

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE PVC VE AÇB BORULARININ
PERFORMANSININ ÇEVRESEL FAKTÖRLERE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YUSUF KILINÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT – 2017

Tezin Başlığı: Su Dağıtım Sistemlerinde PVC ve AÇB Borularının Performansının Çevresel Faktörlere göre Değerlendirilmesi

Tezi Hazırlayan: Yusuf KILINÇ

Sınav Tarihi: 24.02.2017

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mahmut FIRAT

İnönü Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Apdulmutalip şAHİNASLAN

İnönü Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Turgay DERE

Adıyaman Üniversitesi

Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum, “Su Dağıtım Sistemlerinde PVC ve AÇB Borularının Performansının Çevresel Faktörlere göre Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Yusuf KILINÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE PVC VE AÇB BORULARININ PERFORMANSININ ÇEVRESEL FAKTÖRLERE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yusuf KILINÇ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

84 + ix sayfa

2017

Danışman: Doç. Dr. Mahmut FIRAT

İçmesuyu şebekelerinde hizmet veren PVC ve AÇB borularının performansı birçok faktöre göre değişmektedir. Bu çalışmada, PVC ve AÇB borularının çeşitli faktörlere göre performansının değerlendirilmesi, analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için Malatya içme suyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanında 2006-2016 yılları arasında PVC ve AÇB borularda meydana gelen arıza kayıtları göz önünde bulundurulmuştur. Bu arızalara sebep olan faktörlerin analiz edilmesinde, fiziksel faktörler (boru çapı, boru yaşı, boru uzunluğu), çevresel faktörler (bölgenin zemin cinsi ve jeolojik özelliği, arızanın meydana geldiği gündeki maksimum ve minimum sıcaklıklar), işletme faktörleri (su kesinti sayısı, su tüketim profili) gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Arıza kayıtlarının zamansal ve konumsal olarak değişimi analiz edilmiştir. Çalışmada ayrıca, PVC ve AÇB borularının yapısal olarak değerlendirilmesi için çok ölçütlü karar verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemi ile uygulama alanında yer alan borular fiziksel, çevresel ve işletme faktörlerine göre puan hesaplanmış ve boruların performansı analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Su dağıtım sistemi, arıza analizi, performans değerlendirme, AHP, çok ölçütlü karar verme

ABSTRACT

Msc Thesis

EVALUATION OF PERFORMANCE OF PVC AND ACP PIPES BASED ON ENVIRONMENTAL FACTORS AT WATER DISTRIBUTION NETWORKS

Yusuf KILINÇ

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

84 + ix pages

2017

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mahmut FIRAT

Performance of PVC and ACP pipes providing service at Water Distribution Network (WDN) varies according to many factors. In this study, evaluating and analyzing of performance of ACP and PVC pipes based on various factors was aimed. For this aim, Malatya WDN was selected as study area. The failure records occurred at PVC and ACP pipes at Malatya WDN between years 2006-2016 were considered. In analyzing of factors that cause these failures at WDNs, physical factors (e.g. pipe diameter, pipe age, pipe length), environmental factors (e.g. soil type and geological feature of region, maximum and minimum temperatures) and operational factors (water consumption characteristics and water interruption) were taken into account. Moreover, the spatial and temporal changing of failures were analyzed. In addition, multi-criteria decision analysis method, called Analytical Hierarchy Process (AHP), was used to evaluate the ACP and PVC pipes as structural conditions. The scores for ACP and PVC pipes selected at study are were calculated by AHP method using factors such as physical, environmental and operational factors and performance of pipes were analyzed and evaluated.

KEYWORDS: Water Distribution System, Failure analysis, Analytical Hierarchy Process, Multi-criteria Decision Analysis

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinde değerli bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Mahmut FIRAT' a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı arz ederim.

Yüksek Lisans süreci boyunca ihtiyacım olan bilgi ve veri birikimini paylaşan, yol gösteren ve yardımını esirgemeyen Malatya Belediyesi Su ve Kanal İşleri (MASKİ) Genel Müdürlüğüne ve personeline;

Yağış ve sıcaklık verilerinin temin edilmesinde desteklerinden dolayı Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne;

Tezin analiz kısmında desteklerinden dolayı Orman Yüksek Mühendisi Köksal MACAROĞLU, İnşaat Mühendisi (Yüksek Lisans Öğrencisi) Cansu ORHAN, Öğr. Gör. Mahmut AYDOĞDU'ya;

Ayrıca eğitim-öğretim hayatım boyunca bana her konuda destek veren çok kıymetli Ailem'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP 2016/75 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	ÖZET	iii
	ABSTRACT	iv
	TEŞEKKÜR	v
	İÇİNDEKİLER	vi
	ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
	ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.	GİRİŞ	1
2.	KAYNAK ÖZETLERİ	3
3.	ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES (AHP).....	8
4.	ÇALIŞMA ALANI VE YERİ	13
5.	ANALİZ VE DEĞERLENDİRME	20
5.1.	Uygulama Alanında Şebeke Verilerinin Değerlendirmesi	21
5.2.	Uygulama Alanında Şebeke Arıza Verilerinin Değerlendirilmesi.....	28
5.3.	Arıza Verilerinin Konumsal Olarak Değişiminin Değerlendirilmesi.....	36
5.4.	Arıza Verilerinin Zamansal Değişiminin Değerlendirilmesi	46
5.5.	Su Kesintisi Sayısına Göre Arıza Sayısının Değişiminin Değerlendirilmesi .	54
5.6.	Sıcaklık Değişimine Göre Arıza Sayısı Değişiminin Değerlendirilmesi	56
5.7.	Boru Yaşına Göre Arıza Sayısının Değişiminin Değerlendirilmesi	59
5.8.	Zemin Formasyonuna Göre Arıza Sayısı Değişiminin Değerlendirilmesi	60
6.	ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES (AHP) İLE BORULARIN.....	
	DEĞERLENDİRİLMESİ.....	63
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	80
8.	KAYNAKLAR	82
	ÖZGEÇMİŞ	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Boruların yapısal olarak değerlendirilmesi için hiyerarşik yapı	10
Şekil 3.2.	İçme suyu borularının yapısal olarak değerlendirilmesi için akış diyagramı ..	12
Şekil 4.1.	Çalışma alanı	13
Şekil 4.2.	Malatya kaptaj debi değişimi	14
Şekil 4.3.	Malatya İlinin jeolojik formasyonu	17
Şekil 4.4.	Yıllık toplam yağış miktarı	18
Şekil 4.5.	2006-2016 aylık ortalama yağış miktarları	19
Şekil 5.1a.	Çalışma alanı sınırları ve bölgelerde yer alan pvc şebekenin dağılımı	22
Şekil 5.1b.	Çalışma alanı sınırları ve bölgelerde yer alan açb şebekenin dağılımı	22
Şekil 5.2.	Çalışma bölgesinde boru türüne göre uzunlukların dağılımı	23
Şekil 5.3a.	Bölgelere göre AÇB hat uzunlukları	24
Şekil 5.3b.	Bölgelere göre PVC hat uzunlukları	24
Şekil 5.4a.	Çaplara göre PVC hat uzunluğu oranı	27
Şekil 5.4b.	Çaplara göre AÇB hat uzunluğu oranı	28
Şekil 5.5a.	Arıza noktaları veri tabanı görüntüsü	30
Şekil 5.5b.	Bölgelere ait veri tabanı görüntüsü	32
Şekil 5.6a.	PVC hatta meydana gelen arıza noktaları	33
Şekil 5.6b.	AÇB hatta meydana gelen arıza noktaları	33
Şekil 5.7.	PVC boru çapına göre toplam arıza oranı	35
Şekil 5.8.	AÇB boru çapına göre toplam arıza oranı	35
Şekil 5.9.	PVC borular için bölgelere ait arıza oranları	36
Şekil 5.10.	AÇB borular için bölgelere ait arıza oranları	37
Şekil 5.11a.	PVC hat arıza sayısı dağılım analizi	38
Şekil 5.11b.	AÇB hat arıza sayısı dağılım analizi	38
Şekil 5.12a.	PVC arıza oranları analizi	40
Şekil 5.12b.	AÇB arıza oranları analizi	40
Şekil 5.13a.	2. bölge yıllık arıza oranları	41
Şekil 5.13b.	15. bölge yıllık arıza oranları	42
Şekil 5.13c.	16. bölge yıllık arıza oranları	42
Şekil 5.14a.	7. bölge yıllık arıza oranları	43
Şekil 5.14b.	16. bölge yıllık arıza oranları	44
Şekil 5.14c.	5. bölge yıllık arıza oranları	44
Şekil 5.14d.	17. bölge yıllık arıza oranları	45
Şekil 5.15.	PVC borularda yıllara göre arıza oranları	46
Şekil 5.16.	AÇB borularda yıllara göre arıza oranları	47
Şekil 5.17.	PVC borularda 2006-2016 yılları aylarına ait aylık arıza oranları değişimi ...	48
Şekil 5.18.	AÇB borularda 2006-2016 yılları aylarına ait aylık arıza oranları toplamı	49
Şekil 5.19.	PVC borularda yıllara ait aylık arıza oranları	50
Şekil 5.20.	AÇB borularda yıllara ait aylık arıza oranları	50
Şekil 5.21.	PVC borularda arıza oranlarının mevsime göre değişimi	51
Şekil 5.22.	AÇB borularda arıza oranlarının mevsime göre değişimi	52
Şekil 5.23.	Bölgelerdeki PVC arıza sayılarının mevsimlere göre değişimi	53
Şekil 5.24.	Bölgelerdeki AÇB arıza sayılarının mevsimlere göre değişimi	53
Şekil 5.25.	Bölgelerdeki kesinti arıza sayısı değişimi	54
Şekil 5.26.	2. Bölge kesinti sayısı arıza sayısı ilişkisi	55

Şekil 5.27.	7. bölge kesinti sayısı arıza sayısı ilişkisi	55
Şekil 5.28.	Maksimum sıcaklıklarda oluşan arıza oranı	56
Şekil 5.29.	Arıza günü sıcaklık aralıkları ve arıza sayıları	57
Şekil 5.30.	Arıza öncesi üç günlük sıcaklık aralıkları ve arıza sayıları	57
Şekil 5.31.	Arıza öncesi beş günlük sıcaklık aralıkları ve arıza sayıları	58
Şekil 5.32.	PVC borularda yaş ve arıza oranı ilişkisi	59
Şekil 5.33.	AÇB borularda yaş ve arıza oranı ilişkisi	59
Şekil 5.34.	PVC arıza sayısı haritası ve jeolojik formasyon haritası	61
Şekil 5.35.	AÇB arıza sayısı haritası ve jeolojik formasyon haritası	62
Şekil 6.1.	İçme suyu borularının yapısal olarak değerlendirilmesi için akış diyagramı ..	64
Şekil 6.2.	Boruların yapısal olarak değerlendirilmesi için hiyerarşik yapı	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Saaty (1980) tarafından önerilen AHP puanlandırma tablosu	9
Çizelge 3.2.	Ana faktörler için örnek ikili karşılaştırma puanlandırılması	10
Çizelge 3.3.	Alt faktörler için örnek ikili karşılaştırma puanlandırılması	11
Çizelge 4.1.	Zemin özellikleri	15
Çizelge 4.2.	Yıllara göre sıcaklık değerleri	18
Çizelge 5.1.	Alt bölgeler ve mahallelerde hat uzunlukları	25
Çizelge 6.1.	Boru hasarı üzerinde etkili ana faktörlerin ikili karşılaştırılması	66
Çizelge 6.2.	Boru hasarı üzerinde etkili fiziksel alt faktörlerinin ikili karşılaştırılması	66
Çizelge 6.3.	Boru hasarı üzerinde etkili çevresel alt faktörlerinin ikili karşılaştırılması	66
Çizelge 6.4.	Boru hasarı üzerinde etkili işletme alt faktörlerinin ikili karşılaştırılması	66
Çizelge 6.5.	Saaty (1980) tarafından önerilen AHP puanlandırma tablosu	67
Çizelge 6.6.	Boru hasarı üzerinde etkili ana faktörlerin ikili karşılaştırma puanları	67
Çizelge 6.7.	Boru hasarı üzerinde etkili fiziksel alt faktörlerinin ikili karşılaştırma	67
Çizelge 6.8.	Boru hasarı üzerinde etkili çevresel alt faktörlerinin ikili karşılaştırma	68
Çizelge 6.9.	Boru hasarı üzerinde etkili işletme alt faktörlerinin ikili karşılaştırma	68
Çizelge 6.10.	Ana ve alt faktörler için belirlenen ağırlık katsayıları	69
Çizelge 6.11.	Faktörlerin alt bileşenlerine ait puanlandırmalar	71
Çizelge 6.12.	Boru yapısal durumu değerlendirilmesi için seçilen boru elemanları ve	74
Çizelge 6.13.	Boru elemanları için hesaplanan FFP değerleri	75
Çizelge 6.14.	Boru elemanları için hesaplanan CFP değerleri	76
Çizelge 6.15.	Boru elemanları için hesaplanan IFP değerleri	77
Çizelge 6.16.	Boruların değerlendirilmesinde sınıf aralıkları	78
Çizelge 6.17.	Boru elemanları için hesaplanan YDS değerleri	78

1. GİRİŞ

İçme suyu iletilmesinde su dağıtım sistemleri en önemli yapı elemanları olarak gösterilebilir. Bu dağıtım sistemlerinin performansı çeşitli faktörlere göre değişmektedir. Özellikle Polivinil Klorür (PVC) ve Asbestli Çimento Boruların (AÇB) yaygın bir şekilde kullanıldığı eski sistemlerde oldukça fazla arıza meydana gelmektedir. Bu arızalar temel olarak aşağıdaki olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir;

- Vatandaşa zamanında suyun iletilmemesi,
- Sistemin işletme maliyetinin artması (boru malzemesi, işçilik, kazı vb.),
- Sızıntı ile fiziksel kayıpların artması ve su kaynaklarının verimsiz kullanılması,
- Enerjinin verimsiz kullanılması.

Yukarıda verilen olumsuzlukların en aza indirilmesi için dağıtım sisteminde kullanılan boru elemanlarının analiz edilmesi, arızaya sebep olan faktörlerin belirlenmesi, arızanın zamansal ve konumsal olarak izlenerek etkili faktörlerin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. İçme suyu dağıtım sistemlerinde meydana gelen arızalar üzerinde birçok faktörün etkisi olabilir. Bunlar temel olarak şu şekilde sıralanabilir;

- Boru fiziksel özellikleri (çap, yaş, cins, et kalınlığı, pürüzlülük vb.)
- Çevresel faktörler (zemin, trafik yoğunluğu, yer altı su seviyesi, sıcaklık, yağış)
- İşletme faktörleri (işletme basıncı, su kesinti bilgileri, su tüketim karakteristiği vb.)

Arıza kayıtlarının analizinde en önemli sorunlar, birçok dağıtım sisteminde şebekeye ait verilerin olmaması, yukarıda verilen faktörlere ait veri tabanının olmaması ve verilere ulaşılamaması olarak gösterilebilir. Bu da arıza analizinin yapılamamasına, etkili faktörlerin analiz edilememesine neden olmaktadır.

Yapılan bu çalışmanın amacı temel olarak şu şekilde sıralanabilir;

- İçme suyu dağıtım sistemlerinde PVC ve AÇB borularda meydana gelen arızaların analiz edilmesi,

- PVC ve AÇB borularda arızanın fiziksel faktörlere göre değerlendirilmesi,
- PVC ve AÇB borularda arızanın zemin ve iklim özelliğine göre değerlendirilmesi,
- PVC ve AÇB borularda arızanın su tüketimi ve su kesintisine göre değerlendirilmesi,
- PVC ve AÇB borularda arızanın zamansal ve konumsal olarak değişiminin analiz edilmesi ve değerlendirilmesi,
- PVC ve AÇB borularının Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi kullanılarak teknik olarak değerlendirilmesi.

Yukarıda verilerin amaçların gerçekleştirilmesi için Malatya ili dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiş ve temel olarak aşağıdaki veriler, değişkenler ve yöntem/araçlar kullanılmıştır;

- Uygulama alanına ait içme suyu dağıtım sistemi
- Uygulama alanında 2006-2016 yılları arasında PVC ve AÇB borularda gözlenen arıza kayıtları,
- Uygulama alanı haliz hazır ve bölge haritası,
- Uygulama alanına ait jeolojik harita,
- Arızanın meydana geldiği tarihlere karşılık gelen maksimum ve minimum sıcaklıklar,
- 2015-2016 yılları arasında sisteme verilen iletim debisi,
- 2015-2016 yılları arasında uygulama alanında meydana gelen su kesintileri,
- Uygulama alanına ait tüm verilerin saklanması, görüntülenmesi ve analiz edilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemler tabanlı ArcGIS programı,,
- PVC ve AÇB boruların değerlendirilmesinde AHP yönteminin uygulanması.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kleiner ve Rajani (2001), son 20 yılda elde edilmiş verileri analiz ederek içme suyu dağıtım sisteminde meydana gelmiş arızaları saptamaya çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada istatistiksel verileri iki sınıfa ayırarak, hesaba ve olasılıklara dayalı iki model oluşturmuşlardır. Eldeki verileri alt sınıflara ayırarak yeni ve kendine has denklemler içeren modeller tanımlamışlardır. Ayrıca önemli olabilecek verileri tanımlamış ve karşılaştırmalar yapmışlardır.

Pelletier vd. (2003), şebeke sistemlerinin zayıf ve giderek kötüleştiğinden bahsetmiştir. Şebekelerde gerçek arıza durumlarının ve arıza oranlarının belirlenmesi gerektiğinden bahsetmiş ve şebekeye ait arıza verilerinin mutlaka analiz edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Şebekelerin uzun yıllardır kullanıldığını ancak arıza verilerinin kayıt edilmediğini vurgulamıştır. Üç belediyede arıza verileri ve uygulanan modelleme ile ilgili tanımlamalar yapmıştır.

Park (2004), yaptığı çalışmada orantılı arıza modeli kullanarak şebeke arızaları ile arıza durumları arasındaki değişimi takip edecek bir yöntem geliştirmiştir. Bu amaçla modele ait hesaplanan parametre setleri her arıza durumuna göre yeniden tanımlamıştır. Geliştirilen yöntem ile oluşabilecek arızaların tahminini daha sistematik bir çerçeveye oturtmayı hedeflemiştir. Böylece modelde meydana gelecek bir değişimle şebekede hem daha doğru hem de daha kolay müdahale yapılması hedeflenmiştir.

Gargari (2006)'e göre şebeke oluşturulurken kısa sürede ve ön çalışma yapmadan verilen kararlar sistemin verimliliğini düşürerek kullanılacak malzeme ve yöntemleri sınırlandırır. Şebekenin optimizasyonu için çeşitli olasılıklar değerlendirilmeli ve en uygunu seçilmelidir. Maliyet analizine girilmeden önce doğru sistemin oluşturulmasına karar verilmelidir. Çalışmaları büyük içme suyu projesinde kullanılacak boruların türü için ön seçim analizi ile ilgili bir örnek oluşturmaktadır.

Hu ve Hubble (2007), çalışmalarında hala pek çok su şebekesinde kullanılan asbest borularla ilgili belli bir bölgeye ait arıza verileri toplamış ve çevre şartlarına, zemin tipine, hava şartlarına, iklime, yapılaşmaya ve bakım durumuna göre korelasyon yapmışlardır. Çalışmada asbest boruları etkileyen etkili faktörleri tespit etmişlerdir.

Çalışma sonucunda boru yaşı, çapı, iklim, killi toprak, yapılaşma ve bakım metotlarının asbest boruların arızalarında etkili olduğunu gözlemlemiştir.

Jafar vd. (2009) Fransa'da bir kente ait 14 yıllık arıza verilerini incelemiş ve şebekede arıza oranlarının ve boruların en uygun değiştirme zamanını tahmin etmek için Yapay Sinir Ağından yararlanarak bir model geliştirmişlerdir.

Tabesh vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, boru arıza oranlarının daha kapsamlı ve daha doğru tahminini gerçekleştirmek ve geliştirmek için iki model üzerinde çalışılmıştır. Bunun için, diğer modellerde olduğu gibi sadece çap, yaş ve boruların uzunluğu değil bunun yanında basınç ve derinlik gibi değişkenlerle dikkate alınmıştır.

Wang vd. (2009), yaptıkları çalışmada, boru malzemesi, çapı, yaşı ve uzunluğuna göre şebekede meydana gelecek arıza oranlarının tahmini için model geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla, Kanada'da yer alan toplam 432 km'lik bir şebekenin 15 yıllık arıza kayıtları kullanılmıştır. Çalışma sonunda, beş farklı regresyon modeli geliştirilmiştir.

Blair vd. (2011) yaptıkları çalışmada, 2004-2010 yıllarını kapsayan, sıcaklık ile boru arızaları arasındaki ilişkiyi araştırmak için daha önce yapılan çalışma ve görüşlere dayalı olarak irdeleme yapılmıştır. Sıcaklık ve boru arızaları ile ilgili elde edilen veriler ve mevcut olanlar kullanılarak aralarındaki ilişki açıklanmıştır.

De Oliveira vd. (2011) fiziksel olarak kötü durumda olan, ömrünü tamamlamış ve değiştirilmesi gereken şebekelerde yapılacak yatırımları optimize etmek için şebekenin fiziksel durumunu ortaya koyacak verileri değerlendirmiş ve arıza verileri analiz edilmiştir.

Tsitsifli vd. (2011)' göre bir şebekede izleme, onarım ve malzeme değiştirmek gibi metotların yanı sıra daha kesin sonuçlar elde etmek için veri kullanarak risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Çalışmalarında bir analiz ve sınıflandırma metodu kullanarak şebekede meydana gelebilecek olası arızaları tahmin etmeyi hedeflemiştir. Çalışmalarında farklı malzemeler taşıyan şebekeler üzerinde durmuşlardır. Su şebekelerinde diğer şebekelere göre kalite ve güvenilirlik konusunda daha ciddi sıkıntıların olduğunu göstermişlerdir.

Palau vd. (2012) yaptıkları çalışmada, modelleme yapmadan şebekede sınırlandırılmış bir bölgede hassas ve hızlı analiz yapmayı hedeflemişlerdir. Uygulanan analiz tekniği ile şebekede su kullanımı, patlamalar veya yasa dışı kullanımlar gibi verilerin kontrol altına alınması planlanmıştır.

Tsakiris ve Tsakiris (2012), su dağıtım sistemlerinin en önemli görevi suyun kaliteli ve yeteri miktarda halkın kullanımına sunabilmektir. Bu nedenle sistemde kullanılan şebeke malzemelerinin ve bileşenlerinin gerekli kalite şartlarını sağlaması gerektiğini vurgulamışlardır. Şebekedeki en önemli bileşenler borular olduğu için borularda kullanılan malzeme cinsi seçilirken dikkatli olunması gerektiğini şebeke kurulurken gelişmelere ve yeniliklere dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışmalarında şebeke ile ilgili meydana gelmiş son gelişmeleri izleyerek kullanışlı bilgiler elde etmeyi hedeflemişlerdir.

Ennaouri ve Fuamba (2013) yaptıkları çalışmada, belirledikleri bölgede hidrolik ve yapısal özelliklere göre kanalizasyon sistemlerini etkileyen faktörleri ve bozulma durumunu ortaya koymuşlardır. Analitik Hiyerarşi İşlemi (AHP) kullanarak 15 faktör kümesi belirlemiş ve analiz uygulamışlardır. Analizde kullanılan faktör ve alt faktörlerin sayıca fazla olması yönünden benzersiz bir çalışma olmuş ve hidrolik ve yapısal özelliklerine göre sistemlerin kıyaslanmasını sağlamıştır.

Mamo vd. (2013) yaptıkları çalışmada ömrünü tamamlamış veya onarıma ihtiyaç duyan şebekelerin bakım stratejisini belirlemek ve sürecin yönetilmesine ilişkin değerlendirme analizleri yapmayı hedeflemişlerdir. Çalışmalarında birçok parametre belirleyerek, Bulanık Analitik Hiyerarşi İşlemi (FAHP) ile bakım ve onarımlarda minimum maliyetle optimum bakım stratejileri geliştirmeyi hedeflemiştir.

Atkinson vd. (2014) tarafından çalışmada iki alt kategoriye göre gerçek veriler kıyaslanmıştır. Yapılan çalışmada şebekenin fiziksel ve hidrolik verileri kıyaslanarak maliyet değerleri incelenmiştir.

Aydoğdu (2014) çalışmasında belirlenen bir bölgede şebekede meydana gelmiş çeşitli yıllara ait arıza verilerini kullanarak şebekenin genel durumunu ortaya çıkarmayı hedeflemiştir. Çalışma sonucunda içme suyu şebekesinde meydana gelen arızaların tahmini için kümeleme analizi tabanlı arıza oranı tahmin modeli kurmuştur.

Choi ve Koo (2014) çalışmalarında su dağıtım ağı için bir risk değerlendirme modeli geliştirerek ve belli bir alanda uygulayarak, şebekede arıza olasılıklarını, arızaların şebekeye etkisini ve bu iki değere bağlı olarak risk değerlendirmesi yapmayı hedeflemişlerdir.

Cubillo ve Perez (2014) çalışmalarında sistemi tehdit eden olasılıklar, yapılmış değerlendirmeler ve ortaya çıkmış sonuçlara göre şebekede meydana gelebilecek olası arızaları saptayacak bir metod oluşturmayı hedeflemişlerdir. Şebekede meydana gelen arıza verilerine göre arıza boyunca sistemin çalışmasında ve kapasitesinde nasıl bir etki olduğunu saptamaya çalışmışlardır. Yaptıkları metotla olası arızalar karşısında daha iyi kararlar verebilmeyi ve bu kararlara göre en kısa sürede farklı risk analizleri yapabilmeyi hedeflemişlerdir.

Kabir vd. (2014) metal boru malzemesinin kullanıldığı şebekelerde arızaların, hidrolik kapasitenin, su kalitesinin ve önemli faktörlerin risk değerlendirmesi yapmak için bir model geliştirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışma aynı zamanda şebeke hakkında çeşitli veriler sunan, veriler arasındaki olası ilişkiyi düzenleyen ve geçmiş verilere ulaşmayı sağlayan grafiksel bir modeldir. Önerilen model ile dağıtım şebekesi tehlikeyi tanımlayarak sistemin düzenli çalışmasını sağlayabilecektir.

Kutyłowska ve Hotlos (2014) Polonya’da belli bir bölgeye ait su şebekesinin arızalarını tespit etmeye çalışmışlardır. Boru çapları ana bağlantılarda 80-700 mm, ev bağlantılarında 25-200 mm arasında olan dökme, çelik veya plastik malzemeden yapılmış yaklaşık 140 km’lik bir şebekede araştırma yapmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda bölgede kışın meydana gelen arızaların yılın diğer dönemlerinin neredeyse iki katı olduğunu göstermiştir.

Laucelli vd. (2014) yaptıkları çalışmada, boru patlamaları ve iklimle ilgili faktörler arasındaki olası bağlantıyı incelemişlerdir. Araştırma için Kanada’nın Ontario bölgesinde şebekeye ait 24 yıllık arıza kayıtları ve iklim verileri kullanılarak arızalar ve sıcaklık, yağış vb. iklim değişkenleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan çalışmada soğuk sezonla ilgili inceleme oldukça iyi sonuçlar verirken sıcak sezon için yapılan incelemelerde doğruluk payı daha düşük verilerin olduğu görülmüştür.

Wols ve Thienen, (2014) istatistiksel bir analiz yaparak Hollanda’da iklim parametreleri ile şebeke arızaları arasında korelasyon oluşturmuş ve iklimin arızalar

üzerindeki etkisini ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışmalarında elde ettikleri verileri farklı parçalara ayırarak (boru malzeme cinsi, yapım yılı ve çap) analiz etmişlerdir. Yapmış oldukları analizde arıza ilişkisinde en çarpıcı sonuçların sıcaklık ile ilgili olduğu görülmüştür. Asbest ve çelik boruların sıcak havalarda, dökme boruların soğuk havalarda arızalarının fazla olduğu gözlemlenmiştir. İklim koşullarının polietilen borular üzerinde ise çok etkili olmadığı görülmüştür.

Aydoğdu ve Fırat (2015) yaptıkları çalışmada, Bulanık C-Ortalamlar ve LS-SVM yöntemlerini kullanarak içme suyu şebekelerinde arıza oranlarının tahmin edilmesini hedeflemişlerdir.

Li vd. (2015) yaptığı çalışmada su dağıtım sistemlerinde arızaların sıklıkla yaşandığını ve bunların insan güvenliğini tehdit ettiğini ve ciddi ekonomik zararlara yol açtığını ifade etmiştir. Bu nedenle arızaların temel sebeplerinin analiz edilmesinin önemli olduğunu vurgulamıştır. Çalışmasında şebekeye zarar veren hidrolik faktörler dışındaki etkiler üzerinde odaklanmış ve geçmiş verileri, geleneksel ve gelişmiş analitik metotları kullanarak analiz yapmış bir bölgenin verilerinden yararlanmıştır.

Kessili ve Benmamar (2016) kanalizasyon rehabilitasyon çalışmalarına yönelik bir metot geliştirmişlerdir. Çalışmalarında sistemin yapısal, hidrolik, çevresel, mali, sosyal ve teknik konularında metot içerisinde kullanılmak üzere 12 kriter belirlemişlerdir. Analitik Hiyerarşi İşlemi (AHP) kullanarak kriterlerin ağırlıklarını belirlemiş ve başka bir metot ile rehabilite edilecek alanların sıralamasını yapmayı hedeflemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar metotların rehabilitede öncelikli bölgelerin seçiminde kullanılabileceğini göstermiştir.

Omid vd. (2016) çalışmalarında İran'nın Gorganrood havzasında sel riski için kritik alanları belirlemeye çalışmışlardır. Sel tehlike potansiyelini değerlendirmek için elde ettikleri faktörleri birleştirerek Analitik Hiyerarşi İşlemi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'ni kullanmışlardır. Sel ile ilgili geçmiş verileri kullanarak yaptıkları değerlendirmede %76.1 ve %79.5 gibi makul değerlere ulaşmışlardır.

3. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES (AHP)

Çok ölçütlü karar analiz veya karar verme yöntemleri, göz önüne alınan problemin incelenmesinde problem üzerinde etkili olabilecek tüm değişkenleri (faktörleri) aynı anda dikkate alan ve bu değişkenlerin problem üzerindeki etkisini ortaya koymaya çalışan bir yaklaşım olarak açıklanabilir. Literatürde çok ölçütlü karar analizi amacıyla Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), ELECTRE, Analitik Ağ Proses (ANP) vb. bir çok yöntem önerilmiş ve çeşitli alanlara uygulanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında içmesuyu dağıtım sistemlerinde boru hasarlarının teknik olarak değerlendirilmesi amacıyla, Saaty (1980) tarafından önerilen AHP yöntemi uygulanmıştır. Saaty (1980), AHP yönteminin herhangi bir probleme uygulanması amacıyla aşağıdaki işlem sırasının izlenmesi gerektiğini önermiştir;

- Uygulama olarak seçilen problemde hedefin belirlenmesi,
- Bu problemde belirlenen hedefe ulaşmak için problem üzerinde etkili olduğu düşünülen ana değişkenlerin belirlenmesi,
- Bu değişkenlere ait alt değişkenlerin ve bu alt değişkenlerin bileşenlerinin belirlenmesi,
- İlgilenilen probleme ait hiyerarşik yapının oluşturulması,
- Ana değişkenlerin birbiri ile karşılaştırılması ve ikili karşılaştırma puanlandırılmasının oluşturulması
- Alt değişkenlerin birbiri ile karşılaştırılması ve ikili karşılaştırma puanlandırılmasının oluşturulması,
- Her aşama için oluşturulan ikili karşılaştırmalar temel alınarak Standart Tercih Matrisinin oluşturulması, değişkenlerin matrislerinin oluşturulması,
- Oluşturulan hiyerarşik yapının her bir aşamasında yer alan ana faktör ve alt faktörler için AHP ile ağırlık katsayılarının belirlenmesi,
- Belirlenen ağırlık katsayılarının doğruluğunun test edilmesi için Tutarlılık Analizinin gerçekleştirilmesi,
- Her bir bileşenin puanlandırılması,
- Her bir borunun toplam puanının hesaplanması/ Sonuçlar,
- Karar Aşaması.

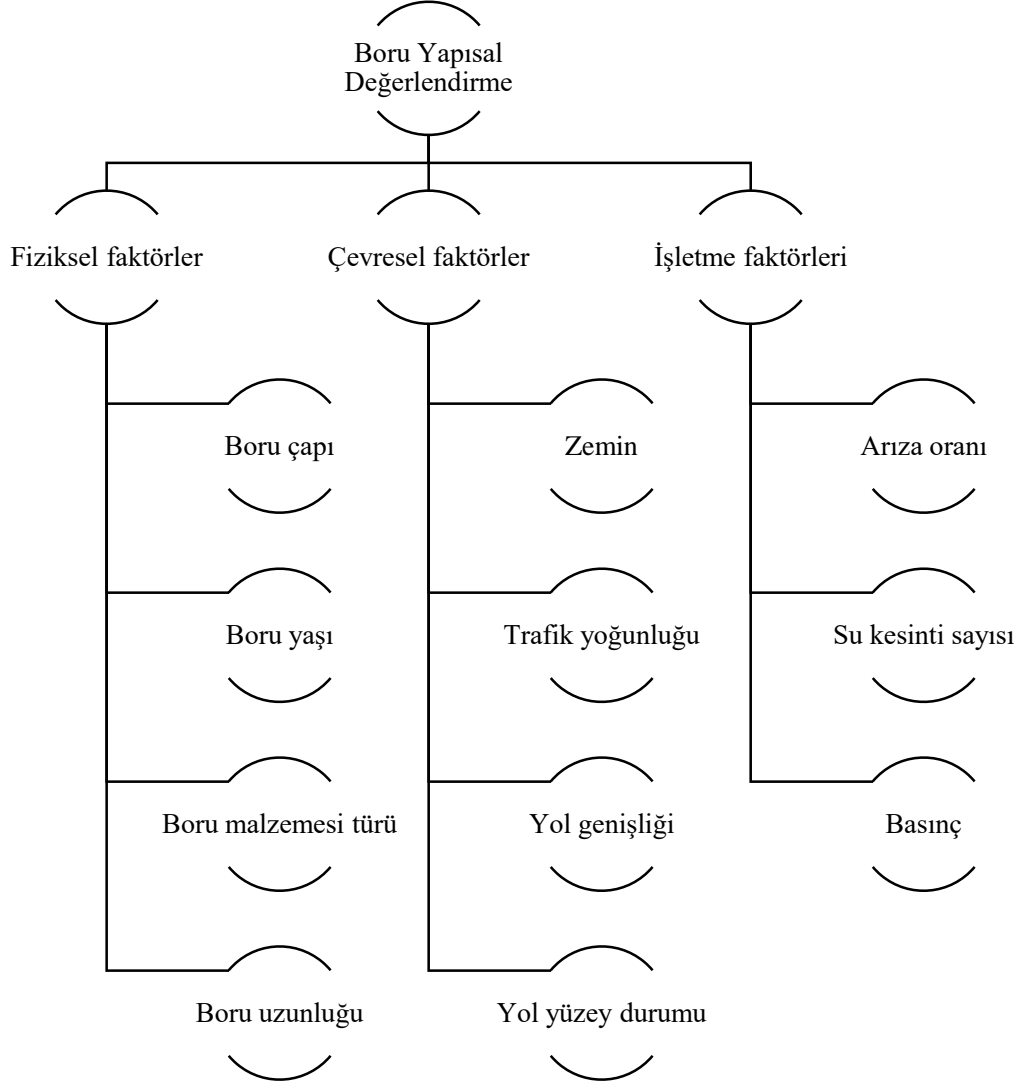
Bu çalışmada içme suyu dağıtım sistemlerinde hizmet veren boruların yapısal olarak değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan hiyerarşik yapı oluşturulmuş ve Şekil 3.1’de gösterilmiştir. İncelenen probleme ait faktörler belirlendikten sonra denklem (3.1)’de verilen matris oluşturulur (Saaty, 1980; Yaralıoğlu vd., 1999).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

AHP yönteminde incelenen probleme ait faktörlerin ve alt faktörlerin ikili karşılaştırılmasında ve karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında Saaty (1980) tarafından önerilen ve Çizelge 3.1’de verilen puanlandırma (değerlendirme) tablosu kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1 Saaty (1980) tarafından önerilen AHP puanlandırma tablosu

Puan	Puan Açıklaması
1	Faktörler eşit önemde
3	Faktör 1, Faktör 2’ye göre biraz daha önemli (üstünlük seviyesi az)
5	Faktör 1, Faktör 2’ye göre fazla önemli (üstünlük seviyesi fazla)
7	Faktör 1, Faktör 2’ye göre çok daha fazla önemli (üstünlük seviyesi çok)
9	Faktör 1, Faktör 2’ye göre son derece önemli (üstünlük seviyesi çok)
2, 4, 6, 8	Ara değerler



Şekil 3.1. Boruların yapısal olarak değerlendirilmesi için hiyerarşik yapı

Şekil 3.1 'de verilen her bir aşamada belirlenen faktör ve alt faktörler Çizelge 3.1'de verilen puanlandırma sistemi ile ikili olarak puanlandırılmakta ve matris oluşturulmaktadır. Puanlandırma için incelenen problem konusu ile ilgili uygulayıcıların görüşleri dikkate alınmaktadır. Örnek ikili karşılaştırma puanlandırılması ve matrisi Çizelge 3.2 ve 3.3'te verilmektedir.

Çizelge 3.2 Ana faktörler için örnek ikili karşılaştırma puanlandırılması

Boru Yapısal Durumu Üzerinde Etkili ana faktörlerin ikili karşılaştırılması			
Kategori	FİZİKSEL	ÇEVRESEL	İŞLETME
FİZİKSEL	1	P1	P2
ÇEVRESEL	1/P1	1	P3
İŞLETME	1/P2	1/P3	1

Çizelge 3.3 Alt faktörler için örnek ikili karşılaştırma puanlandırılması

Boru yapısal durumu üzerinde etkili fiziksel alt faktörlerinin ikili karşılaştırılması				
Kategori	Boru yaşı	Boru çapı	Boru uzunluğu	Boru cinsi
Boru Yaşı	1	P1	P2	P3
Boru Çapı	1/P1	1	P4	P5
Boru uzunluğu	1/P2	1/P4	1	P6
Boru Cinsi	1/P3	1/P5	1/P6	1

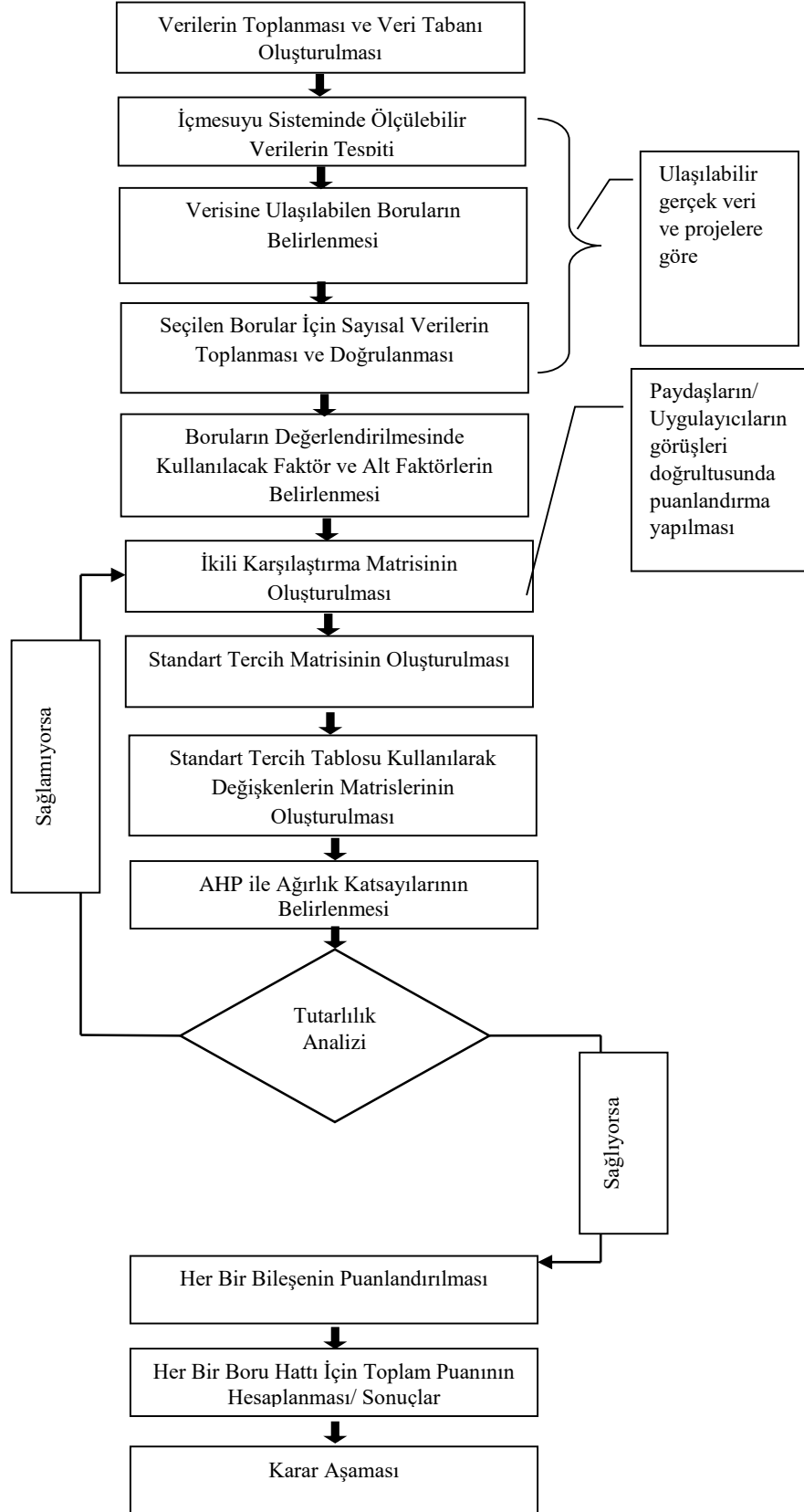
İçme suyu dağıtım sistemlerinde hizmet veren boruların yapısal olarak değerlendirilmesi için belirlenen her bir faktör ve alt faktör için yukarıda örnek olarak verilen puanlandırmalar temel alınarak AHP yöntemi ile ağırlık katsayıları (her bir aşamadaki faktörlerin ağırlıklarının toplamı 1 olmalı) belirlenmektedir. AHP yöntemi ile ikili karşılaştırma matrislerinin toplamı ve faktörlerin ağırlıklarının hesaplanması sırasıyla denklem (3.2) ve (3.3)'te verilmektedir (Ennaouri vd., 2013). Bu denklemlerde $b_{ij} = \frac{a_{ij}}{c_j}$ şeklinde yazılırken, N ise karşılaştırma yapılacak olan faktörlerin sayısını göstermektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^N c_{ij} \quad (3.2)$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^N b_{ij}}{N} \quad (3.3)$$

AHP de tutarlılık analizinin yapılabilmesi için her aşamadaki ağırlık katsayıları Saaty (1982) önerisi doğrultusunda kullanılacaktır. Analiz sonucunda indeks değeri 0.10 dan küçük ya da eşit olana kadar alınan görüşlere tekrar başvurulur. Ağırlık katsayıları hesapları ve tutarlılık analizleri gerçekleştirildikten sonra tablo halinde puanlandırma yapılmıştır. Oluşturulan tabloda uzmanların görüşleri alınarak alt faktöre ait bileşenler puanlandırılmıştır. Puanlandırma yapılırken 1 ile 10 arasındaki sayı dizisi kullanılmış, 1 (bir) faktörün en az etkili ve 10 (on) ise çok etkili olduğunu belirtmektedir.

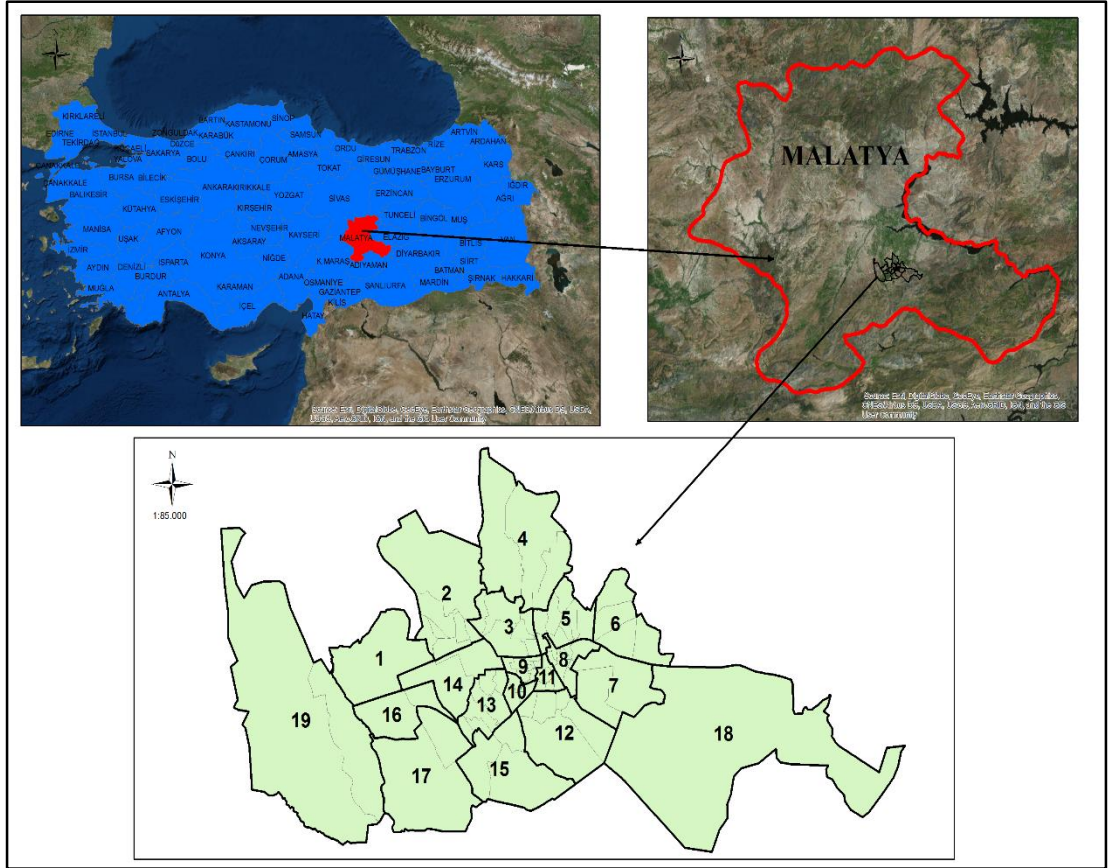
AHP yöntemi son aşama, önceki adımlarda belirlenen ağırlık katsayıları ve her bir bileşene ait puanlar dikkate alınarak sistemin toplam puanının hesaplanması ve sonuçların elde edilmesi işlemlerinden oluşmaktadır. AHP yönteminin daha iyi anlaşılması adına, bu tez çalışmasına konu olan boru elemanlarının yapısal olarak değerlendirilmesi için oluşturulan akış diyagramını Şekil 3.2 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. İçme suyu borularının yapısal olarak değerlendirilmesi için akış diyagramı

4. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

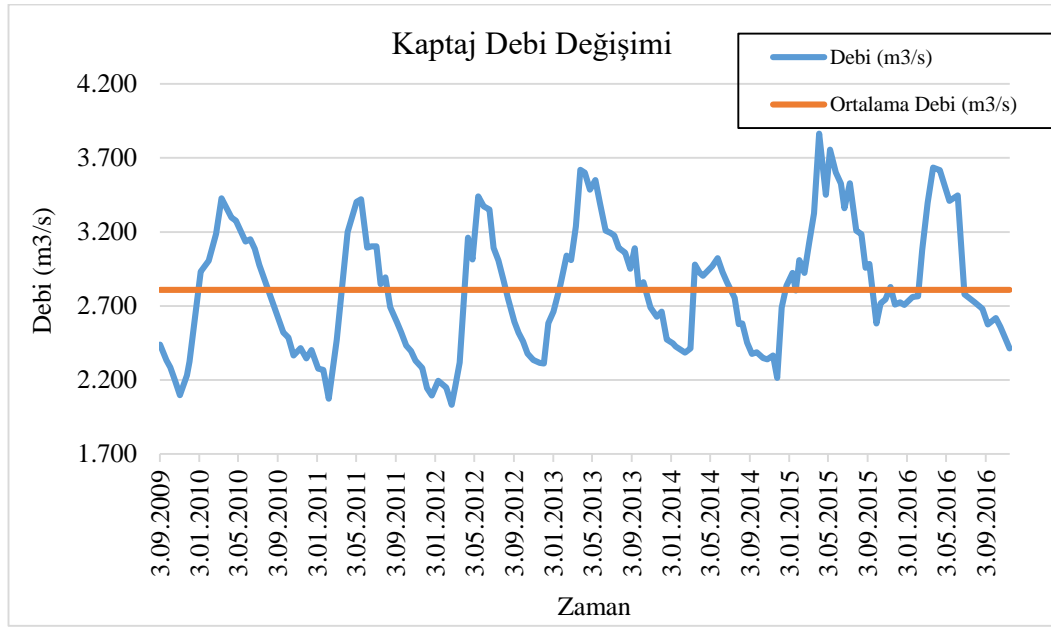
İçme suyu dağıtım sistemlerinde PVC ve AÇB borularının çevresel etkilere göre davranışının ve performansının değerlendirilmesi amacıyla Malatya ili merkez içme suyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanımızı oluşturan Malatya İli, Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat Havzasında yer almakta olup yüz ölçümü 12.313 km² ve toplam nüfusu 769.544 kişidir. Malatya ili 2014 yerel seçimleri ile birlikte Büyükşehir statüsüne kavuşmuş olup merkez ilçelerini oluşturan Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinin toplam nüfusları ise 565.000 kişidir. Uygulama alanı olarak seçilen Malatya ilinin ve çalışma alanı sınırlarının genel görünümü Şekil 4.1 'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Çalışma alanı

Malatya içme suyu temini, Kaptaj olarak ifade edilen tek bir kaynaktan karşılanmaktadır. Şehrin ihtiyacını karşılayan Kaptaj kaynağı Yeşilyurt İlçesi sınırları içinde, şehir merkezine 19 km uzaklıkta ve 1255 m yükseklikte bulunmaktadır.

Mevcut kaynak, İlin merkez ilçeleri olan 565.000 nüfuslu Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinin tek içme suyu kaynağıdır. İçme suyu ihtiyacının karşılanmasında kullanılan kaynak ortalama 2600 l/s, maksimum 3700 l/s debiye sahip olup yaz aylarında kaynaktan alınan suyun tamamı İsale hattı ile şehre verilmektedir. Kaptaj tesisinde geçmişte ölçülmüş debi kayıtlarının zamana göre değişimi Şekil 4.2 'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Malatya kaptaj debi değişimi

Malatya ilinin gelişmekte olan bir şehir olması, mevcut nüfusun sürekli olarak artması, su ihtiyacını günden güne artırırken, son yıllarda artan kuraklıkla beraber kaynak debisi düşmüş ve kayıplarla mücadele daha da önem kazanmıştır. Malatya içme suyu dağıtım sistemi, çeşitli dönemlerde döşenmiş ve farklı boru malzeme türüne sahip boru elemanlarından oluşmaktadır. Malatya ili 2014 yerel seçimleri ile birlikte Büyükşehir statüsüne kavuştuktan sonra Malatya Su ve Kanal İdaresi (MASKİ) Genel Müdürlüğü kurulmuştur. MASKİ, Malatya il sınırları içerisinde kalan tüm yerleşim yerlerinde içmesuyu ve atıksu hizmetlerinin yürütülmesinde tek sorumlu kurum haline gelmiştir.

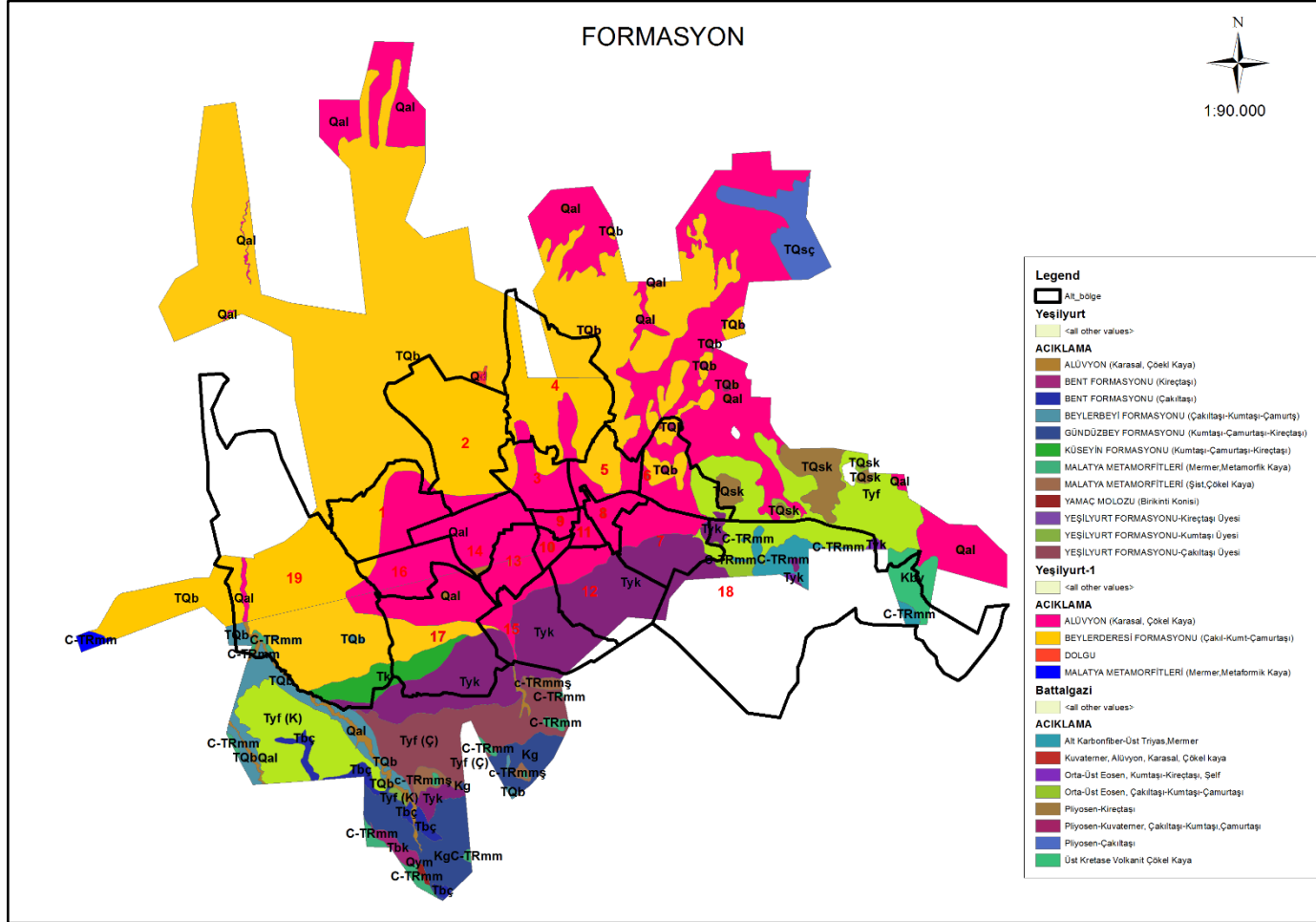
Meydana gelen arızalarla ilgili incelenmesi gereken önemli bir diğer faktör zeminin taşıdığı özellikler ve bunların arızalardaki etkisinin incelenmesidir. Bu amaçla Malatya ilinin jeolojik haritası incelenerek arıza sayısı ve zemin arasındaki bağlantılar

bulunmaya çalışılmıştır. Malatya ilinde çalışma alanımıza ait jeolojik formasyon ve Şekil 4.3 'te gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 4.3 'te gösterilen zemin özellikleri ile ilgili açıklamalar ve bölgelerdeki zemin özelliklerine göre zemin davranışı oluşturularak Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Zemin özellikleri

Bölge	Zemin Özelliği	Açıklama	Zemin Davranışı
1	TQb ve Qal	Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı ve Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
2	TQb	Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı	Hareketli
3	TQb ve Qal	Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı ve Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
4	TQb	Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı	Hareketli
5	TQb ve Qal	Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı ve Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
6	TQb ve Qal	Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı ve Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
7	Tyk ve Qal	Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf ve Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Ortalama
8	Qal	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
9	Qal	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
10	Qal	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
11	Qal	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
12	Tyk	Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf	Ortalama
13	Qal	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
14	Qal	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
15	Tyk	Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf	Ortalama
16	Qal	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
17	Qal, Tyk ve TQb	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya, Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf ve Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı	Hareketli
18	Tyk, Tyf ve C-TRmm	Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf, Orta-Üst Eosen, Çakıltası-Kumtaşı-Çamurtaşı ve Alt Karbonifer-Üst Triyas, Mermer	Ortalama
19	TQb	Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı	Ortalama

Malatya ili merkez sınırları ve çalışma sahasını kapsayan alanda zemin genellikle benzer özellikler taşımakta, alanın büyük kısmında TQb (Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı) ve Qal (Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya) olarak şekillenmiştir. Bazı bölgelerde ise jeolojik formasyon Tyk (Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf) ağırlıklı olarak görülmektedir.

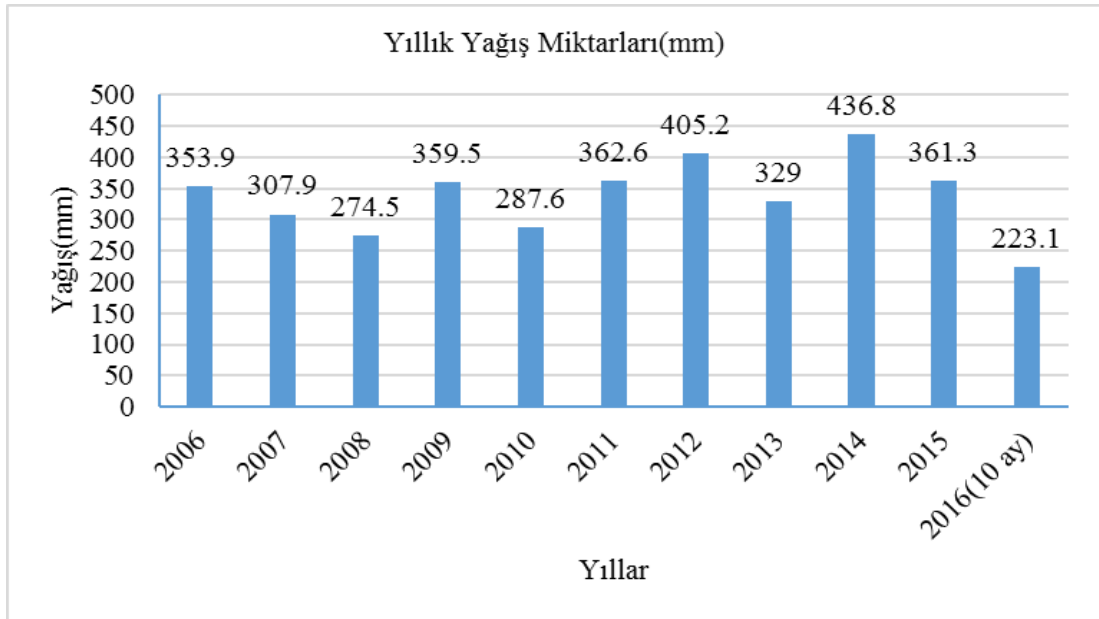


Şekil 4.3. Malatya ilinin jeolojik formasyonu (MASKİ, 2016)

Arıza sayısını etkilediği düşünölen en önemli faktörlerden biri de sıcaklıktır. Çalışılan alanda meydana gelen maksimum, minimum sıcaklık değeri ya da oluşan sıcaklık farkları boru hasarlarını tetikleyebilmekte ve arızalara sebep olmaktadır. Malatya İline ait yıllık sıcaklık değeri ve meydana gelen sıcaklık farkları Çizelge 4.2 'de gösterilmiştir. Yıl içerisinde boru arıza oranını etkileyen bir faktör de yıl içerisinde düşen yağış miktarıdır (Şekil 4.4).

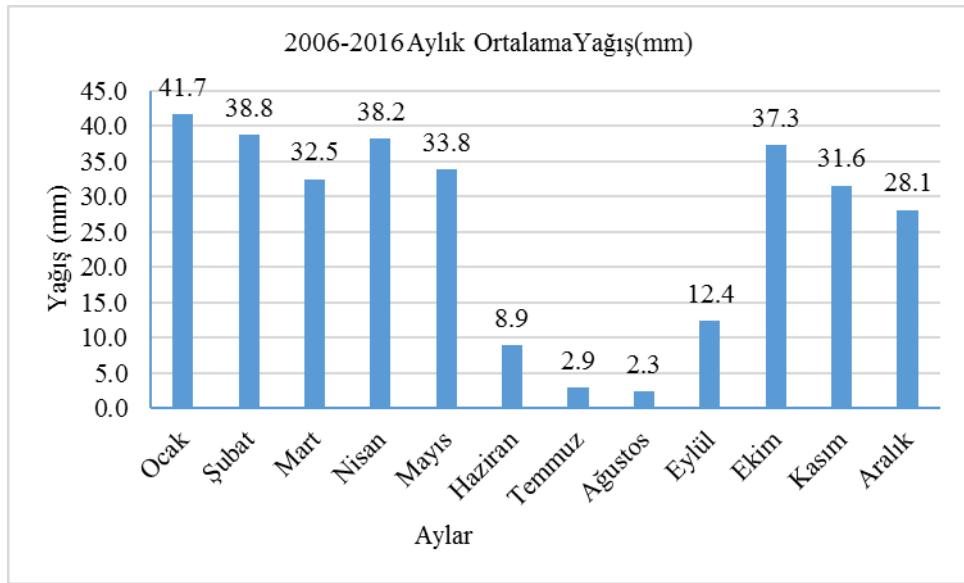
Çizelge 4.2 Yıllara göre sıcaklık değeri

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Min	-10.6	-10	-12.2	-9.2	-10	-6.1	-10.2	-9.6	-7.2	-10.3	-12.2
Mak	41.5	39.6	39.6	38	41	40.4	41.5	37.9	40.8	42.5	41
Fark	52.1	49.6	51.8	47.2	51	46.5	51.7	47.5	48	52.8	53.2
Ort.	14.8	14.5	14.4	14.5	16.5	14.2	14.1	14.8	16.1	15.5	17.2



Şekil 4.4. Yıllık toplam yağış miktarı

Çalışma yıllarına ait toplam yağış miktarını gösteren grafik incelendiğinde, yağış miktarının farklılıklar gösterdiği görülmektedir. En fazla yağış 2014 yılında 436.8 mm olarak, en az yağış ise 2016 yılının ilk on ayı içerisinde 223.1 mm olarak gerçekleşmiştir. Yıllar arasında yağış miktarları benzerlik göstermesine rağmen yıl içerisindeki yağış rejimi oldukça farklı olabilmekte ve etkisi değişebilmektedir. 2006-2016 yılları arasında aylık bazda meydana gelen ortalama yağışlar Şekil 4.5 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. 2006-2016 aylık ortalama yağış miktarları

5. ANALİZ VE DEĞERLENDİRME

Yapılan tezin bu bölümünde, MASKİ Genel Müdürlüğünden temin edilen uygulama bölgesine ait veriler elde edilmiştir. Bu veriler temel olarak; 2006-2016 yılları arasında MASKİ tarafından tutulan PVC ve AÇB hat arızaları, bölgenin jeolojik haritası, şebeke bilgileri, arızaların olduğu tarihler için minimum sıcaklık (minT), maksimum sıcaklık (makT), ortalama sıcaklık (ortT) ve yağış (P) şeklindedir. Bu veriler için gerçekleştirilen analizler temel olarak;

- MASKİ Genel Müdürlüğünden içme suyu şebeke ve arıza verilerinin temin edilmesi,
- ArcGIS programı ile içme suyu şebeke, arıza, jeolojik yapı, mahalle gibi katmanlardan oluşan veri tabanının oluşturulması,
- Uygulama bölgesinde 2006-2016 yılları arasındaki kaydedilen PVC ve AÇB şebeke arızalarının ön analizi,
 - Hatalı verilerin ayıklanması,
 - Uygulama alanında oluşturulan 19 bölge için şebeke boru uzunluklarının ve arızaların düzenlenmesi,
 - Arıza verilerinin koordinatlı olarak ArcGIS programına girilmesi,
 - Oluşturulan 19 bölge ve tüm sistem için ayrı ayrı olmak üzere arıza oranının hesaplanması (arıza sayısı/km/yıl),
- Arıza kayıtlarının bölge bazlı konumsal olarak sayısal ortamda görüntülenmesi ve arıza yoğunluğunun olduğu bölgelerin belirlenmesi,
- Her bir boru malzeme türü için arıza-boru çapı, arıza-boru yaşı, arıza-boru uzunluğu ilişkisinin belirlenmesi,
- Arıza sayısı/oranının zamansal olarak değişiminin analizi,
 - Arızaların yıllara göre değişiminin incelenmesi,
 - Arızaların aylara göre değişiminin incelenmesi,
 - Arızaların mevsimsel olarak değişiminin incelenmesi,
- Arıza sayısı/oranının iklim verilerine göre değişiminin analizi,

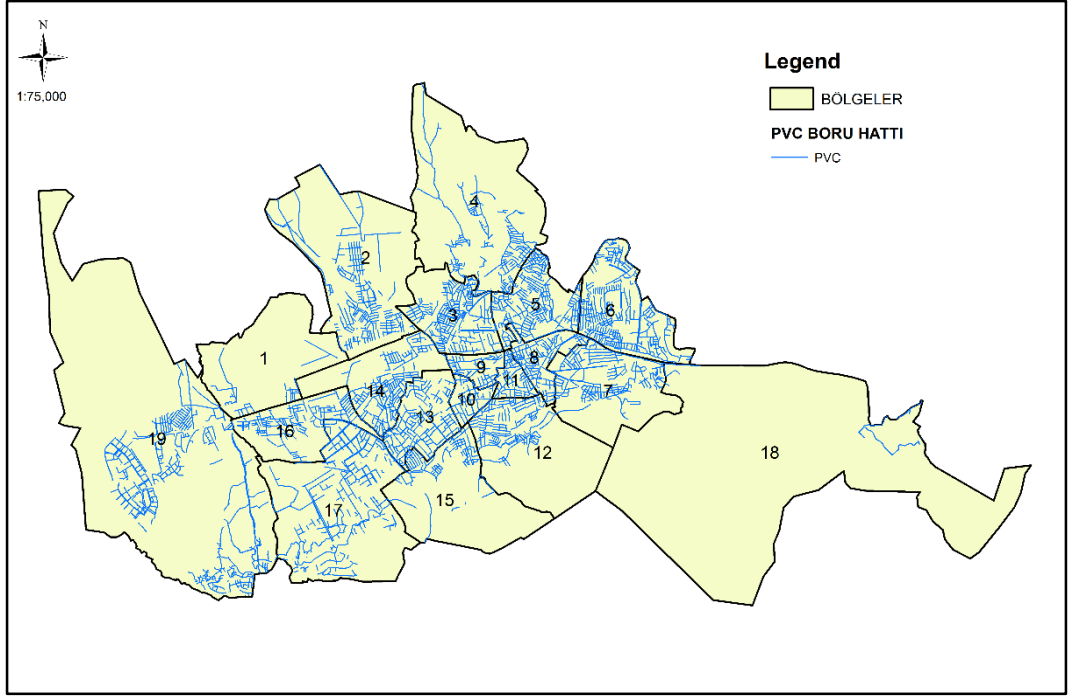
- Arıza-makT (arıza tarihindeki sıcaklık) ilişkisinin incelenmesi,
 - Arıza-P (arıza tarihindeki yağış) ilişkisinin incelenmesi,
 - Arıza ile önceki tarihlerde makT (3-5 gün önceki makT sıcaklıklar) ilişkisinin incelenmesi,
 - Bölgenin jeolojik özellikleri ile arıza arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi,
- Arıza sayısı/oranının aylık su kesintisine göre değişiminin analizi,
 - Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi ile boruların yapısal olarak değerlendirilmesi.

5.1. Uygulama Alanında Şebeke Verilerinin Değerlendirilmesi

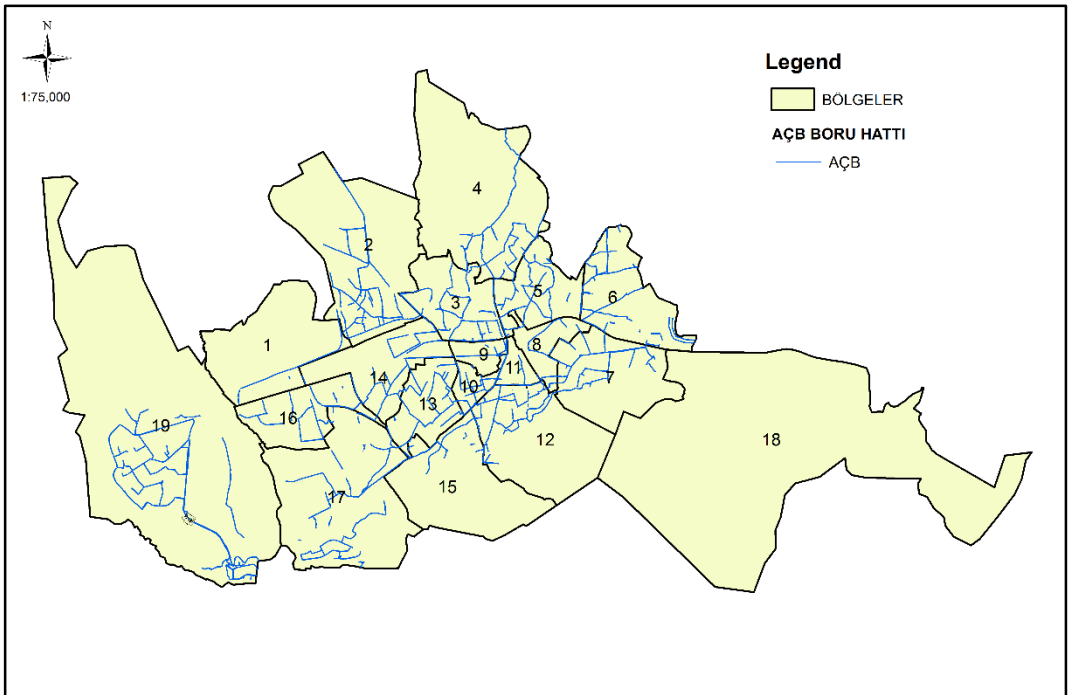
Bu tez kapsamında PVC ve AÇB borular için çevresel faktörlere göre arıza analizi için sadece il merkezinde yer alan mahalleler dikkate alınmıştır. Bunun nedeni, il sınırları içindeki yerleşim yerlerinde büyükşehir olmadan önce içme suyu ve atıksu hizmetleri her ilçe ve/veya belde belediyesi tarafından ayrı ayrı yürütülmekte ve sisteme ait fiziksel bilgiler tutulmamaktaydı. Bu nedenle, il genelinde düzenli ve doğru bilgiye ulaşmak mümkün olamayacağından merkez ilçe (Yeşilyurt ve Battalgazi) sınırları içinde kalan 82 mahalle uygulama bölgesi sınırı olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1). Bu şekilden de görüleceği üzere 82 mahalleden oluşan çalışma alanı 19 bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler belirlenirken temel olarak aşağıdaki ölçütler göz önünde bulundurulmuştur;

- Nüfusun yoğunlaştığı bölgeler,
- Su tüketiminin fazla olduğu bölgeler,
- Şebekenin büyük çoğunluğunu içeren yerleşkeler,
- Şebeke bilgilerinin sayısal ortamda olduğu bölgeler,
- Arıza kayıtlarının düzenli olarak tutulduğu bölgeler,
- Şebeke bilgilerinin saha verileri ile doğrulandığı bölgeler,
- Mahallelerin birbirine olan mesafeleri,
- Şebekenin alan içerisindeki yoğunluğu,
- Zemin özellikleri.

Uygulama alanı sınırları belirlendikten sonra, 19 bölge sınırları içine düşen PVC ve AÇB şebeke hattı ArcGIS programı veri tabanına aktarılmıştır. Uygulama alanında PVC ve AÇB şebeke hattının genel görünümü sırasıyla Şekil 5.1a ve 5.b'de gösterilmiştir.



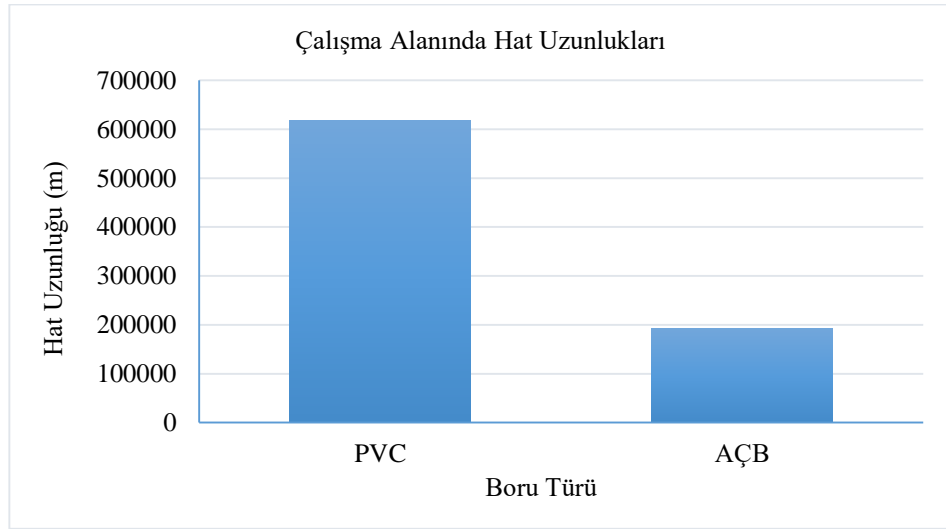
Şekil 5.1a. Çalışma alanı sınırları ve bölgelerde yer alan PVC şebekenin dağılımı



Şekil 5.1b. Çalışma alanı sınırları ve bölgelerde yer alan AÇB şebekenin dağılımı

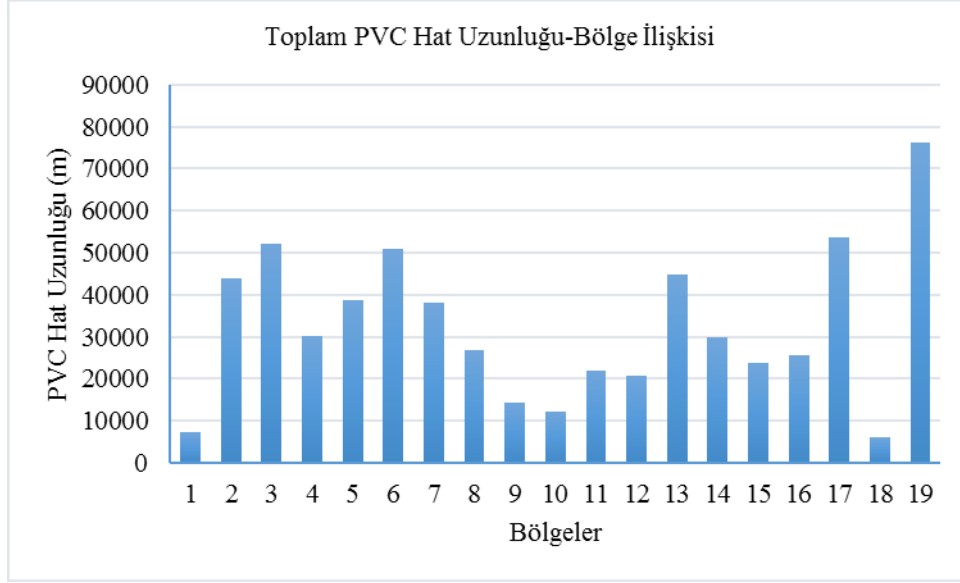
Malatya ili merkez içme suyu dağıtım sisteminde, PVC, AÇB, PİK, PE, Çelik, Galvaniz ve son yıllarda kullanılan Düktil boru hizmet vermektedir. MASKİ (2016) verilerine göre mevcutta MASKİ hizmet alanında toplam hat uzunluğu 1573 km'dir.

Malatya içme suyu dağıtım sisteminde, en fazla hat uzunluğu 1012 km (% 76 oranla) ile PVC boru yer alırken, bunu 278 km (% 8) oranla ile AÇB boru izlemektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi bu tez kapsamında Malatya içme suyu sisteminin tamamı yerine verilerine ulaşılabilen bölgeler dikkate alınmış olup belirlenen bu bölgelerde mevcut içme suyu dağıtım sisteminde hizmet veren boruların malzeme türüne göre dağılımı Şekil 5.2 'de gösterilmektedir.

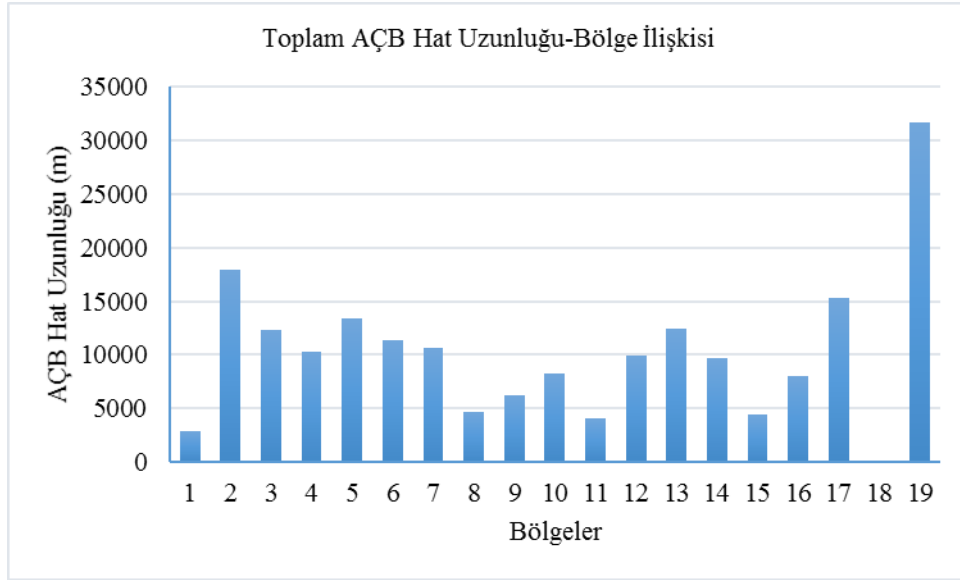


Şekil 5.2. Çalışma bölgesinde boru türüne göre uzunlukların dağılımı

Merkezde bulunan 82 mahalle 19 alt bölgeye ayrıldıktan sonra, her bir alt bölge içine düşen dağıtım sisteminde yer alan PVC ve AÇB boruların uzunlukları hesaplanmıştır. Her bir bölgedeki hat uzunlukları Şekil 5.3a ve 5.3b'de gösterilmiştir. Ayrıca her bir bölge içine düşen mahalleler ve bu mahallere ait boru özelliklerinin detayları Çizelge 5.1 'de gösterilmiştir.



a)



b)

Şekil 5.3 a) Bölgelere göre AÇB hat uzunlukları

b) Bölgelere göre PVC hat uzunlukları

Şekil 5.3a incelendiğinde, 19 alt bölgeye ayrılan çalışma alanındaki her bir bölgeye ait PVC boru hat uzunlukları görülmektedir. Buna göre en fazla PVC hat uzunluğu 19. Bölgede bulunurken, en az PVC hat uzunluğu ise 18. Bölgede bulunmaktadır. Bölge içerisinde yer alan hat yoğunlukları, bölge sınırı ve yerleşim şekli hat uzunluğunu etkilemektedir.

Şekil 5.3b incelendiğinde, 19 alt bölgeye ayrılan çalışma alanındaki her bir bölgeye ait AÇB boru hat uzunlukları görülmektedir. Buna göre en fazla AÇB hat uzunluğu 19. bölgede bulunurken, en az AÇB hat uzunluğu ise 1. bölgede olup, 18. Bölgede AÇB hat bulunmamaktadır. AÇB hatların son yıllarda döşeme oranı azalmış, ancak bölgelerde bulunan hatlar hala şebekenin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. AÇB hat bulunmayan 18. bölge yerleşim açısından yeni bir bölgedir.

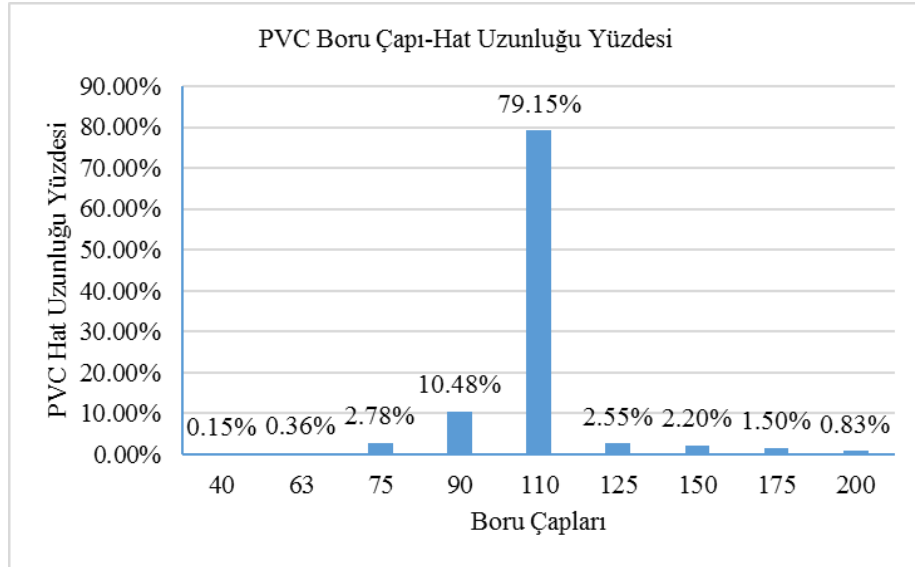
Çizelge 5.1 Alt bölgeler ve mahallelerde hat uzunlukları

Bölge No	Mahalle Adı	PVC Boru Uzunluğu (m)		AÇB Boru Uzunluğu (m)		Toplam Boru Uzunluğu (m)
1	CEVATPAŞA	7425	7425	2896	2896	10321
2	ATATÜRK	1372	43794	1073	17889	61683
	CUMHURİYET	4128		2277		
	FATİH	1828		372		
	GAZİ	3112		2048		
	HOCA AHMET YESEVİ	16517		6071		
	KOŞU	3322		1569		
	SEYRAN	13515		4479		
3	BENTBAŞI	4211	52299	691	12294	64593
	ÇAVUŞOĞLU	25840		4205		
	İLYAS	2929		994		
	KİLTEPE	12189		3491		
	SALKÖPRÜ	4142		1523		
	YEŞİLKAYNAK	2988		1390		
4	ÇARMUZU	8368	30212	1282	10251	40463
	KAYNARCA	10408		5327		
	MELEKBABA	11436		3642		
5	BEYLERBAŞI	2110	38616	140	13359	51975
	CİRİKPINAR	1548		1121		
	HİDAYET	4458		1973		
	İSKENDER	6468		1392		
	SARICIOĞLU	4176		1812		
	SELÇUKLU	5511		950		
	ŞEHİT FEVZİ	5540		1856		
	TAŞTEPE	8805		4115		
6	BATTALGAZİ	10524	50994	2938	11329	62323
	GÖZTEPE	12556		2597		
	TANDOĞAN	14190		3025		
	YILDIZTEPE	13724		2769		
7	ÇÖŞNÜK	16780	38207	3302	10666	48873

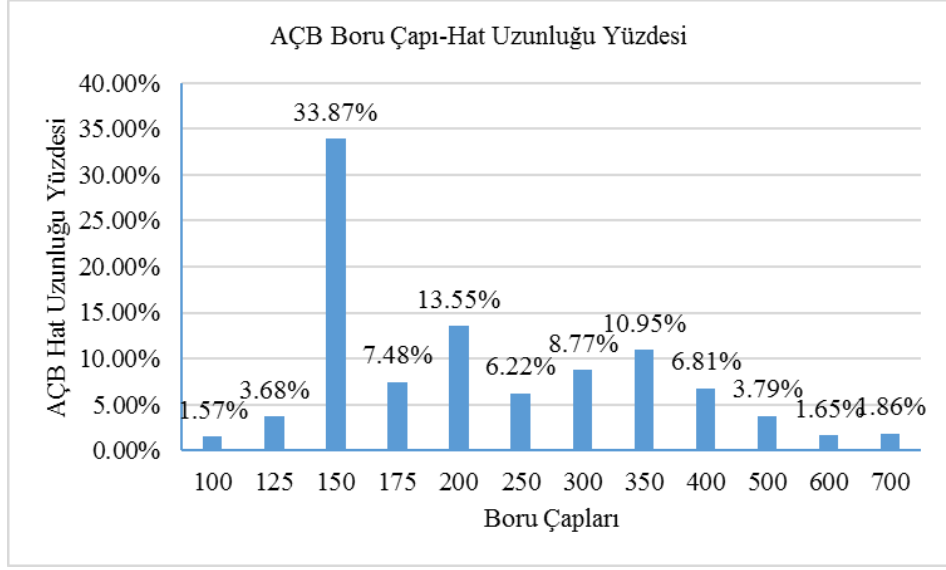
	FIRAT	13450		4988		
	ZAFER	7977		2376		
8	AKPINAR	502	26966	116	4632	31598
	BÜYÜK HÜSEYİN BEY	3221		0		
	HALFETTİN	1450		115		
	K. HÜSEYİN BEY	435		210		
	KERNEK	7609		423		
	KIRÇUVAL	811		207		
	SANCAKTAR	843		120		
	SARAY	2702		576		
	ÜÇBAĞLAR	6598		2865		
	YENİ HAMAM	2795		0		
9	ASLANBEY	617	14266	258	6213	20479
	İSMETİYE	1184		95		
	KAVAKLIBAĞ	535		1095		
	NİYAZİ	1280		180		
	NURİYE	3639		2947		
	ŞIKŞIK	1196		469		
	ŞİFA	5815		1169		
10	ATAKÖY	1280	12325	2438	8275	20600
	BÜYÜK MUSTAFA PAŞA	2490		427		
	HACI ABDİ	5653		2210		
	K. MUSTAFA PAŞA	2902		3200		
11	CEVHERİZADE	2146	21970	784	4110	26080
	DABAKHANE	1861		0		
	FERHADİYE	1784		175		
	HAMİDİYE	5460		1730		
	İSTİKLAL	7041		544		
	İZZETİYE	3678		877		
12	BAŞHARIK	6529	20847	2931	9928	30775
	BEYDAĞI	1763		0		
	HASANVAROL	3840		1827		
	PAŞAKÖŞKÜ	6567		3091		
	YAMAÇ	2148		2079		
13	ABDULGAFFAR	1850	44855	228	12406	57261
	ÇUKURDERE	3980		1120		
	KOYUNOĞLU	6299		763		
	SAMANLI	5044		803		
	ŞEYH BAYRAM	11550		4294		
	ZAVİYE	16132		5198		
14	İNÖNÜ	9537	29873	5004	9725	39598
	ÖZALPER	20336		4721		
15	AŞAĞIBAĞLAR	8768	23741	1042	4459	28200

	CEMALGÜRSEL	12368		3417		
	YAVUZ SELİM	2605		0		
16	KARAKAVAK	16728	25480	5384	8012	33492
	TURGUT ÖZAL	8752		2628		
17	ÇİLESİZ	15839	53787	3210	15342	69129
	TECDE	37948		12132		
18	ÇAMURLU	5988	5988	0		5988
19	BOSTANBAŞI	19757	76267	1270	31746	108013
	YAKINCA	56510		30476		

Çalışma alanı içerisinde bulunan boruların uzunlukları gibi çapları da bir diğer önemli unsurdur. Bölgeler içinde yer alan farklı çaplardaki borular çevre ve iklim koşullarından farklı şekilde etkilenebilmekte ve bu da arıza verileri üzerinde etkin olabilmektedir. Bölgelerde PVC ve AÇB borularının çeşitli çapları belirlenmiş, dağılımı sırasıyla Şekil 5.4a ve 5.4b’de gösterilmiş olup bu grafiklerde yer alan çaplar esas alınarak çalışma yürütülmüştür.



a)



b)

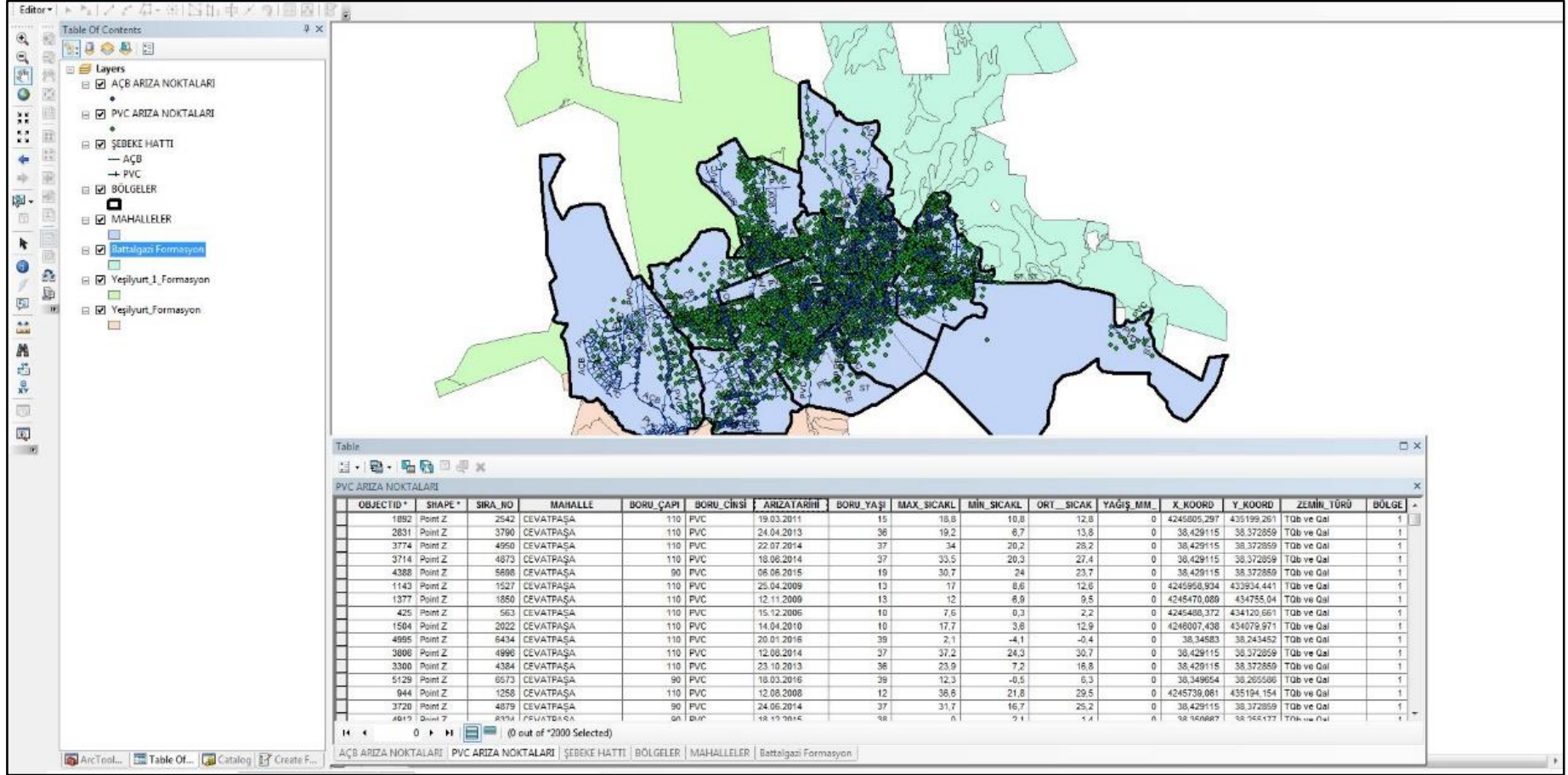
Şekil 5.4 a) Çaplara göre PVC hat uzunluğu oranı

b) Çaplara göre AÇB hat uzunluğu oranı

Farklı çaplardaki boruların arıza sayıları arasında ilişkilendirme yapmak sağlıklı sonuç almayı güçleştirir ve yanlış tahminler yapılmasına neden olur. Arıza sayıları ile boruların çaplarına göre uzunlukları arasında ilişkilendirme yapılması daha doğru sonuçlar elde etmeyi sağlar. Bu yüzden boruların çaplarına göre ayrılması oldukça önem taşımaktadır. Şekil 5.4a incelendiğinde şebekede bulunan PVC boruların yaklaşık % 90'lık kısmının 90 mm ve 110 mm çapındaki borulardan meydana geldiği görülmüştür. Şebekenin % 10'luk kısmını ise diğer çaptaki PVC borular oluşturmaktadır. Şebekede yer alan AÇB borularda ise dağılım biraz daha dengelidir. Şebekenin % 33.87'lik kısmını 150 mm çaplı borular oluşturmaktadır. Şebekenin geriye kalan kısmında ise diğer çaplardaki borulardan meydana gelmektedir. Şebekede AÇB olarak en az döşenmiş boru ise %1.57 ile 100 mm çapındaki borudur.

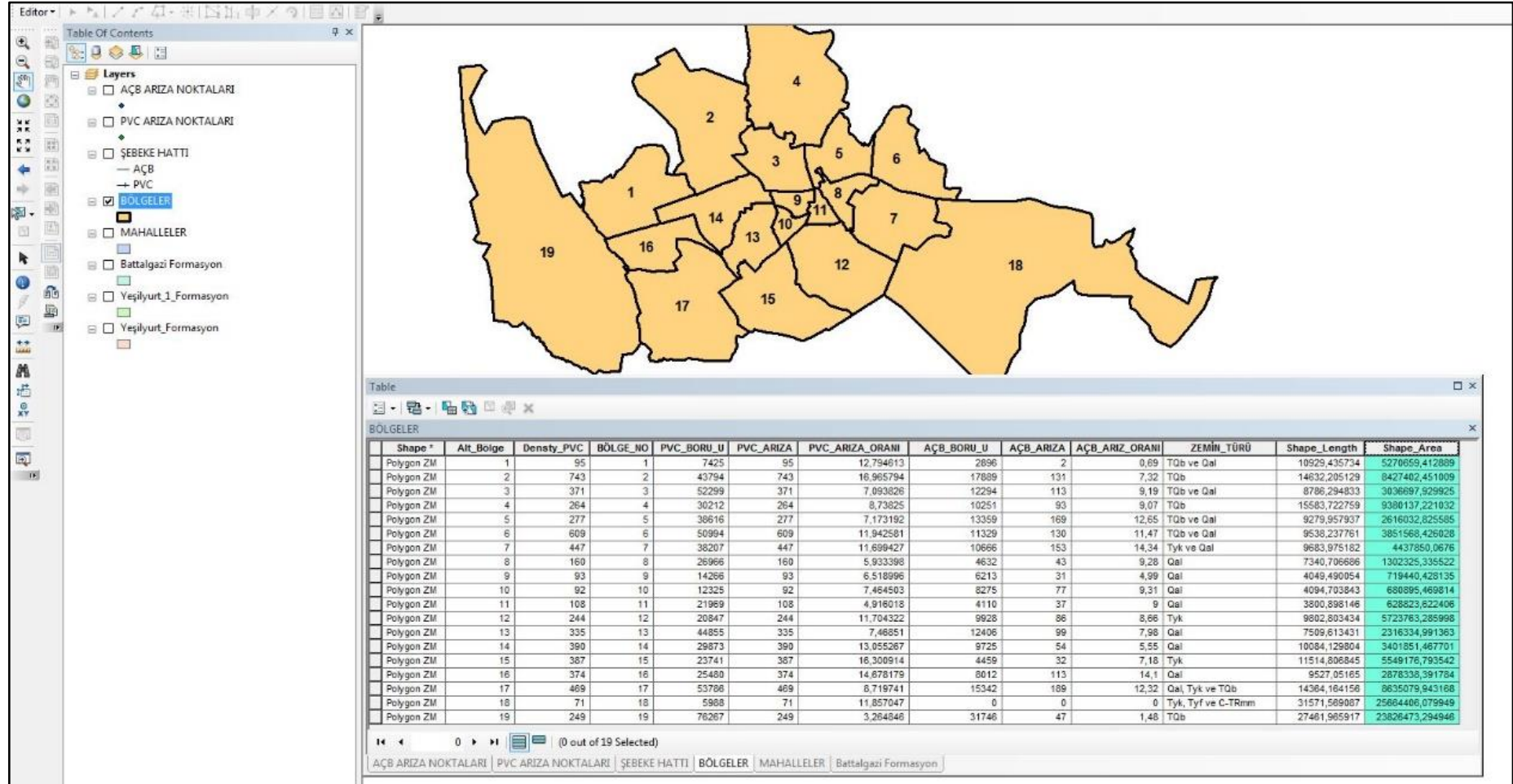
5.2. Uygulama Alanında Şebeke Arıza Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında uygulama alanında MASKİ tarafından 2006-2016 yılları arasında tutulan ve sadece PVC ve AÇB borularda meydana gelen toplam 7377 adet arıza verisi kullanılmıştır. Bu arıza verileri koordinatlı olarak kaydedilmiş olup Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) yazılımı olan ArcGIS programında (İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Lisanslı olarak kullanılmaktadır) oluşturulan veri tabanı ile sayısal harita üzerinde işaretlenmiştir. ArcGIS programında oluşturulan veri tabanı Şekil 5.5a ve 5.5b 'de ve toplam 7377 arızanın bölgelere göre dağılımı Şekil 5.6a ve 5.6b 'de gösterilmektedir.



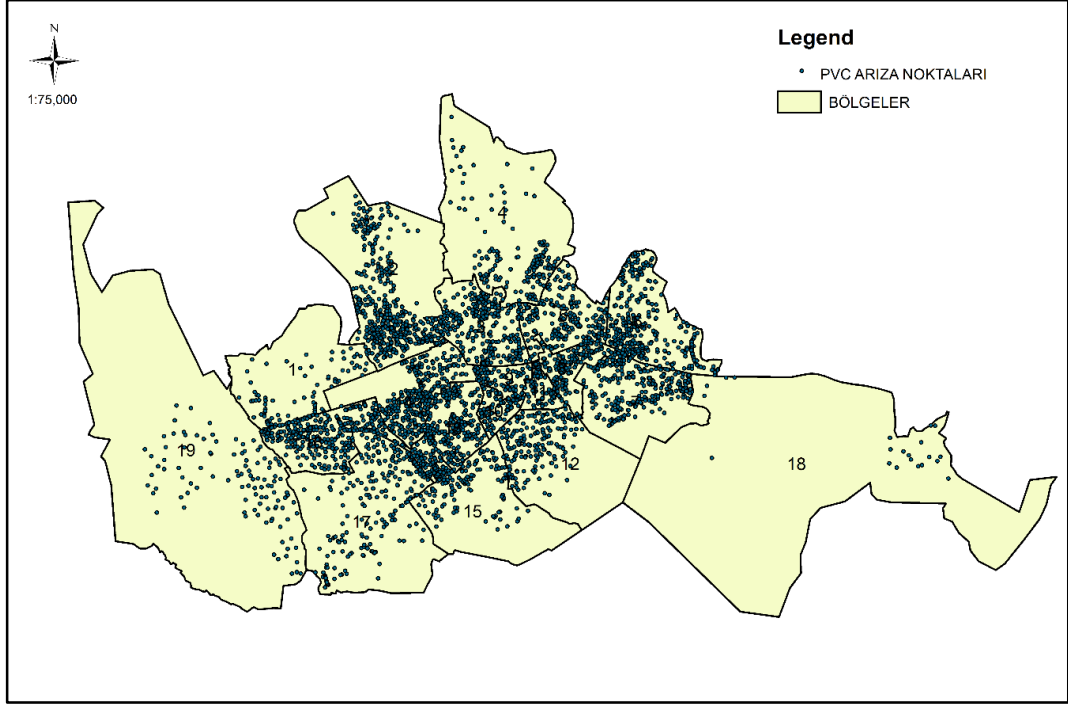
Şekil 5.5a. Arıza noktaları veri tabanı görüntüsü

Yapılan çalışmada ilk adım olarak belirlenen bölge sınırları harita üzerinde çizilerek bölgeler ayrılmış ve sınırlar belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bütün arıza verileri koordinatlarına göre harita üzerine aktarılarak noktaların dağılımlı görünmüştür. Meydana gelen bütün arıza noktalarının bilgileri tablo üzerine aktarılarak düzenlenmiştir. Çalışmaya altlık oluşturacak tabloda her bir arıza için mahalle, boru çapı, arıza tarihi, boru yaşı, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, yağış, koordinat, zemin türü ve ait olduğu bölge numarası belirlenmiş ve tamamı ArcGIS ortamına aktarılmıştır (şekil 5.5a). Böylece herhangi bir arızaya ait veriye ulaşmak kolaylaşmış ve bütün verilerin kayıtlarının tutulması sağlanmıştır. Yapılan bu çalışmayla ayrıca arızanın bilgileri derlenmiş ve arıza karakteriştiği oluşturulmuştur.

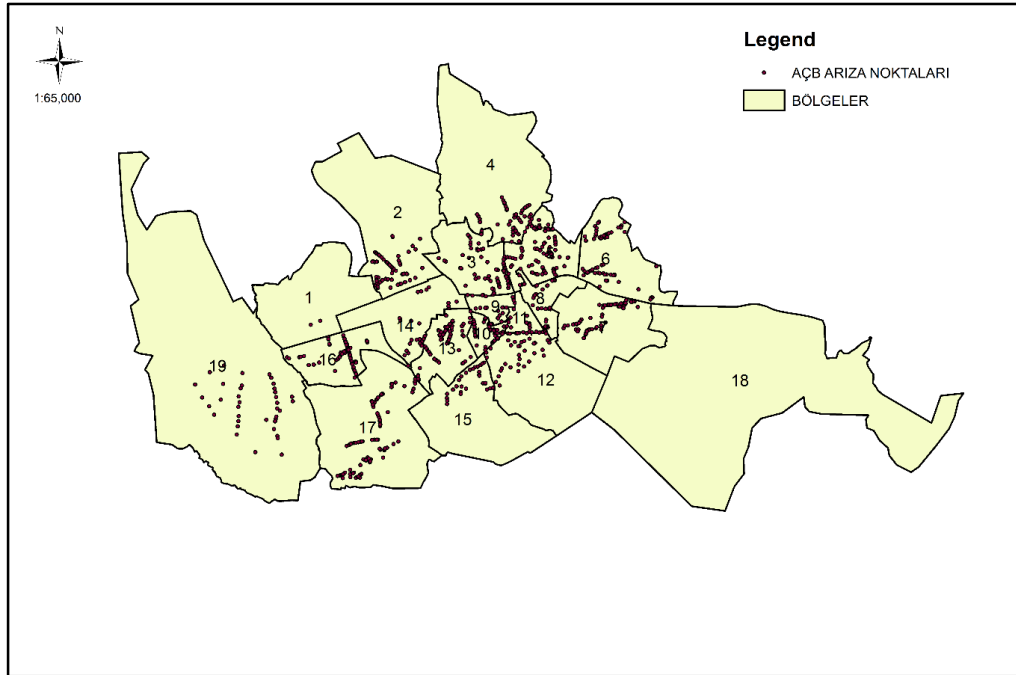


Şekil 5.5b. Bölgelere ait veri tabanı görüntüsü

Yapılan çalışmada arızalara ait veriler dışında oluşturulan alt bölgelerinde bilgileri derlenmiş ve her bir bölgeye ait veriler ArcGIS üzerinde haritaya eklenmiştir. Yapılan çalışma ile alt bölgelere ait bilgilere ulaşım kolaylaşmıştır. Tabloya eklenen veriler her bir bölge için bölge numarası, PVC ve AÇB borulara ait hat uzunluğu, arıza sayısı, arıza oranı ve zemin türüdür.



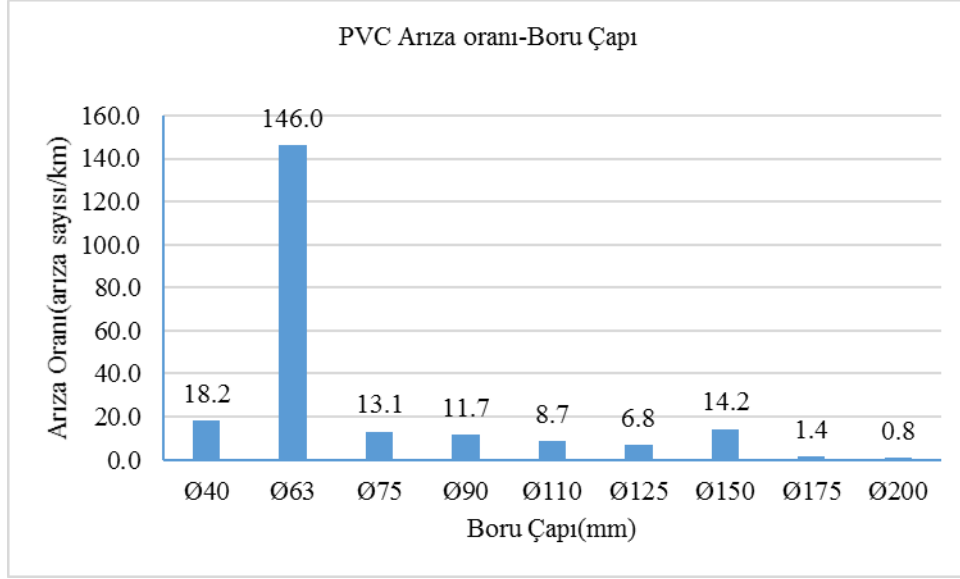
Şekil 5.6a. PVC hatta meydana gelen arıza noktaları



Şekil 5.6b. AÇB hatta meydana gelen arıza noktaları

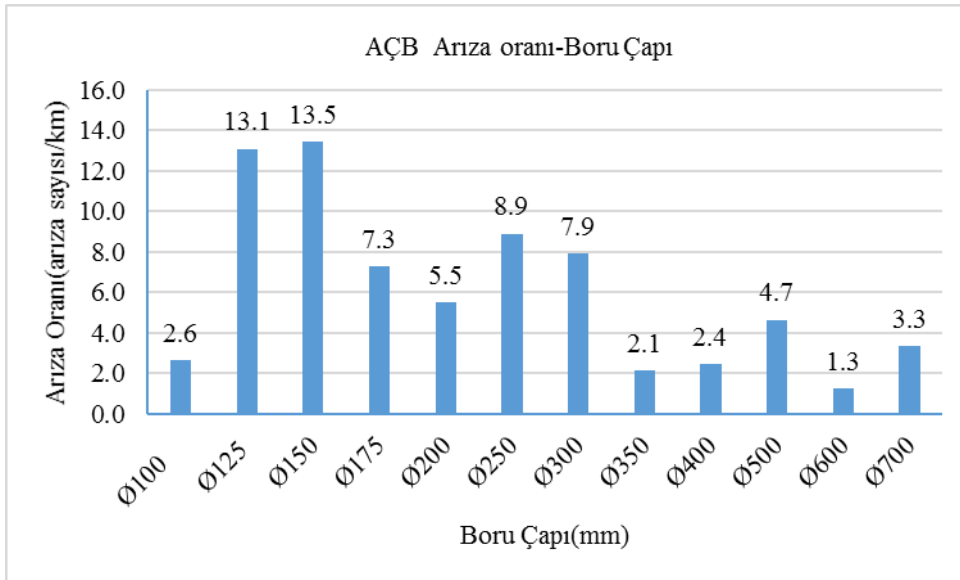
Şekil 5.6a ve 5.6b de PVC ve AÇB arızaların koordinatlarına göre çalışma alanının üzerindeki dağılımı gösterilmiştir. PVC hat üzerinde meydana gelen 5778 arıza, AÇB hat üzerinde meydana gelen 1599 arıza ayrı ayrı harita üzerine aktarılmıştır. Borulara ait arızalar, farklı haritalarda gösterilerek boru cinslerine göre arıza dağılımının daha iyi görülmesi sağlanmıştır. AÇB borularda meydana gelen arızaların şebeke uzunluğuyla doğru orantılı olarak sayısının oldukça düşük olduğu, PVC arıza sayılarının ise yine şebeke uzunluğu fazla olduğu için her bölgede oldukça fazla olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan koordinat işlemi ile arızaların bölgelere göre dağılımları ve çalışma sınırı içindeki yoğunlukları kolayca anlaşılabilir. Meydana gelen arızaların dağılım şekli aynı zamanda şebekenin dağılım şekliyle de ilgili bilgi vermektedir. Özellikle AÇB hatlarda meydana gelen arızaların belli bir çizgiyi takip etmesi şebekenin güzergâhını ortaya koymaktadır. Meydana gelen arızaların şebekenin fiziksel durumu ve güzergâhının belirlenmesinde de önemli rol aldığı görülmektedir.

Şekil 5.7 'de şebekede bulunan PVC boru çaplarına ait toplam arıza oranları gösterilmektedir.



Şekil 5.7. PVC boru çapına göre toplam arıza oranı

Şekilde verilen arıza oranları 2006 ile 2016 yılları arasındaki arıza sayısı kayıtlarına göre hesaplanmıştır. 63 mm çapındaki PVC boruda meydana gelen arıza oranı 146 arıza sayısı/km 'dir. Meydana gelen arıza oranı diğer çaplardaki arıza oranlarına göre oldukça yüksektir. Minimum arıza oranı ise 200 mm çapındaki boruda 0.8 arıza sayısı/km olarak gerçekleşmiştir. AÇB borularda 2006-2016 yılları arasında gözlenen arızalara göre boru çapı-arıza oranı değişimi Şekil 5.8 'te gösterilmiştir.

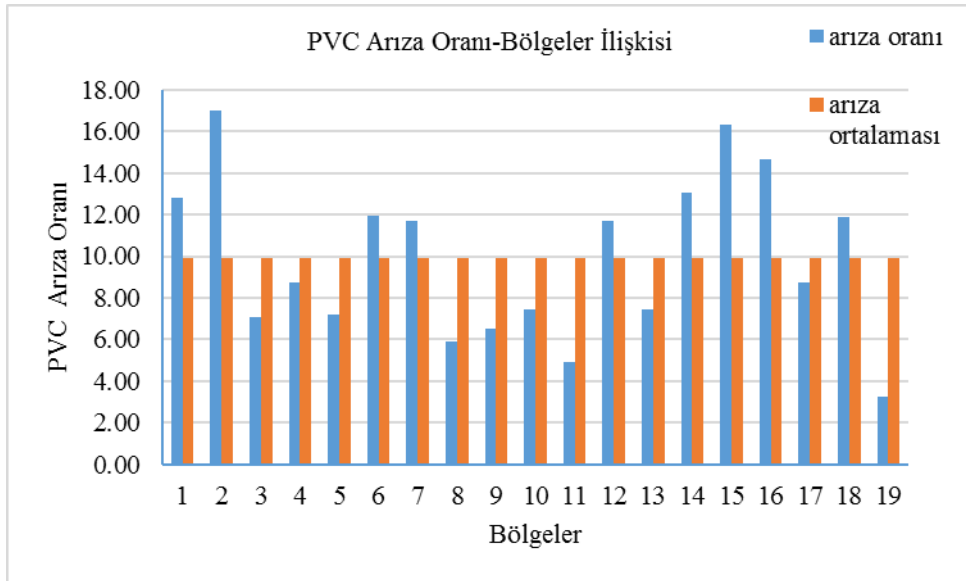


Şekil 5.8. AÇB boru çapına göre toplam arıza oranı

Şebekede bulunan AÇB borular 12 farklı çapa ayrılmaktadır. 125 mm ve 150 mm çapındaki borularda arıza oranları değerleri birbirine yakın ve diğer çaplara göre yüksektir. AÇB borularda çaplara göre arıza oranı en yüksek 150 mm çapındaki boruda 13,5 arıza sayısı/km, en düşük ise 600 mm çapındaki boruda 1.3 arıza sayısı/km olarak görülmektedir.

5.3. Arıza Verilerinin Konumsal Olarak Değişiminin Değerlendirilmesi

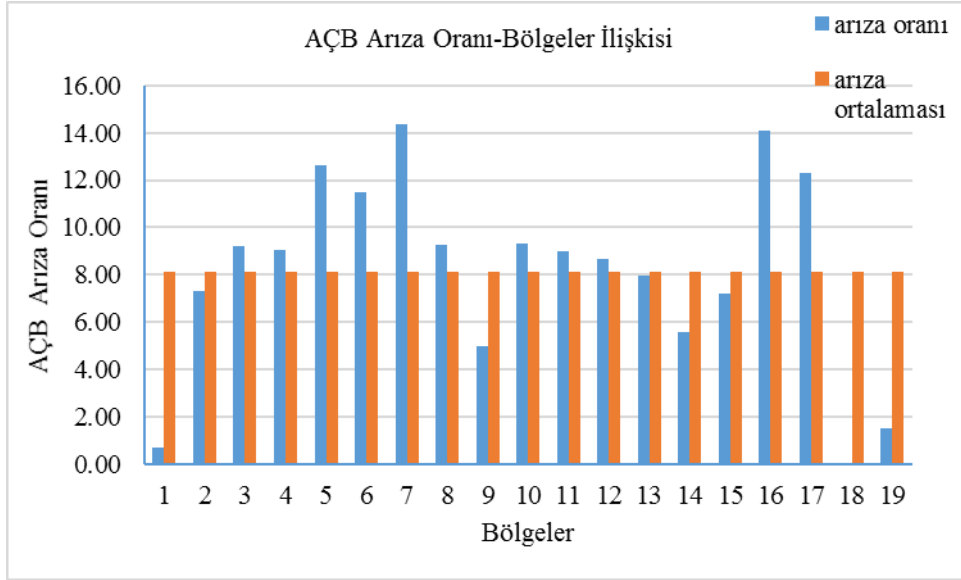
Çalışmada 19 alt bölgeye ayrılan şebekede her bir bölge için PVC ve AÇB boru uzunlukları ölçüldükten sonra, bölgelerde meydana gelen arıza sayıları bulunmuştur. Bölgelere ait arıza sayıları, bölge içinde bulunan hat uzunluğuna bölünerek arıza oranı hesaplanmıştır. Arıza oranı hesaplanırken hat uzunluğu kilometre cinsinden alınmıştır. Böylece bölgede bulunan bir kilometre hat başına düşen arıza sayısı hesaplanmıştır. Şekil 5.9 'da PVC hat uzunluğu için bölgelere ait arıza oranları ve arıza oranı ortalaması görülmektedir.



Şekil 5.9. PVC borular için bölgelere ait arıza oranları

Bölgelere ait arıza oranı ortalaması 9.91 arıza sayısı/km olarak hesaplanmıştır. Arıza oranı ortalamasının hesaplanması ile ortalamanın altında ve üstünde kalan bölgeler net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Şekil incelendiğinde 10 bölgede arıza oranının ortalamasının üzerinde, geriye kalan 9 bölgede ise arıza oranının ortalamasının altında kaldığı görülmektedir. Arıza oranı en yüksek olan 2. ve 15. bölgede arıza oranı

sırasıyla 16.97 arıza sayısı/km ve 16.30 arıza sayısı/km'dir. Arıza oranı en düşük yer ise 19. Bölgede 3.26 arıza sayısı/km olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.10 'da AÇB hat uzunluğu için bölgelere ait arıza oranları ve arıza oranı ortalaması görülmektedir.

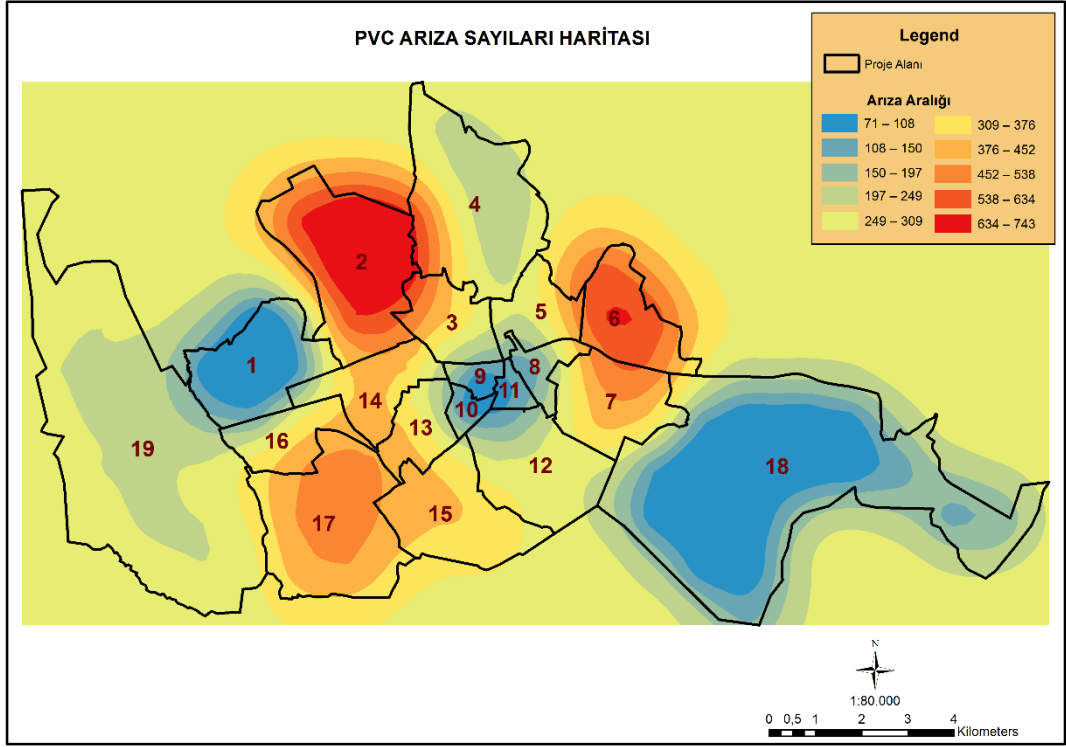


Şekil 5.10. AÇB borular için bölgelere ait arıza oranları

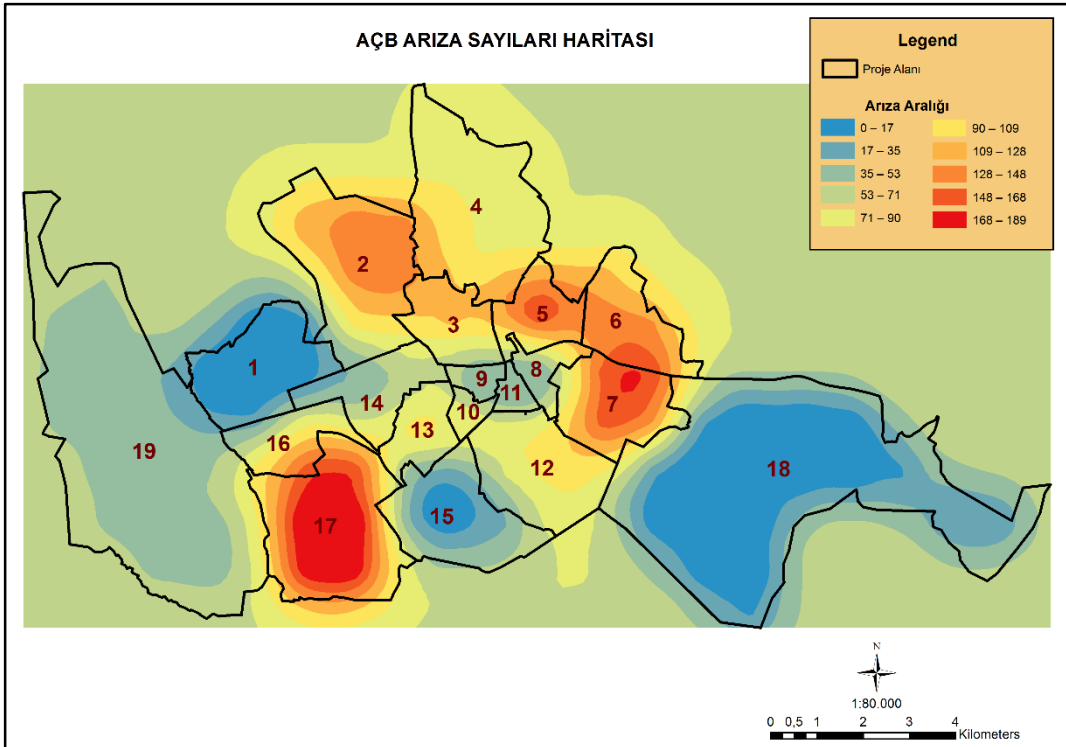
Şekil 5.10 'da 11 bölgeye ait arıza oranının ortalamasının üzerinde kaldığı, 7 bölgenin ise ortalamasının altında kaldığı görülmektedir. 18. bölgede ise AÇB boru bulunmadığı için arıza oranı hesaplanmamıştır. Maksimum arıza oranı 7. bölgede 14.34 arıza sayısı/km olarak hesaplanmıştır. Minimum arıza oranı ise 0.69 arıza sayısı/km olarak 1. bölgede hesaplanmıştır.

Genel olarak bakıldığında PVC hatların arıza oranının AÇB hatların arıza oranından yüksek olduğu görülmektedir. PVC hatlara ait arıza oranlarının bölgeler arasında oldukça değişkenlik gösterdikleri, AÇB hatlara ait arıza oranlarının ise genel olarak daha yakın olduğu görülmektedir.

Bölgelerde meydana gelen arızaların dağılımının net bir şekilde görülebilmesi ve bölgeler arasındaki farkların açıkça belirlenebilmesi için arızaların dağılım analizi yapılmış ve PVC ve AÇB borular için sırasıyla Şekil 5.11a ve 5.11b'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11a. PVC hat arıza sayısı dağılım analizi

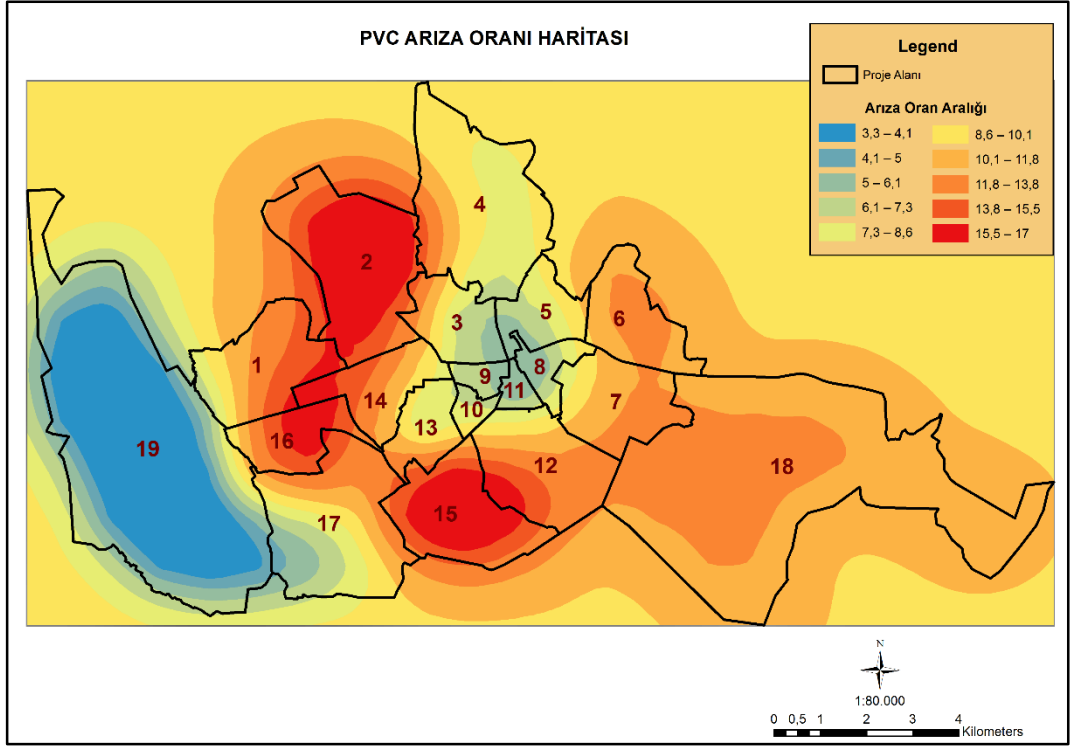


Şekil 5.11b. AÇB hat arıza sayısı dağılım analizi

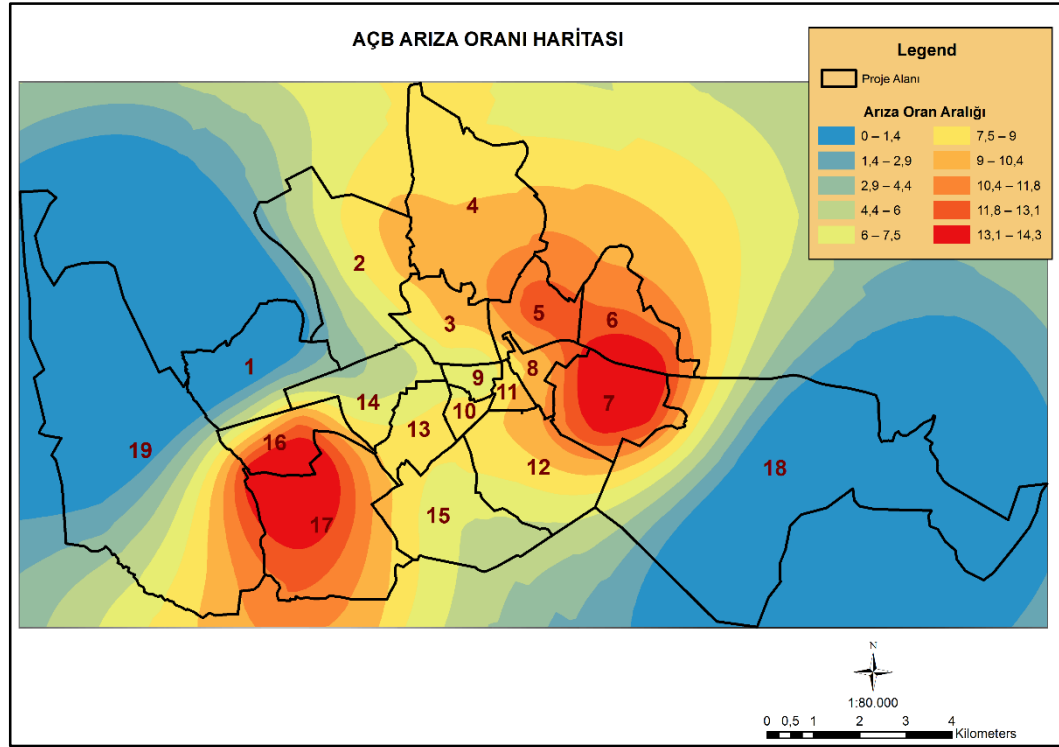
Analizde arıza sayısı az olan yerler mavi yüksek olan yerler ise kırmızı ile gösterilmiştir. Yapılan analiz sonucunda arıza sayıları çok olan bölgeler net şekilde görülmektedir. Ayrıca arıza noktalarının harita üzerine koordinatlı atılması sebebiyle arıza dağılım şeklide görülebilmektedir. PVC borularda en çok arızanın 2. Bölgede meydana geldiği bunu 6 ve 17. bölgenin takip ettiği görülmektedir. En az arıza sayısı ise 18, 10, 9 ve 1. bölgelerde meydana gelmiştir. 8 ve 11. bölgelerde de arıza sayısı az olarak görünmekte ve bu iki bölgeye dağılmıştır.

Şekil 5.11b'de, oluşturulan bölgelerin sınırları içine düşen AÇB borulara ait arıza sayıları ve dağılımına göre analiz yapılmıştır. Yapılan yoğunluk analizi ile bölge içine dağılmış arızaların hangi bölgelerde daha fazla olduğu daha net ortaya çıkmaktadır. Böylece arızaların yoğunlaştığı noktalar kolayca görülmekte ve bölge içindeki değişiklik dahi saptanabilmektedir. Analizde arıza sayısı az olan yerler mavi yüksek olan yerler ise kırmızı ile gösterilmiştir. Haritaya bakıldığında arıza sayısının en fazla olduğu bölge olarak 17. bölge görünmektedir. Daha sonra ise 5, 7 ve 2. Bölge gelmektedir. En az arıza sayısı ise 1 ve 15. bölgelerde meydana gelmiştir. 18. bölgede AÇB borulara ait arıza bulunmamaktadır.

Bölgelerde meydana gelen arıza sayıları, bölge içinde bulunan hattın uzunluğu ile orantılı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Hat uzunluğunun fazla olduğu bölgelerde arıza sayısının da fazla olması beklenmektedir. Riskli bölgelerin daha iyi anlaşılabilmesinin en doğru yolu arıza oranlarının göz önüne alınarak değerlendirme yapılmasıdır. Çalışmada yoğunluk analizi yapılarak bir kilometreye düşen arıza sayıları hesaplanmış ve PVC ve AÇB borular için elde edilen arıza oranları harita üzerinde sırasıyla Şekil 5.12a ve 5.12b 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.12a. PVC arıza oranları analizi

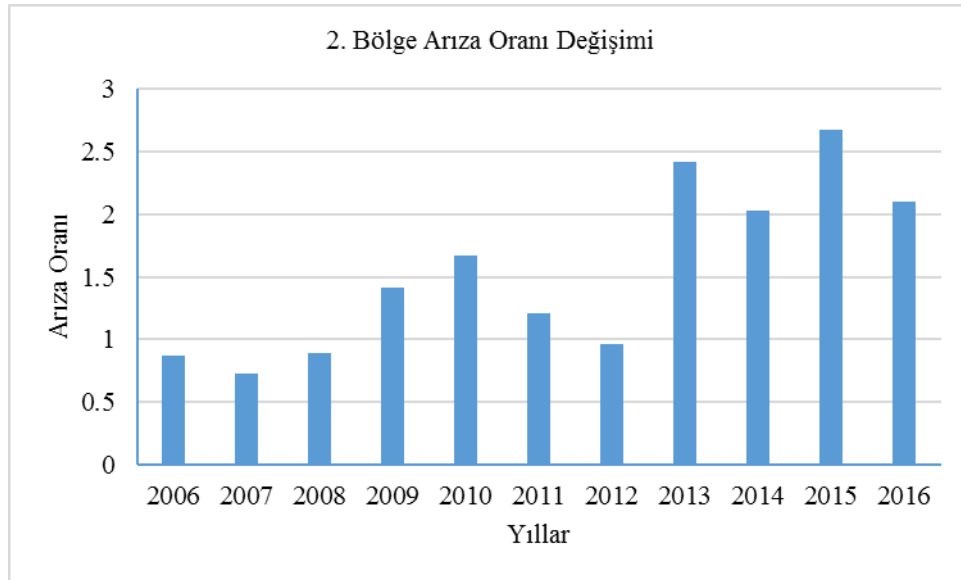


Şekil 5.12b. AÇB arıza oranları analizi

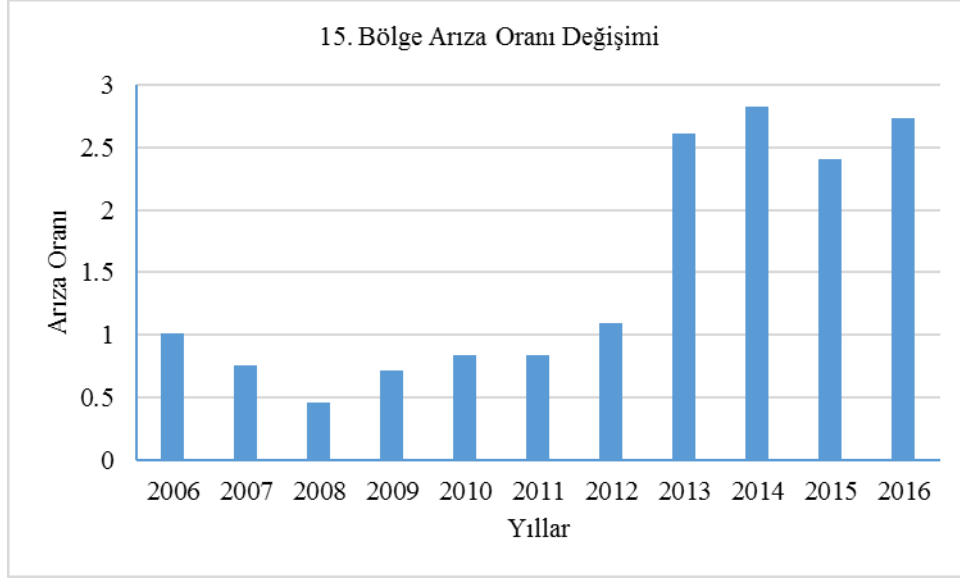
Şekilde 2006-2016 yılları arasında PVC hatlarda meydana gelen toplam arıza sayılarına göre arıza oranları hesaplanarak, analizi yapılmış ve harita üzerine aktarılmıştır. Harita üzerinde meydana gelen arıza oranları renklendirilmiş ve arıza

oranının bölgeler arasındaki değişiklik ve dağılımı gösterilmiştir. PVC arıza oranları hesaplanırken yine arıza sayıları hat uzunluğuna bölünerek oran bulunmuş ve analiz oluşturulmuştur. PVC arıza oranları da arıza sayısı haritasına göre değişiklik göstermiş ve arıza oranı en yüksek bölgeler 2, 15 ve 16. Bölge olmuştur. Arıza oranı en düşük bölge ise 19. Bölgedir.

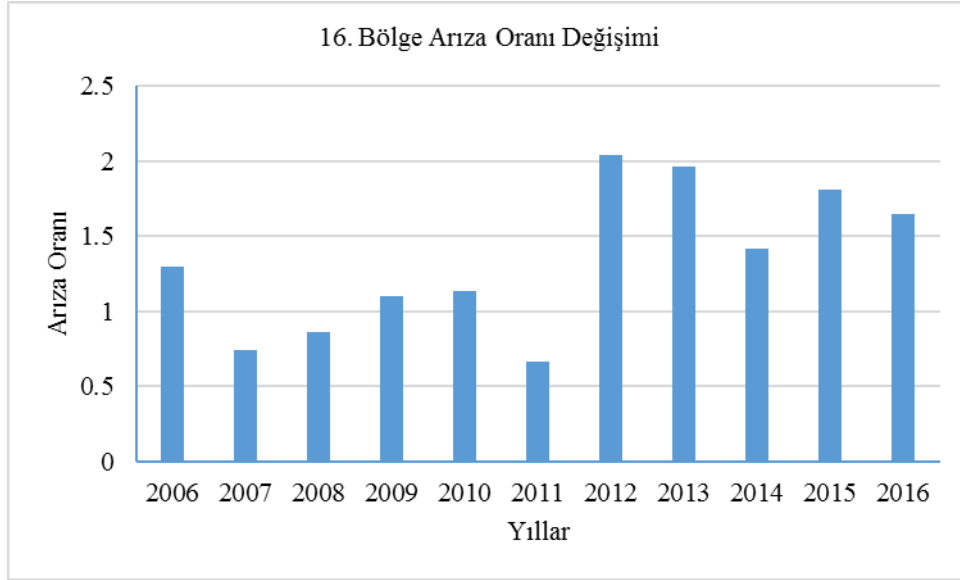
Oluşturulan arıza oranı haritası bütün arıza sayıları üzerinden meydana gelmiştir. Arıza oranları bölgelere göre her bir yılda değişiklik göstermektedir. Özellikle arıza oranı en yüksek olan 3 bölge için oranların yıllık değişimleri Şekil 5.13a, 5.13b ve 5.13c 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.13a. 2. bölge yıllık arıza oranları



Şekil 5.13b. 15. bölge yıllık arıza oranları



Şekil 5.13c. 16. bölge yıllık arıza oranları

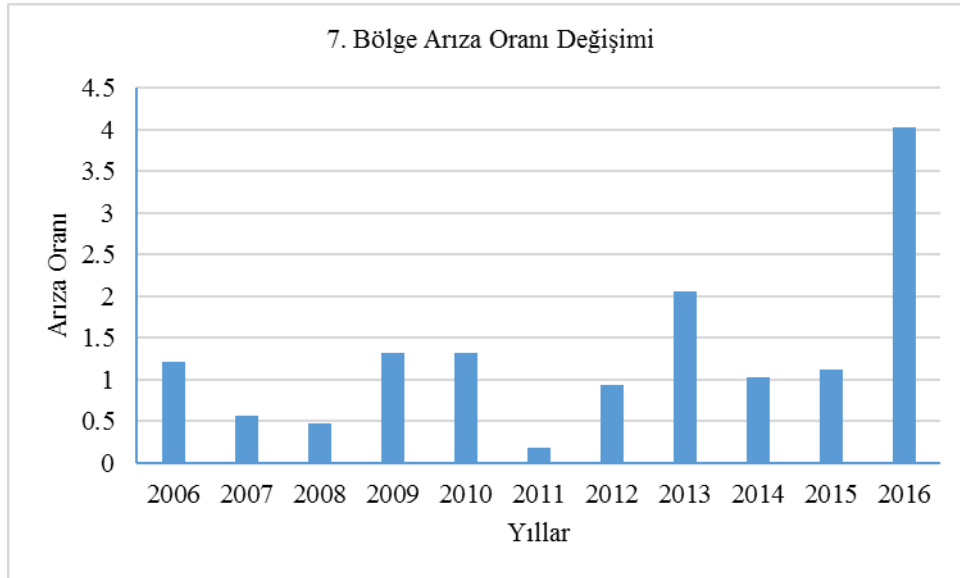
Arıza oranlarının 2006-2012 yılları arasında benzerlik gösterdiği ancak 2013 yılından itibaren oldukça arttığı görülmektedir. 2015 yılında ise maksimum seviyede olduğu anlaşılmaktadır.

15. bölgede arıza oranlarının 2012 yılına kadar oldukça düşük olduğu ancak 2013 yılından itibaren arıza oranının önceki yılların yaklaşık üç katına çıktığı anlaşılmaktadır. Maksimum arıza oranı 2014 yılında, minimum arıza oranı ise 2008 yılında gerçekleşmiştir.

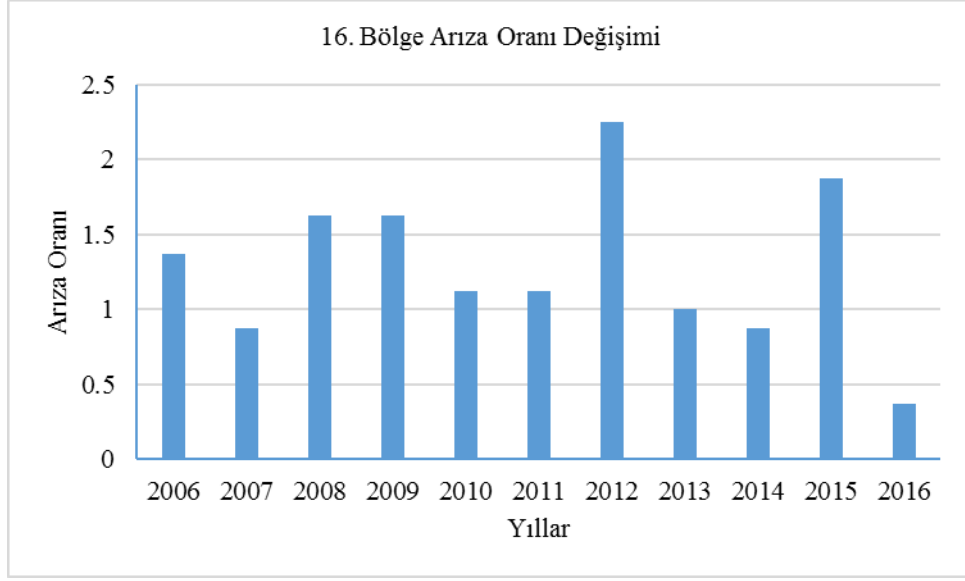
Bu bölgede arıza oranlarının yıllara göre biraz daha düzensiz olduğu ancak 2012 yılından itibaren biraz bir şekilde arttığı anlaşılmaktadır. En fazla arıza oranı ise 2012 yılında meydana gelmiştir.

Şekil 5.12b 'de AÇB arızalara ait arıza oranları hesaplanarak bölgelerdeki dağılımları gösterilmiştir. Arıza oranı hesaplanırken her bir bölgedeki arıza sayısı, bölge içinde bulunan hat uzunluğuna bölünerek hesap yapılmış ve haritaya aktarılmıştır. Arıza oranı analizi, arıza sayısı analizine göre farklılık göstermektedir. Her bir bölge içinde döşeli hat uzunluğu farklı olduğundan arıza oranı da değişmektedir. AÇB hatlarda meydana gelen arıza oranlarının 7, 16, 5 ve 17. Bölgelerde fazla olduğu görülmektedir. En az arıza oranı ise 19 ve 1. bölgede oluşmuştur. 18. bölgede AÇB hat bulunmadığı için arıza oranı hesaplanamamıştır.

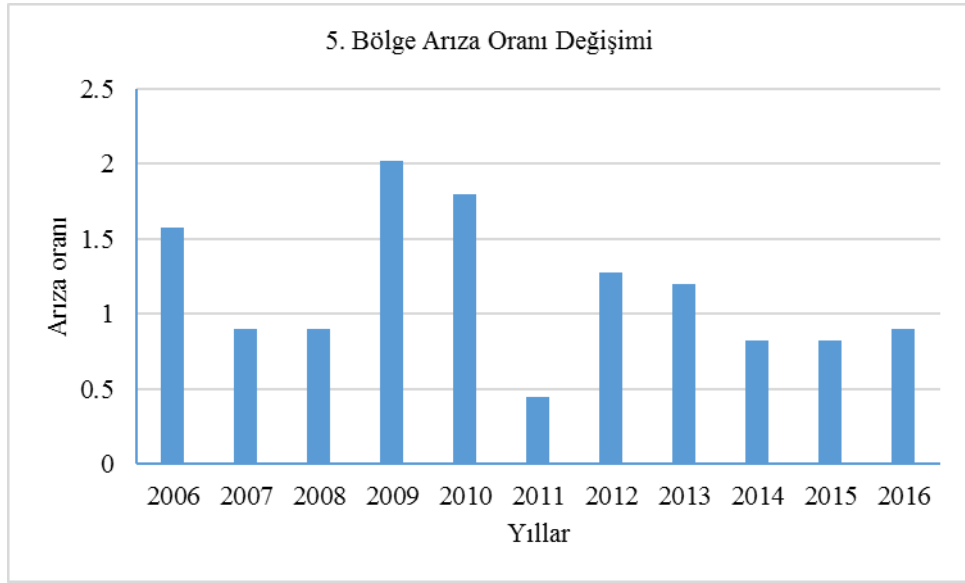
Şekil 5.12b 'de 2006-2016 yılları arasındaki meydana gelen bütün arızalara ait arıza oranları hesaplanmış ve gösterilmiştir. Ancak arıza oranları bölgelerde her bir yıl için farklılık göstermekte ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle arıza oranı yüksek bölgelerde yıllık değişim oldukça önemlidir. Arıza oranı yüksek olan bölgelerin yıllık arıza oranları Şekil 5.14a, 5.14b, 5.14c ve 5.14d 'de gösterilmiştir.



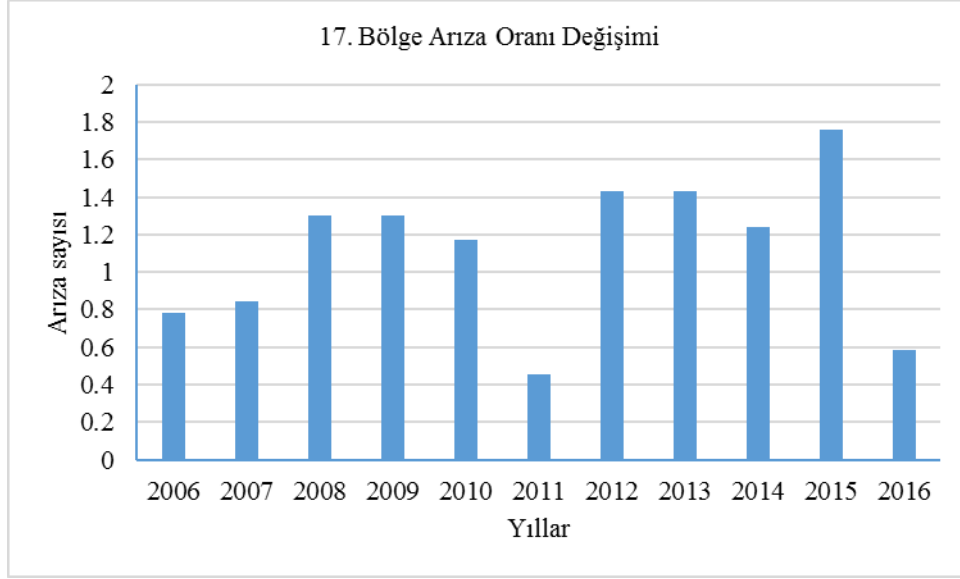
Şekil 5.14a. 7. bölge yıllık arıza oranları



Şekil 5.14b. 16. bölge yıllık arıza oranları



Şekil 5.14c. 5. bölge yıllık arıza oranları

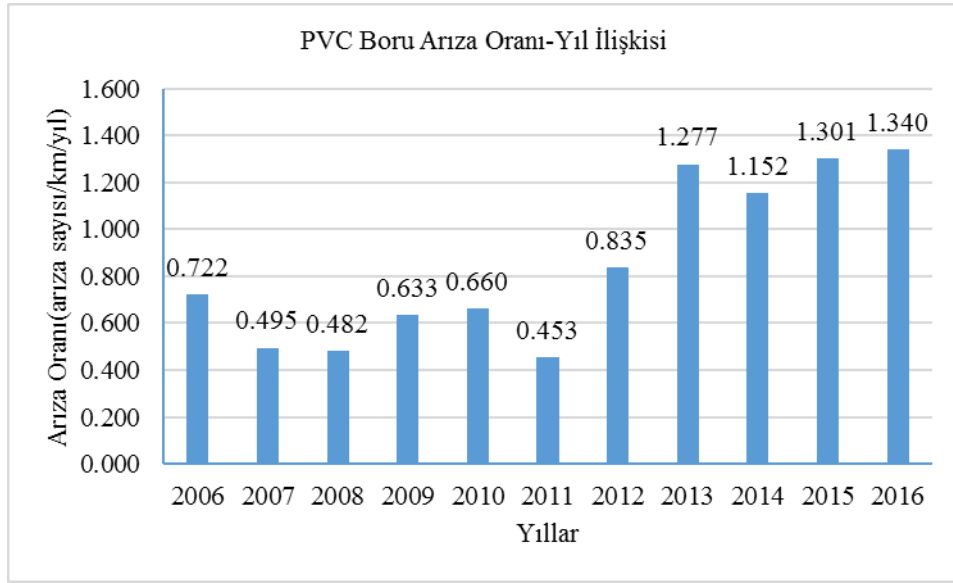


Şekil 5.14d. 17. bölge yıllık arıza oranları

Arıza oranı en yüksek olan 7. bölgede arıza oranlarının 2016 yılına kadar benzer olduğu 2016 yılında oldukça arttığı görülmüştür. 2011 yılında ise arıza yoğunluğunun oldukça düşük olduğu ve diğer yılların altında olduğu görülmektedir. 16. bölgede 2012 ve 2015 yıllarında arıza oranlarının oldukça yüksek olduğu, 2016 yılında ise minimum seviyede olduğu görülmektedir. 5. bölgede arıza oranlarının 2009 ve 2010 yıllarında fazla iken, son yıllarda ise azalma görülmüştür. 17. Bölgede oranların yıllara göre benzer olduğu 2011 ve 2016 yıllarında ise diğer yıllara göre daha düşük olduğu anlaşılmıştır.

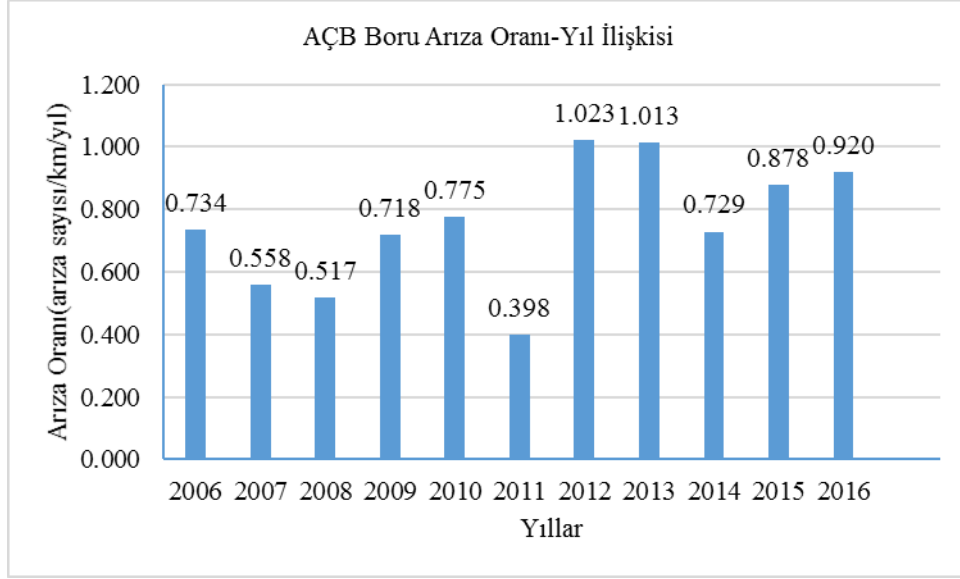
5.4. Arıza Verilerinin Zamansal Değişiminin Değerlendirilmesi

Arıza oranlarının daha iyi değerlendirilebilmesi için hesaplanan oranların yıllara, mevsimlere, aylara ve boru çaplarına göre incelenmesi gerekmektedir. Yıllara göre arıza oranının hesaplanması için her bir yıl içinde meydana gelen arıza sayısı bulunarak, toplam hat uzunluğuna bölünmüştür. Uygulama alanında 2006-2016 yılları arasında PVC ve AÇB borular için yıllık arıza oranlarının değişimi sırasıyla Şekil 5.15 ve 5.16 'da gösterilmiştir.



Şekil 5.15. PVC borularda yıllara göre arıza oranları

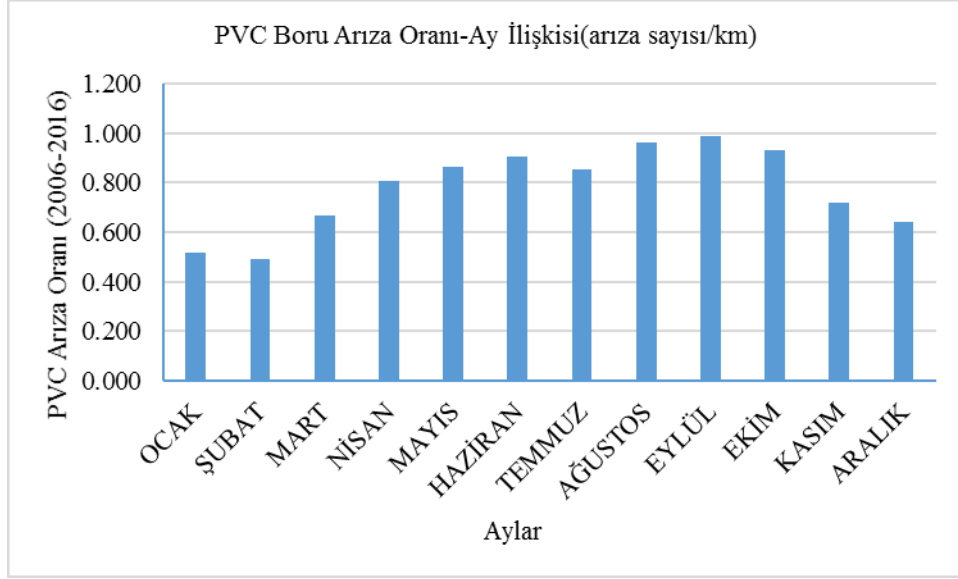
2006 ve 2011 yılları arasında arıza oranları benzer seviyelerde seyretmiş ancak son yıllarda giderek artmıştır. Arıza oranları en yüksek yıllar 2016, 2015, 2013 ve 2014 olarak görülmekte ve arıza oranları sırasıyla 1.340 arıza sayısı/km/yıl, 1.301 arıza sayısı/km/yıl, 1.277 arıza sayısı/km/yıl ve 1.152 arıza sayısı/km/yıl'dır. En düşük arıza oranı ise 0.453 arıza sayısı/km/yıl olarak 2011 yılına aittir. Yıllara göre meydana gelen değişimin sebebi iklim, boru yaşı ve jeolojik yapı olabilmektedir.



Şekil 5.16. AÇB borularda yıllara göre arıza oranları

AÇB boruların arıza oranları yıllara göre benzerlik göstermektedir. Ancak 2012-2013 yıllarında arıza oranı diğer yıllara göre yüksek ve birin üzerindedir. 2001 yılında ise arıza oranı diğer bütün yıllara göre düşük kalmış ve 0.398 arıza sayısı/km/yıl olarak görünmektedir. Meydana gelen değişim, yıllara ait iklim değerlerine ve değişen yer hareketleriyle ilişkili olabilmektedir.

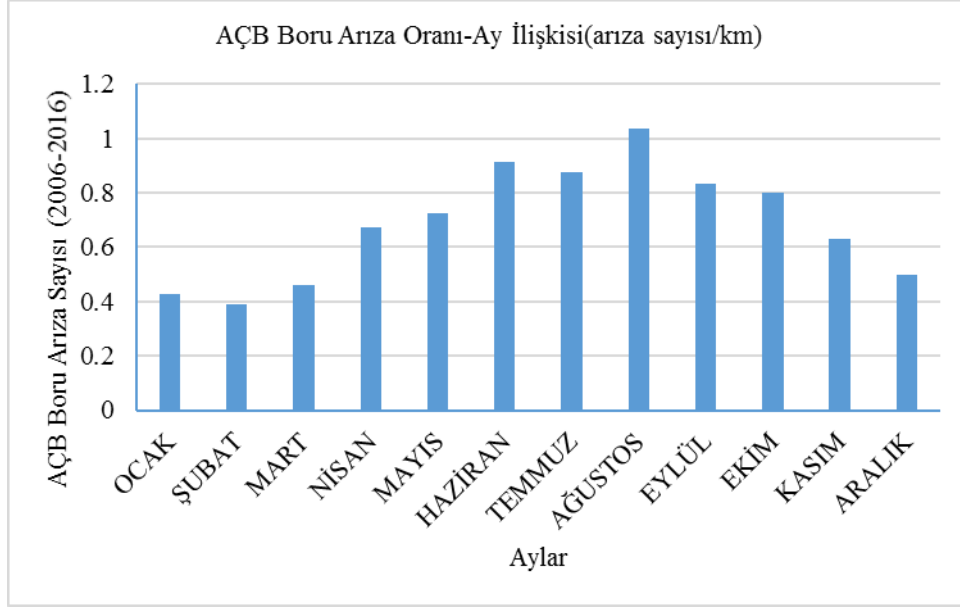
Yıllara göre hesaplanan arıza oranları yılın her ayında farklı değerler taşımaktadır. Arıza oranının hangi aylarda değişiklik gösterdiği, arızaların sebeplerinin tespiti için oldukça önemlidir. Yıllara göre aynı aylar içinde benzerlikler olabilmektedir. Aylara göre değişimi görebilmek için her bir ay için arıza oranı hesaplanarak yıllara ait aynı ayların arıza oranları toplanmıştır. Uygulama alanında 2006-2016 yılları arasında PVC ve AÇB borular için aylara göre arıza oranlarının değişimi sırasıyla Şekil 5.17 ve 5.18 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.17. PVC borularda 2006-2016 yılları aylarına ait aylık arıza oranları değişimi

Aylara göre toplam arıza oranlarının Nisan-Ekim ayları arasında artış gösterdiği görülmektedir. Aylar arasında geçişte düzenli olarak artış ve azalış görülmektedir. Ocak ayından itibaren artan arıza oranları eylül ayından itibaren düşmektedir. Şekil 5.17 'de görüldüğü üzere 2006 ile 2016 yılları arasında en fazla arıza oranının Eylül ayında gerçekleştiği söylenebilir. Arıza oranının en düşük olduğu ay ise şubat olarak görülmektedir. Aylar arasında meydana gelen farkların en büyük sebebi iklimde yaşanan değişimler olabilmektedir.

Yaz aylarında arıza oranının fazla olmasında, yaz aylarında gece ve gündüz su tüketimleri arasında farklılığın yüksek seviyede olmasıdır. Gün içinde aşırı su tüketiminden dolayı sistem basıncı çok düşerken, gece tüketimin en az seviyeye inmesiyle basınç düşmesi düşük seviyede kalmaktadır. Yani tüketimdeki dalgalanmaya bağlı olarak işletme basıncı 24 saatlik periyotta çok değiştiği ve bunun da boru ve bağlantı elemanlarında hasar oluşma olasılığını arttırdığı düşünülmektedir. Sonuç olarak grafikten elde edilen sonuçlar üzerinde, su tüketimindeki dalgalanmalara bağlı olarak oluşan ani basınç değişimleri ve dalgalanmalarının önemli etkisinin olduğu söylenebilir.

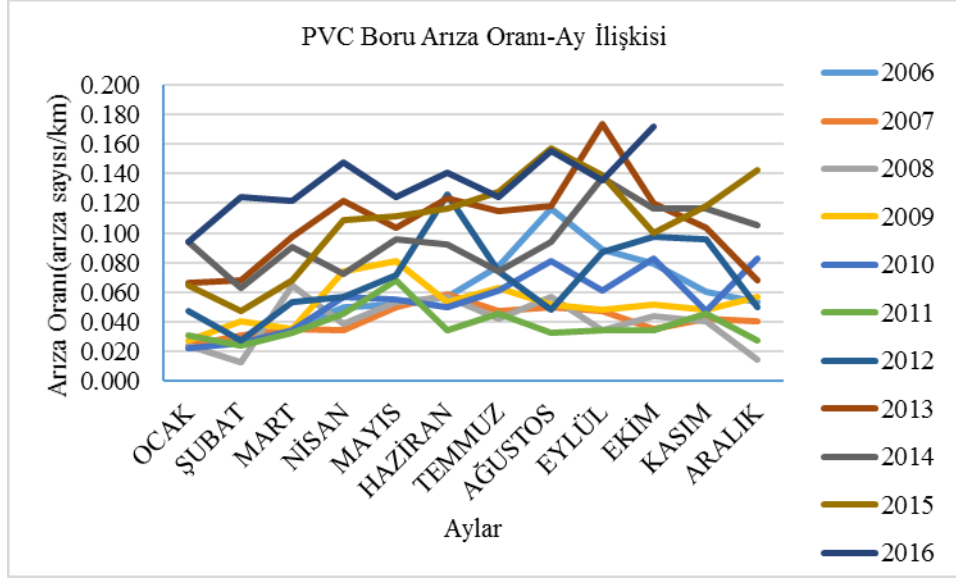


Şekil 5.18. AÇB borularda 2006-2016 yılları aylarına ait aylık arıza oranları toplamı

AÇB hatlarda arıza oranı aydan aya farklılık göstermektedir. Ocak ayından itibaren Ağustos ayına kadar artış gösteren arıza oranları Eylül ayından itibaren düşmektedir. Arıza oranı AÇB borular için ağustos ayında maksimum seviyeye gelmiş ve birin üzerinde görülmektedir. Minimum arıza oranı ise Şubat ayında gerçekleşmiştir.

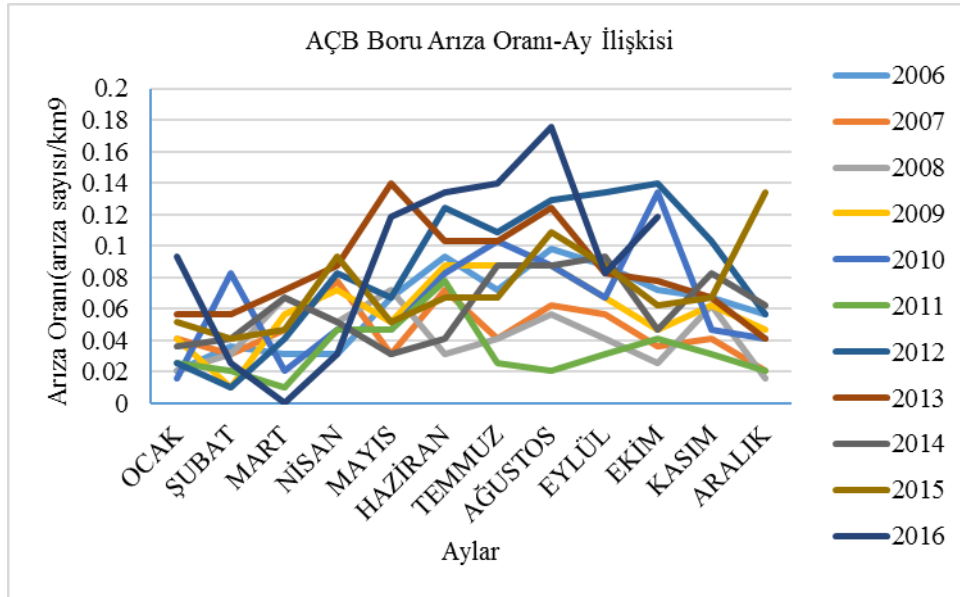
PVC ve AÇB hatlara ait aylık bazda toplam arıza oranları incelendiğinde her iki grafiğinde benzer özellikler taşıdığı ve arıza oranlarının aynı aylarda benzer artış ve azalış değerleri gösterdikleri görülmektedir. Yaz aylarındaki artışın sebebi PVC borular için yapılan değerlendirmeler ile açıklanabilir.

Yıllara göre aylık toplamın yanında her bir yıl için aylık arıza oranları değişebilmekte ve toplamı etkileyebilmektedir. Yıllara ait aylık arıza oranlarına bakılarak yıllar arasında ani olarak değişen değerler görülebilir ve bunlarla ilgili diğer parametreler göz önüne alınarak değerlendirme yapılabilir. Her bir yıla ait aylık arıza oranlarının hesaplanabilmesi için her bir ay içinde gerçekleşen arıza sayıları üzerinden hesaplama yapılmaktadır (Şekil 5.19).



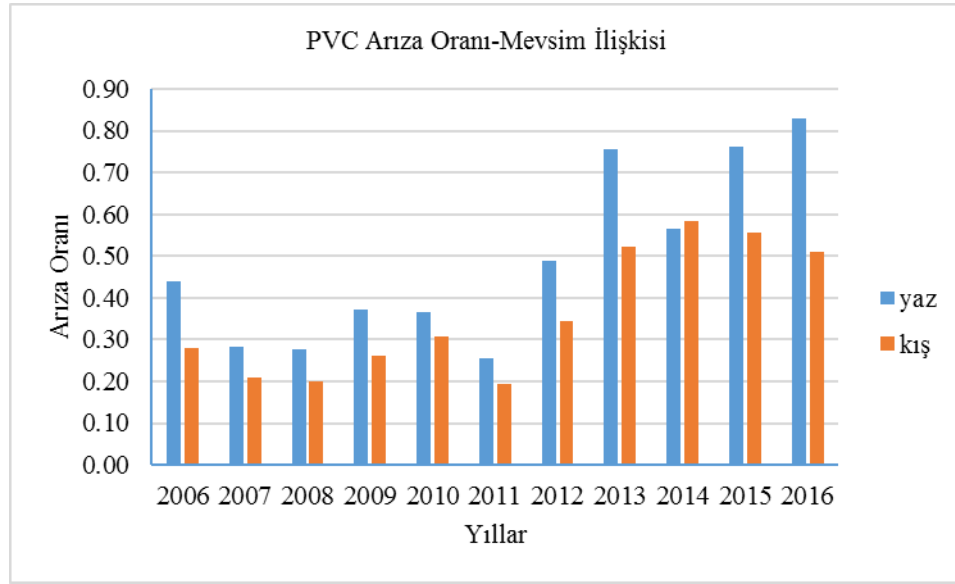
Şekil 5.19. PVC borularda yıllara ait aylık arıza oranları

PVC borularda her bir yıla ait aylık arıza oranları grafiği incelendiğinde arıza oranlarının değişimlerinin benzer olduğu görülmektedir. Arıza oranları hemen hemen bütün yıllarda mart ayından itibaren artmakta ve eylül ayından itibaren düşmektedir. Arıza oranları 2007, 2008 ve 2011 yıllarında düşük seviyelerde seyretmektedir. En yüksek arıza oranlarının ise 2013, 2015 ve 2016 yıllarında olduğu görülmektedir. AÇB borulara ait yıl içinde meydana gelen aylık değişimleri gösteren grafik Şekil 5.20 'de sunulmuştur.



Şekil 5.20. AÇB borularda yıllara ait aylık arıza oranları

AÇB borularda arıza oranlarının ilk dört aylık periyotta diğer aylara göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Nisan ayından itibaren genel olarak arıza oranının giderek arttığı ancak aynı aylarda dahi yıllara göre farklılıklar sergilediği görülmektedir. Arıza oranlarının ay geçişlerinde daha keskin iniş ve çıkışlar yaptığı görülmektedir. Arıza oranlarının genel olarak yüksek olduğu yıllar ise 2012, 2013 ve 2016 yılları olarak görülmektedir. PVC borulara ait arıza oranlarının mevsimlere göre değişimi Şekil 5.21 'de görülmektedir.

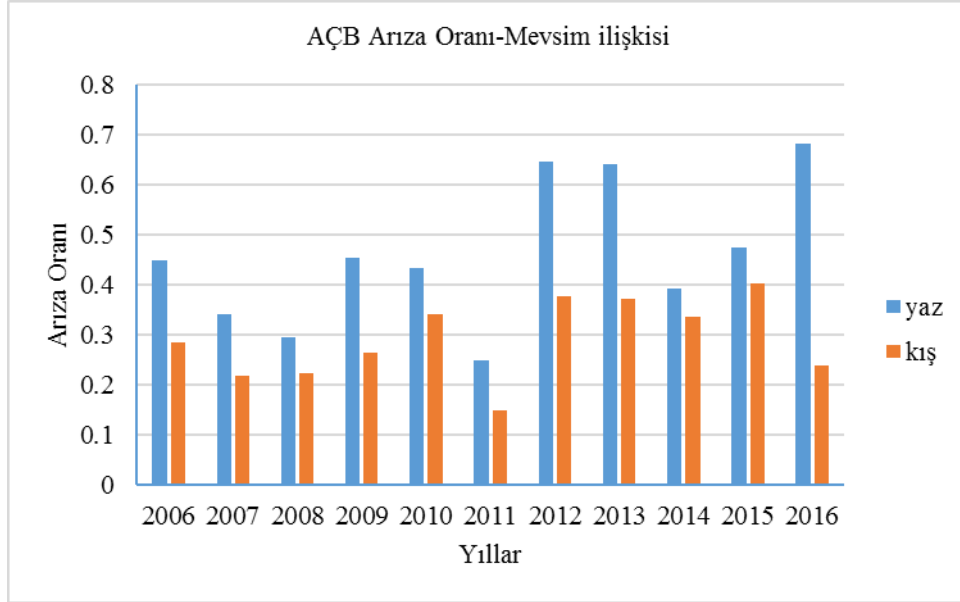


Şekil 5.21. PVC borularda arıza oranlarının mevsime göre değişimi

Şebekede meydana gelen arıza sayıları mevsimler arasında ciddi farklar taşımaktadır. Mevsimlere göre arıza oranları hesaplanırken yaz mevsimi için sıcaklık değerlerinin yüksek, yağış değerlerinin düşük olduğu nisan, mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarının yer aldığı ara dönem esas alınmıştır. Kış mevsimi için ise diğer altı ay esas alınarak arıza oranları hesaplanmıştır. Arıza oranları 2006 ile 2011 yılları arasında düşük, 2012 yılından itibaren ise giderek artmaktadır.

Kış mevsiminde gerçekleşen arıza oranları genel olarak yaz mevsiminde meydana gelen arıza oranlarından daha düşük kalmıştır. Ancak kış ve yaz mevsiminde oluşan arıza oranının değişimlerinin paralellik gösterdiği görülmektedir. Diğer yıllardan farklı olarak 2014 yılının kış mevsimine ait arıza oranının yaz mevsimine ait

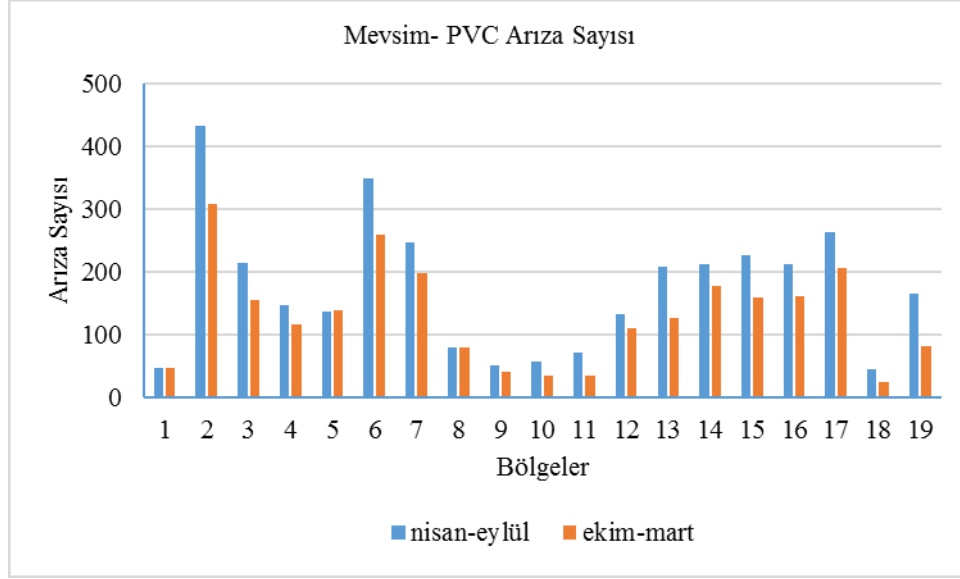
arıza oranından yüksek olduğu görülmektedir. AÇB borulara ait arıza oranlarının mevsimlere göre değişimi Şekil 5.22 'de görülmektedir.



Şekil 5.22. AÇB borularda arıza oranlarının mevsime göre değişimi

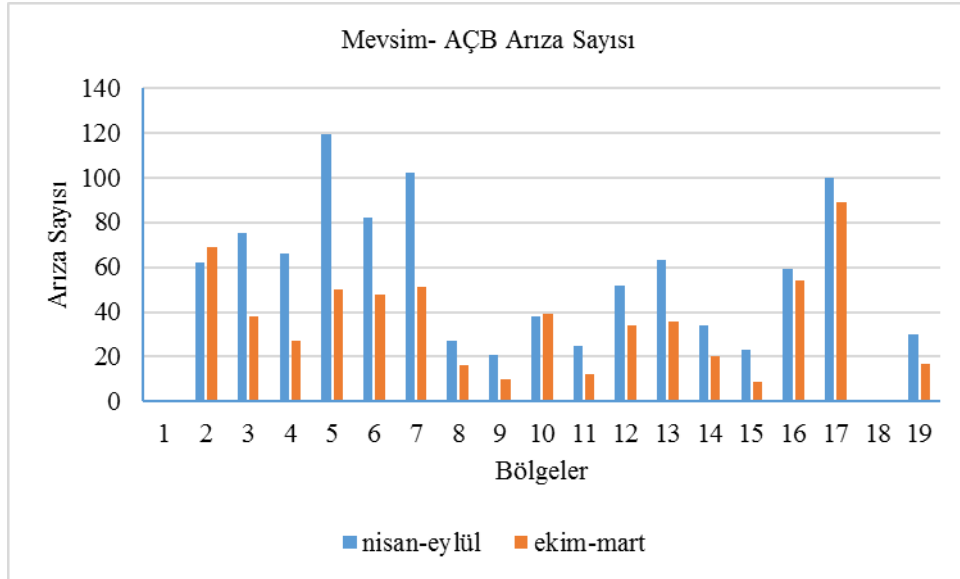
AÇB borular için PVC hatlarda olduğu gibi Nisan ile Eylül ayını içeren ara dönem yaz, diğer ayları içeren kısım ise kış sezonu olarak sayılmıştır. AÇB boruların mevsimlere göre arıza oranları incelendiğinde, son yıllarda arıza oranının artış gösterdiği ancak artış ve azalışların düzenli olmadığı görülmektedir. Bütün yıllarda kış mevsimindeki arıza oranlarının yaz mevsimdeki arıza oranlarından daha düşük olduğu görülmektedir. 2012, 2013 ve 2016 yıllarında yaz mevsimine ait arıza oranlarının diğer yıllara göre fazla olduğu görülmektedir.

Uygulama alanında Yaz döneminde (Nisan-Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) ve Kış döneminde (Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart) her bir bölgede meydana gelmiş PVC ve AÇB hatlara ait toplam arıza sayıları hesaplanmış ve grafik olarak sırasıyla Şekil 5.23 ve 5.24 'de gösterilmiştir. Daha önce yapılan yıllık bazdaki çalışmada en fazla arızanın yaşandığı dönemin yaz dönemi olduğu bilinmektedir.



Şekil 5.23. Bölgelerdeki PVC arıza sayılarının mevsimlere göre değişimi

Şekil 5.23 'de bölgelerde meydana gelen PVC arıza sayılarının mevsimlere göre değişimi görülmektedir. Bütün bölgelerde yaz mevsiminde meydana gelen arızaların kış mevsimine göre yüksek olduğu görülmektedir.

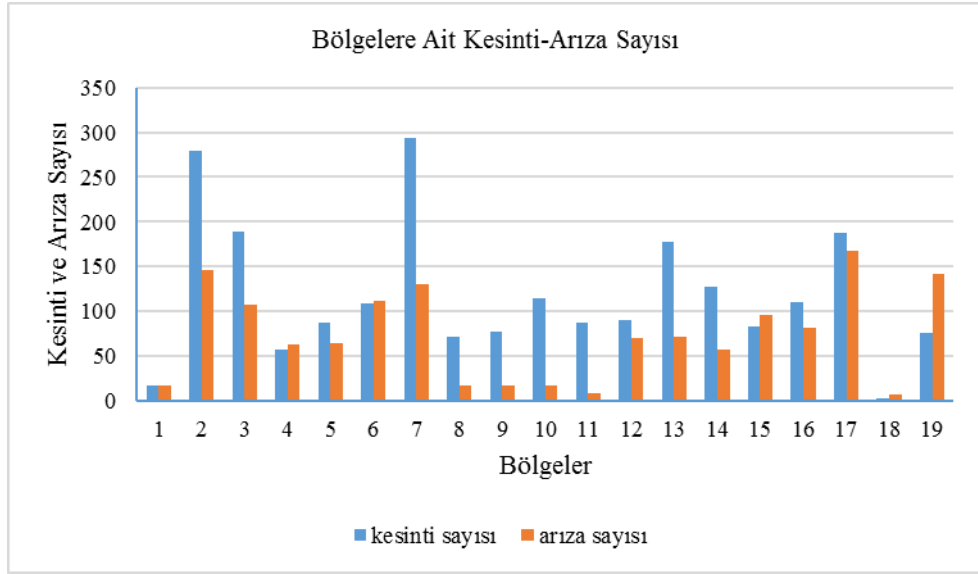


Şekil 5.24. Bölgelerdeki AÇB arıza sayılarının mevsimlere göre değişimi

Şekil 5.24 'de AÇB arızalara ait grafik görülmektedir. İkinci bölge dışında kalan bütün bölgelerde yaz aylarında meydana gelen arıza sayılarının fazla olduğu görülmektedir. İkinci bölgede ise kış aylarında arıza sayısı yüksek olsa da çok fazla fark bulunmamaktadır.

5.5. Su Kesintisi Sayısına Göre Arıza Sayısının Değişiminin Değerlendirilmesi

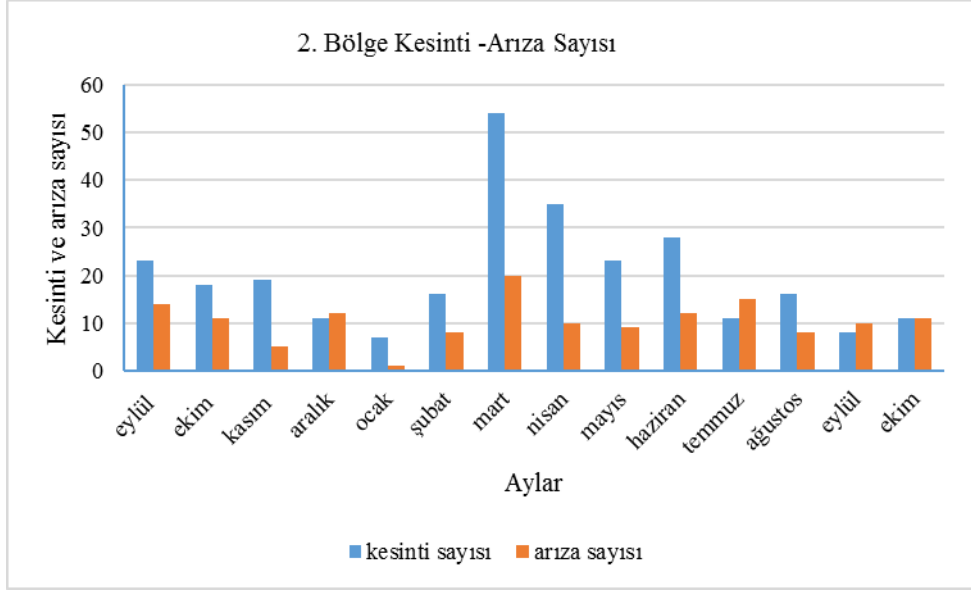
Meydana gelen arızalardaki önemli bir etkende şebekede meydana gelen kesintilerdir. Kesintiler esnasında ve sonrasında şebeke içinde ani basınç değişimleri boru hasarlarında etkili olabilmektedir. 2015 yılının son dört ay ve 2016 yılının ilk on ayı içinde gerçekleşen kesintiler esas alınarak, aynı aylar içinde gerçekleşen arıza sayıları bölge bazında karşılaştırılıp Şekil 5.25 'de gösterilmiştir.



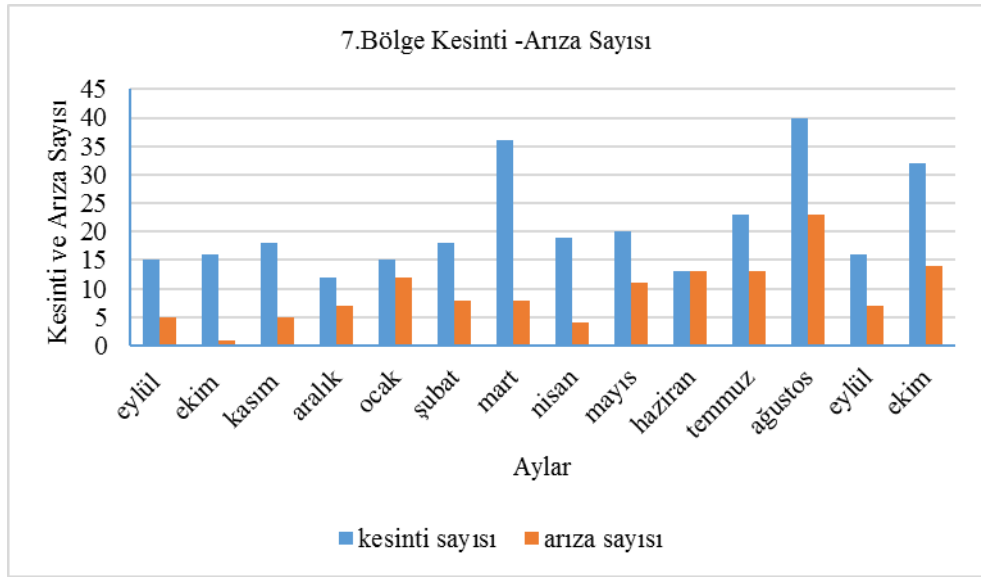
Şekil 5.25. Bölgelerdeki kesinti arıza sayısı değişimi

19 bölgeye ait 14 aylık periyotta gerçekleşmiş toplam 2241 kesinti esas alınarak, aynı periyotta meydana gelen 1398 arıza kıyaslanmış ve yukarıdaki grafik elde edilmiştir. Grafik incelendiğinde kesinti sayısındaki değişim ile arıza sayısındaki değişimin paralel olduğu görülmektedir. Hemen hemen bütün bölgelerde kesintiyle beraber arıza sayısı artış göstermiştir.

Ayrıca en fazla kesintinin gerçekleştiği 2. ve 7. bölgelerdeki arıza sayıları hesaplanarak grafik oluşturulmuş ve bu bölgelere ait karşılaştırma Şekil 5.26 ve Şekil 5.27 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.26. 2. Bölge kesinti sayısı arıza sayısı ilişkisi

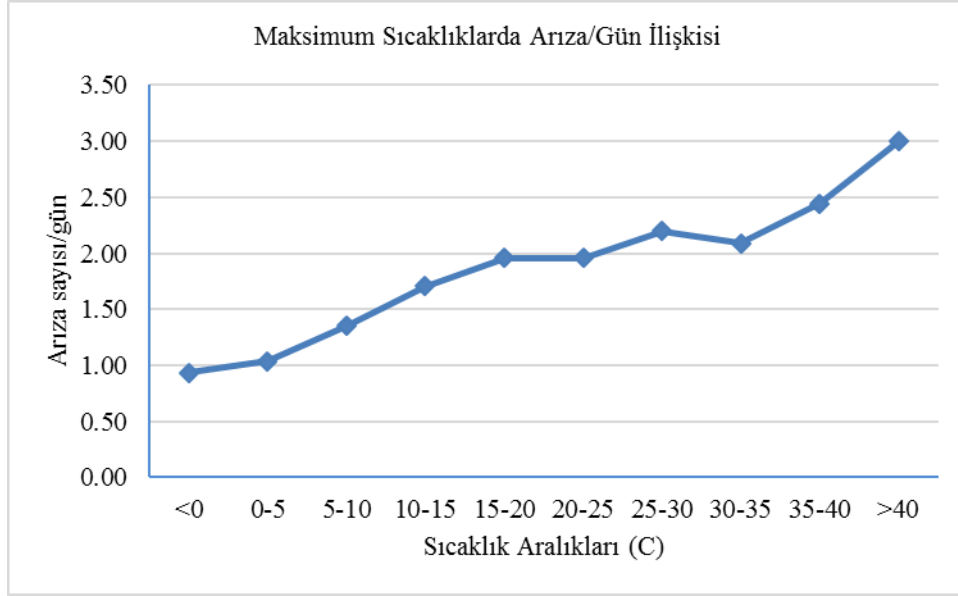


Şekil 5.27. 7. bölge kesinti sayısı arıza sayısı ilişkisi

Kesintilerin en fazla yaşandığı iki bölgeye ait grafikler incelendiğinde her iki bölgede de kesinti sayıları ile arıza sayılarının doğrusal olduğu görülmekte ve kesintilerin arıza sayısı üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır.

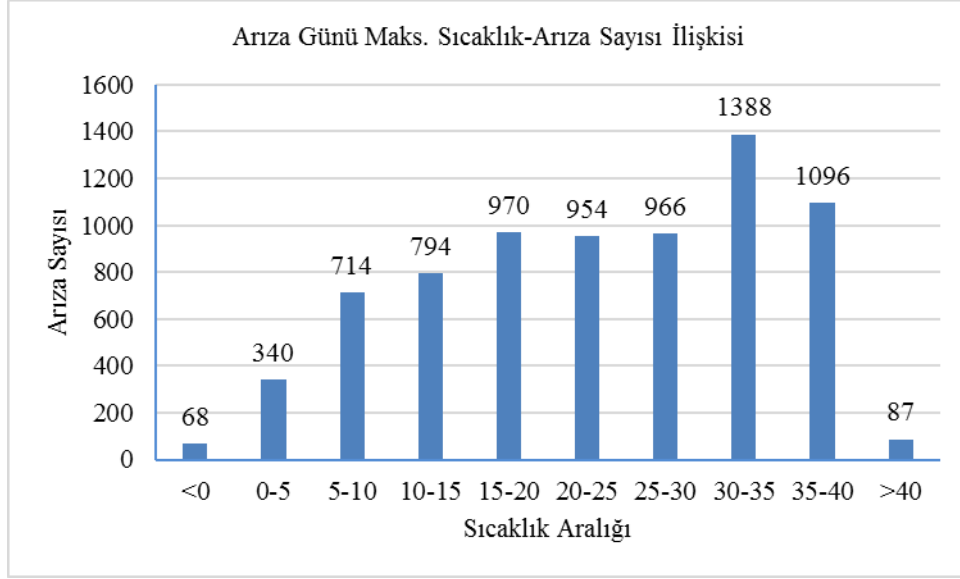
5.6. Sıcaklık Değişimine Göre Arıza Sayısı Değişiminin Değerlendirilmesi

Çalışma boyunca sıcaklık ile ilgili ortaya çıkan sonuçlar yüksek sıcaklıkların arıza üzerinde daha etkili olduğunu göstermiştir. Mevsimlik bazda yapılan grafiklerde yaz aylarında meydana gelen arızaların kış aylarında meydana gelenlerden daha fazla olduğu görülmüştür. Bununla beraber bazı sıcaklık aralıklarında hesaplanan arıza sayısı/gün grafiği ile bu durum net bir şekilde ortaya çıkmıştır. (Şekil 5.28)

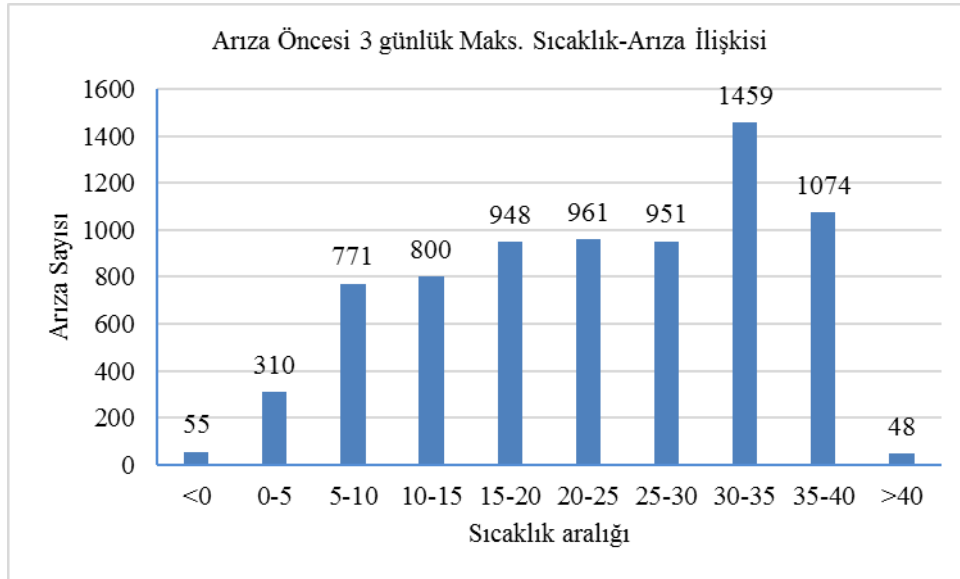


Şekil 5.28. Maksimum sıcaklıklarda oluşan arıza oranı

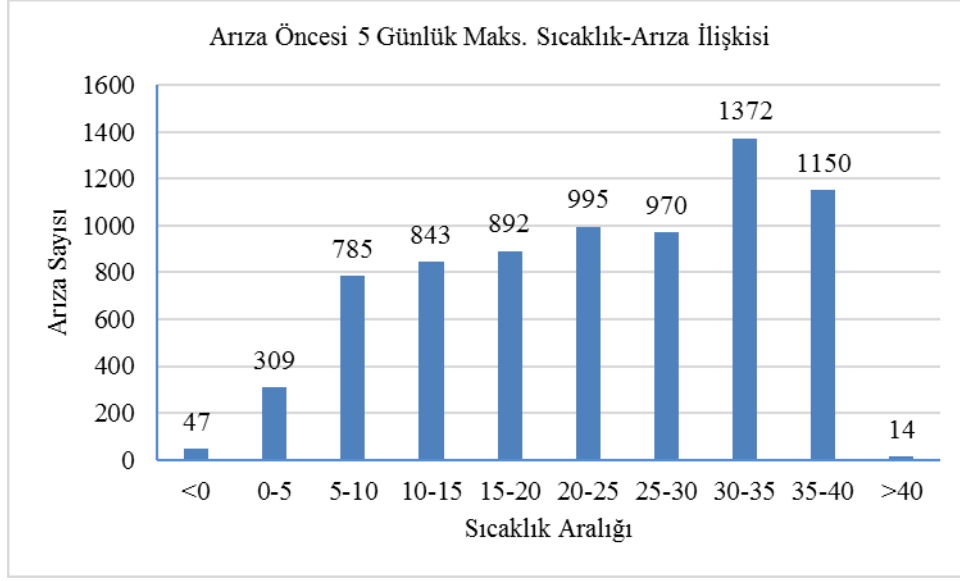
Arızanın meydana gelmesinde arıza günü yaşanan sıcaklık değerleriyle beraber daha önceki günlerde yaşanan sıcaklık değerleri de etkili olabilmektedir. Arızanın meydana gelmesinde etkili olan sıcaklığın, ne kadarlık dönemde arızaya sebep olduğunu anlamak için, arıza gününden önceki 3 ve 5 günlük dönemlerin ortalama sıcaklıkları hesaplanarak grafik haline getirilmiştir. Meydana getirilen grafikler ile arızanın olduğu güne ait sıcaklık değerleri grafiği karşılaştırılmıştır (Şekil 5.29, Şekil 5.30 ve Şekil 5.31).



Şekil 5.29. Arıza günü sıcaklık aralıkları ve arıza sayıları



Şekil 5.30. Arıza öncesi üç günlük sıcaklık aralıkları ve arıza sayıları



Şekil 5.31. Arıza öncesi beş günlük sıcaklık aralıkları ve arıza sayıları

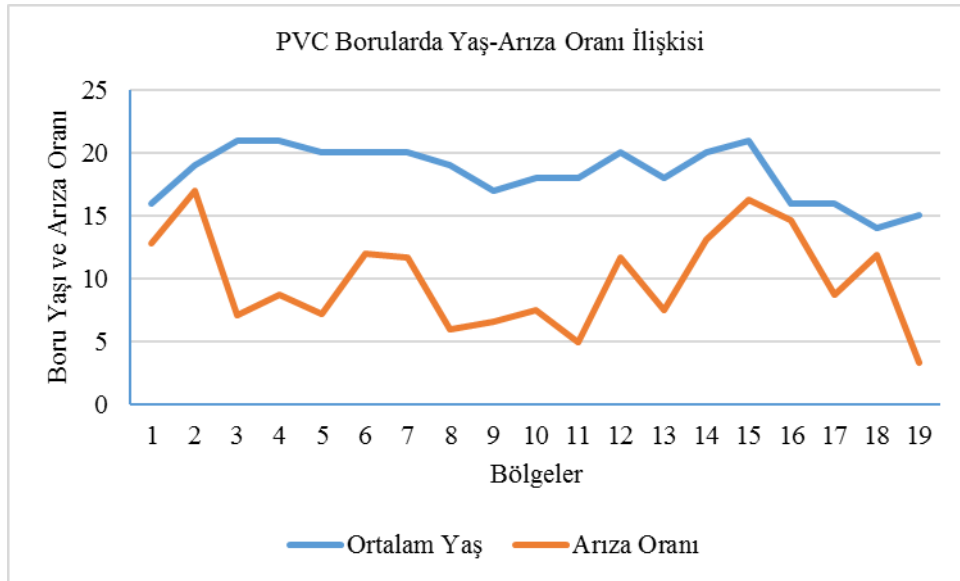
Arıza günü yaşanan sıcaklık aralıklarında meydana gelen arıza sayıları ile arıza öncesi 3 günlük sıcaklık ortalaması değerlerine göre meydana gelen arıza sayıları kıyaslandığında, arızanın maksimum olduğu 30-35 aralığında artış olduğu görülmüştür.

Arıza günü yaşanan sıcaklık aralıklarında meydana gelen arıza sayıları ile arıza öncesi 5 günlük sıcaklık ortalaması değerlerine göre meydana gelen arıza sayıları kıyaslandığında, arızanın maksimum olduğu 30-35 aralığında azalma olduğu görülmüştür.

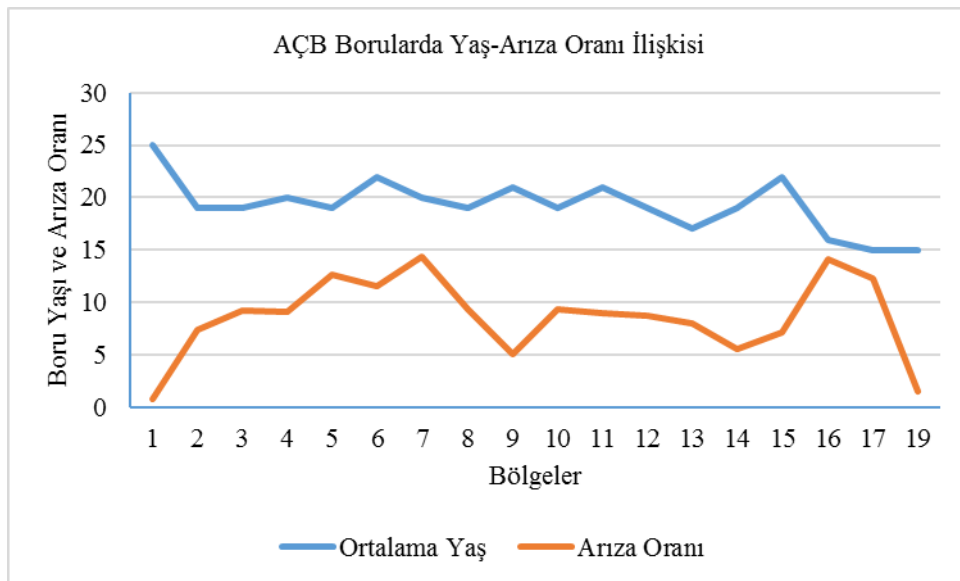
Yapılan analiz ile arıza üzerinde etkili sıcaklık değerlerinin, arıza öncesindeki 3 günlük periyotta meydana gelen değerlerin daha etkili olduğu görülmüştür. 5 günlük sıcaklık değerleri ise etkisinin az olduğu sonucuna varılmıştır.

5.7. Boru Yaşına Göre Arıza Sayısının Değişiminin Değerlendirilmesi

Arıza sayısının artmasında etkili olarak görülen unsurlardan biri borunun yaşıdır. Yaşlanan ve zamanla yıpranan borular daha kolay arızalanmaktadır. Şebekede kullanılan boru cinslerine göre yaş faktörü etkili olabilmektedir. Çalışma kapsamında her bir bölgedeki PVC ve AÇB boru cinslerinde ayrı ayrı ortalama boru yaşı hesaplanmış ve bölgelerde meydana gelen arıza oranları ile kıyaslanarak Şekil 5.32 ve Şekil 5.33 elde edilmiştir.



Şekil 5.32. PVC borularda yaş ve arıza oranı ilişkisi

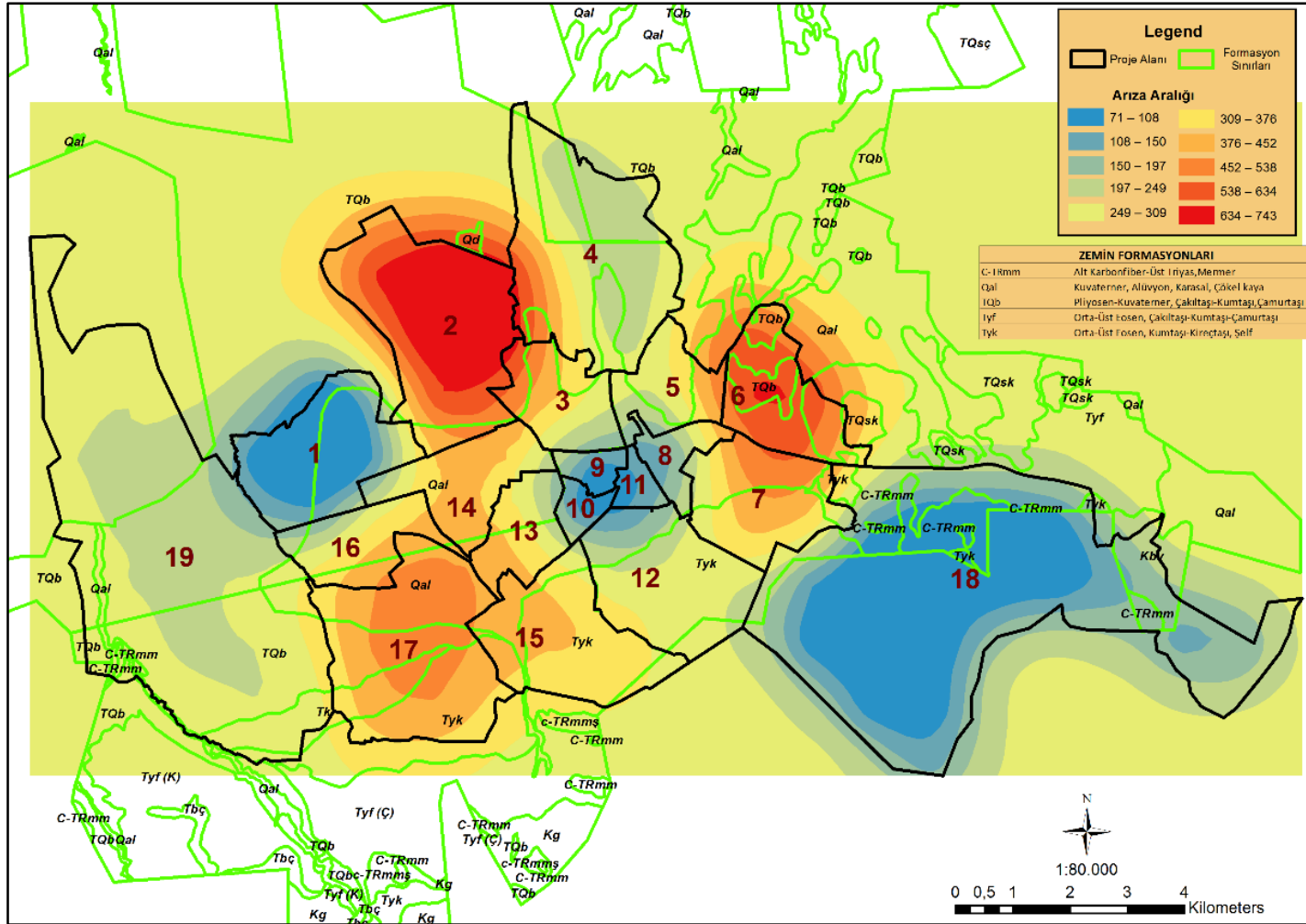


Şekil 5.33. AÇB borularda yaş ve arıza oranı ilişkisi

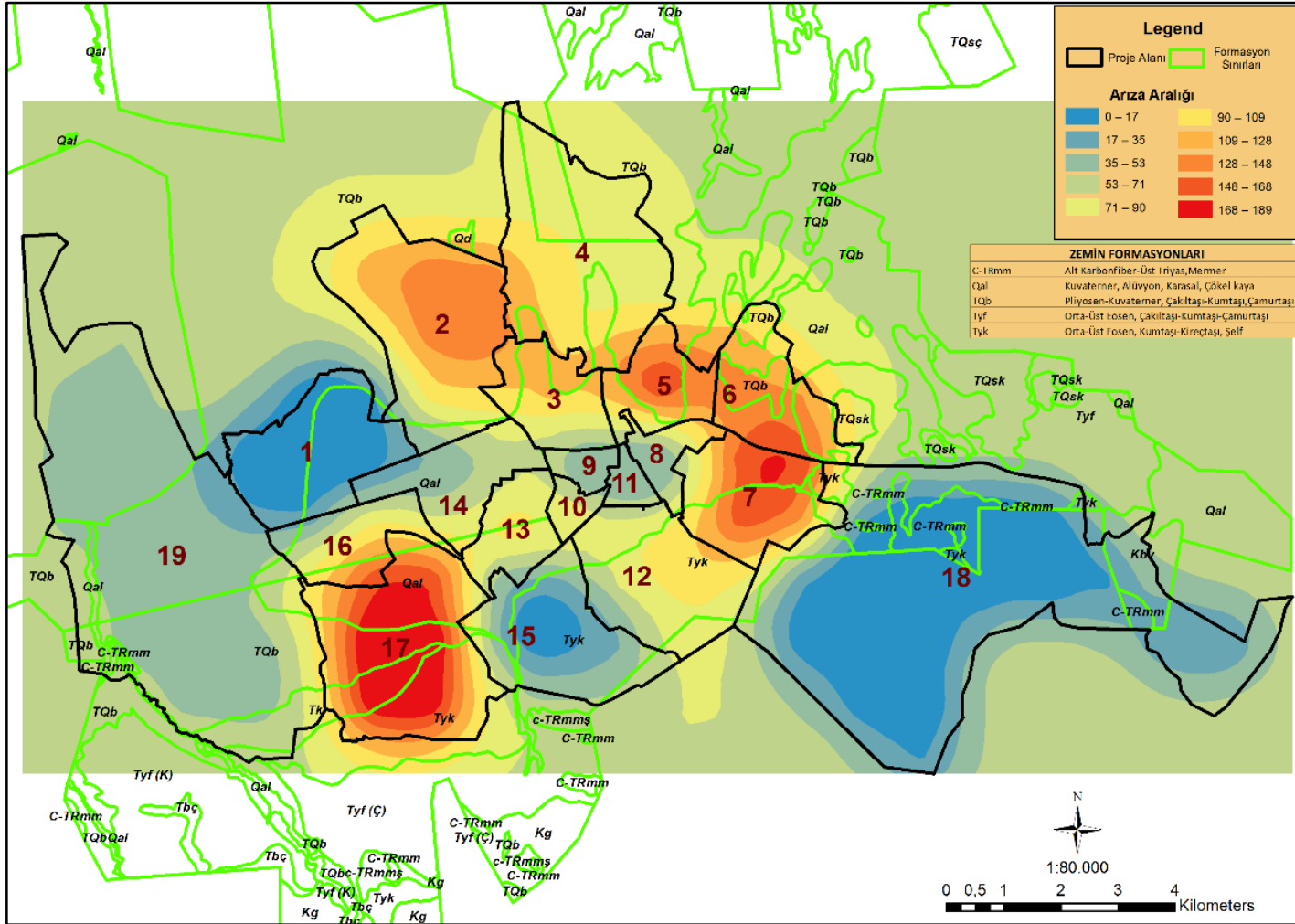
PVC borularda boru yaşı ile arıza oranları tamamen paralel olmasa da orantılı hareket ettikleri görülmüştür. AÇB borularda ise genel olarak boru yaşı ile arıza oranı arasında doğru orantı olduğu görülmüştür.

5.8. Zemin Formasyonuna Göre Arıza Sayısı Değişiminin Değerlendirilmesi

Zemin özelliklerinin arıza sayıları üzerindeki etkisinin görülmesi için Malatya İli jeolojik formasyon haritası ile şebekelere ait arıza sayıları haritaları karşılaştırılmış bunun sonucunda Şekil 5.34 ve Şekil 5.35 elde edilmiştir. İl genelinde zemin özelliklerinin benzer ve genelde hareketli zemin yapısına sahip olduğu Çizelge 4.1 'de görülmüştür. Çalışma alanındaki zeminin genel olarak hareketli davranış göstermesinin arıza üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak zemin formasyonu ve davranışı benzer özellikler taşıdığından arıza üzerindeki etkisini saptamak güçleşmiştir. Arızayı meydana getiren diğer faktörlerin daha etkili olması da zeminin etkisinin direk olarak görülmesini zorlaştırmıştır.



Şekil 5.34. PVC arıza sayısı haritası ve jeolojik formasyon haritası



Şekil 5.35. AÇB arıza sayısı haritası ve jeolojik formasyon haritası

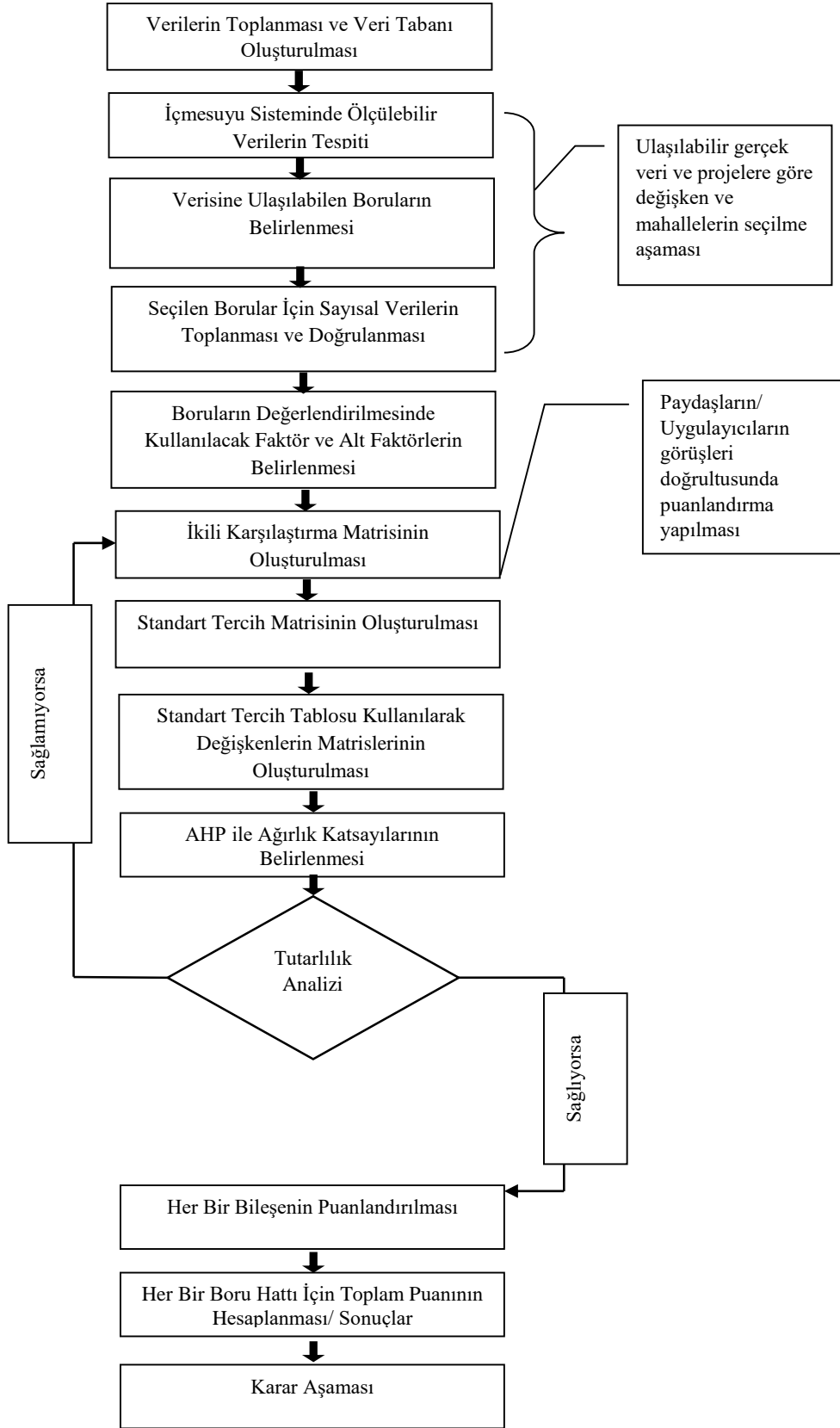
6. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES (AHP) İLE BORULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde içme suyu dağıtım sistemlerinde mevcutta hizmet veren PVC ve AÇB borularının çeşitli faktörlere göre değerlendirilmesi için çok ölçütlü karar analiz veya karar verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi uygulanmıştır. AHP yönteminin uygulanmasında temel amaç, boruların fiziksel, çevresel ve işletme gibi ana faktörler ve bu ana faktörlere ait alt faktörler göz önünde bulundurularak boruların teknik ve yapısal olarak değerlendirilmesi olarak gösterilebilir. Bu çalışma kapsamında içme suyu borularının AHP yöntemi ile yapısal olarak değerlendirilmesi için akış diyagramı Şekil 6.1 'de gösterilmiştir.

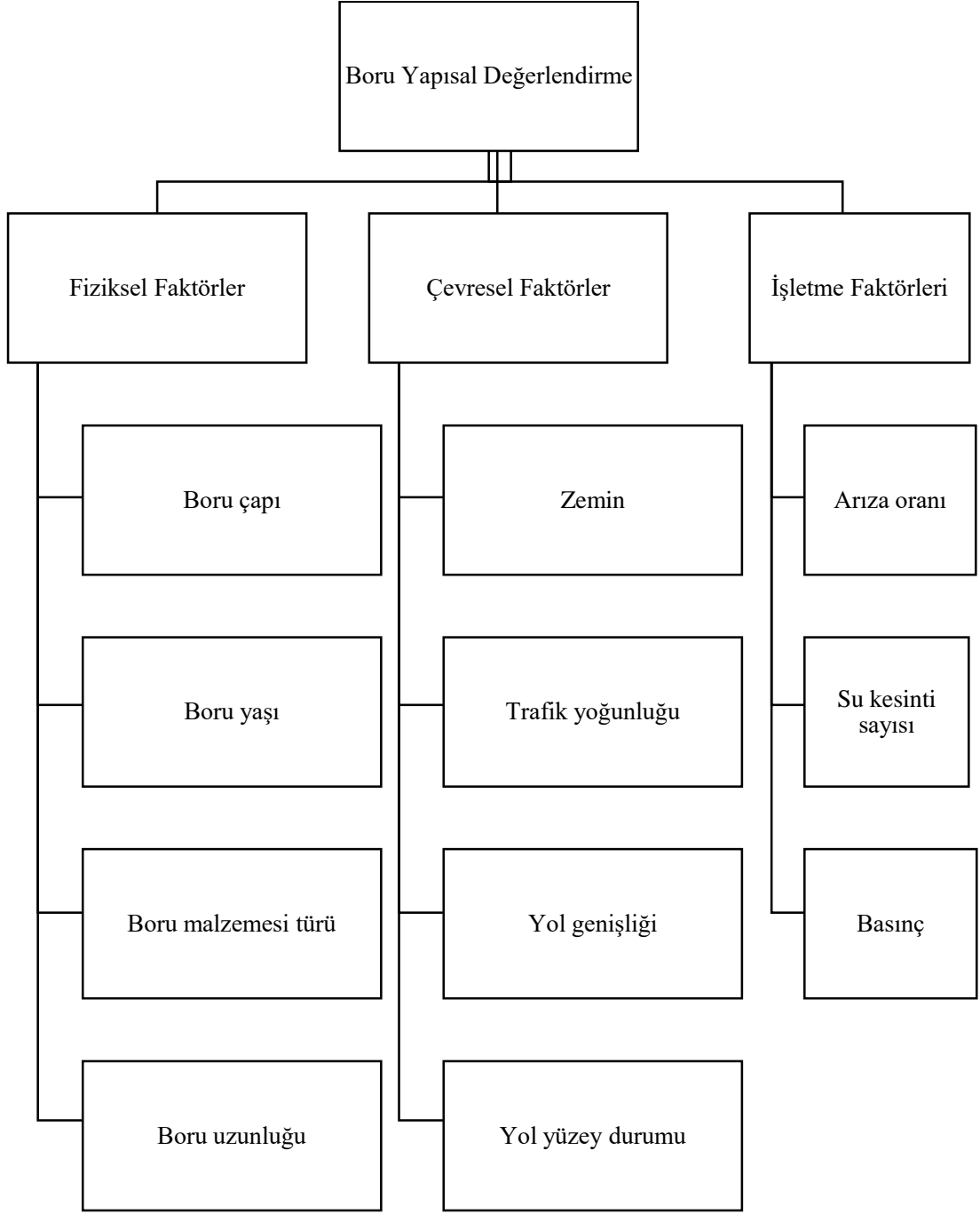
Daha önceden de bahsedildiği gibi AHP yönteminde en önemli adımlardan biri hedefin belirlenmesidir. Daha sonra bu belirlenen hedefe ulaşmak için problem üzerinde etkili olduğu düşünülen ana değişkenlerin belirlenmesi, bu değişkenlere ait alt değişkenlerin ve bu alt değişkenlerin bileşenlerinin belirlenmesi ve ilgilenilen probleme ait hiyerarşik yapının oluşturulması gerekmektedir.

Bu çalışmada içme suyu dağıtım sistemlerinde hizmet veren boruların yapısal olarak değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan hiyerarşik yapı oluşturulmuş ve Şekil 6.2 'de gösterilmiştir. Şekil 6.2 'de verilen hedefin gerçekleştirilmesi ve boruların yapısal durumunun ortaya konulması için tüm faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için genelde alt yapı alanında faaliyet gösteren kurumlarda çalışan uygulayıcıların görüşleri temel alınmaktadır.

Bu çalışmada da belirlenen tüm faktörlerin ikili karşılaştırılması, her bir faktörün puanlandırılması için, Malatya Su ve Kanal İdaresi (MASKİ) ve Denizli Su ve Kanal İdaresi (DESKİ) Genel Müdürlüklerinde çalışan idareciler ile teknik personellerin, Pamukkale Üniversitesi ve İnönü Üniversitesinde alt yapı alanında çalışan akademik personelin görüşleri alınmıştır.



Şekil 6.1. İçme suyu borularının yapısal olarak değerlendirilmesi için akış diyagramı



Şekil 6.2. Boruların yapısal olarak değerlendirilmesi için hiyerarşik yapı

Çalışma kapsamında belirlenen uygulayıcıların görüşlerinin alınması, faktörlerin karşılaştırılarak puanlandırılması için Çizelge 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4 'te verilen formlar oluşturulmuştur.

Çizelge 6.1 Boru hasarı üzerinde etkili ana faktörlerin ikili karşılaştırılması

Kategori	FİZİKSEL	ÇEVRESEL	İŞLETME
FİZİKSEL	1		
ÇEVRESEL		1	
İŞLETME			1

Çizelge 6.2 Boru hasarı üzerinde etkili fiziksel alt faktörlerinin ikili karşılaştırılması

Kategori	Boru Yaşı	Boru Çapı	Boru uzunluğu	Boru Cinsi
Boru Yaşı	1			
Boru Çapı		1		
Boru uzunluğu			1	
Boru Cinsi				1

Çizelge 6.3 Boru hasarı üzerinde etkili çevresel alt faktörlerinin ikili karşılaştırılması

Kategori	Zemin	Trafik Yoğunluğu	Yol Genişliği	Yol Yüzey Durumu
Zemin	1			
Trafik Yoğunluğu		1		
Yol Genişliği			1	
Yol Yüzey Durumu				1

Çizelge 6.4 Boru hasarı üzerinde etkili işletme alt faktörlerinin ikili karşılaştırılması

Kategori	Arıza Sayısı	Su Kesinti Sayısı	Basınç
Arıza Sayısı	1		
Su Kesinti Sayısı		1	
Basınç			1

AHP yönteminin uygulanması ve sonuçların konulmasında en önemli adımlardan biri de faktörlerin puanlandırılması olarak verilebilir. Bunun için Saaty (1980) tarafından Çizelge 6.5 'te verilen puanlandırma tablosu önerilmiş olup bu çalışmada da katılımcıların bu tabloya göre puan vermeleri istenmiştir.

Çizelge 6.5 Saaty (1980) tarafından önerilen AHP puanlandırma tablosu

Puan	Puan Açıklaması
1	Faktörler eşit önemde
3	Faktör 1, Faktör 2'ye göre biraz daha önemli (üstünlük seviyesi az)
5	Faktör 1, Faktör 2'ye göre fazla önemli (üstünlük seviyesi fazla)
7	Faktör 1, Faktör 2'ye göre çok daha fazla önemli (üstünlük seviyesi çok)
9	Faktör 1, Faktör 2'ye göre son derece önemli (üstünlük seviyesi çok)
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Çalışma kapsamında uygulayıcıların verdiği puanlandırmalara göre ana faktörler ve bunlara ait alt faktörler için oluşan ikili karşılaştırma puanları Çizelge 6.6, 6.7, 6.8 ve 6.9 'da verilmiştir.

Çizelge 6.6 Boru hasarı üzerinde etkili ana faktörlerin ikili karşılaştırma puanları

Kategori	FİZİKSEL	ÇEVRESEL	İŞLETME
FİZİKSEL	1	3	1
ÇEVRESEL	1/3	1	1/3
İŞLETME	1	3	1

Çizelge 6.6 'da verilen sonuçlardan da görüldüğü gibi, uygulayıcıların görüşlerine göre Fiziksel Faktör Çevresel Faktöre göre daha önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan Fiziksel ve İşletme faktörlerinin eşit önemde olduğu, İşletme Faktörünün Çevresel Faktöre göre daha önemli olduğu görüşü ortaya çıkmıştır.

Çizelge 6.7 Boru hasarı üzerinde etkili fiziksel alt faktörlerinin ikili karşılaştırma puanları

Kategori	Boru Yaşı	Boru Çapı	Boru uzunluğu	Boru Cinsi
Boru Yaşı	1	7	5	3
Boru Çapı	1/7	1	3	1
Boru uzunluğu	1/5	1/3	1	1/3
Boru Cinsi	1/3	1	3	1

Çizelge 6.7 'de fiziksel ana faktöre ait alt faktörlerin ikili karşılaştırmasına göre Boru Yaşının, Boru Çapına, Boru Uzunluğuna ve Boru Malzeme türüne göre daha önemli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Çizelgeye göre Boru Çapı ile Boru Malzeme türü aynı önemde olduğu, Boru Çapının Boru Uzunluğuna göre daha önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6.8 Boru hasarı üzerinde etkili çevresel alt faktörlerinin ikili karşılaştırma puanları

Kategori	Zemin	Trafik Yoğunluğu	Yol Genişliği	Yol Yüzey Durumu
Zemin	1	3	5	3
Trafik Yoğunluğu	1/3	1	5	3
Yol Genişliği	1/5	1/5	1	1
Yol Yüzey Durumu	1/3	1/3	1	1

Çizelge 6.8 'de Çevresel ana faktöre ait alt faktörlerin ikili karşılaştırmasına göre Zemin alt Faktörünün, Trafik Yoğunluğu, Yol Yüzey durumu ve Yol Genişliği alt faktörlerine göre daha önemli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Tabloya göre Trafik Yoğunluğu, Yol Genişliği ve Yol Yüzey durumuna göre daha önemli çıkarken, Yol Yüzey durumu ile Yol Genişliği aynı önemde olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.9 Boru hasarı üzerinde etkili işletme alt faktörlerinin ikili karşılaştırma puanları

Kategori	Arıza Sayısı	Su Kesinti Sayısı	Basınç
Arıza Sayısı	1	1/3	1/3
Su Kesinti Sayısı	3	1	1
Basınç	3	1	1

Çizelge 6.9 'da İşletme ana faktöre ait alt faktörlerin ikili karşılaştırmasına göre Su Kesinti Sayısı ile İşletme Basıncı alt faktörlerinin Arıza Sayısı alt faktörüne göre daha önemli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Çizelgeye göre Basınç ile Su Kesinti Sayısının aynı önemde olduğu görülmüştür.

Çizelgelerde verilen puanlandırmalar temel alınarak AHP yöntemi ile ana faktörler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve buna bağlı olarak da ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Benzer şekilde her bir ana faktöre ait alt faktör için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak her bir alt faktörün ağırlık katsayıları elde edilmiştir. Ayrıca her bir karşılaştırma matrisi için tutarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve CI ve CR ile gösterilen katsayılar hesaplanmıştır. Her bir faktör ve alt faktör için hesaplanan ağırlık katsayıları ve tutarlılık analizi Çizelge 6.10 'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.10 Ana ve alt faktörler için belirlenen ağırlık katsayıları

Faktör	Ağırlık Katsayısı (W _i)	CI	CR	Alt Faktör	Ağırlık Katsayısı (W _i)	CI	CR
Fiziksel	0.43	0.00	--	Boru çapı	0.16	0.067	0.075
				Boru yaşı	0.58		
				Boru malzemesi türü	0.19		
				Boru uzunluğu	0.07		
Çevresel	0.14			Zemin	0.50	0.062	0.069
				Trafik yoğunluğu	0.30		
				Yol genişliği	0.09		
				Yol yüzey durumu	0.11		
İşletme	0.43			Su kesinti sayısı	0.43	0.00	---
				Arıza oranı	0.14		
				Basınç	0.43		

Çizelge 6.10 'da verilen sonuçlar incelendiğinde, ana faktörler için elde edilen ağırlık katsayılarına göre, Fiziksel ve İşletme Faktörleri ağırlık katsayıları 0.43 olurken, Çevresel Faktör katsayısı 0.14 olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan ana faktörler için hesaplanan tutarlılık analizi katsayısı CR değerinin sınır değer olan 0.10'dan daha düşük çıktığı görülmüştür.

Çizelge 6.10 'da Fiziksel Faktöre ait alt faktörler için hesaplanan ağırlık katsayılarına göre en yüksek katsayı 0.58 ile Boru Yaşı için elde edilirken, en düşük katsayısı 0.07 ile Boru Uzunluğu için hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre Boru Yapısal Durumu üzerinden Boru Yaşı alt faktörünün diğer Fiziksel alt faktörlere göre daha

etkili olduğu söylenebilir. Diğer taraftan Fiziksel Faktöre ait alt faktörler için hesaplanan tutarlılık analizi katsayısı CR değerinin sınır değeri olan 0.10'dan daha düşük çıktığı görülmüştür.

Çizelge 6.10 'da Çevresel Faktöre ait alt faktörler için hesaplanan ağırlık katsayılarına göre en yüksek katsayı 0.50 ile Zemin alt faktörü için elde edilirken, en düşük katsayısı 0.09 ile Yol Genişliği için hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre boru yapısal durumu üzerinden Zemin alt faktörünün diğer Çevresel alt faktörlere göre daha etkili olduğu söylenebilir. Diğer taraftan Fiziksel faktöre ait alt faktörler için hesaplanan tutarlılık analizi katsayısı CR değerinin sınır değeri olan 0.10'dan daha düşük çıktığı görülmüştür.

Çizelge 6.10 'da İşletme Faktörüne ait alt faktörler için hesaplanan ağırlık katsayılarına göre en yüksek katsayı 0.43 ile Su Kesinti Sayısı ve Basınç için hesaplanırken, arıza oranı için ağırlık katsayısı 0.14 olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan Fiziksel Faktöre ait alt faktörler için hesaplanan tutarlılık analizi katsayısı CR değerinin sınır değeri olan 0.10'dan daha düşük çıktığı görülmüştür.

Çalışma kapsamında her bir faktör için ağırlık katsayıları hesaplandıktan Boru elemanları için Yapısal Durum değerlendirmesi yapmak için alt faktöre ait alt bileşenler puanlandırılmıştır. Alt faktörler için oluşturulan alt bileşenler ve bu alt bileşenler için verilen puanlar Çizelge 6.11 'de gösterilmektedir. Bu tabloda verilen puanlandırmada, 1 değeri Boru Hasarı ya da bozulması üzerinde en az etkiye sahip olduğunu gösterirken, 10 değeri boru bozulması üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6.11 Faktörlerin alt bileşenlerine ait puanlandırmalar

Faktörler	Alt Faktörler	Aralık	Puan (ci)
Fiziksel	Boru Yaşı (yıl)	>40	10
		30-40	9
		20-30	8
		10.-20	7
		<10	5
	Boru Çapı (mm)	<100	7
		100-125	7
		125-150	6
		150-200	6
		250-300	4
		300-350	4
		>350	3
	Boru Malzemesi	AÇB	9
		PVC	6
	Boru Uzunluğu (m)	>300	8
		250-300	7
		200-250	7
150-200		6	
100-150		5	
50-100		4	
<50		3	
Çevresel	Zemin	Çok hareketli	10
		Hareketli	7
		Ortalama	5
		Hareketsiz	3
	Trafik Yoğunluğu	Yüksek	10
		Ortalama	7
		Düşük	3
	Yol Genişliği (m)	>20	5
		10-20	5
		<10	6
	Yol Yüzey Durumu	Asfalt	3
Kilit Taş		5	
Stabilize		7	
İşletme	Su kesinti sayısı	>100	10
		75-100	9
		50-70	7
		25-50	6
		0-25	5
	Arıza Oranı (arıza sayısı/km/yıl)	>35	10
		25-35	8
		15-25	7
		5-15	5
		<5	3
	Basınç	Yüksek	10
		Ortalama	7
		Düşük	3

Çalışma kapsamında, AHP yöntemi ile tüm faktörlere ait ağırlık katsayıları belirlendikten ve her bir alt bileşene ait puanlandırma oluşturulduktan sonra boru elemanlarının yapısal durumunu değerlendirmek için her bir boru elemanının puanı ve sınıfı belirlenmiştir. Bunun için FFP ile gösterilen Fiziksel Faktör puanı denklem (6.1)'deki gibi hesaplanırken, CFP ile gösterilen Çevresel Faktör puanı ve IFP ile gösterilen İşletme Faktör puanı sırasıyla denklem (6.2) ve (6.3)'e göre hesaplanmaktadır. Ayrıca her bir boru elemanının genel puanını hesaplamak için YDS ile gösterilen Yapısal Değerlendirme Sınıfı denklem (6.4) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$FFP = \sum_{i=1}^m w_i \cdot c_i \quad (6.1)$$

$$CFP = \sum_{i=1}^m w_i \cdot c_i \quad (6.2)$$

$$IFP = \sum_{i=1}^m w_i \cdot c_i \quad (6.3)$$

$$YDS = w_f \cdot FFP + w_c \cdot CFP + w_l \cdot IFP \quad (6.4)$$

Burada, YDS; Yapısal Değerlendirme Sınıfı, FFP; Fiziksel Faktör Puanı, CFP; Çevresel Faktör Puanı, IFP; İşletme Faktör Puanı, w_f ; Fiziksel Faktör ağırlık katsayısı, w_c ; Çevresel Faktör ağırlık katsayısı, w_l ; İşletme Faktör ağırlık katsayısı, w_i ; her bir ana faktöre ait alt faktörlerin ağırlık katsayıları, c_i ; alt faktörlerin alt bileşenlerine ait puanları göstermektedir.

Çalışmada AHP aşamasında öncelikle boru yapısal durumu üzerinde etkili faktörlerin alt bileşenlerine ait puanlamalar tespit edilmiş ve kullanılacak denklemler oluşturulmuştur. Boru yapısal durumunu değerlendirmek için farklı parametreleri barındıran sokak bazlı 17 adet hat seçilerek özellikleri çizelge 6.12 'de gösterilmiştir. Alınan hat üzerinde öncelikle Fiziksel Faktör Puanı (FFP) değerleri hesaplanmış ve çizelge 6.13 'de gösterilmiştir. İkinci aşamada Çevresel Faktör Puanları (CFP) hesaplanarak çizelge 6.14 'te gösterilmiştir. Değerlendirmede kullanılacak bir diğer işlem ise İşletme Faktör Puanı (IFP)'nin hesaplanması olmuştur. Hesaplanan IFP puanı Çizelge 6.15 'de gösterilmiştir. Hesaplanan FFP, CFP ve IFP değerleri Çizelge 6.16 'ya göre değerlendirilerek Yapısal Değerlendirme Sınıfı (YDS) oluşturulmuştur. Oluşturulan YDS değerleri Çizelge 6.17 'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12 Boru yapısal durumu değerlendirilmesi için seçilen boru elemanları ve özellikleri

Boru Kodu	Boru Malz. Türü	Boru Yaşı (Yıl)	Boru Çapı (mm)	Boru Uzunluğu (m)	Zemin	Trafik Yoğunluğu	Yol Genişliği (m)	Yol Yüzey Durumu	Arıza Oranı	Su Kesinti Sayısı	Basınç (mss)
AÇB01	AÇB	20	300	428	TQb	Ortalama	15	Asfalt	28.0	70	22
AÇB02	AÇB	19	150	409	TQb ve Qal	Ortalama	15	Asfalt	22.0	14	46
AÇB03	AÇB	17	125	165	TQb ve Qal	Düşük	7	Asfalt	18.2	55	52
AÇB04	AÇB	19	200	561	Tyk ve Qal	Ortalama	16	Asfalt	33.9	127	45
AÇB05	AÇB	16	300	213	Qal, Tyk ve TQb	Düşük	9	Asfalt	23.5	123	44
PVC01	PVC	14	90	283	TQb	Düşük	9	Asfalt	38.9	0	13
PVC02	PVC	16	110	331	TQb ve Qal	Yüksek	24	Asfalt	33.2	13	28
PVC03	PVC	32	63	139	TQb	Düşük	8	Asfalt	36.0	32	33
PVC04	PVC	17	110	761	TQb ve Qal	Ortalama	16	Asfalt	6.6	25	40
PVC05	PVC	19	75	391	TQb ve Qal	Düşük	7	Asfalt	25.6	20	30
PVC06	PVC	18	125	154	Qal	Düşük	7	Asfalt	32.5	14	45
PVC07	PVC	17	200	425	Qal, Tyk ve TQb	Düşük	8	Asfalt	2.4	87	38
PVC08	PVC	23	175	142	TQb	Ortalama	10	Asfalt	28.2	36	23
PVC09	PVC	20	150	165	Tyk	Düşük	7	Asfalt	24.2	32	35
PVC10	PVC	21	110	1012	TQb ve Qal	Yüksek	44	Asfalt	19.8	128	35
PVC11	PVC	18	40	487	Tyk	Düşük	7	Asfalt	6.2	3	33
PVC12	PVC	10	90	242	Qal	Ortalama	11	Asfalt	8.3	56	40

Çizelge 6.13 Boru elemanları için hesaplanan FFP değerleri

Boru Kodu	Fiziksel Özellikler				Puanlar (ci)				FFP
	Boru Malz. Türü	Boru Yaşı (Yıl)	Boru Çapı (mm)	Boru Uzunluğu (m)	Boru Malz. Türü (wi=0.19)	Boru Yaşı (Yıl) (wi=0.58)	Boru Çapı (mm) (wi=0.16)	Boru Uzun. (m) (wi=0.07)	
AÇB01	AÇB	20	300	428	8	4	8	9	7.55
AÇB02	AÇB	19	150	409	7	6	8	9	7.29
AÇB03	AÇB	17	125	165	7	6	6	9	7.15
AÇB04	AÇB	19	200	561	7	6	8	9	7.29
AÇB05	AÇB	16	300	213	7	4	7	9	6.9
PVC01	PVC	14	90	283	7	7	7	6	6.81
PVC02	PVC	16	110	331	7	7	8	6	6.88
PVC03	PVC	32	63	139	9	7	6	6	7.90
PVC04	PVC	17	110	761	7	7	8	6	6.88
PVC05	PVC	19	75	391	7	7	8	6	6.88
PVC06	PVC	18	125	154	7	6	6	6	6.58
PVC07	PVC	17	200	425	7	6	8	6	6.72
PVC08	PVC	23	175	142	8	6	5	6	7.09
PVC09	PVC	20	150	165	8	6	6	6	7.16
PVC10	PVC	21	110	1012	8	7	8	6	7.46
PVC11	PVC	18	40	487	7	7	8	6	6.88
PVC12	PVC	10	90	242	7	7	7	6	6.81

Çizelge 6.14 Boru elemanları için hesaplanan CFP değerleri

Boru Kodu	Boru Malz. Türü	Çevresel Faktörler				Puanlar				CFP
		Zemin	Trafik Yoğunluğu	Yol Genişliği (m)	Yol Yüzey Durumu	Zemin (wi=0.50)	Trafik Yoğunluğu (wi=0.30)	Yol Genişliği (wi=0.09)	Yol Yüzey Durumu (wi=0.11)	
AÇB01	AÇB	Hareketli	Ortalama	15	Asfalt	7	7	5	3	6.38
AÇB02	AÇB	Hareketli	Ortalama	15	Asfalt	7	7	5	3	6.38
AÇB03	AÇB	Hareketli	Düşük	7	Asfalt	7	3	6	3	5.27
AÇB04	AÇB	Ortalama	Ortalama	16	Asfalt	5	7	5	3	5.38
AÇB05	AÇB	Hareketli	Düşük	9	Asfalt	7	3	6	3	5.27
PVC01	PVC	Hareketli	Düşük	9	Asfalt	7	3	6	3	5.27
PVC02	PVC	Hareketli	Yüksek	24	Asfalt	7	10	5	3	7.28
PVC03	PVC	Ortalama	Düşük	8	Asfalt	5	3	6	3	4.27
PVC04	PVC	Hareketli	Ortalama	16	Asfalt	7	7	5	3	6.38
PVC05	PVC	Hareketli	Düşük	7	Asfalt	7	3	6	3	5.27
PVC06	PVC	Hareketli	Düşük	7	Asfalt	7	3	6	3	5.27
PVC07	PVC	Hareketli	Düşük	8	Asfalt	7	3	6	3	5.27
PVC08	PVC	Hareketli	Ortalama	10	Asfalt	7	7	5	3	6.38
PVC09	PVC	Ortalama	Düşük	7	Asfalt	5	3	6	3	4.27
PVC10	PVC	Hareketli	Yüksek	44	Asfalt	7	10	5	3	7.28
PVC11	PVC	Ortalama	Düşük	7	Asfalt	5	3	6	3	4.27
PVC12	PVC	Hareketli	Ortalama	11	Asfalt	7	7	5	3	6.38

Çizelge 6.15 Boru elemanları için hesaplanan IFP değerleri

Boru Kodu	İşletme Faktörleri					Puanlar			IFP
	Boru Uzunl. (m)	Arıza Sayısı	Arıza Oranı (arıza sayısı/km/yıl)	Su Kesinti sayısı	Basınç (mss)	Su Kesinti sayısı (wi=0.50)	Arıza Oranı (wi=0.30)	Basınç (wi=0.09)	
AÇB01	428	12	28.037	70	22	7	8	3	5.42
AÇB02	409	9	22.005	14	46	5	7	7	6.14
AÇB03	165	3	18.182	55	52	7	7	7	7.00
AÇB04	561	19	33.868	127	45	10	8	7	8.43
AÇB05	213	5	23.474	123	44	10	7	7	8.29
PVC01	283	11	38.869	0	13	0	10	3	2.69
PVC02	331	11	33.233	13	28	5	8	7	6.28
PVC03	139	5	35.971	32	33	6	10	7	6.99
PVC04	761	5	6.570	25	40	6	5	7	6.29
PVC05	391	10	25.575	20	30	5	8	7	6.28
PVC06	154	5	32.468	14	45	5	8	7	6.28
PVC07	425	1	2.353	87	38	9	3	7	7.3
PVC08	142	4	28.169	36	23	6	8	3	4.99
PVC09	165	4	24.242	32	35	6	7	7	6.57
PVC10	1012	20	19.763	128	35	10	7	7	8.29
PVC11	487	3	6.160	3	33	5	5	7	5.86
PVC12	242	2	8.264	56	40	7	5	7	6.72

Çizelge 6.16 Boruların değerlendirilmesinde sınıf aralıkları

Sınıf	Puan Aralığı	Yapısal Durumu
A	[0-2]	İyi durumda, potansiyel risk oluşmayabilir
B	[2-4]	Yapısal durumu orta
C	[4-6]	Yapısal durum iyi değil, hasar gözlenebilir
D	[6-8]	Yapısal durum kötü, hasar oluşma riski yüksek
E	[8-10]	Yapısal durum çok kötü, önemli hasarlar oluşma riski çok yüksek

Çizelge 6.17 Boru elemanları için hesaplanan YDS değerleri

Boru Kodu	Boru Malz. Türü	FFP ($w_f=0.43$)	CFP ($w_c=0.14$)	IFP ($w_I=0.43$)	YDS	Sınıf	Yapısal Durum
AÇB01	AÇB	7.55	6.38	5.42	6.47	D	Yapısal durum kötü, hasar oluşma riski yüksek
AÇB02	AÇB	7.29	6.38	6.14	6.67	D	
AÇB03	AÇB	7.15	5.27	7	6.82	D	
AÇB04	AÇB	7.29	5.38	8.43	7.51	D	
AÇB05	AÇB	6.9	5.27	8.29	7.27	D	
PVC01	PVC	6.81	5.27	2.69	4.82	C	Yapısal durum iyi değil, hasar gözlenebilir
PVC02	PVC	6.88	7.28	6.28	6.68	D	Yapısal durum kötü, hasar oluşma riski yüksek
PVC03	PVC	7.9	4.27	6.99	7.00	D	
PVC04	PVC	6.88	6.38	6.29	6.56	D	
PVC05	PVC	6.88	5.27	6.28	6.40	D	
PVC06	PVC	6.58	5.27	6.28	6.27	D	
PVC07	PVC	6.72	5.27	7.3	6.77	D	
PVC08	PVC	7.09	6.38	4.99	6.09	D	
PVC09	PVC	7.16	4.27	6.57	6.50	D	
PVC10	PVC	7.46	7.28	8.29	7.79	D	
PVC11	PVC	6.88	4.27	5.86	6.08	D	
PVC12	PVC	6.81	6.38	6.72	6.71	D	

Çizelge 6.13 'de görüldüğü gibi, hesaplamada boru malzeme türü, boru yaşı, boru çapı ve boru uzunluğu parametreleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda FFP değeri en yüksek çıkan hat 7.90 ile PVC03 kodlu boru olurken en düşük değere sahip boru 6.58 ile PVC06 kodlu boru olmuştur. CFP hesaplanırken esas alınan faktörler zemin, trafik yoğunluğu, yol genişliği ve yol düzey durumu olarak belirlenmiştir (Çizelge 6.14).

Yapılan analiz sonucunda en yüksek değer 7.28 olarak PVC02 ve PVC10 boru kodlarında oluşurken en düşük değer ise 4.27 olarak PVC03, PVC09 ve PVC11 kodundaki borularda oluşmuştur.

Çizelge 6.15 'de işletme faktörleri olarak boru uzunluğu, arıza sayısı, arıza oranı, su kesintisi ve basınç esas alınmıştır. Yapılan hesaplamalara göre en yüksek değer AÇB04 kodlu boruda 8.43, en düşük değer ise PVC01 kodlu boruda 2.69 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6.17 'de YDS değerlerine göre PVC01 kodlu boru C sınıfı diğerleri ise D sınıfı olarak görülmektedir. Alınan bütün AÇB hatlarının yapısal durumunun kötü ve hasar oluşma riskinin yüksek olduğu anlaşılmıştır. PVC01 boru kodunda yapısal durum iyi değil ve hasar gözlenebilir, PVC'ye ait diğer hatlarda ise yapısal durumunun kötü ve hasar oluşma riskinin yüksek olduğu durumu görülmüştür.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışması ile Malatya İli merkezinde bulunan 82 mahalle esas alınarak, 19 alt bölge oluşturulmuş ve bu bölgelerde bulunan PVC ve AÇB borular çeşitli faktörlere göre değerlendirilerek analizler yapılmıştır. Şebeke üzerinde 2006-2016 yılları arasında meydana gelen arızalar düzenlenmiş ve fiziksel faktörler (boru çapı, boru yaşı, boru uzunluğu), çevresel faktörler (bölgenin zemin cinsi ve jeolojik özelliği, arızanın meydana geldiği gündeki maksimum ve minimum sıcaklıklar), işletme faktörleri (su kesinti sayısı, su tüketim profili) göz önüne alınarak analizler tamamlanmış ve sonuçlanmıştır. Çalışma sonunda ise Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi kullanılarak şebekenin yapısal değerlendirme sınıfı ortaya çıkarılmıştır.

Çalışma alanı ve alt bölgeler belirlendikten sonra elde edilen veriler düzenlenerek alandaki PVC ve AÇB hat uzunluğu ve her bir bölgeye düşen hat uzunlukları hesaplanmıştır. Elde edilen bütün arıza noktaları koordinatlı olarak ArcGIS programına atılarak veri tabanı oluşturulmuştur. Her bir bölge için borulara ait arıza oranları hem bölge bazında hem de çap bazında oluşturulmuştur. Bölge bazlı arıza sayıları ve arıza oranları analiz edilerek harita üzerinde gösterilmiştir. Ayrıca yıllık arıza oranları hesaplanmıştır. Yapılan analizlerde arıza sayısının ve arıza oranının boru çaplarına, bölgelere, yıllara, mevsimlere ve aylara göre değişimleri ortaya konulmuştur.

Yapılan çalışma sonucunda;

- Boru çaplarına göre yapılan analiz sonucunda PVC hatlarda 63 mm çapındaki borularda arıza oranı yüksek olarak ortaya çıkmıştır.
- AÇB hatlarda ise en yüksek arıza oranı 150 mm çapındaki borularda meydana gelmiştir.
- PVC ve AÇB hatlarda boru uzunluğu ile arıza sayıları benzer orantılı olarak değişmektedir. Ancak hat üzerinde meydana gelen arıza sayısını, hat uzunluğuna böldüğümüzde gerçek arıza oranı ortaya çıkmaktadır.
- Yapılan çalışmada ortalama PVC arıza oranı ortalama AÇB arıza oranından yüksek olarak çıkmıştır.
- PVC için bu değer 9.91 arıza sayısı/km iken AÇB için 8.14 arıza sayısı/km olarak hesaplanmıştır. PVC hatlarda km başına daha fazla arıza meydana geldiği görülmüştür.

- Yıllık bazda elde edilen arıza oranları grafikleri son dört yılda arıza oranlarının oldukça yükseldiğini göstermiştir.
- Mevsimlik ve aylık olarak yapılan incelemelerde ise arıza oranlarının yaz aylarında yüksek olduğu anlaşılmıştır.
- Meydana gelen su kesintileri ve arıza sayıları kıyaslanmış ve su kesintilerinin arıza üzerinde oldukça etkili olduğu saptanmıştır.
- En fazla kesinti yaşanan bölgelerde yapılan analizlerde aynı sonuçları vermiştir.
- Arıza üzerinde en etkili parametrelerden biri de sıcaklık değerleridir. Meydana gelen arızalarla ilgili sıcaklık verileri derlenerek arıza sayısı/gün oranı hesaplanmış ve en çok arıza oranının en sıcak günlerde yaşandığı görülmüştür.
- Ayrıca arızanın oluşmasında önceki günlere ait değerlerinde oldukça etkili olduğu saptanmıştır.
- Boru yaşına göre yapılan çalışma sonucunda AÇB hatlara ait bölgelerde boru yaşı ve arıza oranının paralel olduğu görülmüştür. PVC hatlarda ise bazı bölgelerde farklılık göstermiştir.
- İl genelinde zemin özellikleri ve zemin davranışlarının benzer olduğu görülmüştür.
- Çalışma alanının genel olarak hareketli zemin yapısına sahip olduğu saptanmış ancak arızayı meydana getiren diğer faktörlerin daha etkili olması zeminin etkisinin görülmesini zorlaştırmıştır.
- AHP ile yapılan analiz sonucunda alınan noktaların yapısal değerlendirme sınıflarının kötü olduğu ve arıza oluşma riskinin yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışma alanında meydana gelen arızalar üzerinde etkili olabilecek parametreler yeraltı su seviyesi ve şebekedeki basınçtır. Ancak elde edilen verilerin yetersiz veya olmayışından dolayı arıza ile yeraltı su seviyesi ve basınç değerleri arasında analiz yapılamamıştır. Bu konuda;

- Arızanın çok olduğu bölgelerde yeraltı su seviyesinin mevsimlik değişimleri gözlenerek arıza üzerindeki etkisinin incelenmesi.
- Arızanın çok olduğu bölgelerde gece ve gündüz anlık basınç kontrolleri yapılarak arıza ile arasındaki ilişkinin saptanması, şebekenin durumunu ortaya koymak için çalışılabilir.

8. KAYNAKLAR

- Aydogdu, M., Firat, M. (2015). Estimation of Failure Rate in Water Distribution Network Using Fuzzy Clustering and LS-SVM Methods. *Water Resources Management*. **29**, 1575-1590.
- Atkinson S., Farmani R., Memon F.A. ve Butler D. (2014). Reliability Indicators for Water Distribution System Design: Comparison. *Journal of water resources planning and management*. **140**, 160-168
- Aydoğdu, M. (2014). *İçme Suyu Şebekelerinde Meydana Gelen Arızaların Kümeleme Yöntemi İle Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 161s.
- Blair G., Murray R., Revie M. Ve Walls L. (2011). Exploring the Influence of Temperature on the Frequency of Burst Pipes in the Scottish Water Network. *Annual Reliability and Maintainability Symposium*. 2011-05-03 - 2011-05-05
- C. V. Palau, F. J. Arregui, ve M. Carlos. (2012). Burst Detection in Water Networks Using Principal Component Analysis. *Journal of water resources planning and management*. **138**, 47-54
- Choi T. ve Koo J. (2014) . A water supply risk assessment model for water distribution network. *Desalination and Water Treatment*. **54**, 1410–1420
- Cubilloa F. ve Pérez P. (2014). Water Distribution System Risk Assessment Method. *Procedia Engineering*. **89**, 355 – 362
- De Oliveira D. P., Neill B., Garrett J. H., ve Soibelman L. (2011) . Detection of Patterns in Water Distribution Pipe Breakage Using Spatial Scan Statistics for Point Events in a Physical Network. *Journal of computing in civil engineering*. **25**, 21-30
- Ennaouri I. ve Fuamba M. (2013). New Integrated Condition-Assessment Model for Combined Storm-Sewer Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*. **139**, 53-64

- Gargari M. T. (2006). Selection of Pipe for a Drinking Water Project; a Case Study .
Proceedings of The 2006. *IJME-INTERTECH Conference*
- Jafar R., Shahrour I., Juran I. (2009). Application of Artificial Neural Networks (ANN) to model the failure of urban water mains. *Mathematical and Computer Modelling*, **51**, 1170-1180
- Kabir G., Tesfamariam S., Francisque A. ve Sadiq R. (2014) . Evaluating risk of water mains failure using a Bayesian belief network model. *European Journal of Operational Research*. **240**, 220–234
- Kessili A. ve Benmamar S. (2016). Prioritizing sewer rehabilitation projects using AHP-PROMETHEE II ranking method. *Water Science and Technology*. **73**, 283-291
- Kleiner Y., Rajani B. (2001). Comprehensive review of structural deterioration of water mains : statistical madels. *UrbanWater*, **3**, 131-150
- Kutyłowska M. ve Hotlos H. (2014). Failure analysis of water supply system in the Polish city of Głogow. *Engineering Failure Analysis*. **41**, 23–29
- Laucelli D., Rajani B., Kleiner Y. ve Giustolisi O. (2014). Study on relationships between climate-related covariates and pipe bursts using evolutionary-based modelling. *Journal of Hydroinformatics* **16**, 743-757
- Lia S., Wang R., Wub W., Suna J. ve Jing Y. (2015). Non-hydraulic factors analysis of pipe burst in water distribution systems. *Procedia Engineering* **119**, 53 – 62
- Mamo T. G., Juran I. ve Shahrour I. (2013). Prioritization of Municipal Water Mains Leakages for the Selection of R&R Maintenance Strategies Using Risk Based Multi-Criteria FAHP Model. *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*. **2**, 125-135
- Maski. (2016). <http://www.maski.gov.tr>
- Park S. (2004). Identifying the Hazard Characteristics of Pipes in Water Distribution Systems by Using the Proportional Hazards Model: 1. Theory. KSCE. *Journal of Civil Engineering*, **8**, 663-668

- Pelletier G., Mailhot A. ve Villeneuve J. (2003) . Modeling Water Pipe Breaks— Three Case Studies. *Journal of water resources planning and management*. **129**, 115-123
- Rahmati O., Haghizadeh A. ve Stefanidis S. (2016). Assessing the Accuracy of GIS-Based Analytical Hierarchy Process for Watershed Prioritization; Gorganrood River Basin, Iran. *Water Resources Management*. **30**, 1131–1150
- Tabesh M., Soltani J., Farmani R. ve Savic D. (2009). Assessing pipe failure rate and mechanical reliability of water distribution networks using data-driven modeling . *Journal of Hydroinformatics*. **11**, 1-17
- Tsakiris G.ve Tsakiris V. (2012) . Pipe Technologies for urban water conveyance distribution systems. *Water Utility Journal*. **3**, 29-36
- Tsitsifli S., Kanakoudis V. ve Bakouros I. (2011). Pipe Networks Risk Assessment Based on Survival Analysis. *Water Resour Management*. **25**, 3729
- Wang, Y., Zayed, T., Moselhi, O. (2009). Prediction Models for Annual Break Rates of Water Mains. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, **23**, 47-54.
- Wols B. A. ve Thienen P. (2014). Impact of weather conditions on pipe failure: a statistical analysis. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA* **63**, 212-223
- Y. Hu ve D.W. Hubble. (2007). Factors contributing to the failure of asbestos cement water mains. *Canadian Journal of Civil Engineering*. **34**, 608-621

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Yusuf KILINÇ

Doğum Yeri ve Tarihi: MALATYA -16.05.1988

Adres: Özal Mahallesi Özal Sokak No: 78 Yeşilyurt/Malatya

E-Posta: malatya5514@hotmail.com

Lisans: Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans (Varsa):

Mesleki Deneyim ve Ödüller: 2012 yılında özel sektörde saha şefliği görevi, 2012 yılının Ağustos ayından itibaren Orman ve Su İşleri Bakanlığı 15. Bölge Müdürlüğünde Kamu görevine başlanmış ve halen devam etmektedir.

Yayın Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Kılınç, Y., Fırat, M., Aydoğdu, M. 2016. Creating Geographic Information Systems Database with NETCAD. *International Symposium of Water and Wastewater Management*. October 26-28, 2016, Malatya. 671-676.