

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ VE DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEMİNLERİN BASİT ÜYELİ FONKSİYONLAR VE BULANIK KURALLAR ÜRETİM
TEKNİĞİ (SMRGT) İLE SINIFLANDIRILMASI

GAMZE BAYRI

HAZİRAN 2018

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEMİNLERİN BASİT ÜYELİ FONKSİYONLAR VE BULANIK KURALLAR ÜRETİM
TEKNİĞİ (SMRGT) İLE SINIFLANDIRILMASI

Hazırlayan
Gamze BAYRI

Danışmanlar
Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ (1. Danışman)
Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK (2. Danışman)

Jüri Üyeleri
Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ
Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK
Doç. Dr. M. Salih KESKİN
Doç. Dr. M. Cihan AYDIN
Dr. Öğr. Üyesi Ercan IŞIK

HAZİRAN 2018

Gamze BAYRI tarafından hazırlanan “Zeminlerin Basit Üyeli Fonksiyonlar ve Bulanık Kurallar Üretim Tekniği (SMRGT) ile Sınıflandırılması” adlı tez çalışması 25/06/2018 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

(Danışman-Başkan)

Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK

(2. Danışman)

Doç. Dr. M. Salih KESKİN

(Üye)

Doç. Dr. M. Cihan AYDIN

(Üye)

Dr. Öğr. Üyesi Ercan IŞIK

(Üye)

İmza



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 21/01/2018 gün ve 38/15 Sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Doç. Dr. Koray KÖKSAL
Enstitüsü Müdürü

ÖZET

ZEMİNLERİN BASİT ÜYELİ FONKSİYONLAR VE BULANIK KURALLAR ÜRETİM TEKNİĞİ (SMRGT) İLE SINIFLANDIRILMASI

Gamze BAYRI

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

1.Danışman: Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

2.Danışman: Prof. Dr. Zeynel Fuat TOPRAK

Haziran 2018, 68 sayfa

Tünel, galeri ve kanal açma, karayolu altyapısı, yer altı suyu çalışmaları, su ve petrol sondaj kuyuları, depremselliğin belirlenmesi, her türlü dolgu ve yarma işleri ve daha birçok nedenle zeminlerin sınıflandırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Güncel literatürde, zeminler, dane büyüklüğü, geçirgenlik, sismik özellikler ve daha birçok açıdan sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada zeminler, farklı zemin parametrelerine göre sınıflandırılmıştır. Bu amaçla, Çanakkale Bölgesinde SPT Darbe Sayıları (SPTN), Kayma Dalga Hızı (V_s), Yeraltı suyu Seviyesi (YASS) ve Zemin Hakim Titreşim Periyoduna (T_0) ilişkin deneysel veriler Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) metodu ile sınıflandırılarak zeminler için risk haritası oluşturulmuştur. Sınıflandırma için 151 adet jeoteknik sondaj ve Jeofizik çalışmalar kapsamında, 110 nokta için sismik kırılma ölçüsü, 110 nokta için yüzey dalgalarının çoklu analizi (MASW) ölçüsü ve 110 nokta için mikrotremor ölçüsünden alınan sonuçlar kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zeminlerin sınıflanması, bulanık mantık, risk analizi

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF SOILS WITH SIMPLE MEMBERSHIP FUNCTIONS AND FUZZY RULE PRODUCTION TECHNIQUE (SMRGT)

Gamze BAYRI

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAC

Co-supervisor: Prof. Dr. Zeynel Fuat TOPRAK

June 2018, 68 pages

It is necessary to classify the grounds for tunnels, gallery and canal opening, road infrastructure, groundwater studies, water and oil drilling wells, determination of earthquake resistance, all kinds of fillings and splitting work and many other reasons. In the current literature, grounds are classified in terms of grain size, permeability, seismic properties and many others. In this study, grounds are classified according to different soil parameters. For this purpose, a risk map for grounds has been established by classifying the experimental data related to SPT Pulse Counts, Seismic Wave Velocity (V_s), Groundwater Level (GL) and Soil Dominant Vibration Period (T_o) in the Dardanelles Region with Fuzzy Logic method. For the classification, 151 geotechnical drilling and geophysical studies, seismic fracture size for 110 points, Multiple Analysis of Surface Wave (MASW) for 110 points and microtremor size for 110 points were used.

Keywords: Soil classification, SMRGT, fuzzy logic, risk analysis

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında bana yol gösterip ilerleyebilmemi sağlayan danışmanlarım Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ ve Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK'a en içten dileklerimle teşekkür ederim. Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca bana hep destek olan, her soruma cevap olmaya çalışan ve sürekli bilgisine başvurma gereği duyduğum hocam Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN'a, Doç. Dr. Salih KESKİN'e teşekkür ederim. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü personeli Şenay YALÇIN, Ahmet UĞUR, Hatice KARAKAYA ve Selim BİLGİN'e bana göstermiş oldukları yakınlıktan dolayı minnettarım.

Tüm hayatım boyunca destek ve sevgileriyle hep yanımda olan aileme, dostlarım Zeynep ÇAKAR ve Sinem TEKİN'e, bana göstermiş olduğu sabır ve destek için sevgili Emrah AY'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Konu Kapsam ve Amacı	3
1.2. Çalışmanın Önemi.....	3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. İnceleme Alanının Tanıtılması	8
3.1.1. Mekânsal Bilgiler - Coğrafi Konum	8
3.2. Jeolojik yapı	11
3.2.1. Çanakkale Grubu	11
3.2.2. Yapısal Jeoloji.....	16
3.3. Deneysel Bilgiler.....	18
3.3.1.Standart Penetrasyon Deneyi	22
3.3.2.Yeraltısuyu Durumu	25
3.3.3.Mikrotremor Ölçümü	25
3.3.4.Zeminin S-Dalga Hızı	27
3.4. Bulanık Mantık.....	31
3.4.1.Giriş	31
3.4.2.Bulanık Mantığın Gelişimi	31
3.4.3.Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonlar	33
3.4.4.Bulanıklaştırma	37
3.4.5.Bulanık Kurallar	37
3.4.6.Durulaştırma İşlemi	38
3.4.7.Durulaştırma İşlemindeki “ Ve “ Operatörünün Çalışma Şekli.....	40
3.4.8.Bulanık Mantığın Yöntemleri	41
3.4.9.Bulanık Mantık Uygulamaları	43
3.5. Bulanık SMRGT Yöntemi	44
4. BULGULAR	46
4.1. Modelleme Çalışmasında Kullanılan Veri Kümeleri	46
4.2. Bulanık Mantık Modeli	46
4.3. Bulanık Çıkarım Sistemindeki Operatörlerin seçimi	47

4.4. Bulanıklaştırma	47
4.5. Kural Tabanı Oluşturma.....	50
4.6. Veri Seti Durulaştırma	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR.....	56
EKLER	62
Ek-1: Çalışma alanının kesit yerleri (Büyüksaraç vd.).....	62
Ek-2: Çalışma alanının zemin profili (Büyüksaraç vd.).....	63
Ek-3: Kullanılan verilerin ortalama değerleri.....	64



ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

Sayfa

3.1. Çalışma bölgesinin yer haritası.....	8
3.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin uydu görüntüsü.....	9
3.3. Çalışma alanının sınırları.....	10
3.4. Çalışma alanı genel görünüşü, Sarıçay ve çevresinin şehirdeki konumu.....	11
3.5. Çanakkale Grubuna ait formasyonların stratigrafik konumu.....	12
3.6. İnceleme alanının jeoloji haritası.....	19
3.7. P-S ve Yüzey Dalgaları.....	21
3.8. SPT deneyinin uygulanışı.....	22
3.9. Çalışma alanının yeraltısuyu haritası.....	26
3.10. T_0 risk haritası	28
3.11. İnceleme alanının imar planı ve yapılan jeofizik ölçüm noktaları.....	29
3.12. Vs-Dalga hızı risk haritası.....	30
3.13. Klasik sistem.....	34
3.14. Bulanık mantık elemanları.....	34
3.15. Klasik kümelerin üyelik fonksiyonları.....	36
3.16. Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları.....	36
3.17. Üyelik derecesi fonksiyonları.....	37
3.18. En büyük üyelik ilkelik durulaştırması.....	38
3.19. Centroid yöntemi durulaştırması.....	39
3.20. Ağırlıklı ortalama yöntemi durulaştırması.....	39
3.21. Ortalama en büyük üyelik durulaştırması.....	40
3.22. En büyük alanın merkezi durulaştırması.....	40
3.23. Ve bağlacının kullanımıyla oluşturulmuş bir sistem.....	41
3.24. Sıcaklıklar, dile ait değişkenler	41
3.25. “Sıcaklıktaki Değişim” dilsel değişkenler.....	42
4.1. Bulanık mantık modelinin adımları.....	46
4.2. Bulanık çıkarım sistemi, girdi-çıktı değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarının aralıklarının belirlenmesi.....	47
4.3. SPT-N için 5’li trapez üyelik fonksiyonu.....	48
4.4. Vs için 5’li trapez üyelik fonksiyonu.....	48
4.5. YASS için 3’lü trapez üyelik fonksiyonu.....	49

4.6. T_0 için 5'li trapez üyelik fonksiyonu.....	49
4.7. Risk için 3'lü üçgen üyelik fonksiyonu.....	50
4.8. IF-THEN kural yapısının uygulanması.....	51
4.9. YASS değerinin daha fazla dikkate alındığı kural yapısı.....	51
4.10. Bulanık çıktıların durulaştırılması.....	52
4.11. SPTN , V_s , YASS ve T_0 değerleri için oluşturulan risk haritası (1).....	53
4.12. SPTN , V_s , YASS ve T_0 değerleri için oluşturulan risk haritası (2).....	54



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

3.1.Sondaj kuyularının kot,koordinat ve derinlikleri.....	23
3.2.Hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri.....	27
3.3.Bulanık mantık uygulamalarından bazıları.....	44
4.1.Girdi ve çıktı verilerine ait üyelik fonksiyonları ve değişken aralıkları.....	50



SİMGELER DİZİNİ

γ	Birim hacim ağırlık
fm	Formasyon
Gs	Kayma modülü
T ₀	Zemin hakim titreşim periyodu
Ü	Üyelik fonksiyonu
V _s	Sismik hız

KISALTMALAR DİZİNİ

AASHTO	Amerikan devlet otoyolları ve resmi taşımacılık birliği
BM	Bulanık mantık
CBS	Coğrafi bilgi sistemleri
SCPT	Sismik koni penetrasyon deneyi
SMRGT	Simple membership functions and fuzzy rules generation technique
SPT	Standart penetrasyon deneyi
YASS	Yeraltısı seviyesi

1. GİRİŞ

Zemin, kayaların kimyasal veya fiziksel bozuşmasıyla oluşan katı daneler ile daneler arasını dolduran sıvı ve/veya gazın oluşturduğu bir malzeme olarak tanımlanabilir. Zeminlerin basit laboratuvar deneyleri ile bulunan birtakım fiziksel özellikleri, mühendislik özelliklerine ışık tutar ve zeminlerin tanımlanıp sınıflandırılma işleminde kullanılır.

Zemin sınıflama sistemi mühendisler için bir nevi iletişim, ortak dil gibidir. Bir zemine atanabilecek birkaç harf veya sayı, mühendise zeminin hem olası fiziksel özellikleri hem de mekanik davranışı hakkında çok hızlı olarak bir fikir vermektedir (Önalp ve Arel 2013).

Zemin araştırmalarının toplam maliyeti toplam inşaat maliyetinin %0.5 ile % 1 i arasında değişmektedir. Yapılarda, problemlili zeminler nedeniyle inşaat sonrası oluşacak hasarların onarımı ise çoğu zaman yapının toplam maliyetini aşmaktadır. Bu nedenle yapının türü ve risk derecesine bakılmaksızın zemin etütlerinin bütün yapılar için mutlaka yapılması zorunludur. Zemin araştırması, temel zeminin, zemin ile birlikte çalışan bir yapıdan gelen etkilere karşı nasıl bir tepki vereceğinin incelenmesi ve bu “etki-tepki” nin gerekli uygun çözümlerle ele alınarak uygun tasarımın oluşturulması amacına yönelik yapılan bir çalışmadır. Burada söz konusu olan yapı-zemin etkileşimidir. Bu etkileşime girecek olan yapı, bir bina temeli olacağı gibi, bir jeotekstil malzeme, bir esnek veya rijit yapı duvarı, kazıklı bir sistem, toprak bir baraj, bir havaalanı pisti olabilir. Etkileşim probleminin çözümü ise etkileşime giren elemanların, yani zeminin ve yapı malzemesinin gerilme altındaki davranış özelliklerinin bilinmesine bağlıdır. Yapı malzemesinin parametreleri, örneğin Elastiklik Modülü, Kayma Modülü, Poisson Oranı yapı malzemesi deneyleriyle elde edilir. Bu daldaki uzmanlarca yorumlandıktan sonra kullanıma girer. Bu veriler, zemin araştırmasından elde edilen zemine ait verilerle beraber, sürekli ortam mekaniğinin bilimsel yaklaşımları için de kullanılır. Bu suretle ortaya dinamik ve statik yükler altında güvenle davranacak olan bir yapı çıkmaktadır (Birand 2000).

Geoteknik mühendisliğinde, temeller, toprak barajlar, dayanma yapıları, kazılar ve şevler gibi yapıların tasarım ve/veya analizi, zemin mekaniği teorik yaklaşımları, arazi ve laboratuvar deneyleriyle saptanan zemin özellikleri kullanılarak yapılır. Aşağıdaki kısımlar rutin laboratuvar deneyleri, ilintili zemin mekaniği tanımlarını ve ön bilgilerini takiben yapılış amacını kapsamaktadır.

1. Birinci gruptaki deneyler, zeminlerin temel fiziksel (indeks) özelliklerinin saptanmasına yöneliktir. Elek analizi, hidrometre veya pipet deneyi, su içeriği, dane özgül ağırlığı, birim hacim ağırlığı tayin deneyleri, kıvam limitleri (plastik limit ve likit limit) deneyleri ve

kompaksiyon deneyi bu tür deneylerdir. Birim hacim ağırlık deneyi hariç bu deneyler araziden getirilen bozulmuş / örselenmiş numuneler üzerine uygulanır.

2. Zeminin mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler, konsolidasyon deneyi, sabit ve düşen seviyeli permeabilite deneyleri, kesme kutusu, üç eksenli basınç deneyi ve serbest basınç değerleridir. Bunların dışında rutin olmayan, örneğin zemin dinamik parametrelerini ölçen özel deneylere gereksinim duyulan geoteknik problemlerde vardır. Bu gruptaki deneylerin, zeminin arazideki/yerindeki yapısını muhafaza eden bozulmamış/örselenmemiş doğal ve arazide sıkıştırılmış (veya laboratuarda arazi şartlarında sıkıştırılmış) numuneler üzerinde yapılması gerekir. Ayrıca bilindiği gibi laboratuvar deneyleri küçük boyutlu numuneler üzerinde uygulanabildiği için arazide makro değişiklikler gösteren büyük zemin kütlelerinin özelliklerini yansıtmada kısıtlı kalabileceğinden ve hassas killerde, kaba kohezyonsuz zeminlerde örselenmemiş numune almak zor olduğu için arazi deneylerinde gereksinim vardır (Wasti 1992).

Geoteknik incelemelerde, zeminin yerinde sıklık veya kıvam durumunu, mukavemet özelliklerini belirlemek amacıyla arazi deneyleri yapılmaktadır. Ülkemizde yapılan başlıca arazi deneyleri şunlardır:

- Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)
- Koni Penetrasyon Deneyi (CPT)
- Pressiyometre Deneyi
- Veyn Deneyi
- Dinamik sonda deneyi (DS)
- Jeofizik deneyler.

Geoteknik araştırmalarda, özellikle SPT gibi deneylerin oldukça fazla kullanılmasına karşın jeofizik deneyler riskli projeler için tercih edilmektedir. Jeofizik deneylerin uygulanmadığı veya yetersiz uygulandığı, fakat diğer arazi deneylerinin yapıldığı durumlarda dinamik özelliklerin tahmin edilebilme gereği, dinamik özellikler ile arazide uygulanan çeşitli penetrasyon deney sonuçları arasında ilişkiler aranmasına neden olmuştur. Bu amaçla yapılan araştırmalar sonucunda çeşitli bağıntılar geliştirilmiştir. Penetrasyon deneyleri ile sismik dalga hızları arasında üretilen bu bağıntılardan elde edilen sonuçları, arazi sismik deneylerinden elde edilenler gibi değerlendirmek doğru olmamaktadır. Bununla birlikte bu bağıntıları arazi deney sonuçları ile birlikte kullanarak; dinamik zemin özellikleri hakkında bilgi edinilmesi, ölçülen hız değerlerinin kontrol edilmesi ve sismik deney programının desteklenmesi açısından faydalı olmaktadır (İyisan 1996).

1.1. Çalışmanın Konu Kapsam ve Amacı

Yapay zekâ, insan düşünme şeklini anlayıp bunun benzerini oluşturacak bilgisayar programlarını geliştirmeye çalışmak diye tanımlanabilir. Başka bir deyişle programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Yapay zekâ, bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekâsına ait özelliklerle donatılmış bilgisayarlardır.

Son yıllarda hızla gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde geniş bir kullanım alanına sahip olan yapay zeka teknikleri, mühendislik açısından daha fazla optimizasyon amaçlı kullanılmakta ve klasik yöntemlere kıyasla çok daha iyi sonuçlar elde edilmektedir.

Kayma dalga hızı V_s , inşaat mühendisliğinde zeminlerin dinamik özelliklerini belirlemek için kullanılan önemli parametrelerden biridir (İyisan 1996). Kayma dalgası hızı, geoteknik deprem mühendisliğinde mikro bölgeleme, zemin büyütmesi, sıvılaşma durumu, zemin hâkim titreşim periyodu, ana kayadan alınan bir tasarım, depremin yüzeye yakın tabakalarda meydana getireceği gerilme değerlerinin ve deprem özelliklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (İyisan 1994). Zeminin diğer özellikleri ve kayma dalgası hızı arasında da önemli derecede bir korelasyon olduğu bilinmektedir. Günümüzde, geçmiş dönemlerdeki gibi veri sayısına bağlı olarak değişkenler arasındaki istatistiksel ilişkiyi temsil edecek matematik ifadeler geliştirilmeye devam edilmektedir. Veri esaslı modellemelerde veri sayısı, ölçüm tekniği ve seçilen değişkenler arasındaki istatistiksel ilişkiyi ciddi anlamlarda etkilemektedir.

Bu çalışma kapsamında, benzer bir yöntem uygulayabilmek amacıyla çalışma alanı olarak seçilen Çanakkale yerleşim merkezinde farklı zemin türleri üzerinde yapılan sondaj ve SPT deney sonuçları, mikrotremor ölçümleri ile Yüzey Dalgalarının Çok kanallı Analizi Yöntemi (MASW) den elde edilen kayma dalgası hızlarını kullanarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında oluşturulan veri tabanı üzerinde bulanık mantık esaslı çeşitli değerlendirmeler yapılarak kayma dalga hızı V_s , T_0 , yer altı suyu seviyesi ile SPT-N darbe sayıları girdi, bölgesel risk çıktı olacak şekilde korelasyonlar geliştirilmiştir.

1.2. Çalışmanın Önemi

İnşaat mühendisliğinde depreme dayanıklı bina tasarımı çalışmalarında en önemli etkenlerden biri yapı-zemin etkileşimidir. Bu etkileşimi doğru analiz edebilmek için zemin tabakalarının dinamik davranışlarının yeterli derinliğe kadar detaylı olarak bilinmesi gerekmektedir. Deprem anında meydana gelebilecek yapısal hasarlara etki eden faktörlerden birisi de mevcut yapının oturduğu zeminde yer alan tabakaların davranışları ve yerel zemin koşullarıdır. Deprem sırasında bu zemin koşulları deprem kuvvetlerini sönmölendirici ya da tam tersi artırıcı davranış gösterebilmektedir.

Bütün bunlardan da anlaşılacağı gibi zemin tabakalarının dinamik özellikleri tasarım açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada zeminin statik ve dinamik özelliklerine bağlı olarak çalışma alanı incelenip bir risk haritası oluşturularak yerleşim yerlerinin risk analizi yapılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) yöntemi günümüzde, bulanık uzman sistemler, kontrol, örnek tanıma, finans sistemleri, işletme araştırmaları, veri analizleri, yüksek boyutlarda bulanık modelleme, tıbbi görüntüleme, örnek tanıma, akıllı otoyol için olay tespit tabanlı BM, BM kontrollü trafik sinyalizasyon çalışmaları, metro ve beyaz eşya teknolojisi, madencilik, genetik, hidrolik, hidroloji, mimarlık ve akla gelebilecek bir çok disiplinde BM tabanlı çalışmalara rastlanabilmektedir. Birçok sistem bulanık uzman sistemler yardımı ile modellenebilir ve hatta kopyalanabilir (Şen 1999). Bulanık mantık ilk kez 1965 yılında L. A. Zadeh tarafından tanımlanmıştır (Zadeh 1965). Zadeh çalışmasında insan düşüncesinin büyük oranının bulanık olduğunu, kesin olmadığını ifade etmiştir. Araştırmalar bulanık mantık modelleri ile elde edilen sonuç performansının klasik yöntemlerle elde edilenlere kıyasla daha iyi olduğunu göstermiştir (Elmas 2003).

Gökay (1998), kaya kütlesi sınıflandırma sistemlerinde kullanılan göreceli değerlendirmelere bulanık mantık yöntemi kullanarak yeni bir bakış açısı getirmiştir. Bulanık küme teorisinin temel prensipleri tanımlanarak, bulanık kaya mühendisliği sınıflandırmalarının uygulanabilirliğinin doğrulamak için kaya kütlesi kırılabilirlik (RME) sınıflamasını uygulamıştır. Bulanık küme teorisinin tüm kaya mühendisliği sınıflandırma sistemleri için kabul edilebilir bir güvenilirliğe sahip olduğu sonucuna varmıştır.

Kıyak vd. (2007), yaptıkları çalışmada Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından zemin sınıflaması için oluşturulan tabloyu temel alarak, Mamdani bulanık mantık yöntemiyle bu işlemleri esnek olarak yapabilecek bir model geliştirmişlerdir. Çalışmalarında sismik zemin çalışmaları ile elde edilen V_s (m/s) kayma dalgası hızı ile G_s (kg/cm²) kayma modülü değerleri girdi parametresi, zemin türleri ise çıktı parametresi olarak kullanmışlardır. V_s ve G_s girdi parametreleri kendi içinde 4 farklı üyelik fonksiyonu barındırmaktadır. Her bir üyelik fonksiyonunu farklı bir zemin sınıfı oluşturacak şekilde ayırık olarak tasarlamışlardır. Ayrıca zemin türleri çıktı parametresi de 4 farklı üyelik fonksiyonu barındırmaktadır ve bu alt kümelerde sağlam zeminden zayıf zemine doğru Afet İşleri Genel Müdürlüğüne tanımlanan 4 farklı zemin türüne karşılık gelmektedir. Mamdani bulanık mantık yöntemi ile oluşturulan kurallar kullanılarak 190 adet veriye zemin sınıflama işlemi uygulanmıştır. Bulanık mantık yöntemiyle çok kısa sürede çok sayıda veriyi doğru bir şekilde sınıflandırabileceği sonucuna varmışlardır.

Yıldırım vd. (2007), çalışmalarında AASHTO (Amerikan devlet otoyolları ve resmi taşımacılık birliği) zemin sınıflama ölçütlerini kullanarak Bulanık Mantık (BM) Mamdani metodunda zemin tanımlama sistemi oluşturmuşlardır. AASHTO zemin sınıflama sisteminde kullanılan 10, 40 ve 200 nolu eleklerden geçen danelerin yüzdesi, 40 nolu elekten geçen kısım

Likit Limit ve Plastisite indisi özellikleri ve Grup İndisi değerleri BM-Mamdani metodunda girdiyi ve zemin tanımını ise çıktı olarak tanımlanmışlardır. Girdiler ve çıktı için üyelik fonksiyonları oluşturulup dilsel ifadelerle (elek üstü, elek altı, çok az, az, orta, fazla, çok fazla gibi) dönüştürmüşlerdir. Zemin tanımlaması için bir kural tabanı oluşturmuşlardır.

Bulanık çıkarım ve durulaştırma işlemi sonucunda BM-Mamdani metodu ile oluşturulan model zemin tanımını, AASHTO sistemine benzer şekilde verebilmektedir. Oluşturulan modeli test etmek için rastgele girdi değerleri verilerek AASHTO'daki tanımı ile BM-Mamdani'deki tanımını karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda %100 lük bir uyum olduğunu görmüşlerdir. Genel olarak BM-Mamdani metodunun zeminlerde ve benzeri durumlarda sınıflandırma yapabileceği sonucuna varmışlardır.

Toprak ve Akkoyun (2008), çalışmalarında mermer bloklara bulanık mantık yöntemiyle sınıflandırma yapmışlardır. Bulanık modellemede mermer blokların özellikleri girdi uzman sınıflaması çıktı olacak şekilde bir model geliştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçları çeşitli istatistiksel yöntemler kullanarak gerçek verilerle karşılaştırarak, bulanık modellerin blokların sınıflandırılmasında kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir.

Kıyak ve Karavul (2008), çalışmalarında ülkelerin bugünkü yerleşim alanlarının planlamasında jeodinamik verilere ait arşivler oluşturmalarının ve bulanık mantık metodu ile yerel zemin grubu sınıflamasının, deprem gibi afet oluşumlarının meydana getirebileceği riskleri öngörmek ve gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamakta etkin ve gerekli bir yöntem olduğunu göstermeyi amaçlamışlardır. Gelişmiş ülkelerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak oluşturdukları jeodinamik veri tabanı arşivleri ile hazırlanacak mikrobölgeleme haritaları ile deprem gibi afetlerde karşılaşılabilecek riskler asgari seviyeye düşürülmesi amaçlanmaktadır. Son yıllarda özellikle yerbilimleri alanında sıklıkla kullanılan Bulanık Mantık 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 gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada sondaj ve sismik çalışma sonuçları kullanılarak oluşturulmuş 220 adet veri içeren seti kullanmışlardır. Bulanık mantık ile sınıflanan zemin gruplarını CBS de haritalamışlardır. Mikrobölgeleme haritalarına göre, Adapazarı ili kent merkezi zeminin ilk 1.5 metrelik kesimini %85-90 oranında Z4 zemin grubu olduğunu görmüş, artan derinliklerde ise bu oran nispeten azaldığı izlenmekle birlikte, genel dağılımının yine Z4 ve Z3 grubu zeminlerden oluştuğunu görmüşlerdir. Dağılımın böyle çıkmasında en büyük etkenin, çalışma alanının yaklaşık %85 lik bölümünde yer altı su seviyesinin yüksek oluşu ve alüvyon zemine bağlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Över vd. (2011), çalışmalarını farklı zemin koşulları olan ve deprem bölgesinde yer alan Antakya şehrinde gerçekleştirmişlerdir. Antakya ili için daha önceki deprem kayıtları ve jeolojik çalışmaları inceledikten sonra şehir için bir sismik mikro bölgeleme çalışmasının uygun olacağına karar vermişlerdir. Çalışmalarında Antakya ilinde 69 farklı noktada mikrotremor ölçümü gerçekleştirmişlerdir. Ölçümler sonucunda elde edile V_{s30} hızına bağlı bir mikrobölgeleme haritası elde etmişlerdir.

Büyüksaraç vd. (2013), yaptıkları çalışmada güçlü depremler nedeniyle risk altında ol Sivas şehrinde bir mikrobölgeleme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında bölgedeki 114 noktada gerçekleşen mikrotremor ölçüm sonuçlarını kullanmışlardır. Değerlendirmeler sonucunda bir mikrobölgeleme haritası oluşturmuşlardır.

Tün (2013), çalışmasında yerleşim yerlerindeki zemin özellikleri ve zemin problemlerinin neden olduğu risklerin bilinmesi, depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından önemli bir aşama olduğunu vurgulamıştır. Meydana gelen depremlerde özellikle alüvyon zeminlerde, taşıma gücü ve sıvılaşma problemlerinden dolayı, birçok yapıda hasar meydana geldiğini belirtmiştir. Çalışmasında Eskişehir yerleşim yerindeki alüvyon zeminin 40 farklı noktasına uygulanmış SCPT verilerini kullanmıştır. SCPT'den elde edilen zemin parametrelerinin, uç direnci “qc” (MPa) ve yanal sürtünme açısı “fs” (MPa), kayma dalgası hızı (Vs) büyüklüğü ile olan ilişkisini araştırmıştır. Araştırmasında, klasik karşılaştırma yöntemlerinin yanında bulanık mantık yaklaşımlarından yararlanmıştır. Zemin özelliklerini, karşılaştırmalı analizlerde kullanmış, oluşturduğu model üzerindeki belirsizlikleri mümkün olduğunca gidermiş veya belirsizliğin olduğu varsayılarak analizlerin bu kurallara göre uyarlanmasını sağlamıştır. Sonuç olarak, CPT yönteminden elde edilen zemin parametrelerini kullanarak, kayma dalgası hızı hesabı yapmıştır.

Yalaz vd. (2015), çalışmalarında yeni bir yöntem olan SMRGT yöntemi ile bulanıklaştırılan değişkenleri kullanarak elde edilen değişkenler için bulanık En Küçük Kareler (EKK) modeli ile bulanık doğrusal regresyon denklemi oluşturmuşlardır. Sonuç olarak klasik doğrusal regresyon ve bulanık doğrusal regresyon bir veri setine uygulamışlar ve bu iki yaklaşımın performansını çeşitli ölçüm kriterlerini kullanarak karşılaştırmışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Çanakkale ilinin mevcut imar alanında zeminin jeolojik, jeoteknik ve jeofizik özellikleri belirlendikten sonra bu özelliklerin yerleşim yerlerinde deprem etkisi, yerel zemin koşulları açısından farklı tehlike potansiyeline sahip alanların belirlenmesi ve analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla elde edilmiş veriler (Büyüksaraç vd. 2013) kullanılmıştır.

3.1. İnceleme Alanının Tanıtılması

3.1.1. Mekânsal Bilgiler - Coğrafi Konum

Çanakkale, Türkiye'nin kuzeybatısında Gelibolu Yarımadası ile Anadolu'nun uzantısı olan Biga Yarım adası üzerinde hem Asya'da hem Avrupa'da toprakları olan ikinci ildir. Çanakkale, Ege ve Marmara Denizleri'ne açılır ve Balıkesir-İzmir illeri arasında kurulmuştur. 25° 35' ve 27° 45' Doğu Boyamları 39° 30' ve 40° 42' Kuzey Enlemleri arasında 9737 km²'lik bir alana kurulmuştur. Deniz seviyesinden yüksekliği 2 m'dir.

Çanakkale il merkezi, Çanakkale Boğazı boyunca uzanan bir yerleşime sahiptir. Çanakkale'nin 11 ilçesi olup, bu ilçeler farklı coğrafi konumlarda yer almaktadır. Buna göre 2 ilçe ada, 2 ilçe Avrupa Kıtasında ve geriye kalan ilçeler de Asya Kıtasında bulunmaktadır (Şekil 3.1).

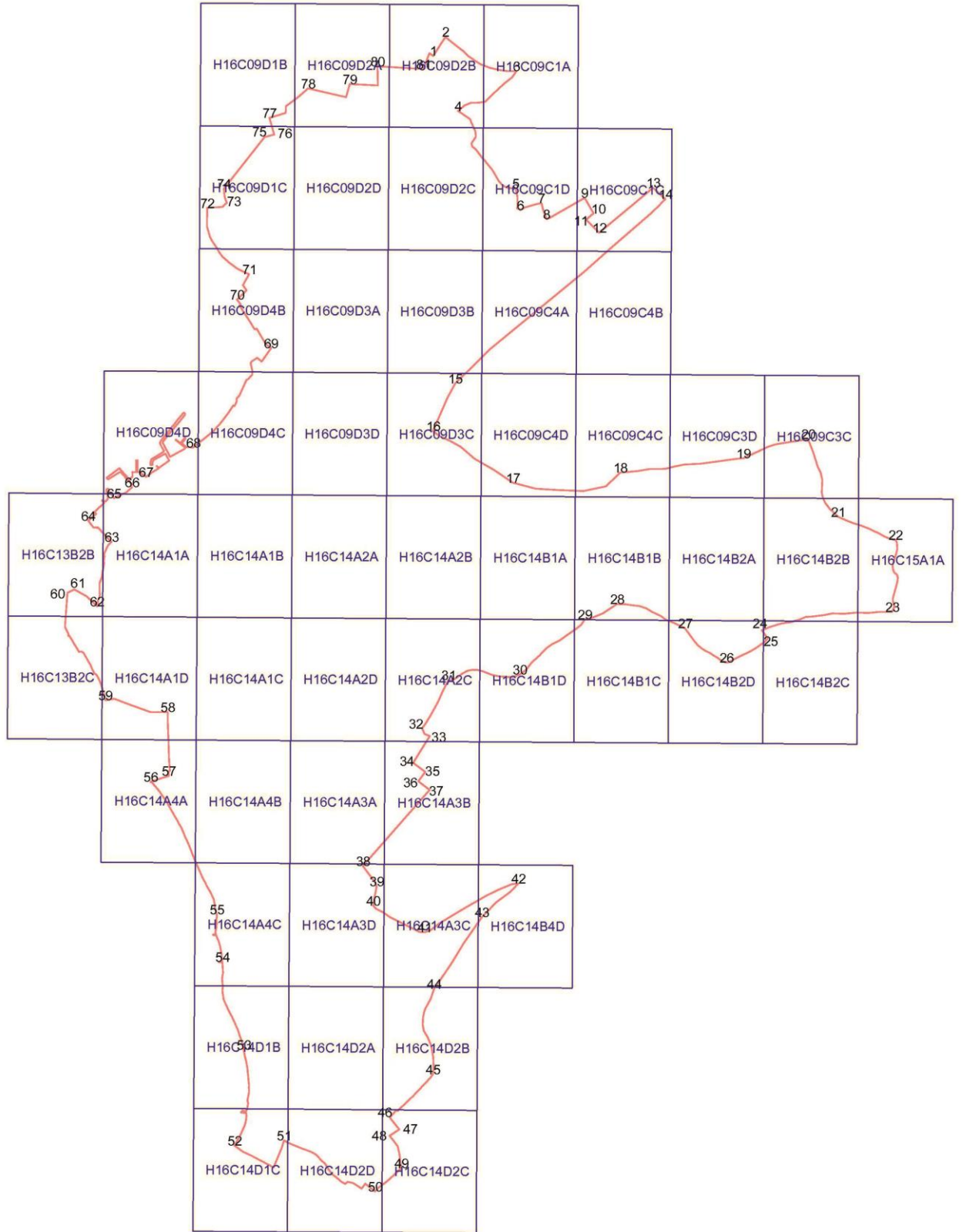


Şekil 3.1.Çalışma bölgesinin yer haritası

Çalışma alanı, 1677 hektar büyüklüğünde (Şekil 3.2) olup imar planına esas jeolojik-jeoteknik çalışma kapsamında 1/1000 ölçekli 73, 1/5000 ölçekli 9 adet pafta bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin uydu görüntüsü (Büyüksaraç vd. 2013)



Şekil 3.3. Çalışma alanının sınırları (Büyüksaraç vd. 2013)

Çalışma alanı, Çanakkale ili merkez yerleşim alanıdır. Türkiye için büyük öneme sahip iki suyolundan biri olan Çanakkale Boğazı boyunca yerleşim yapılmıştır. Kentin en büyük coğrafik

unsurlarından birisi Sarıçay'dır. Şehrin büyük bir kısmı deniz seviyesi yüksekliğinde olup denizden uzaklaşıp, iç taraflara doğru yaklaşık 100 metreye kadar yerleşim yapıldığı görülmektedir. Sarıçay, Çanakkale Boğazı'na dik şekilde konumlanıp şehri iki parçaya ayırmıştır. Sarıçay'ın taşıdığı alüvyonlar, şehir zemin yapısını da şekillendirmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Çalışma alanı genel görünüşü, Sarıçay ve çevresinin şehirdeki konumu

3.2.Jeolojik yapı

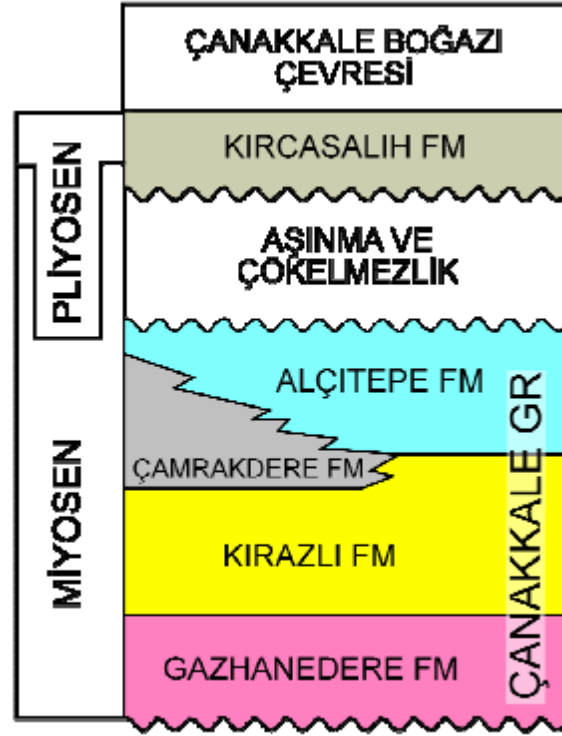
Çanakkale yerleşim birimini üzerinde yer aldığı Çanakkale havzası, Orta Miyosen-Pliyosen döneminde çökelmiş olan kırıntılı formasyonlar ile güncel alüvyonlardan oluşmaktadır. Orta Miyosen-Pliyosen çökelleri “Çanakkale Grubu” adıyla (Siyako 2006) tanımlanmıştır. Alüvyonlar ise, sondajlardan ve gözlem çukuru olarak açılan hendeklerden derlenen bilgilerle, ilk defa bu incelemede üç ayrı litostratigrafi birimi olarak haritaya işlenmiştir.

3.2.1. Çanakkale Grubu

Çanakkale Grubu ismi, Trakya'nın güneyinde, Çanakkale Boğazı'nın iki yakasında, Bozcaada ve Gökçeada'da yaygın olarak yüzeylemeleri bulunan Miyosen-Pliyosen yaşlı sedimanter birimleri için kullanılmıştır (Siyako 2006). Daha önceki araştırmacılar bu grubu oluşturan birimleri

“Çanakkale Formasyonu” adıyla ve değişik üyelere ayırarak tanımlamışlardır (Şentürk ve Karaköse 1987; Atabey vd. 2004).

Çanakkale grubunu oluşturan formasyonlar, Çanakkale Boğazı’nın her iki yakasında da yaygınca yüzeylenmekte olup, alttan üste “Gazhanedere fm., Kirazlı fm., Çamrakdere fm., ve Alçıtepe fm.” olmak üzere 4 lito-stratigrafi biriminden oluşur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Çanakkale Grubuna ait formasyonların stratigrafik konumu (Siyako 2006)

3.2.1.1. Gazhanedere Formasyonu

Genel olarak çakıltaş kumtaşı ve kırmızımsı gri çamurtaşlarından oluşur. Çamurtaşı destekli olan çakıltaşları gevşek çimentolanmalı olup, yer yer çamur konglomerası niteliğindedir. Birimi, “Gazhanedere formasyonu” adıyla ilk kez Saltık (1974) tanımlamıştır.

Çanakkale Boğazının doğu kenarı boyunca çok yaygın yüzeylemeleri bulunmasına rağmen inceleme alanı içerisinde çok sınırlı bir yüzeylemesi vardır. Birimin yaygın yüzeylemeleri Çınarlı ve Kirazlı Köyleri kuzeyindeki Gazhanedere çevresinde yer alır (Sümengen vd. 1987). Birim içerisinde Atabey vd. (2004) akarsu kanal dolguları, enine ve uzunlamasına bar çökellerine ait çakıltaşları ve kumtaşları ile taşkın düzlüğü çökeliğini oluşturan çamurtaşlarını tanımlamışlardır. Çakıltaşları, serpantin, andezit, dasit, riyodasit, mikaşist, mermer, kuvarsit vb. kayaç kırıntılarından oluşur.

Gazhanedere formasyonunun inceleme alanı içerisindeki yüzeylemesi, Sarıcaali Köyü ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu yerleşkesi arasındaki alanda yer almaktadır. Beldemiz sitesi ile eski çöplük arasındaki yamaç boyunca birimi açıklıkla görmek mümkündür. Bu alandaki yüzeylemesinde ve Terzioğlu yerleşkesi içerisinde geçen su kanalı boyunca alacalı renkli çamur destekli çakıltası, kumtaşı aradalanması şeklinde bir görünümü vardır. Birim içerisindeki çamurtaşlarının bileşiminde yer alan kil ve silt gibi ince taneli gereçlerin fazla bulunması nedeniyle suya doymun durumda iken ve yamaç eğiminin yüksek olduğu yerlerde heyelanlara neden olmaktadır.

Gazhanedere formasyonunun alt dokanağı inceleme alanı içerisinde gözlenmez. Bölgede yapılmış olan önceki araştırmalara göre birim, Dümrek Köyü, Çanakalan Köyü ve Kızılcaöre Köyü çevresinde Çamlıca metamorfikleri ve Denizgören ofiyoliti üzerine diskordan olarak bulunmaktadır. Belen Köyü etrafında ise Ezine–Doyran volkanitleri üzerine açılı uygun olmayarak gelir (Atabey vd. 2004). Birimin üst dokanağı, yüzeylediği alanlarda “Kirazlı formasyonu” ile dereceli geçişlidir (Siyako 2006).

Gazhanedere formasyonu gerek fasiyes özellikleri gerekse çökelme geometrisi açısından tipik olarak alüvyon yelpazesini yansıtmaktadır. Birimin havza kenarlarında kaba taneli havza içerisine doğru ince taneli litolojilere geçmesi alüvyon yelpazesi ortamını işaret etmektedir (Atabey vd. 2004). İçerisinde bulunan uzunlamasına ve/veya enine bar çökelleri bu yelpazenin örgülü akarsu ortamında geliştiğini, belirsiz kalın tabakalı olması, çapraz katmanların bulunması, yer yer kamalanmalı tabakaların varlığı gibi birçok çökelme yapısı da bu ortamın düzensiz ve yüksek enerjili olduğuna işaret etmektedir. İçerisindeki kırmızı çamurtaşlarının varlığı ise hem karasal oluşumu, hem de taşkın düzlüğünü işaret eder.

Gazhanedere formasyonu içerisinde, önceki araştırmacılar (Ünay 1980, 1981; Şentürk ve Karaköse 1987) birçok omurgalı fosiller derlemişler ve birimin yaşını Orta Miyosen ile Geç Miyosen başı olarak yorumlamışlardır (Atabey vd. 2004).

3.2.1.2. Kirazlı Formasyonu

Birim, kumtaşı, çakıllı kumtaşı ve silttaşlarından oluşur. Birimi Kirazlı formasyonu adıyla ilk olarak Saltık (1974) tanımlamıştır. Birimin yaygın yüzeylemelerinin Güzelyalı Köyü çevresinde bulunması nedeniyle Atabey vd. (2004) “Güzelyalı üyesi” olarak isimlendirmişlerdir. Birimin inceleme alanı içerisinde yüzeylemesi yoktur.

Ancak Çanakkale yerleşim alanı yakın çevresindeki yörelerde yaygınca yüzeylemeleri bulunması dolayısıyla, birimin özelliklerini tanıtmaya gereği duyulmuştur.

Gazhanedere'den başlayıp Kirazlı Köyü'ne kadar olan kısım Kirazlı formasyonunun tipik kesitidir (Sümengen vd. 1987). Birimin yaygın yüzeylemelerinin bulunduğu alanlar: Güzelyalı, İntepe arası ve Kumkale çevresine kadar uzanan kıyı şeridi boyunca; Kepez ile Sarıcaali Köyü arasında, ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi'nin önemli bir bölümünde; Umurbey Çayı'nın delta düzlüğü kesiminde; Lapseki ile güneyindeki Subaşı Köyü arasındadır.

Kirazlı formasyonu, en açık şekilde Çanakkale-İzmir karayolu boyunca Güzelyalı ile İntepe viyadüğü arasındaki yol yarmalarında görülür. Bu alanda birim, düzlemsel paralel tabakalanmalı, yer yer alt ve üst yüzeyler ondülasyonlu, düzlemsel ve tekne tipi çapraz tabakalanmalar gösteren sarımsı iri-orta tane boylu kumtaşlarından oluşur. Birim içerisinde pas rengi demir oksitli ayrışmalar çok yaygın olup, zaman zaman derinliği birkaç metreye ulaşan çakıltaşı kanal dolguları bulunmaktadır. Kirazlı formasyonu kıyı ortamlarda (plaj) çökelmiş, gevşek biçimlenmiş, sarımtırak boz kumtaşlarının egemen olduğu bir birimdir. Kumtaşları içerisinde seyrek olarak silttaşı, kilttaşı ara katkıları ile kanal dolguları biçiminde çakıltaşları gözlenir. Formasyonun kalınlığı yöreden yöreye değişiklikler göstermektedir. Kirazlı Köyü yakınındaki tip kesitinde yaklaşık 220 m'dir (Sümengen vd. 1987). Şentürk ve Karaköse (1987), İntepe civarında 132 m, Bayrak Tepe'de 157 m ve Çamrakdere'de 204 m ölçmüşlerdir. Gelibolu Yarımadası'nda ise kalınlığın 500 m'ye kadar varabileceğini belirtmişlerdir.

Kirazlı formasyonu, altta Gazhanedere formasyonu ile üstte ise Çamrakdere ve Alçıtepe formasyonları ile geçişlidir (Siyako 2006). Çalışma alanı sınırları içinde Kirazlı formasyonu, yüzlek vermemektedir.

3.2.1.3. Alçıtepe Formasyonu

Birimi ilk olarak Sfondrini (1961) ve Duritt (1960), Kilitbahir ve Alçıtepe birimleri şeklinde adlandırmışlardır. Sonra ki zamanlarda Önem (1974) Alçıtepe üyesi, Siyako vd. (1989) ise Alçıtepe formasyonu adıyla tanıtmışlardır. Alçıtepe formasyonu genel olarak kumtaşı, kilttaşı, kumlu ve killi kireçtaşı litolojilerinden oluşur. Birbirleriyle yanal ve düşey olarak geçişlidirler.

Formasyonun yaygın yüzeylemeleri Çanakkale yakınlarındaki Bayrak Tepe, Boğazın iki yakasındaki falezler, İntepe Beldesi'nin bulunduğu alan, Umurbey Beldesi'nin güneyi, Gelibolu Yarımadası'nda Alçıtepe Köyü çevresi ve Kilitbahir ile Eceabat arasındaki sırtlardır. İnceleme alanı içerisinde Narababa Tepe civarındaki askeri alan içerisinde, Esenler Mahallesi'nin bulunduğu alanda ve Barbaros şehitliği çevresinde görülür.

Alçıtepe formasyonu, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, kilttaşı, marn ve bol makro fosilli kireçtaşı ile oolitli kireçtaşlarının aralanmasından oluşur (Siyako 2006). Kireçtaşları içerisindeki gastropod ve pelecypod kavkıları bazı düzeylerin büyük bir kısmını oluşturur. Bu organizma

yığımlarının tanımlamaya elverişli olanlarından elde edilen yaş; Orta-Üst Panoniyen'dir (Şentürk ve Karaköse 1987). Bu yaş, Çanakkale güneyinde çalışmış olan Taner (1985) tarafından belirlenen Akçagiliyen, Romaniyen-Parskoviye yaşlarından farklılık arz etmektedir (Şentürk ve Karaköse 1987).

Alçıtepe formasyonu, kıyı ve kıyı ötesi kırıntılıları ile karbonatlarından oluşan, karışık, kırıntılı-karbonat kıyı çizgisi ortamında çökelmiştir (Şentürk ve Karaköse 1987). Alttaki akarsularla beslenen lagüner çökeller ile üstte ise çalkantılı kıyı yüzü ve kıyı ötesi çökellerden oluşan oolitik kireçtaşları kapsaması birimin sadece kıyı ötesinde değil, kırıntılı kıyı çizgisinde bir alanda çökeldiğini göstermektedir. Kimi seviyelerde kırıntılı çökeller ile karbonatlı çökellerin tekrarlanmış olması, kıyı çizgisinin oynak (hareketli) olduğunu göstermektedir (Şentürk ve Karaköse 1987).

3.2.1.4. Alüvyonlar

İnceleme alanı içerisinde çok yaygın olarak tutturulmamış sedimanlardan oluşan alüvyonlar yer alır. Bu alüvyonların gerek dağılımı gerekse oluşumları Sarıçay'ın etkisi altında gerçekleşmiştir. Sarıçay, yüksek kodlardan taşıdığı sedimanları, hem eski yatağı boyunca hem de yeni yatağı boyunca olmak üzere, öncelikli olarak ova nitelikli düşük kodlu alanlarda biriktirmiştir. Bu sedimanlar oluşum biçimlerine ve kendilerini oluşturan litoloji türlerinin konumlarına göre üç ayrı birim şeklinde tanımlanmıştır. Bunlar; a) Kum, killi kum, yer yer çakıl kanallı kum birimi; b) Kum, siltli kum (yer yer kil mercekli) birimi; c) Blok, çakıl ve kum (güncel dere yatağı ve taşkın alanı tortulları) birimi.

Kum, killi kum (yer yer çakıl kanallı kum) birimi: Birim inceleme alanı içerisinde oldukça geniş bir alanda yüzeylemektedir. Özellikle Sarıçay'ın yaklaşık güney-kuzey yönünde aktığı tarih öncesi dönemde taşımış olduğu sedimanlardan oluşmaktadır. Birim, hem eski vadi yatağı boyunca hem de o vadi yatağının kenarlarını oluşturan taşkın düzlüğünde görülür. Bu birimin esas bileşenlerini kum boyutundaki litolojiler oluşturmaktadır. Yer yer içerisinde ince çakıl düzeyleri, çakıl kanal dolguları ve kil düzeyleri görülür. Bölgede yapılan sondajlardan elde edilen veriler değerlendirilerek ilk defa bu çalışmada Sarıçay'ın eski yatağının güzergâhı konusunda bilgi sağlanmıştır. Bu sondajlarda kesilmiş olan litolojilere bakıldığında çakıl/ kum ve kum/silt-kil oranlarının değişimi Sarıçay'ın olası yatağından uzaklaştıkça ince kırıntılı çökellere doğru değişmektedir. Ana yatak boyunca çakıl oranı yüksek sedimanlar hâkim iken taşkın düzlüğünü temsil eden alanlarda seyrek, ince çakıllı kanal dolguları ile ince kum ve kil litolojilerinin egemen olduğunu görmekteyiz. Yer yer sadece kil egemen alanlar bulunmaktadır. Bu da bize bu alanların

taşkınlar sırasında oluşan gölcüklerdeki su içerisinde asılı bulunan çok küçük boyutlu sedimanların çökmesi biçiminde oluştuğunu işaret etmektedir.

Kum, siltli kum (yer yer kil mercekli) birimi: İnceleme alanının çok önemli bir bölümü kum, siltli kum ve kil litolojilerinden oluşmaktadır. Bu alan daha çok Sarıçay'ın güneyinde, havaalanı çevresinde yer almaktadır. Birim, yataya yakın bir topografya sunan bu alana, yoğun yağışların olduğu dönemlerdeki sellenmelerle Sarıçay ve güney, güney doğudaki yamaçlardan değişik akarsularla taşınan çökellerden oluşmaktadır. Özellikle Sarıçay'ın baraj yapılmadan önceki dönemlerdeki sellenme ve taşkınlarından bölge yoğun bir şekilde etkilenmiş olup, taşkın düzlüğü çökelleri niteliğindeki ince kırıntılılarla dolgulanmıştır. Çanakkale ovası ve yerleşim biriminin büyük bölümü, daha önce de söz edildiği gibi, alüvyonal bir delta üzerinde bulunmaktadır. Bu alüvyonal deltayı oluşturan çökeller de ayrışma ve taşınmaya müsait olan Çanakkale Grubuna ait formasyonlardan türemiştir. Bölgede yapılan sondajlarda çok ince kum ve silt boyutundaki sedimanların oranı oldukça fazladır. Dolayısıyla suya doymuş durumlarda bu tür zeminler gerek taşıma gücü gerekse zemin sıvılaşması açısından risk taşımaktadır.

Blok, çakıl ve kum (Güncel dere yatağı ve taşkın alanı tortulları) birimi: Birim Sarıçay'ın yatağı boyunca ve bu yatağın her iki tarafındaki etki alanı içerisinde yayılım göstermektedir. Sarıçay'ın inceleme alanı içerisinde çok geniş bir deltası bulunmaktadır. Bu delta çökelleri içerisinde hem yüksek enerji (sellenmeler) ile taşınmış iri sedimanlar, hem de düşük enerjili (düzenli ve sakin) taşınma ile biriktirilmiş sedimanlar bulunmaktadır. Bu alan içerisinde yer yer eski bataklık çökellerine de rastlanmaktadır. Sarıçay'ın ana yatağından uzaklaşıldıkça sedimanlarda ki tane boyutu küçülmekte olup, blok çakıl, kum, silt ve kil elamanlar birbirleri ile yanal ve düşeyde geçişler göstermektedir.

İnceleme alanı içerisinde yapılan sondajlarda çakıl ve kum toplam yüzdesinin ince taneli sedimanların toplam yüzdesinden yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu alanda kalan çok sayıdaki sondajın çakıllı kum sınıfında sediman kestiği belirtilebilir.

3.2.1.5. Dolgu

Şekil 3.6'da gösterilen jeoloji haritasında Çanakkale Belediyesi tarafından kontrollü olarak oluşturulan kıyı boyunca uzanan yaklaşık olarak 25 m bant genişliğinde dolgu alanı vardır.

3.2.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeybatısındadır ve Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı uzantısının etkisindedir. Neotektonik dönem Türkiye'de Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşup Anadolu

levhasının batı yönünde hareket etmesiyle başlamıştır (Ketin 1968; McKenzie 1978; Şengör 1979; Şengör ve Yılmaz 1981).

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı uzantılarının meydana getirdiği yanal ve düşey hareketler Anadolu'nun Kuzey Batısın da önemli yerleşim yerlerini etkileyen depremler meydana getirmektedir. Düşey hareketler özellikle Biga-Çan, Gönen-Yenice, Bayramiç-Ezine depresyonlarının oluşumuna neden olmuştur. İnceleme bölgesi ve yakın çevresinde bu düşey hareketler güneybatı-kuzeydoğu uzantılı çöküntüleri oluşturmuştur.

Marmara Denizi ve Güney Marmara bölgesinde fayların oluşumu genellikle doğu-batı yönlü olmakla beraber Biga Yarımadası içinde ve Kuzey Ege'de güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanım göstermektedir (Herece 1990; Okay 1990). İnceleme alanı yakın çevresinde İnova-Sarıköy, Biga-Çan, Bayramiç-Ezine Yenice-Gönen, Saroz-Gaziköy Kestanbol-Gülpınar, fayları önemli kısmı oluşturur. Bu ana çizgisellik yönlerinden farklı olarak irili ufaklı birçok fay bulunmaktadır. Çanakkale Boğazı'nın oluşumunda bahsedildiği üzere Boğaz'ın oluşmasını sağlayan (ya da oluşmasında etki gösteren) yaklaşık güney-kuzey yönlü, yüzeyde izi gözlenmemesine rağmen, fayların olduğu söylenilmektedir (Druitt 1960; Erol 1992).

İncelenen alan içerisinde, yüzeyde çizgiselliği açık bir şekilde gözlenebilen, bir fay yoktur. Fakat yukarıda da söylendiği gibi inceleme alanının yakınında bulunan aktif faylardan oluşacak depremler inceleme alanını önemli derecede etkileyecektir.

Çanakkale çevresinde Alt-Orta Miyosen dönemi genel olarak yoğun volkanik faaliyetlerin ve tektonik hareketlerin olduğu dönemdir (Önem 1974; Siyako vd. 1989; Okay vd. 1990; Ercan vd. 1995). Bu dönemde vokanizma ve tektonizma hareketleriyle yükselen ve sarplasan rölyef, iklimin yağışlı ve nemli olmasının da etkisiyle hızla aşınmaya başlamış ve aşınan gereçler akarsuların etkisiyle Çanakkale Tersiyer havzası (ya da Çanakkale Oluğu) içerisine taşınmaya başlamıştır. Bu noktada Çanakkale Boğazı'nın oluşum şekli ve oluşum zamanı önemli bir konudur. Bazı araştırmacılara göre (Druitt 1960; Önal 1986) Çanakkale Boğazı'nın kuzey kesimi bir antiklinal eksen boyuncu uzanan genç çöküntü hendeğidir. Yani Çanakkale Boğazı, Tersiyer formasyonları üzerinde tektonik hareketlerle (faylarla) biçimlenmiş bir çöküntüdür. Buna karşılık jeomorfolojik verilere göre (Erol 1968, 1987), bu yörede Pliyosen-Kuvaterner süresince akarsu erozyonunu denetlemiş bazı çizgisellikler bulunmakla birlikte boğazın kuzey bölümü bir antiklinal eksen boyuncu yerleşmiş akarsu vadisidir.

İnceleme alanında, Sarıcaali Köyü ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu yerleşkesi arasındaki alanda Gazhanedere formasyonu gözlenmektedir (Şekil 3.5). Beldemiz site sile eski çöplük arasındaki yamaç boyuncu birimi açıklıkla görmek mümkündür. Bu alandaki yüzeylemesinde ve Terzioğlu yerleşkesi içerisinden geçen su kanalı boyuncu alacalı renkli çamur

destekli çakıltaşı, kumtaşı aradalanması şeklinde bir görünümü vardır. Birim içerisindeki çamurtaşlarının bileşiminde yer alan kil ve silt gibi ince taneli gereçlerin fazla bulunması nedeniyle suya doymun durumda iken ve yamaç eğiminin yüksek olduğu yerlerde heyelanlara neden olmaktadır.

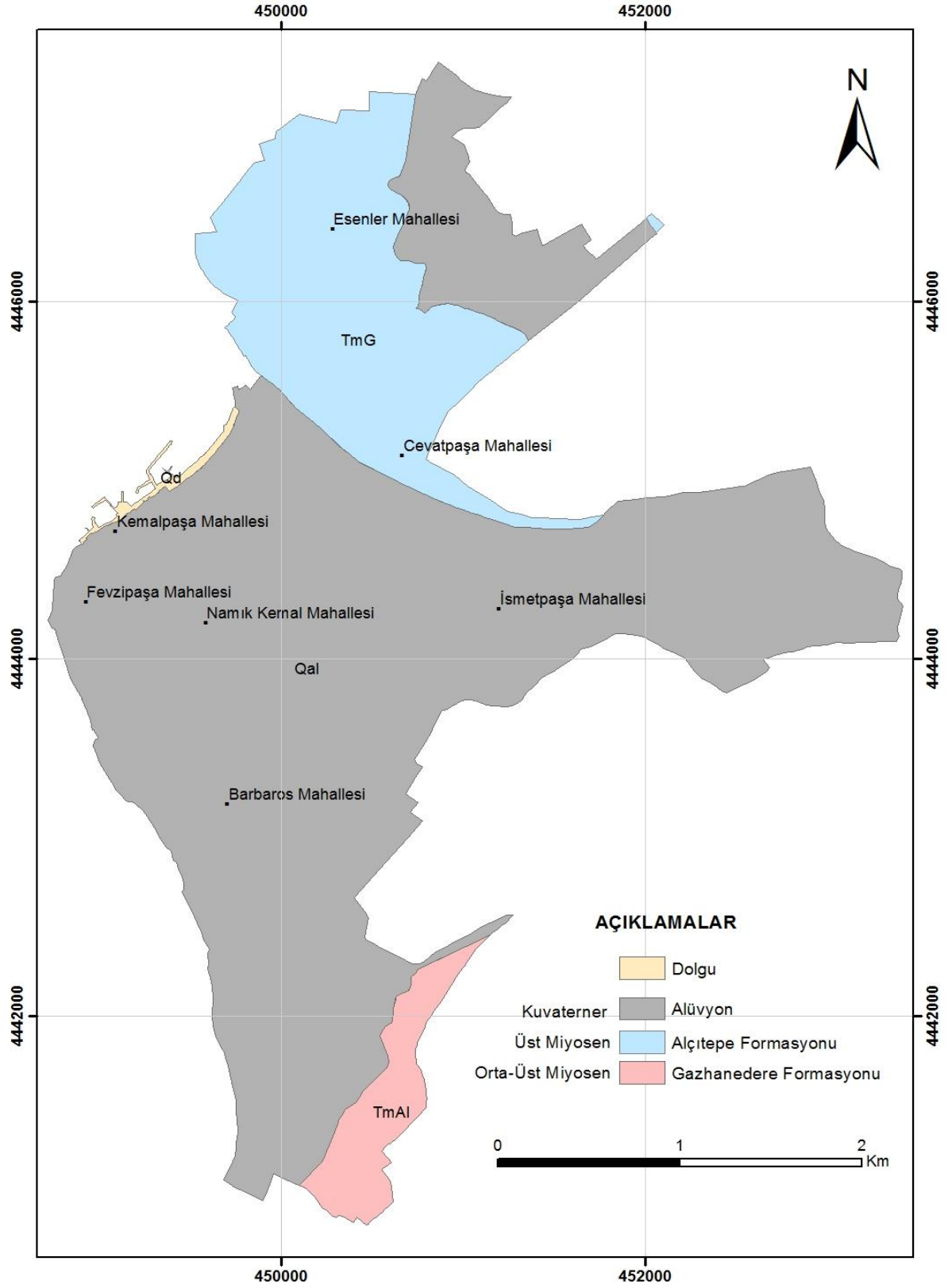
Gazhanedere formasyonunun alt dokanağı inceleme alanı içerisinde gözlenmez. Bölgede yapılmış olan önceki araştırmalara göre birim, Çanakalan Köyü, Dümrek Köyü ve Kızılcaören Köyü çevresinde Çamlıca metamorfikleri ve Denizgören ofiyoliti üzerine diskordan olarak bulunmaktadır. Belen Köyü'nün etrafında, Ezine–Doyran volkanitleri üzerine açılı uyumsuz bir şekilde gelir (Atabey vd. 2004). Birimin üst dokanağı, yüzeylediği alanlarda Kirazlı formasyonu ile dereceli geçişlidir (Siyako 2006).

Çanakkale yerleşim alanının büyük bir bölümü Çanakkale Grubu'na ait Alçitepe formasyonu ve Sarıçay (Kocaçay) tarafından şekillenmiş delta çökelleri ile alüvyon düzlüğündeki taşkın çökelleri üzerinde yer almaktadır (Şekil 3.5). Bu alanda kalınlığı yöreden yöreye değişmekle beraber, oluşumları Geç Kuvaterner ile güncel dönemde gerçekleşen tutturulmamış zeminler bulunur. Beslenim alanı (drenaj alanı) oldukça geniş olan Sarıçay (uzunluğu, 40 km; ova alanı, 20.3 km² ve drenaj alanı, 454 km²; toplam alan, 474.3 km²) vadisi, Sarıçay barajının yapımından önceki dönemde kontrolsüz bir şekilde gerçekleşen sellenmeler ve taşkınlarla inceleme alanına oldukça fazla miktarda malzeme taşımıştır. Alüvyon yelpazesi ve taşkın düzlüğü niteliğindeki bu alanda yapılan sondajlar ve yarmalardan elde edilen bilgiler, birbirleri ile dokanaklı, heterojen tortullardan yapıldığını göstermektedir. 1/5000 ölçekli jeoloji haritasından ve stratigrafi kesitinden de görüleceği üzere (Şekil 3.6) çalışma alanı içerisinde görünür en alt birimi “Alçitepe formasyonu” oluşturmaktadır. Bu birim, daha önce bölgede yapılmış olan birçok çalışmada tanımlanmış olup, ana litolojisini düzgün tabakalanmalı kumtaşı, kıltaşı ve killi kireçtaşları (marn) oluşturmaktadır. Birim inceleme alanı içerisinde Esenler Mahallesi çevresinde, Askeri hastanenin arkasındaki sırtlarda ve Nara burnundaki askeri alan çevresinde gözlenmektedir (Şekil 3.6).

3.3. Deneyisel Bilgiler

Geoteknik Mühendisliğinde zemin profilindeki tabakaların mühendislik özellikleri yeterli derinlikte bilinmelidir. Bu tabakaların mühendislik özellikleri, laboratuvar ve arazide yapılan deneylerle saptanabilmektedir. Laboratuvar yöntemleri uygulanırken örselenme etkisinin ihmal edilebileceği kabul edilmesine rağmen, alınan numuneler tabakanın küçük bir bölgesini oluşturduğundan, laboratuvar gerçekleştirilen deneyler ilgili tabakanın tüm özelliklerini yansıtmayabilir. Arazi deneyleri uygulanırken gerilme şartlarının tekrar oluşturulması problemiyle karşılaşılmağın, gerilmenin gerçek durumu ve anizotropi çoğu zaman kendiliğinden oluşur. Arazi

deneyleri, daha geniş bir bölgede uygulandığından, sonuçlar zemin tabakalarını çok daha iyi göstermektedir (Sivrikaya ve Toğrol 2007).



Şekil 3.6. İnceleme alanının jeoloji haritası (Büyüksaraç vd. 2013)

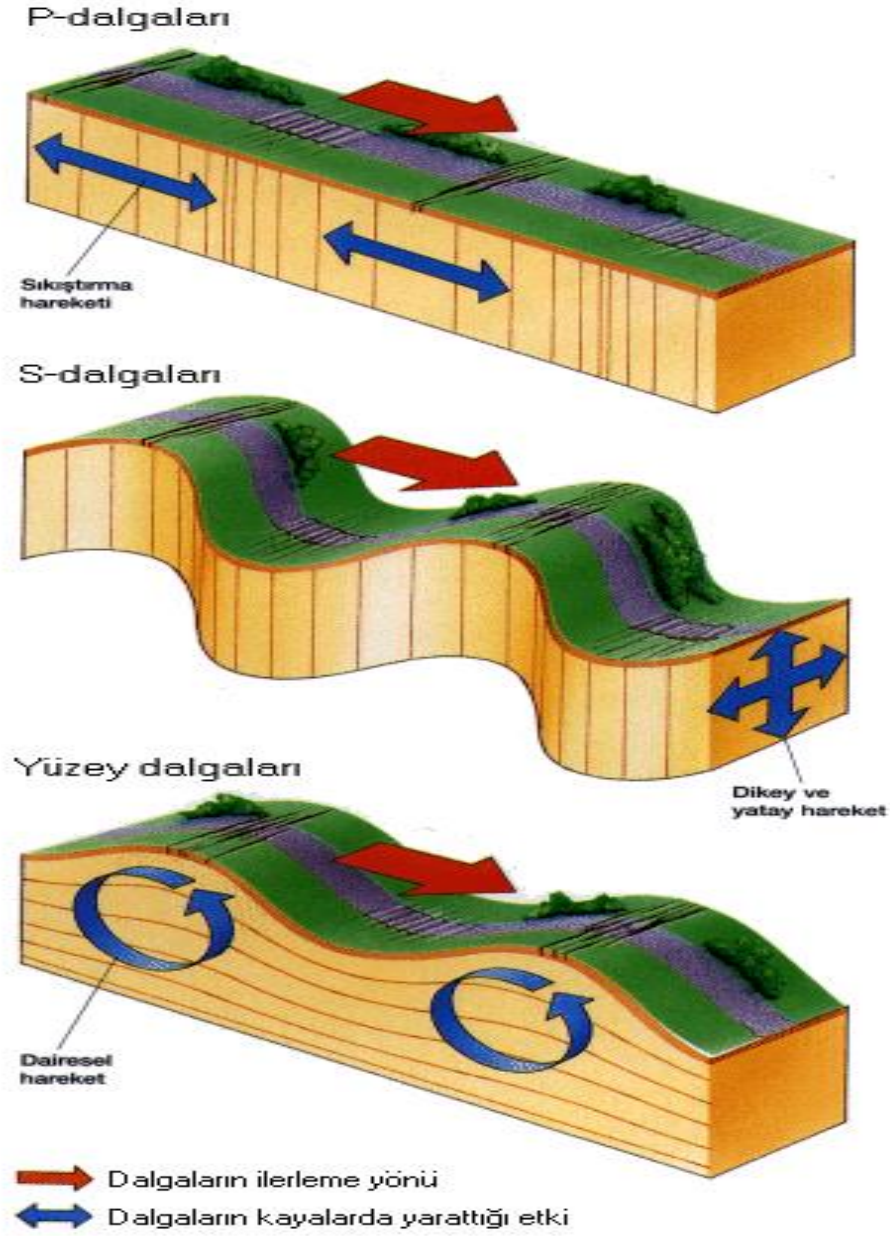
Deprem hasarları açısından zemin tabakalarının dinamik özellikleri oldukça önemlidir. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından bu özelliklerin bilinmesi gerekir. Laboratuvar ve arazi deneyleri ile zeminlerin dinamik özellikleri belirlenebilmektedir. Bu özelliklerin belirlenebildiği laboratuvar deneyleri, dinamik basit kesme, dinamik üç eksenli, rezonant kolon ve sarsma tablası deneyleri, arazi deneyleri ise penetrasyon deneyleri, jeofizik deneylerdir.

Arazinin herhangi bir noktasında dinamik bir etki meydana getirildiğinde bir dalga alanı oluşmakta ve oluşan dalgalar hem ortamın içinde hem de yüzeyde yayılmaktadır. Geoteknik mühendisliğinde kaya ve zeminden oluşan ortam elastik yarı sonsuz ortam olarak tanımlanmıştır. Bu ortamda oluşturulan dalga alanı, içerisinde yayılan cisim dalgaları ve ortamın yüzeyinde yayılan yüzey dalgaları olarak tanımlanan dalgaları içermektedir (İyisan ve Ansal 1993). Ortam içerisinde yayılan dalgalar basınç ve kayma dalgaları, yüzeye yakın tabakalarda yayılanlar ise Rayleigh ve Love dalgalarıdır. Bir ortam içerisinde oluşturulan dalgaların yayılma ve yer değiştirme yönü aynı ise bu tür dalgalara basınç dalgası denilmektedir. Ortamda basınç ve çekme dalgası olarak yayılırken hacim değişikliği oluşturmaktadırlar. Basınç dalgalarına P-dalgası adı verilmektedir (İyisan 1994).

Kayma dalgası elastik bir ortamda bükülüp, parçacık hareketine dik yönlü yayılır. Geçtikleri ortamda şekil değişikliğine neden olurlar. Herhangi bir hacim değişmesine neden olmazlar. Kayma dalgaları için S- dalgası (İkincil dalga, transvers dalga) ifadesi kullanılır. İlerleme ve yer değiştirme yönlerine göre bu dalgalar Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Kayma dalgası için yer değişimleri düşey bir düzlemde meydana gelirse bu dalgaya düşeyde polarize olmuş kayma dalgası ya da SV dalgası denir. Eğer yer değiştirmeler yatay düzlemde meydana gelirse buna da yatayda polarize olmuş kayma dalgası veya SH dalgası denilmektedir. Love dalgasının parçacık hareketi ise yatay bir düzlem üzerinde oluşur ve dalganın yayılım yönüne diktir. Bu tür yüzey dalgaları ancak, hızlı tabakanın üzerinde daha düşük hızlı tabakaların bulunduğu durumlarda meydana gelmektedir.

Rayleigh dalgasında parçacık hareketi düşey doğrultuda gerçekleşip, bu düşey doğrultu dalga yayılım yönünü de kapsamaktadır. Yatayda yer değişimi gerçekleşmeyip, parçacık hareketleri yüzeyde eliptiktir (İyisan 1994).

Zeminler dış yüklere maruz kaldıklarında kayma deformasyonunun 10^{-3} ’a da daha düşük genliklerde elastik davranış özelliği oluşturmaktadırlar. Arazide jeofizik yöntemler kullanıldığı zaman zeminde oluşan deformasyonlar bu sınırdan daha düşük seviyede olup, böyle ölçümler düşük deformasyon genlikli ölçümler olarak tanımlanmaktadır (Stokoe vd. 1989).



Şekil 3.7. P-S ve Yüzey Dalgaları (Aydın 2010)

Yeraltı suyunun P dalgasını etkilemesi ve dinamik analizde kayma modülünün öneminden dolayı S-dalga hızı (V_s) ölçüm sonuçları mühendislikte daha çok kullanılmaktadır. Arazide yapılan ölçümler başlangıç modüllerini (G_{maks}) belirlemede kullanılmaktadır. Kayma dalgası hızının belirlenmesiyle elastisite teorisinde homojen izotrop ortamlar için oluşturulan bağıntılar yardımı sayesinde kayma modülü, sönüm oranı, sıkıştırma modülü, poisson oranı, elastisite modülü, bulk modülü ve zemin hakim periyodu gibi zeminin dinamik özellikleri hesaplanabilmektedir (İyisan 1994).

$$\text{Kayma Modülü } G = (\gamma / g) * V_s \quad (3.1)$$

$$\text{Poisson Oranı } \mu = [0.5(V_p/V_s)^2 - 1] / [(V_p/V_s)^2 - 1] \quad (3.2)$$

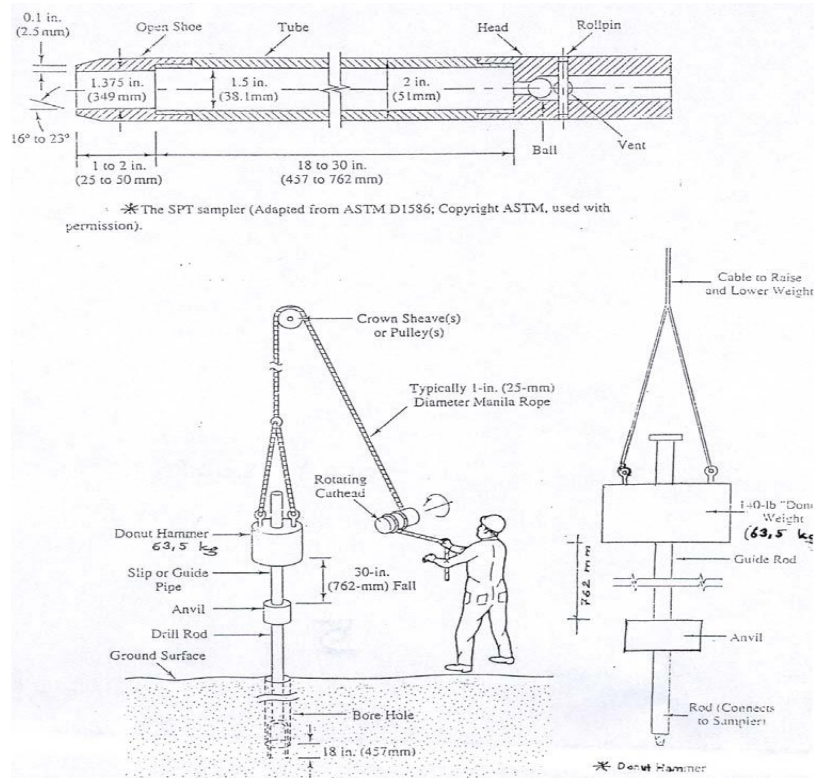
$$\text{Sıkışma Modülü } M = (\gamma / g) * V_p^2 \quad (3.3)$$

$$\text{Zemin Hakim Periyodu } T = 4H / V_s \quad (3.4)$$

3.3.1. Standart Penetrasyon Deneyi

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) dinamik penetrasyon deneyidir. Zemin araştırmalarında en fazla kullanılan, çok eski arazi deneylerinden biri olma özelliğine sahiptir. SPT yaygın olarak Güney ve Kuzey Amerika, Japonya ve Büyük Britanya'da uygulanmaktadır. Kuzey Amerika'da Standart Penetrasyon Deneyi zemin analizlerinin kilit taşı oluşturmuş ve oluşturmayı da sürdürmektedir. Japonya'da zemin ön incelemesi yapılırken sondajların çoğunu SPT ile gerçekleştirilmektedir. SPT deneyi Türkiye ve birçok ülkede çok sık tercih edilir (Durgunoğlu ve Toğrol 1974). Türkiye'de SPT zeminin incelenme aşamasında, programın çoğunun ana kısımlarından birini oluşturmaktadır.

Standart Penetrasyon Deneyi, 63.5 kg ağırlığında bir tokmağın 76 cm yükseklikten serbest bırakılarak standart bir numune alıcının zemine 45 cm çakılması işlemidir. Numune alıcının dış çapı 5 cm, iç çapı 3.5 cm ve uzunluğu 81 cm'dir. Numune alıcının zeminde son 30 cm'lik ilerlemesine karşılık gelen toplam darbe sayısı, zeminin penetrasyon direncini (SPT-N) oluşturur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. SPT deneyinin uygulanaşı (Kovacs vd. 1981)

Çizelge 3.1. Sondaj kuyularının kot, koordinat ve derinlikleri

Sondaj No	X	Y	Kot (m)	Derinlik (m)	Sondaj No	X	Y	Kot (m)	Derinlik (m)
1	453172	4444526	12,8	18	77	450435	4444621	4,3	20
2	452983	4444163	10,7	20	78	450194	4443809	4	20
3	453215	4444145	11	20	79	450430	4444070	5	20
4	453315	4444364	13	20	80	450170	4445234	2	20
5	452794	4444079	8,6	20	81	449932	4443951	3,5	20
6	452793	4444251	10,2	20	82	449889	4443710	5,2	20
7	452794	4444725	11,5	18	83	449688	4443519	2,6	20
8	452660	4444599	10,2	20	84	450355	4444857	3,1	20
9	452503	4444288	9,5	20	85	450095	4443946	4	20
10	452339	4444055	8,2	20	86	450353	4444408	4,65	20
11	452226	4444226	9	20	87	450580	4444884	3,8	20
12	452292	4444519	9	20	88	449957	4443410	3,1	20
13	452108	4444698	9	20	89	449757	4443340	2,8	20
14	451973	4444686	9	20	90	449939	4443238	3	20
15	451949	4444491	9	20	91	449295	4444655	2,2	20
16	452062	4444267	8,8	20	92	450027	4444917	3	20
17	451777	4444522	9	20	93	450200	4444640	4,2	20
18	451620	4444265	8	20	94	449373	4443741	2,2	20
19	451485	4444469	7	20	95	449633	4443109	2,2	20
20	451241	4444704	10,8	20	96	450225	4444516	4,2	20
21	451068	4444477	6	20	97	449876	4442887	3	20
22	450947	4444381	6	20	98	449753	4442961	3	20
23	451256	4444402	6,5	20	99	449482	4442975	1,6	20
24	451244	4444170	6,5	20	100	449183	4444800	1,7	20
25	451043	4444160	6	20	101	449607	4442703	2,5	20
26	450800	4444193	5,5	20	102	449768	4442569	2,7	20
27	450642	4444299	5,5	20	103	449657	4442205	2	20
28	450665	4444453	5,5	20	104	449744	4441830	1,8	20
29	450823	4444468	5	20	105	449910	4441405	2,7	20
30	450971	4444613	5	20	106	449744	4441147	1,2	20
31	450701	4444667	5	20	107	449535	4443815	2,7	20
32	450726	4444758	4,5	20	108	449567	4444856	2	20
33	450736	4444592	5,2	20	109	449370	4443617	1,8	20
34	450601	4444536	5,3	20	110	449637	4444262	3,5	20
35	450374	4441102	32	20	111	449785	4444169	3,4	20
36	450210	4441280	8	20	112	449420	4444068	2,8	20
37	450024	4441320	5,2	20	113	450407	4444945	3,3	20
38	450588	4441537	32	20	114	449017	4444121	1,2	20
39	450319	4441673	10,1	20	115	450568	4445277	17	20
40	449836	4442074	3	20	116	450461	4445539	28	20
41	450096	4442251	4	20	117	450619	4445451	35	20

Çizelge3.1.(Devamı)

42	450053	4442420	4	20	118	449871	4444257	3,6	20
43	450198	4442580	4	20	119	450490	4445041	5,8	20
44	450036	4442644	3,2	20	120	450031	4444392	3,7	20
45	450156	4442700	4	20	121	449996	4444209	5	20
46	450015	4442727	3	20	122	449199	4444277	2,7	20
47	450255	4442830	4	20	123	449803	4444394	3,5	20
48	450105	4442945	3,8	20	124	449789	4444470	3,3	20
49	450022	4443004	3,5	20	125	451438	4445992	21,5	20
50	450249	4442981	4	20	126	451194	4446344	19,2	20
51	450393	4443028	4	20	127	449988	4446040	44,5	20
52	450131	4443155	2,9	20	128	450909	4446669	17,7	20
53	450160	4443279	3,4	20	129	450083	4446184	39,3	20
54	450345	4443331	3,3	30	130	450469	4446065	43,9	20
55	450618	4443173	5	20	131	450679	4446368	27,9	20
56	450155	4443491	3,6	15	132	449699	4446302	56,7	20
57	450670	4443392	5	20	133	450799	4446063	30,5	15
58	450446	4443543	5	20	134	449916	4446566	43	20
59	450697	4443568	5	20	135	450142	4446738	42,4	20
60	450316	4443623	4,5	15	136	450451	4446770	32,2	20
61	450607	4443536	5	20	137	450429	4446437	32,5	20
62	450795	4443722	5	20	138	451157	4445715	28,2	20
63	450917	4443830	4,9	20	139	450098	4445736	36	20
64	450668	4443815	5	20	140	449890	4445647	19,3	20
65	450484	4443850	5	20	141	450236	4444045	4,2	20
66	450541	4443941	5	20	142	450860	4447173	11,8	20
67	450812	4444007	5	20	143	449878	4445344	6	20
68	450963	4443908	5,2	20	144	452074	4446440	27,7	20
69	449297	4443959	2,3	20	145	449580	4443463	2,3	20
70	449774	4444380	3,6	30	146	448982	4443831	1,2	25
71	449072	4443939	1,5	30	147	449968	4444573	2,8	20
72	449419	4443315	1,95	20	148	450687	4445841	41	20
73	449012	4443662	1,5	15	149	449746	4444576	2,1	20
74	448945	4443847	1,2	20	150	449208	4444740	1,8	20
75	449236	4443892	2	15	151	448946	4444715	1,5	20
76	449701	4443792	3,4	20					

SPT, yumuşak kil, gevşek kum, çok sert kil, sıkı kum gibi birçok zemin türüne uygulanabilmektedir (Sağlamer 1979).

Çalışma kapsamında, sondajlar sırasında standard penetrasyon deneyleri, otomatik halat-makara sistemi kullanılarak yapılmıştır. Bu sistemin enerji oranı %45'tir. İnceleme alanında açılan sondaj kuyularında zemin şartlarının uygun olduğu kesimlerde her 1.5 metrede bir SPT yapılmıştır.

SPT-N değerleri 2 ile R (refü) arasında değişmektedir. Çizelge 3.1.'de sondaj kuyularının koordinatları ve derinlikleri verilmiştir.

3.3.2. Yeraltısuyu Durumu

Çanakkale kent yerleşim alanı içinde yeraltı suyu seviyelerini ve yeraltı sularının akım yönlerinin belirlenmesi amacıyla sondaj kuyularında su seviye ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasında alüvyon zeminlerde yer altı suyu bulunmaktadır. Esenler Mahallesiinde bulunan, Çanakkale formasyonuna ait Alçitepe üyesi içinde yeraltı suyuna rastlanmamıştır (Şekil 3.9).

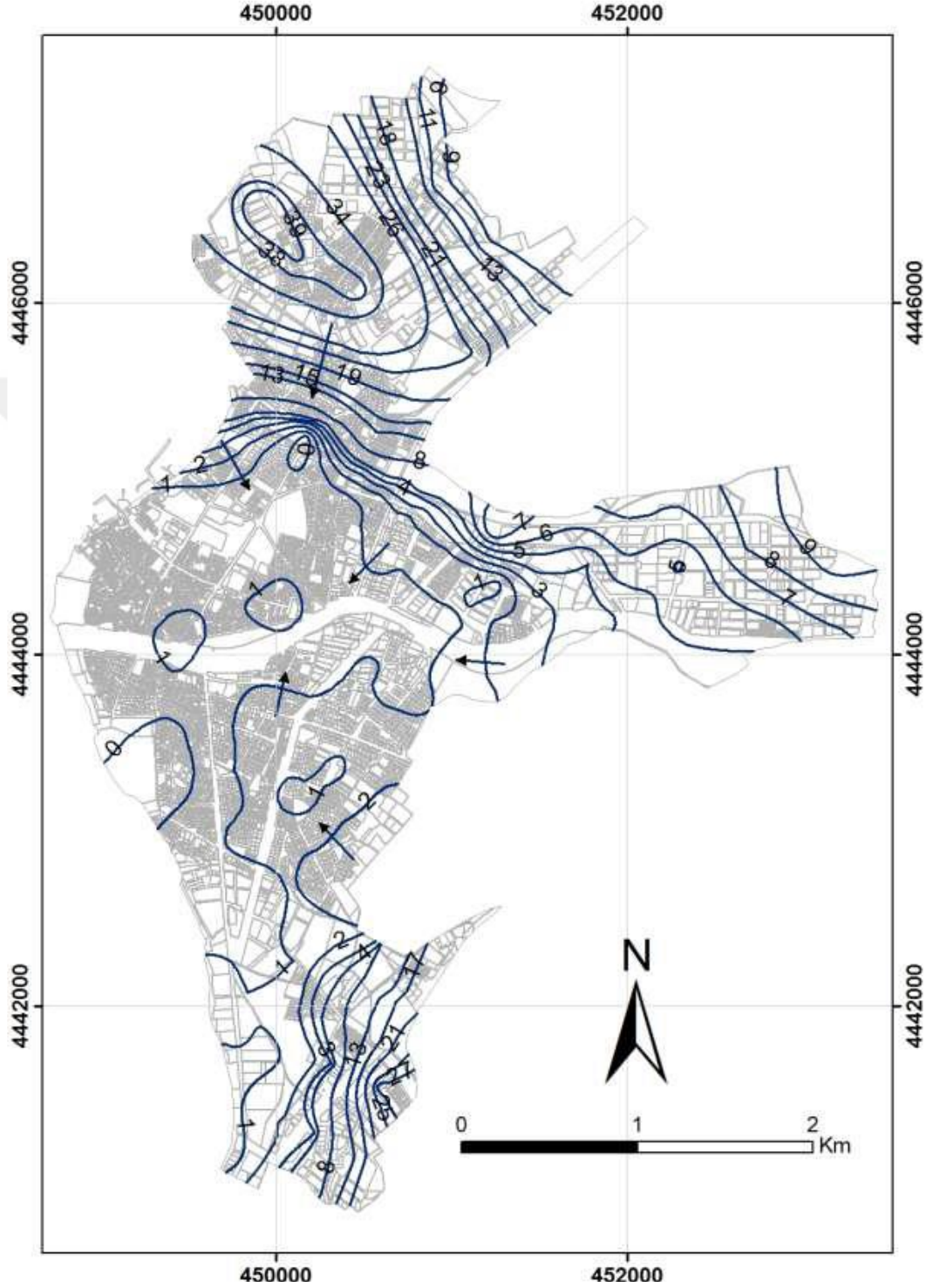
3.3.3. Mikrotremor Ölçümü

Bütün malzemeler fiziksel olarak bir salınım periyoduna sahiptir. Dolayısıyla zeminlerin ve yapıların da doğal salınım periyotları vardır. Zeminlerin ve yapıların baskın salınım periyotları belirlenebilir. Bulunan değer zeminlerin gevşekliğine ve sıkılığına, yapıların ise rijitliğine ve kütlesine bağlı olmaktadır. Mühendislik için önemli olan, bina ve zeminin doğal hakim periyotlarının çakışmamasıdır. Periyodların çakıştığı durumda rezonans denilen olay meydana gelir ve depremde oluşan yükler çok büyük değerlere ulaşarak yapının yıkılmasına neden olabilirler.

Bölgesel yer etkilerinin belirlenmesi için teorik modelleme yaklaşımları ve doğrudan yerin doğal titreşimlerini ölçüp değerlendirilebilen deneysel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında toplanan mikrotremor verilerinin veri işlem aşamalarında, teorik ve sayısal olarak doğruluğu kanıtlanmış, dünyada yaygın olarak kabul gören ve son yıllarda çoğu bölgede uygulanan yatay bileşen spektrumlarının düşey bileşen spektrumuna oranlaması ilkesine dayanan Nakamura yöntemi kullanılmıştır.

Mikrotremor ölçüm noktaları ve çalışma alanı Şekil 3.10 'da gösterilmektedir. Bu amaçla koordinatları belirlenen 110 noktada 3-bileşen 0.03 Hz doğal frekansa sahip uzun periyodlu sismometre kullanılarak ölçü yapılan ortamın genel folklorik gürültü yapısına göre 20-75 dakika kayıt uzunluğunda zaman serileri 100 Hz örnekleme aralığı ile alınmıştır. Ölçümler için GURALP marka 40T sayısal kayıtçı kullanılarak yapılmıştır. Tek istasyon ölçümlerine dayanan Nakamura (spektral oran) yöntemi, oldukça ekonomik ve hızlı uygulanabilirliği sebebiyle, zemin büyütme ve zemin hakim titreşim frekansı belirleme çalışmalarında büyük ölçüde kullanılmaktadır. Bu çalışmada zemin büyütmelerinin hesaplanması göreceli bilgi vermesi ve çalışma alanında ana kaya oluşturabilecek referans olabilecek jeolojik yüzlek olmaması nedeniyle tercih edilmemiştir. Ölçümler SCREAM 4.4 adlı programla sayısal olarak, GCF (Güralp Compressed Format) formatında kaydedilmiştir.

Tek istasyon mikrotremor ölçüm tekniği ile problem yaklaşımı hızlı ve ekonomik olmasıyla beraber, depreme bağlı olmaksızın yerin doğal gürültüsünün kayıtları kullanılarak sonuca varılmasıdır.



Şekil 3.9. Çalışma alanının yer altı suyu haritası (Büyüksaraç vd. 2013)

Çalışmada, tek nokta için 3-bileşenli sismometre ile belirlenen mikrotremor verilerinin düşey/yatay spektral oran analizi ile zeminin hâkim titreşim frekansı doğrudan saptanmıştır (Büyüksaraç vd. 2013).

Gelen deprem dalgaları hiçbir zaman bir tek bir harmonikten oluşmaz. Çoğu zaman hasarı oluşturan dalga grubunun 10 Hz ile 0.1 Hz arasında bileşenleri bulunur. Kaynaktaki kırılmanın özellikleri d0algaların frekans içeriğini belirler. Sonrasında ise yayıldıkları ortamın özelliklerine göre şekillenirler.

Yumuşak zemin profilinin, bu farklı frekans ve genliklerden meydana gelen deprem dalgalarına verdiği tepki aynı olmaz. Bu nedenle büyütme frekansa bağlı olarak değişir.

Zemin hakim titreşim periyot değerleri hesaplanıp Ansal vd. (2004) tarafından verilen mikrobölgeleme ölçütü Çizelge 3.2 kullanılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.2. Hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri (Ansal vd. 2004)

Zemin hakim titreşim periyodu aralığı (s)	Ölçüt Tanımı	Tehlike Düzeyi
0.10-0.30	A	Düşük
0.30 – 0.50	B	Orta
0.50 – 0.70	C	Yüksek
0.70 - 100	D	Çok Yüksek

Şekil 3.10’ da zemin hakim titreşim periyodu risk haritası gösterilmiştir.

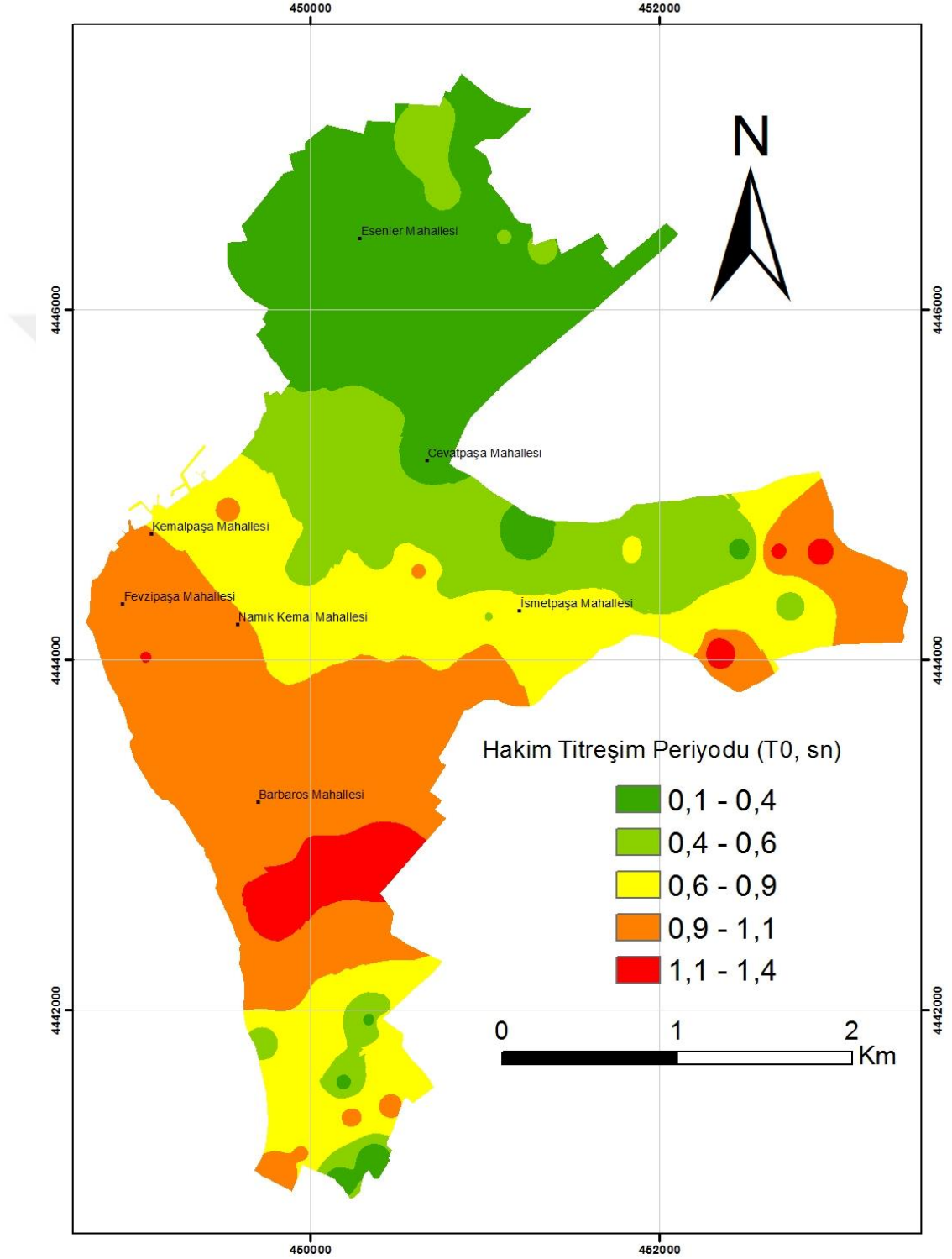
3.3.4. Zeminin S-Dalga Hızı

3.3.4.1.Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) Yöntemi

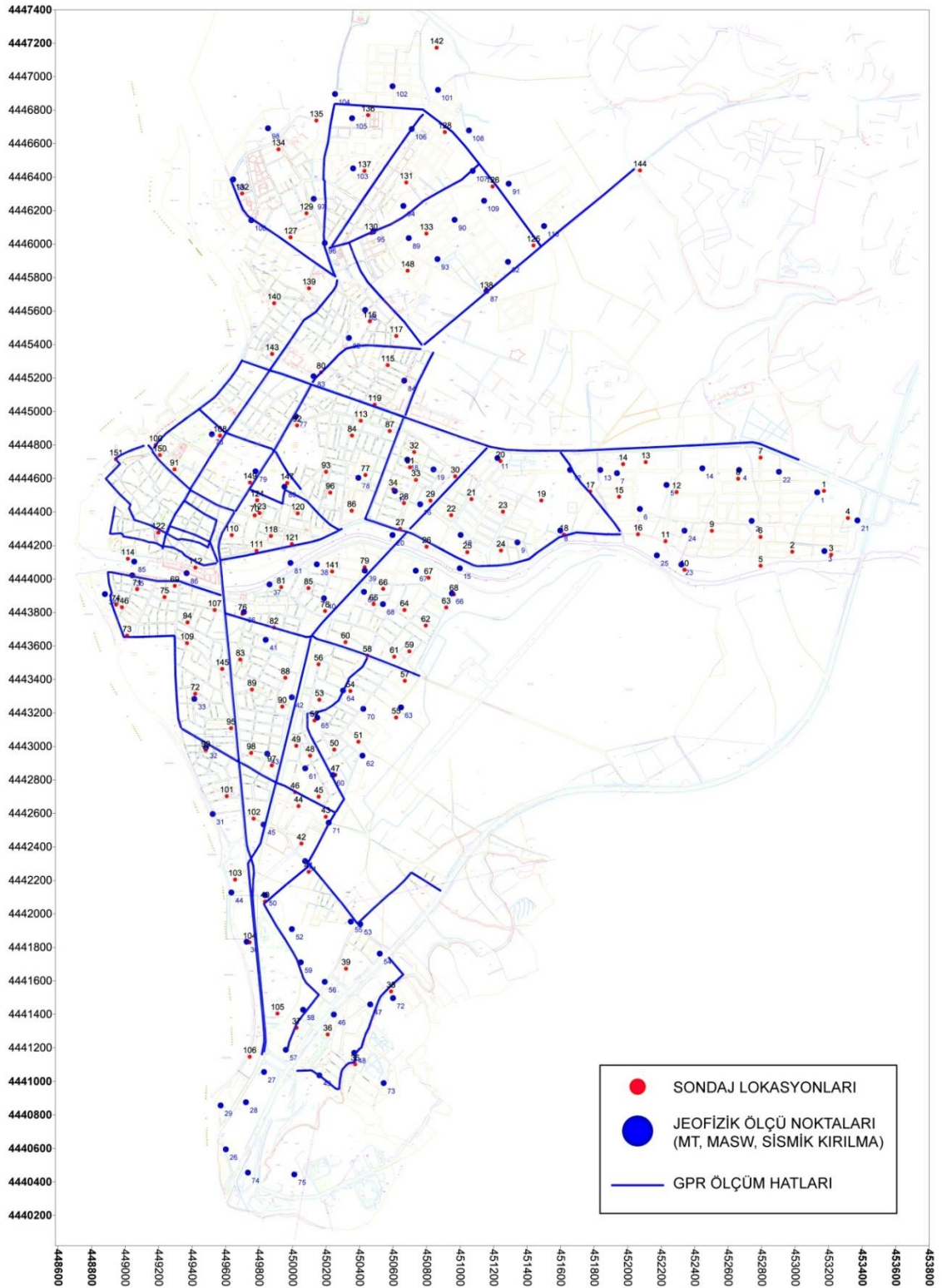
P ve S dalga hızlarının ölçümü için 12 kanallı Geometrics ES3000 mühendislik amaçlı sismik kayıt ünitesi kullanılmıştır. Arazide kullanım kolaylığı sağlayan bu aletin, bilgisayar desteğiyle parametre ve kurulum ayarları yapılabilmektedir. Kayıtlar, üzerindeki hard diske kopyalanabilir. Sistem temelde bir ‘Sinyal Yığılma’ sismografıdır. Burada yığılma terimi; her atış için bellekteki sinyallerin ardarda yığılup, genliklerinin toplanmasıdır. Yığılma işlemiyle sinyal/gürültü oranı büyük derecede düzeltilmiş olur. Alıcı olarak 4.5 Hz doğal frekanslı düşey jeofonlar kullanılmıştır.

Sismik MASW ölçüleri sismik kırılma profilleri ile aynı lokasyonlarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11). Çalışma alanını en iyi yansıtacak şekilde ve arazi şartlarına en uygun serim yönleri seçilmiştir. Jeofon aralıkları ölçüm yerinin konumuna göre için farklılık göstermekle beraber

genelde 9-15 metre ve off-set uzaklığı ise yine yüzey dalgasının oluşumu göz önünde bulundurularak alıcı aralıkları farklı serimlerde 2, 2.5, 3 m, toplam serim uzunluğu 24-36 m seçilmiştir. Böylece, 30metreye kadar olan derinliklerin araştırılması hedeflenmiştir. Kayıt uzunluğu 1 s ve örnekleme aralığı, 0.125 ms olarak alınmıştır.



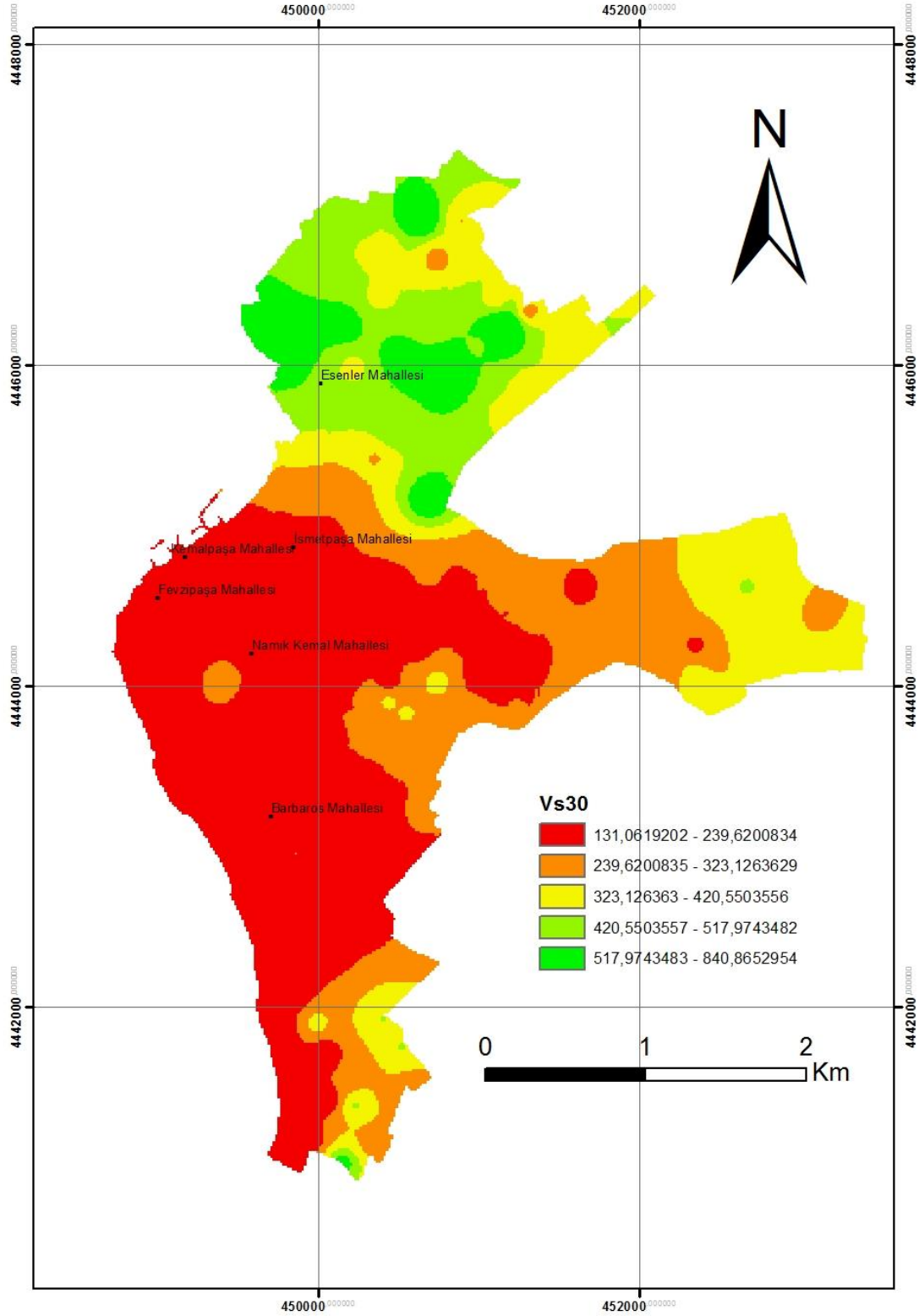
Şekil 3.10. T₀ risk haritası (Büyüksaraç vd. 2013)



Şekil 3.11. İnceleme alanı imar planı haritası ve yapılan jeofizik ölçüm noktaları (Ölçeksiz harita) (Büyüksaraç vd. 2013)

Ölçülerle elde edilen sismik kayıtlar bilgisayara aktarılarak SWAN (Yüzey Dalgası Analizi) programı ile gerekli filtrelemeler ve düzeltmeler yapıldıktan sonra bu yazılım ile yinelemeli ters çözüm yapılarak teorik dispersiyon eğrisi oluşturulmuştur. Elde edilen eğrinin ters

çözüm değerlendirmesi sonucu seviye seviye Vs hızları, derinlikleri ve Vs30 hızları hesaplanmıştır (Büyüksaraç vd. 2013). Tez çalışmasında ilk 10 metre derinlik için ortalama Vs hız sonuçları kullanılmıştır. Şekil 3.12’ de Vs dalga hızı risk haritası verilmiştir.



Şekil 3.12. Vs-dalga hızı risk haritası (Büyüksaraç vd. 2013)

Çalışma alanına ait yapılan deneyler ve ölçümlerin özeti niteliğinde olan, çalışma alanının zemin profilini tanımlamak üzere oluşturulan kesitlerin yerleri Ek-1’de verilmiştir. Bu kesitler Büyüksaraç vd. (2013) tarafından da kullanılmış olup alanın üç farklı bölgesini temsil etmektedir (Ek-2).

3.4. Bulanık Mantık

3.4.1. Giriş

İnsanlar günlük hayatlarında kesin olmayan durumlarla karşılaşır. Böyle durumların sistemli şekilde önceden planlanıp, sayısal öngörülerinin yapılabilmesi sadece bazı kabul ve varsayımlarla gerçekleştirilebilmektedir. Bulanık mantığın gelişiminden önce yapılan mühendislik araştırmalarında ve modellemelerinde, bu gibi varsayım, kabul ve kavramlara kesinlik kazandırmak için farklı çalışmalar yapılmıştır. Bulanıklık belirsizlik kavramının bir ifadesi olarak düşünülmektedir. Geçmiş zamanda, belirsizliklerin kullanılması ve anlamlı sonuçlar çıkarılabilmesi amacıyla ihtimaller teorisi kullanılmıştır. Bu teori matematik ve mühendislikte, belirsizliğin var olduğu durumlarda istatistik yöntemlerle beraber kullanılmaktadır. Bundan dolayı, tüm belirsizliklerin geliş güzel karakterde olduğu kavramı düşünülmüştür. Rastgeleliğin en belirgin özelliği, sonuçların oluşmasının tamamen şans olayına bağlı olması, gerekli tahmin ve öngörülerin kesin bir doğrulukla önceden yapılmamasıdır. Günlük yaşantımızda karşımıza çıkan birçok belirsizliğin tesadüf olmadığı çok rahat kavranabilir. Olayların rastgele olmayışı, örnek olarak, sözel belirsizliklere bağlı inceleme ve sonuç çıkarma uygulamalarında, istatistik ve ihtimal teorisi gibi sayısal belirsizliklere ihtiyaç duyan yöntemler kullanılmaz (Şen 2001).

Bir sistemle ilgili çok fazla bilgi sahibi olmak, o sistemi o derece anlaşılır kılar ve sistemle ilgili karmaşıklık bir hayli azalır, ama tamamen yok olmaz. Yeterli miktarda veri olmazsa incelenen sistemlerin karmaşıklığı, daha da artacaktır. Böyle sistemlerin çözümlerinin incelenmesinde bulanık girdi ve çıktı birimlerinden, bulanık mantık kurallarının uygulanması ile anlamlı ve faydalı çözüm çıkarımları yapılabilir (Şen 2004).

3.4.2. Bulanık Mantığın Gelişimi

Mantık, insanla beraber var olmuştur. Mantığın temellerinin Aristo tarafından atıldığı bilinmektedir. Mantık bir bilim olarak ilk kez felsefede kullanılmıştır. Klasik yaklaşımda bir varlık bir kümenin elemanıdır veya değildir. Matematiksel anlamda varlık kümeyle olan üyelik ilişkisi açısından kümenin elemanı ise (1), kümenin elemanı değil ise (0) değerini almaktadır. Aristo mantığı,bağlı üç temel prensip üzerinde kurulmuştur.

1- Özdeşlik İlkesi: “Bir şey kendisidir. “ yani A, A' ’dır.

2- Çelişmezlik İlkesi: Özdeşlik ilkesi tek başına bir nesneyi tanımlamaya yetmez. İlk prensibe göre nesnenin kendisi olduğu kesindir, fakat başka bir şey olmadığı kesin değildir. Bunun önüne geçmek için Aristo, “Aynı niteliğin, aynı anda aynı özneye hem ait hem de ait olmaması imkânsızdır” demektedir ve çelişmezlik ilkesini kabul etmektedir. Çelişmezlik ilkesi, nesnelerin birbirinden ayırt edilmesini sağlar.

3- Üçüncü Halin Olanaksızlığı İlkesi: Bir şey ya doğrudur ya da doğru değildir. Aristo mantığına göre eğer bir şey doğru ise, o şeye aynı zamanda “doğru değildir” denemez. Benzer şekilde, bir şey vardır ya da yoktur. Bir eleman, bir kümenin elemanıdır veya değildir. Örnekler çoğaltılabilir. Bu “bir şey ya A’dır, ya da A değildir” şartını gerektirmektedir. Yani üçüncü bir alternatif söz konusu değildir (Şen 1999).

Bulanık mantık, klasik mantığın doğru ve yanlış doğruluk değerleri arasında bulunan “kısmen doğru” kavramını da kapsayıp genişletilmesi sonucunda varılan bir üst kümedir. Mantığa dayalı ama çok net olmayan önermelerin, mantıksal olarak incelendiği bir yöntem olarak da açıklanabilmektedir (Zimmermann 1996).

Bulanık ilkelerle ilgili ilk bilgiler, Zadeh (1965)’le literatüre kazandırılmıştır. Önceki zamanlarda bulanıklaştırmanın bilimsel ilkelerin kesinliğine uymadığı ve aynı zamanda bilime karşı geldiği savunulmasına rağmen, 1975 de Mamdani ve Assilian (1975) tarafından gerçekleştirilen bir kontrol uygulaması, bulanık kavramlara ve sistemlere dikkat çekmiştir. Bulanık modelleme, bulanık modelin yapısıyla ilgilenen sistem tanımlamasının yeni bir koludur ve örnek bir veri seti ile tanımlanan, bilinmeyen bir sistemin davranışını tahmin edip açıklar. Klasik matematikle oluşturulan sistem modellemesi, tam olarak tanımlanmamış ve belirsizlik içeren sistemler için çokta uygun değildir. Buna karşılık, bulanık mantık sistemi, hassas nicel ölçümlere ihtiyaç duymadan insanın bilgi birikiminin ve yaklaşım tarzının nitel kısımlarını modelleyebilir. Günümüzde bulanık küme, bulanık mantık ve bulanık sistemler çoğu mühendislik alanında uygulanmaya başlanmıştır (Kişi vd. 2003).

Bulanık mantıkla ilgili belirgin iki durumdan söz edilir ilk olarak, analizi gerçekleştirilen olayın çok karmaşık olması ve yeterli bilginin bulunmadığı durumda bireylerin görüş ve değer yargılarına başvurması, ikincisi de insanın muhakeme, kavrayış ve karar verme mekanizmasını gerekli kılan durumlardır (Şen 2001).

Bulanık mantığın insan düşünüş şekline yakınlığı, matematik modele gereksinim duymaması, uygulamalarının seri ve ucuz elde edilmesi bu teorelin uygulama alanlarını genişletmekte ve bu özellikleri nedeniyle de genellikle klasik kontrol tekniklerinden daha iyi sonuçlar vermektedir. Bütün bu avantajların yanında bulanık mantığın herhangi bir formatta tasarım yönteminin olmayışı ve henüz iyi metriklerle sahip olmaması nedeniyle, bu mantığın ne

zaman uygulanacağı ve geleneksel yöntemlere kıyasla ne derece daha iyi sonuç vereceğini kestirmek zordur. Bulanık mantığın temel özelliklerinden bazıları şunlardır;

- Bulanık mantık olayın bir kısmını gözlemleyerek oluşturulur.
- Bulanık mantıkta her bir şeyin önem derecesine göre üyelik dereceleri vardır.
- Bulanık mantıkta verilerin tamamı veya bir kısmı esnek olarak yorumlanarak hesaplanır.
- Çıkan değerler esnek kısımların yorumlanması olarak dönüştürülür.
- Bulanık sistem matematiksel sistem kurulmayan durumlar için uygundur.
- Bulanık mantığın en özel durumlar için farklı ve gerçeğe yakın sonuçlar verebilmesi (Kubat 2013).

3.4.3. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonlar

3.4.3.1. Bulanık Kümeler

Aristo mantığına göre kabul görmüş klasik küme kavramında, bir kümedeki öğelerin kümeye ait oldukları durumda üyelik dereceleri 1'e ve ait olmadıkları durumdaysa 0'a eşit olduğu varsayılmıştır. Bu mantığa göre iki aitlik arasında hiçbir üyelik derecesinden söz edilemez. Fakat bulanık küme kavramında 0 ile 1 arasında değişim gösteren, farklı üyelik derecelerinin varlığı söz konusudur. Tanımlanan üyelik dereceleri her bir bulanık ifade için aşağıda ki üç temel özelliği sağlaması gerekir.

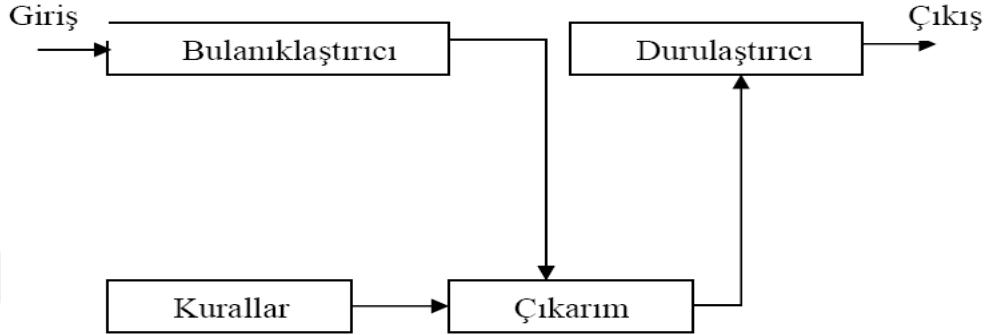
1. Bulanık kümedeki elemanlardan en az birinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip olması gerekmektedir.
2. Üyelik derecesi 1'e eşit olan elemana yakın sağda ve soldaki üyelik dereceleri de 1'e yakın olmalıdır.
3. Üyelik derecesi 1'e eşit olan elemandan sağ ve sola eşit miktarda hareket edildiğinde elde edilen elemanların üyelik derecelerinin birbirine eşit olması bulanık kümenin simetri özelliğidir. Klasik kümelerle bulanık kümeler karşılaştırıldığı zaman aralarındaki en belirgin fark, klasik kümeler sadece bir tane dikdörtgen üyelik derecesine sahipken, bulanık kümenin bahsedilen üç şartın ilk ikisini mutlaka sağlayacak şekilde farklı üyelik derecesi fonksiyonları barındırmasıdır (Şekil 3.13). Özetlenecek olunursa bulanık kümelerin üyelik derecesi fonksiyonlarının simetrik olma özelliğine sahip olması gerekmez (Terzi 2004).



Şekil 3.13. Klasik sistem (Şen 1999)

Genel olarak bilinen matematik, skolastik ya da kavramsal mekanizmaların çoğu ayrı birimlerden meydana gelir. Bu birimler giriş, girişi çıkışa dönüştüren ve sistem davranışı diye isimlendirilen bir kutu ve kutudan çıkış kısımlarıdır. Birimlerin tamamında sayısal veri çıkışı ya da işlemleri yapılmaktadır (Şen 2001).

Bulanık sistemler klasik sistemlerden farklı olarak, sistem davranışı kısmını ikiye ayırıp (Şekil 3.14) de gösterildiği üzere kendi aralarında bağımlı dört birim oluştururlar (Şen 1999).



Şekil 3.14. Bulanık mantık elemanları (Şen 1999)

Girdi değerleri genellikle kesindir. Bulanıklaştırıcının görevi, bulanık kümeler (burada girdiler bulanık üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan bulanık değişkenlerdir) içine kesin sayıları haritalamaktır. Kurallar “Eğer-ise” tabanlı bulanık mantık koşullarını esas alır (Terzi 2004).

Bulanık kurallar genel olarak aşağıda gösterildiği gibidir;

Kural1: Eğer $x = a_1$ ve $y = b_1$ İse $z = n_1$

Kural2: Eğer $x = a_2$ ve $y = b_2$ İse $z = n_2$

Burada x ve y , öncül kısımda girdi değişkenlerine bağlı tanımlanan koşulları, z ise sonuç kısmındaki çıktı değişkenlerine bağlı tanımlanan sonuçları göstermektedir (Subaşı vd. 2008).

Klasik uzman sistemlerde, kurallar insan deneyimlerinden elde edilir. Kural tabanı bulanık olan sistemlerin kural tabanı insan deneyimleriyle şekillenir. Bulanık kural tabanında kullanılan insan deneyimlerine bağlı sözel bilgiler ve ölçümlerden sağlanan sayısal bilgiler birleştiğinde ilginç bir durum meydana gelir. Bu yüzden, kuralların ilk adımda sayısal verilerden elde edilmesi söz konusudur. Bir sonraki adımdaysa bulanık kural tabanı insan deneyimlerinden sağlanan kurallar ile birleştirilir. Bulanık mantığın çıkarım mekanizması, bulanık kümeler içine yerleştirilir. Durulaştırma aşamasında, çıktı değişkeni için bir değer seçilir. Literatürde çok farklı durulaştırma yöntemleri vardır. En yüksek üyelik derecesine sahip değer veya ağırlık merkezi değeri çoğu zaman seçilen sonuç değeridir.

Bulanık mantık işlemi, veri tabanı, bulanıklaştırma, çıkarım motoru, kural tabanı, durulaştırma ve çıktı işlemlerinden oluşmaktadır.

Genel Bilgi Tabanı Birimi: İncelenen olayın girdi değişkenlerini ve bu değişkenlerle ilgili bütün bilgileri içerir. Bu birime giriş adı da verilir. Buradaki bilgiler sayısal ve/veya sözel olabilir.

Bulanık Kural Tabanı Birimi: Veri tabanındaki giriş değişkenlerini çıkış değişkenlerine bağlayan ve mantıksal EĞER-İSE tarzında yazılabilen tüm kuralları barındırır. Bu kuralların yazımında yalnızca girdi ve çıktılar arasında oluşabilecek tüm aralık (bulanık küme) bağlantıları düşünülür. Böylelikle, mantıksal olarak her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına bağlar. Kural tabanını oluşturan bu bağlamların tümüdür.

Bulanık Çıkarım Motoru Birimi: Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında gerçekleşen parça ilişkilerin tamamını bir araya getirerek sistemin tek çıkışlı davranmasını sağlayan işlemler topluluğunu barındıran bir oluşumdur. Bulanık çıkarım motoru bütün kuralların çıkarımlarını bir araya getirerek sistemin girdileriyle nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesini sağlar.

Durulaştırma Birimi: Bulanık çıkarım motoru biriminin bulanık küme çıktıları üzerinde ölçek değişikliği yaparak gerçek sayılara dönüştürüldüğü birimdir.

Çıktı Birimi: Kullanılan bilgi ve bulanık kural tabanlarının, bulanık çıkarım motoru yoluyla etkileşimiyle elde edilen çıktı değerlerinin tümüdür (Şen 2004).

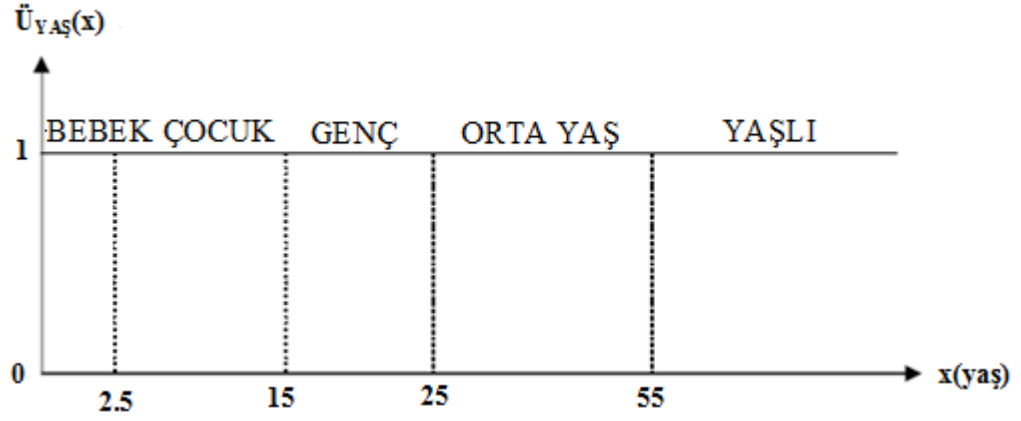
3.4.3.2. Üyelik Fonksiyonları

Üyelik fonksiyonu küme üyelerinin değerleri ile farklılaşan bir eğridir. Üyelik fonksiyonlarının alt küme sınırlarındaki değerlerinin orta öğelere kıyasla daha düşük olması önemli özelliklerinden biridir. Fakat klasik kümelerle benzerlik sağlaması adına en büyük önem dereceli ortaya yakın öğelere 1 değeri verilirse, diğer öğelerin 0 ile 1 arasında ondalık ve sürekli değişim gösteren değerler olacağı sonucu saptanmıştır. Böylelikle 0 ile 1 arasındaki değişim, her bir öğe için değeri üyelik derecesini, bunun bir alt küme içindeki değişimi ise üyelik fonksiyonu adını almaktadır. Üyelik fonksiyonu biriminde bulunan öğeler, sahip oldukları önem derecelerine bağlı olarak üyelik derecesine sahip olmaktadır (Şen 2004).

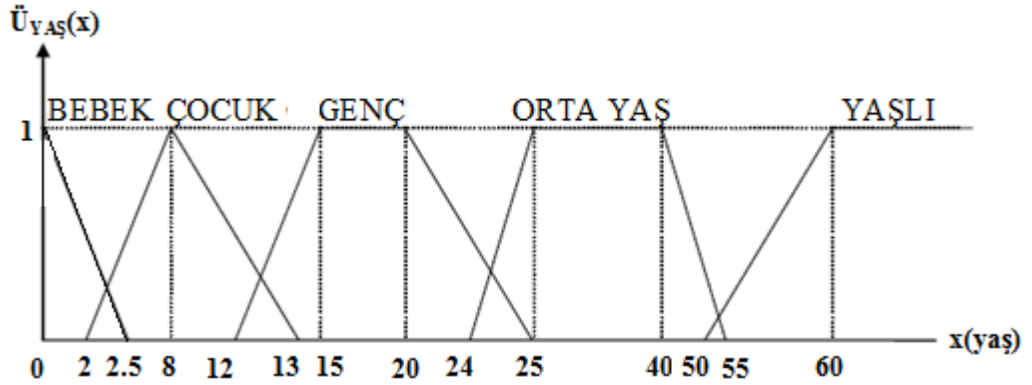
Daha önce, herhangi bir elemanın bulanık bir kümeye üyelik (aitlik) derecesinden söz edilmiştir. Bir x değeri için bir üyelik derecesi atanmakta, kesin veriler içinse yine değerler kümesinin her bir elemanı için ayrı ayrı üyelik derecesi atanmaktadır.

Eğer değerler kümesi sürekli ise bu durumda üyelik dereceleri de x değerlerine bağlı bir fonksiyon ($f(x)$) şeklinde alınmaktadır. Değişen x değerlerine atanan üyelik fonksiyonuna göre üyelik dereceleri de değişmektedir. Örneğin, “yaş” uzayının “bebek”, “çocuk”, “genç”, “orta yaş” ile “yaşlı” alt kümeleri için, önce klasik, daha sonra bulanık mantığa göre birer üyelik fonksiyonu belirlendiğinde, klasik kümelerde üyelik fonksiyonları ya bir nokta ya da yatay bir

doğru şeklinde iken bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları doğrusal olmayan herhangi bir fonksiyon şeklinde olmaktadır. Bu seçim uzman tarafından elemanların bulanık kümeye üyelik derecesine göre yapılmaktadır. İkili mantığa göre klasik kümelerin üyelik fonksiyonları arasında bir geçiş bölgesi yoktur. Oysa bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları iç içe geçmektedir (Şekil 3.15 ve Şekil 3.16).



Şekil 3.15. Klasik kümelerin üyelik fonksiyonları (Toprak 2004)



Şekil 3.16. Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları (Toprak 2004)

Şekil 3.15. de “yaş” uzayında, “bebek” yaşı sıfırdan başlamakta ve 2.5 yaşına kadar sürmektedir. “Bebek” yaşı en küçük yaş grubudur. O halde en düşük yaş olan sıfır yaş, en büyük üyelik derecesi olan 1 ile “bebek” bulanık kümesine ait olacaktır. Mantık olarak, “sıfır” yaştan uzaklaştıkça bebeklik yaşından uzaklaşma, buna karşın “çocukluk” yaşına yaklaşma söz konusu olacaktır. Nitekim “bebek” bulanık alt kümesinin üyelik fonksiyonu, gittikçe azalan üyelik derecesi ile en yüksek bebek yaşı olan 2.5 yaşında sıfır olacaktır (Toprak 2004). Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi için kullanılan bazı yöntemler;

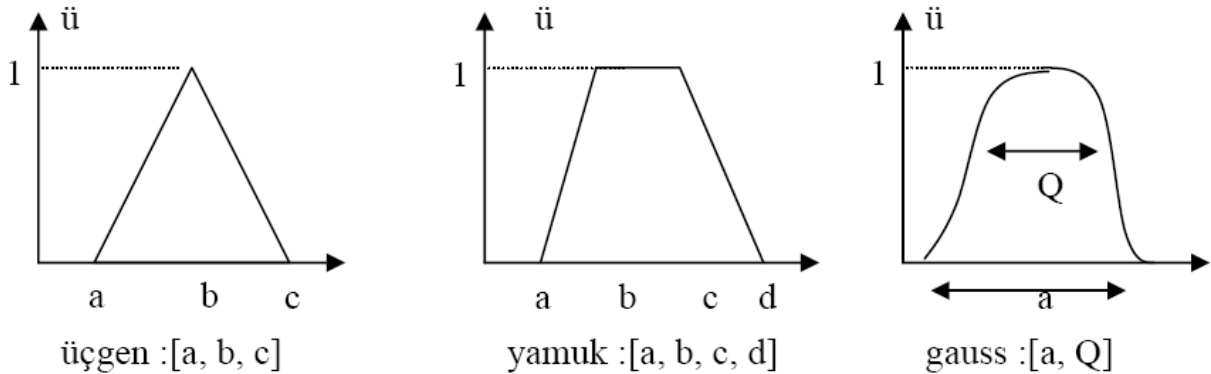
- Sezgileme
- Çıkarım yapma

- Dereceleme
- Açıya sahip bulanık kümeler
- Yapay sinir ağları
- Genetik algoritmalar
- Çıkarımcı muhakeme (Şen 2001).

3.4.4. Bulanıklaştırma

Pratik olarak genelde klasik küme şeklinde gelişen değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, bulanık mantık ve bulanık sistem işlemleri için gereklidir. Buna bağlı olarak bir aralıkta bulunan tüm öğelerin 1 üyelik derecesine sahip olacağı değil de, 0 ile 1 arasında değişen değerler göstereceği düşünülür. Bu yüzden öğelerin bir kısmının belirsizlik içerdiği var sayılır. Bulanıklıktan söz edebilmek için bu belirsizliğin sayısal kaynaklı olmaması gerekir (Şen 1999).

Bulanıklaştırma, verilen nümerik ayırık giriş parametrelerinin, bulanık işlem mekanizmasında değerlendirilmesi için, bulanık kümelere dönüştürülmesi işlemidir. Bulanıklaştırmanın farklı tarzları vardır. En fazla tercih edilenler; üçgen, yamuk veya Gauss biçiminde ki üyelik fonksiyonlarını içerenlerdir (Şekil 3.17) (Çavuş 2004).



Şekil 3.17. Üyelik derecesi fonksiyonları (Çavuş 2004)

3.4.5. Bulanık Kurallar

Veri işlemlerinin makineler tarafından algılanabilmesi amacıyla kullanılan yöntemlerden biri de, bilginin insan dilinin benzeri şekilde ifade edilmesidir. Bu yöntem insan bilgisini işlemede yaygın olarak kullanılan yöntemdir.

Bulanık mantıkta ifadeyi EĞER-İSE (IF-THEN) ile ayıran iki kısım bulunmaktadır. Bunlardan EĞER ile İSE arasındaki kısım öncül ya da ön koşul (premise par tor the antecedent part) olarak adlandırılırken, İSE den sonraki kısım soncul ya da çıkarım (consequent part) olarak adlandırılmaktadır. EĞER öncül İSE çıkarım şeklinde oluşturulan ifadelere “EĞER-İSE kural

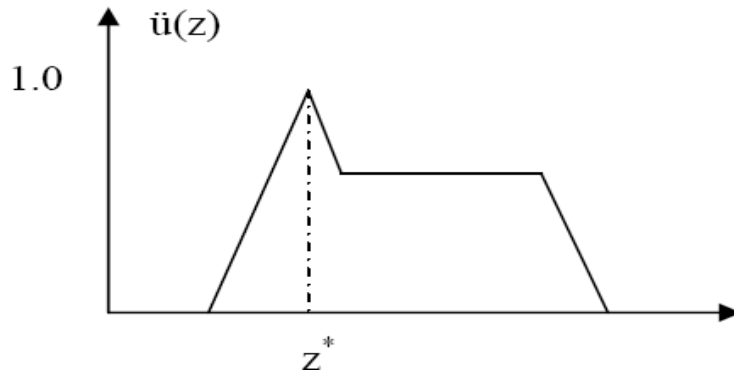
tabanlı” biçim adı verilmektedir. Bazı bilgilerin bilinmesi, bu ifadeden yararlı olan diğer bilgilerin çıkarılmasını sağlar. Bu bilgiler, insanın kendi kişisel deneyimlerine bağlı olduğundan, bazı durumlarda çok nesnel (objektif) olamayan yüzeysel bilgilerdir. Buna karşın, “derin bilgiler” in sözel şekilde kolayca oluşturulması mümkün olmamaktadır. Örneğin Newton Kurallarının ve Kepler Yasalarının gelişmesi yıllarca yapılan gözlem, deneyim ve birikimlerle gerçekleşmiştir. Kural tabanlı bilgiler uzmanların verdiği bilgilerden oluşmakta ve uzmanların dışında farklı kaynaklardan da faydalanarak yazabilmeye olanak sağlamaktadır (Güneş 1997).

3.4.6. Durulaştırma İşlemi

Pratik uygulamalarda, özellikle teknik plan, proje ve tasarımlarda, kesin olarak sayısal veri gereklidir. Buna bağlı olarak, uygulamalarda bulanık sistem çıktıları direkt kullanmak mümkün olmamaktadır. Böyle durumlar, bulanık çıktıların durulaştırılmasını gerektirir. Durulaştırma bulanıklaştırmanın tersidir ve bulanık çıktıların sayılara dönüştürülmesidir. Durulaştırma işleminde kullanılan yedi yöntem vardır (Şen 2001).

3.4.6.1.En Büyük Üyelik İlkesi

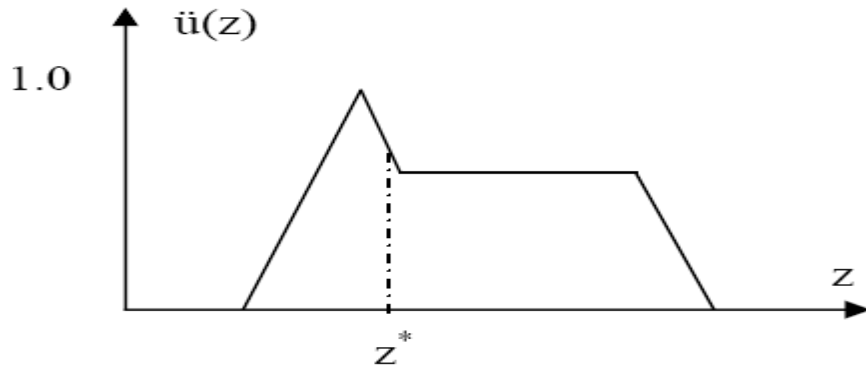
Diğer bir adı yükseklik olan yöntemdir. Bu yöntemi kullanabilmek için tepeleri olan çıkarım bulanık kümeler ihtiyacı duyulmaktadır. Durulaştırma işlemi Şekil 3.18’de gösterilmektedir.



Şekil 3.18. En büyük üyelik ilkesi durulaştırması

3.4.6.2.Ağırlık Merkezi (Centroid) Yöntemi

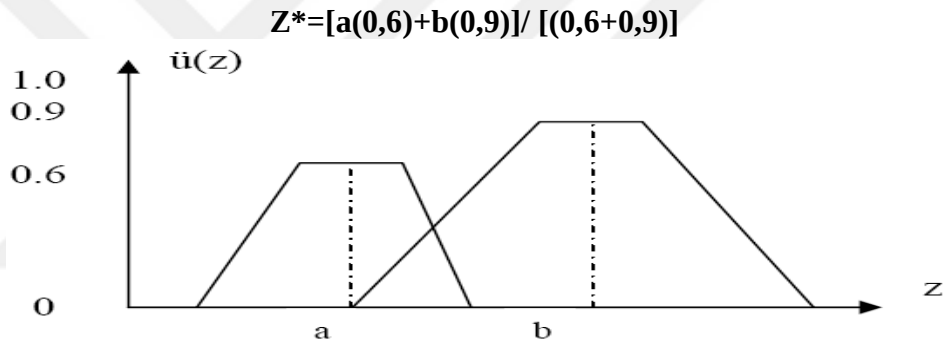
Durulaştırmada çok fazla kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemle gerçekleştirilen durulaştırma işlemi Şekil 3.19’da gösterilmektedir.



Şekil 3.19. Centroid yöntemi durulaştırması

3.4.6.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Bu yöntem simetrik üyelik fonksiyonlarının varlığı durumunda kullanılır. Örneğin Şekil 3.20’de bulanık bir kümenin durulaştırılmış değeri gösterilmiştir.



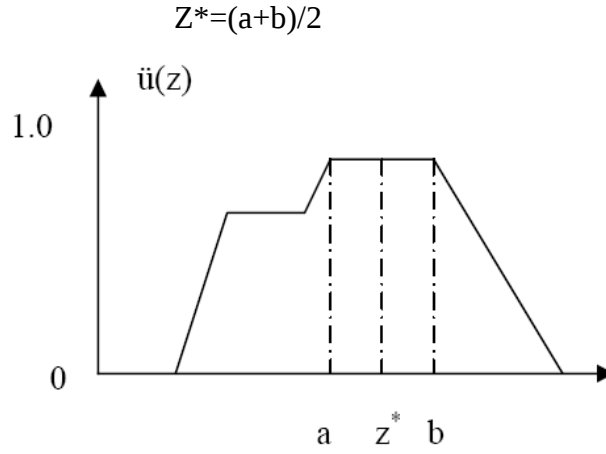
Şekil 3.20. Ağırlıklı ortalama yöntemi durulaştırması

3.4.6.4. Ortalama En Büyük Üyelik

En büyük üyelik ilkesine oldukça yakın olmasına rağmen en büyük üyelik değerinin birden çok olduğu durumlar için kullanılmaktadır. Yöntem matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

3.4.6.5. Toplamların Merkezi

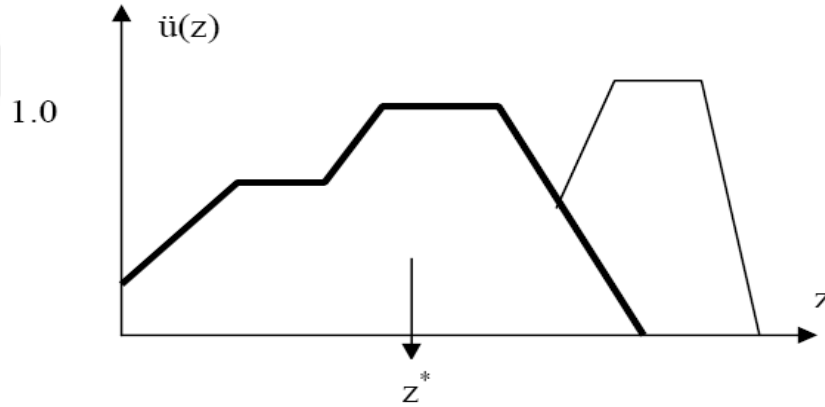
Durulaştırma işlemlerinin en hızlı olanıdır. Toplamların merkezi yönteminde iki bulanık kümenin birleşimi değil de kümelerin cebirsel toplamları kullanılır. Bu durumda, örtüşen kısımlar iki kez toplama girerek sakınca oluşturmaktadır. Aynı zamanda hesap şekli ağırlıklı ortalama durulaştırmasıyla benzerlik gösterir. Toplamların merkezi yönteminde ağırlıklar üyelik fonksiyonlarının alanları olmasına karşın, ağırlıklı ortalama yönteminde üyelik derecesidir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Ortalama en büyük üyelik durulaşması

3.4.6.6.En Büyük Alanın Merkezi

Çıkış bulanık kümesinde en az iki tane dış bükey alt bulanık kümenin varlığı söz konusu ise, durulaştırma işleminde kullanılan bu kümelerden en büyük alana sahip bulanık kümenin ağırlık merkezidir. Şekil (3.22) böyle durumlarda ki durulaştırmadır.



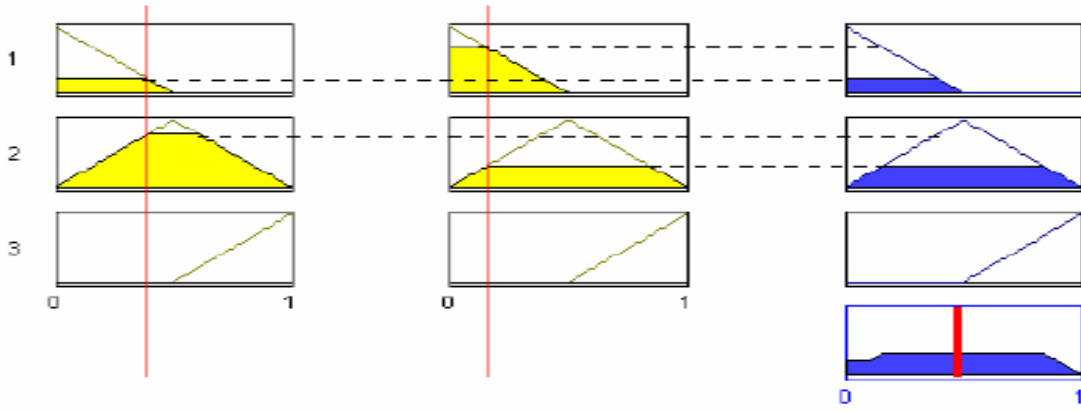
Şekil 3.22.En büyük alanın merkezi durulaştırması

3.4.6.7. En Büyük İlk ve Son Üyelik Dereceleri

Yöntem, bütün çıktıların birleşiminden meydana gelen bulanık kümede, en büyük üyelik dereceli en küçük bulanık küme değerini seçmek kuralına bağlı olarak oluşturulur (Terzi 2004).

3.4.7. Durulaştırma İşlemindeki “ Ve “ Operatörünün Çalışma Şekli

İki girdi ve bir çıktıya sahip olan bir sistem düşünüldüğünde, kurallar arasında ki harmanlamanın VE bağlacı ile yapıldığı varsayılırsa böyle bir durumda En Büyük- En Küçük (EB-EK) kuralı nedeniyle çıktının üyelik derecesi her iki girdinin üyelik derecesinden küçük olanın üyelik derecesi olacaktır. Anlatılmak istenen bilgi Şekil 3.23’de gösterilmektedir.



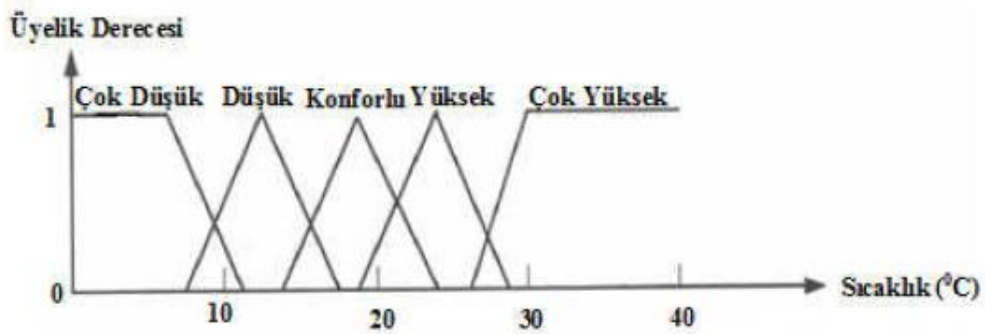
Şekil 3.23. Ve bağlacının kullanımıyla oluşturulmuş bir sistem (Şen 2001)

3.4.8. Bulanık Mantığın Yöntemleri

Mamdani ve Sugeno gibi araştırmacıların çoğu, insan tecrübelerini bilgisayar ortamında yönetici gibi kullanarak bulanık mantık yöntemini geliştirmeye çalışmışlardır. Bu sistemler, insan kararlarını işlemlerine dâhil edebilmek için bulanık kümeler, bulanık mantık ve bulanık işlemcileri kullanmaktadırlar. Bu yöntemlerden, Mamdani ve Takagi-Sugeno tipi bulanık mantık yöntemi en önemlileridir.

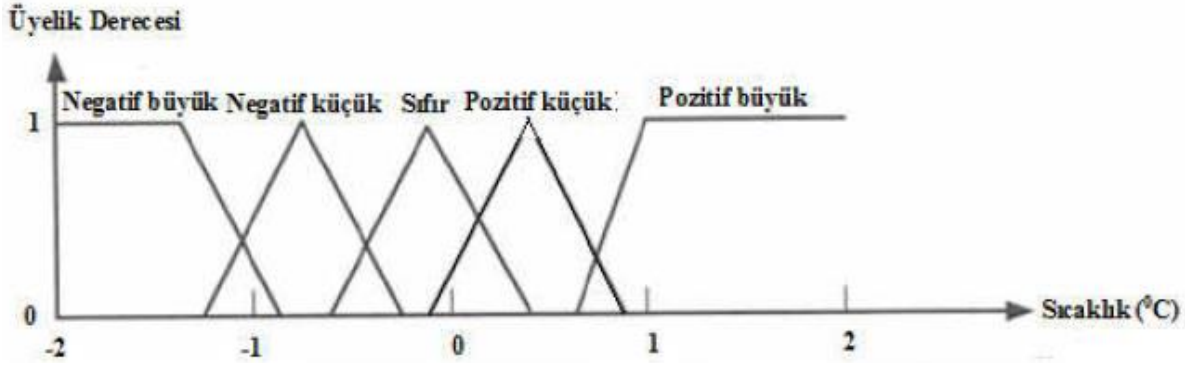
3.4.8.1. Mamdani Tipi Bulanık Modelleme

Mamdani, dilsel değişkenleri hem yöntemi tanıtmak hem de bu değişkenleri kontrol kuralları için girdi olarak tanımlamak amacıyla kullanmıştır. Şekil 3.24’de görülen ısıtıcı bir sistem örneğinde, odanın sıcaklığı giriş değişkenleri olarak tanımlanmıştır. Sıcaklığın değişkenleri çok yüksek, yüksek, konforlu, düşük, çok düşük şeklinde sınıflanmıştır.



Şekil 3.24. Sıcaklıklar, dile ait değişkenler (Pedrycz 1993)

Sıcaklık değişimine ait üyelik fonksiyonu Şekil 3.25’de gösterilmiştir.



Şekil 3.25. “Sıcaklıktaki Değişimi” dilsel değişkenler (Pedrycz 1993)

Yöntem, çıkış değişkenlerinin üyelik dereceleri saptanırken kullanılmaktadır. Güç kavramı büyük orta ve küçük olarak sınıflandırılmaktadır. Sıcaklık sisteminin kurallarını belirlemek amacıyla bu iki dile özgü değişkenlerden faydalanılmaktadır. Bu yöntem için kurallar kişisel tecrübelerle dayanmaktadır. Örneğin gücün az kullanıldığı şu şekilde ifade edilir; sıcaklıktaki değişimi pozitif (az) ve sıcaklık yüksek ise güç az kullanılmaktadır.

Yukarıda anlatılan tüm adımlarda Mamdani kontrolünün tasarımı amaçlanmıştır. Mamdani sisteminde giriş verilerine üyelik fonksiyonu değerleri atanmakta, kural sonuçları hesaplanmaktadır. Hesaplanmış olan kural sonuçları ile modellenmek istenen olayı temsil eden çıktı verileri ve üyelik fonksiyonları belirlenmektedir.

Kural sonuçları oluştuğunda, sistemin kontrolünü sağlamak amacıyla klasik çıktı değerine gereksinim vardır. Bu durulaştırma olarak tanımlanmaktadır. Durulaştırmada ki amaç, bulanık kümenin klasik kümeye dönüştürülmesidir (Şen 1999).

Mamdani metodunun avantajları;

- Oluşturulması kolaydır
- Diğer bulanık metotların da temelini oluşturmaktadır
- İnsanın düşünce tarzına uygundur.

Dezavantajları;

- İşlem kontrolü hızlı ve basittir fakat uzun vadeli sistemler için başarılmaktadır (sıcaklığın kontrolü gibi).
- Frekansı yüksek giriş sistemlerinin kontrolünde daha fazla hassaslık için ek beceriye ihtiyaç vardır (Zimmerman 1996).

Mamdani tipi bulanık model adımları;

1. Girdi bilgilerinin bulanıklaştırılması: Öncül kısımdaki bulanık ifadelerin tümünü kullanarak girdi değişkenlerine ait 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecelerinin saptanması
2. Bulanık mantık işlemleriyle kural ağırlıklarının saptanması
3. Bulanık kümeye ait mantıksal işlemcilerin (ve/veya) uygulanması
4. Sonuçların toplanması: Her bir kurala ait çıktının temsil ettiği bulanık kümelerin birleştirilmesi
5. Durulaştırma: tek bir sayıya dönüştürülen bulanık küme sonuçlarının durulaştırılması.

3.4.8.2.Takagi-Sugeno Tipi Bulanık Mantık

Takagi-Sugeno tipi bulanık mantık ilk kez 1985 de yayınlanmıştır. Bu yöntem, Mamdani yönteminin geliştirilmesiyle oluşturulmuştur. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri, Mamdani metoduyla aynıdır. İkisinin farkı, Mamdani metodunda çıkışa ait üyelik fonksiyonunun sözel ifadeler, Takagi-sugeno da ise doğrusal veya sabit sayısal ifadeler şeklinde oluşmasıdır (Pedrycz 1993). Sugeno yöntemi, hesaplama için oldukça uygundur, doğrusal teknikler kullanarak doğrusal olmayan sistemlerin kontrolü gerçekleştirilebilir. Optimize edilerek hassasiyet arttırılabilir, çıktı süreklidir. Matematikle analizi gerçekleştirilebilir. Buna karşılık, sezgiye dayalı değildir ve daha yüksek dereceden Sugeno metodu kullanıldığı zaman karmaşıklaşmaktadır.

3.4.9. Bulanık Mantık Uygulamaları

Bulanık mantık günümüzde çok fazla alanda uygulanmaktadır. Bunun en temel üç nedeni vardır. Bunlar uygulamanın; geliştirme, çalışma ve bakım maliyetini düşürmesidir (Cox 1995).

Bulanık mantık ilk kez çimento sektöründe uygulanmıştır. Sektör için kil ve kireç taşının 1000 ile 4000 derece sıcaklık arasında reaksiyonu sağlanmaktadır. Fırının içerisindeki oksijen oranı ve sıcaklık değerleri çimento kalitesini belirleyen etmenlerdir. Bu konunun uzmanı olan operatörlerle, istenilen limitlere bağlı olarak istenilen kalitede ürünler üretilmektedir. Söz konusu fabrikanın vardiyalı sistem olması, bu fabrikada bulunan operatörlerin uzmanlık alanlarının farklılığı ürün niteliğini ve verimliliğini etkilememiştir. İstenilen kalitede ürün sadece deneyimli operatörler sayesinde üretilmektedir. Bulanık bir yapıya sahip olan çimento üretiminin süreç kontrolü bulanık kurallar ile sağlanmaktadır. Mesela, “ ısıyı 10 derece yükselt” ya da “ 5 derece azalt” şeklindeki kesin kuralların yerine “biraz azalt”, “ biraz yükselt” şeklinde ki bulanık terim ifadeleriyle kontrolü sağlanmaktadır. Danimarka bu sürecin kontrolünü gerçekleştirmek amacıyla uzman operatörlerle 50-60 pratik kural sayesinde bir mikro kontrolör

oluşturmuştur. Bunların sonucunda hem ürün kalitesinin sabitliği yakalamış hem de kullanılan yakıtta oldukça tasarruf etmiştir (Karaya 2012).

Bulanık mantığın kullanıldığı çeşitli mühendislik uygulamaları vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir. Çizelge 3.3’de bulanık mantıkla gerçekleştirilen uygulama örneklerinin bazıları (Şen 2007).

- Depremlerin önceden bilinmesi için tahmin sistemi
- Dokümanların arşivleme sistemi
- İlaç teknolojileri
- Çelik sanayide makine hızı ve ısısının kontrolü
- Klima sistemlerinde istenmeyen ısı iniş çıkışlarının önlenmesi
- Helikopterler için uçuş desteği
- Araba motorlarının etkili ve kararlı kontrolü
- Stok kontrol değerlendirmesi için bir uzman sistem
- Video kameralarda hareketin algılanması
- Cep bilgisayarlarında el yazısı algılama teknolojisi

Çizelge 3.3. Bulanık mantık uygulamalarından bazıları

ÜRÜN	FİRMA	BULANIK MANTIĞIN İŞLEVİ
Asansör Denetimi	Fujitec-Toshiba, Mitsubishi, Hitachi	Yolcu trafiğini değerlendirir. Böylece bekleme zamanı azalır.
Su Isıtıcısı	Matsushita	Isıtmayı kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ayarlar
Klima	Mitsubshi	Ortam koşullarını değerlendirerek en iyi çalışma durumunu algılar
Elektrik Süpürgesi	Matsushita	Yerin durumunu ve kirliliğini sezer ve uygun motor gücünü ayarlar.
ABS Fren Sistemi	Nissan	Tekerlerin kilitlenmeden frenlemesini sağlar.
Çelik Endüstrisi	Nippon Steel	Geleneksel denetleyicilerin yerini alır.
Çimento Sanayi	Mitsubishi Chem	Değirmende ısı ve oksijen oranı denetimi yapar.

3.5. Bulanık SMRGT Yöntemi

Bulanık modellemelerde Simple Membership Functions and Fuzzy Rules Generation Technique (SMRGT) yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, ilk kez Toprak (2009) tarafından hem üyelik fonksiyonlarının (üçgen/trapez) hem de bulanık kuralların belirlenmesi için geliştirilmiş ve açık kanal en kesitlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Durulaştırma yöntemi olarak sadece “ağırlık

merkezi” seçilmiştir. Bilindiği üzere bulanık modellemede, üyelik fonksiyonları ve bulanık kurallar, modelin başarısı açısından birinci derecede önemlidir. Özellikle eğer bulanık model veri esaslı ise bunun önemi daha da artmaktadır. Bulanık modellemede üyelik fonksiyonları ve bulanık kuralların belirlenmesine yönelik literatürde çok sayıda farklı yöntem önerilmektedir. Bunların bir kısmı, genetik algoritma (Toprak 2009; Chen 2002; Inoue 1998; Kim 2003; Kissi 2004; Pal 2003; Kim 1998; De Castro 2004; Çınar 2005) yapay sinir ağları (Mondelli 1998; Besada-Juez 2002; Kim 1996; Jin 2003; Leng 2005); olasılık ölçütleri (Wu 2001; Singpurwalla 2004; Lindley 2004; Laviolette 2004; Zadeh 2004; Dempster 2004), Kalman filtresi (Singpurwalla 2004) olarak sıralanabilir. Bunların dışında güncel literatürde ayrıca yeni geliştirilen birçok algoritmaya rastlamak da mümkündür (Simon 2002; Cho 1998; Hong 1996; Chen 2002; Lin 2005; Wu 1999; Chen 2005; Halgamuge 1995; Chen 1995). Bunların bir kısmı sadece üyelik fonksiyonlarını; bir kısmı sadece bulanık kuralları (Chen 2002; Inoue 1998; Kissi 2004; Kim 1998; Mondelli 1998; Kim 1996; Jin 2003; Leng 2005; Sancho-Royo 1999; Yin 2004; Chen 2003a; Chen 2003b; Luciano 1998; Fahn 1999; Wan 2005; Casillas 2005) belirlenmek için geliştirilmiştir. Hem üyelik fonksiyonu hem de bulanık kuralları bir arada belirlemeye yönelik çok az sayıda çalışmaya rastlamak da mümkündür (Toprak 2009; Çınar 2005; Simon 2002; Cho 1998; Hong 1996; Chen 2002; Lin 2005; Wu 1999; Chen 2005). Ancak bu yöntemler, modelleme için ek olarak farklı paket programları, uzun zaman ve işlem hacmini gerektirmektedir. Bu yüzden araştırmacılar deneme-yanılma yönteminden tam anlamıyla kurtulamamaktadır. Oysa bu yöntemler, deneme-yanılmaya tercih edilebilecek kadar basit, az işlem hacmine sahip ve sonuçları gerçekçi ve güvenilir olmalıdır. Bu çalışmada sunulan yöntem, mevcut yöntemlere göre daha az işlem hacmini gerektirdiği, daha hızlı ve daha güvenilir olduğu söylenebilir (Toprak vd. 2017). Yöntemin uygulama şekli Toprak (2009) ve Toprak vd. (2017)’de detaylı bir şekilde verilmiştir.

4. BULGULAR

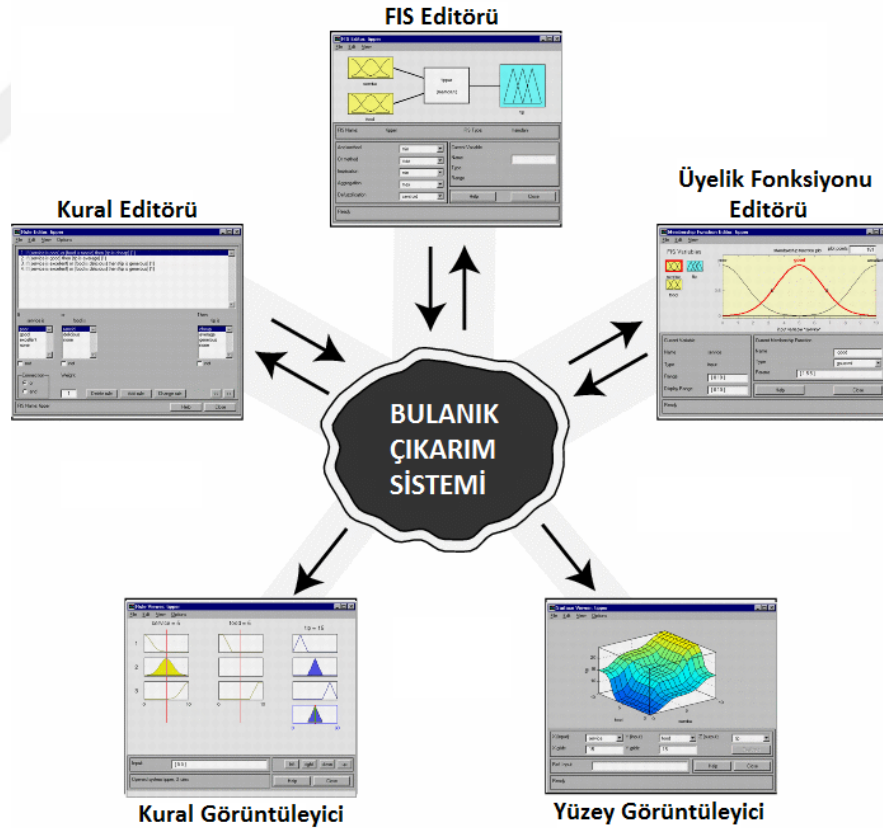
4.1. Modelleme Çalışmasında Kullanılan Veri Kümeleri

Bu çalışma için oluşturulan veritabanı, Büyüksaraç vd. (2013) tarafından hazırlanmış ve yayınlanmamış rapordaki 150 adet deney sonucundan temin edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, Çanakkale Bölgesi için risk analizi tahmininin bulanık mantık tekniği ile modellenmesinde, spesifik model girdileri (Standart Penetrasyon Darbe Sayıları, V_s dalga hızı, yeraltısuyu seviyesi, zemin hakim titreşim periyodu) seçilmiş ve girdilerin bulanık mantık mamdani yöntemiyle analizi gerçekleştirilerek bölgesel risk haritası yapılmıştır. Ek-3’de temin edilen veri kümesinin ortalama değerleri görülmektedir.

4.2. Bulanık Mantık Modeli

Bulanık modelin çalıştırılması için önce veri setinin girdi - çıktı parametreleri belirlenir ve veri seti bulanıklaştırılması yapılır. Bulanıklaştırılmış veri setinin kural tabanı oluşturularak sisteme girilir. Kural tabanı oluşturulması ile gerçekleştirilen bulanık çıktılar durulaştırılarak sözel ifadelerden sayısal hale dönüştürülüp model çıktıları elde edilmiş olur (Şekil 4.1).

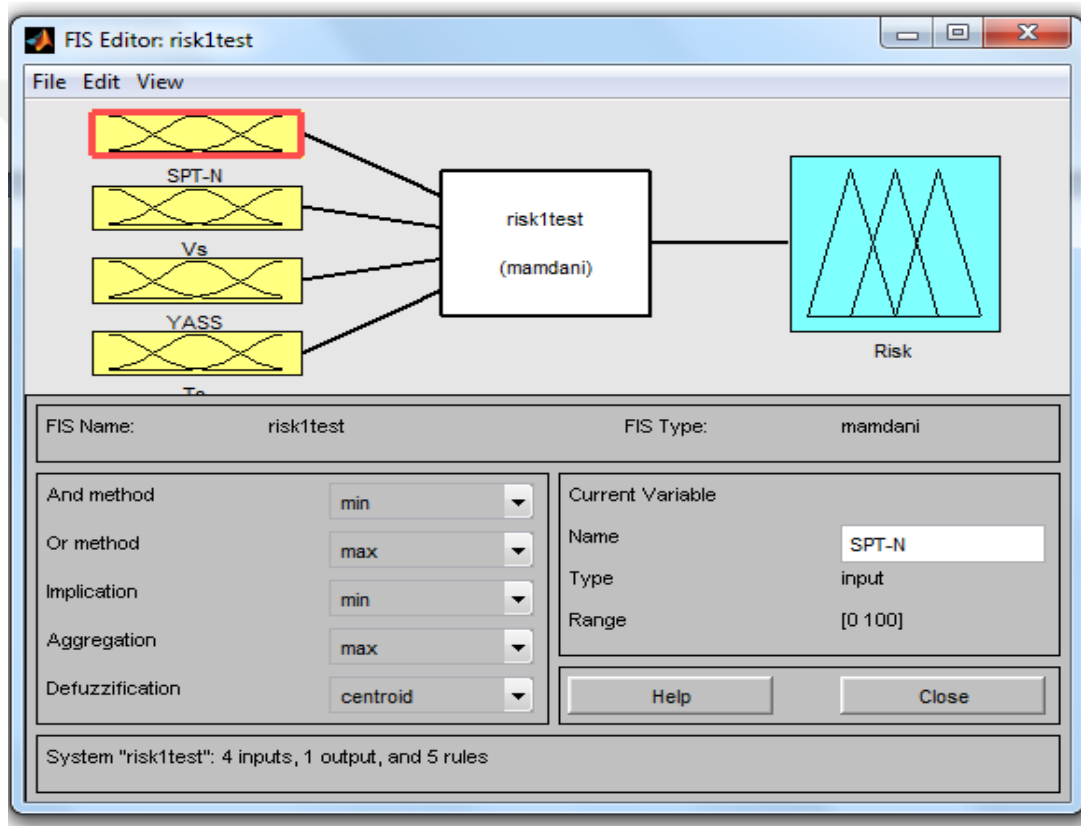


Şekil 4.1. Bulanık mantık modelinin adımları (Murtazaoğlu 2013)

4.3. Bulanık Çıkarım Sistemindeki Operatörlerin seçimi

Bulanık Çıkarım Sistemi (Fuzzy Inference System=FIS), Mamdani ve Assilian (1975) tarafından önerilen Mamdani yaklaşımı ile geliştirilmiştir. Bulanık Çıkarım Sistemi modülünde sırasıyla; AND Metod, OR Metod, Implication, Aggregation ve Defuzzification bölümlerinde hangi operatörün uygulanacağına karar verilmiştir.

Bulanık çıkarım sistemi (FIS) modülünde sırasıyla; AND Metod (Ve) = min, OR Metod (Veya) = max, Implication (Karıştırma) =min, Aggregation (Birleştirme) = max, Defuzzification (durulaştırma) = centroid (COG) operatörleriyle işlemler yapılmıştır. Yukarıdaki bilgilere göre oluşturulan bulanık modelin işleme mekanizması Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

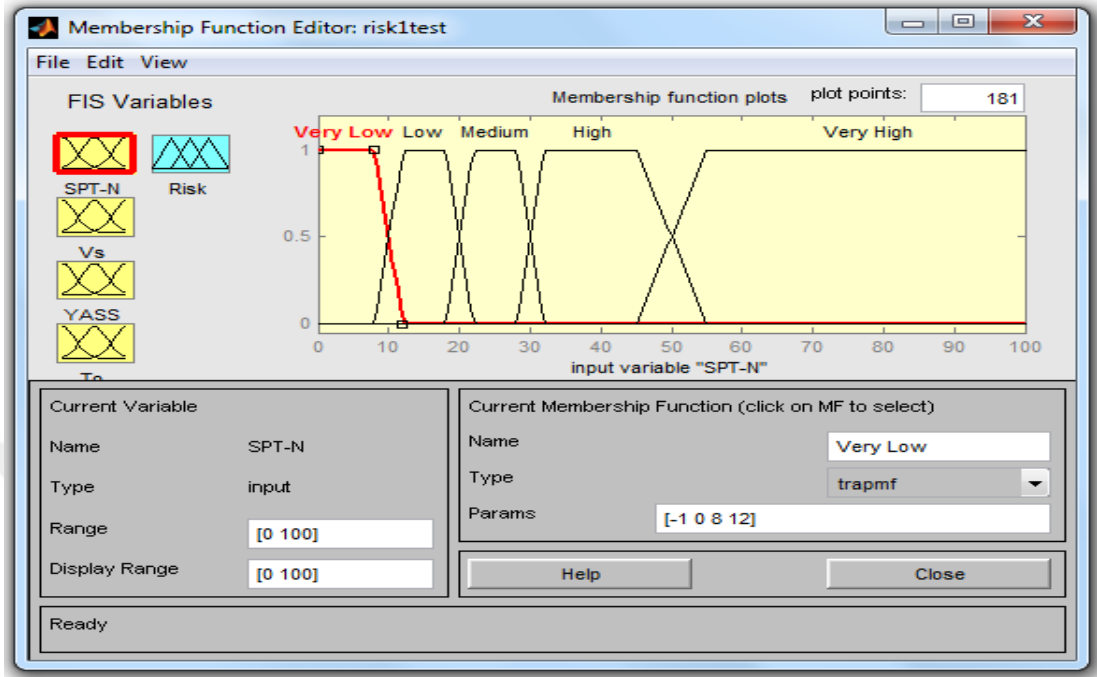


Şekil 4.2. Bulanık çıkarım sistemi, girdi - çıktı değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarının aralıklarının belirlenmesi

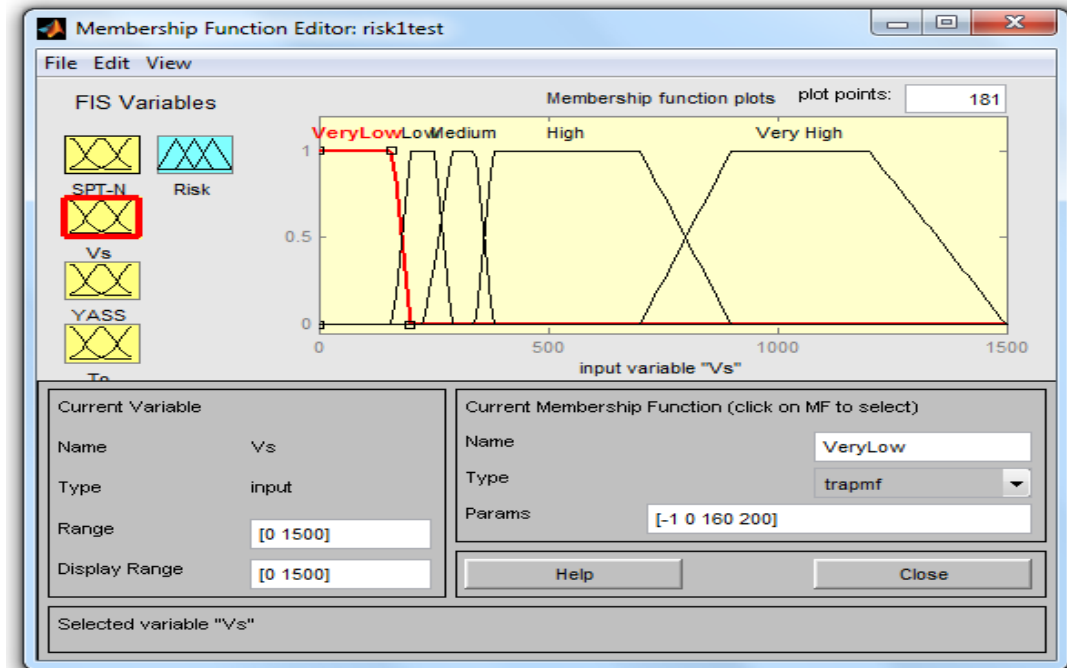
4.4. Bulanıklaştırma

Çanakkale Bölgesi risk analizi için oluşturulan bulanık mantık tahmin modelinde her bir girdi (SPT-N, Vs, YASS, To) değişkeni için 5 adet trapez üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Bunlar Very Low, Low, Medium, High, Very High şeklinde, çıktı (RİSK) değişkeni için üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır, bunlar da Low, Avarege, High şeklinde kategorize edilmiştir. Değişken

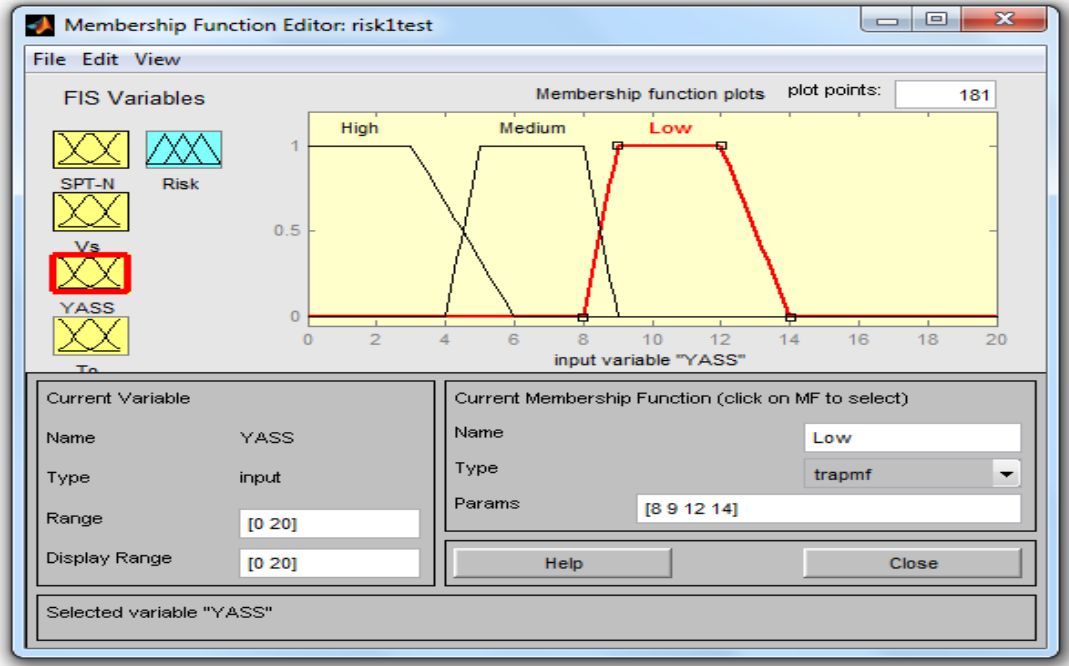
aralıklarına göre girdi ve çıktı değişkenlerin kategorize edilmesi ve model üstünde nasıl işlendiği, girdilerin ve çıktılarının üyelik fonksiyonları Şekil 4.3 - 4.7’de sırasıyla gösterilmiştir.



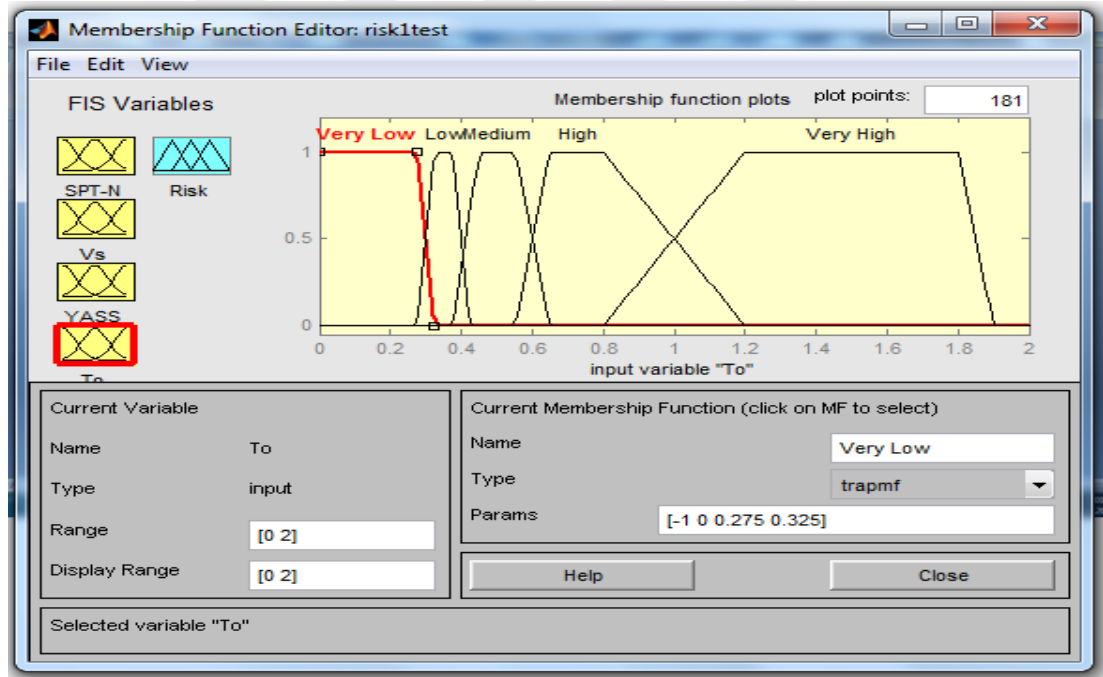
Şekil 4.3. SPT-N için 5’li trapez üyelik fonksiyonu



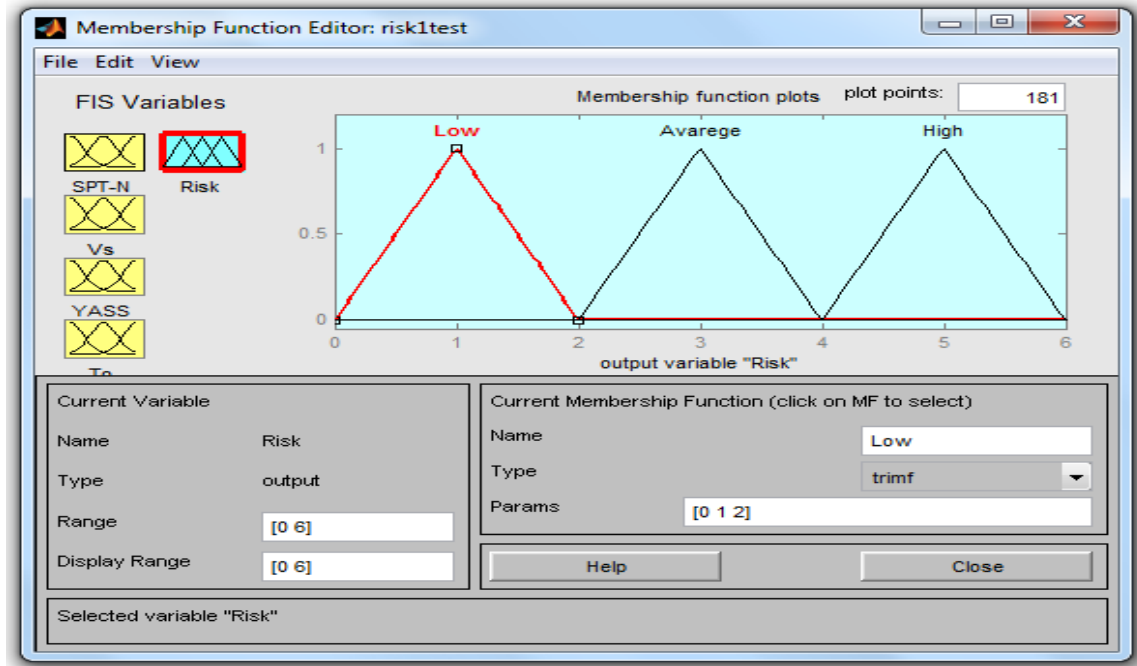
Şekil 4.4. Vs için 5’li trapez üyelik fonksiyonu



Şekil 4.5. YASS için 3'lü trapez üyelik fonksiyonu



Şekil 4.6. T_o için 5'li trapez üyelik fonksiyonu



Şekil 4.7. Risk için 3'lü üçgen üyelik fonksiyonu

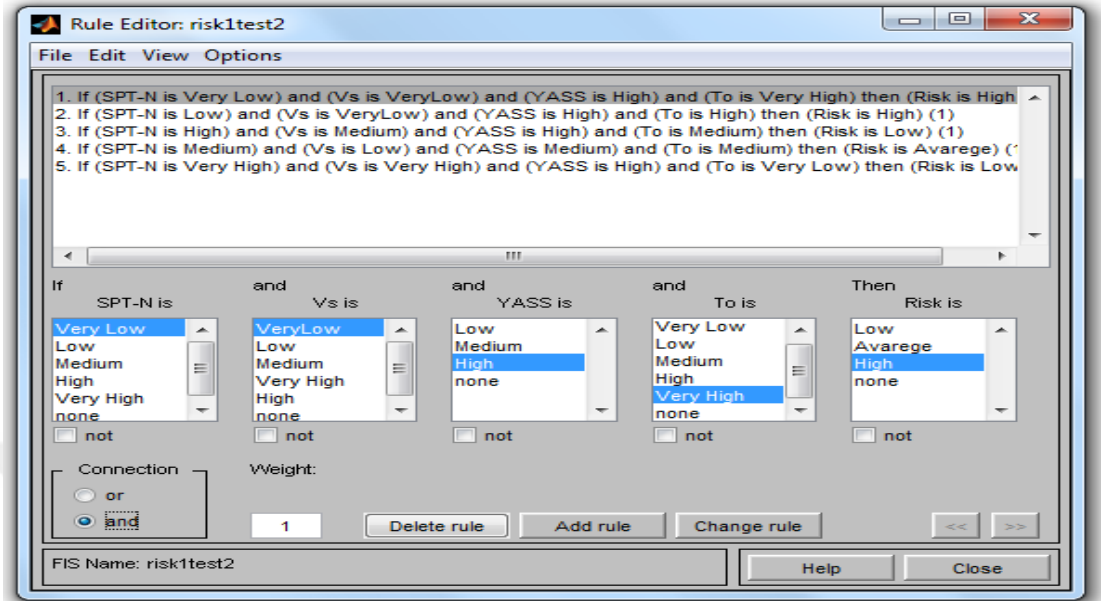
Çizelge 4.1. Girdi ve çıktı verilerine ait üyelik fonksiyonları ve değişken aralıkları

ÜYELİK FONKSİYONLAR I	GİRDİ DEĞİŞKENLERİ				ÇIKTI DEĞİŞKEN İ
	SPT-N	Vs	YASS	T ₀	RİSK
VERY LOW	[-1 0 8 12]	[-1 0 160 200]		[-1 0 0.275 0.325]	
LOW	[8 12 18 22]	[160 200 250 290]	[8 9 12 14]	[0.275 0.325 0.375 0.425]	[0 1 2]
MEDIUM	[18 22 28 32]	[230 290 340 380]	[4 5 8 9]	[0.375 0.45 0.55 0.65]	[2 3 4]
HIGH	[28 32 45 55]	[340 380 700 900]	[-1 0 3 6]	[0.55 0.65 0.8 1.2]	[4 5 6]
VERY HIGH	[45 55 100 110]	[700 900 1200 1500]		[0.8 1.2 1.8 1.9]	

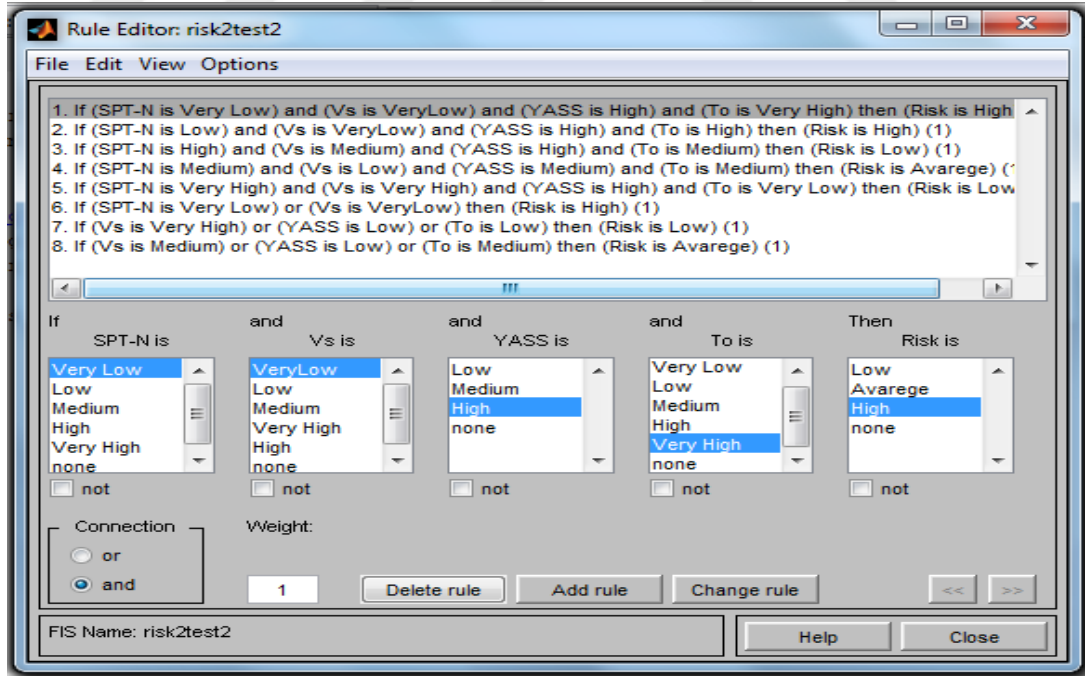
4.5. Kural Tabanı Oluşturma

Girdi ve çıktı parametreleri bulanıklaştırma aşamasında sözel ifadelere dönüştürülmüştür. Değişkenlerin modelde kural tabanına girişleri yapılarak tahmin sonuçları elde edilmiştir.

Deneysel verilere bağlı kural tabanının sözel ifadeleri iki farklı şekilde oluşturulup Şekil 4.8’ de ve Şekil 4.9’ da verilmiştir.



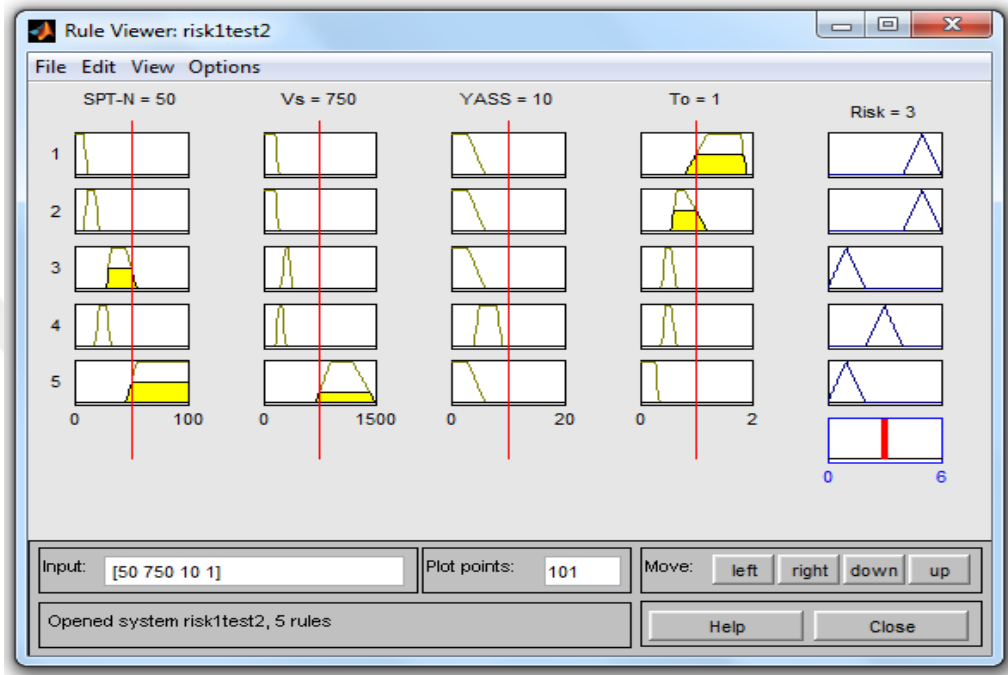
Şekil 4.8. IF-THEN kural yapısının uygulanması



Şekil 4.9. YASS değerinin daha fazla dikkate alındığı kural yapısı

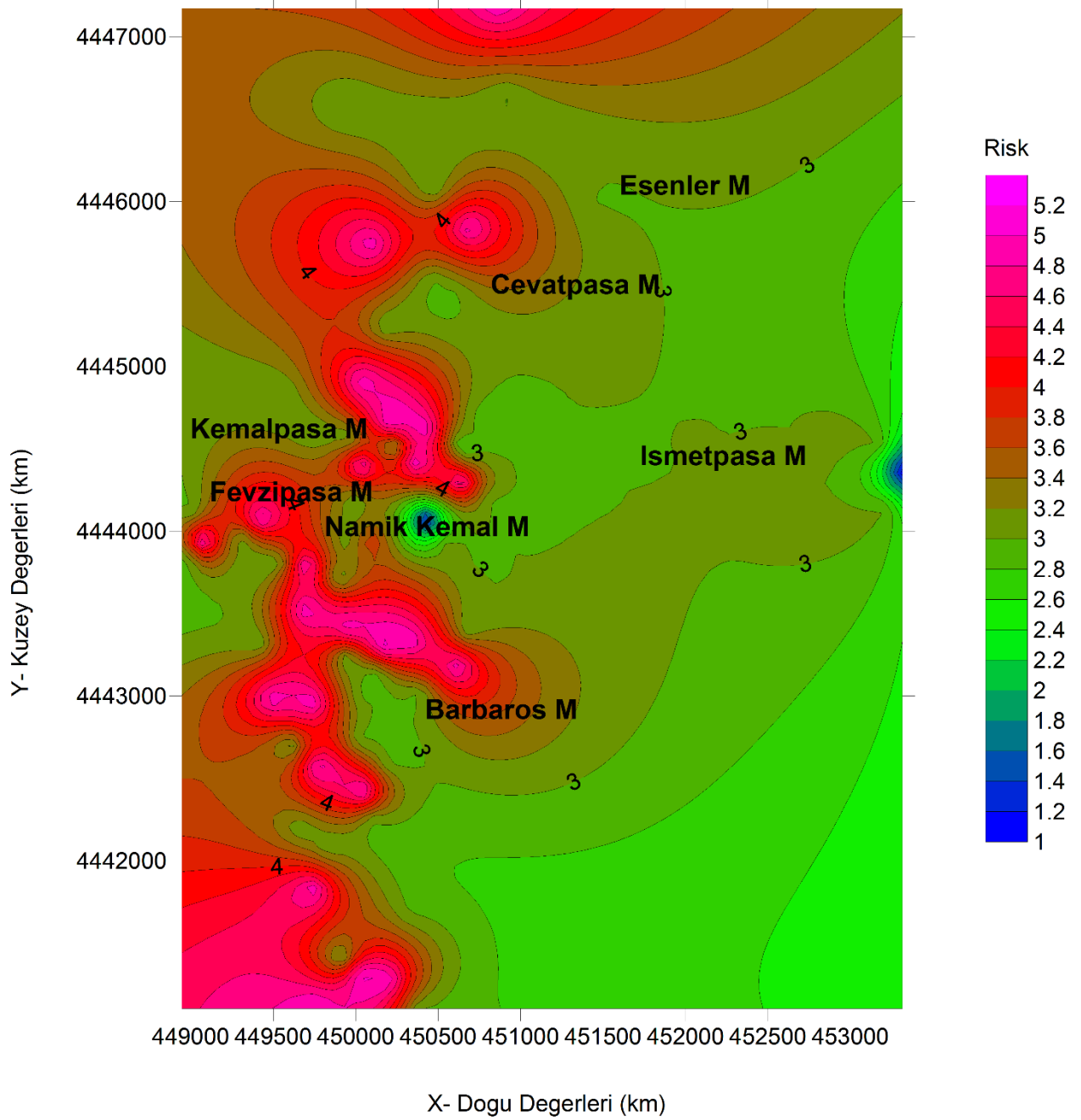
4.6. Veri Seti Durulaştırma

Bulanıklaştırma işlemi sonucunda bulunan bulanık çıktıların sayısal verilere dnştrlmesi için durulaştırma işlemi yapılmıştır. Deneysel veri seti ile yazılan kural tabanı ile durulaştırılması aşamasında verilerin model tahminleri elde edilmiştir. Sayısal ortam üzerinde durulaştırma ara yüzü şekil 4.10’da gösterilmiştir.



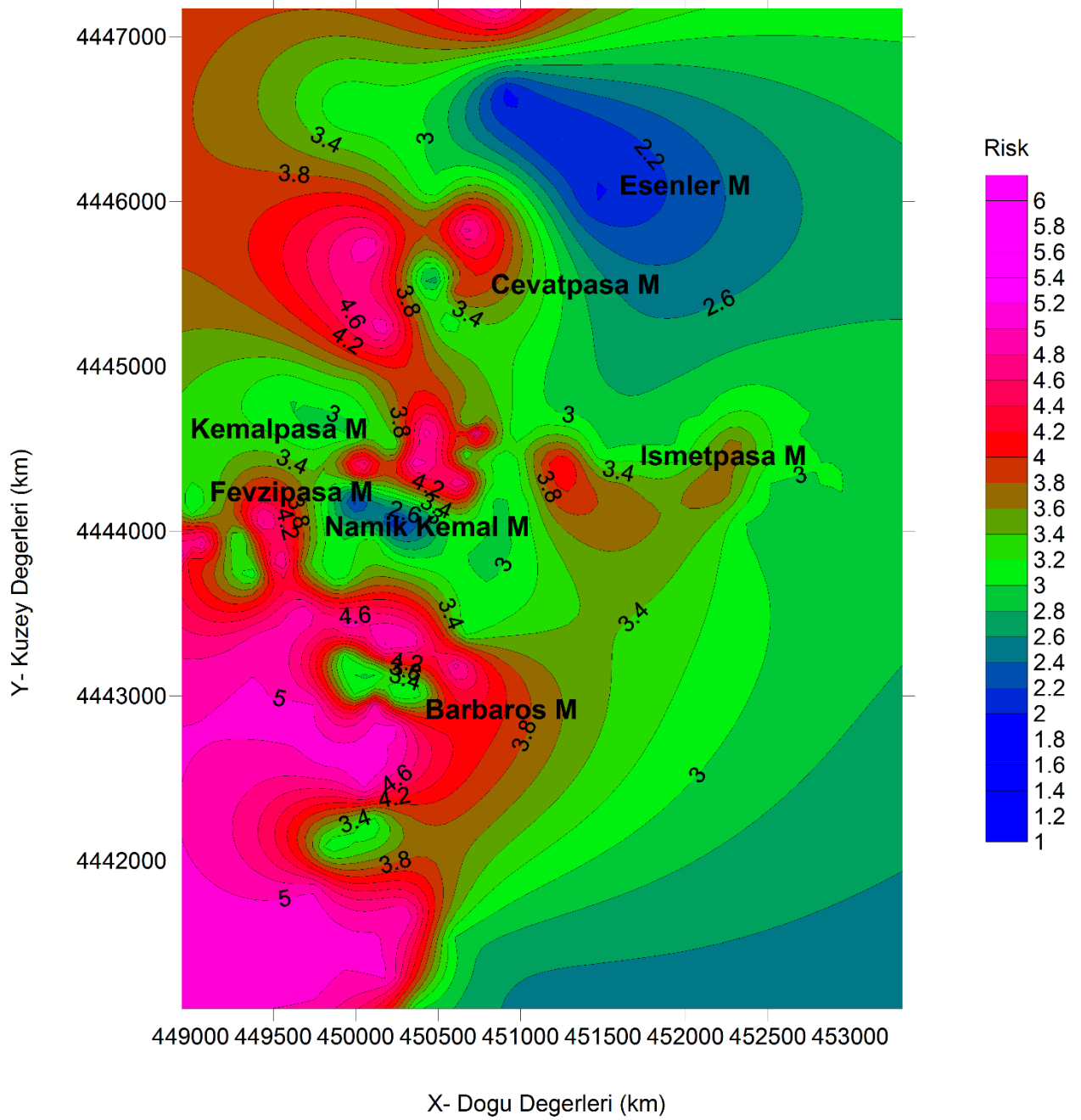
şekil 4.10. Bulanık ıktıların durulaştırılması

SPT-N, V_{s30} , YASS ve T_0 verilerine ait üyelik fonksiyonları oluşturulup, değer aralığı [1 6] olarak belirlenen risk tanımlaması için elde edilen sonuçlar haritalanmıştır (şekil 4.11, şekil 4.12). Oluşturulan haritalar şekil 3.9, şekil 3.10 ve şekil 3.12’deki ayrı ayrı verilmiş ve her bir parametrenin değişimini tanımlayan risk haritalarıyla karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda bulanık mantık yönteminin risk analizi için doğru sonuçlar verdiği görülerek sistemin geçerliliği kanıtlanmıştır.



Şekil 4.11. SPTN, V_{s30} , YASS ve T_0 değerleri kullanılarak oluşturulan risk haritası (1)

Şekil 4.11’de oluşturulan harita Şekil 4.8’de gösterilen kural tabanına bağlı elde edilen sonuçlar doğrultusunda oluşturulmuştur. Bu haritaya göre İsmetpaşa Mahallesi, Cevatpaşa Mahallesi ve Esenler Mahallesi orta derecede risk değerine sahipken, Fevzipaşa Mahallesi, Barbaros Mahallesi ve Kemalpaşa mahallerindeki risk değeri orta ve yüksek risk aralığında değişmektedir.



Şekil 4.12. SPTN, V_{s30} , YASS ve T_0 değerleri kullanılarak oluşturulan risk haritası (2)

Şekil 4.12’de oluşturulan risk haritası Şekil 4.9’da gösterilen kural tabanına bağlı elde edilen sonuçlardan oluşturulmuştur. Bu haritaya göre, İsmetpaşa Mahallesi, Kemalpaşa, Cevatpaşa Mahallesi ve Esenler Mahallesi düşük-orta derecede risk değerine sahipken, Fevzipaşa Mahallesi ve Barbaros Mahallesi yüksek risk değerine sahiptir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Çanakkale Bölgesi zemin risk sınıflamasına yönelik Bulanık Mantık (BM) Mamdani metodunda risk tanımlama sistem oluşturulmuştur. Modelleme sonuçlarına bağlı oluşturulan risk haritaları daha önce yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Risk haritaları değer aralığı 0 – 1 değer aralığına kadar indirgenebilmiştir. Çalışma sonucu elde edilen haritalar değerlendirildiğinde, bulanık mantık tabanlı modellemelerde, uzman görüşüne bağlı oluşturulan kural tabanının sonucu ne denli değiştirdiği görülmüştür. Uzman görüşüne bağlı yapılan bir yanlış yönlendirmenin yada hatalı verilerin sonucu çok fazla değiştireceğinden model kurulurken bu bilgilerin değerlendirilmesinde çok dikkatli olunması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Daha önce Büyüksaraç vd. (2013) tarafından oluşturulan Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.12'deki haritalar bu çalışmada oluşturulan haritalarla karşılaştırıldığında çoğu bölgede risk açısından büyük benzerlik gösterdiği görülmüştür. Tek bir veri için oluşturulan haritalarda bazı yerlerde risk açısından benzerlik olmasının nedeninin birçok verinin aynı anda değerlendirilmesi olduğu düşünülmekte ve buda bulanık mantık yöntemiyle zemin analizine yönelik oluşturulan modelleme sonuçlarına bağlı haritaların ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Bulanık mantık yönteminin uygulanabilirliği oldukça basit olup, matematiksel eşitliklere ve karmaşık geometrik tanımlamalara gerek yoktur. Bulanık mantık metodu ile şehir ve ülke gibi büyük coğrafi bölgelerin risk sınıflandırılması işleminin klasik metoda göre oldukça kısa sürede tamamlandığı ve haritalanabildiği görülmüştür.

Zemin özelliklerinin, zemin katmanlarının kalınlığına, özelliklerine ve çeşidine göre değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Bunun yanını sıra, zemin kendi içinde de özellik değiştirebilir. Bu yüzden zeminin dinamik davranış özelliklerinin bir noktadan bir noktaya değişimlerinin belirlenmesi, yapı tasarımı açısından önemlidir.

Gerçekleştirilen bu çalışmayla yapay zekâ esaslı modellerin (Fuzzy Logic) dinamik bir yapıya sahip olduğu ve sisteme tanıtılan her tür yeni bilgi için çok kısa zamanda çıkarım yapabildiği görülmüştür. Bulanık mantık yöntemiyle birden fazla veri kullanılarak elde edilen sonuçların, klasik çözümlemelere kıyasla bütün deney sonuçlarını tek bir mekanizmada gösterebilmesi sayesinde mühendislik açısından yapı tasarımını kolaylaştırıcı etki yaptığı düşünülmektedir.

Kullanılan sistemle, şehirlerin veya ülkelerin yerleşim planlarının daha doğru yapılıp, doğal afetler karşısında can ve mal kaybının azaltılabileceği kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ansal A, Birol Y, 2004. Seismic Microzonation, Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation, Kluwer Academic Publishers, 253-266.
- Atabey E, Ilgar A, Sakıtaş A, 2004. Çanakkale Havzasının Orta – Üst Miosen Stratigrafisi, Çanakkale, KB Türkiye. MTA Dergisi, 128: 79-97.
- Aydın K, 2010. Ankara Metro Güzergâhında SPT-Vs Korelasyonu Üzerine Bir Çalışma, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Besada-Juez JM, Sanz-Bobi MA, 2002. Extraction of Fuzzyrules Using Sensibility Analysis in A Neural Network, Artificial Neural Networks-ICANN Lecture Notes in Computer Science, 2415: 395-400.
- Birand A, 2000. Zemin Araştırması Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi (406-407)-200(2-3).
- Büyüksaraç A, Tunusluoğlu C, Bekler T, Yalçiner CÇ, Karaca Ö, Ekinci YL, Demirci A, Dinç Ö, 2013. Çanakkale Belediyesi İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Projesi Yayınlanmamış Teknik Rapor.
- Büyüksaraç A, Bektaş Ö, Yılmaz H, Arısoy MÖ, 2013. Preliminary Seismic Microzonation of Sivas City (Turkey) Using Microtremor and Refraction Microtremor (ReMi) Measurements, J Seismol (2013) 17: 425-435
- Casillas J, Cordon O, de Viana IF, Herrera F, 2005. Learning Cooperative Linguistic Fuzzyrules Using the Best-Worst Ant System Algorithm. International Journal of Intelligent Systems, 20 (4): 433-452.
- Chen JE, Otto KN, 1995. Constructing Membership functions Using Interpolation and Measurement Theory. Fuzzy Sets and Systems, 73 (3): 313-327.
- Chen SM, Chen YC, 2002. Automatically Constructing Membership Function and Generation Fuzzy Rules Using Genetic Algorithms. Cybernetics and Systems, 33 (8): 841-862.
- Chen SM, Kao CH, Yu CH, 2002. Generating Fuzzyrules From Training Data Containing Noise for Handling Classification Problem. Cybernetics and Systems, 33 (7): 723-748.
- Chen SM, Lee SW, 2003a. A New Method to Generate Fuzzyrules from Relational Database Systems for Estimating Null Values. Cybernetics and Systems, 34 (1): 33-57.
- Chen SM, Yu CH, 2003b. A New Method to Generate Fuzzyrules from Training Instances for Handling Classification problems. Cybernetics and Systems, 34 (3): 217-232.
- Chen SM, Chang CH, 2005. A New Method to Construct Membershipfunctions and Generate Weighted Fuzzy rules from Training Instances. Cybernetics and Systems 36 (4): 397-414.
- Cho Y, Lee K, Yoo J, Park M, 1998. Autogeneration of Fuzzy Rules and Membershipfunctions for Fuzzy Modelling Using Rought Set Theory. IEE Proceedings Control Theory and Applications, 145 (5): 437-442.

- Cinar A, 2005. A method for Local Tuning of Fuzzy Membershipfunctions. Pt 3 Lecture Notes in Computer science 3516: 945-949.
- Cox E, Fuzzy Logic For Business and Industry, Charles River Media INC. Publisher Rockland, MA, USA, 1995.s: 38.
- Çavuş UŞ,2004. Deprem Sebebiyle Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyelinin Bulanık Mantık Modellemesi ile Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Dempster AP, 2004. Membershipfunctions and Probability Measures of Fuzzy Sets Comment. Journal of the American Statistical Association, 99 (467): 882-884.
- De Castro PA, Camargo HA, 2004. A Study of the Reasoning Methods Impact on genetic Learning and Optimization of Fuzzyrules. Advances in Artificial Intelligence Sbia 2004 Lecture Notes in Artificial Intelligence, 3171: 414-423.
- Druitt CE,1960. Report on the Petroleum Prospects of Thrace, Turkey, Turkish Gulf Oil Co.,TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Teknik Rapor, no:1427.
- Durgunoğlu HT, Toğrol E, 1974. Penetration Testing in Turkey: State-of-the-art Report, Proceedings of the European Symposium on Penetration Testing, Stockholm, Sweden, 137.
- Elmas Ç, 2003. Bulanık Mantık Denetleyiciler. Seçkin Yayıncılık San. Tic. A.Ş.
- Ercan T, Satır M, Steinitz G, Dora A, Sarıfakioğlu E, Adis C, Walter HJ, Yıldırım T,1995.Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan Adalarındaki (Kuzeybatı Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi (in Turkish with English Abstract) 117: 55-86.
- Erol O, 1968. Çanakkale Boğazı Çevresinin Jeomorfolojisi Hakkında Ön Not. A.Ü. D.T.C.F.Yayınları Coğrafya Araştırmaları Dergisi, 2(2): 57-87.
- Erol O, 1987. Çanakkale Yöresinde Kuvaterner Kıyı Oynamaları. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 60 Yıl Armağanı:179-187.
- Erol O,1992. Çanakkale Yöresinin Jeomorfolojik ve Neotektonik Evrimi. TPJD Bülteni, 4(1): 147-165.
- Fahn CS, Lan KT, Chern ZB, 1999. Fuzzyrules Generation Using New Evolutionary Algorithms Combined with Multilayer Perceptrons. IEEE Transactions on Industrial Electronics 46 (6): 1103-1113.
- Gökay MK,1998. Bulanık Mantık Yaklaşımının Kaya Kütlesi Sınıflandırılmalarında Kullanılması. Madencilik, 37(4): 3-11.
- Güneş M,1997. Klasik Mantığa Alternatif: Bulanık Mantık(Fuzzy Logic) ve İşletme Problemlerine Uygulaması, III. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 29-30 Mayıs.

- Halgamuge SK, Poechmueller W, Glesner M, 1995. An Alternative Approach for Generation of Membership Functions and Fuzzy Rules Based on Radial and Cubic Basis Functions Networks. *International Journal of Approximate Reasoning*, 12 (3-4): 279-298.
- Herece E, 1990. 1953 Yenice-Gönen deprem kırığı ve Kuzey Anadolu Fay sisteminin Biga Yarımadası'ndaki uzantıları. *MTA Dergisi*, 111:47-59
- Hong TP, Lee CY, 1996. Induction of Fuzzy Rules and Membership Functions from Training Examples. *Fuzzy Sets and Systems*, 84 (1): 33-47.
- Inoue H, Kamei K, Inoue K, 1998. Automatic Generation of Fuzzy Rules Using Hyper-Elliptic-Cone Membership functions by Genetic Algorithms. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 6 (1):65-81.
- İyisan R, Ansal A, 1993. Erzincan'da Dinamik Zemin Özelliklerinin Kuyu İçi Sismik Yöntemler İle Belirlenmesi, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Bildiriler Kitabı, s: 372-379, İstanbul
- İyisan R, 1994. Geoteknik Özelliklerin Belirlenmesinde Sismik ve Penetrasyon Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Iyisan R, 1996. Correlations Between Shear Wave Velocity and in-situ Penetrations Test Results, Chamber of Civil Engineers of Turkey, *Technical Journal*, 7: 1187-1199
- İyisan R, 1996. Zeminlerde Kayma Dalgası Hızı ile Penetrasyon Deney Sonuçları Arasındaki Bağlılıklar. *İMO Teknik Dergi*, 89: 1187-1199.
- Jin YC, Sendhoff B, 2003. Extracting Interpretable Fuzzy rules from RBF Networks. *Neural Processing Letters*, 17 (2): 149-164.
- Karaya K, 2012. Yapay Zekâ Modelleriyle Tam Ölçekli Çamur Çürütme Reaktörlerinden Elde Edilen Biyogaz Üretiminin Tahmini: Yapay Sinir Ağları ve Fuzzy Logic Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ketin İ, 1968. Türkiye'nin Genel Tektonik Durumu ile Başlıca Deprem Bölgeleri Arasındaki İlişkiler. *MTA Dergisi*, 71: 129-134.
- Kıyak A, Ergüven H, Karavul C, 2007. Zemin Sınıflamasında Bulanık Mantık Uygulaması. *Uluslar Arası Deprem Sempozyumu, Kocaeli, Türkiye*, s: 573-577.
- Kıyak A, 2008. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Adapazarı İlının Mikro Zemin Parametre Haritalarının Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kim JH, Seo JY, Kim GC, 1996. Estimating Membership functions in a Fuzzy Network Model for Part-of-Speech Tagging. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* 4 (4): 309-320.
- Kim JW, Kim BM, Kim JY, 1998. Genetic Algorithm Simulation Approach to Determine Membership functions of Fuzzy Traffic Controller. *Electronics Letters*, 34 (20): 1982-1983.

- Kim MW, Ryu JW, Kim S, Lee JG, 2003. Optimization of Fuzzy rules for Classification using Genetic Algorithm. *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 2637: 363-375.
- Kissi M, Ramdani M, Tollabi M, Zakarya D, 2004. Determination of Fuzzy Logic Membership Functions Using Genetic Algorithms: Application to Structure-Odor Modeling. *Journal of Molecular Modeling*, 10(5-6): 335-341.
- Kişî Ö, Karahan M. E, Şen Z, 2003. Nehirlerdeki Askı Maddesi Miktarının Bulanık Mantık İle Modellenmesi. *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, 2(3): 43-54.
- Kubat C, 2013. *Matlab Yapay Zekâ ve Mühendislik Uygulamaları*, 1. Baskı, Pusula Yayınları.
- Kovacs WD, Salomone LA, Yokel FY, Energy Measurement in the Standard Penetration Test, U.S. Department of Commerce and National Bureau of Standards, Washington, 1981.
- Laviolette M, 2004. Membership Functions and Probability Measures of Fuzzy Sets-Comment. *Journal of the American Statistical Association*, 99 (467): 879-880.
- Leng G, McGinnity TM, Prasad G, 2005. An Approach for on-Line Extraction of Fuzzy Rules Using a Self-Organising Fuzzy Neural Networks. *Fuzzy Sets and Systems*, 150 (2): 211-243.
- Lindley DV, Membership Functions and Probability Measures of Fuzzy Sets-Comment. *Journal of the American Statistical Association*, 99 (467): 877-879.
- Lin CJ, Ho WH, 2005. An Asymmetry-Similarity-Measure-Based Neural Fuzzy Inference System. *Fuzzy Sets and Systems*, 152 (3): 535-551.
- Luciano Am, Lauria D, Napoli E, 1998. Algorithm for Automatic generation of Fuzzy Rules Applied to Power System Controllers. *IEEE Proceedings-Generation Transmission and Distribution*, 145 (2): 161-167.
- Mamdani EH, Assilian S, 1975. An Experiment in Linguistic Synthesis of Fuzzy Controllers, *Int. J. Man-Mach. Study*, 7:1-13.
- Mckenzie D, 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: the Aegean Sea and surrounding regions. (Tectonics of Aegean Region). *Geophysical Journal*, 55: 217-254.
- Mondelli G, Castellano G, Attolico G, Distanti C, 1998. Parallel Genetic Evolution of Membership Functions and Rules for a Fuzzy Controller. *High-Performance Computing and Networking Lecture Notes in Computer Science*, 1401: 922-924.
- Murtazaoğlu S, 2013. Karbon Esaslı Lifli Polimerler (CFRP) ile Güçlendirilmiş Betonarme Kolonlarda Sargılı Beton Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Tahmini, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Okay IA, Siyako M, Bürkan KA, 1990. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi, Türkiye Petrol Jeologları Derneği (in Turkish with English abstract) 2 (1), 83-12.
- Önal M, 1986. Gelibolu Yarımadası Orta Bölümünün Çökelme İstifleri ve Tektoniği, Kuzeybatı

Anadolu, Türkiye (Sedimentary Sequence and Tectonics of the central part of the Gelibolu Peninsula). İstanbul Üniv Yerbilimleri Dergisi, 5: 21-38.

Önalp A, Arel E, 2013. Geoteknik Bilgisi 1 Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekaniği, Birsen Yayınevi

Önem Y, 1974. Gelibolu Yarımadası ve Çanakkale Dolayının Tektonik Evrimi ve Hidrokarbon Olanakları. TPAO Arama Grubu Arşivi, Teknik rapor: 2344 (yayınlanmamış).

Över S, Büyüksaraç A, Bektaş Ö, Filazi A, 2011. Assesment of Potential Seismic Hazard and Site Effect in Antakya (Hatay Province) SE Turkey, Environ Eart Sci, 62:313-326

Pal T, Pal NR, Pal M, 2003. Learning Fuzzyrules for Controllers with Genetic Algorithms. International Journal of Intelligent Systems, 18 (5): 569-592.

Pedrcyz W, 1993. Fuzzy Control and Fuzzy Systems second edition.

Sağlamer A, 1979. Standart Penetrasyon Deneyi Nedir- Ne Değildir, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi Bülteni, 1(4): 267-271.

Saltık O, 1974. Şarköy-Mürefte Sahaları Jeolojisi ve Petrol Olanakları, TPAO Arama Grubu Arşivi, yayınlanmamış Teknik Rapor, 879: 24.

Sancho-Royo A, Verdegay JL, 1999. Methods for the Construction of Membershipfunctions. International Journal of Intelligent Systems, 14 (12): 250-273.

Sfondrini G, 1961. Surface geological report on AR/TGO/1/338 ve 537 (Eceabat-Çanakkaleareas). Turkish Gulf Oil Co. Report, Turkish Petrol. Adm. Archives, Ankara.

Simon D, 2002. Sum Normal Optimization of Fuzzy Membership Functions. International Journal of Uncertainty Fuzzyness and Knowledge-Based systems, 10 (4):363-384.

Singpurwalla ND, 2004. Membershipfunctions and Probability Measures of Fuzzy Sets-Rejoinder. Journal of the American Statistical Association, 99 (467): 884-889.

Singpurwalla ND, Booker JM, 2004. Membershipfunctions and Probability Measures of Fuzzy Sets. Journal of the American Statistical Association, 99 (467): 867-877.

Sivrikaya O, Toğrol E, 2007. Türkiye’de SPT-N Değeri ile İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti Arasındaki İlişkiler, İMO Teknik Dergisi, 4229-4246.

Siyako M, Bürkan KA, Okay AI, 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları (Tertiary Geology and Hydrocarbon Potential of the Biga and Gelibolu Peninsulas) Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 1: 183-199, Ankara.

Siyako M, 2006. Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri, Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi-2. s: 83.

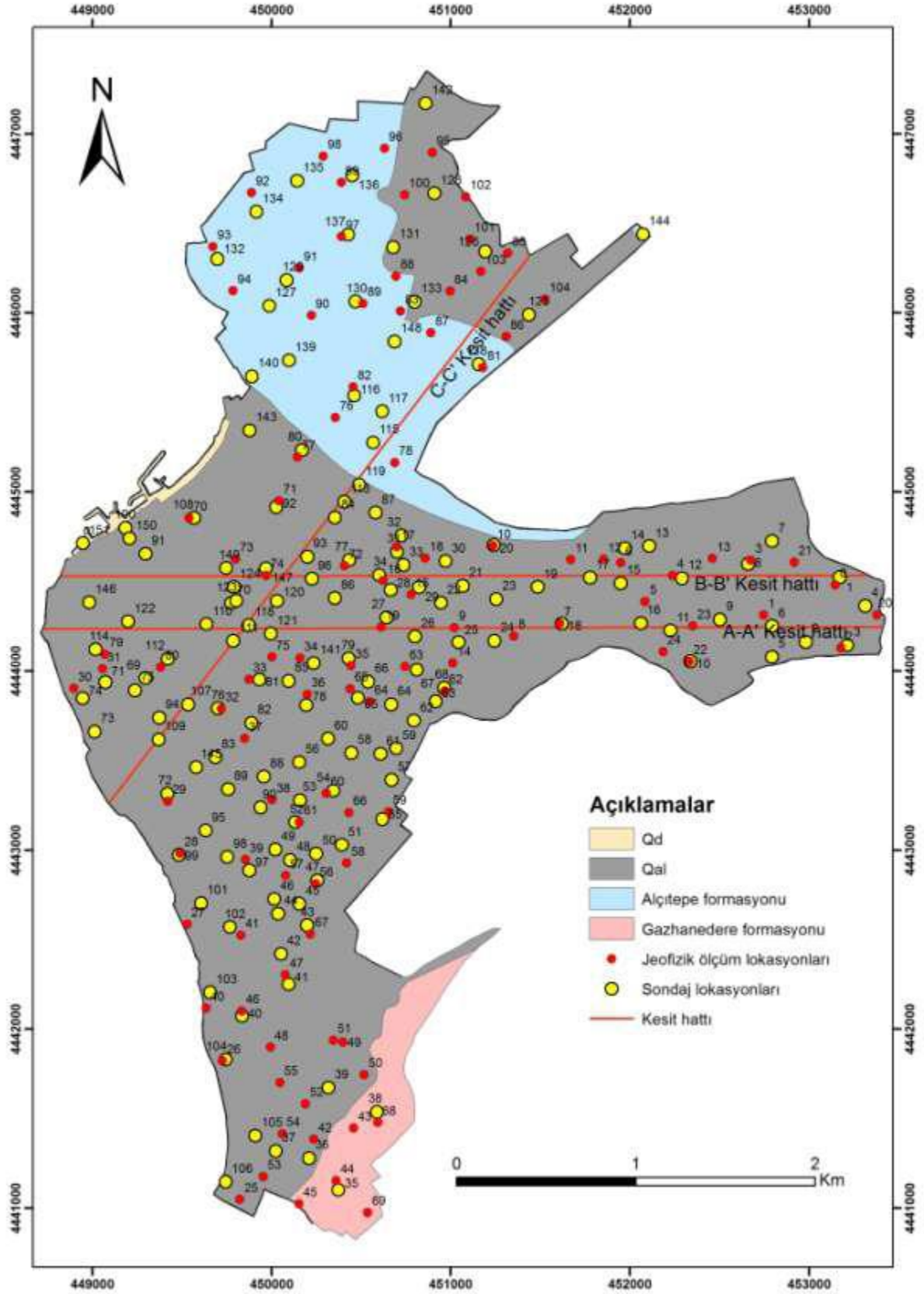
Stokoe KH, Mok YJ, Lee N, Lopez R, 1989. In Situ Seismic Methods: Recent Advances in Testing, Understanding and Applications, Conferenze di Geotecnica di Torino XIV Ciclo, Torino, Italy.

- Subaşı S, Beycioğlu A, Emiroğlu M, 2008. Hafif Betonlarda Donatı Aderansı Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Modellenmesi. Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu, ASYU 2008. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Sümengen M, Terlemez I, Şentürk K, Karaköse C, 1987. Gelibolu Yarımadası ve GüneybatıTrakya Havzasının Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Tektoniği. MTA rapor No 8128, Ankara
- Şengör AMC, Yılmaz Y, 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach:Tectonophysics, 75: 181-241.
- Şen Z, 1999. Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Modelleme İlkeleri, Ders Notları, İTÜ, İstanbul.
- Şen Z, 2000. Olasılık İlkeleri Ders Notları, İTÜYayınevi
- Şen Z,2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri.Bilge Kültür SanatYayıncılık İstanbul.
- Şen Z, 2004.Mühendislikte Bulanık Mantık İle Modelleme Prensipleri, Su VakfıYayınları, İstanbul.
- Şen Z, 2007. Mühendislikte Bulanık Mantık ve Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, Türkiye.
- Şengör AMC, 1979. The North Anatolian Fault: Its Age, Offset and TectonicSignificance Journal of Geological Society of London, 136: 269-282.
- Şentürk K, Karaköse C, 1987. Çanakkale Boğazı ve Dolayının Jeolojisi, MTA GenelMüdürlüğü, Jeoloji Etüdları Dairesi Arşivi, Yayınlanmamış Teknik Rapor, s: 207-371.
- Taner G, 1985. Lapseki-Çanakkale-İntepe Bölgesi Neojen'inin Paleontoloji ve Stratigrafisi Tübitak Temel Birimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-477.
- Terzi S, 2004. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Karayolu Üstyapı Bakım YönetimModeli Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Isparta.
- Toprak ZF, 2004.Boyuna Dispersiyon Katsayısının Bulanık Mantıkla Modellenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- Toprak ZF, Akkoyun Ö, 2008. Mermer Blok Kalitelerinin Bulanık Mantık Yöntemi ile Belirlenmesi, Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, BMYS'2008, 15–17 Ekim 2008, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Toprak ZF, 2009. Flow Discharge Modeling in Open Canals Using a New Fuzzy Modeling Technique (SMRGT). Clean-Soil, Air, Water, 37(9): 742-752.
- Toprak A, Aykaç Z, Toprak ZF, 2017. Bulanık SMRGT Yönteminin Pratik Uygulamaları. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 8 (1): 123-132.

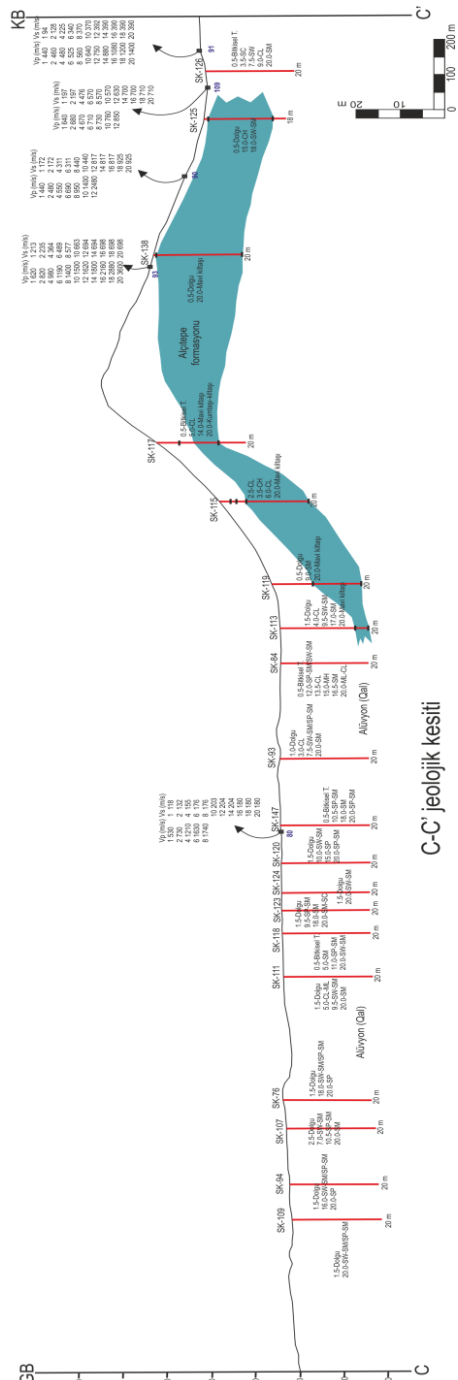
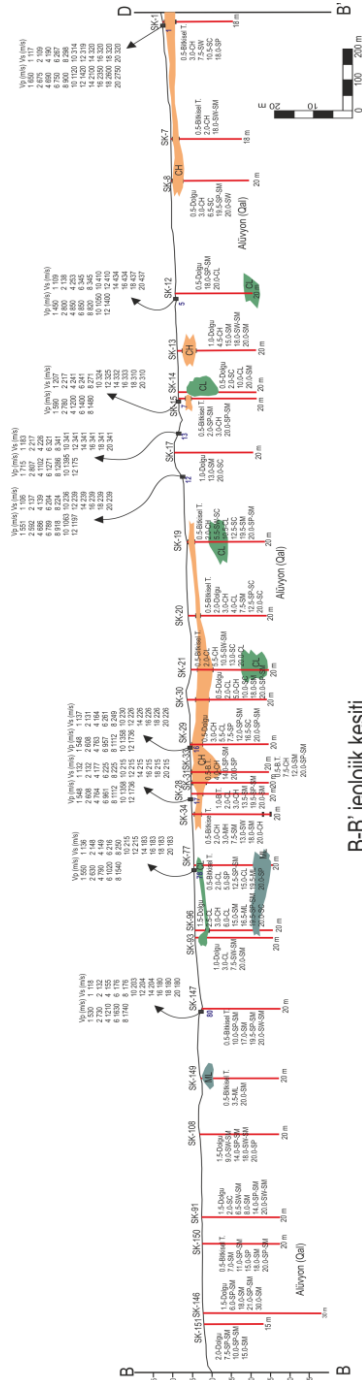
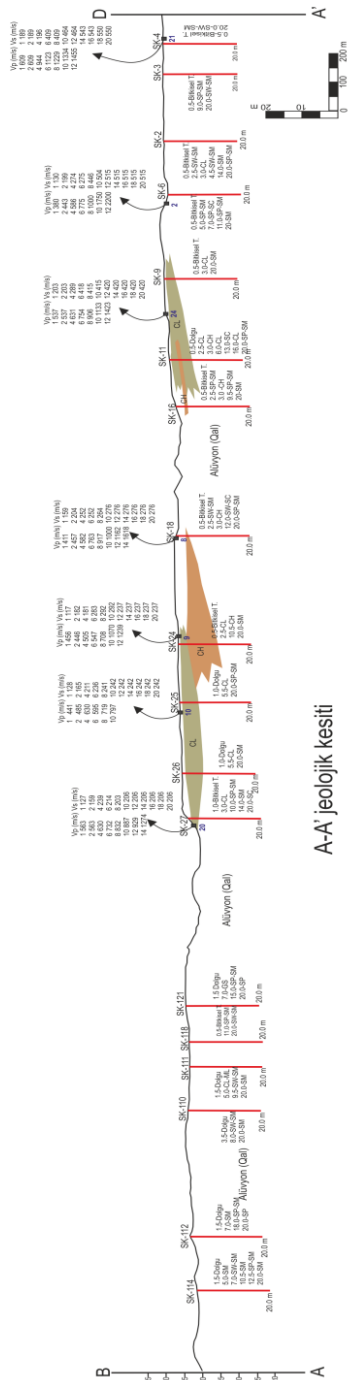
- Tün M, 2013. Ölçülen Zemin Parametrelerinde Kayma Dalga Hız (Vs) Hesabında Bulanık Mantık Yaklaşımı 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 25-27 Eylül 2013 – MKÜ – HATAY.
- Ünay E, 1980. The Cricetodontini (Rodentia) from the Bayraktepe Section (Çanakkale, Turkey). Konink. Nederl. Akad. Wetensch., Proc., B83, 4, 399-418.
- Ünay E, 1981. Middle and Upper Miocene Rodents from the Bayraktepe Section (Çanakkale, Turkey). Konink. Nederl. Akad. Wetensch., Proc., B84, 2, 217-238.
- Wan F, Shang HL, Wang LX, Sun YX, 2005. How to Determine the Minimum Number of Fuzzy Rules to Achieve Given Accuracy: A Computational Geometric Approach to SISO Case. Fuzzy Sets and System, 150 (2): 199-209.
- Wasti Y, 1992. İnşaat Mühendisliğinde Geotekstil ve Geomembran Uygulamaları, ODTÜ, S.E.M Eğitim Semineri, s: 98.
- Wu TP, Chen SM, 1999. A New Method for Constructing Membershipfunctions and Fuzzy Rules from Training Examples. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part B- Cybernetics, 29 (1): 25-40.
- Wu SQ, Er MJ, Gao Y, 2001. A Fast Approach for Automatic Generation of Fuzzyrules by Generalized Dynamic Fuzzy neural Networks. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 9(4): 578-594.
- Yalaz S, A Atay, Toprak ZF, 2015. SMRGT Yöntemi ile Bulanıklaştırılmış Veriler için Bulanık Doğrusal Regresyon, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 31(3), 152-158, ISSN: 1012-2354.
- Yıldırım E, Doğan E, Karavul C, Aşçı M, Özçep F, Arman H, 2007. Bulanık mantık modeli ile zeminlerin sınıflandırılması. Uluslar Arası Deprem Sempozyumu, Kocaeli, Türkiye, s: 578-582.
- Yin TK, 2004. A Characteristic-Point-Based Fuzzy Inference System Aimed to Minimize the Number of Fuzzyrules. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 73 (3): 313-327.
- Zadeh LA, 1965. Fuzzy Sets. Information and Control, 8: 338–353.
- Zadeh LA, 2004. Membershipfunctions and Probability Measures of Fuzzy Sets Comment. Journal of the American Statistical Association, 99 (467): 880-881.
- Zimmermann HJ, 1996. Fuzzy Set Theory and Its Application third edition.

EKLER

Ek-1: Çalışma alanının kesit yerleri (Büyüksaraç vd.)



Ek-2: Çalışma alanının zemin profili (Büyüksaraç vd.)



Ek-3:Kullanılan verilerin ortalama değerleri

	V _s (m/s)	MİKROTREMOR	SPT-N ₃₀	YAS
SK-1, JF-1	235,6	0,91	29,8	3,3
SK-2, JF-3	337,8	0,943	19,4	6,3
SK-3, JF-3	337,8	0,943	31,8	4
SK-4, JF-21	333,4	1,116	37,4	3
SK-6, JF-2	339,6	0,52	28,2	2,7
SK-7, JF-22	355,2	1,233	22,6	2,8
SK-8, JF-4	363,2	1,204	17,4	2,25
SK-8, JF14	308,8	0,26	17,4	2,25
SK-9, JF24	348	0,76	13,8	5,4
SK-10, JF-23	246,4	1,4	15,2	3,2
SK-11, JF-25	241,6	0,771	16,6	3,7
SK-12, JF-5	298,2	0,438	10,6	4,1
SK-12, JF-14	308,8	0,26	10,6	4,1
SK-13, JF-7	258,8	0,458	16,4	1,8
SK-14,JF-7	258,8	0,458	16,6	2,3
SK-15, JF-13	289,2	0,733	14,4	3,3
SK-16, JF-6	254,8	0,5	13,4	4,3
SK-17, JF-12	188	0,448	15	5
SK-18, JF-8	249,6	0,75	26	5,4
SK-19, JF-12	188	0,448	13	3
SK-20, JF-11	278,6	0,17	14	2,8
SK-21, JF-10	219	0,625	15,6	4,7
SK-22, JF-10	219	0,625	11,6	4,6
SK-23,JF-9	246	0,68	15	5,8
SK-24, JF-9	246	0,68	7,4	4,3
SK-25, JF-10	219	0,625	11,2	5,07
SK-26, JF-67	338,4	0,854	11,8	5,3
SK-27, JF-20	204,2	0,65	12,6	5,4
SK-28, JF-17	194,8	0,953	14,6	4,65
SK-29, JF-16	207	0,575	14,8	3,6
SK-30, JF-19	188,4	0,416	14,8	2,9
SK-31, JF-18	217,6	0,519	25,2	3,56
SK-32, JF-18	217,6	0,519	28	2,6
SK-33, JF-18	217,6	0,519	11	4,3
SK-34, JF-17	194,8	0,953	33,8	3,7
SK-35, JF-48	323,8	0,118	8,4	17,1
SK-36, JF-46	428,4	0,989	29,8	5,25
SK-37,JF-58	152	0,859	20,6	3,1
SK-37, JF-57	150,5	0,91	20,6	3,1
SK-38, JF-72	238,2	0,85	51	4
SK-38,JF-47	388,4	0,991	51	4
SK-38, JF-54	296,2	0,871	51	4
SK-39, JF-56	244,4	0,275	19,4	7
SK-39, JF-59	189	0,685	19,4	7
SK-40, JF-50	153	1,057	19,4	2
SK-41, JF-54	296,2	0,871	18,4	3
SK-42, JF-54	296,2	0,871	15,6	2,9

SK-43, JF-71	169,6	1,092	15,2	0,65
SK-45, JF-61	166,6	1,228	13,8	1,4
SK-46, JF-61	166,6	1,228	22,6	2,1
SK-47, JF-60	179,6	1,342	18,6	1,9
SK-48, JF-61	166,6	1,228	16	2
SK-49, JF-61	166,6	1,228	23,4	2
SK-50, JF-62	219,4	1,362	13,8	2,2
SK-51, JF-62	219,4	1,362	21,8	1,9
SK-51, JF-70	203,4	1,042	21,8	1,9
SK-52, JF-65	206,8	0,953	19,4	2,35
SK-53, JF-65	206,8	0,953	15	2,4
SK-54, JF64	181,6	0,941	17,2	2,45
SK-55, JF-63	158,6	1,035	13,2	2,75
SK-57, JF-63	158,6	1,035	10,2	3,3
SK-63, JF-66	223,4	1,121	28,6	2,55
SK-64, JF-68	352,8	1,042	15,6	4,45
SK-65, JF-69	312,8	1,02	15,8	3,9
SK-66, JF-68	352,8	1,042	21,4	3,8
SK-67, JF-67	308,4	0,854	17,8	4,6
SK-68, JF-66	223,4	1,121	42,4	3,55
SK-69, JF-86	249,6	1,062	30	1,55
SK-71, JF-35	225,6	1,153	26,8	1,2
SK-72, JF-33	189	1,097	12	2,4
SK-74, JF-34	147	0,935	24,2	0,8
SK-76, JF-36	159,6	0,945	24,8	3,4
SK-77, JF-78	195,6	0,597	15	3,6
SK-79, JF-39	163,8	0,849	11,8	4,4
SK-80, JF-83	242,6	0,46	31	2,4
SK-81, JF-37	177	0,842	24,2	3,2
SK-82, JF-41	213,6	0,988	19	3,25
SK-83, JF-41	213,6	0,988	19,2	1,85
SK-85, JF-81	151	0,83	14,6	3,5
SK-86, JF78	195,6	0,597	20,2	4,15
SK-88, JF-42	187,6	1,079	16,8	2
SK-90, JF-42	187,6	1,079	18,2	1,85
SK-92, JF-77	218,6	0,585	21,2	2,4
SK-93, JF-78	195,6	0,597	21,6	3,6
SK-96, JF-78	195,6	0,597	13,4	3,45
SK-94, JF-43	228	1,113	15	1,3
SK-98, JF-43	228	1,113	18,2	1,8
SK-99, JF32	196	1,084	13,6	1,2
SK-101, JF-31	177,8	1,138	19,4	2
SK-102, JF-45	176,4	1,282	15,6	2,5
SK-103, JF-44	132,6	1,011	15	0,75
SK-104, JF-30	132,8	0,512	14,6	0,6
SK-105, JF-58	152	0,859	3,4	1
SK-106, JF-27	169	1,072	28,2	0,65
SK-107, JF-36	159,6	0,945	14,2	4,4
SK-108, JF-76	158,2	0,91	28	1,75
SK-112, JF-86	249,6	1,062	15,8	1,2
SK-114, JF-85	145	1,14	15	0,9
SK-115, JF-84	561,8	0,186	15	3,7

SK-116, JF-88	330	0,196	46	6,85
SK-117, JF-82	328	0,612	41,8	8,2
SK-120, JF-80	168,4	0,534	18,2	2,6
SK-121, JF-81	151	0,83	20,8	3,7
SK-125, JF-110	301,8	0,349	24,2	9,9
SK-125, JF-92	349,2	0,257	24,2	9,9
SK-126, JF-91	286,6	0,4	14	9,8
SK-126, JF-107	325,4	0,38	14	9,8
SK-126, JF-109	476,6	0,345	14	9,8
SK-128, JF-101	300	0,333	27,8	7,45
SK-128, JF-106	235,8	0,402	27,8	7,45
SK-128, JF-108	389,8	0,365	27,8	7,45
SK-130, JF-95	503,8	0,173	35,2	4,3
SK-134, JF-94	460,2	0,26	39	2,4
SK-137, JF103	402,2	0,235	51	0
SK-139, JF-96	414,8	0,16	43,8	0
SK-141, JF-38	186,4	0,825	14,2	3,2
SK-142, JF-101	300	0,333	44,2	1,9
SK-146, JF-34	147	0,935	13,8	1,15
SK-147, JF-80	168,4	0,534	11,8	2,45
SK-148, JF-93	465,6	0,245	51	2,35
SK-149, JF-79	191,4	0,666	13,8	1,45

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Şanlıurfa’da doğdum. İlköğretimimi Yenişehir İlköğretim Okulu’nda, liseyi Şanlıurfa Anadolu Lisesi’nde tamamladım. 2011 yılında kazandığım Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde 2015 yılında Dönem Birincisi olarak mezun oldum. 2015’de Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladım. Yabancı dilim İngilizcedir.

Gamze BAYRI