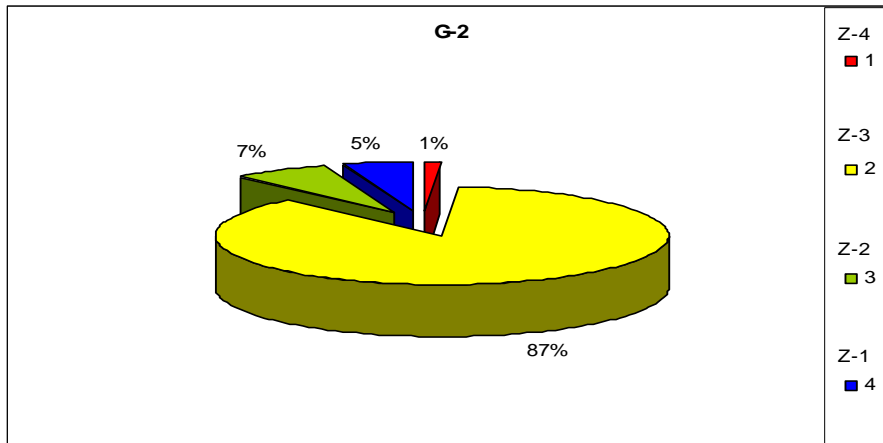
Şekil 5.18 E-2 (Sismik yöntemle hesaplanan 2. Tabaka Elastisite Modülü) Haritası



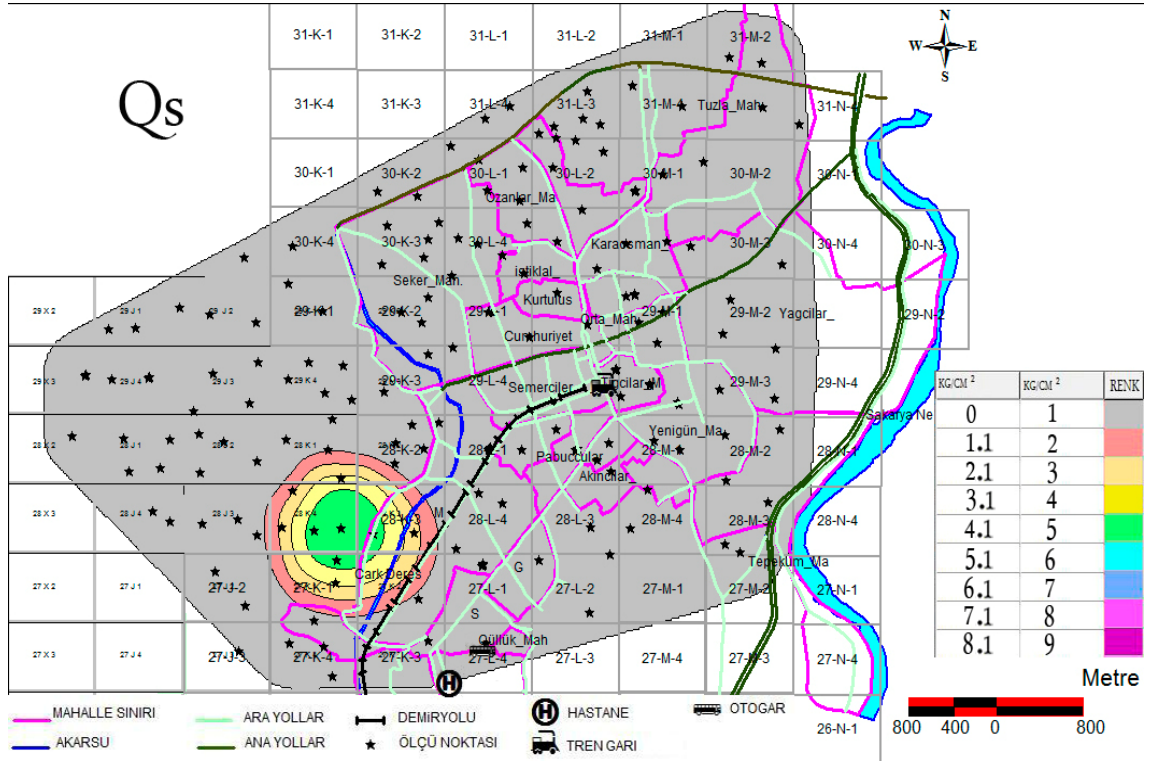
Grafik 5.16. İnceleme Alanı (Adapazarı) E-2 haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği



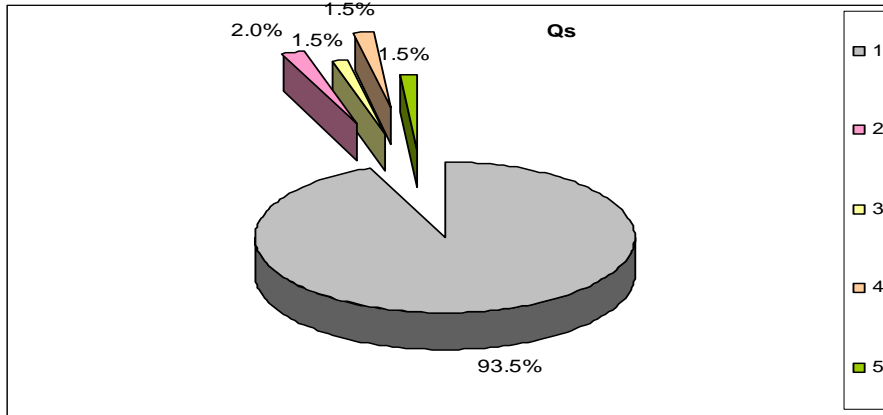
Şekil 5.19 G2 (Sismik yöneme göre hesaplanan 2. Tabaka Kayma Modülü) Haritası



Grafik 5.17. İnceleme Alanı (Adapazarı) G-2 haritası lejant renkleri yüzdeler dağılım grafiği



Şekil 5.20 Qs (Sismik yönteme göre hesaplanan Zemin Emniyet Gerilmesi değeri) Haritası



Grafik 5.18. İnceleme Alanı (Adapazarı) Qs haritası lejant renkleri yüzdelik dağılım grafiği

Sismik hızlardan yararlanılarak hesaplanan Zemin elastik parametrelerinden H-1 (1.tabaka kalınlığı), E-1, E-2 (1. ve 2. tabaka elastiside modülü değerleri), G1,G2 (1. ve 2. tabaka kayma modülü değerleri) ve Qs (sismik yöntemle göre hesaplanan Zemin emniyet gerilmesi değeri) haritalarından elde edilen inceleme alanının yüzdelik değer dağılımları Tablo 5.3 ve Tablo 5.4'te görülmektedir.

Buna göre Şekil 5.15'te görülen H-1 haritasına bakıldığında inceleme alanının % 58 'lik bölümünün Z-3 ile temsil edilen 1-2 metre arasında değiştiği, % 36'lık bölümünün Z-2 ile temsil edilen 2-3 metre arasına değiştiği, % 4'lük kısmının Z-4 ile temsil edilen 0-1 metre arasında ve % 2'lik bölümünün de Z-1 ile temsil edilen 3-4 metre değerleri arasında değişen kalınlıklarda olduğu görülmektedir. Şekil 5.16 'da görülen E-1 haritasına bakıldığında inceleme alanının % 87,5 'lik kısmının Z-4 ile temsil edilen 0-2000 kg/cm² değerleri arasında değiştiği, % 7,7 'lik kısmının Z-3 ile temsil edilen 2000-10000 kg/cm² değerleri arasında değiştiği, % 4'lük kısmının Z-2 ile temsil edilen 10000-30000 kg/cm² değerleri arasında değiştiği ve kalan % 0,8'lik kısmının da Z-1 ile temsil edilen 30000-40000 kg/cm² değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Benzer şekilde Şekil 5.18'de görülen E-2 haritası incelendiğinde inceleme alanının %94 'lük kısmının Z-3, % 5'lik kısmının Z-2 ve % 1'lik kısmının da Z-4 ile temsil edildiği görülmektedir.

Şekil 5.15'te yer alan G1 haritası incelendiğinde inceleme alanının %90'lık kısmının Z-4 ile temsil edilen 0-600 kg/cm²değerleri arasında değiştiği, % 7'lik kısmının Z-3 ile temsil edilen 600-3000 kg/cm² değerleri arasında değiştiği, % 2'lik kısmının Z-2 ile temsil edilen 3000-10000 kg/cm² değerleri arasında değiştiği ve % 1'lik kısmının da Z-1 ile temsil edilen 10000-30000 kg/cm² değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

Benzer şekilde Şekil 5.19'da görülen G-2 haritası incelendiğinde inceleme alanının % 87'lik kısmının Z-3, %7'sinin Z-2, % 5'inin Z-1 ve % 1'inin Z-4 ile temsil edilen değerler arasında değiştiği görülmektedir.

Şekil 5.20'de görülen Qs haritası incelendiğinde inceleme alanının %93,5'lik kısmının gri renk ile temsil edilen 0-1 kg/cm² değerleri arasında değiştiği, % 2'lik

kısının pembe renk ile temsil edilen 1-2 kg/cm² değerleri arasında değiştiği, % 1,5'lik kısmının açık sarı ile temsil edilen 2-3 kg/cm² değerleri arasında değiştiği, % 1,5'lik kısmının koyu Z-3 ile temsil edilen 3-4 kg/cm² değerleri arasında değiştiği ve kalan % 1,5'lik kısmının da Z-2 ile temsil edilen 4-5 kg/cm² değerleri arasında değiştiği görölmektedir. Ayrıca Sismik yöntem sonuçlarına göre hesaplanan Qs değeri ile Sondaj verileri kullanılarak hesaplanan ZEG-1 ve ZEG-2 haritaları arasında görölen uyum çalışmanın güvenilirliğini destekler niteliktedir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Bu çalışma, günümüz yerleşim alanlarının planlanmasında jeodinamik verilerine ait arşivler oluşturmasının, deprem gibi afetlerin oluşumlarının meydana getirebileceği riskleri öngörmek ve gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamakta etkin ve gerekli bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) metodu ile şehir ve ülke gibi büyük coğrafi bölgelerin Yerel zemin gruplarının sınıflandırılması işlemi klasik metoda göre oldukça kısa sürede tamamlandığı ve CBS’de haritalanabildiği görülmüştür.

Bu yöntemin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla geçmişten günümüze kadar çok sayıda depreme maruz kalmış Adapazarı iline ait zeminlerin mikrobölgeleme yapılmıştır. Bölgenin KAFZ üzerinde yer alması nedeniyle oldukça aktif bir tektonik hareketliliğe sahiptir. Bu itibarla bölgenin mikrobölgeleme haritalarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Oluşturulan haritalardan elde edilen sonuçlar aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir. Buna göre;

- a) Kullanılan yöntem ve sistemin şehir, ülke kapsamında uygulanabilir olduğu çalışma sonuçlarından görülmüştür. Sistemin faydaları ise şehirlerin veya ülkelerin yerleşim ve gelişim planlarının doğru yapılmasına, doğal afetler karşısında mal ve can kaybının azalmasına neden olacaktır.
- b) Bu çalışmada uygulama alanı olarak Adapazarı bölgesi seçilmiştir. Bunun nedeni ise tektonik olarak aktif bir alanda yer alan Adapazarı’nın bir çok depreme maruz kalması sonucunda büyük can ve mal kaybı yaşamasıdır. İleride olası depremlerde can ve mal kaybı yaşanmaması için bu çalışmadan elde edilen sonuçlar yerel yöneticiler tarafından mutlaka dikkate alınmalıdır.

- c) İnceleme alanında iki ana jeolojik formasyon bulunmaktadır. Topoğrafik olarak yüksek olan alanları fliš kaplarken, yüksek olmayan alanlar alüvyon ile kaplıdır.
- d) CBS'de oluşturulan YAS haritasına göre, topoğrafik olarak yüksek olan alanlarda yüzeyden yaklaşık 4 - 5 m derinlikte görülmesine rağmen, Adapazarı'nın güney batısında yer alan Sakarya Nehri kıyısındaki alanlarda ise 1 - 2 m civarındadır.
- e) Hazırlanan SPT ve ZEG haritalarına bakıldığında, Adapazarı'nın topoğrafik olarak yüksek kesimlerinin (Hızırtepe mah.gibi) zemin açısından diğer alanlara göre daha sağlam olduğu anlaşılmaktadır. Haritalardan elde edilen sonuçlara göre, oluşturulan yüzdellik dağılım tabloları incelendiğinde, Adapazarı'nın yaklaşık % 90 lık kesiminin Z-4 zemin gurubunda yer aldığı anlaşılmaktadır. 1. tabakaya ait sismik hız sonuçlarına göre ise, inceleme alanının tamamının Z-4 zemin gurubunda yer aldığı görülmektedir.
- f) İnceleme alanına ait sismik ve sondaj verilerinden elde edilen haritaların birbiri ile uyum sağladığı görülmüştür. Bu uyum, MAMDANI bulanık yaklaşım metodu ile yapılan sınıflama sonuçlarından elde edilen harita ile de görülmektedir. Öte yandan SUGENO bulanık yaklaşım metodu ile oluşturulan model sonuçlarından elde edilen haritanın diğer haritalar ile uyum sağlamadığı görülmektedir. Bu durum Sugeno metodu ile uyumlu olmayan veri setinden kaynaklanmaktadır. Kullanılan bulanık yaklaşım metodunun amaca ve kullanılacak verilere eldeki kaynaklara uygun seçilmesi gereklidir.

BÖLÜM 7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

İnceleme alanı içerisinde yapılmış olan 1820 adet zemin sondajı ile 220 adet sismik kırılma çalışması sonuçları üzerinde yapılan çalışmanın ardından, daha sağlıklı yorum yapabilmek için veri sayısının ve özellikle sismik kırılma veri sayısının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Oluşturulan mikrobölgeleme haritaları ve bulanık mantık modeli sonuçlarına göre hazırlanan haritalar yardımı ile hazırlanan yüzde dağılım tabloları incelediğinde Adapazarı'nın yaklaşık olarak % 90 gibi büyük bir kısmının Z-4 zemin gurubu olarak sınıflanan alüvyon zeminden meydana geldiği anlaşılmaktadır. Öte yandan topoğrafik olarak yüksek kota sahip kısımlarda ise Z-3 ve Z-2 zemin grubu sınıflandırılabilir. Bu sonuçlara göre muhtemel bir depremde bu kesimlerin depremden azami oranda etkileneceği kaçınılmazdır.

Yerleşim birimlerinin yapılaşmalar öncesinde hazırlayacakları CBS ortamındaki jeodinamik veri arşivleri ve oluşturacakları zemin haritaları ile olası riskler öngörülebilir ve gerekli tedbirlerin alınması kolaylaşacaktır. Bu sistemin küçük ölçekli çalışmalardan başlayarak ülke genelinde yaygınlaştırılması ile sağlanacak avantajlar azımsanmayacak boyuttadır.

Adapazarı Ovası'nda yer alan Adapazarı kent merkezi sağlam zemine sahip bir alan değildir. Sondaj ve sismik kırılma verileri ve Mamdani bulanık mantık model sonuçları bu kanıyı desteklemektedir. SPT haritaları ve Mamdani bulanık model sonuç haritaları birbirleriyle uyum sağlamaktadır. Öte yandan, bir yerleşim alanının tamamen ortadan kaldırılıp başka bir alana taşınmasının getireceği büyük maddi külfet ve uzun zaman gerektireceği de bilinmektedir. Bu sebeple, il merkezinde mümkün olduğunca yapılaşmaya gidilmemesi gerekmele beraber günümüz inşaat

tekniklerinden yararlanarak gerekli önlemler alınarak yapılaşmaya gidilmesinin önemli ve gerekli olduğu görülmektedir.

Bölgenin birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunduğu göz önüne alınırsa, olası yeni depremlerden asgari seviyede zarar görmek adına, yapılaşmaya gidilirken, hafriyat ve zemin iyileştirmesi uygulanması, zemine uygun temel tipi seçimine dikkat edilmesi, bununla beraber çok katlı bina yapımından uzak durulması gerekmektedir. Bununla beraber, 17 Ağustos depremi ardından tespit edilen ve bugünkü kent merkezinin kuzeyinde yer alan yeni yerleşim merkezlerinin ikamet etmek için tercih edilmesi ve yerel yönetimlerin bu yerleşim yerlerinde yaşamayı ve ulaşımı kolaylaştırıcı (metro vb. gibi) çalışmalar yapması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] GEYMEN, A., ÇELİK K., Kent bilgi sistemlerine geçişte yerel yönetimlerde yeniden yapılanma. 1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul, Kasım 2001
- [2] ŞENER E., ÖZÇELİK M., Burdur şehir merkezinde coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yerleşime uygunluk haritalarının hazırlanması. 1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul, Kasım 2001
- [3] HAŞİMOĞLU A., ÜNAL M., DABAN Y., Zemin etüt bilgi sisteminin oluşturulmasının önemi Yoncalı (Kütahya) örneği. 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul Ekim 2004
- [4] ALPARSLAN E., DÖNERTAŞ A.S., AYDÖNER C., YÜCE H., KAFAROV R., ERKAN B., Marmara Depremi Rehabilitasyon Programı Çerçevesinde Tubitak-Mam' In Yalova Belediyesi Cbs Çalışmaları. 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul, Ekim 2004
- [5] GIRVAN, J. APPLE, E., Somerset county, New Jersey, developing a county enterprise GIS. Arcnews Spring 2006; 28(1):34
- [6] KEÇELİ, A., Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik 4, 83-92, 1990.
- [7] <http://www.science.ca/scientists/scientistprofile.php?pID=420&pg=0>
(30.04.2008)
- [8] Association of Geographic Information (AGI) Report., Cartography and Geographical Information Systems. Education, Training and Research Committee of the AGI, The Cartographic Journal2, Vol.29, No.1, 51-54, June 1999.
- [9] <http://www.sakarya.gov.tr/cbsm/giris.asp?orta=cbsm.asp> (30.04.2008)
- [10] GÜMRÜKÇÜOĞLU, M., Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ders kitabı. Sakarya Üniversitesi, 2003
- [11] PARKEY J., Effective Geographic Information System Implementation: An Investigation from Practice to Theory. Clemson University, <http://www.scmapping.net/Front%20page%20entries/archive/orgpaper.htm>
(30.04.2008)

- [12] BAYKAL N., BEYHAN T., Bulanık mantık ilke ve temelleri. 9758695088 ,Bıçaklar Kitabevi,182, Ankara, 2004
- [13] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Başbakanlık Basımevi, Ankara
<http://rega.basbakanlik.gov.tr/Eskiler/2006/03/20060306-3-1.pdf> (30.04.2008)
- [14] MAMDANI, E.H., ASSILINA, S., An experiment in linguistic synthesis with fuzzy logic controller. Inter J. Of Man- Machine Studies, 7(1), 1-13, 1975
- [15] ZADEH, L.A., Fuzzy Sets. Information and Control 8, 338-353, 1965
- [16] <http://www.cems.uwe.ac.uk/~xzhang/PDF/MSc/Fuzzy%20Logic.pdf>.
(30.04.2008)
- [17] <http://www.adapazari.bel.tr/sakarya.php?id=1&uk=14&ak=37&uk2=1>
(30.04.2008)
- [18] [http://www.haritalar.net/harita/Sakarya/\(40.731412,30.485519,9,0\).aspx](http://www.haritalar.net/harita/Sakarya/(40.731412,30.485519,9,0).aspx)
(30.04.2008)
- [19] KOMAZAWA ve diğ., Bedrock Structure in Adapazarı, Turkey – A Possible Cause of Severe Damage by the 1999 Kocaeli Earthquake. Journal SDDE, v. 22, p. 829-836, Philadelphia, 2002
- [20] MTA, Sakarya İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 1998
- [21] BOL, E., ÖNALP A., Adapazarı Zeminlerinin Jeomorfolojik ve Geoteknik Özellikleri. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, Cilt1, S 1-9, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2002
- [22] BİLGİN, T., Adapazarı Ovası ve Sapanca Oluğunun Alüvyal Morfolojisi ve Kuvaternerdeki Jeomorfolojik Tekamülü. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, No: 2572, İstanbul,1984
- [23] ŞENGÖR, A.M.C., Mid Mesozoic Closure of Permo-Triassic Tethys and its Implications, Nature, Vol.279,590-597,1979.
- [24] Mc KENZİ, D.P., Active Tectonics of the Mediterranean Region.Geophys. J.R. Ast.Soc., Vol.30, 109-185, 1972.
- [25] http://atlas.cc.itu.edu.tr/~okay/diagrams_%20maps/MapActiveTectonicsInEastMediterranean.jpg (30.04.2008).
- [26] KOÇYİĞİT, A., BOZKURT, E., CİHAN, M., ÖZACAR, A. ve TEKSÖZ, B., 17 Ağustos Gölcük-Arifeye (KD Marmara) Depremi Jeolojik Ön Raporu. ODTÜ Jeol. Müh. Bölümü, 26 s,1999.

- [27] EMRE, Ö., ERKAL., TCHEPALYGA, A., KAZANCI, N., KEÇER, M., ÜNAY, E., Doğu Marmara Bölgesinin Neojen-Kuvaternerdeki Evrimi., MTA Dergisi, No: 120, 289-314 (Ayrı Baskı), Ankara 1998.
- [28] TABBAN A., Kentlerin Jeolojisi ve deprem durumu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No:56, Ankara 2000.
- [29] <http://www.sakarya.gov.tr/cbsm/giris.asp?orta=haritadetay.asp&id=36> (30.04.2008).
- [30] KARAVUL C., KIYAK A., KURNAZ T.F., Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak hazırlanan zemin haritalarında veri analizinin önemi. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul, Eylül 2006.
- [31] ŞEKERCİOĞLU, E., Yapıların Projelendirmesinde Mühendislik Jeolojisi TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları :28 Ankara 1998.

ÖZGEÇMİŞ

Alper Kıyak, 24.08.1981 de Nevşehir' de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Nevşehir'de tamamladı. 1999 yılında Nevşehir 2000 Evler Süper Lisesinden mezun oldu. 2001 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği bölümünü 2005 yılında bitirdi. 2005 yılı Eylül ayında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans eğitimine başladı. Aynı yılın Aralık ayında Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2008 yılı Nisan ayında Ankara MTA Genel Müdürlüğü Jeofizik Etüdları dairesi Jeoelektrik Etütler Şefliğinde, Jeofizik Mühendisi olarak göreve başladı. Halen MTA Genel Müdürlüğünde görevine devam etmektedir.