

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE MEYDANA GELEN ARIZALARIN KÜMELEME
YÖNTEMİ İLE ANALİZİ**

MAHMUT AYDOĞDU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK – 2014

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE MEYDANA GELEN ARIZALARIN KÜMELEME
YÖNTEMİ İLE ANALİZİ**

MAHMUT AYDOĞDU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK – 2014

Tezin Başlığı: İçme Suyu Şebekelerinde Meydana Gelen Arızaların Kümeleme Yöntemi İle Analizi

Tezi Hazırlayan: Mahmut AYDOĞDU

Sınav Tarihi: 31.01.2014

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

Sınav Jüri yeleri

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mahmut FIRAT

.....

İnönü Üniversitesi

Doç. Dr. Nihat KAYA

.....

Fırat Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN

.....

İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet ALPASLAN

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İçme Suyu Şebekelerinde Meydana Gelen Arızaların Kümeleme Yöntemi İle Analizi” 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.

Mahmut AYDOĞDU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE MEYDANA GELEN ARIZALARIN KÜMELEME YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

Mahmut AYDOĞDU

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

161 + xiii sayfa

2014

Danışman: Doç. Dr. Mahmut FIRAT

İçme suyu dağıtım sistemlerinin iyi bir şekilde yönetilmesi ve işletilmesi, insanlara güvenilir bir şekilde suyun iletilmesi ve şebekelerde meydana gelen su kayıplarının azaltılması ve önlenmesi açısından önemlidir. Bunun için alt yapı sistemlerinin mevcut durumunun ortaya konulması ve izlenmesi gerekmektedir. Şebekelerdeki arızanın meydana gelme sıklığının ve arızanın konumsal olarak yoğunlaştığı bölgelerin tespit edilmesi, altyapı yönetimi için oldukça önemlidir. Borular üzerinde risk oluşturan ve arızaya sebep olan faktörler genel olarak, boru malzeme özellikleri, bölgedeki yeraltı suyu seviyesi, zemin özellikleri, trafik yoğunluğu, boru çapı ve işletme basıncı şeklinde verilmektedir. Bu çalışmalarda farklı yöntemler kullanılarak boru arızası ve risk faktörleri değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmada, içme suyu şebekelerinde meydana gelen arıza verileri ile arıza üzerinde etkili faktörler arasındaki ilişkinin coğrafi bilgi sistemler yaklaşımı ile ortaya konulması ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için 2006-2012 yılları arasında Malatya içme suyu şebekesinde meydana gelen arıza kayıtları incelenmiş ve arıza ile etkili faktörler arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: İçme suyu şebekesi, Boru arızaları, Arıza etkili faktörler, Arıza oranı, Su kaybı, Kümeleme analizi, Coğrafi Bilgi Sistemler

ABSTRACT

Msc Thesis

ANALYSIS OF PIPE FAILURE OCCURRED IN WATER DISTRIBUTION SYSTEM USING CLUSTER METHOD

Mahmut AYDOĞDU

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

161 + xiii pages

2014

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mahmut FIRAT

Water distribution system to be managed in a reliable way is important for transmitting of water to people safely and reduction and prevention of water losses occurred in pipeline system. For this, to reveal the current status of infrastructure system and monitoring are required. It is important to determine the frequency of occurrence of failures in pipeline system and define the spatially distribution of failures for management of infrastructure system. The factors causing the failures on pipeline systems in general are the features of pipe material, the ground water level and soil properties in region, traffic intensity, pipe diameter, operation pressure etc. The aim of this these is to define and evaluate the relationship between the failures recorded in water distribution system and the factors causing failures on pipe by using clustering methods and Geographic Information Systems. For this aim, the failures occurred in the water distribution system, in Malatya province at year 2006 - 2012, are analyzed and the relationship between failures and influential factor on failures are evaluated.

KEYWORDS: Water Distribution System, Pipe failures, Failure rates, influential factors on failure, Water Loss, Cluster Analysis, Geographic Information Systems.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinde değerli bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Mahmut FIRAT' a sonsuz teőekkürlerimi 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 Müdürlüğü ve personeline;

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

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

İÇİNDEKİLER

	ÖZET	iii
	ABSTRACT	iv
	TEŞEKKÜR	v
	İÇİNDEKİLER	vi
	ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
	ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1.	GİRİŞ	1
2.	KAYNAK ÖZETLERİ	4
3.	KURAMSAL TEMELLER	8
3.1.	Şebeke Tasarım Ölçütleri	8
3.2	İçme Suyu Şebekelerinde Meydana Gelen Arıza Türleri ve Sebepleri	9
4.	MATERYAL VE YÖNTEM	11
4.1.	Materyal	11
4.1.1.	Çalışma Alanı ve Veri	11
4.2.	Yöntem	17
4.2.1.	Bulanık Kümeleme Yöntemi	17
5.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	21
5.1.	Coğrafi Bilgi Sistemlerde Veri Tabanının Oluşturulması	21
5.2.	Verilerin Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi	23
5.3.	Arıza Kayıtlarının Sayısal Haritaya İşlenmesi	24
5.4	Arıza Kayıtlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi	31
5.4.1.	Arıza Sayısı ile Etkili Faktörler Arasındaki İlişkinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi	31
5.4.2.	Arıza Oranı ile Etkili Faktörler Arasındaki İlişkinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi	43
5.5	İçme Suyu Şebekelerinde Meydana Gelen Arızaların Sınıflandırılması	54
5.5.1.	Kullanılan Veri	54
5.5.2.	Bulanık Kümeleme Yöntemi ile Homojen Bölgelerin Belirlenmesi	56
5.5.3	Arıza Oranlarına Göre Sınıflandırma	105
5.6	ANFIS Yaklaşımı ile Arıza Oranının Tahmin Edilmesi	138
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	151
7.	KAYNAKLAR	157
	ÖZGEÇMİŞ	161

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1.	Malatya içme suyu şebekesinde depolar ve besleme alanları.....	13
Şekil 4.2.	Malatya içme suyu şebekesinin genel görünümü.....	14
Şekil 5.1.	Netcad GIS programında oluşturulan veri tabanı genel görünümü	22
Şekil 5.2.	Aynı bölgenin Sayısallaştırılmış haldeki ve Google Earth’ teki görüntüsü.....	24
Şekil 5.3.	Şebekede işlenmiş olan arıza noktasının ilişkilendirilme aşaması.....	25
Şekil 5.4.	Şebekeye işlenmiş olan arıza noktalarının genel görünümü	26
Şekil 5.5.	Arıza türlerine göre ayrıştırılmış verilerin genel görünümü	27
Şekil 5.6.	Tüm yıllara ait şebeke arıza verilerinin genel görünümü.....	28
Şekil 5.7.	Şebeke arıza verilerinin boru cinsine göre görünümü	29
Şekil 5.8.	Şebeke arıza verilerinin boru çaplarına göre görünümü	29
Şekil 5.9.	Şebeke arıza verilerinde göz önüne alınan hat uzunlukları.....	30
Şekil 5.10.	Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi.....	32
Şekil 5.11.	Boru Çapı-Arıza Sayısı İlişkisi	33
Şekil 5.12.	Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi	33
Şekil 5.13.	Boru Cinsi-Arıza Sayısı İlişkisi	34
Şekil 5.14.	PVC Borularda Boru Çapı- Arıza Sayısı İlişkisi	35
Şekil 5.15.	AÇB Borularda Boru Çapı-Arıza Sayısı İlişkisi.....	35
Şekil 5.16.	PE Borularda Boru Çapı- Arıza Sayısı İlişkisi	36
Şekil 5.17.	PİK Borularda Boru Çapı-Arıza Sayısı İlişkisi	37
Şekil 5.18.	PVC Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi.....	37
Şekil 5.19.	AÇB Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi	38
Şekil 5.20.	PE Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi	39
Şekil 5.21.	PİK Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi	39
Şekil 5.22.	PVC Borularda Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi	40
Şekil 5.23.	AÇB Borularda Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi.....	41
Şekil 5.24.	PİK Borularda Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi.....	41
Şekil 5.25.	PE Borularda Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi	42
Şekil 5.26.	Tüm Veri Seti için Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi	43
Şekil 5.27.	Tüm Veri Seti için Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi.....	43
Şekil 5.28.	Tüm Veri Seti için Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi.....	44
Şekil 5.29.	Tüm Veri Seti için Boru Cinsi-Arıza Oranı İlişkisi.....	45
Şekil 5.30.	PVC Borularda Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi.....	45
Şekil 5.31.	AÇB Borularda Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi	46
Şekil 5.32.	PE Borularda Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi.....	47
Şekil 5.33.	PİK Borularda Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi	47
Şekil 5.34.	PVC Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi.....	48
Şekil 5.35.	AÇB Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi	49
Şekil 5.36.	PE Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi.....	49
Şekil 5.37.	PİK Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi.....	50
Şekil 5.38.	PVC Borularda Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi	51
Şekil 5.39.	AÇB Borularda Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi.....	51
Şekil 5.40.	PİK Borularda Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi	52
Şekil 5.41.	PE Borularda Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi	53

Şekil 5.42.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile verilerin sınıflandırılmasında hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	57
Şekil 5.43.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	58
Şekil 5.44.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	59
Şekil 5.45.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	60
Şekil 5.46.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	61
Şekil 5.47.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	62
Şekil 5.48.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	63
Şekil 5.49.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	64
Şekil 5.50.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırılmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	65
Şekil 5.51.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	66
Şekil 5.52.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	67
Şekil 5.53.	Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	68
Şekil 5.54.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	69
Şekil 5.55.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	70
Şekil 5.56.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	71
Şekil 5.57.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	72
Şekil 5.58.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	73
Şekil 5.59.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	74
Şekil 5.60.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	75

Şekil 5.61.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	76
Şekil 5.62.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	77
Şekil 5.63.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	78
Şekil 5.64.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	79
Şekil 5.65.	PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	80
Şekil 5.66.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	81
Şekil 5.67.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	82
Şekil 5.68.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	83
Şekil 5.69.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	84
Şekil 5.70.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	85
Şekil 5.71.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	86
Şekil 5.72.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	87
Şekil 5.73.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	88
Şekil 5.74.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	89
Şekil 5.75.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	90
Şekil 5.76.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	91
Şekil 5.77.	PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	92
Şekil 5.78.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	93
Şekil 5.79.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	94

Şekil 5.80.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	95
Şekil 5.81.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	96
Şekil 5.82.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	97
Şekil 5.83.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	98
Şekil 5.84.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	99
Şekil 5.85.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	100
Şekil 5.86.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	101
Şekil 5.87.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	102
Şekil 5.88.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	103
Şekil 5.89.	AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	104
Şekil 5.90.	Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	107
Şekil 5.91.	Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	107
Şekil 5.92.	Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	108
Şekil 5.93.	Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	109
Şekil 5.94.	Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	110
Şekil 5.95.	Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	111
Şekil 5.96.	Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	112
Şekil 5.97.	Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı.....	113
Şekil 5.98.	PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yıllık yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi.....	114

Şekil 5.99.	PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	115
Şekil 5.100.	PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	116
Şekil 5.101.	PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	117
Şekil 5.102.	PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	118
Şekil 5.103.	PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	119
Şekil 5.104.	PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	120
Şekil 5.105.	PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	121
Şekil 5.106.	PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	122
Şekil 5.107.	PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	123
Şekil 5.108.	PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	124
Şekil 5.109.	PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	125
Şekil 5.110.	PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	126
Şekil 5.111.	PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	127
Şekil 5.112.	PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	128
Şekil 5.113.	PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	129
Şekil 5.114.	AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	130
Şekil 5.115.	AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	131
Şekil 5.116.	AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	132
Şekil 5.117.	AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	133

Şekil 5.118.	AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	134
Şekil 5.119.	AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	135
Şekil 5.120.	AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi	136
Şekil 5.121.	AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı	137
Şekil 5.122.	Arıza Oranı Tüm Veri seti 1 için Sınıflandırılmamış Veri Seti Tahmin Sonucu	141
Şekil 5.123.	Arıza Oranı Tüm Veri seti 1 için Sınıflandırılmış Veri Seti Tahmin Sonucu	142
Şekil 5.124.	Arıza Oranı PVC Veri seti 1 için Sınıflandırılmamış Veri Seti Tahmin Sonucu	143
Şekil 5.125.	Arıza Oranı PVC Veri seti 1 için Sınıflandırılmış Veri Seti Tahmin Sonucu	145
Şekil 5.126.	Arıza Oranı AÇB Veri seti 1 için Sınıflandırılmamış Veri Seti Tahmin Sonucu	146
Şekil 5.127.	Arıza Oranı AÇB Veri seti 1 için Sınıflandırılmış Veri Seti Tahmin Sonucu	148
Şekil 5.128.	Arıza Oranı PİK Veri seti 1 için Sınıflandırılmamış Veri Seti Tahmin Sonucu	149
Şekil 5.129.	Arıza Oranı PİK Veri seti 1 için Sınıflandırılmış Veri Seti Tahmin Sonucu.	150

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.	Malatya içme suyu şebekesinde depoların özellikleri	12
Çizelge 4.2.	Malatya içme suyu şebekesi karakteristik özellikleri	15
Çizelge 4.3.	Malatya içme suyu şebekesi boru çapları karakteristik özellikleri.....	16
Çizelge 4.4.	Bulanık kümelemede en uygun kümeye karar vermek için kullanılan ölçütler	20
Çizelge 5.1.	Arıza kayıtlarına ait genel özellikler.....	26
Çizelge 5.2.	Boru çaplarına göre şebeke arıza sayıları	30
Çizelge 5.3.	Bulanık kümeleme yöntemi ile arıza verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri	54
Çizelge 5.4.	Bulanık kümeleme yöntemi ile AÇB borularda meydana gelen arıza verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri	54
Çizelge 5.5.	Bulanık kümeleme yöntemi ile PİK borularda meydana gelen arıza verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri	55
Çizelge 5.6.	Bulanık kümeleme yöntemi ile PVC borularda meydana gelen arıza verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri	55
Çizelge 5.7.	Bulanık kümeleme yöntemi ile arıza oranlarının sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri	105
Çizelge 5.8.	Bulanık kümeleme yöntemi ile AÇB borularda meydana gelen arıza oranlarının sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri	105
Çizelge 5.9.	Bulanık kümeleme yöntemi ile PİK borularda meydana gelen arıza oranlarının sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri	105
Çizelge 5.10.	Bulanık kümeleme yöntemi ile PVC borularda meydana gelen arıza oranlarının sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri	106
Çizelge 5.11.	Arıza Oranı (AO) Tahmini için Kurulan Modeller.....	139
Çizelge 5.12.	Arıza oranı tahmini için model performansları (Tahmin Modeli 1 ve 2)	140
Çizelge 5.13.	Arıza oranı tahmini için model performansları (PVC Tahmin Modeli 1 ve 2)	143
Çizelge 5.14.	Arıza oranı tahmini için model performansları (AÇB Tahmin Modeli 1 ve 2)	146
Çizelge 5.15.	Arıza oranı tahmini için model performansları (PİK Tahmin Modeli 1 ve 2)	148

1. GİRİŞ

Su, canlı yaşamının vazgeçilmez ihtiyacıdır. Dünyadaki içilebilir su kaynakları, düzensiz kentleşme, aşırı nüfus artışı, sera gazlarındaki artış ve aşırı sanayileşme gibi nedenlerle giderek azalmaktadır. Dünyanın büyük bir bölümü su kaynaklarıyla çevrili olsa bile, bu kaynakların ancak % 3' ü içilebilir özelliktedir. Kullanılabilir su kaynaklarının bu kadar az olmasına karşın, su tüketim oranları hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak insanlar ileride susuz kalma riskiyle karşı karşıyadır. Bu riski azaltmanın yolu mevcut kaynakların verimli kullanılmasından geçmektedir. Bu kapsamda, su tüketim oranlarının düşürülmesine ilişkin yöntemlerin belirlenmesi ve sürdürülebilir su ve atık su yönetimi için su tasarrufu modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Pilcher vd., 2009). Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için, kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı en az 8.000-10.000 m³ arasında olmalıdır. Türkiye' de kişi başına düşen su miktarı 1600 m³' tür ve su zengini bir ülke değildir. 2030 yılında, bu miktar 1100 m³ olacağı ve su sıkıntısı çekileceği tahmin edilmektedir. 2050 ve sonraki yıllarda, Türkiye' nin çok ciddi bir su sorunu olacaktır. Bu yalnızca genel anlamda çözüme ulaştırılması gereken bir dünya sorunudur. Dolayısıyla hızla artan nüfusla birlikte gereksinim duyulan temiz içme suyu ihtiyacı ve gittikçe azalan su kaynakları, içme suyu dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının fark edilmesine yol açmıştır.

Dünya genelinde, su kayıpları konusunda şebekelerin daha verimli hale getirilmesi için kapsamlı çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Farklı yöntemlerle gerçekleştirilen kaçak su önleme çalışmaları kapsamında bilinmesi gereken en önemli konuların başında içme suyu şebekesinin genel özellikleri gelmektedir. Türkiye' de fiziki ve fiziki olmayan sebeplerle şebeke sistemine verilen suyun yarıya yakın kısmı şebekede kaybolmaktadır. Dolayısıyla şebeke sistemlerinden her yıl binlerce m³ temiz su abonelere ulaşmadan kaybolmaktadır (Pilcher vd., 2009). Kentsel su tüketiminde bir kişinin su ihtiyacı, yerleşim yerinin nüfusuna, iklimine, hayat standardına, su tarifesine ve benzeri birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle gelişen toplumlardaki ulaşım, su temini ve kanalizasyon sistemleri o bölgenin altyapı sistemlerini oluşturan bütünün parçalarıdır. Altyapı sistemini oluşturan bu parçalar özellikle kentsel su dağıtım sistemlerinin başarılı bir şekilde işleyişinde önemli rol oynarlar (Pilcher vd., 2009).

Uluslararası Su Birliği (IWA) tarafından yapılan açıklamaya göre gelişmiş olan ülkelerde şebekelerdeki su kayıpları % 20-% 30 arasında değişirken, bu oran gelişmekte olan ülkelerde daha da fazladır. Yine, Birleşmiş Milletler verilerine göre 2025 yılında Dünya nüfusunun büyük çoğunluğu (yaklaşık olarak 6 milyar insan) kentsel bölgelerde yaşayacak ve kent merkezlerinde içme suyunun temiz ve kesintisiz bir şekilde temini büyük önem kazanacaktır. Dahası mevcut durumda sağlam olan şebekelerin sürekliliğini sağlamak ve oluşabilecek diğer risklere karşı tedbirler alma yolunda da yerel yönetimlere büyük görevler düşecektir (Christodoulou ve Deligianni, 2010). Kentlerde halk sağlığını korumak ve sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin sağlanması, özellikle içme suyu şebekesine ve suyun dağıtımındaki servis koşullarına bağlıdır. Bundan dolayı kentlerin içme suyu şebeke sistemlerinde meydana gelen arızalar bütün yerel yönetimleri yakından ilgilendirmektedir. Bu arızalar boru çatlaklarında sızıntıya, boruların kapasitesini azaltmaya, dolayısıyla maliyeti yüksek onarımlara ve ciddi su kirliliklerine sebep olmaktadır (Yamijala, 2007).

Boru üzerinde meydana gelen bir hasarın boyutuna göre altyapı üzerinde trafik kesintileri, sel olayları ve diğer yerel hizmetlerinin yürütülmesinde ciddi aksaklıklar oluşturabilmektedir. Bu da içme suyu kalitesini düşürerek boru ilerinde bakteri türevlerinin oluşmasına ve halk sağlığını bozmaya neden olabilmektedir (Andreou, 1986). İçme suyu şebekelerinde meydana gelen bu sorunlar, konuyla ilgili bilimsel çalışmalara verilen önemi daha da arttırmış ve bu sorunları en aza indirme yolları bulmaya çalışılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında şebekelerde boru arızalarına sebep olan ve şebeke için risk oluşturan çeşitli faktörler tespit edilmiştir. Christodoulou ve Deligianni (2010)' e göre, sorunsuz işleyen içme suyu dağıtım sistemlerinde sürdürülebilir bir strateji için eşit derecede iki koşul vardır. Bunlardan birincisi, dağıtım sistemini izleme, sistemde meydana gelen arızaları tamir etme ve eskimiş sistemi yenisi ile değiştirmedir. İkincesi ise, su dağıtım sistemindeki arızaya sebep olan etkin parametreleri iyi belirleme ve buna göre modelleme yapılmasıdır.

Morris (1967)' e göre içme suyu şebekesinde meydana gelen arızalara; toprağın su tutma etkisi, toprak tabakasının dayanımı, hava koşulları, borunun yerleştirildiği zemin koşulları, inşaat kalitesi ve arazi ıslahı gibi faktörler sebep

olmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında borular üzerinde risk oluşturan ve arızaya sebep olan faktörler; boru malzeme özellikleri, bölgedeki yer altı suyu seviyesi, zemin özellikleri, trafik yoğunluğu, boru çapı ve işletme basıncı şeklinde yazılabilir. Bu çalışmalarda farklı yöntemler kullanılarak boru arızası ve risk faktörleri değerlendirilmiştir.

Yapılan bu tez çalışmasında, içme suyu şebekelerinde meydana gelen arıza verileri ile arıza üzerinde etkili faktörler arasındaki ilişkinin coğrafi bilgi sistemleri ve kümeleme yöntemi ile ortaya konulması ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; (i) Arıza oranları ile etkili faktörler arasında ilişkinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi, (ii) Arıza oranı ve etkili faktörler arasında daha hassas bir değerlendirme yapabilmek için kümeleme yöntemi ile sınıflandırma yapılması, (iii) Sınıflandırılmış ve sınıflandırılmamış veri setleri için tahmin modeli kurulması ve sonuçların karşılaştırılması çalışmaları yapılmıştır. Bunun için Malatya içme suyu şebekesi uygulama alanı olarak seçilmiş ve şebekede meydana gelen arıza kayıtları kullanılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Shi vd., (2011) yaptıkları çalışmada, hidrolik karakteristikler ile boru arızaları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve konumsal değerlendirme istatistikleri ve iki t-testi örneği kullanarak hidrolik bir modelleme yapmıştır. Bunun için haftalık ortalama basınç, maksimum basınç, basınç aralığı, basıncın standart sapması, normalize edilmiş basınç değişimi parametreleri kullanılarak boru arızaları ile olan ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmada hidrolik karakteristiklerden kaynaklanan arıza kümelenmelerinin olabileceği, ancak tek başına bunların boru arızalarını etkilemeyeceği, bunun yanında boru yaşı, boru malzemesi gibi parametrelerin de etkili olduğu belirtilmiştir.

Christodoulou ve Deligianni (2010), içme suyu dağıtım şebekelerinde sürdürülebilir bir yönetim stratejisi önemli bileşenleri arasında; risk analizi ve yönetimin karar destek sistemlerine bunun entegre edilmesi, ayrıca mali analiz ve sosyo-politik parametrelerle bir bütün halinde değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Pelletier vd., (2003) tarafından yapılan çalışmada, içme suyu temin eden belediyelerin alt yapılarının kötü durumda olduğunu, altyapı sistemlerinin mevcut yapısal durumunun analizi ve arıza oranlarını değerlendirmek için çeşitli parametrelere gereksinim olduğu vurgulanmıştır. Bunun için, içme suyu şebekesindeki boru özelliklerinin iyi bilinmesi ve geçmiş yıllara ait arıza kayıtlarının iyi analiz edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Oliveira vd., (2011)' nin yaptığı çalışmada Amerika'daki içme suyu şebeke sisteminin fiziksel durumunu analiz ederek, altyapı sistemini oluşturan bileşenlerin kalan kullanım ömürlerini tespit etmeye çalışmışlardır. Burada şebekeye ait boru arıza verileri kullanılarak konumsal bir sınıflandırma yapılmıştır. Böylelikle arıza oranı yüksek bölgelerin tespiti sağlanmış ve ağdaki boru kesitlerinin alt kümeleri için yerel göstergeleri ortaya çıkarılmıştır. Bu göstergeler kritik bölgelerdeki kritik müşterilerin tespitine imkân vermiş, yatırım planlamasının kâr fayda analizinin sağlam bir şekilde yapılmasını sağlamış ve kamuya ait harcamaların daha etkili hesaplanması sağlanmıştır.

Yamijala (2007), gelecekte olası boru kırılmalarını tahmin etmek ve boru kırılmalarında en çok etkiye sahip parametreleri belirlemek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Burada etkili parametre olarak; boru çapı, boru uzunluğu, boru cinsi, boru yaşı, boru içerisindeki su basıncı, yağış rejimi, toprak cinsi, toprak nemi ve sıcaklık değerleri dikkate alınmıştır.

Sinske vd., (2004) su temininde ve dağıtım sisteminde boru çatlaklarını tespit etme, boru bakım ve iyileştirmeleri üzerine karar-destek sistemleri geliştirmiştir. Ayrıca boru kırılmalarında hassaslık analizi için konumsal karar-destek sistemini geliştirmişlerdir. Böylelikle karmaşık olan su dağıtım sistemlerinde ve şebekedeki boru arızalarında etkin bir karar alma mekanizması oluşturur.

Misiunas vd., (2005) yaptığı çalışmada, içme suyu şebekesinde meydana gelen aksaklıkları giderebilmek için iki tür yaklaşım öne sürmüştür. Bunlardan birincisi, sistematik olarak boru malzeme durum değerlendirmesi, diğeri ise otomatik hasar gözlemlene tekniğidir. Zamanla gelişen çatlamlar için kısa süreli tepki değişiklik izlemeye dayalı periyodik sızıntı teşhis sistemi, ani boru çatlakları için ise, hızlı tepki için tasarlanmış patlak izleme saptama sistemi ile birlikte sunulmuştur. Böylelikle boru malzemesi yönetimi döngüsünde büyük bir ilerleme sağlanmıştır.

Oliveira vd., (2011), altyapı sistemlerine yatırımın en iyi şekilde sağlanabilmesi için altyapı malzemelerinin etkili bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bunun için mevcut durumda bulunan şebeke üzerinde fiziksel arıza verileri temin edilerek incelenmiş böylelikle arıza kümelenmelerinin hangi bölgede meydana geldiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Wang vd., (2009) yaptığı çalışmada, yıllık arıza oranlarının belediyeler tarafından su şebekelerinin durumunu ölçmede kullanılan en önemli ölçütlerden biri olarak sık bir şekilde kullanıldığı belirtilmiştir. Ayrıca boru malzemesi, çapı, yaşı ve boru boyutu su şebekelerinde yıllık arıza oranını tahmin eden modellerin geliştirilmesinde yararlı olacağı vurgulanmıştır. Toplanan arıza verileri ile homojen bölgelerin belirlenebileceği ve çeşitli parametreler kullanılarak çoklu regresyon modelleri geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Christodoulou vd., (2012), bir şehrin içme suyu dağıtım şebekesinin tamir ve değişim politikası için karar-destek aracı olarak zamansal-konumsal analizler yapmışlardır. Kullanılan bu analizlerde CBS tabanlı zamansal-konumsal kümelenme ve görüntüleme tekniklerinin yanı sıra, hem klasik istatistiksel araçları hem de bulanık mantık sistemlerinden yararlanmışlardır. Böylece ileriki zamanlarda şebekede meydana gelecek büyük su sızıntılarında ve şebeke hattı değişim stratejilerinde zamansal-konumsal kümeleme ile hangi bölgelere müdahale edileceğini göstermişlerdir.

Hu vd., (2007), asbestli boru malzemesinin şebekede verdiği arıza miktarı ve boru kırılması üzerine bir araştırma yapmışlardır. Belediyelerin altyapı sistemlerinde kullanılan bu malzemeye güvenebilmeleri için sağlamlığından emin olmaları gerektiğini belirtmişlerdir. Asbestli borunun zamanla bozulmasına etki eden parametrelerin boru yaşı, boru malzemesi, iklim, killi toprak, yapım ve bakım yöntemlerinin etkili olduğu vurgulanmıştır. Boru içinde taşınan sudaki ve boru çevresini saran topraktaki suyun içinde bulunan kimyasallar asbest borunun yapısal bütünlüğünü bozduğu ifade edilmiştir. Hajkowicz vd., (2007), 34 ülkede 1973-1980 yılları arasında su yönetimi analizi üzerine yayınlanmış olan 113 adet bilimsel makaleyi incelemişlerdir. Burada Çoklu Ölçüt Analizi kullanımının, su kaynaklarının etkili yönetimi, stratejik planlama ve altyapı sistemlerinin seçiminde önemli bir mekanizma olduğunu göstermişlerdir.

Xu vd., (2011)' e göre, su dağıtım sistemlerinde sıklıkla ortaya çıkan boru patlamaları belediyeleri mevcut su kaynaklarını korumaya zorlamaktadır. Bunun için ise geleneksel yöntemlerle arıza tespitinden vazgeçip, sağlam ve güvenilir boru arıza modellerinin geliştirilmesi ve boru arıza saptama şemalarının oluşturulması gerektiği belirtilmiştir. 1987-2005 yılları arasındaki şebeke arıza kayıtları incelenerek boru arıza modellemesi yapılan bu çalışmada genetik programlama ve evrimsel çok terimli regresyon analizinden faydalanılmıştır. Ragot vd., (2006), kentsel su dağıtım sistemlerinde teknik faaliyetlerin geliştirilebilmesi için hatalı ve sorunlu sistem çalışmalarının saptanıp sistemdeki sorunun çözülmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu amaçla, bulanık kalıntı analizi yaklaşımıyla şebekedeki hatalı kısımlar tespit edilmiş ve suyun akış hızının izlenmesi yolu ile sensörleri hatalardan arındırmak için analitik artıklık yöntemi kullanılmıştır. Fares vd., (2008)' e göre, su dağıtım sistemlerine

yapılan harcama su temin sistemlerinin % 80' ini oluşturur. Bundan dolayı aktif bir boru arıza takip ve koruma politikasının sürdürülmesi gerekir. Bu çalışmada, hiyerarşik bulanık uzman sistem kullanılarak şebekedeki arızalar dört ana sebebe dayandırılmıştır. Bunlar; boru yaşı, boru malzemesi, borunun kırılma hızı ve boruyu saran toprak tabakasından kaynaklı su kesintileri arızaya sebep olumsuz etkenlerdir.

Kun vd., (2007)' e göre, su temini sistemlerinin performansını değerlendirmede çeşitli göstergeler kullanılmaktadır. Pek çok uluslararası kuruluş; Uluslararası Su Birliği (IWA), Dünya Bankası Ofisi (WBG), Endonezya Su Temini Derneği (PERPAMSI) bu performans göstergelerini farklı hedefler doğrultusunda kullanmışlardır. Bu makalede, su temini sisteminin tamamını kapsayacak şekilde (su kaynaklarının yönetimi, su teminini sağlayan personel, fiziksel varlıklar, işletme, hizmet kalitesi ve finansal durum gibi göstergeler) üzerinde durulmuştur. Wood vd., (2009) yaptıkları çalışmada, anahtar parametreler kullanarak boru arızalarını tahmin etmeye ve özellikle uygun modeller seçmeye çalışmışlardır. Özellikle boru patlamalarının büyüklüğü üzerinde çalışmalar yaparak bugün ve gelecekteki büyük risk faktörlerine önlemini alacak seçenekler sunmuşlardır.

Loganathan vd., (2002)' e göre içme suyu şebekelerinde boru değiştirilmesi ekonomik açıdan sürdürülebilir bir eşik boru kırılma değerine göre belirlenir. Eşik kırılma değeri ile arızanın meydana gelme hızı ve oranı arasında da bir denklik bulunmakta ve bu istatistiki işlemler arıza oranlarını tahmin etmede kullanılmaktadır. Tlili vd., (2012)' nin yaptığı çalışmada, su şebekeleri insanlara en iyi hizmeti sağlayacak kalitede ve sürdürülebilir olması gerektiğini belirtmişlerdir. Ancak, mevcut şebekenin tamamına yakını yer altında olmasından dolayı bunu sağlamak büyük zorluklar getirmektedir. Dolayısıyla bu mevcut şebekeyi korumak orta ve uzun vadeli iyileştirme çalışmalarıyla sağlanır. Bunun için ise öncelikle zamansal ve konumsal şebeke arıza analizlerinin yapılması gerektiği söylenmiştir. Sheldon vd., (2008), su tasarrufu üzerine ABD' de ana borularda meydana gelen su kayıplarını önlemek için mevcut kayıtlardan ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinden faydalanmışlardır. Kullanılan bu kayıtlar ve CBS' nin, meydana gelmiş olan arızaların nerede, neden dolayı oluştuğu hakkında tahmini bilgiler vermiş ve gelecekte olası arızalarında önlenmesine katkı sağladığı belirtilmiştir.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Şebeke Tasarım Ölçütleri

İçme suyu şebeke sistemlerinin tasarımı çeşitli yönetmelik ve ölçütlere uygun olarak yapılmalıdır. Yapılan tasarımın hem hidrolik açıdan ve hem de mühendislik açısından standartlara uygun olması gerekir. Hidrolik açıdan tasarımda çeşitli parametreler esas alınır. Buna göre, şebeke sisteminin ihtiyacını karşılayacak debi, şebekedeki su basıncı düzeyi, şebeke sistemindeki akım hızları, düzensiz akım meydana gelmesi durumunda su ihtiyacının karşılanabilmesi, şebekedeki normal akım durumunda en düşük işletme maliyeti, sistemin iyi tasarımı ve yerleşim yerinin ileriki bir zamanda gelişimine göre sistemin ihtiyacı karşılayabilmesi şeklinde verilebilir (Türkdoğan ve Yetilmezsoy, 2004). Hidrolik açıdan tasarımın yanısıra mühendislik açısından da tasarımın iyi olması gerekir. Bunun için, şebekeye uygun boru malzemesinin seçimi, sistemi hızlı bir şekilde birbirinden ayıracak vana noktalarının belirlenmesi, boru bağlantı parçaları ve diğer aparatların seçimi ve şebeke sisteminde önemli parçaların kolaylıkla bakımı şeklinde faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir (Samsunlu, 1997; Türkdoğan ve Yetilmezsoy, 2004; Muslu, 2008).

İller Bankası Yönetmeliğinde şebeke hesabı yaparken, suyu en kısa yoldan dağıtacak şekilde tasarlanmalıdır. Aksi takdirde şebeke sisteminde yük kayıpları fazla çıkar ve boru çapı gereğinden fazla büyümektedir. İller Bankası Yönetmeliğine göre gelecek nüfusu 50.000' den küçük yerleşim yerlerinde minimum işletme basıncı 20 mss olmalıdır. Gelecek nüfusu 50.000' den büyük yerleşim yerlerinde ise minimum işletme basıncı 30 mss olmalıdır (Samsunlu, 1997; Muslu, 2008). Şebekedeki maksimum işletme basıncı ise 80 mss olmalıdır. Şebeke suyu ilettiği en son noktada en az 5 mss işletme basıncı sağlamalıdır. İşletme basıncının sınır değerleri aşması durumunda su sızıntılarına ve boru patlamalarına sebep olurken, basıncın sınır değerinin altında çok düşük olması durumunda da boru içinde tortu madde birikmesine ve boruların zamanla çürümesine sebep olur (Muslu, 2008). Şebekede akım hızı 1–1.2 m/s arasında kalmalı ve akım hızı 0.5 m/s' den küçük olmamalıdır. Çünkü şebekedeki borularda meydana gelen aşırı hız, boruların aşınmasına ve çok çabuk tahrip olmasına sebep olur (Karpuzcu, 2005).

Şebekelerde minimum boru çapı 80 mm olmalıdır. Üzerinde yangın musluğu bulunan borular ise en az 100 mm çapında olmalıdır. İller Bankası yönetmeliğinde, yerleşim yerlerinde meydana gelebilecek muhtemel yangınların söndürülmesinde kullanılmak üzere nüfusa bağlı olarak şebeke debisine yangın debisinin eklenmesi öngörülmektedir (Samsunlu, 1997; Türkdoğan ve Yetilmezsoy, 2004). Şebekede çok sayıda kat bulunması durumunda, katlardaki maksimum statik basınçların, proje şartları da göz önünde tutularak eşit mertebede olmasına dikkat edilmelidir. Kentin yüksek ve alçak bölgeleri arasındaki kot farkı büyük ise bir hazne ile kentteki basınçların istenilen sınırlar içerisinde kalması sağlanamaz. Bu durumda katlı şebeke önerilmektedir. Her kat ayrı bir depo ile beslenerek alçak kottaki bölgelerde aşırı basınçların oluşması engellenir (Samsunlu, 1997). Tüm bu kriterlere uyulduğu takdirde yapılacak olan şebeke tasarımı, hidrolik açıdan ve mühendislik açısından standartlara uygun tasarlanmış olur.

3.2. İçme Suyu Şebekelerinde Meydana Gelen Arıza Türleri ve Sebepleri

İçme suyu temin edilen su dağıtım şebekelerinde meydana gelen arızalara şebeke arızası denir. Dünya genelinde su teminini sağlayan tüm belediye ve su şirketleri, tüketiciye kesintisiz ve sürdürülebilir bir şekilde içme suyunu ulaştırmak isterler. Bunun için, bu kurumlar şebekede meydana gelebilecek arızaları önceden engelleyebilmek için bir takım önlemler almak zorundadırlar (Christodoulou ve Deligianni, 2010). Su dağıtım şebekelerinde arızaya sebep olabilecek önlemler alabilmek için öncelikle mevcut şebeke değerlendirilmelidir. Çünkü şebekedeki fazla arızalardan ve belediyelerin sınırlı bütçelerinden dolayı, hızlı bir şekilde şebeke hattında tamir, iyileştirme ya da değiştirme faaliyetlerinin hangisini uygulayacaklarına kurumların karar vermeleri gerekir. Şebeke hattında arızaların meydana geldiği yerler aynı zamanda arıza türünü de oluşturur. Bu arıza türlerini şebeke, abone, vana arızası diye üç kısma ayrılabilir. İçme suyu şebekesinde bu tür arızalara sebep olan parametreler ise boru çapı, boru malzemesi, boru yaşı, su basıncı, sıcaklık, zemin hareketleri, trafik yükü şeklindedir (Wang vd., 2009).

Boru apı, içme suyu Şebekelerinde boru içindeki suyun hızına uygun ve mümkün olan en kısa mesafeye su taŐıyacak bir boru çapı belirlenmelidir. Boru malzemesi, farklı malzeme türlerinden oluşan Şebekelerde boru malzemesinden kaynaklı meydana gelen arızalar, malzeme içeriğini oluşturan bileŐenlerden, malzemenin iŐlenmesindeki hatalardan ve boru birleŐim bölgelerindeki düzensizliklerden kaynaklanır. Özellikle kaynak bağlantılı veya diğer özel ekipmanlarla bağlantı yapılan malzemenin bağlantı bölgesinin sağlam olduğu kontrol edilmelidir (Yamijala, 2007).

Boru yaşı, Şebekedeki her bir borunun belirli bir kullanım ömrü vardır. EskimiŐ bir boruda arıza meydana gelme olasılığı genç yeni döŐenmiŐ bir boruya göre çok daha yüksektir. Su basıncı, boru içinde meydana gelen basınç dalgalanmaları, vakumla oluŐabilecek aşırı basınç artıŐları, boru içinde su sütununda kopmalardan kaynaklı aşırı basınç düŐmeleri boru parçalanmalarına neden olur. Sıcaklık, Şebeke hattındaki ciddi sıcaklık deĐiŐimleri boru içinde basınç artıŐına, bunun sonucunda ciddi çatlaklara, gerilme artıŐına sebep olup boruların birleŐim yerlerinden ayrılmasına ve çatlamalara neden olur (Yamijala, 2007).

Zemin hareketleri, içme suyu hattının yakın olduğu yerlerde zeminde meydana gelen okmeler ve jeolojik deĐiŐiklikler, toprak nemindeki deĐiŐiklikler, zemindeki sismik dalgalanmalar ve titreŐimler Şebekede büyük arızalara neden olmaktadır (Yamijala, 2007). Trafik yükü, aşırı trafik yüküne maruz kalan Şebekede, zamanla artan trafik yüklerinden dolayı boru malzemesinde çatlama ve su sızıntıları meydana gelmektedir (Pelletier vd., 2003). Bütün bu parametrelerle ilgili olarak belediyelerin tutacağı sağlam ve düzgün kayıtlar arıza riskini en aza indirecek önlemler alınmasına yardımcı olur. Yukarıda verilen içme suyu Şebekesinde arızaya sebep olacak parametreler dıŐındaki diğer faktörler Şu Şekilde sıralanabilir. Malzemenin taŐınması ve depolanmasından kaynaklı hatalar, toprağın korozyon etkisi, Şebeke hattına sızan zararlı sular, su kalitesinin iyi olmaması Şebekede arızaya sebep diğer etkenlerdir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, arıza kayıtlarının analizi ve etkili faktörlerin belirlenmesi amacıyla uygulama bölgesi olarak seçilen Malatya ili içme suyu şebekesi tanıtılacak, analizlerde kullanılan veriler tanımlanacak, arıza üzerinde etkili faktörler tanımlanacaktır. Ayrıca, analizlerde kullanılacak olan kümeleme yöntemleri tanımlanacak ve Coğrafi Bilgi Sistemlerin işleyişi anlatılacaktır.

4.1. Materyal

4.1.1. Çalışma Alanı ve Veri

Bu çalışmada arıza kayıtlarının analizi için, Malatya iline ait İçme Suyu Şebekesi uygulama bölgesi olarak seçilmiştir. Malatya merkezde 78 mahallenin içme suyu ihtiyacını karşılayan şebeke hattı incelenmiş ve arıza kayıtları sayısal harita üzerine işlenmiştir. Malatya merkez, 2 ilçe, merkeze bağlı 9 belde belediye ve merkeze bağlı 12 köyün içme suyu ihtiyacı, Malatya' ya 14 km uzaklıkta olan Gündüzbey-Pınarbaşı membasından temin edilmektedir. İlk olarak 1930' lu yıllarda; demiryolu istasyonu yapılırken Almanlar tarafından Ø200' lük çelik boru ile istasyona içme suyu verilmiş, daha sonra bu suyun işletilmesi, kullanma hakkı ve idaresi Malatya Belediyesine devredilmiştir. Bu hat ile Malatya' ya 27 l/s içme suyu verilmiştir (MASKİ, 2013).

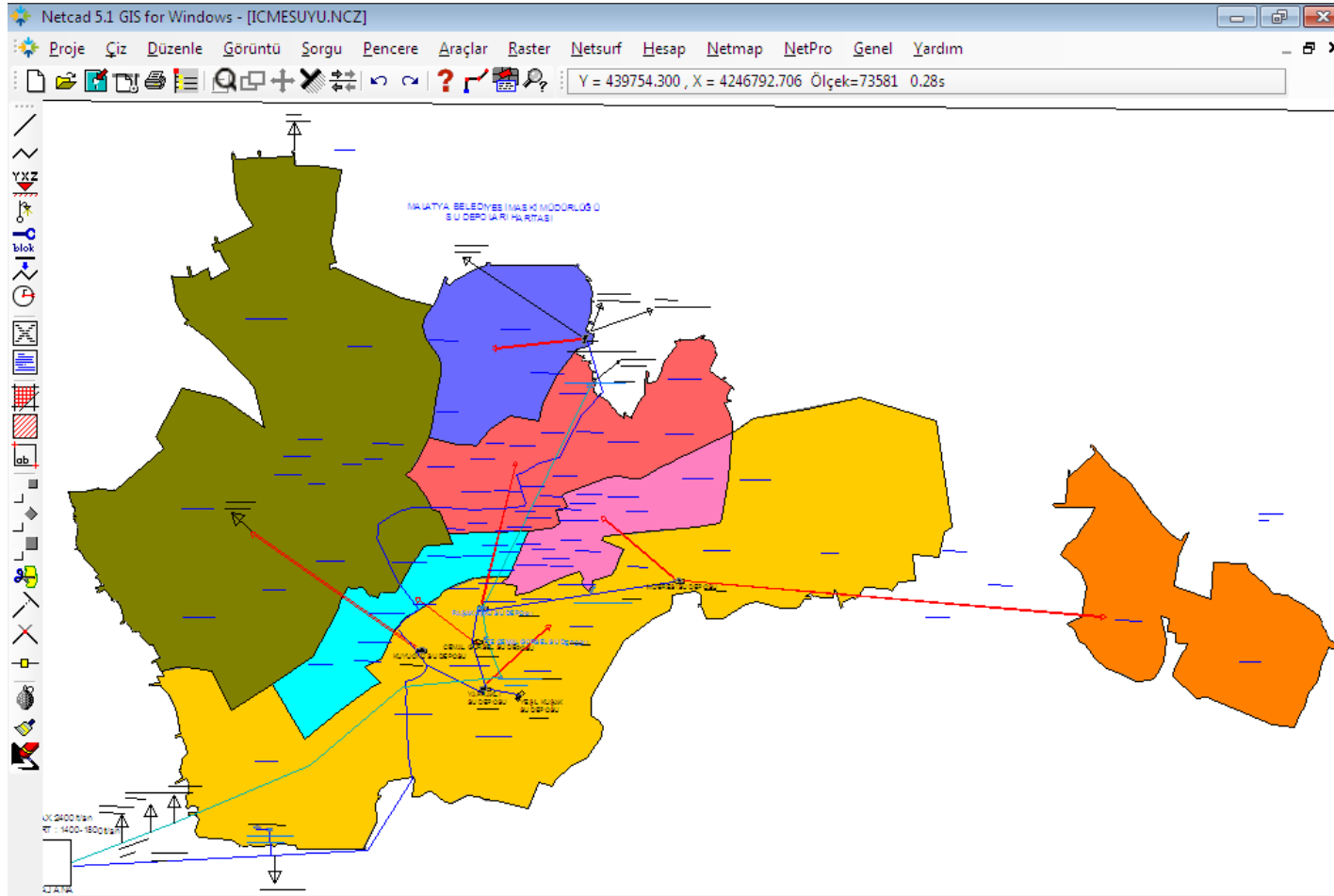
1953 yılında inşaatı tamamlanan Ø350' lik font boru ile şehre 107 l/s su vermeye başlanmıştır. 1971 yılında inşaatı tamamlanan 700 mm çaplı çelik isale hattından şehre 755 l/s su vermeye başlanmıştır. Malatya'da ilk şebeke 1950 yılında yapılmış, daha sonra ise 1972 yılında hazırlanan projelere uygun şekilde yapımı bitirilmiştir. Son olarak 1986 yılında Ø1400' lük çelik isale hattı döşenmeye başlanmış olup 1991 yılında bitirilmiştir (MASKİ, 2013). Gündüzbey-Kozluk mevkiinde bulunan içme suyu kaynağının çıkış kotu 1204 metre olup, şehrin yerleşim merkezi bu kottan yaklaşık 120 metre aşağıda oluşu nedeniyle şehre kendi cazibesi ile su iletilebilmektedir. Ayrıca Kaptaj tesisinde herhangi bir içme suyu arıtması yapılmadan sadece klorlama ile şehre su verilmektedir. İçme suyu, ana havuzdan geçerek borular vasıtasıyla şehir şebekesine ulaşır (MASKİ, 2013). Şebekeyi besleyen Kaptajın maksimum debisi 4000 l/s, ortalama debisi ise 2600 l/s civarındadır. 1204 metre kotundan alınan su, cazibeli bir isale hattı ile şehrin farklı

yerlerinde ve farklı büyüklüklerde bulunan içme suyu depolarına iletilmektedir. Malatya içme suyu şebekesinde aktif olarak yer alan 13 su dağıtım deposunun genel yerleşimi ve besleme alanları Şekil 4.1’ de gösterilmektedir. Ayrıca bu su depolarının genel karakteristik özellikleri Çizelge 4.1’ de özetlenmiştir (MASKİ, 2013).

Çizelge 4.1. Malatya içme suyu şebekesinde depoların özellikleri (MASKİ, 2013).

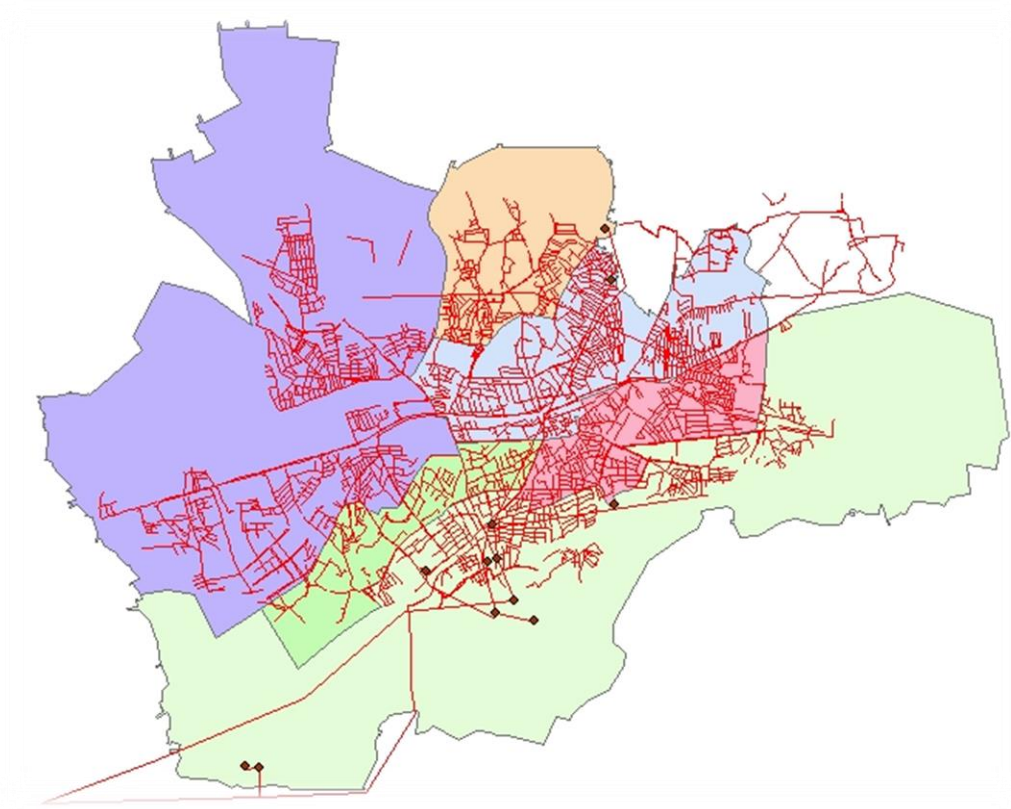
Depo	Depo Hacmi (m³)	Besleme Alanı (m²)
Eski yapraklı su deposu	1.500	
Eski cemal gürsel su deposu	2.500	
Kernek su deposu	1.500	
Taştepe su deposu	1.500	
Paşaköşkü su deposu	7.500	6909735.628
Yeni yapraklı su deposu	15.000	27646578.08
Yeni cemal gürsel su deposu	15.000	3403949.33
Kuyuönü su deposu	20.000	25882143.67
Melekbaba su deposu	20.000	5039200.003
İnderesi su deposu	15.000	11531026.48
Yeşilkuşak su deposu	1.500	
Tecde şentepe su deposu	1.000	
Tecde şentepe-2 su deposu	1.500	
Venk deposu	3.000	
Toki deposu-1	3.000	
Toki deposu-2	1.000	

Çizelge 4.1’ de verilen depolardan Eski Yapraklı Su Deposu, Eski Cemal Gürsel Su Deposu ve Venk Deposu şu anda aktif olarak kullanılmamaktadırlar. Ayrıca Kernek Su Deposu ise acil durumlarda kullanılabilir durumda olup şu anda şebekeye herhangi bir şekilde su temin etmemektedir. Dolayısıyla Malatya içme suyu şebekesine aktif olarak su temin eden 13 adet su deposu bulunmaktadır (MASKİ, 2013). Bu depolardan İnderesi Su Deposu; Saray mah., Zafer mah., Dernek mah., B.Hüseyinbey mah., Akpınar mah., Kırçuval mah., Üçbağlar mah., A.Çöşnük mah., Hasan varol mah., İstiklal mah., Ferhadiye mah., Hamidiye mah., Sancaktar mah., Tandoğan mah., Orduzu Kireç Ocağı mah. Elazığ yolu üniversite tarafını (Ø 350 çelik) beslemektedir.



Şekil 4.1. Malatya içme suyu şebekesinde depolar ve besleme alanları (MASKİ, 2013)

Paşaköşkü Su Deposu; Şifa mah., Niyazi mah., Akpınar mah., Yeni Hamam mah., Dabakhane mah., Sancaktar mah., Selçuklu mah., Çavuşoğlu mah., Şık Şık mah., Göztepe mah., Taştepe mah., Şehit Fevzi mah., Beylerbaşı mah., Battalgazi mah., Sıtmapınarı Mevkii, Cirikpınar mah., Sarıcıoğlu mah., İsmetiye mah., Kavaklıbağ mah., Halfettin mah., Salköprü mah. alanlarını beslemektedir. Yine Cemal Gürsel Su Deposu; Ataköy mah., Abdulgaffar mah., Başharık mahallesinin bir kısmı, Hasanbey caddesi civarı, Zaviye mah., Çilesiz mah., K. Mustafapaşa mah., Hacı Abdi mah., Nuriye mah., Zapçioğlu caddesi ve civarı, Milli Egemenlik caddesi ve civarı, Şeyhbayram mah., Özalper mahallesinin üst kesimlerini beslemektedir. Geriye kalan diğer depolar yukarıda Şekil 4.1' de görülen alanları beslemektedirler. Malatya içme suyu şebekesinin daha iyi bir şekilde yönetilmesi amacıyla Malatya belediyesi Su işleri müdürlüğü (MASKİ) tarafından son yıllarda şebekenin sayısal ortama aktarılması çalışmaları yürütülmektedir. Şekil 4.2' de Malatya içme suyu şebekesinin genel görünümü verilmiştir. Şebekeyi daha iyi anlamak ve yapısını ortaya koymak amacıyla Çizelge 4.2' de içme suyu şebekesinin karakteristik özellikleri verilmiştir.



Şekil 4.2. Malatya içme suyu şebekesinin genel görünümü (MASKİ, 2013)

Çizelge 4.2. Malatya içme suyu şebekesi karakteristik özellikleri (MASKİ, 2013)

BORU CİNSİ	BORU UZUNLUĞU (m)	Ø100	Ø125	Ø150	Ø175	Ø200	Ø250	Ø300	Ø350	Ø400	Ø500	Ø600	Ø700	Ø900	Ø1000
PVC	304887	95 %	1.52%	1.26%	0.57%	0.52%		0.58%							0.56%
AÇB	123104	3.16%	5.92%	33.03%	10.55%	7.38%	7.35%	8.62%		11.38%	6.05%	2.38%	4.19%		
PİK	11971	14.15%		13.84%	13.92%	14.93%	13.84%	14.95%	14.37%						
ÇELİK	23134	8.32%							8.07%	8.21%		12.72%	8.70%	53.99%	
PE	13158	100 %													
TOPLAM	476253														

Çizelge 4.2' ye göre, Malatya Belediyesi' nin henüz tamamının sayısallaştırılmamış olan şebekesinde; PVC, AÇB, PİK, ÇELİK ve PE olmak üzere 5 çeşit boru cinsi bulunmaktadır. Bunlar içinde PVC borular toplamda 304886 m uzunluğa sahip olup; bununda en büyük parçasını % 95' lik kısım ile Ø100' lük borular temsil etmektedir. AÇB borular ise şebekede en çok kullanılan ikinci boru cinsi olarak geçmektedir. Bunların da şebekedeki toplam uzunluğu yaklaşık olarak 123104 m olup; % 11.38' lik oranla en fazla Ø400 mm çapındaki boru kullanılmıştır. Şebekenin 11970 m uzunluğundaki PİK borular ise şebekede en fazla bulunan üçüncü boru çeşididir. Çap olarak en fazla kullanılan PİK boru cinsi ise % 14.95' lik oranla çapı Ø300 mm olan borulardır. Çelik borular şebekede özellikle isale hatlarında yaygın olarak kullanılmıştır. Bunun en iyi örneği ise Ø900' lük isale hattında kullanılan borulardan anlaşılır. Çünkü şebekede kullanılmış olan tüm çelik boru türleri arasından % 53.99' lik kısmı Ø900 mm çaplı borudur. Şebekenin geneline baktığımızda 14 farklı çapta boru cinsi olduğu görülür. Bu farklı çaplardaki borulardan en fazla % 70.21' lik kısmı Ø100 mm çapındaki borular oluştururken, en az kısmı ise % 0.03 oranla Ø350 mm çaplı borular oluşturur.

Çizelge 4.3. Malatya içme suyu şebekesi boru çapları karakteristik özellikleri (MASKİ, 2013).

Boru Çapı	Toplam Uzunluk (m)	Yüzde
Ø100	334381.06	70.21%
Ø125	9340.29	1.96%
Ø150	42055.82	8.83%
Ø175	12370.82	2.60%
Ø200	8277.11	1.74%
Ø250	8104.77	1.70%
Ø300	10054.11	2.11%
Ø350	136.46	0.03%
Ø400	13846.37	2.91%
Ø500	6828.71	1.43%
Ø600	15643.09	3.28%
Ø700	4227.66	0.89%
Ø900	10764.93	2.26%
Ø1000	221.01	0.05%
Toplam Hat Uzunluğu	476252.21	100.00%

4.2. Yöntem

Kümeleme analizi, son yıllarda çeşitli alanlarda sıkça kullanılmaya başlanan çok değişkenli veri analiz yöntemlerinden biridir. Kümeleme analizi, nesnelere sınıflandırılmasını ayrıntılı bir şekilde açıklamak amacıyla geliştirilmiştir (Erilli, 2009). Kümeleme analizi elimizdeki veri seti içerisinde benzer olan ya da farklı olan değişkenleri benzerlik ya da farklılık derecesi büyüklüğüne göre sınıflandırır. Burada amaç; gruplanmamış verileri benzerliklerine göre sınıflandırmak ve araştırmacıya uygun, işe yarar özetleyici bilgiler elde etmede yardımcı olmaktır (Tatlıdil, 2002). Kümeleme yöntemleri, uzaklık matrisi ya da benzerlik matrisinden yararlanarak birimler ya da değişkenleri kendi içinde homojen ve kendi aralarında heterojen gruplamalar oluşturmayı sağlayan yöntemlerdir (Özdamar, 1999). Güvenilir bir analiz sonucunun elde edilebilmesi uygun parametrelerin seçimine, mesafe ölçütüne, amaç fonksiyonuna, kümelemeye başlangıçta seçilen küme sayısına ve karar verilen en uygun küme sayısına bağlıdır (Fırat vd., 2010).

4.2.1. Bulanık Kümeleme Yöntemi

İçme suyu şebekesinde meydana gelen arızaların sınıflandırılması ve analizi için Bulanık Kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Bulanık mantık kavramı ilk olarak L.A. Zadeh (1965), tarafından belirsizlik içeren ifadelerin matematiksel olarak ifade edilmesi yoluyla ortaya atılmıştır. Bu yöntem, kesin sınırlarla çizilmiş değerlerin bir çeşit genişletilmesi olarak da düşünülebilir (Fırat vd., 2010). Bulanık mantık teorisi, problemi kesin sınırlarla ayırmak yerine kümeleme veya sınıflandırma şeklinde değerlendirmektedir. Bulanık kümeleme yöntemi, bulanık mantık yöntemini temel olarak Dunn (1974) tarafından önerilmiş ve Bezdek (1981) tarafından geliştirilmiştir (Fırat vd., 2010). Bulanık kümeleme yöntemini diğer klasik yöntemlerden ayıran en önemli özellik; evrendeki her bir elemanın ya kümeyle aittir ya da ait değildir şeklinde bir kümeleme analizi yapmamasıdır. Klasik küme teorisinde sınırlar kesin olarak çizilir ve eleman bu iki durumdan herhangi biriyle tanımlanır. Ancak bulanık set teorisinde elemanın kümeyle “üye olması” ya da “üye olmaması” tedicisi olarak belirlenir (Fırat vd., 2010). Yani klasik kümelemeden farklı olarak bir eleman birden fazla kümede farklı üyelik derecelerinde yer alabilir. Bu durum, veri

elemanlarının aynı anda birden fazla kümeye ait olabileceğini göstermektedir. Her eleman bir yönüyle bir kümeye ait iken, bir yönüyle kümenin dışındadır ve en yüksek üyelik derecesine sahip olduğu kümeye atanır (Erilli, 2009). Bulanık kümeleme de diğer kümeleme yöntemleri gibi uzaklık ölçümlerini kullanır. Ancak hangi uzaklık ölçümünün kullanılacağı küme yapısına ve kullanılan algoritmaya bağlı olarak değişiklik gösterir (Naes ve Mevik, 1999). Herhangi bir problem için, X ; $N \times n$ boyutunda veri seti, n ; değişken sayısı, N ; X veri setindeki özellik vektörlerinin sayısı, n boyutlu bu veri setinde k . inci özellik vektörü $x_k = [x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn}]^T$, $x_k \in R^n$ şeklinde yazılır. Bu durumda N adet özellik vektörünün oluşturduğu veri seti $X = \{x_k | k = 1, 2, \dots, N\}$ şeklinde tanımlanır ve $N \times n$ boyutundaki matrisi denklem (4.1)' deki gibi yazılır (Fırat vd., 2010; Burn ve D. H., 1989).

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \cdot & \cdot & \dots \\ \cdot & & \dots \\ x_{N1} & \dots & x_{Nn} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Bulanık kümeleme yönteminde en küçüklenecek amaç fonksiyonu denklem (4.2)' de ve özellik vektörü ile küme merkezi arasındaki mesafe ölçütü ise denklem (4.3)' de verilmektedir (Fırat vd., 2010; Rao vd., 2006). Denklem (4.2)' de verilen amaç fonksiyonu minimize edilirken denklem (4.4) ve (4.5)' de verilen şartlarda dikkate alınmalıdır. Denklem (4.4)' de verildiği gibi bir özellik vektörünün üyelik derecelerinin toplamı 1' e eşit olmaktadır (Fırat vd., 2010; Rao vd., 2006b).

$$J(U, V : X) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N (u_{ik})^m d_{ik}^2(x_k, v_i) \quad (4.2)$$

$$d_{ik}^2 = \|x_k - v_i\|_A^2 = (x_k - v_i)^T A (x_k - v_i) \quad (4.3)$$

$$\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1 \quad \forall k \in \{1, \dots, N\} \quad (4.4)$$

$$0 < \sum_{k=1}^N u_{ik} < N \quad \forall i \in \{1, \dots, c\} \quad (4.5)$$

Kümeleme analizi sonucunda bir özellik vektörü, üyelik derecesinin en büyük olduğu kümeye atanır. Denklem (4.6)' da özellik vektörlerinin üyelik derecesini gösteren $N \times c$ boyutunda üyelik matrisi verilmektedir. Ayrıca, $c \times n$ boyutundaki küme merkezleri matrisi V denklem (4.7)' de gösterilmektedir (Fırat vd., 2010).

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & \dots & u_{12} & \dots & u_{1c} \\ \cdot & & & & \\ u_{21} & & \cdot & & \dots & \cdot \\ \cdot & & & \dots & \dots \\ u_{N1} & \dots & u_{N2} & \dots & u_{Nc} \end{bmatrix}_{N \times c} \quad (4.6)$$

$$V = [v_1, v_2, \dots, v_c], \quad v_i \in R^n \quad (4.7)$$

Burada, c ; küme sayısı, N ; özellik vektörlerinin sayısı, U ; özellik vektörlerinin üyelik derecesini gösteren bulanık ayırma ya da üyelik matrisi, V ; küme merkezlerini içeren matris, $u_{ik} \in [0,1]$, i . kümede k . özellik vektörünü (x_k) üyelik derecesi, $d_{ik}^2(x_k, v_i)$; k . özellik vektörü ile i . küme merkezi arasındaki mesafe, $m \in [1, \infty]$; bulanık kümeler arasında paylaşılan üyeliğini kontrol eden bulanıklık terimidir. Bulanık kümeleme yöntemi, iteratif bir yöntem olduğu için üyelik matrisi ve küme merkezleri matrisi sürekli güncellenmekte ve böylelikle amaç fonksiyonu minimize edilmektedir. Bir kümeleme algoritmasında farklı parametrelerinin seçimi ile yapılan kümeleme analizi sonucu elde edilen alt kümeleri değerlendirebilmek ve karşılaştırabilmek doğruluk değerlendirme ölçütleri kullanılmaktadır. Bu ölçütler; Ayırma Katsayısı (Bezdek, 1974, 1981), Ayırma Entropisi (Bezdek, 1981), Ayırma İndeksi, Xieve Beni İndeksi (Xie ve Beni, 1991), Dunn ve Alternatif Dunn İndeksi şeklinde verilebilir (Rao vd., 2006b).

Çizelge 4.4. Bulanık kümelemede en uygun kümeye karar vermek için kullanılan ölçütler (Firat vd., 2010; Rao vd., 2006).

Ölçüt	Açıklama	Denklem
Ayırma Katsayısı	Bezdek (1974) tarafından önerilmiş olan bu ölçütün maksimum değeri için en uygun küme sayısına karar verilir.	$V_{PC}(U) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N (u_{ik})^2$
Sınıflandırma Entropisi	Sınıflandırma Entropisi: Bu ölçüt ile değerlendirme yaparken, V_{PE} 'nin minimum değeri için en uygun küme sayısına karar verilir (Rao vd., 2006b).	$V_{PE}(U) = -\frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik} \cdot \log_a(u_{ik}) \right]$
Ayırma İndeksi (SC)	Bu ölçüt kümelerin ayrılma ve sıklığının toplamının oranı şeklindedir. Bu ölçütün düşük değeri için en uygun küme sayısına karar verilir.	$V_{SC}(U) = \sum_{i=1}^c \frac{\sum_{k=1}^N (u_{ik})^m \ x_k - v_k\ ^2}{N_i \sum \ v_k - v_i\ ^2}$
Bölünme İndeksi (S)	Bu ölçüt ile değerlendirme yaparken, V_S 'nin düşük değeri için en uygun küme sayısına karar verilir (Rao vd., 2006b).	$V_S(U) = \frac{\sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N (u_{ik})^2 \ x_k - v_k\ ^2}{N_{\min i,k} \ v_k - v_i\ ^2}$
Xie ve Beni İndeksi (XB)	Bu ölçüt, bulanık kümelerin sıklığının bölünmeye oranı şeklinde açıklanabilir. Bu indeks, kümelerin merkezlerinin ve veri setinin bir fonksiyonu olup bu ölçütün minimum değeri en uygun sınıflandırmayı göstermektedir (Rao vd., 2006b).	$V_{XB}(U, V : X) = \frac{\sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N (u_{ik})^m \ v_i - x_k\ ^2}{N \min_{i \neq k} \ v_i - v_k\ ^2}$

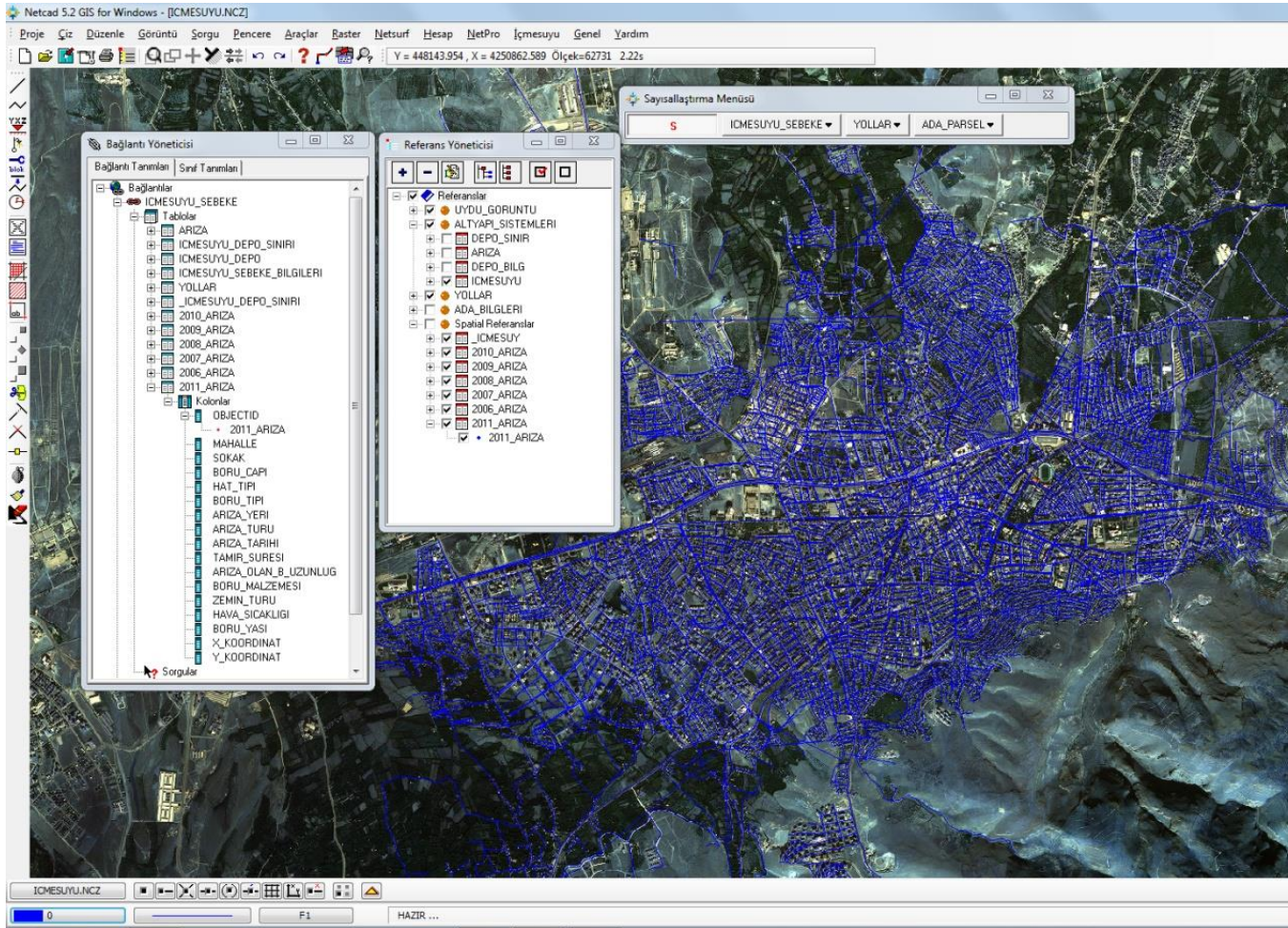
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

5.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerde Veri Tabanının Oluşturulması

Bu tez kapsamında CBS yardımıyla arıza kayıtlarının konumsal olarak analizi, görüntülenmesi, sorgulanması ve sonuçların raporlanması için İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Lisanslı olarak kullanılan Netcad 5.2 GIS ve ArcGIS 10.0 programlarından faydalanılmıştır. Uygulama bölgesi olan Malatya ili şehir merkezine ait, içme suyu şebekesi, depolar ve besleme alanları, arıza kayıtları gibi oldukça fazla veriden oluşan verilerin daha iyi bir şekilde yönetilmesi için CBS yardımıyla sayısal ortama aktarılmıştır. MASKİ tarafından içme suyu şebekesinin bir kısmı sayısallaştırılmış ve tahmini depo besleme alanları belirlenmiştir. Sayısallaştırma işlemi yapılmayan şebekenin bir kısmı bu tez kapsamında Netcad ve ArcGIS programları kullanılarak sayısallaştırılmıştır.

Arıza kayıtlarının konumsal olarak değerlendirilmesi, konumsal sınıflandırma yapılabilmesi, görüntülenmesi ve sorgulanması için Netcad 5.2 GIS “*Bağlantı Yöneticisi*” ve “*Referans Yöneticisi*” özellikleri kullanılarak “ICMESUYU_SEBEKE” isimli yeni bir arıza veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanında katman yapısına göre çalışan “Arıza”, “İçme Suyu Depo Sınırı”, “İçme Suyu Şebeke Bilgileri” ve “İçme Suyu Depo” tabloları oluşturulmuştur. Veri tabanında tablo oluşturulduktan sonra Referans yöneticisinde katman yapısı otomatik olarak elde edilmiştir. Ayrıca, tabloya girilen sözel verilerin sayısal harita ile ilişkilendirilmesi için “Sayısallaştırma” modülü oluşturulmuştur. Bu modülde, arıza kayıtları nokta olarak, içme suyu şebekesi ise çizgi olarak tanımlanmıştır.

Hazırlanan bu veri tabanında Belediye tarafından tutulan arıza kayıtlarının doğru adrese atılabilmesi için, “Yollar”, “Cadde Sokak İsimleri”, “Google Earth” görüntüsü birer katman olarak tanımlanmıştır. Şekil 5.1’de Bağlantı yöneticinde oluşturan “Arıza Kayıtları” tablosu ve bu tabloda girilmesi gereken parametreler gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Netcad GIS programında oluşturulan veri tabanı genel görünümü

5.2. Verilerin Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi

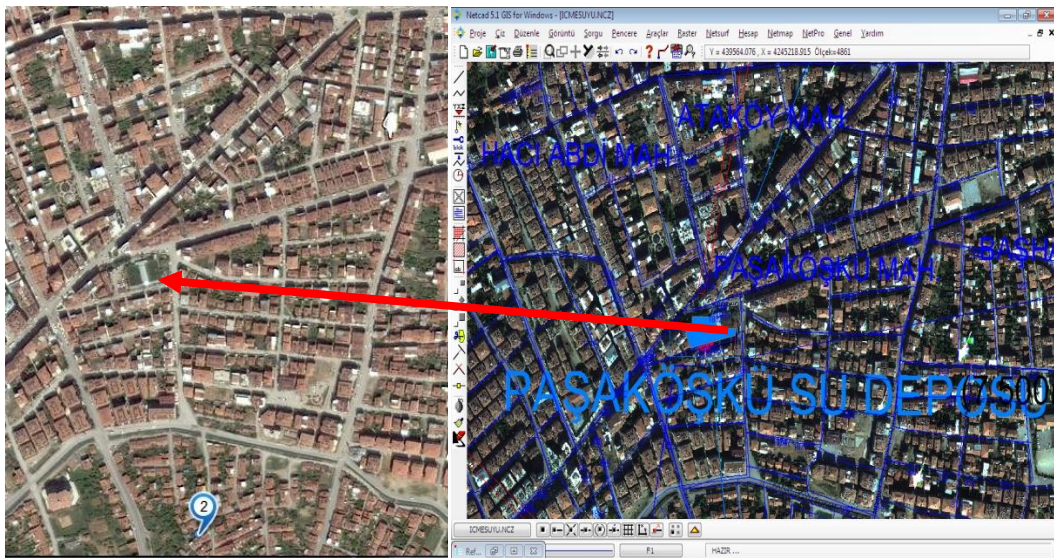
İçme suyu şebekesine ait 2006-2012 (7 yıllık) yılları arasında kayıtları tutulan yaklaşık 21000 adet arıza verileri Malatya Belediyesi'nden temin edilmiştir. Belediyeden alınan veriler bilgisayar ortamında olmayıp Excel formatında bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Arıza kayıtları Excel formatına aktarılırken temel olarak; (i) Arızanın meydana geldiği yerdeki mahalle adı, (ii) Arızanın meydana geldiği cadde/sokak adı, (iii) Arıza tarihi ve (iv) Arıza türü gibi veriler kontrol edilmiştir. Tüm arıza kayıtları için bu bilgiler tek tek kontrol edilerek eksik ya da yanlış olan bilgiler Malatya Belediyesi'nde bu kayıtları tutan kişilerle görüşülüp üzerinde gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Bu işlem daha önce bilgisayar ortamında bulunan veriler için de uygulanmıştır. Böylelikle 7 yıllık tüm kayıtlar daha düzenli ve anlaşılabilir hale getirilmiştir. Belediyeden alınan arıza kayıtları sadece şebekede kendiliğinden meydana gelen arızalardan oluşmamaktadır. Arıza kayıtlarında içme suyu şebekesinde doğal etkenler dışında meydana gelen arızalar; (i) Başka kurumların (Telekom, Kanalizasyon birimi, Elektrik Şirketi vb.) sebep olduğu arızalar, (ii) Yeni bağlantı yapılan hatlar, (iii) İptal edilen abone hattı, İptal edilen şebeke hattı (iv) İptal edilen vanalar, (v) Hatlarda yapılan yenileme çalışmalarından kaynaklanan arızalar, (vi) Vatandaşların sebep olduğu arızalar, (vii) Kanal arızası olduğu halde içme suyu şebeke arızası içinde bulunan arızalar olarak verilebilir.

Bu tez kapsamında bundan sonra yapılacak olan analizlerde yukarıda listede verilen faktörlerden kaynaklanan arıza kayıtları dikkate alınmamış ve listeden çıkarılmıştır. Bundan sonraki analizlerde sadece şebeke hattında kendiliğinden meydana gelen abone, şebeke ve vana arızası kalacak şekilde ayrıştırma işlemi uygulanmıştır. Düzeltilmiş olan bu verilerden şebeke arızası olduğu halde boru cinsi belli olup boru çapı belli olmayan arıza verileri, elimizde sayısal ortamda bulunan Malatya'nın içme suyu şebeke hattına bakılarak ya da daha önceki yıllarda aynı mahallenin aynı sokağında meydana gelmiş arıza kayıtlarına bakılarak gerekli düzeltmeler tek tek bütün eksik arızalar için yapılmıştır. Benzer şekilde eksik olan vana verileri de düzelterek elimizde bulunan arıza verileri NETCAD ortamında bulunan sayısallaştırılmış haldeki şebekenin üzerine işlenebilmesi için hazır hale getirilmiştir. Bu aşamaya gelebilmek için yaklaşık olarak 21000'e yakın veri

incelenmiş ve yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda yapılan ön inceleme sonucunda toplam arıza veri sayısı (şebeke, abone, vana dahil) 14260 olarak belirlenmiştir. Bunlardan, 5111 adet arıza kaydı şebeke arızası, 8611 adet arıza kaydı abone arızası ve 538 adet arıza kaydı ise vana arızası şeklindedir.

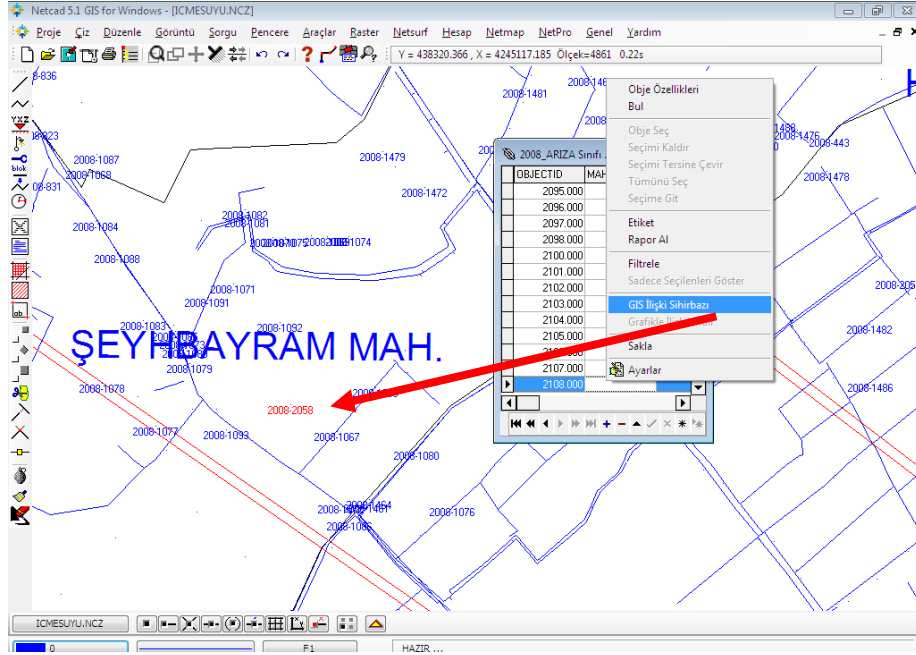
5.3. Arıza Kayıtlarının Sayısal Haritaya İşlenmesi

Uygulama bölgesine ait arıza verilerinin CBS yardımıyla analizi için NETCAD GIS 5.2 ve ArcGIS 10.0 programları kullanılmıştır. Arıza kayıtlarının sayısal ortamda işlenmesi, kaydedilmesi, görüntülenmesi ve analizi için Netcad programında “Bağlantı Yöneticisi” menüsü kullanılarak konumsal-referanslı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Arıza verilerinin sayısallaştırılmış haldeki haritaya nokta olarak işleyebilmek için Google Earth görüntüsünden de faydalanılmıştır. Çünkü 7 yıllık sürede bazı mahallelere ait cadde/sokak isimleri değişmiş ya da aynı isimdeki bir cadde ya da sokağın devamı başka bir mahallede devam ettiği görülmüştür. Bundan dolayı, elimizdeki arıza kayıtlarının noktasal olarak şebekede en uygun yere atılabilmesi için adres kontrolü Google Earth üzerinden de yapılarak arıza noktalarının en uygun yere atılması sağlanmıştır. Ayrıca bu adres kontrolü daha önce NETCAD ortamında hazırladığımız veri tabanıyla ilişkilendirilmiş olan Malatya’ ya ait uydu görüntüsüyle de ikinci bir kontrol imkanı sağlamıştır. Şekil 5.2’ de şebekenin sayısallaştırılmış ve uydu görüntüsüyle ilişkilendirilmiş hali ve aynı bölgenin Google Earth görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 5.2. Aynı bölgenin Sayısallaştırılmış haldeki ve Google Earth’teki görüntüsü

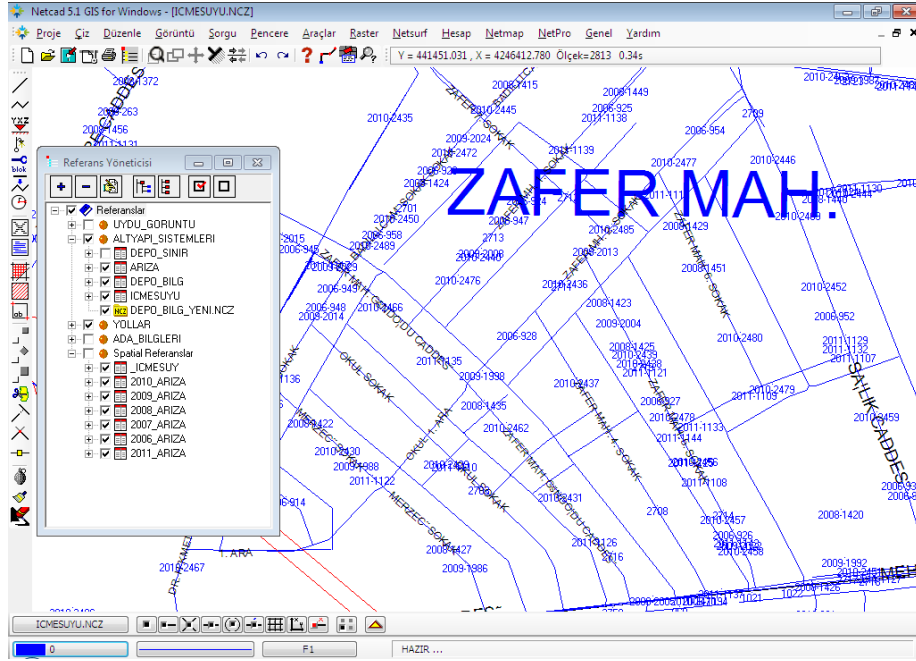
Şebekeye işlenmiş her bir noktanın daha önce oluşturulan veri tabanı ile ilişkilendirmek için “NETCAD Bağlantı Yöneticisi-GIS İlişki Sihirbazı” kullanılmıştır. Böylelikle şebeke hattında herhangi bir bölgede meydana gelmiş olan arızanın, hem adres olarak o bölgedeki cadde ve sokakla, hem de o bölgedeki şebeke hattını oluşturan boru cinsi- çapı ile ilişkili olması sağlanmıştır. Şekil 5.3’ de şebekeye işlenmiş olan bir arıza noktasının ilişkilendirme aşaması görülmektedir.



Şekil 5.3. Şebekede işlenmiş olan arıza noktasının ilişkilendirilme aşaması

Arıza kayıtlarına ait her bir nokta ayrı ayrı yıllara göre şebekeye işlenmiştir. Yani 2006 yılına ait tüm arıza kayıtları noktasal olarak haritaya işlendikten sonra, bir sonraki yıl olan 2007 yılına geçilmiştir. Bu şekilde 2012 yılına kadar şebekeye nokta atma işlemi tamamlanmıştır. Şebekeye nokta atılırken her bir yıla ait noktalar kendi içerisinde numaralandırılmıştır. Ayrıca arıza kayıtlarında şebeke arızası, abone arızası, vana arızası şeklinde karışık halde bulunan noktalar en başta ayrı ayrı numaralandırılmamış, arıza kayıt sırasına göre numara verilerek haritaya işlenmiştir. Burada her bir arıza kaydına verdiğimiz numara artık o noktanın kimlik numarası olmuştur. Her bir yılın kendi içerisinde numaralandırılması ya da her noktaya bir kimlik numarasının verilmesi tezin ilerleyen her aşamasında verileri şebeke, abone, vana arızası olarak ayırmada ciddi bir avantaj sağlamıştır. Böylelikle yıllara göre

arıza kayıtlarını şebeke üzerinde görüntülemek, ya da tematik olarak kümelemenin olduğu yerleri yıl yıl belirlemek daha kolay hale gelmiştir. Şekil 5.4' te yıllara göre şebekeye işlenmiş arıza kayıtlarının şebeke üzerinde nasıl yer aldığı ile ilgili genel bir görünümü yer almaktadır. Ayrıca uygulama bölgesinde göz önüne alınan arıza kayıtlarının genel karakteristik yapısı Çizelge 5.1' de verilmiştir.



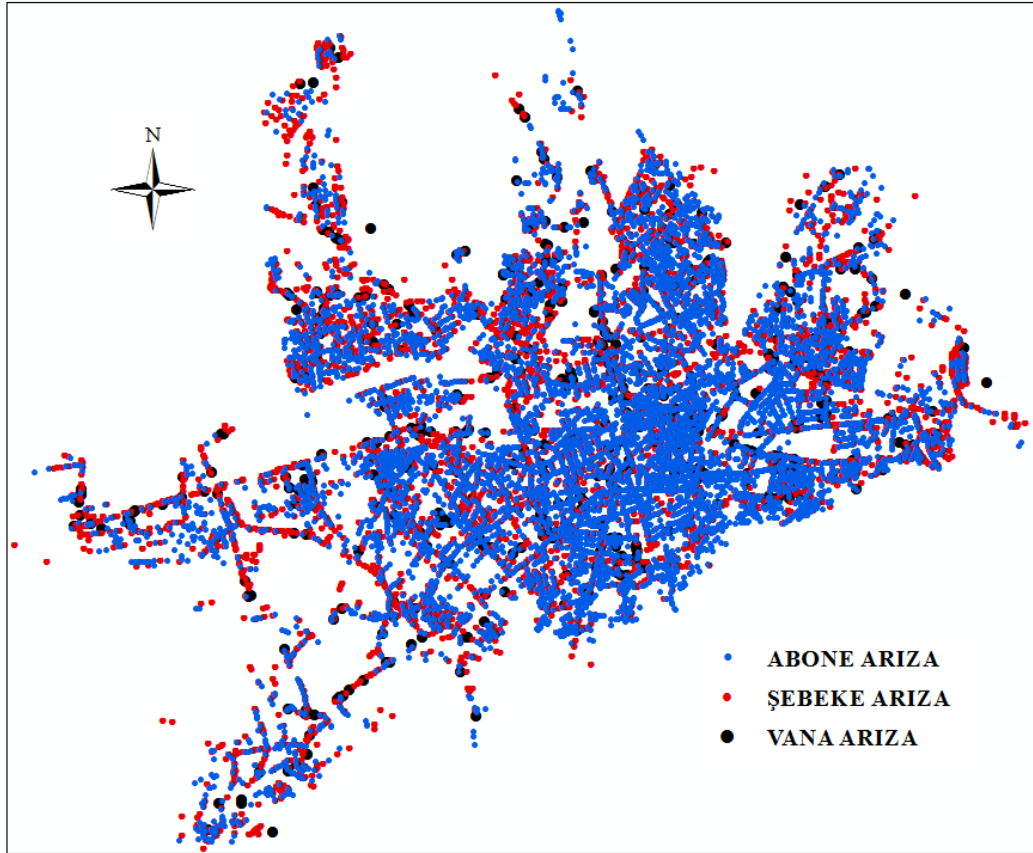
Şekil 5.4. Şebekeye işlenmiş olan arıza noktalarının genel görünümü

Çizelge 5.1. Arıza kayıtlarına ait genel özellikler

Boru Cinsi	Arıza Sayısı	Arıza Yüzdesi
AÇB	1047	20.49%
PE	68	1.33%
PİK	1013	19.82%
PVC	2939	57.50%

Tüm yıllara ait arıza kayıtları noktasal olarak şebekeye işlendikten sonra, daha önce belirlediğimiz parametrelere göre Excel tablolarında eksik olan kısımlar doldurulmuştur. Burada öncelikle noktasal olarak şebekeye işlenmiş olan tüm arıza verilerinin noktasal koordinatları yıllara göre ayrı ayrı kayıt altına alınmıştır. Daha sonra eksikliğin olduğu parametrelerin içeriği doldurulmaya başlanmıştır. Bunun için günlük arıza tarihlerine bakarak, METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ' nden temin edilen günlük maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri işlenmiştir. Ayrıca

çalışma alanımızda yer altı su seviyesi ve zemin türü ile ilgili olarak bilgi elde edebilmek için Malatya Belediyesi' nin daha önce Malatya' nın yer altı su seviyesi ve zemin türleri üzerine yapmış olduğu çalışmalar dikkate alınarak gerekli veriler temin edilmiştir. Ayrıca, kurumlardan alınan zemin etüd raporları mahalle bazında incelenmiş, her bir mahallenin ada/parsel olarak yer altı su seviyeleri ve o bölgedeki zemin türleri belirlenip işlenmiştir. Özellikle zemin türü ve yer altı su seviyesi ile ilgili daha doğru bir sonuç elde edebilmek için Malatya' nın genelinde yapılmış olan kuyu ve gözlem çukuru açma verileri incelenmiştir. Tüm parametrelere ait veriler Excel formatında tamamlandıktan sonra, şebeke, abone, vana arıza verileri arıza türüne göre sıralanarak ayrıştırılmıştır. Daha önce NETCAD 5.2 GIS modülüyle arıza noktaları ilişkilendirilen ve eksik parametre verilerininin tamamlanmasından sonra üç çeşit arıza kayıt türüne göre ayrıştırılan veriler ARCGIS.10 programında hazırlanan yeni bir veri tabanı aracılığı ile programa aktarılmıştır. Burada her bir arıza türüne ait noktasal veriler Şekil 5.5' te görüldüğü gibi farklı renk ve noktasal simgelerle gösterilmiştir.



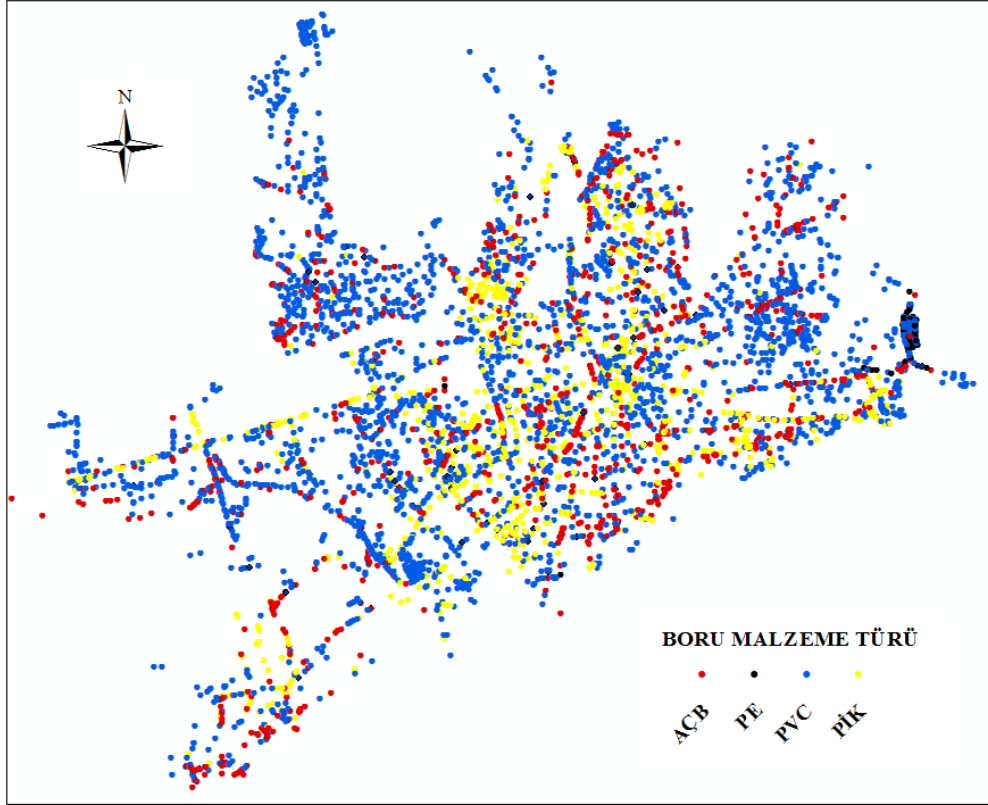
Şekil 5.5. Arıza türlerine göre ayrıştırılmış verilerin genel görünümü

Yine tüm yıllara ait şebeke arıza verilerinin genel görünümü Şekil 5.6' da gösterildiği gibidir.

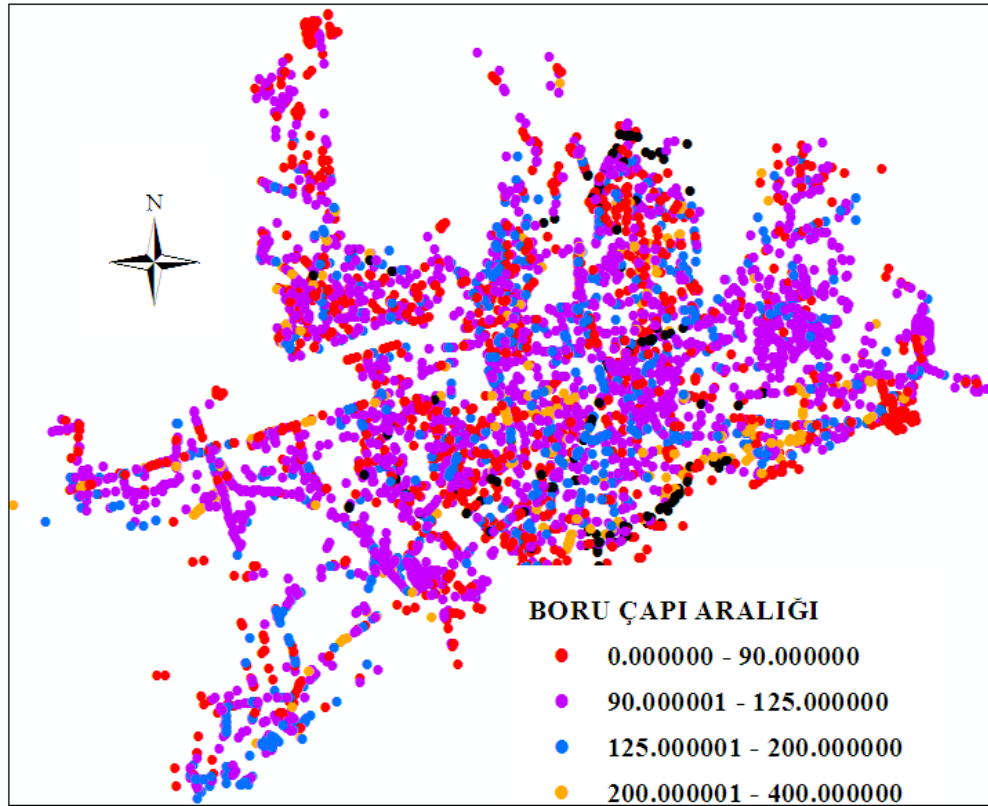


Şekil 5.6. Tüm yıllara ait şebeke arıza verilerinin genel görünümü

Elimizdeki şebeke arıza verilerini kullanarak boru cinsine göre bir sınıflandırma yaptığımız zaman tematik olarak gösterimi Şekil 5.7' de görülmektedir. Yedi yıllık (2006-2012) arıza kayıtlarına baktığımızda şebekede 4 çeşit boru tipine rastlanılmıştır. Bunlar; AÇB, PVC, PİK, PE borulardır. Ayrıca bu boru çeşitleri arasında çap olarak değerlendirme yaptığımızda 14 farklı boru çapında arıza meydana geldiği görülmüştür. Daha önce de belirtildiği gibi şebekenin genelinde 14 farklı çapta boru çeşidi bulunmaktadır. Bu boru çaplarına göre 5 farklı boru çapı aralığı seçildiğinde (örneğin 0-Ø90 birinci çap aralığı, Ø90-Ø125 ikinci çap aralığı, Ø125-Ø200 üçüncü çap aralığı, Ø200-Ø400 dördüncü çap aralığı, Ø400-Ø1200 beşinci çap aralığı seçildi) harita üzerinde sorgulama durumu Şekil 5.8' deki gibi olur.



Şekil 5.7. Şebeke arıza verilerinin boru cinsine göre görünümü



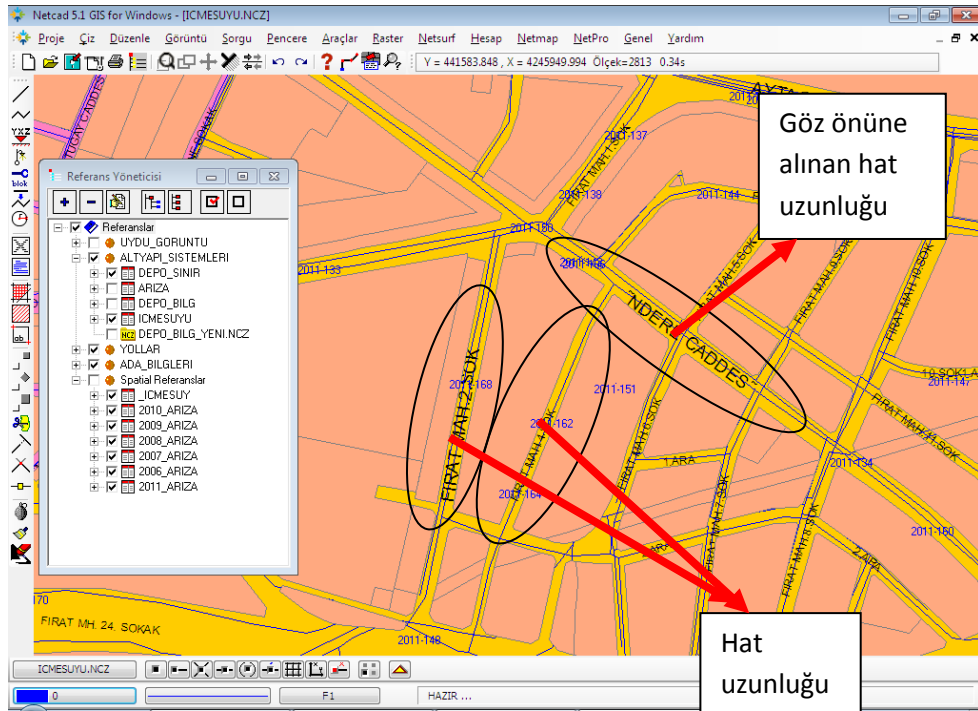
Şekil 5.8. Şebeke arıza verilerinin boru çaplarına göre görünümü

Düzenlenen veriler arasında “şebeke arızası” türünde arıza verilerinin boru çaplarına göre dağılımı Çizelge 5.2’ de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Boru çaplarına göre şebeke arıza sayıları

BORU ÇAPI	Ø100	Ø125	Ø150	Ø175	Ø200	Ø250	Ø300
ARIZA SAYISI	3684	163	593	72	185	78	82
BORU ÇAPI	Ø350	Ø400	Ø500	Ø600	Ø700	Ø900	Ø1000
ARIZA SAYISI	75	39	68	10	55	6	1

Burada boru çaplarına göre birim boru uzunluğuna düşen arıza dağılımlarını gözlemleyebilmek için “Arıza Oranı (AO)” hesaplanmıştır. Bu arıza oranını hesaplayabilmek için ise yine lisanslı ARCGIS-10 programında daha önce oluşturulan veri tabanı ve şebekenin sayısallaştırılmış hali kullanılmıştır. Bunun için şebekede borular üzerine düşen her bir arıza noktasının diğer bir cadde ve sokakla kesiştiği yere göre hat uzunlukları ölçülmüştür. Şekil 5.9’ da boruların genel görünümü ve alınan şebeke hattı uzunluklarına örnek bir gösterim yer almaktadır.



Şekil 5.9. Şebeke arıza verilerinde göz önüne alınan hat uzunlukları

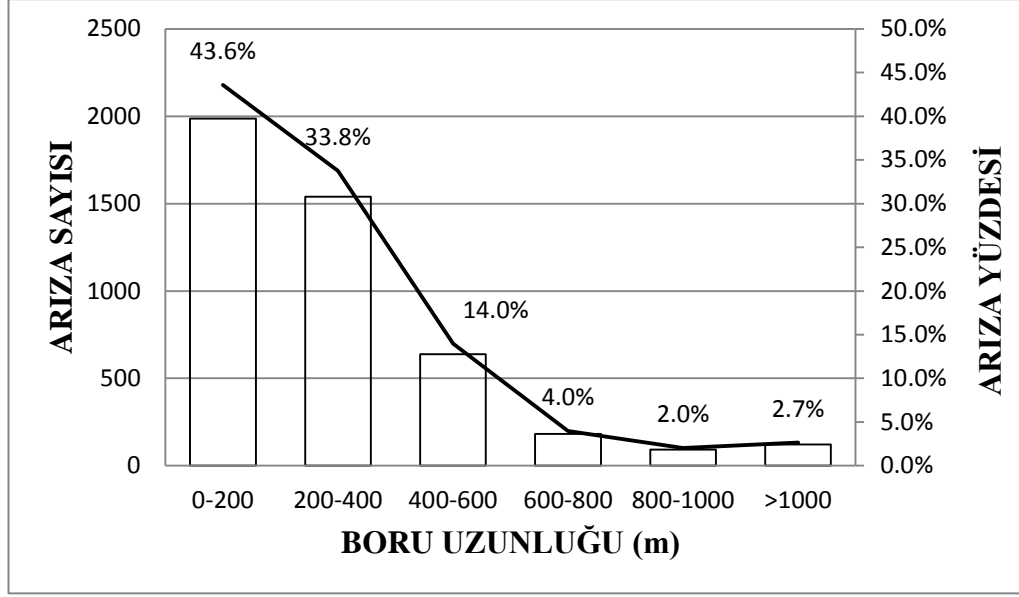
Toplam arıza sayısına göre bir kümeleme işleminin yapılabilmesi için arıza sayılarının her sokağa kaç tane düştüğünün hesaplanması gerekmektedir. Bunun için öncelikle şebeke hattının geçtiği her sokakta benzer çap ve cinsteki arızanın meydana geldiği borulara sayısal kodlar verilmiştir. Bütün şebeke hattının bütün mahallelerinin cadde ve sokakları tek tek incelenerek bu işlem gerçekleştirilmiştir. Ayrıca arıza oranına göre kümelemeye yardımcı olması için bütün cadde ve sokakların uzunlukları da ölçülmüş ve arıza noktasının karşısına gelecek şekilde bir değer olarak Excel tablolarına işlenmiştir. Bu şekilde kümeleme işleminde kullanılacak arıza sayıları belirlenmiştir. Şebekede boru çaplarına göre birim boru uzunluğuna düşen arıza oranı, şebekede bir sokakta ya da cadde de meydana gelen toplam arızaların o sokağın toplam uzunluğuna bölünmesiyle elde edilmiştir. Yani bir sokakta aynı boru koduna sahip borularda meydana gelen bütün arızalar sayısal olarak toplanıp sokağın toplam uzunluğuna bölümü bu oranı vermektedir.

5.4. Arıza Kayıtlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Tezin bu bölümünde uygulama bölgesinden alınan arıza sayıları ile arızaya etkili olabilecek faktörler arasındaki ilişki istatistiksel ve grafiksel olarak değerlendirilmiştir. Bunu yapmak için arıza oranı-etkili faktörler arasındaki ilişki ve arıza sayısı-etkili faktörler arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi ayrı ayrı ele alınmıştır.

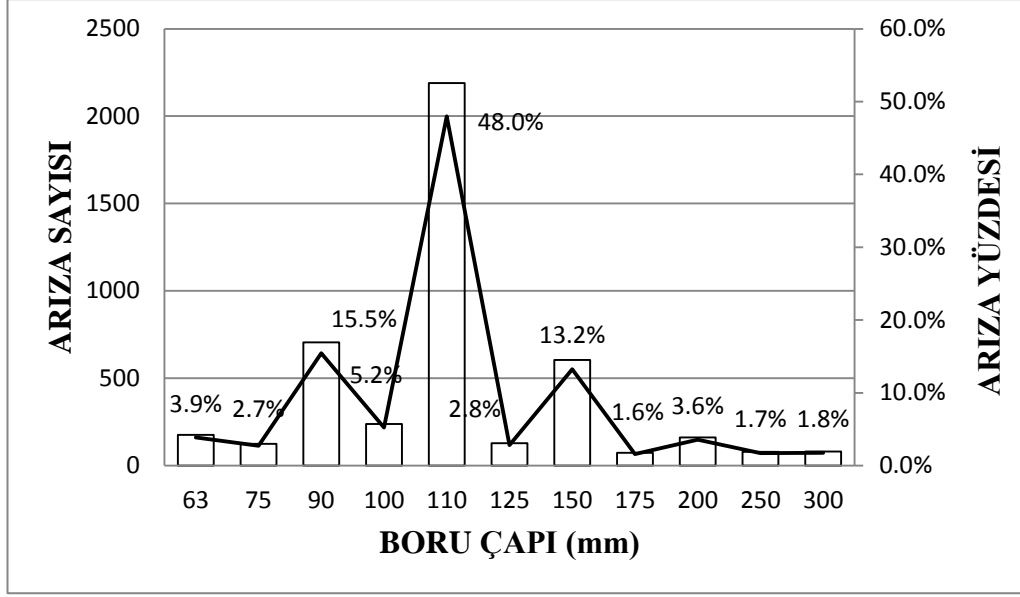
5.4.1. Arıza Sayısı ile Etkili Faktörler Arasındaki İlişkinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Arıza sayısı kayıtlarının boru karakteristikleri ve diğer faktörlere göre nasıl değiştiğini görebilmek için her bir faktöre göre grafiği elde edilmiştir. Burada, tüm veri seti ve her bir boru türü (PVC, PE, AÇB ve PİK) için bu ilişki ayrı ayrı incelenmiş; (i) Boru uzunluğu-arıza sayısı ilişkisi, (ii) Boru çapı-arıza sayısı ilişkisi, (iii) Boru türü-arıza sayısı ilişkisi ve (iv) Boru yaşı-arıza sayısı ilişkisi durumlarına göre grafikler elde edilmiş ve değerlendirme yapılmıştır. Şekil 5.10' da, şebekedeki toplam arıza sayısı-toplam arıza yüzdesi-boru uzunluğu ilişkisi gösterilmektedir.



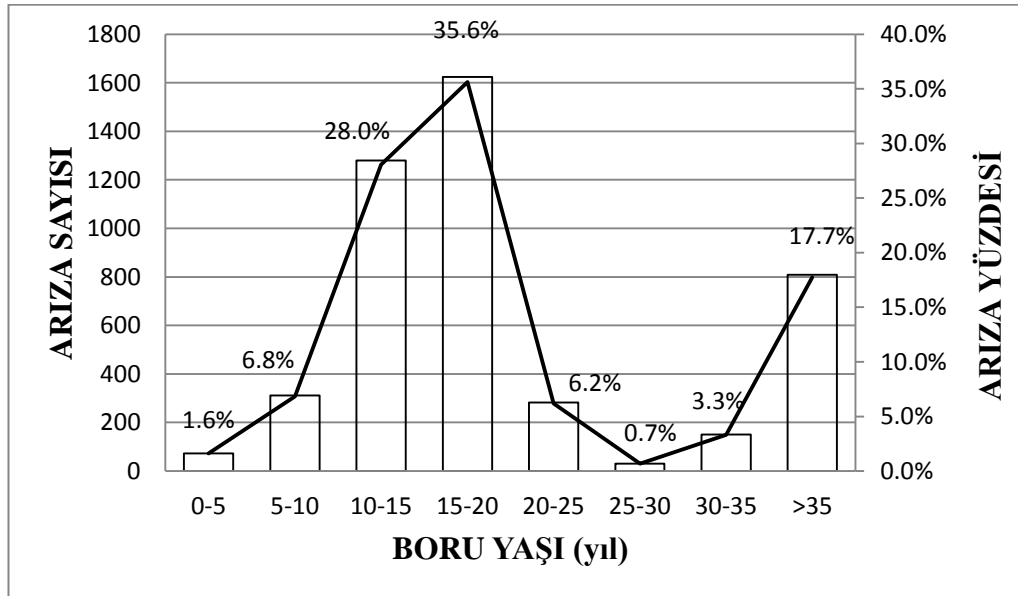
Şekil 5.10. Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi

Şekil 5.10'da verilen sonuçlara göre en fazla arıza sayısı 0-200 m arasında hat uzunluğuna sahip borularda meydana geldiği görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi 200-400 m aralığında borularda meydana gelen arıza sayısı ise en yüksek ikinci sıradadır. Yine aynı şekilde, şebekede meydana gelmiş olan toplam arıza sayısının yüzde olarak boru hattı uzunluğu ile ilişkisi de görülmektedir. Burada şebekede meydana gelmiş olan arızaların %50' ye yakın kısmını 0-200 m uzunluğundaki boru hattında meydana geldiği görülür. Şekil 5.11' de şebekedeki toplam arıza sayısından her bir boru çapına meydana gelen arıza sayıları gösterilmektedir.



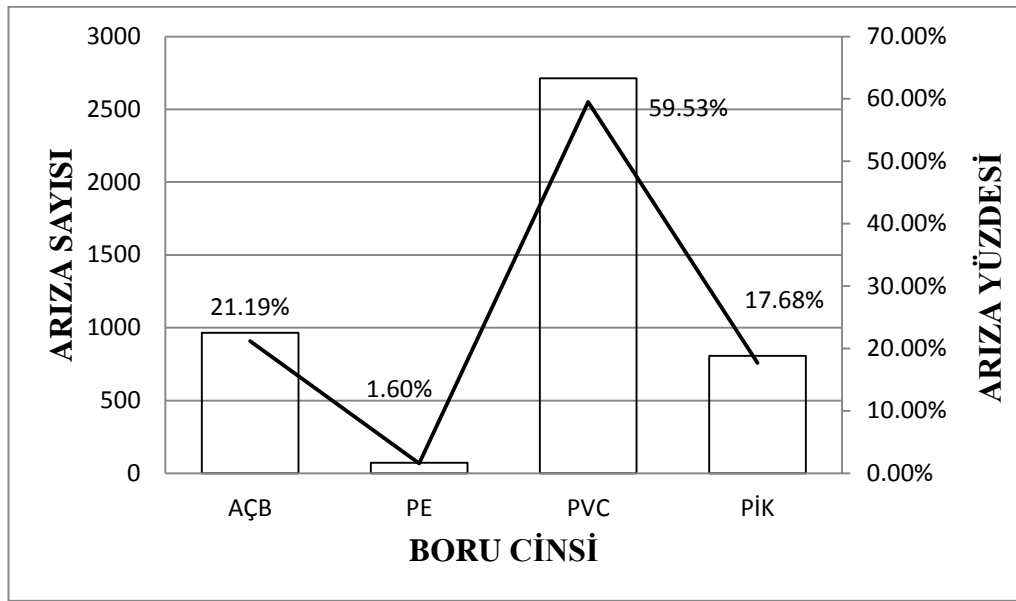
Şekil 5.11. Boru Çapı-Arıza Sayısı İlişkisi

Şekil 5.11 incelendiğinde, çapı 110 mm olan borulardaki arızaların tüm boru cinsi arıza sayılarından daha fazla olduğu görülmektedir. Yine aynı şekil tüm boru çaplarında meydana gelmiş olan arızaların toplam arıza sayısı içindeki yüzde değerlerini göstermektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi şebekedeki tüm boru çapları arasında, 110 mm' lik çapa sahip borularda %50' ye yakın bir arıza yüzdesinin olduğu yani en fazla arızanın bu boru çapında olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 5.12' de boru yaşlarına göre arıza sayılarının değişimi gösterilmektedir.



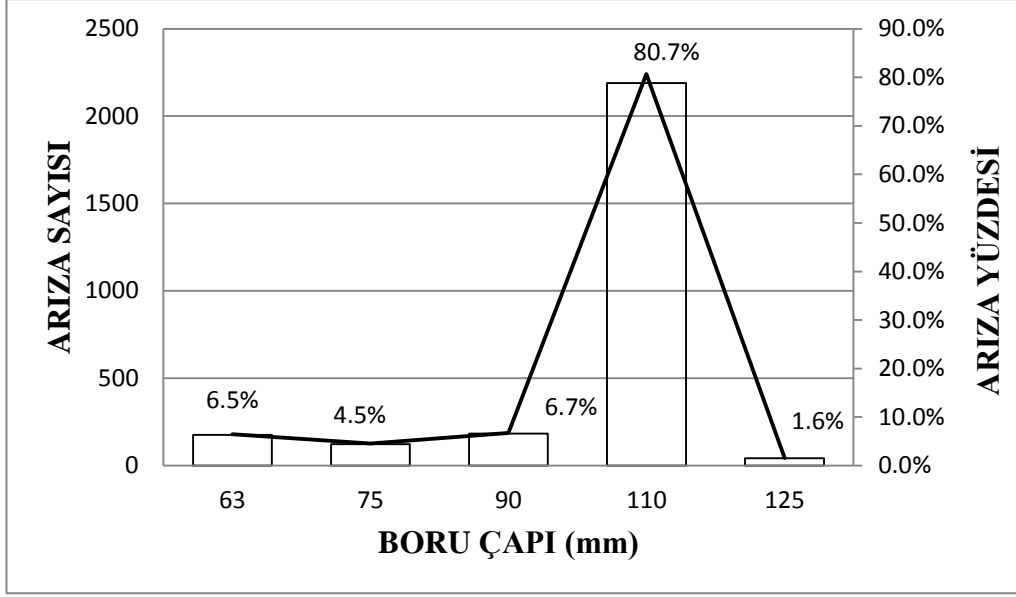
Şekil 5.12. Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi

Şekil 5.12 incelendiğinde, şebekede arızanın meydana geldiği tüm borular için belirli bir yaş aralığı seçilmiş ve hangi yaş aralığında arıza sayısının daha fazla olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır. Buna göre 10-15, 15-20 yaş aralığında olan borularda ve 35 yaşından daha büyük olan borularda meydana gelen arıza sayısı en fazladır. Burada elde edilen sonuçlara bekleninin aksine en fazla arıza en eski borularda gözlenmemiştir. Arıza yüzdelerinin boru yaşına göre değişimi yine Şekil 5.12’ de verilmektedir. Şekil 5.12’ de arıza yüzdesi olarak boru yaşlarını değerlendirdiğimizde en büyük değerlerin 10-15, 15-20 ve 35 yaşından büyük borulara ait olduğu görülmektedir.



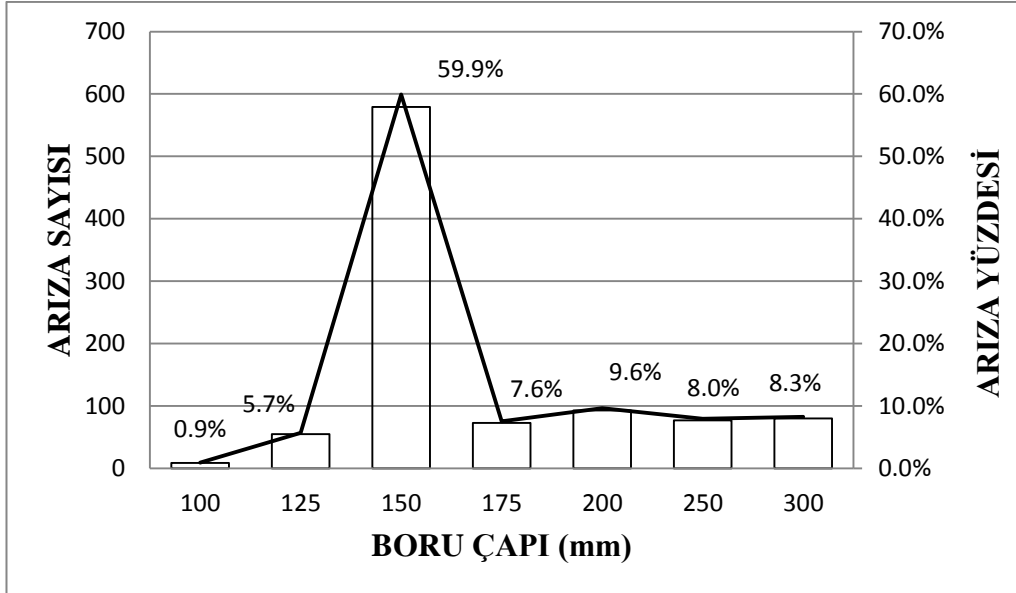
Şekil 5.13. Boru Cinsi-Arıza Sayısı İlişkisi

Tüm boru cinslerine göre şebekedeki arıza sayıları Şekil 5.13’ de görüldüğü gibidir. Buna göre en çok PVC boru cinsinde arıza meydana gelmiş olup, bunu AÇB, PİK ve PE borular da takip etmektedir. Şekil 5.13 aynı zamanda boru cinslerinin toplam arıza yüzdesi içindeki değerlerini de bize vermektedir. %60’ a yakın bir değer ile PVC boruda arıza sayısının en fazla bu boru cinsinde meydana geldiği anlaşılmaktadır. Sadece PVC boru cinsinde meydana gelen arızaları boru çaplarına göre ayırdığımızda Şekil 5.14’ deki durum ortaya çıkmaktadır.



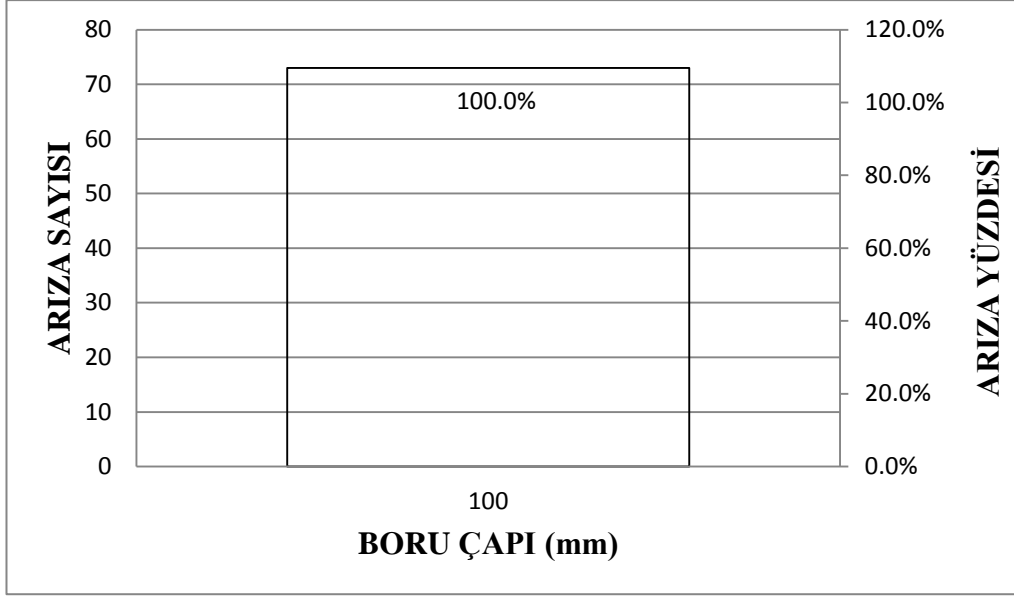
Şekil 5.14. PVC Borularda Boru Çapı-Arıza Sayısı İlişkisi

Şekil 5.14' e göre, en fazla 110 mm çaptaki PVC borularda arıza sayısının daha fazla olduğu görülmektedir. PVC boru için farklı çaptaki borularda meydana gelen arıza yüzdesine baktığımızda ise PVC borularda meydana gelen arızaların % 80' lik kısmı çapı 110 mm olan borularda meydana gelmiştir. Sadece AÇB boru cinsi için hangi çap borularda daha fazla arıza meydana geldiği incelendiğinde Şekil 5.15' teki durum gözlenir.



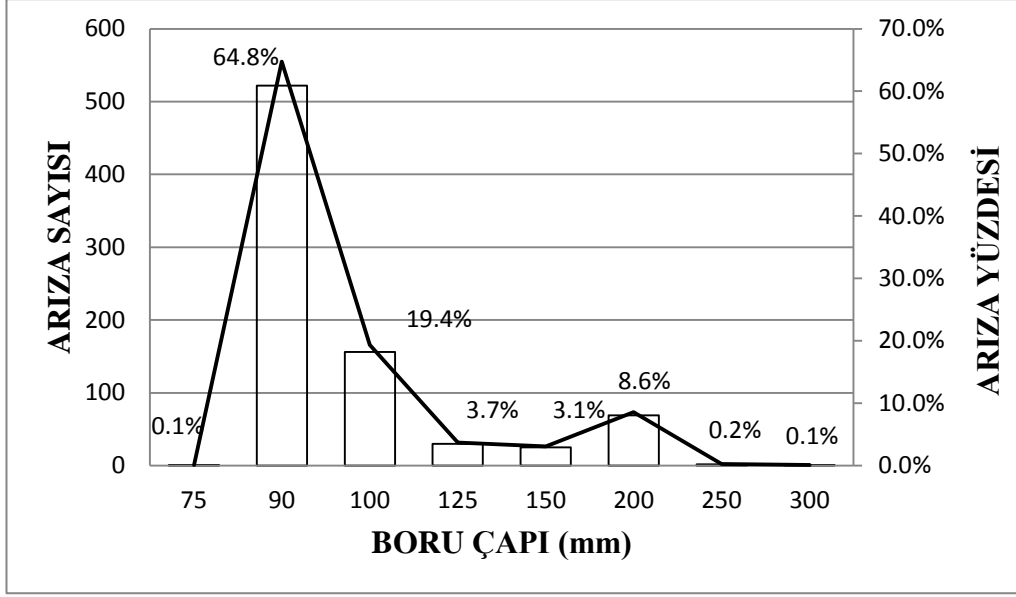
Şekil 5.15. AÇB Borularda Boru Çapı-Arıza Sayısı İlişkisi

Şekil 5.15' e göre AÇB boru cinsinde 150 mm çaplı borularda arıza sayısı en yüksektir. AÇB borudaki arızaların farklı çaplardaki yüzdelik dağılımına baktığımızda yine Şekil 5.15' de görüldüğü gibidir. Burada farklı çaptaki AÇB boruları arasından 150 mm çaplı boru % 60' lık bir değer ile en çok arızanın meydana geldiği boru çapı olarak görülmektedir. Şekil 5.16' da sadece PE borularda meydana gelen arıza sayısı ve arıza yüzdeleri görülmektedir.



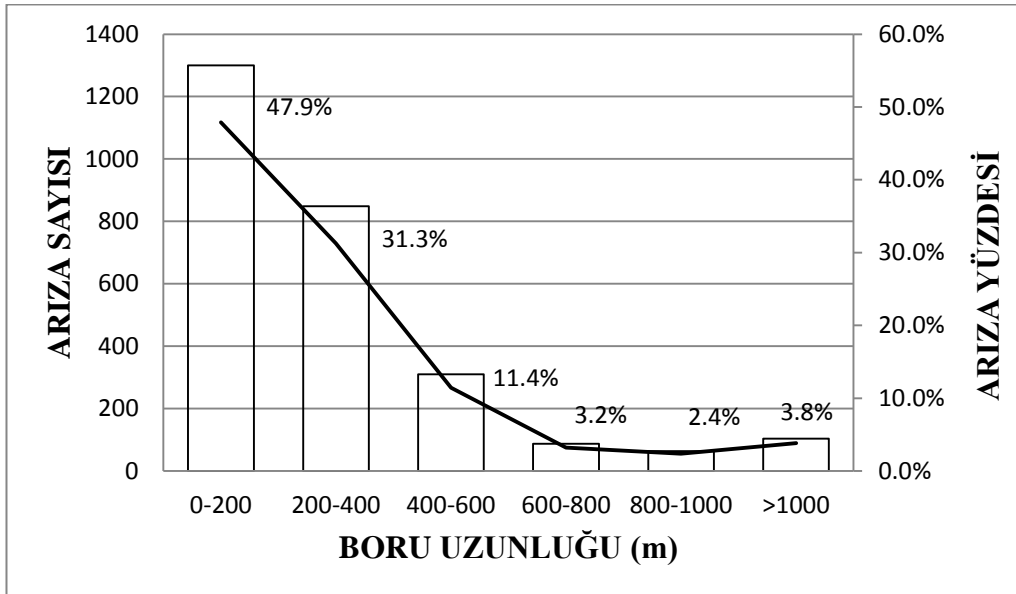
Şekil 5.16. PE Borularda Boru Çapı-Arıza Sayısı İlişkisi

PE borular şebekede sadece 100 mm' lik çapta borular olarak kullanılmışlardır. PE borular şebekede sadece tek bir çap (100 mm) olarak kullanıldığı için Şekil 5.16' da % 100 arıza yüzdesi bu çapa ait olacak şekilde gösterilmiştir. Şekil 5.17' de şebekede sadece PİK borularda meydana gelmiş arıza sayıları ve yüzdelerinin boru çaplarına göre dağılımı verilmiştir.



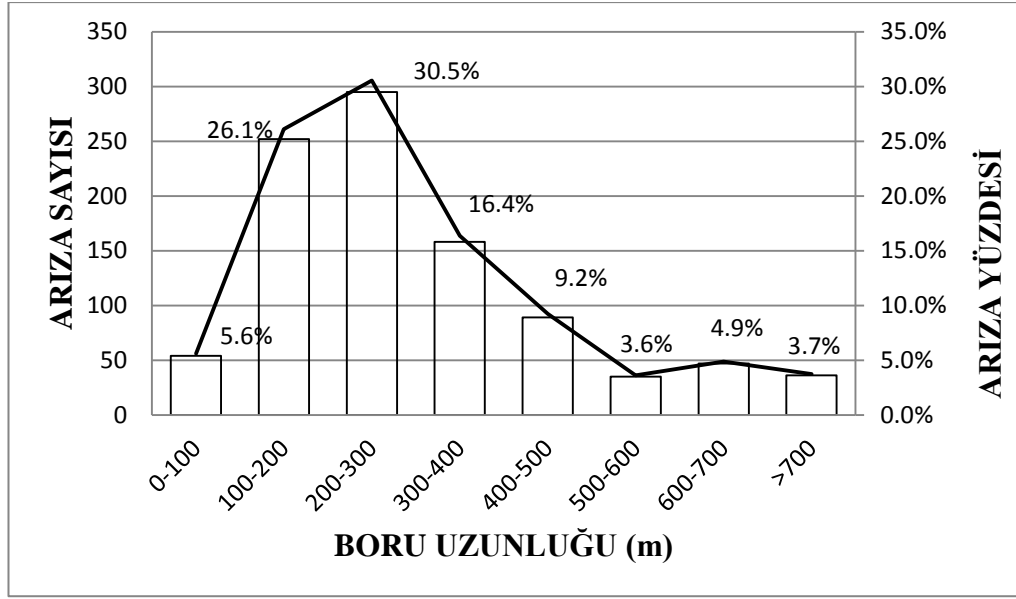
Şekil 5.17. PİK Borularda Boru Çapı-Arıza Sayısı İlişkisi

Şekil 5.17 incelendiğinde, çapı 90 mm, 100 mm ve 200 mm olan PİK borularda arıza sayısının daha fazla olduğu görülmektedir. Yine aynı şekilde şebekede sadece PİK borularda meydana gelen arızaların farklı çaptaki dağılım yüzdeleri de gösterilmiştir. Çapı 90 mm, 100 mm ve 200 mm olan PİK boruların arıza yüzdeleri toplamı PİK borudaki toplam arıza yüzdesinin % 90' nı temsil etmektedir. Şebekede meydana gelen arıza sayılarını sadece PVC boru türü için boru hattı uzunluğuna göre kıyasladığımızda Şekil 5.18' deki durum ortaya çıkar.



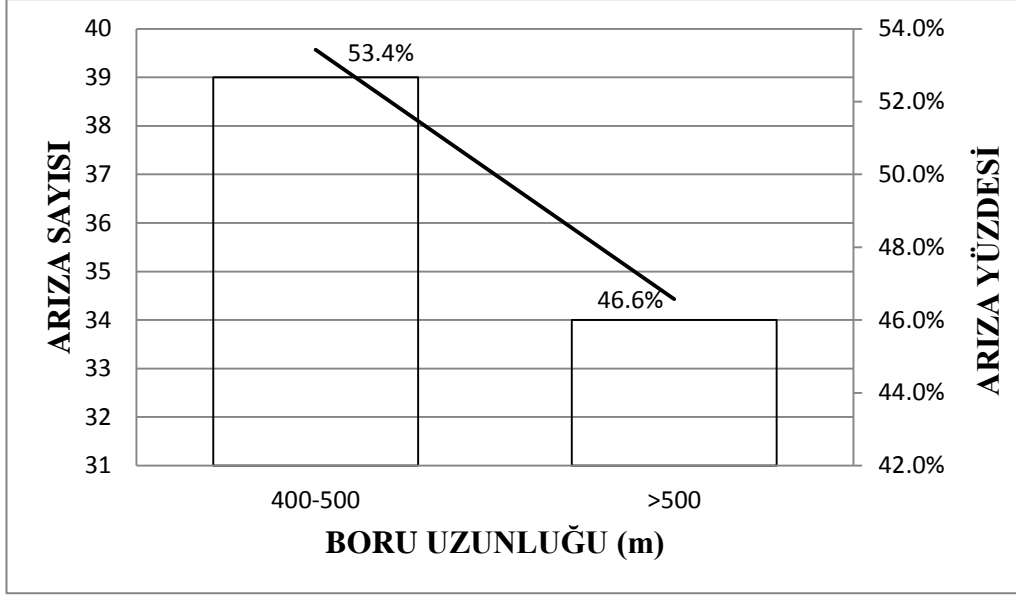
Şekil 5.18. PVC Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi

Şekil 5.18' e göre PVC boru hat uzunluğuna göre arıza sayısı miktarı 0-200 m arası uzunluğa sahip hatlarda en fazladır. Yine aynı şekilde sadece PVC boruda meydana gelen arızaların hat uzunluğuna göre yüzdeler karşılığı da görülmektedir. Burada 0-200 m arası hat uzunluğuna sahip PVC borular % 50' ye yakın arıza yüzdesini oluşturmaktadırlar. AÇB borular için boru hattı uzunluğu ve arıza sayısını kıyasladığımızda Şekil 5.19' daki durum ortaya çıkar.



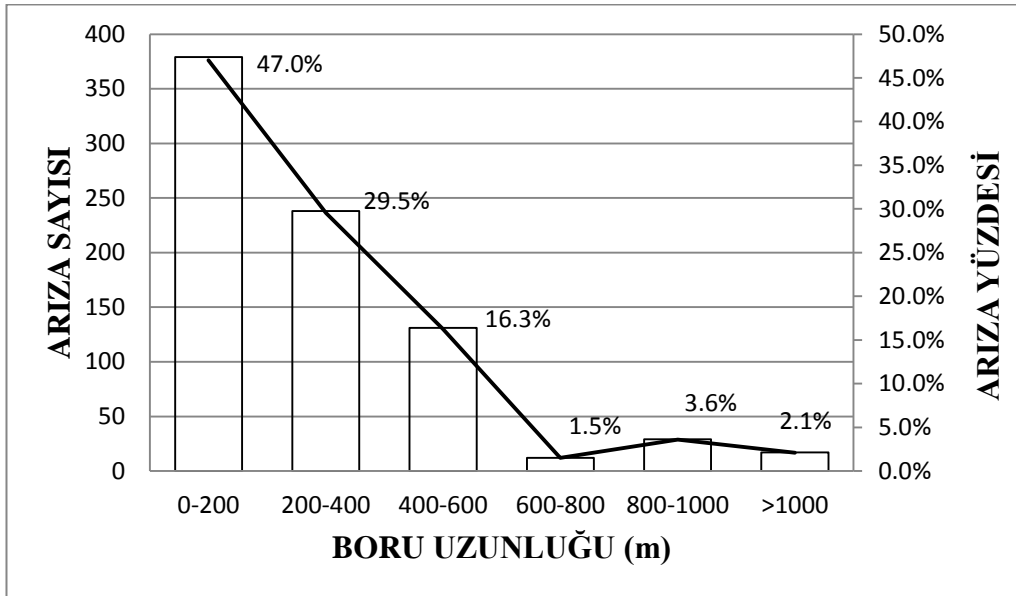
Şekil 5.19. AÇB Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi

Buna göre 100-200 m, 200-300 m, 300-400 m hat uzunluğuna sahip AÇB borularda arıza sayısı daha fazladır. Yine Şekil 5.19' da AÇB boru hattı uzunluğuna göre arıza yüzdesi ilişkisi görülmektedir. Burada yukarıda belirtilen hat uzunluklarında arıza yüzdesi değerlerinin diğer hat uzunluklarına göre daha fazla olduğu görülmektedir. Şebekede sadece PE boru cinsi için hat uzunluğuna bağlı arıza sayısı miktarı ve arıza yüzdesi Şekil 5.20' deki gibidir.



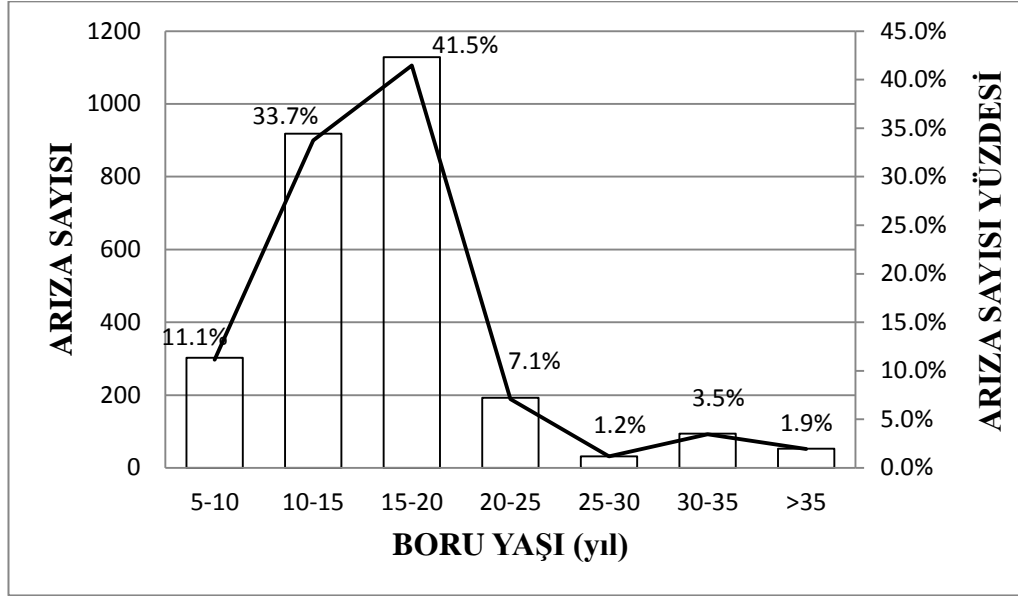
Şekil 5.20. PE Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi

Şekil 5.20' ye göre boru hattı uzunluğu iki kısma ayrılmış olup 400-500 m arası boru uzunluğuna sahip hatlarda arıza sayısı daha yüksektir. PE boru hat uzunluğuna bağlı olarak arıza yüzdesi kıyaslaması yaptığımızda aynı şekilde görüldüğü üzere arızaların % 50' den fazlasının 400-500 m boru uzunluğuna sahip hatlarda meydana geldiği tespit edilmektedir. Şebekedeki PİK borularda meydana gelen arıza sayıları ve arıza yüzdesi boru uzunluğuna göre karşılaştırıldığında Şekil 5.21' deki gibi olduğu görülür.



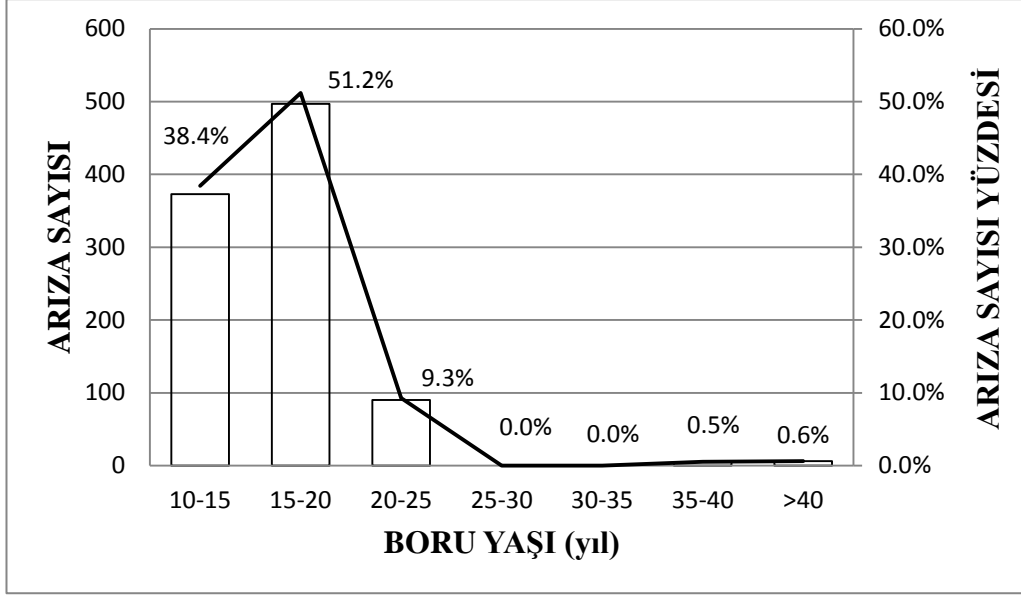
Şekil 5.21. PİK Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Sayısı İlişkisi

Şekil 5.21 incelendiğinde, boru uzunluğu hattı 0-200 m arasında en fazla arızanın meydana geldiği görülmektedir. Sadece PİK borularda meydana gelen arızaların boru hat uzunluğuna göre yüzdelik değerleri karşılaştırıldığında ise %50' ye yakın bir arıza yüzdesi ile 0-200 m arası hat uzunluğuna sahip borularda arıza meydana geldiği görülmektedir. Arıza kayıtları arasından sadece PVC borularda meydana gelmiş olanları boru yaşlarına göre kıyasladığımızda Şekil 5.22' deki gibi bir durum ortaya çıkar.



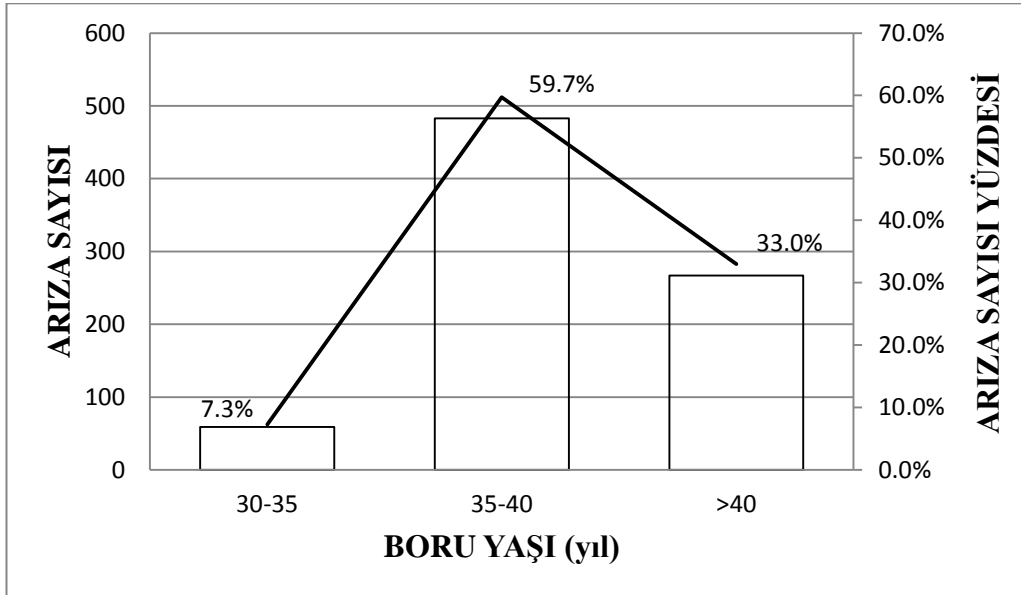
Şekil 5.22. PVC Borularda Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi

Buna göre 15-20 yaş aralığına sahip PVC borularda daha fazla arıza olduğu gözlenmektedir. PVC borularda farklı boru yaşı aralığı ile arıza yüzdelerini kıyasladığımızda yine Şekil 5.22' de görüldüğü gibi 10-15 yaş aralığı en büyük yüzdeyi oluşturmakta olup bunu 5-10 ve 0-5 yaş aralığındaki borular takip etmektedir. AÇB borularda farklı boru yaşları ile arıza sayısı ve arıza yüzdesi arasındaki ilişki Şekil 5.23' te görüldüğü gibidir.



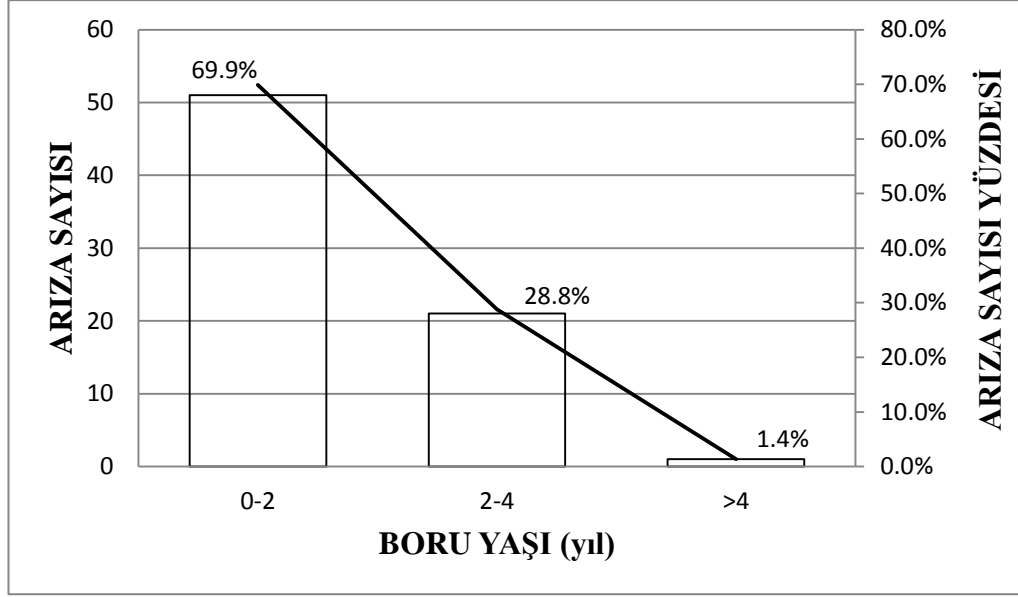
Şekil 5.23. AÇB Borularda Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi

Buna göre sırasıyla 15-20, 10-15 ve 20-25 yaş aralıklarında arıza sayıları en fazladır. Yine aynı şekilde AÇB borulardaki belli yaş aralığına göre meydana gelen arıza yüzdeleri görülmektedir. Bu durum yukarıda belirtilen durumu destekler nitelikte olup 15-20, 10-15 ve 20-25 yaş aralıklarında arıza yüzdeleri en fazladır. Şebekedeki tüm PİK borularda meydana gelen arıza sayıları boru yaşına göre Şekil 5.24' de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.24. PİK Borularda Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi

PİK borularda özellikle 35-40 ve 40 yaşından büyük borularda daha fazla arıza meydana geldiği görülmektedir. Yine aynı şekil incelendiğinde PİK boru yaşları ile arıza yüzdesi arasındaki ilişki görülmektedir. Buna göre PİK borularda meydana gelen arızaların toplamda % 90' dan daha fazla olan kısmı 35-40 ve 40 yaş üstü borulara aittir. PE borularda arıza sayıları ile boru yaşı ilişkisi Şekil 5.25' te olduğu gibidir.

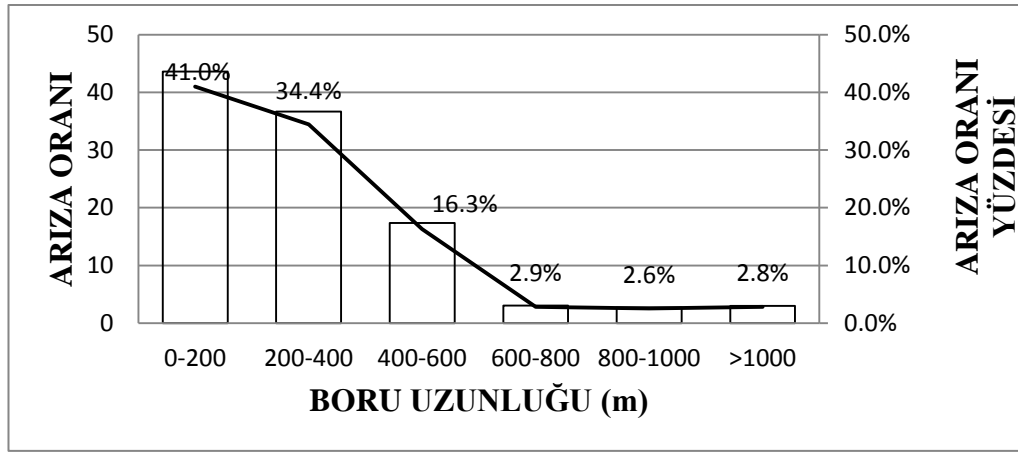


Şekil 5.25. PE Borularda Boru Yaşı-Arıza Sayısı İlişkisi

Burada PE borularda şebekede erken bir zaman diliminde arıza meydana geldiği ve şebekede kullanılan PE borularda 0-2 yaş aralığında en çok arızanın meydana geldiği görülür. Yine aynı şekli incelediğimizde PE borularda boru yaşı ile arıza meydana gelme yüzdesi kıyaslanmıştır. Burada 0-2 yaş aralığındaki borular tüm PE borularda meydana gelen arızaların % 70' ini temsil etmektedirler. Bu da PE borularda döşenme tarihinden itibaren çok erken zaman diliminde arıza meydana geldiğini gösterir.

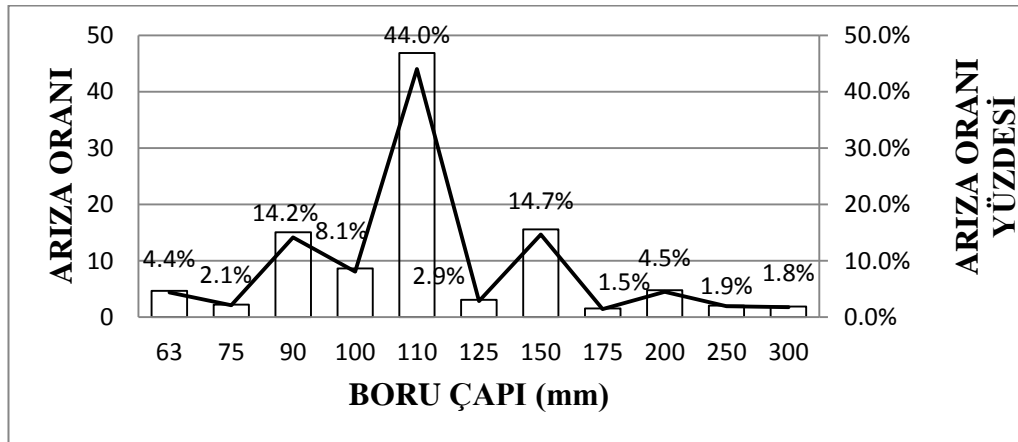
5.4.2. Arıza Oranı ile Etkili Faktörler Arasındaki İlişkinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Bu bölümde arıza oranı ile arızaya sebep olan faktörler arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Şekil 5.26, şebekedeki arıza oranı ile boru uzunluğu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Buna göre en fazla arıza oranının 0-200 m arasında hat uzunluğuna sahip borularda meydana geldiği görülmektedir. Yine aynı şekil incelendiğinde şebekede meydana gelen arıza oranının yüzde olarak boru hattı uzunluğu ile ilişkisi görülmektedir. Şebekede meydana gelen arızaların % 45' e yakın kısmının 0-200 m uzunluğundaki boru hattında meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 5.26. Tüm Veri Seti için Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi

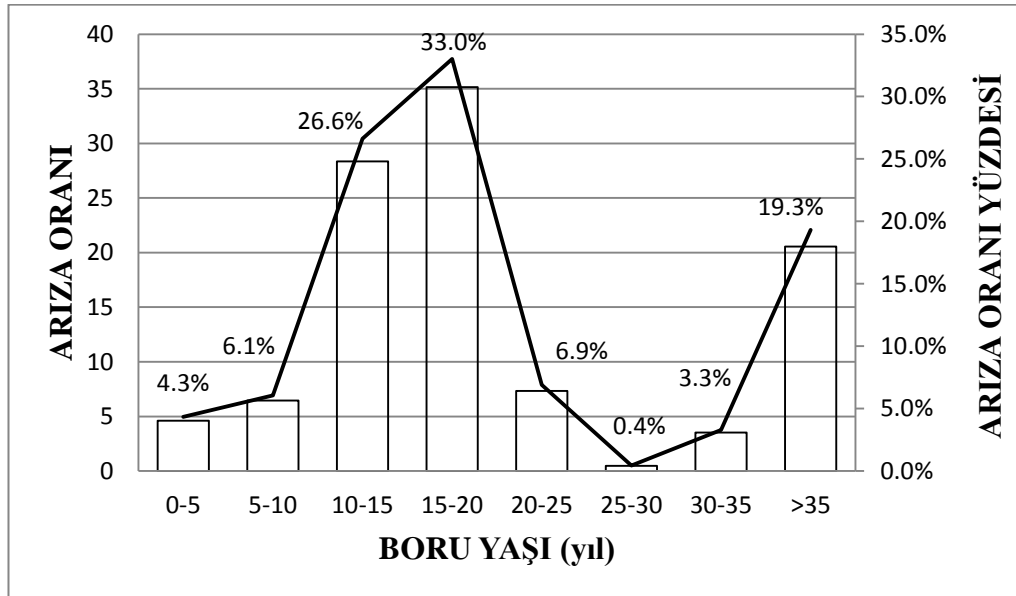
Şekil 5.27 şebekedeki toplam arıza oranı için her bir boru çapında hangi oranda arıza meydana geldiğini göstermektedir.



Şekil 5.27. Tüm Veri Seti için Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi

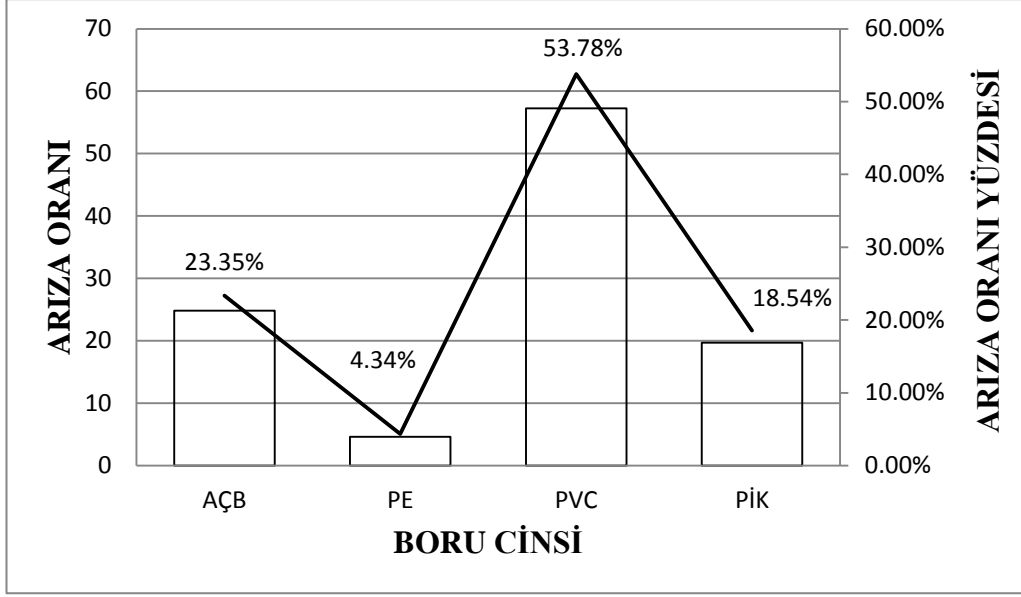
Şekil 5.27 incelendiğinde, çapı 110 mm olan borulardaki arıza oranlarının tüm boru cinsi arıza oranlarından daha fazla olduğu görülmektedir. Yine aynı şekil tüm boru çaplarında meydana gelmiş olan arıza oranlarının toplam arıza oranı içindeki yüzde değerlerini de göstermektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi şebekedeki tüm boru çapları arasından, 110 mm' lik çapa sahip borularda % 45' e yakın bir arıza oranı yüzdesinin olduğu yani en fazla arızanın bu boru çapında meydana geldiği anlaşılmaktadır.

Şekil 5.28' de şebekede arızanın meydana geldiği tüm borular için belirli bir yaş aralığı seçilmiş ve hangi yaş aralığında arıza oranının daha fazla olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır.



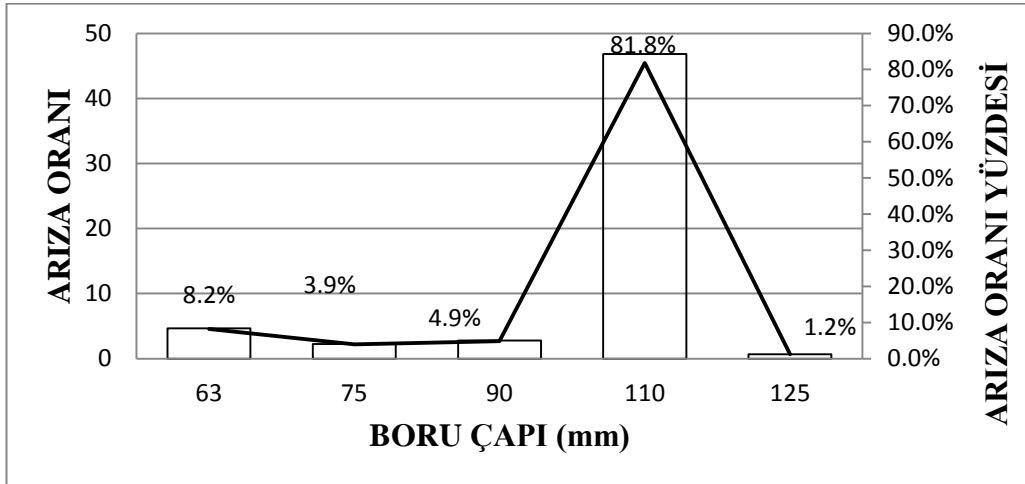
Şekil 5.28. Tüm Veri Seti için Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi

Şekil 5.28' e göre 10-15 ve 15-20 yaş aralığında olan borularda ve 35 yaşından daha büyük olan borularda meydana gelen arıza oranı en fazladır. Yine aynı şekilde arıza oranı yüzdesi olarak boru yaşlarını değerlendirdiğimizde en büyük değerlerin 10-15, 15-20 ve 35 yaşından büyük borulara ait olduğu görülmektedir. Tüm boru cinslerine göre şebekedeki arıza oranları Şekil 5.29' da görüldüğü gibidir.



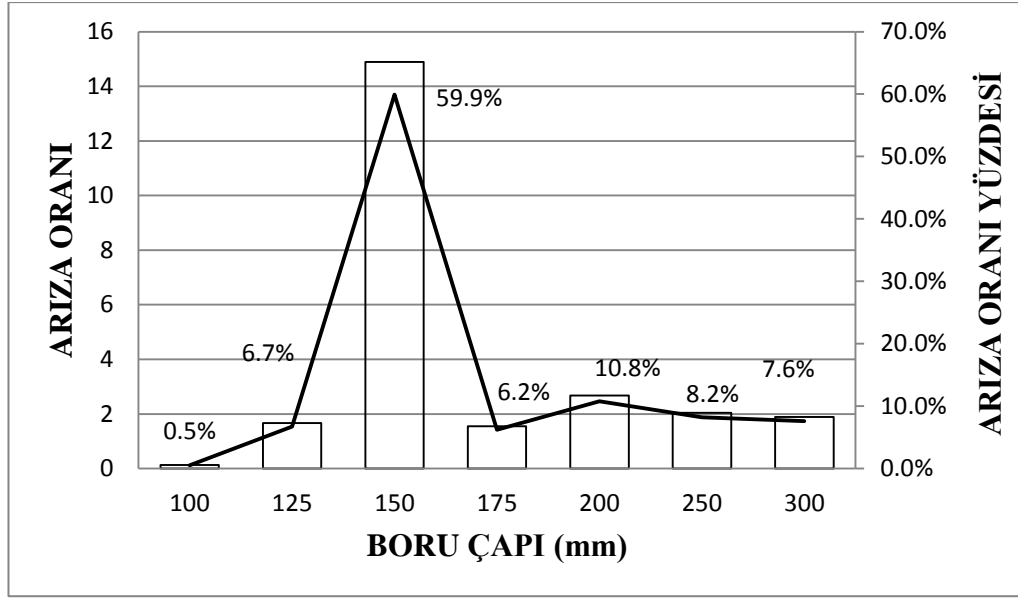
Şekil 5.29. Tüm Veri Seti için Boru Cinsi-Arıza Oranı İlişkisi

Şekil 5.29' a göre en çok PVC boru cinsinde arıza meydana gelmiş olup, bunu AÇB, PİK ve PE borular da takip etmektedir. Şekil 5.29 aynı zamanda boru cinslerinin toplam arıza oranı yüzdesi içindeki değerlerini de bize vermektedir. % 60' a yakın bir değer ile en fazla arızanın PVC boruda meydana geldiği anlaşılmaktadır. Sadece PVC boru cinsinde meydana gelen arızaları boru çaplarına göre ayırdığımızda Şekil 5.30' daki durum ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.30. PVC Borularda Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi

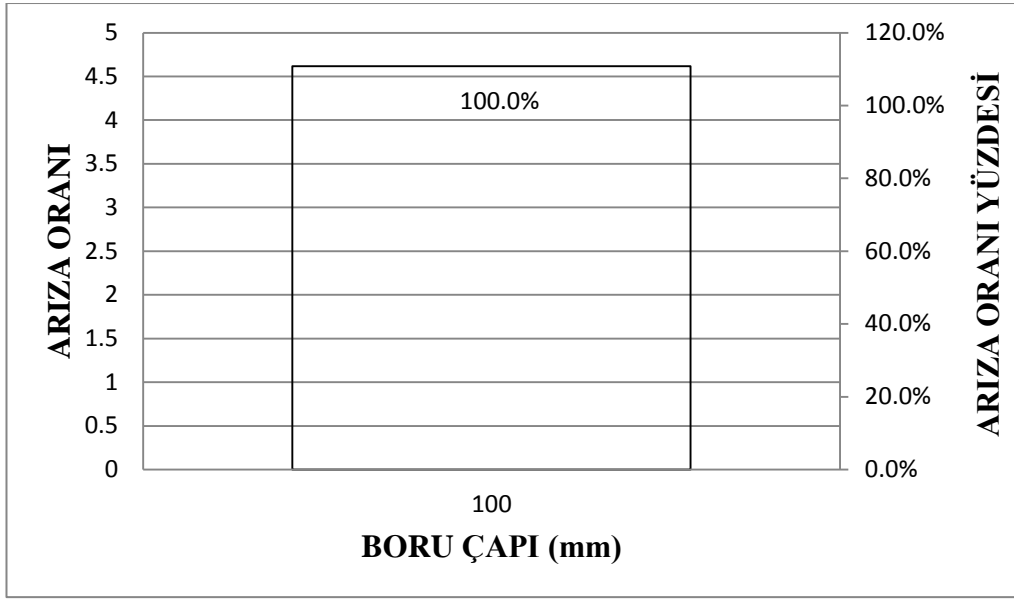
Şekil 5.30' a göre 5 farklı boru çapı arasından en çok 110 mm çaptaki PVC borularda arıza oranının daha fazla olduğu görülür. PVC boru için farklı çaptaki borularda meydana gelen arıza oranı yüzdesine baktığımızda ise arızaların % 80' lik kısmı çapı 110 mm olan borularda meydana gelmiştir. Tüm arızalar arasından sadece AÇB boru cinsi olarak hangi çap borularda daha fazla arıza meydana geldiği incelendiğinde Şekil 5.31' deki durum gözlenmiştir.



Şekil 5.31. AÇB Borularda Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi

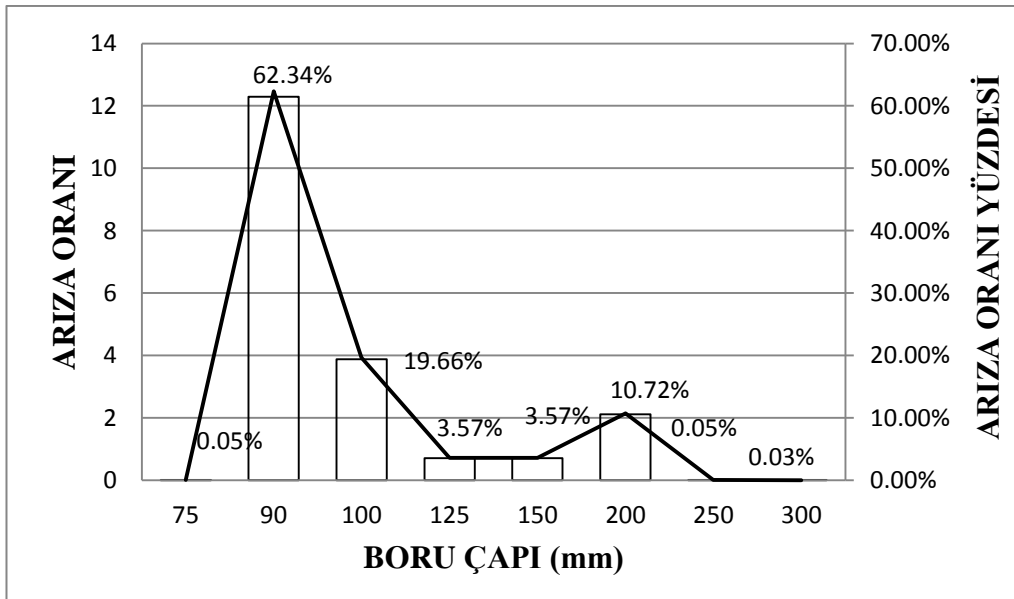
Şekil 5.31'e göre AÇB Boru cinsinde 150 mm çapa sahip borularda arıza oranı en yüksektir. AÇB boruda meydana gelen arıza oranlarının farklı çaplardaki yüzdeler dağılımına baktığımız zaman ise yine Şekil 5.31' de görüldüğü gibi farklı çaptaki AÇB boruları arasından 150 mm çaplı boru % 60' a yakın bir değer ile en çok arızanın meydana geldiği boru çapı olarak görülmektedir.

Şekil 5.32’ de sadece PE borularda meydana gelen arıza oranı görülmektedir.



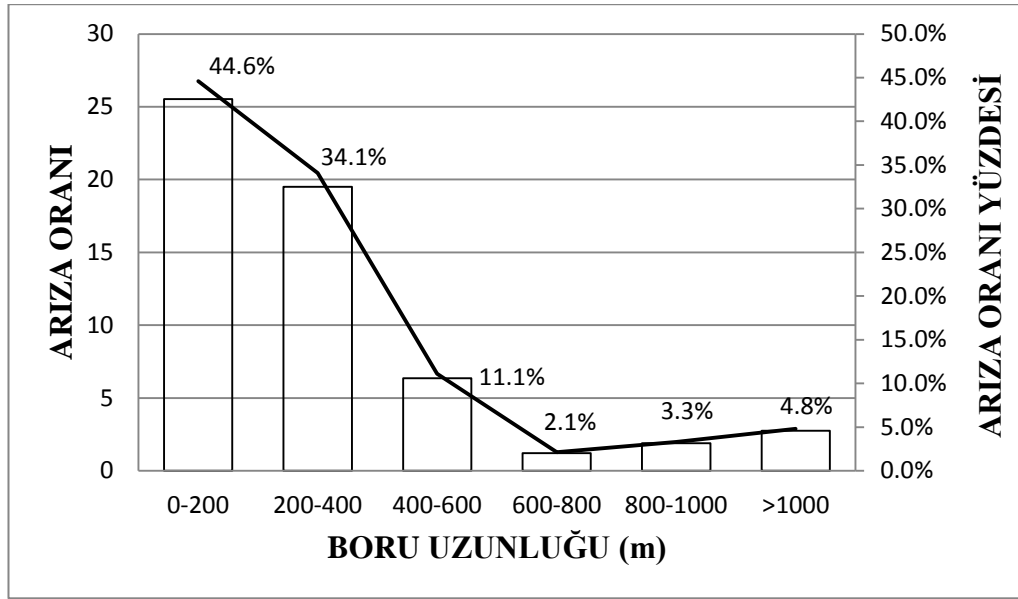
Şekil 5.32. PE Borularda Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi

PE borular şebekede sadece 100 mm’ lik çapta borular olarak kullanılmıştır. Dolayısıyla PE borular şebekede sadece tek bir çap (100 mm) olarak kullanıldığı için Şekil 5.32’ de % 100 arıza oranı yüzdesi bu çapa ait olacak şekilde gösterilmiştir. Şekil 5.33’ te şebekede sadece PİK borularda meydana gelmiş arıza oranlarının boru çaplarına göre dağılımı verilmiştir.



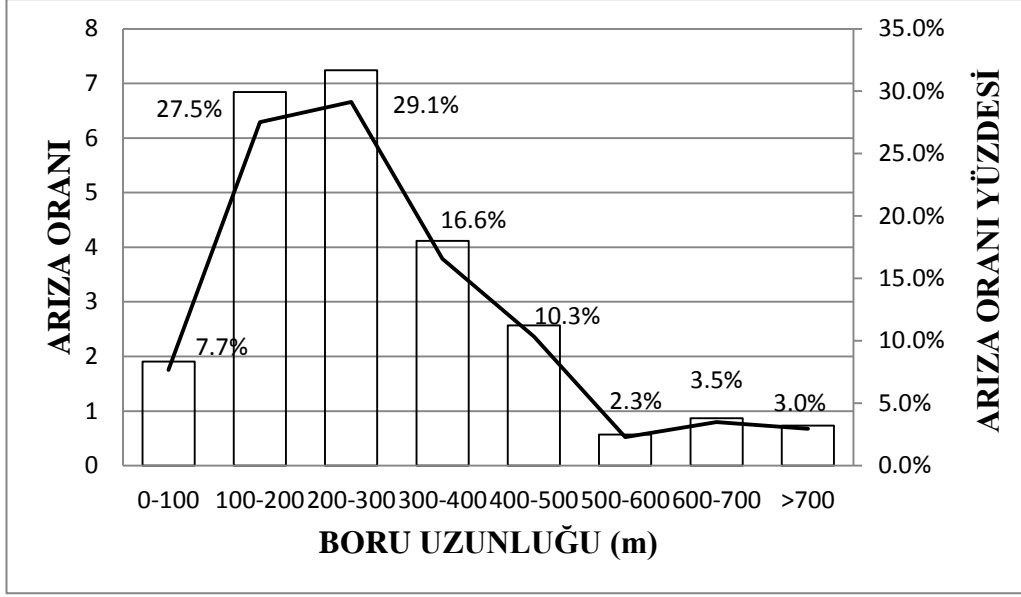
Şekil 5.33. PİK Borularda Boru Çapı-Arıza Oranı İlişkisi

Şekil 5.33' e göre çapı 90 mm, 100 mm ve 200 mm olan PİK borularda arıza oranının daha fazla olduğu görülür. Yine Şekil 5.33' te PİK borularda meydana gelen arızaların farklı çaptaki arıza oranı dağılım yüzdeleri de gösterilmiştir. Çapı 90, 100 ve 200 mm olan PİK boruların arıza yüzdeleri toplamı PİK borudaki toplam arıza oranı yüzdesinin % 90'ını temsil etmektedir. Şebekede meydana gelen arızalardan arıza oranlarını sadece PVC boru türü için boru hattı uzunluğuna göre kıyasladığımızda Şekil 5.34' deki durum ortaya çıkar.



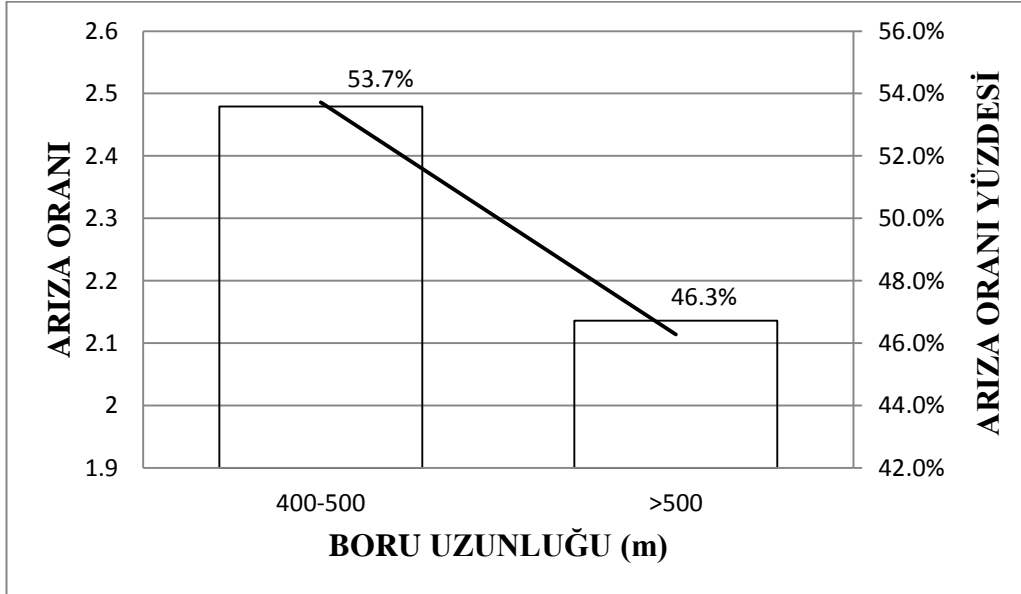
Şekil 5.34. PVC Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi

Şekil 5.34' e göre PVC boru hat uzunluğuna göre arıza oranı miktarı 0-200 m arası uzunluğa sahip hatlarda en fazladır. Şekil 5.34' te ayrıca PVC boruda meydana gelen arızaların boru hattı uzunluğuna göre arıza oranı yüzdelerik değer karşılığı da görülmektedir. Burada 0-200 m arası hat uzunluğuna sahip PVC borular % 45' e yakın arıza oranı yüzdesi oluşturmaktadır. AÇB borular için boru hattı uzunluğu ve arıza oranını kıyasladığımızda Şekil 5.35' teki durum ortaya çıkmıştır.



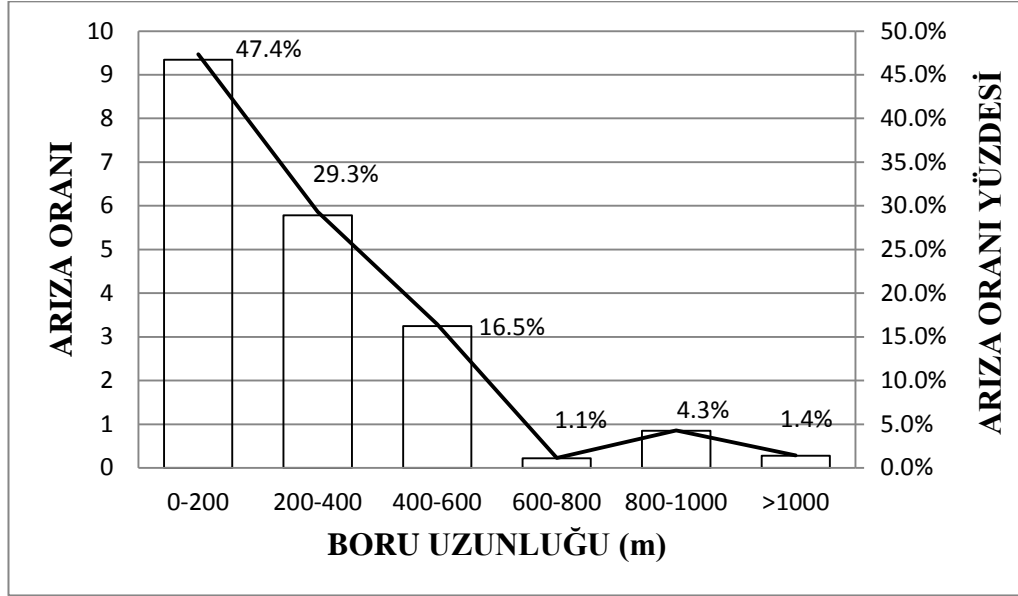
Şekil 5.35. AÇB Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi

Şekil 5.35' e göre 100-200 m, 200-300 m ve 300-400 m uzunluğa sahip AÇB borularda arıza oranı daha fazladır. Yine Şekil 5.35 incelendiğinde, AÇB boru hattı uzunluğuna göre arıza oranı yüzdesi ilişkisi de verilmektedir. Burada yukarıda belirtilen hat uzunluklarında arıza oranı yüzdesi değerinin diğer hat uzunluklarına göre daha fazla olduğu görülmektedir. Şebekede sadece PE boru cinsi için hat uzunluğuna bağlı arıza oranı miktarı Şekil 5.36' daki gibidir.



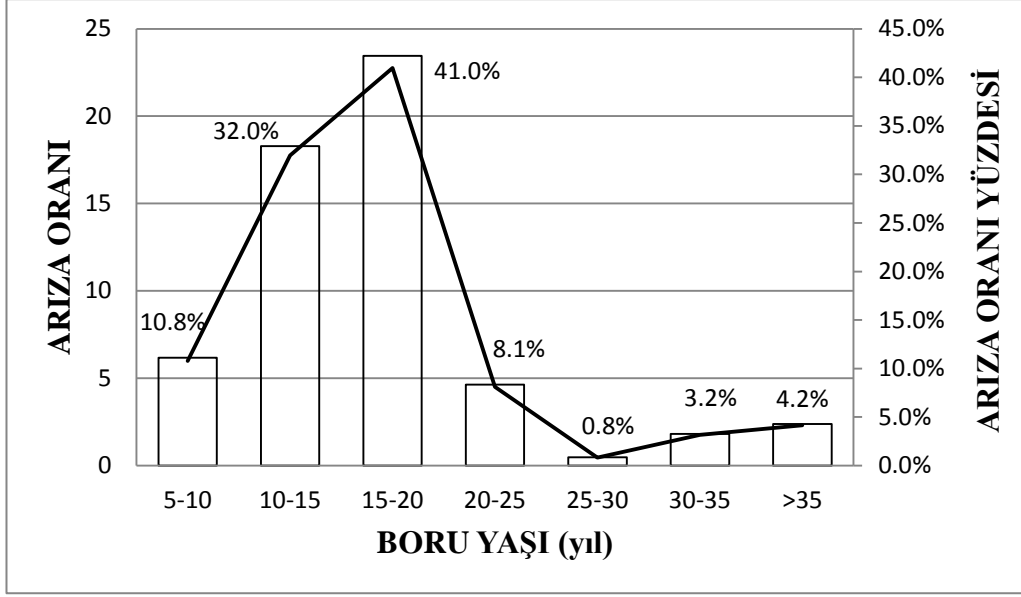
Şekil 5.36. PE Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi

Şekil 5.36' ya göre, boru hattı uzunluğu iki kısma ayrılmış olup 400-500 m arası boru uzunluğuna sahip hatlarda arıza oranı daha yüksektir. PE boru hat uzunluğuna bağlı olarak arıza oranı yüzdesi kıyaslaması yaptığımızda ise Şekil 5.36' daki gibi arıza oranlarının % 50' den fazlası 400-500 m boru uzunluğuna sahip hatlarda meydana geldiği tespit edilmektedir. Şebekedeki PİK borularda meydana gelen arıza oranları boru uzunluğuna göre karşılaştırıldığında, Şekil 5.37' deki gibi olduğu görülmektedir.



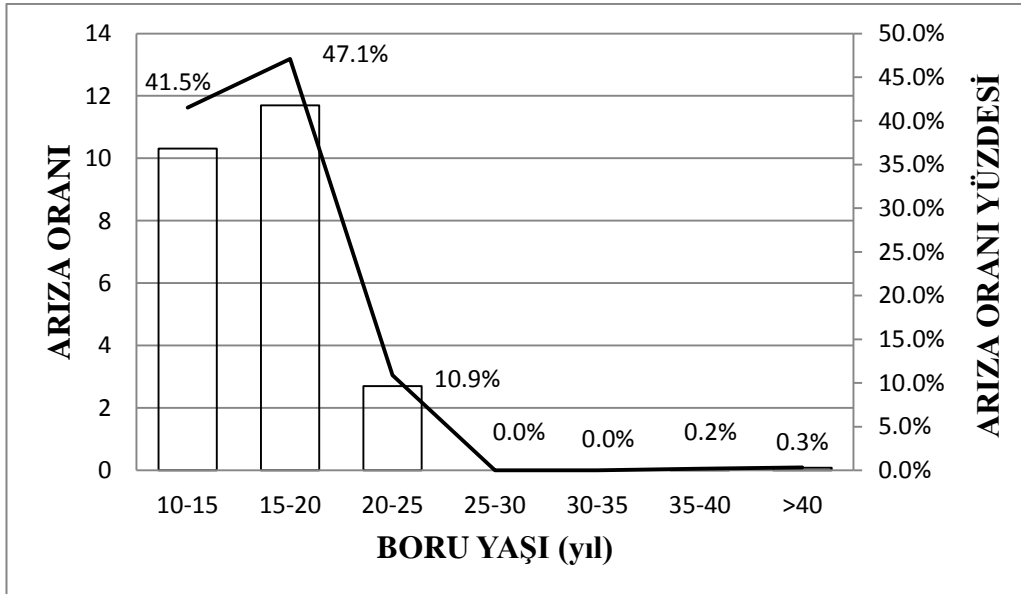
Şekil 5.37. PİK Borularda Boru Uzunluğu-Arıza Oranı İlişkisi

Şekil 5.37 incelendiğinde boru uzunluğu hattı 0-200 m arasında en fazla arızanın meydana geldiği görülmektedir. Sadece PİK borularda meydana gelen arızaların boru hat uzunluğuna göre yüzdeler değeri karşılaştırıldığında yine Şekil 5.37' deki gibi % 50' ye yakın bir arıza oranı yüzdesi ile 0-200 m arası hat uzunluğuna sahip borularda arıza meydana geldiği görülmektedir. Arıza kayıtları arasından sadece PVC borularda meydana gelmiş olanları arıza oranı ve boru yaşlarına göre kıyasladığımızda Şekil 5.38' deki gibi bir durum ortaya çıkmıştır.



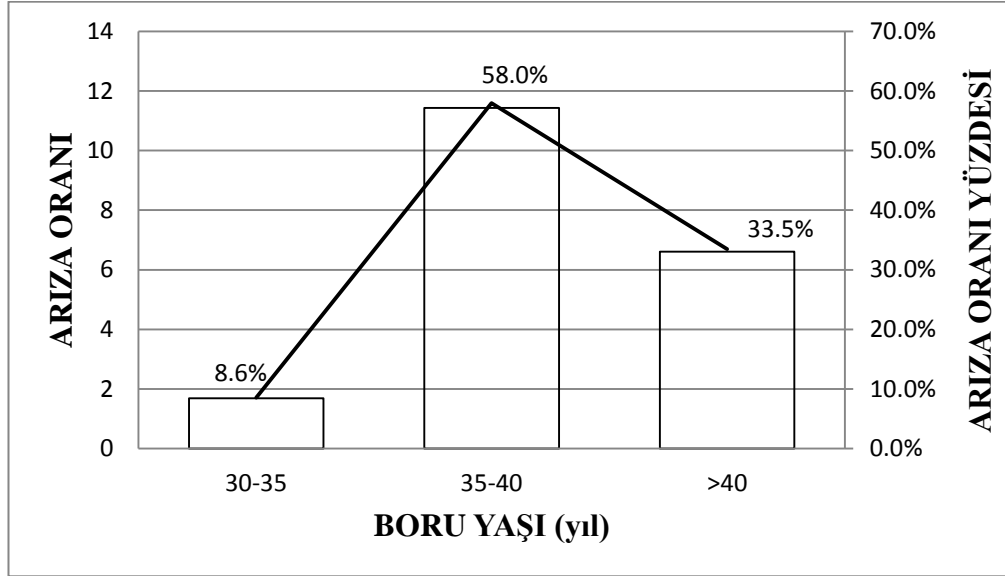
Şekil 5.38. PVC Borularda Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi

Şekil 5.38' e göre, 15-20 yaş aralığına sahip PVC borularda daha fazla arıza olduğu gözlenmektedir. PVC borularda farklı boru yaşı aralığı ile arıza oranı yüzdeleri kıyasladığımızda yine Şekil 5.38' de görüldüğü gibi 15-20 yaş aralığı en büyük yüzdeye sahip olup bunu 5-10 ve 0-5 yaş aralığındaki borular da takip etmektedir. AÇB borularda farklı boru yaşları ile arıza oranları arasındaki ilişki Şekil 5.39' da görüldüğü gibidir. Buna göre sırasıyla 15-20, 10-15 ve 20-25 yaş aralıklarında arıza oranları en fazladır.



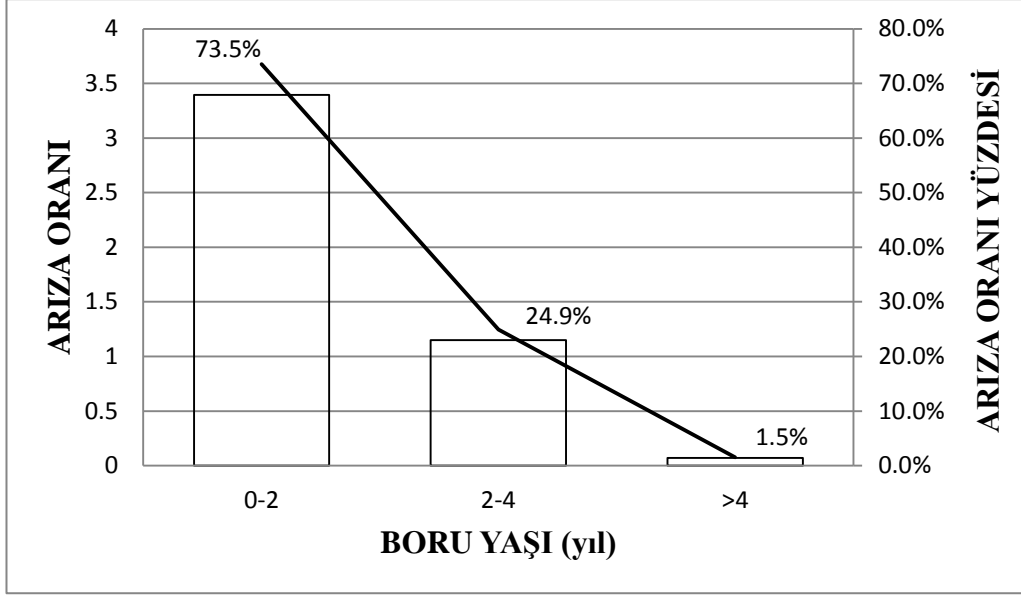
Şekil 5.39. AÇB Borularda Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi

Şekil 5.39’ da AÇB borulardaki belli yaş aralığına göre meydana gelen arıza yüzdeleri görülmektedir. Bu durumda 15-20, 10-15 ve 20-25 yaş aralıklarında arıza oranı yüzdeleri yine en fazladır. Şebekedeki tüm PİK borularda meydana gelen arızalara göre arıza oranları boru yaşına göre Şekil 5.40’ da görüldüğü gibidir.



Şekil 5.40. PİK Borularda Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi

PİK borularda özellikle 35-40 ve 40 yaşından büyük borularda daha fazla arıza meydana geldiği görülmektedir. Şekil 5.40 incelendiğinde, PİK borularda meydana gelen arızaların toplamda % 90’ dan daha fazla olan kısmı 35-40 ve 40 yaş üstü borulara ait olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5.41’ de PE borularda meydana gelen arızalara göre arıza oranları ile boru yaşı ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 5.41. PE Borularda Boru Yaşı-Arıza Oranı İlişkisi

Burada PE borularda şebekede erken bir zaman diliminde arıza meydana geldiği ve şebekede kullanılan PE borularda da 0-2 yaş aralığında en çok arızanın meydana geldiği görülür. Şekil 5.41' i incelediğimizde PE borularda boru yaşı ile arıza oranı yüzdesi kıyaslanmıştır. Burada 0-2 yaş aralığındaki borular tüm PE borularda meydana gelen arızaların % 70' ten fazlasını temsil etmektedirler. Bu da PE borularda döşenme tarihinden itibaren çok erken zaman diliminde arıza meydana geldiğini gösterir.

5.5. İçme Suyu Şebekelerinde Meydana Gelen Arızaların Sınıflandırılması

5.5.1. Kullanılan Veri

Çalışmanın bu aşamasında, Bulanık kümeleme yöntemi ile İçme suyu şebekelerinde meydana gelen arıza verilerinin sınıflandırılması amaçlanmıştır. Kümeleme yöntemleri ile alt homojen bölgelerin belirlenmesi ve sınıflandırılmasında en önemli adımlarından biri değişkenlerin ve özellik vektörünün seçimi gösterilebilir. Kümeleme yöntemleri ile arıza kayıtlarının sınıflandırılmasında önceki bölümlerde detaylı bir şekilde anlatılan analizler sonucunda belirlenen değişkenler kullanılmıştır. Arıza verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan veri setleri ve değişkenler Çizelge 5.3, 5.4, 5.5, 5.6' da verilmiştir. Bu veri setleri kullanılarak alt grupların belirlenmesi ve her bir alt grup için arıza oranlarının tahmin edilmesi çalışmaları yapılmıştır.

Çizelge 5.3. Bulanık kümeleme yöntemi ile arıza verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri

Veri Seti	Özellik vektörü sayısı	Değişkenler	Değişken Sayısı
Veri Seti 1	1502	X Y	2
Veri Seti 2	1502	AS	1
Veri Seti 3	1502	AS X Y	3
Veri Seti 4	1502	BU BC BY	3
Veri Seti 5	1502	AS BU BC BY	4
Veri Seti 6	1502	AS BU BC BY X Y	6

Çizelge 5.4. Bulanık kümeleme yöntemi ile AÇB borularda meydana gelen arıza verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri

Veri Seti	Özellik vektörü sayısı	Değişkenler	Değişken Sayısı
Veri Seti 1	240	X Y	2
Veri Seti 2	240	AS	1
Veri Seti 3	240	AS X Y	3
Veri Seti 4	240	BU BC BY	3
Veri Seti 5	240	AS BU BC BY	4
Veri Seti 6	240	AS BU BC BY X Y	6

Çizelge 5.5. Bulanık kümeleme yöntemi ile PİK borularda meydana gelen arıza verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri

Veri Seti	Özellik vektörü sayısı	Değişkenler	Değişken Sayısı
Veri Seti 1	244	X Y	2
Veri Seti 2	244	AS	1
Veri Seti 3	244	AS X Y	3
Veri Seti 4	244	BU BC BY	3
Veri Seti 5	244	AS BU BC BY	4
Veri Seti 6	244	AS BU BC BY X Y	6

Çizelge 5.6. Bulanık kümeleme yöntemi ile PVC borularda meydana gelen arıza verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri

Veri Seti	Özellik vektörü sayısı	Değişkenler	Değişken Sayısı
Veri Seti 1	1015	X Y	2
Veri Seti 2	1015	AS	1
Veri Seti 3	1015	AS X Y	3
Veri Seti 4	1015	BU BC BY	3
Veri Seti 5	1015	AS BU BC BY	4
Veri Seti 6	1015	AS BU BC BY X Y	6

Burada, AS; arıza sayısı, X ve Y; sırasıyla noktaya ait enlem ve boylam, BU; boru uzunluğu, BC; boru çapı, BY; boru yaşı şeklinde tanımlanabilir. Literatürde, farklı ölçeklere sahip değişkenlerin kümeleme sonuçlarını etkilediği belirtilmiş ve verilerin uygun dönüşüm fonksiyonları ile normalize edilmesi gerektiği önerilmiştir (Lin ve Chen, 2006). Bu çalışmada da, veriler kümeleme analizinde kullanılmadan önce aşağıda verilen dönüşüm fonksiyonları kullanılarak normalize edilmiştir.

$$P_{yi} = (P_i - P_{\min}) / (P_{\max} - P_{\min}) \quad (5.1)$$

$$X_{yi} = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (5.2)$$

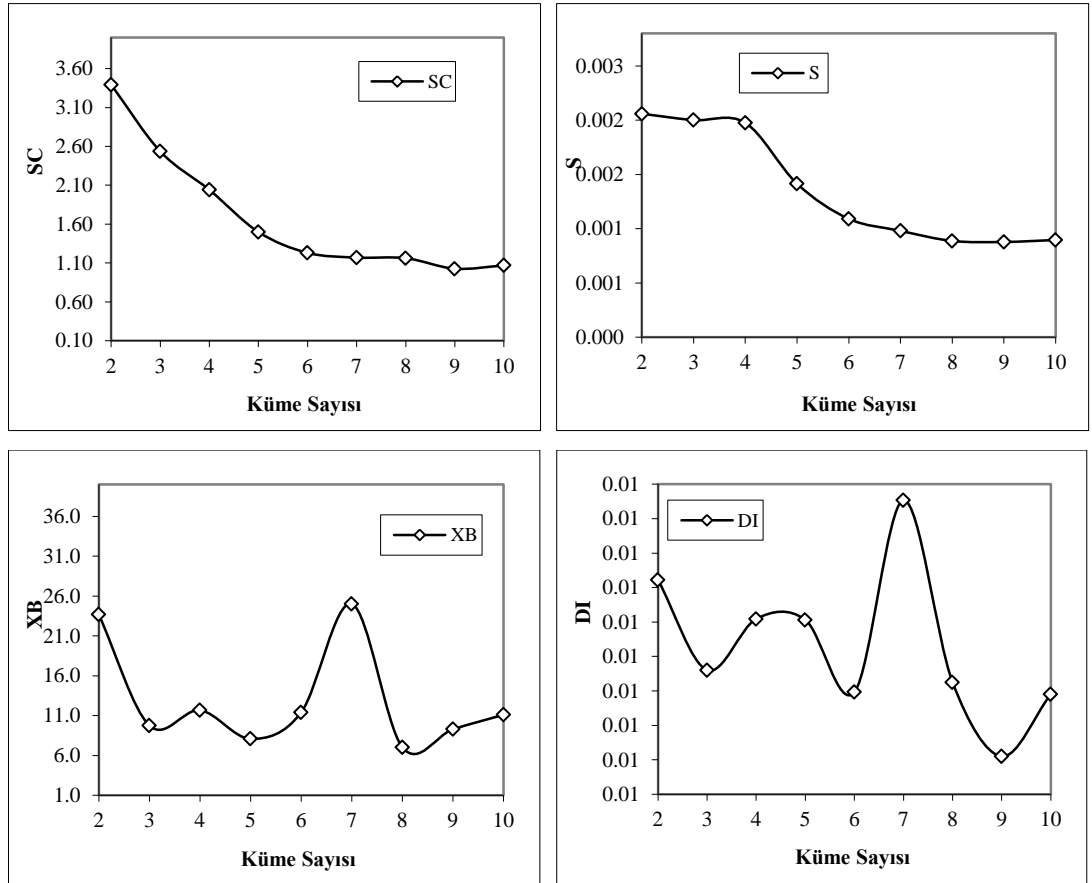
Burada, P_i ; i noktası dönüşüm yapılacak veri, P_{yi} ; i noktasında normalize edilmiş veri, P_{\max} ; veri setindeki en büyük veri, P_{\min} ; veri setindeki en küçük veri,

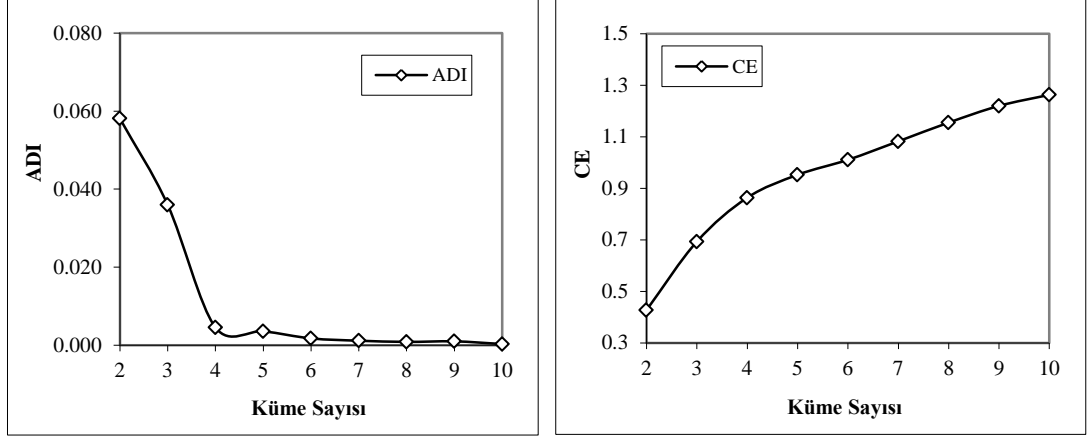
X_i ; i noktasına ait enlem ya da boylam, X_{yi} ; noktaya ait normalize edilmiş enlem ya da boylam, X_{mak} ; maksimum enlem ya da boylam, X_{min} ; minimum enlem ya da boylam olarak tanımlanabilir.

5.5.2. Bulanık Kümeleme Yöntemi ile Homojen Bölgelerin Belirlenmesi

Tüm Borular için Veri Seti 1 (X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

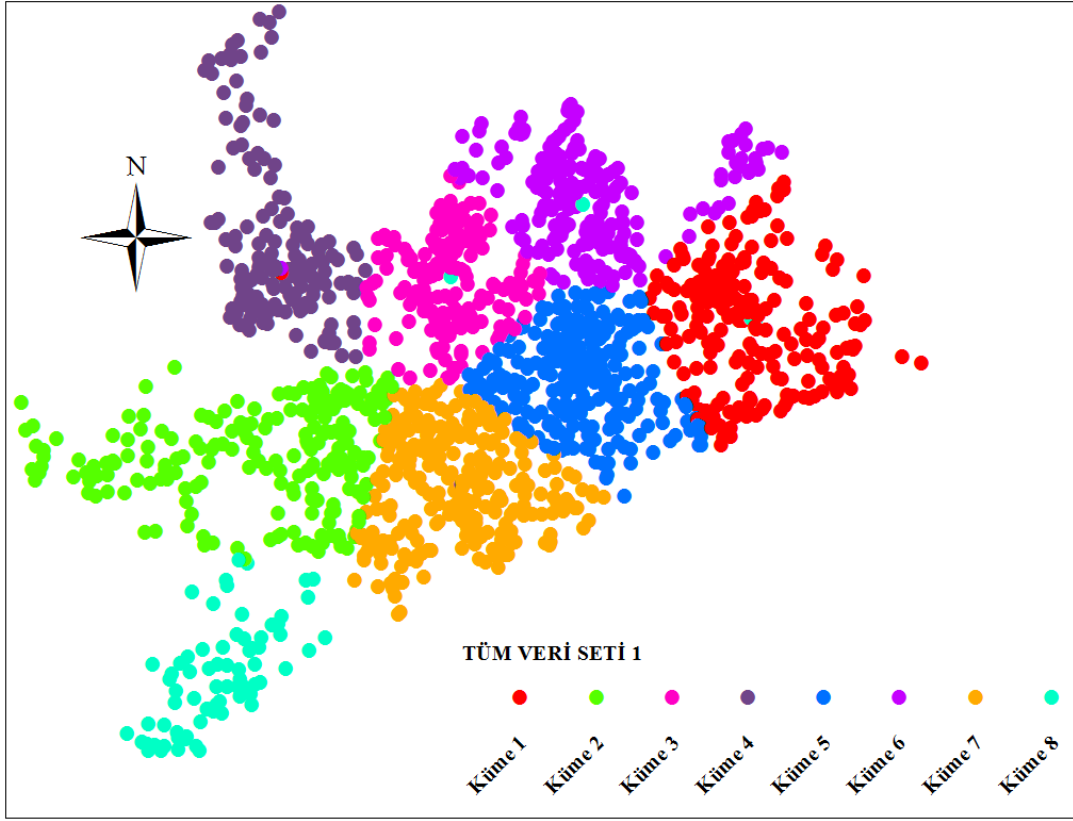
Burada içme suyu şebekesinde meydana gelen arıza kayıtlarının koordinat bilgileri kullanılarak konumsal bir sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Tüm veri seti arıza kayıtlarının Enlem ve Boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırmada, hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.42’ de görülmektedir.





Şekil 5.42. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile verilerin sınıflandırılmasında hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

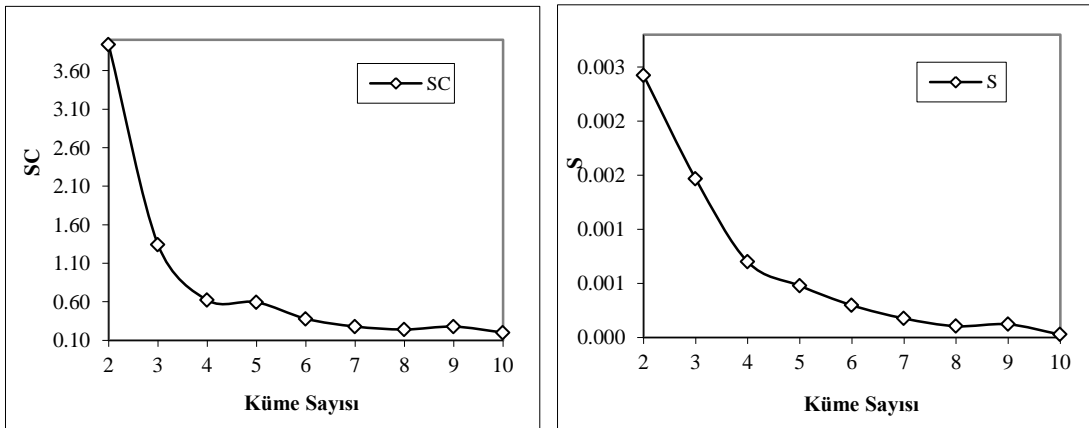
Şekil 5.42 incelendiğinde; S ölçütü küme 8' den sonra küçük değişimler göstermektedir. SC ölçütünün küme sayısı 8'e kadar azaldığı ancak en düşük değer küme sayısı 9 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB ve ADI ölçütlerine bakıldığında en düşük değer küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Ayrıca DI ölçütü için en düşük değer küme sayısı 9' da gözlenmiştir. Şekilde verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.43' de gösterilmektedir.

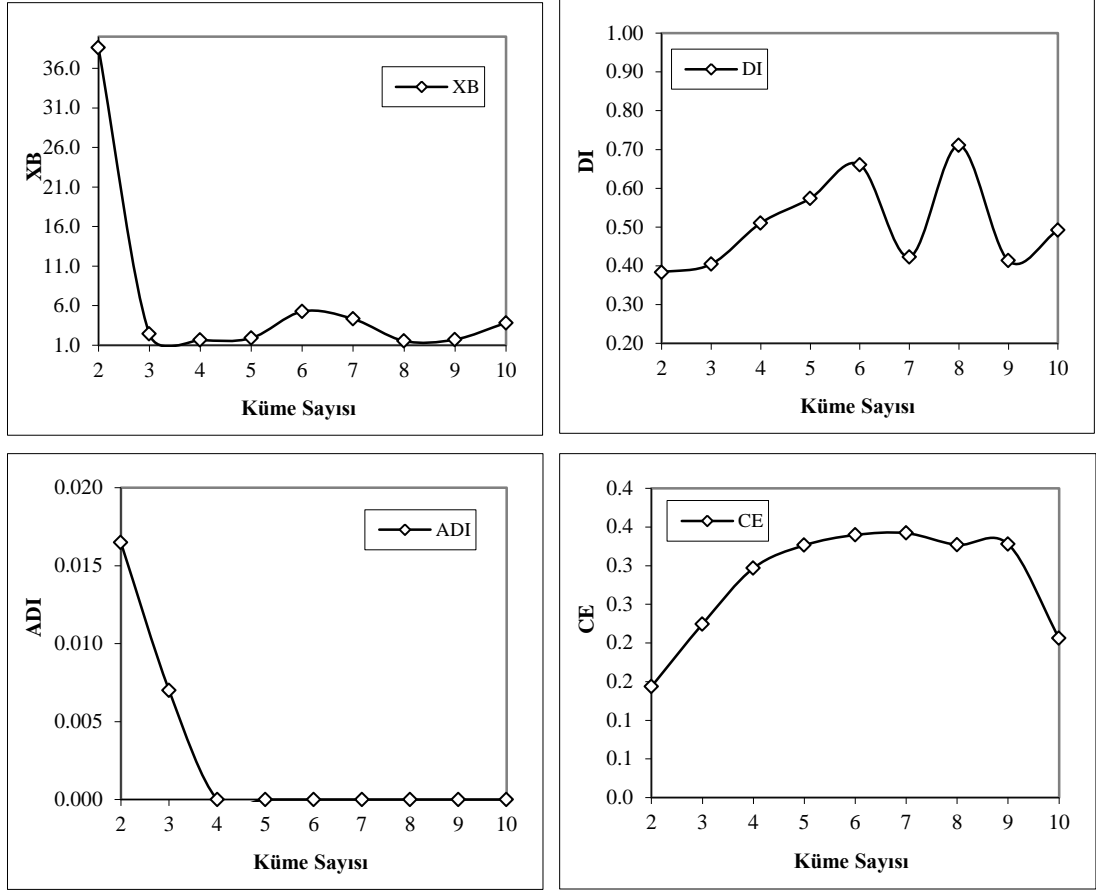


Şekil 5.43. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

Tüm Borular için Veri Seti 2 (AS) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

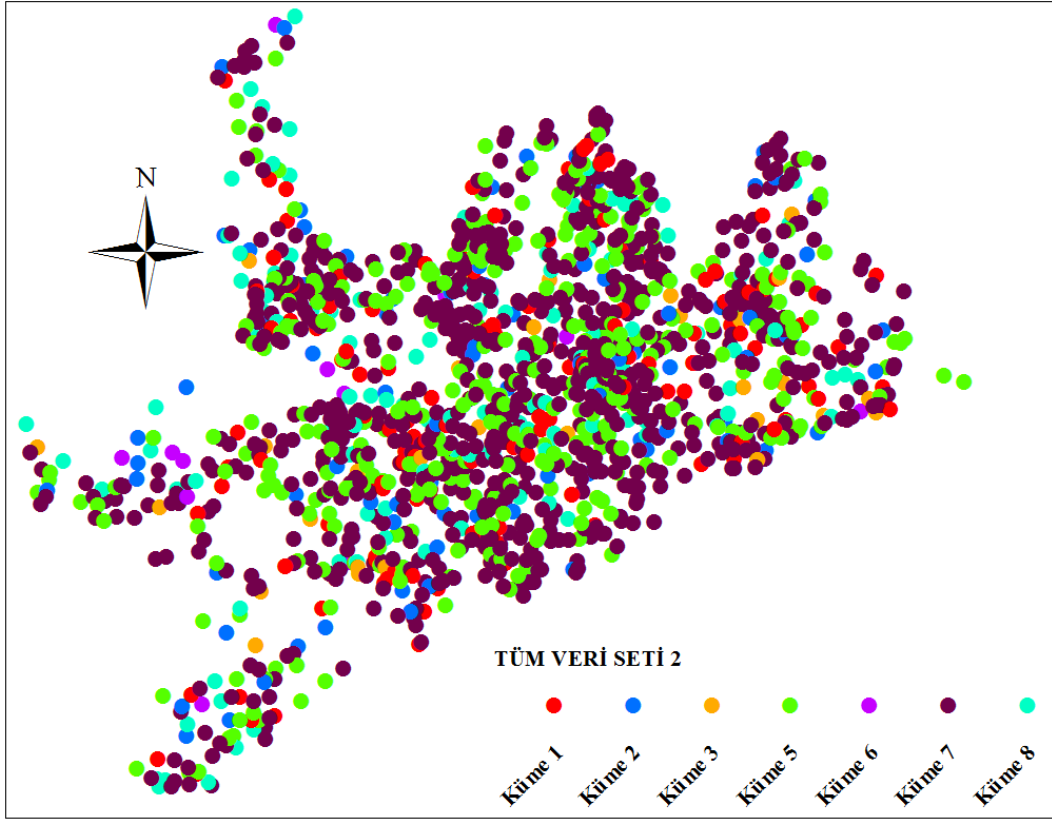
Burada tüm arıza kayıtları için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin değişimi Şekil 5.44' te görülmektedir.





Şekil 5.44. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

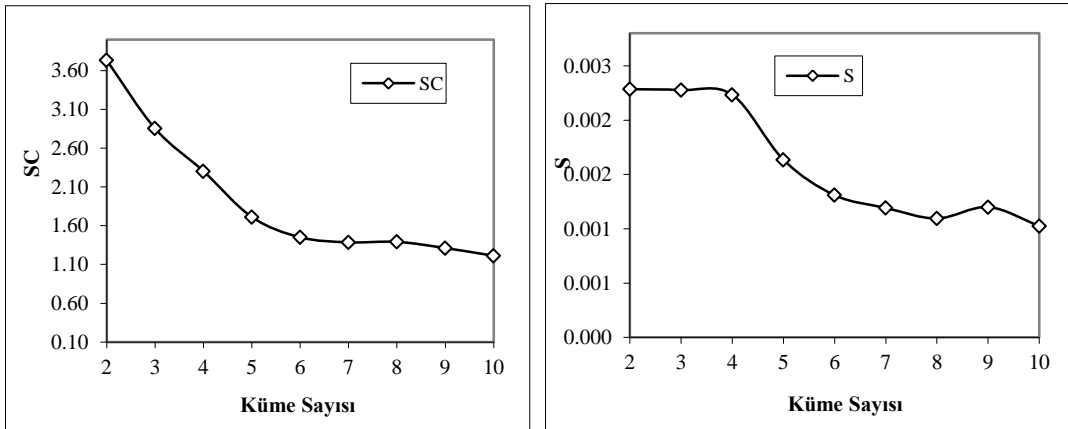
Şekil 5.44 incelendiğinde; SC, S ve XB ölçütleri için en düşük değerlerinden küme sayısı 8 için elde edildiği görülmektedir. Diğer taraftan DI ölçütü için en düşük küme 7' de gözlenmiştir. Şekil 5.44' te verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.45' te gösterilmektedir.

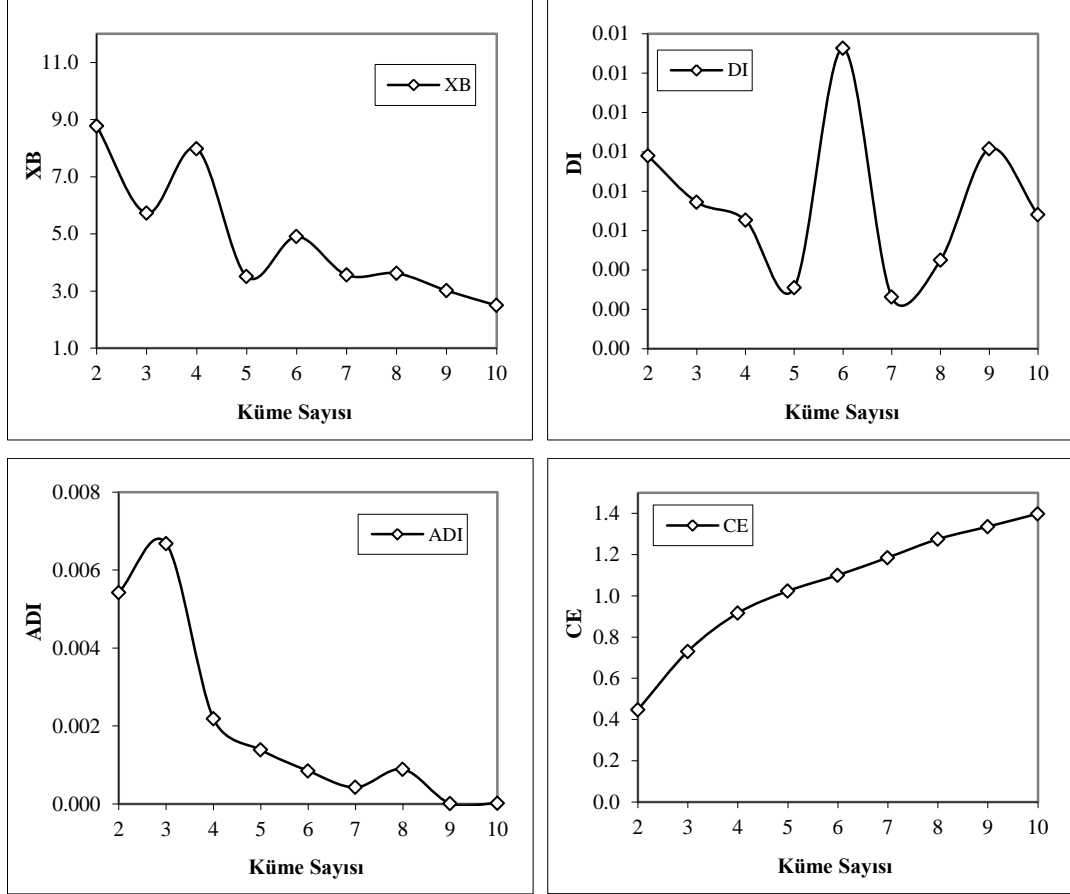


Şekil 5.45. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

Tüm Borular için Veri Seti 3 (AS X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

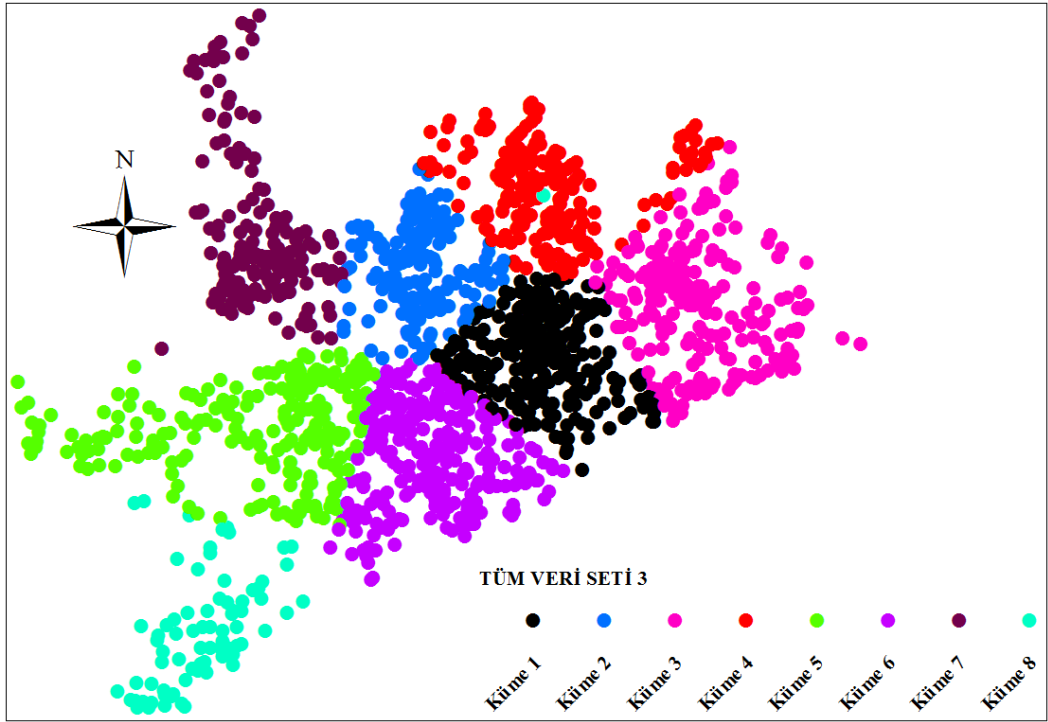
Burada tüm arıza kayıtları için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları ve bu arızalara ait enlem ve boylam bilgileri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve hesaplanan ölçütlerin değişimi Şekil 5.46' da görülmektedir.





Şekil 5.46. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

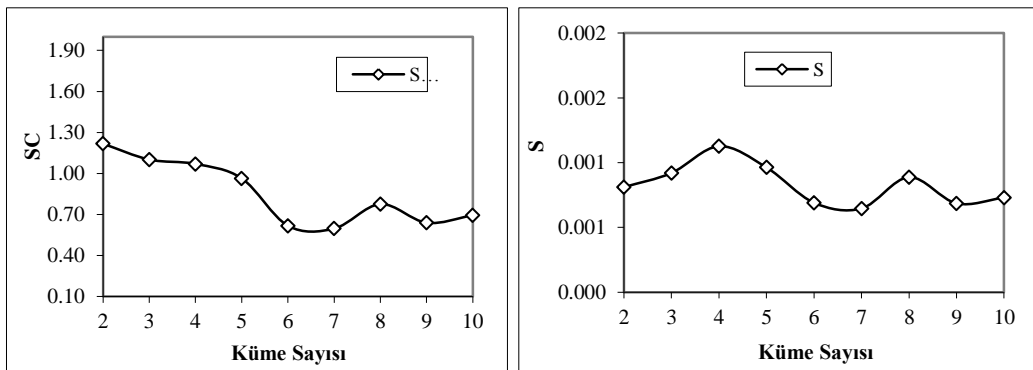
Şekil 5.46 incelendiğinde; XB, DI ve S ölçütlerinin en düşük değerinin küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Diğer taraftan S ölçütüne bakıldığında en düşük değer küme sayısı 9 için elde edilmiştir. Şekil 5.46' da verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için ve arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.47' da gösterilmektedir.

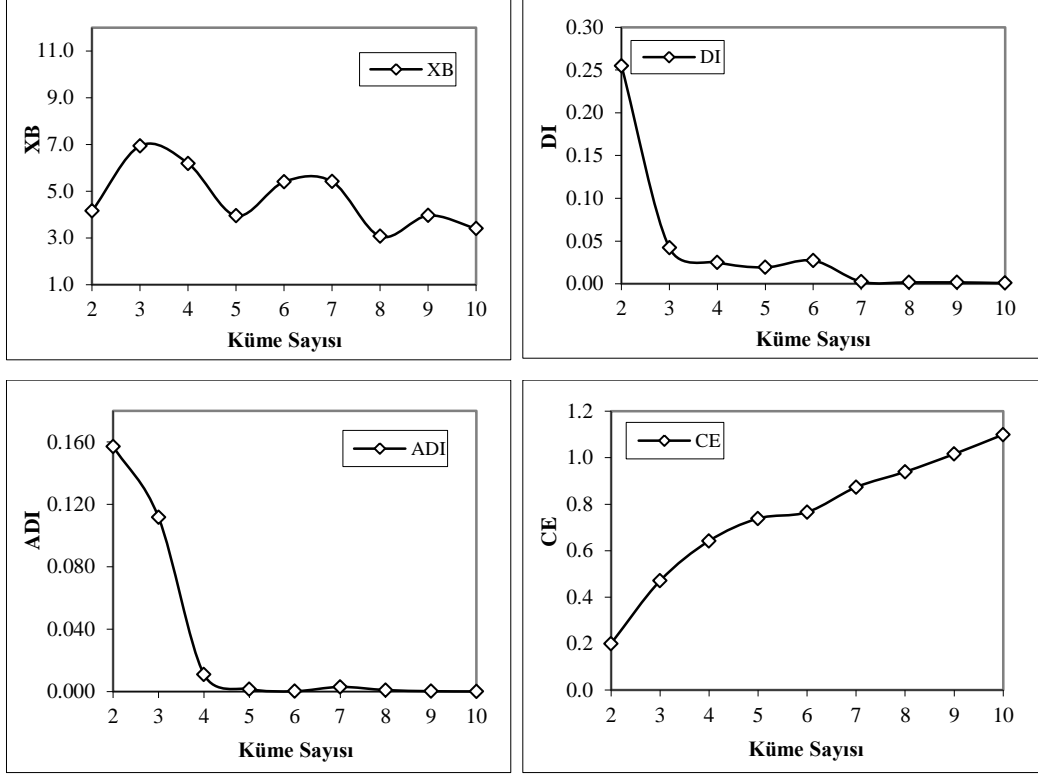


Şekil 5.47. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

Tüm Borular için Veri Seti 4 (BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

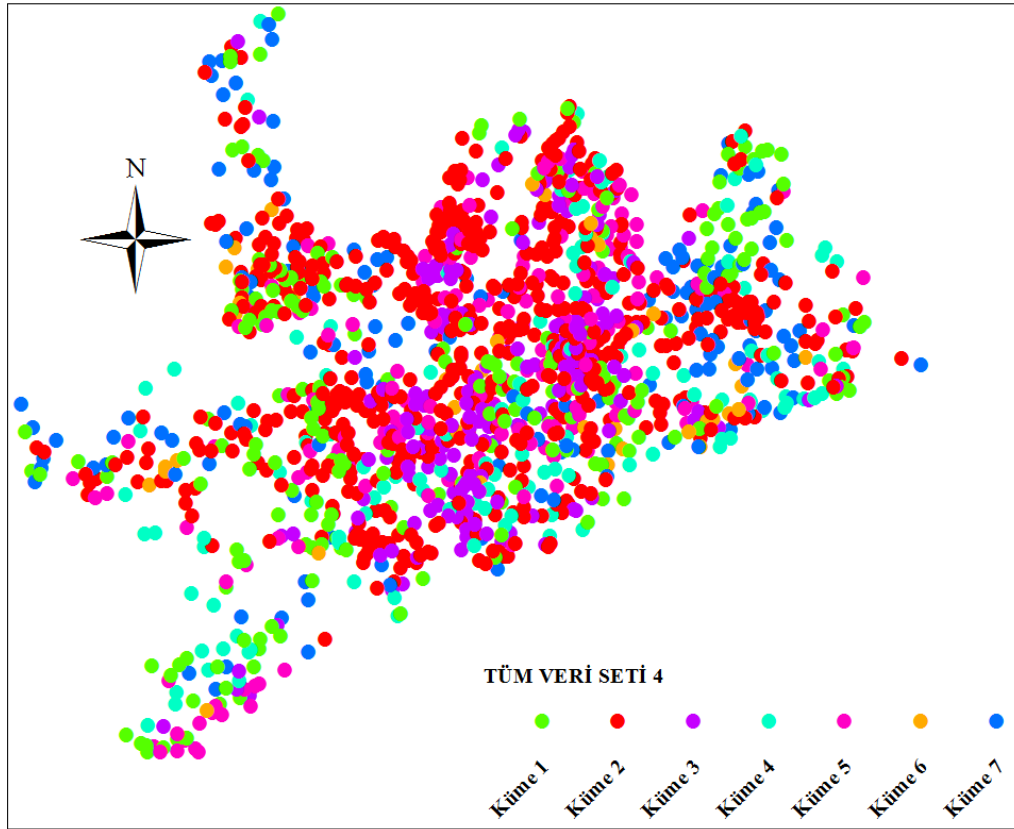
Burada tüm arıza kayıtları için içmesuyu şebekesinde arızanın meydana geldiği boruya ait, Boru Uzunluğu (BU), Boru Çapı (BC) ve Boru Yaşı (BY) değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.48’ de verilmiştir.





Şekil 5.48. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

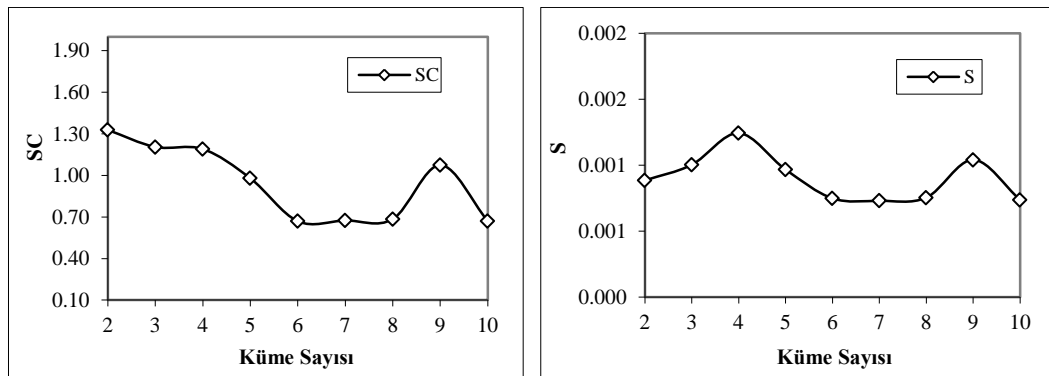
Şekil 5.48 incelendiğinde; SC, S ve DI ölçütlerinin en düşük değeri küme sayısı 7 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB, ADI ölçütlerine bakıldığında en düşük değer küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Şekil 5.48’ de verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait BU, BC ve BY verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 7 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 7 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.49’ da gösterilmektedir.

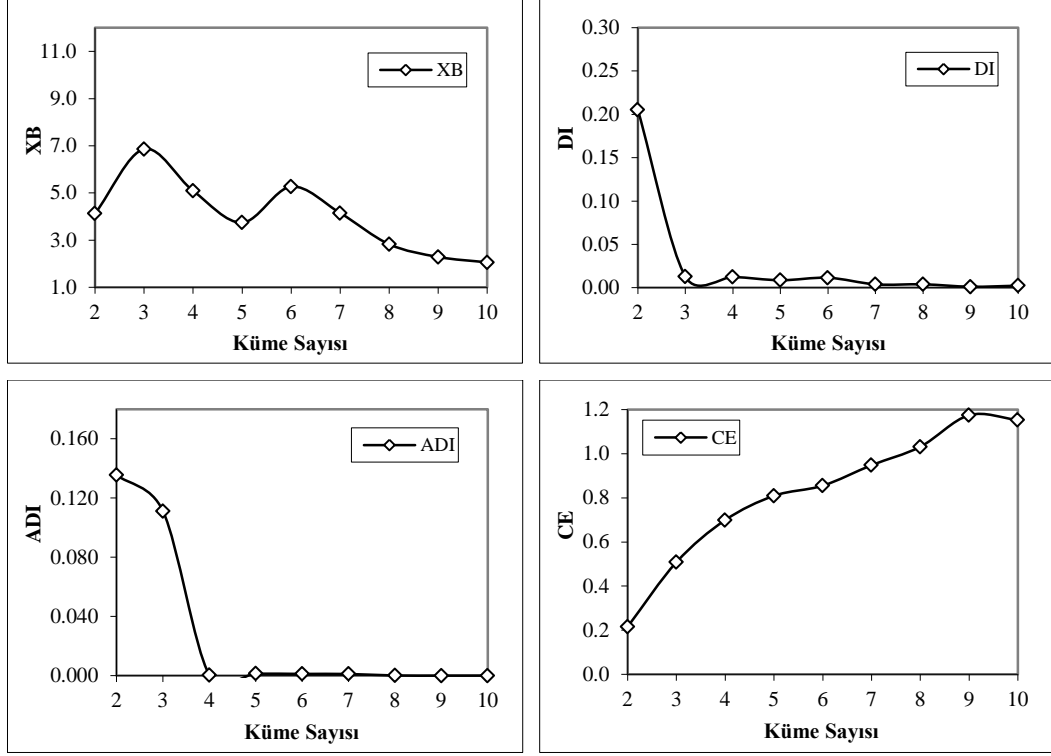


Şekil 5.49. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

Tüm Borular için Veri Seti 5 (AS BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

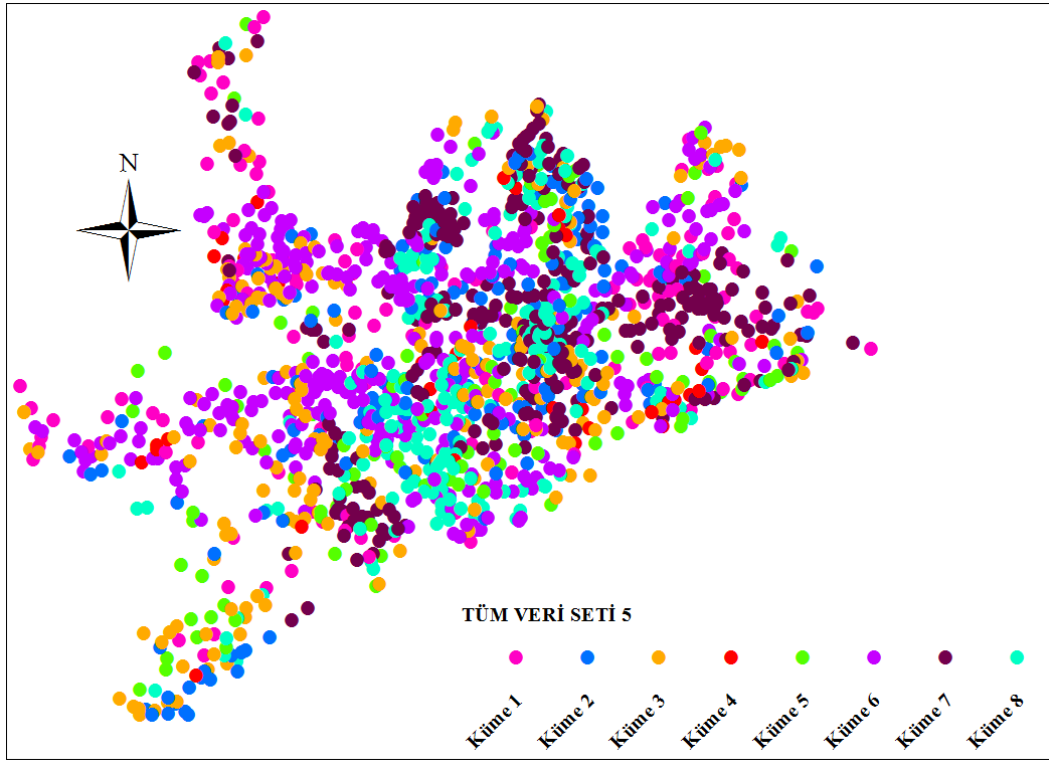
Burada tüm arıza kayıtları için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları ile bu arızaların meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.50' de gösterilmiştir.





Şekil 5.50. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırılmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

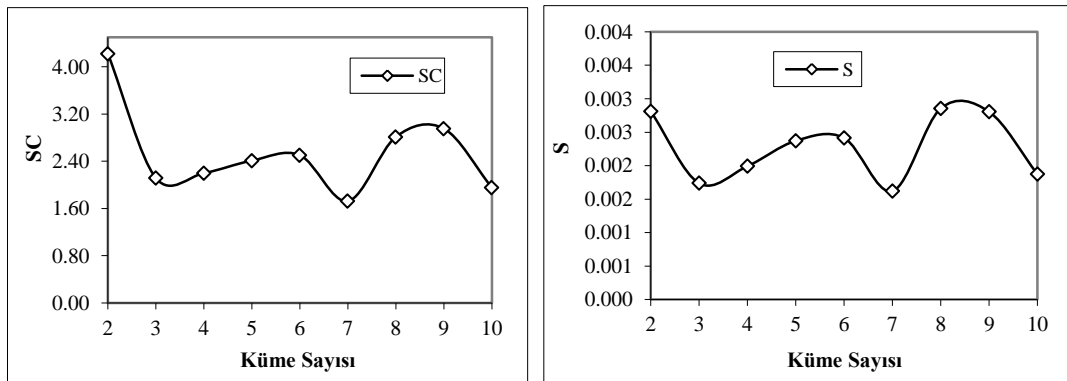
Şekil 5.50 incelendiğinde; SC ve S ölçütlerinin en düşük değeri küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB ve DI ölçütlerine bakıldığında en düşük değerlerin küme sayısı 9 için elde edilmiştir. Şekil 5.50' de verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.51' de gösterilmektedir.

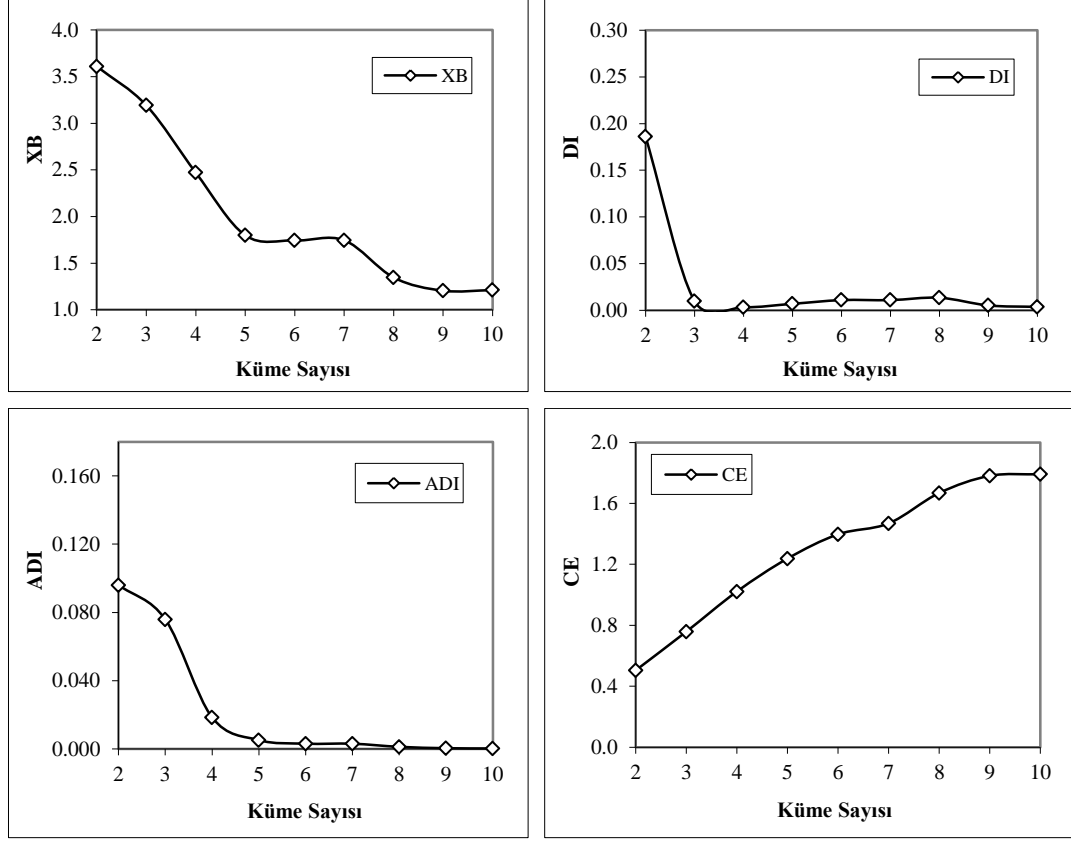


Şekil 5.51. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

Tüm Borular için Veri Seti 6 (AS BU BC BY X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

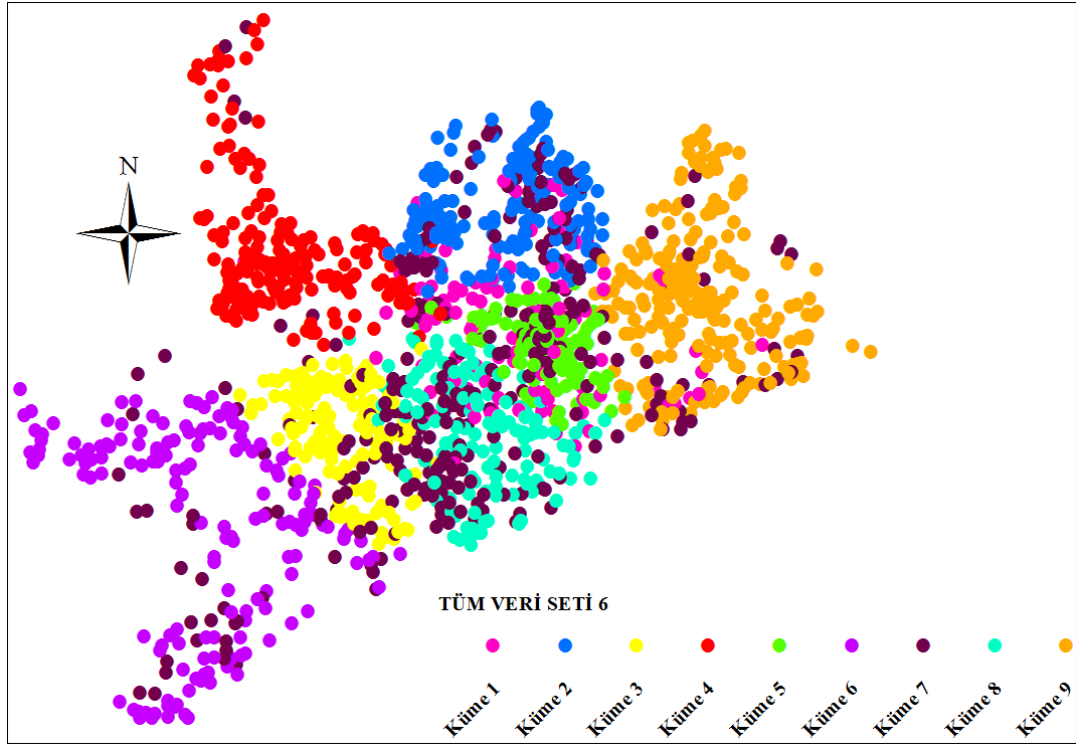
Burada tüm arıza kayıtları için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları ile bu arızaların meydana geldiği boruya ait, BU, BC, BY, Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.52’ de verilmiştir.





Şekil 5.52. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

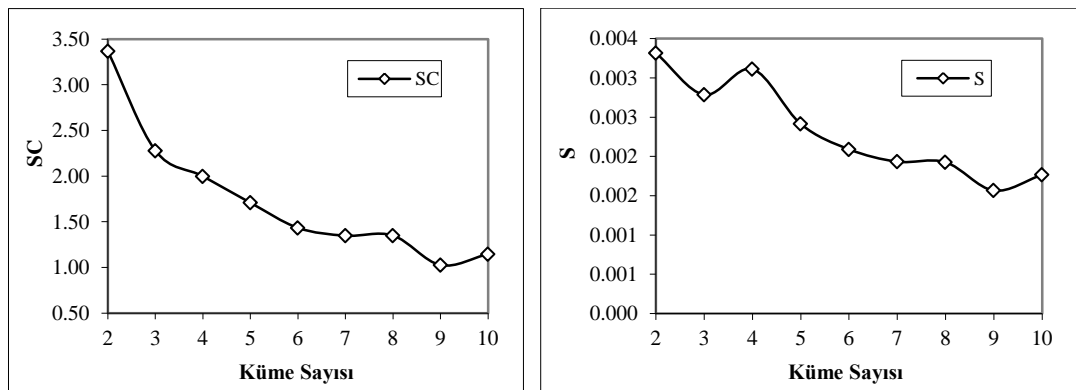
Şekil 5.52 incelendiğinde; SC ve S ölçütleri için en düşük değerlerinden küme sayısı 7 için elde edildiği görülmektedir. Diğer taraftan XB, DI, ADI ölçütleri için en düşük küme 9’ da gözlenmiştir. Şekil 5.52’ de verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 9 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 9 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.53’ te gösterilmektedir.

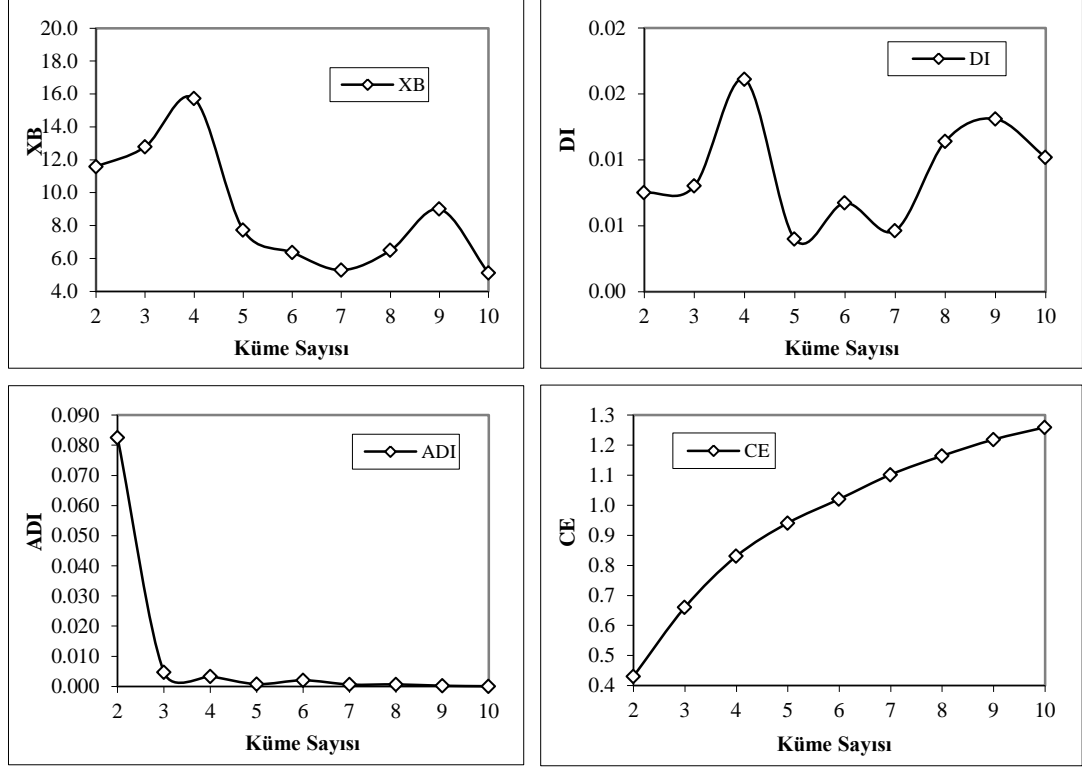


Şekil 5.53. Tüm Borular için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 1 (X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

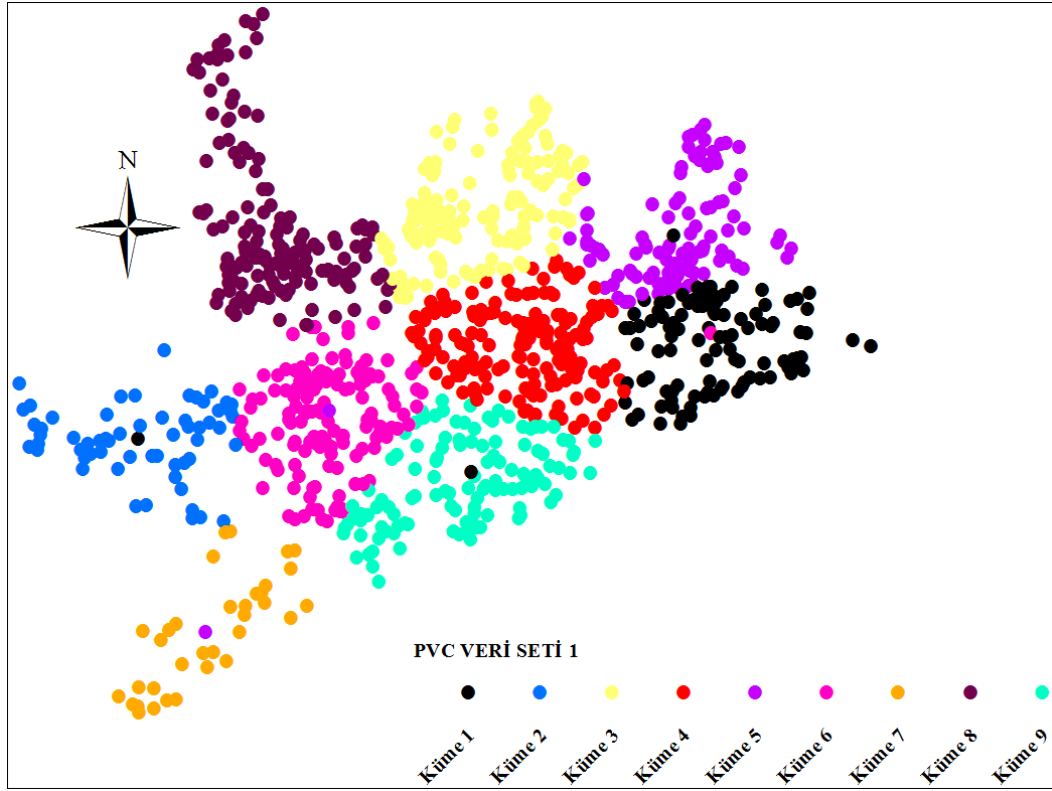
Burada sadece PVC boru malzeme türüne ait arıza kayıtları için arızanın meydana geldiği noktanın Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.54' te verilmiştir.





Şekil 5.54. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

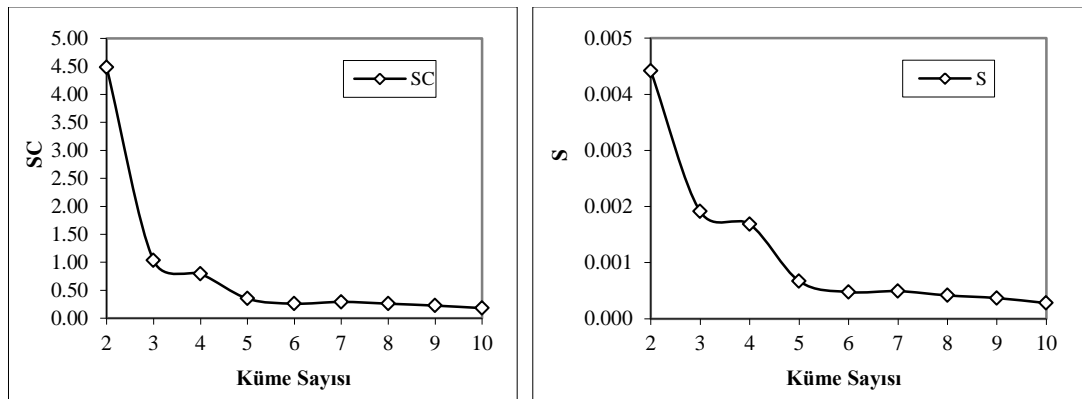
Şekil 5.54 incelendiğinde; SC, S, ADI ölçütleri için en düşük değerlerin küme sayısı 9 için elde edildiği görülmektedir. Diğer taraftan XB ve DI ölçütleri için en düşük değerler küme 7' de gözlenmiştir. Şekil 5.54' te verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 9 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 9 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.55' de gösterilmektedir.

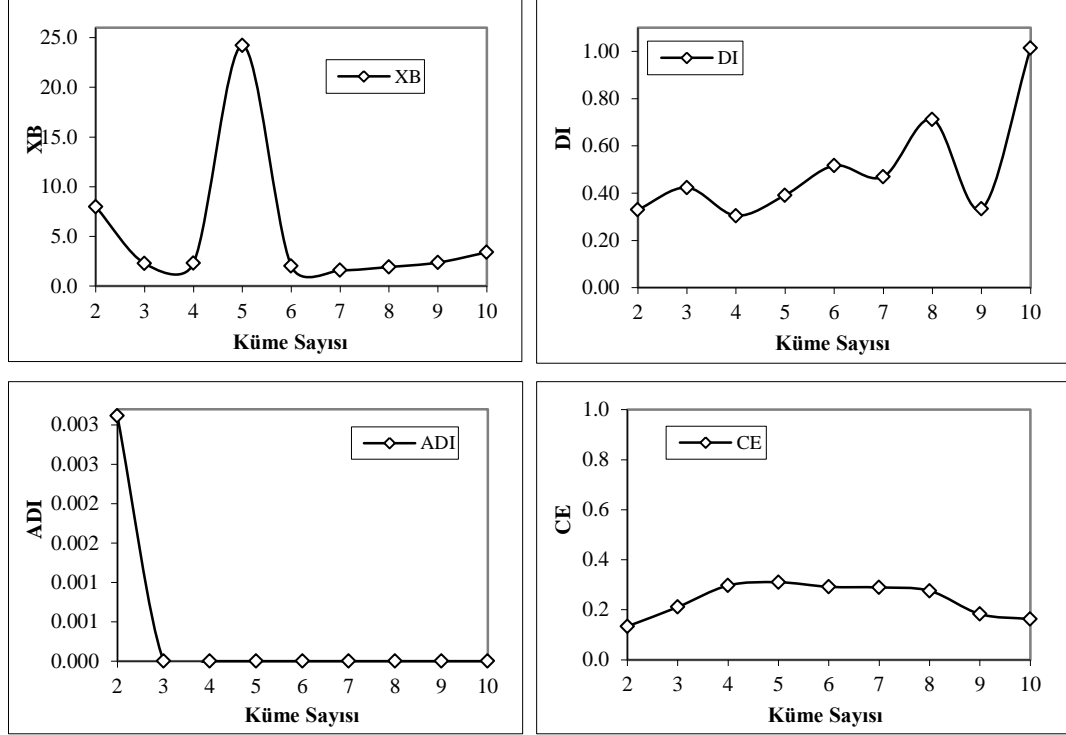


Şekil 5.55. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 2 (AS) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

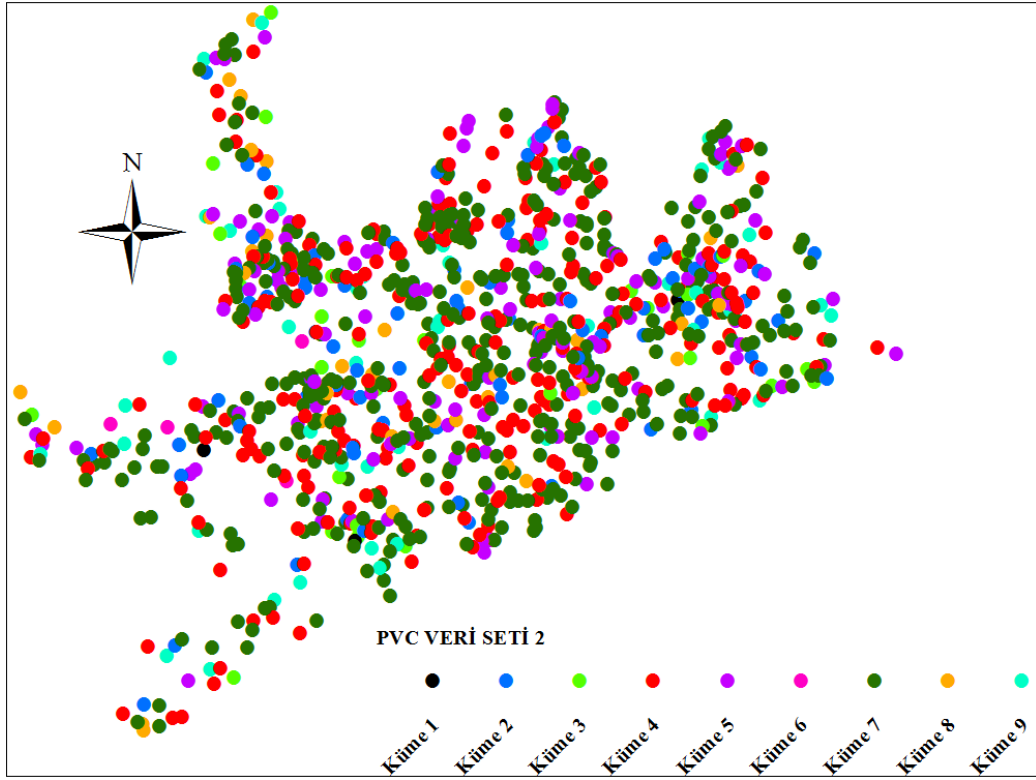
Burada içme suyu şebekesinde meydana gelen PVC boru malzeme türüne ait arıza sayıları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.56' da görülmektedir.





Şekil 5.56. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

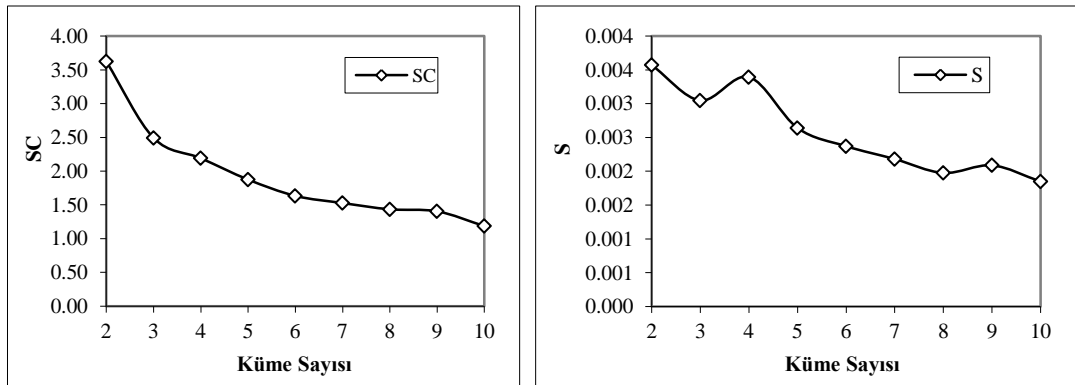
Şekil 5.56 incelendiğinde; SC, S ve DI ölçütlerinin en düşük değeri küme sayısı 9 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB ölçütüne bakıldığında en düşük değer küme sayısı 7 için elde edilmiştir. Şekil 5.56’ da verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 9 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 9 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.57’ de gösterilmektedir.

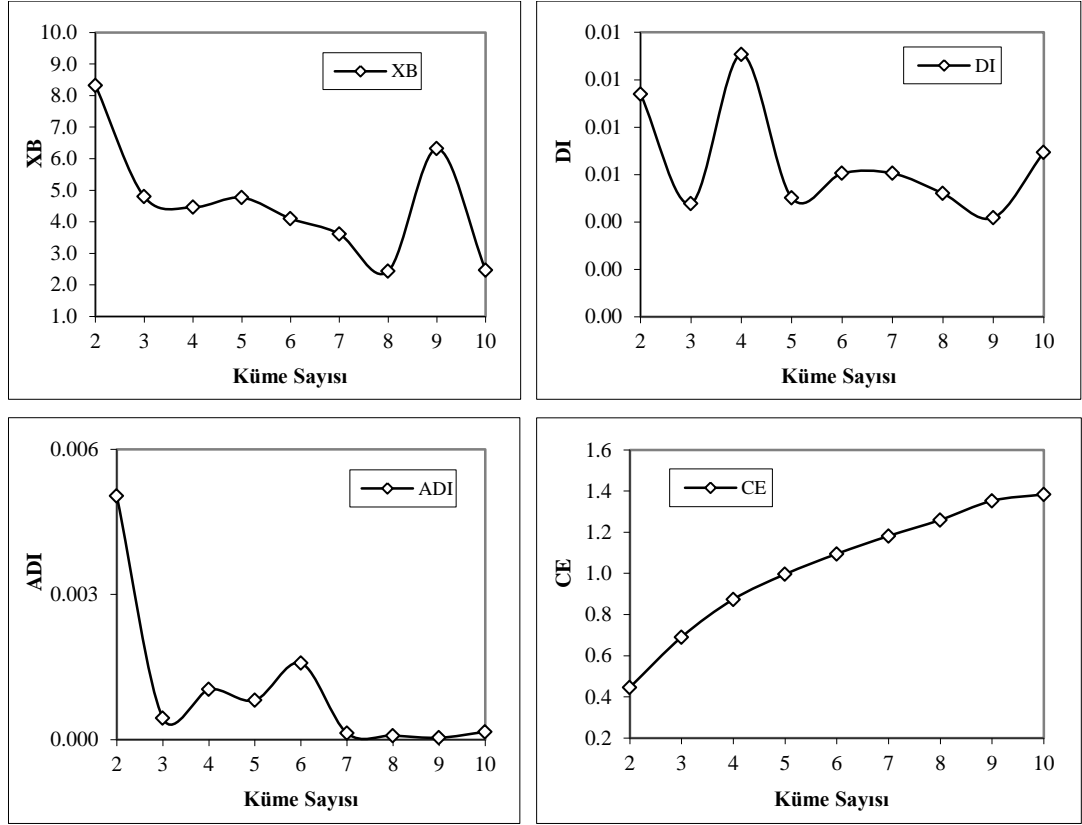


Şekil 5.57. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 3 (AS X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

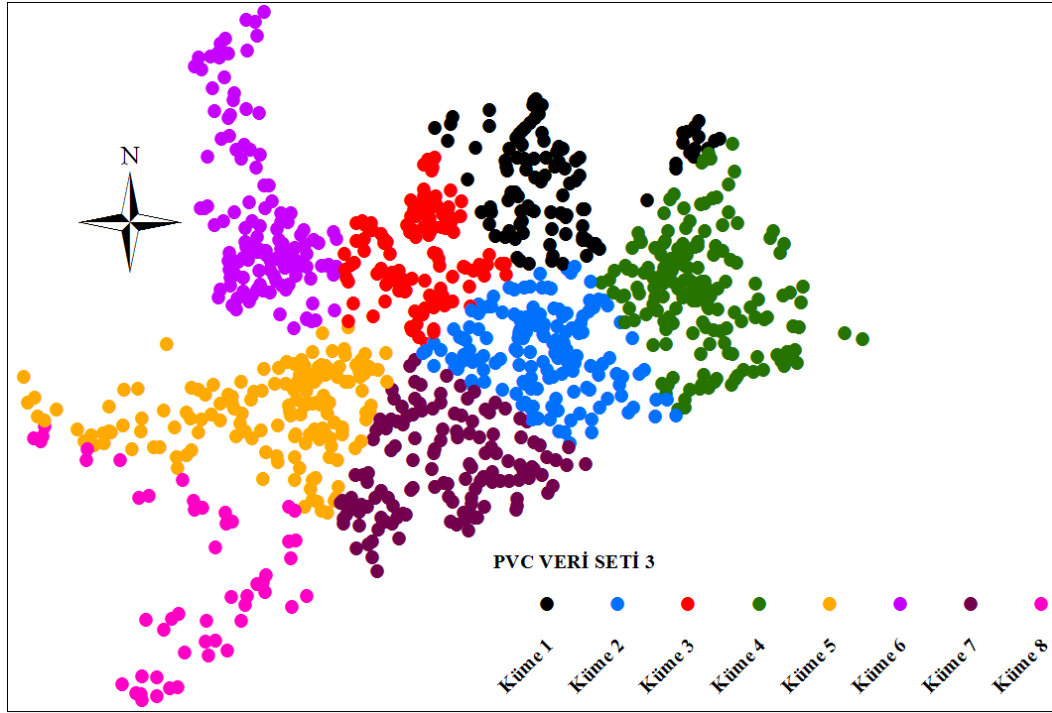
Burada PVC boru malzeme türüne ait arıza sayıları ile arızanın meydana geldiği noktanın Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.58’ de gösterilmiştir.





Şekil 5.58. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

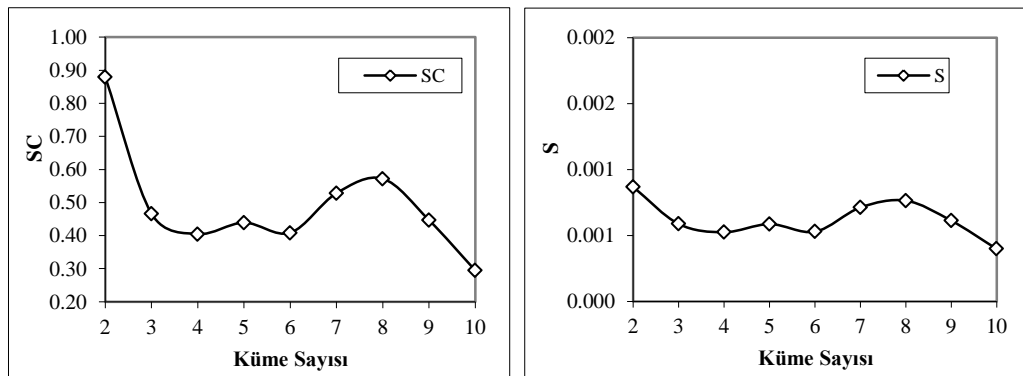
Şekil 5.58 incelendiğinde; SC ve DI ölçütlerinin en düşük değeri küme sayısı 9 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB, S, ADI ölçütlerine bakıldığında en düşük değer küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Şekil 5.58’ de verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.59’ da gösterilmektedir.

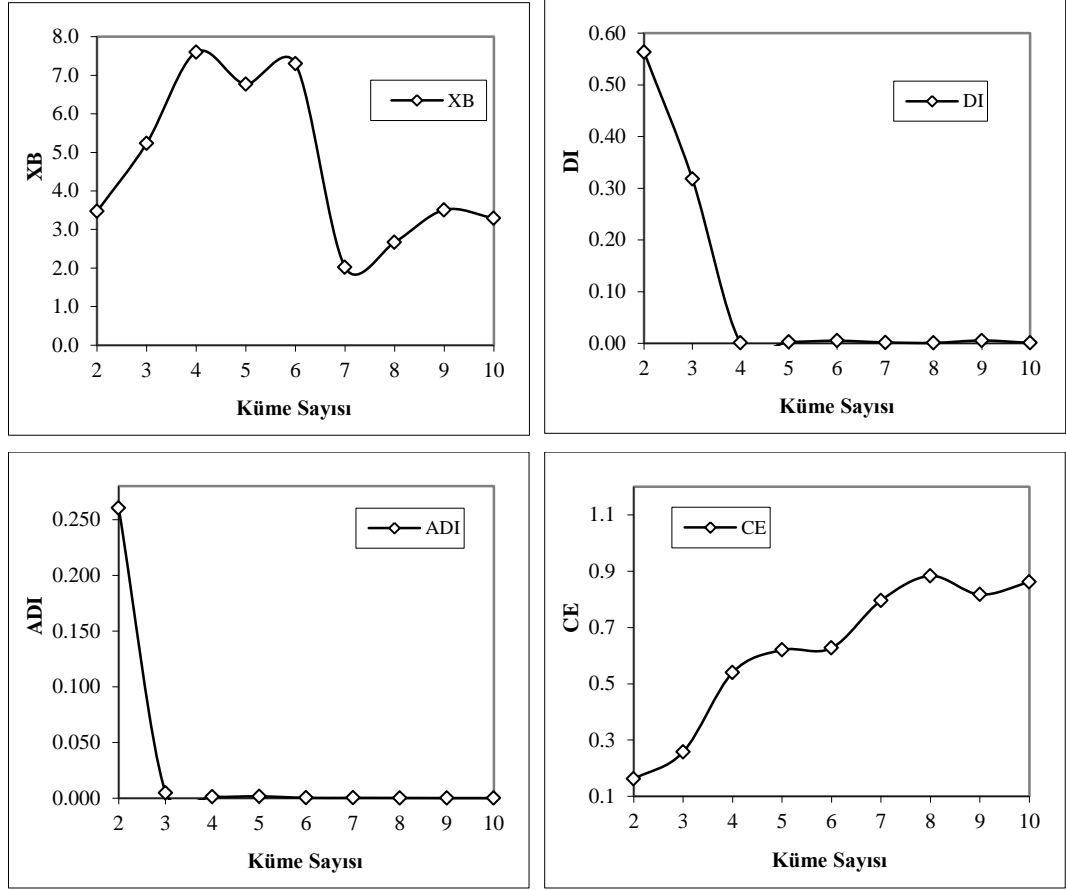


Şekil 5.59. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 4 (BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

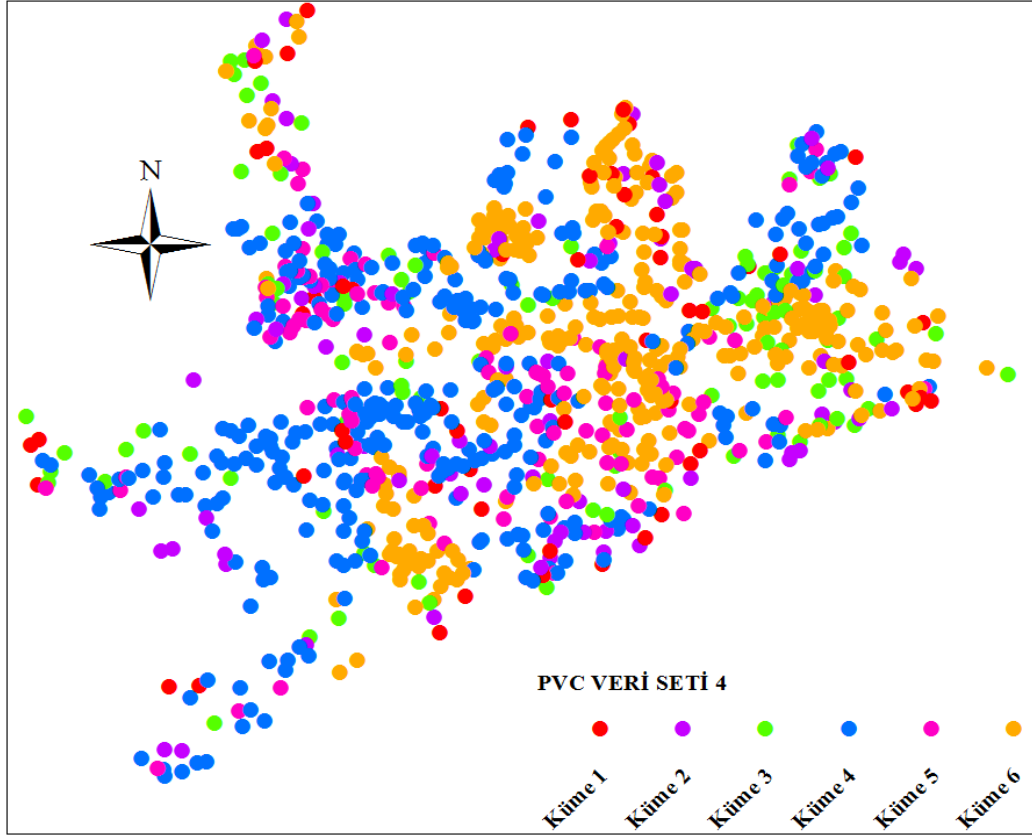
Burada PVC boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.60' ta verilmiştir.





Şekil 5.60. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

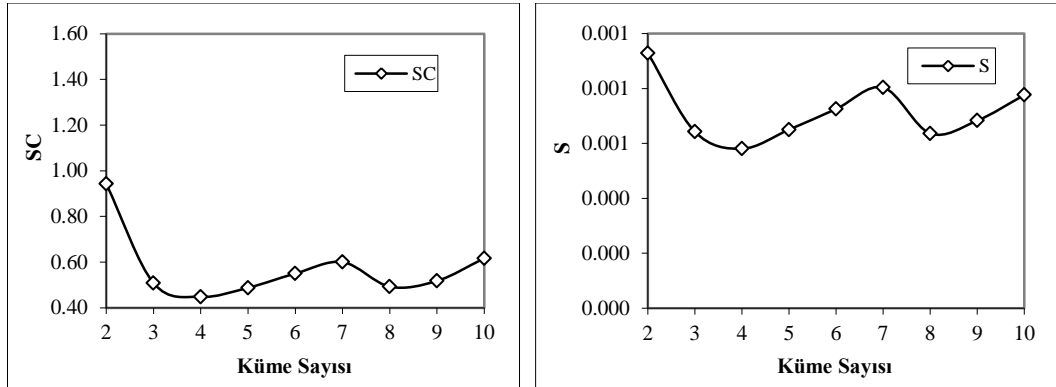
Şekil 5.60 incelendiğinde; SC ve S ölçütlerinin en düşük değeri küme sayısı 6 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB, DI ölçütlerine bakıldığında en düşük değer küme sayısı 7 için elde edilmiştir. Şekil 5.60' ta verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 6 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 6 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.61' de gösterilmektedir.

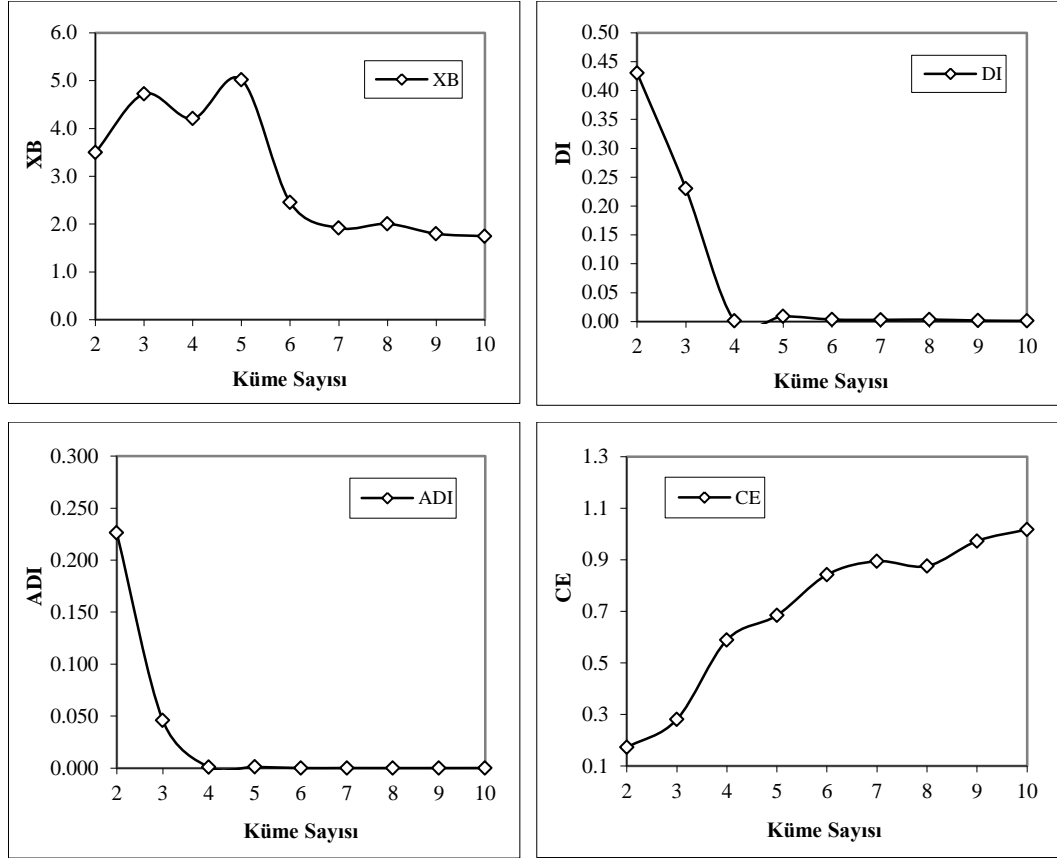


Şekil 5.61. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 5 (AS BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

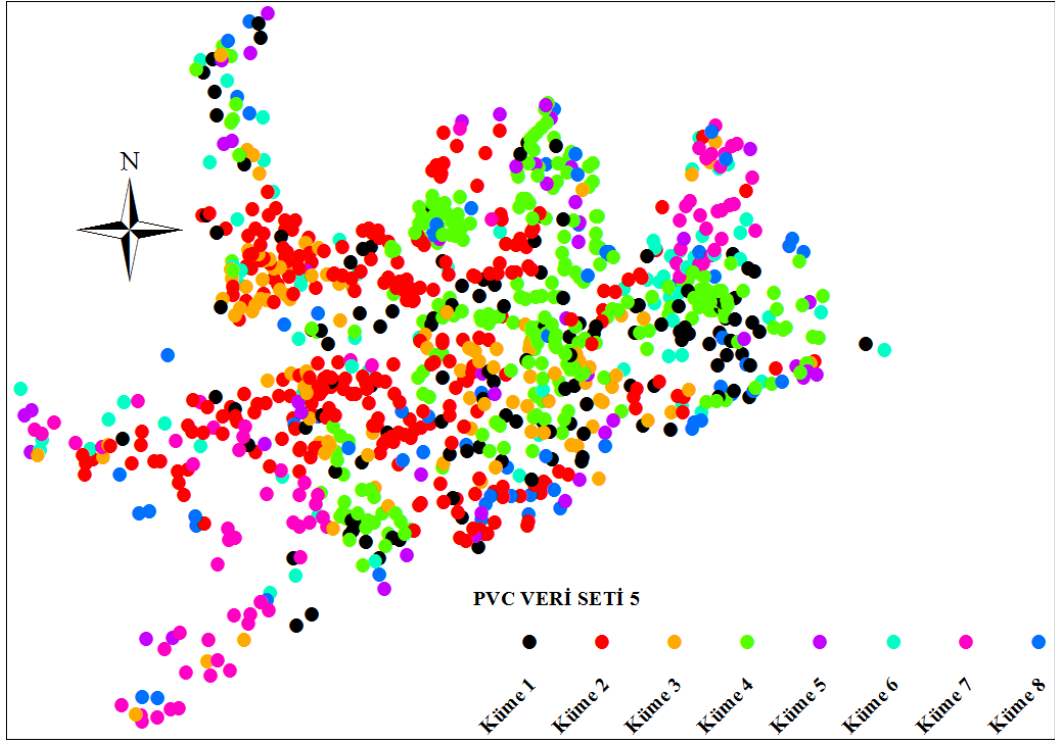
Burada PVC boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.62' de görülmektedir.





Şekil 5.62. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

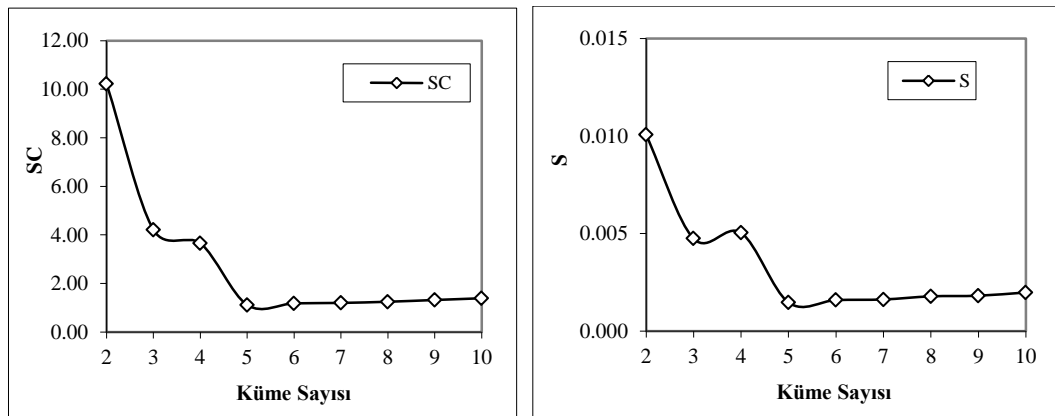
Şekil 5.62 incelendiğinde; SC ve S ölçütlerinin en düşük değeri küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB, DI ölçütlerine bakıldığında en düşük değer küme sayısı 9 için elde edilmiştir. Şekil 5.62’ de verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.63’ te gösterilmektedir.

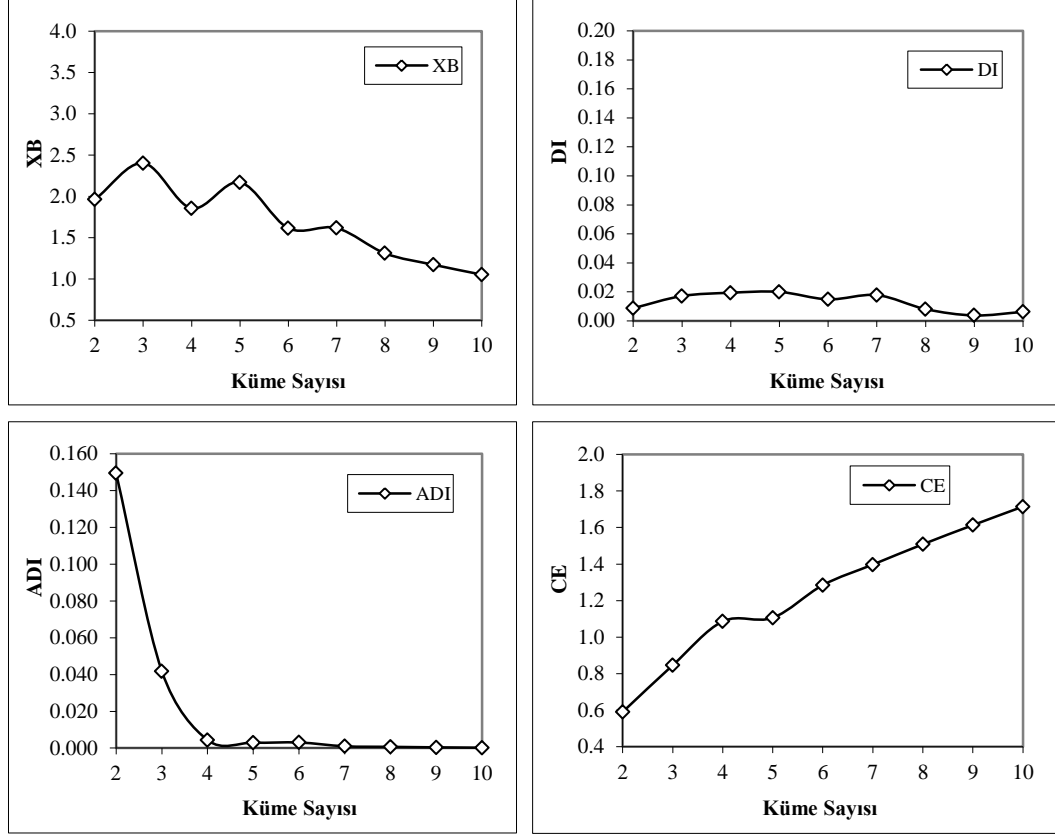


Şekil 5.63. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 6 (AS BU BC BY X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

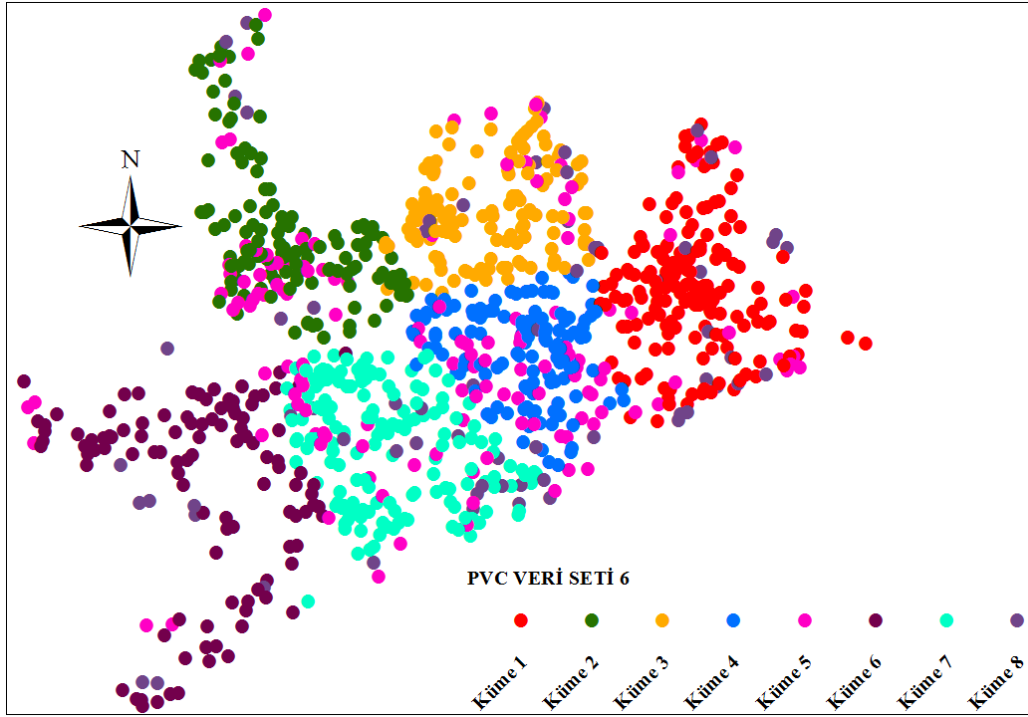
Burada PVC boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC, BY, Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.64' te görülmektedir.





Şekil 5.64. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

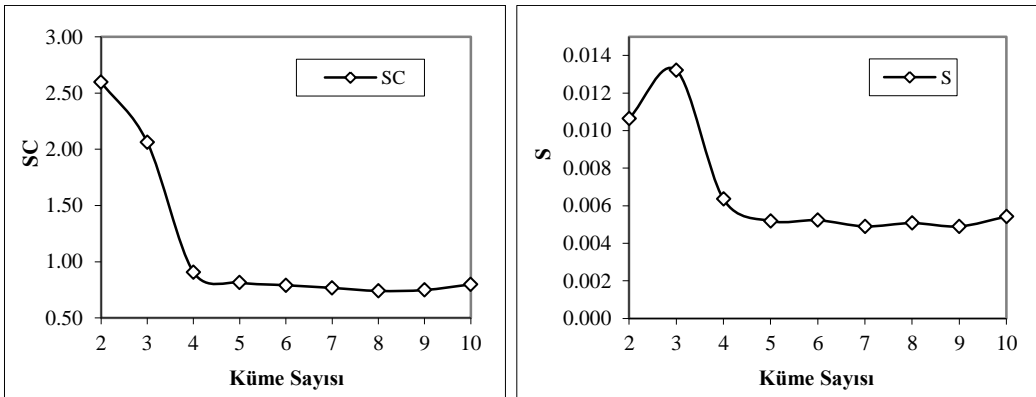
Şekil 5.64 incelendiğinde; SC, S ölçütlerinin değeri küme 8' den sonra çok değişimler göstermiştir. Bu nedenle bu ölçütler için en düşük değer küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB, DI ölçütlerine bakıldığında en düşük değer küme sayısı 9 için elde edilmiştir. Şekil 5.64' te verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.65' te gösterilmektedir.

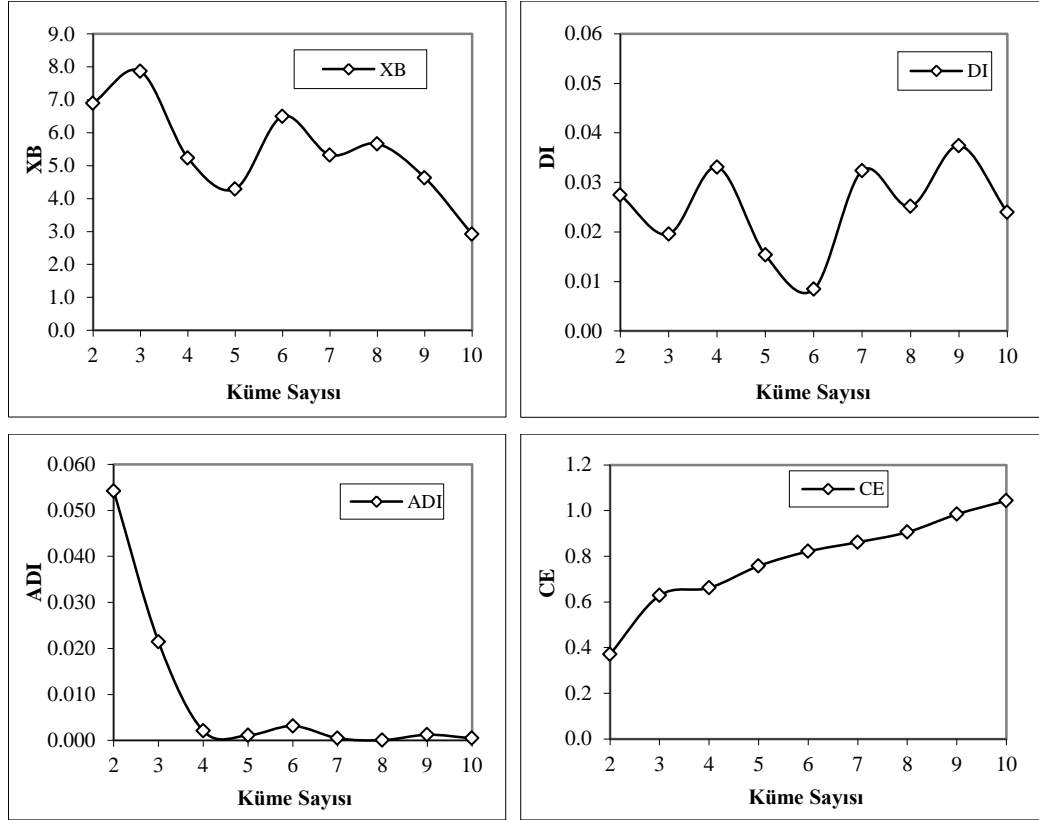


Şekil 5.65. PVC Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 1 (X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

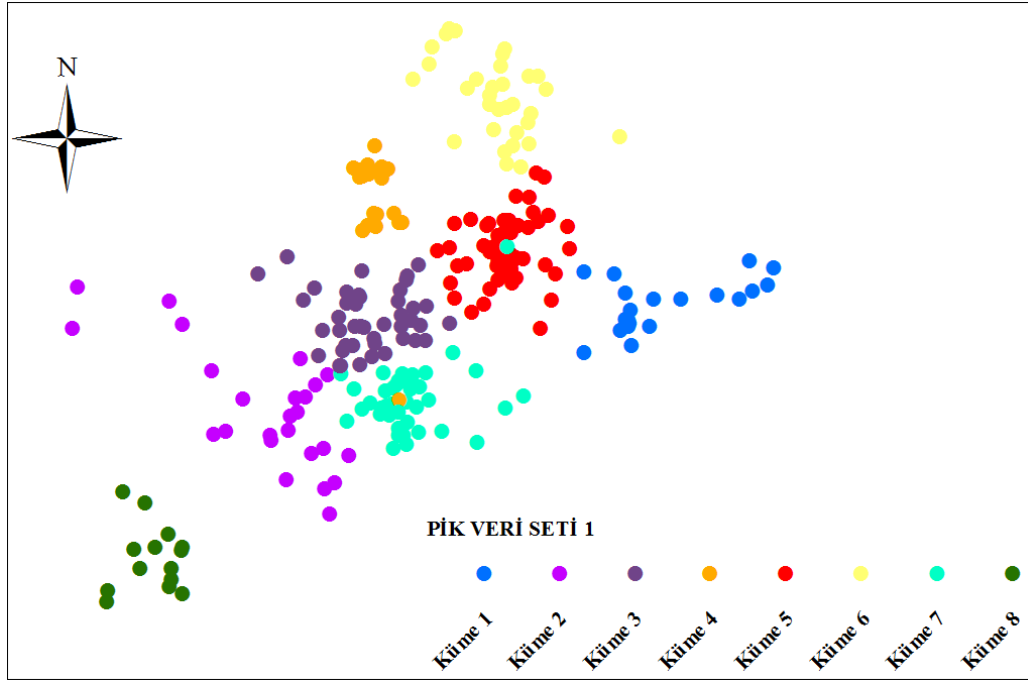
Burada sadece PİK boru malzeme türüne ait arıza kayıtları için arızanın meydana geldiği noktanın Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.66' da görülmektedir.





Şekil 5.66. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

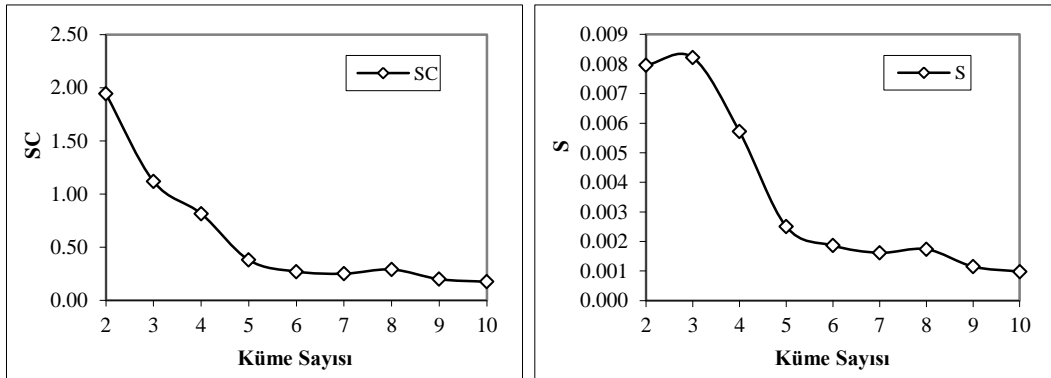
Şekil 5.66 incelendiğinde; SC, S, ADI ölçütlerinin değeri küme 8' den sonra çok değişimler göstermiştir. Bu nedenle bu ölçütler için en düşük değer küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XBölçütüne bakıldığında en düşük değer küme sayısı 5 için elde edilmiştir. Ayrıca DI ölçütü için en düşük değer ise 6 olarak elde edilmiştir. Şekil 5.66' da verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.67' de gösterilmektedir.

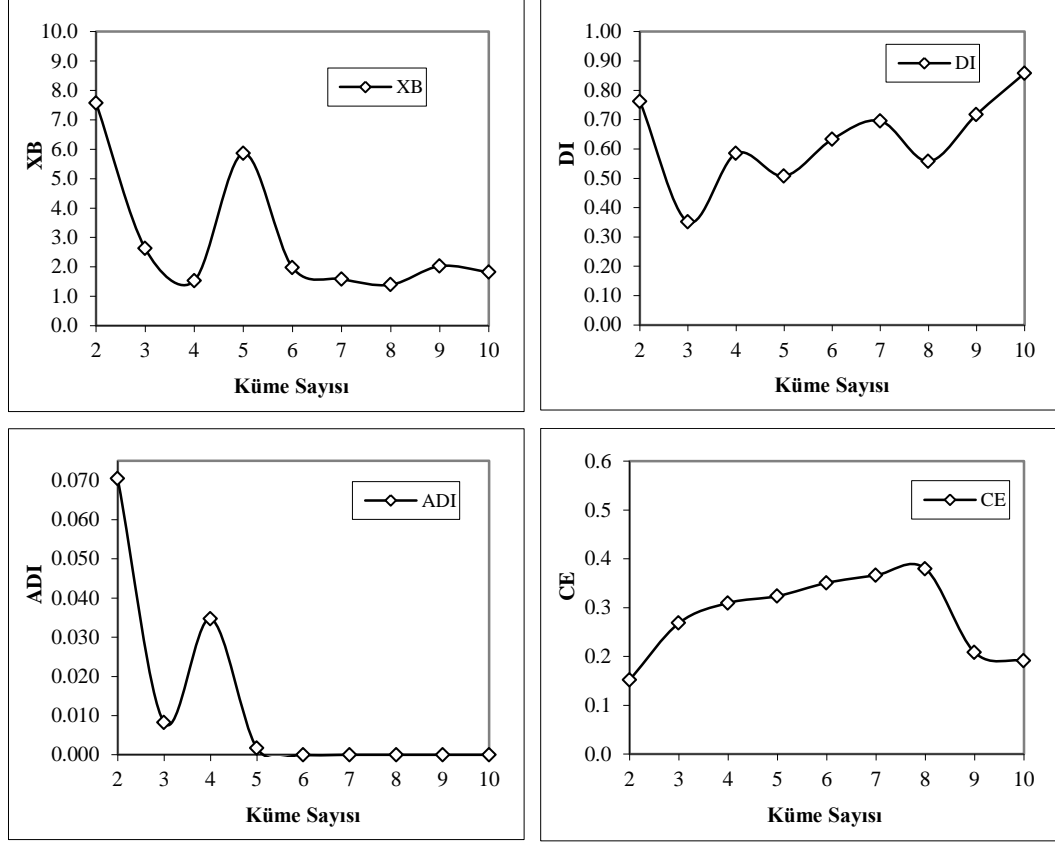


Şekil 5.67. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 2 (AS) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

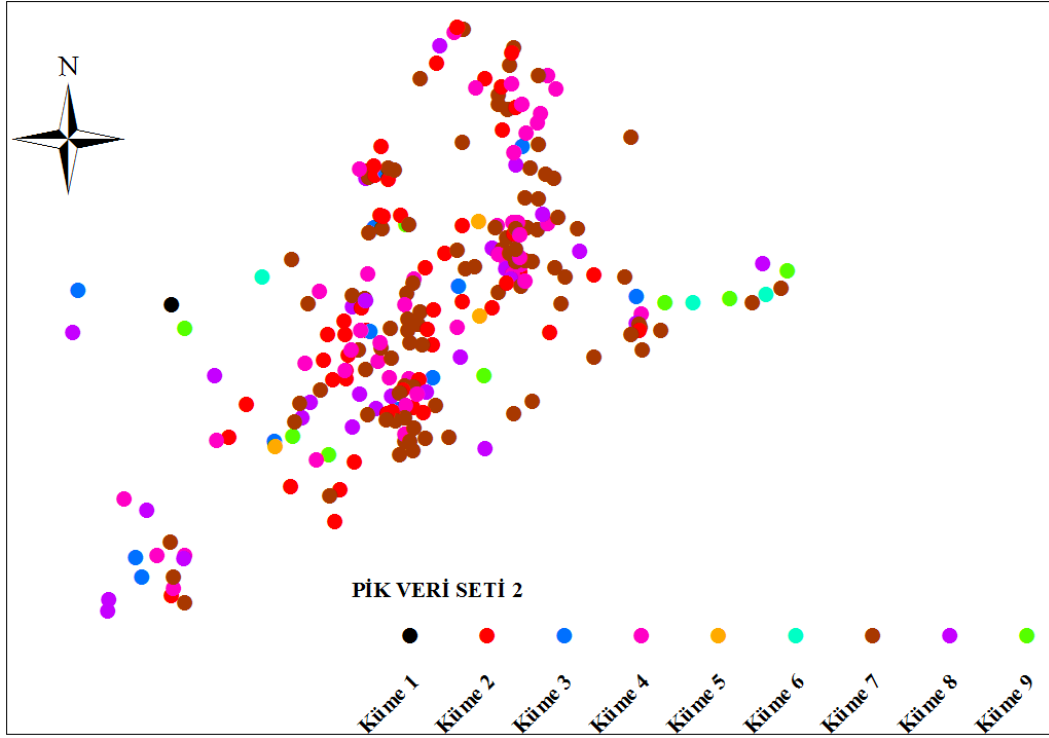
Burada içme suyu şebekesinde meydana gelen PİK boru malzeme türüne ait arıza sayıları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.68’ de görülmektedir.





Şekil 5.68. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

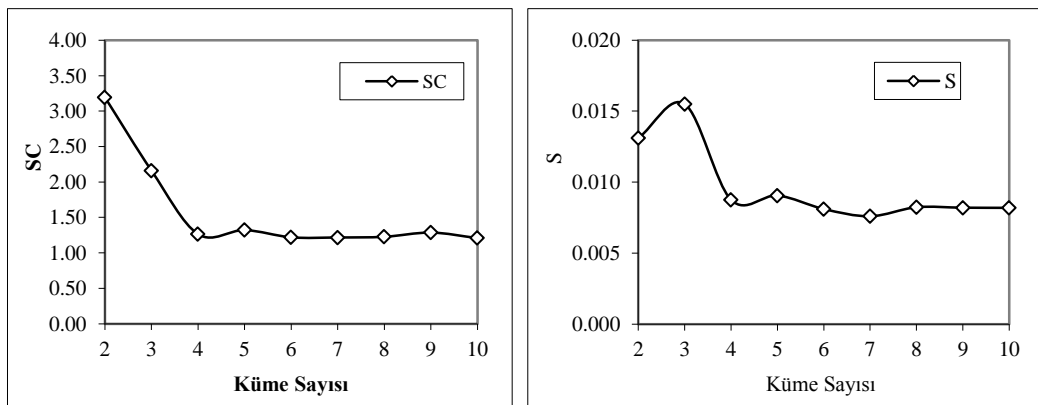
Şekil 5.68 incelendiğinde; SC, S ölçütleri en düşük değer küme sayısı 9 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB ölçütüne bakıldığında en düşük değer küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Şekil 5.68’ de verilen sonuçlara göre bulanık kümeleme yöntemi ile tüm arıza kayıtları için arıza noktalarına ait enlem ve boylam verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 9 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda elde edilen 9 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.69’ da gösterilmektedir.

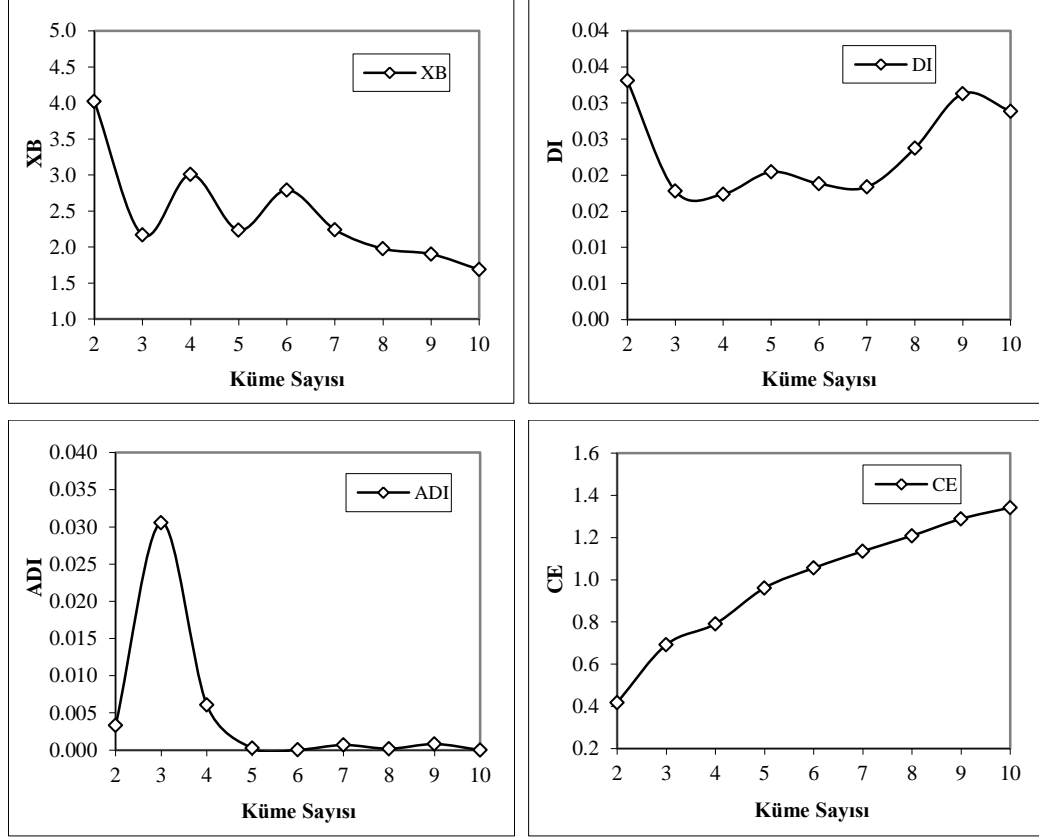


Şekil 5.69. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 3 (AS X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

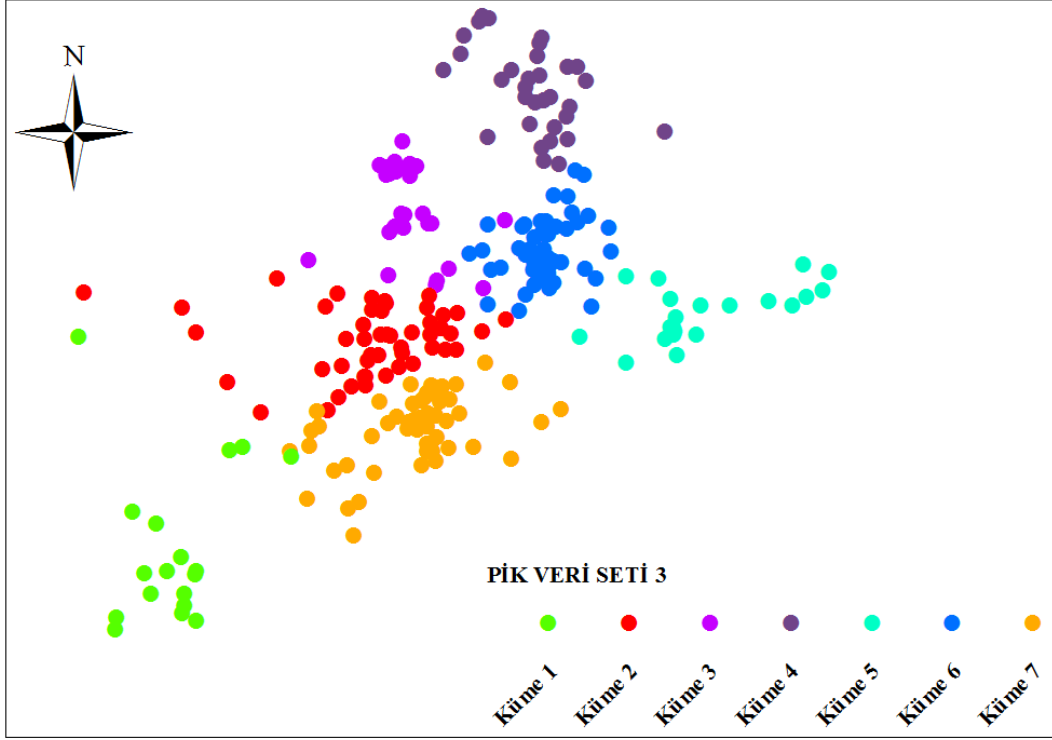
Burada PİK boru malzeme türüne ait arıza sayıları ile arızanın meydana geldiği noktanın Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.70' de görülmektedir.





Şekil 5.70. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

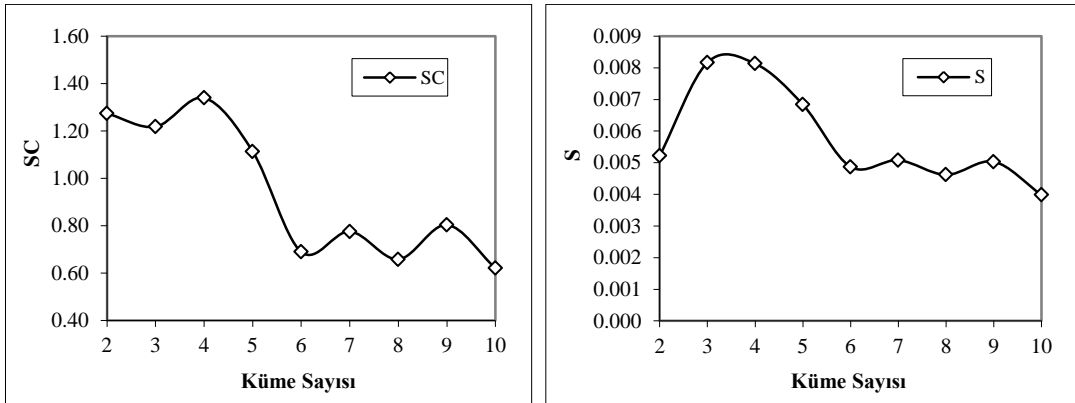
Şekil 5.70 incelendiğinde; SC, S ve DI ölçütleri için en düşük değer küme sayısı 7 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB ölçütüne bakıldığında küme sayısı 7' den sonra azalma olduğu ve en düşük değer küme sayısı 10 için elde edildiği görülmüştür. ADI ölçütüne bakıldığında küme sayısı 5' den çok düşük değişimler gözlenmiştir. Şekil 5.70' de verilen sonuçlara göre yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 7 olarak belirlenmiş ve bu 7 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.71' de gösterilmektedir.

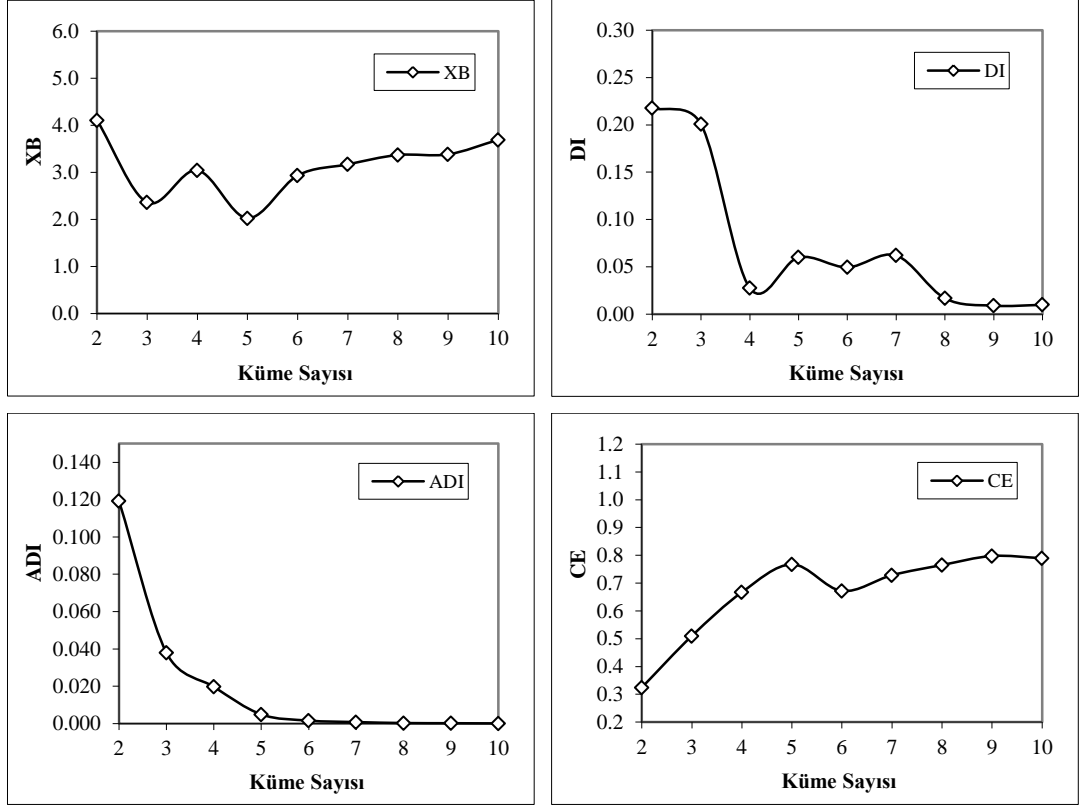


Şekil 5.71. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 4 (BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

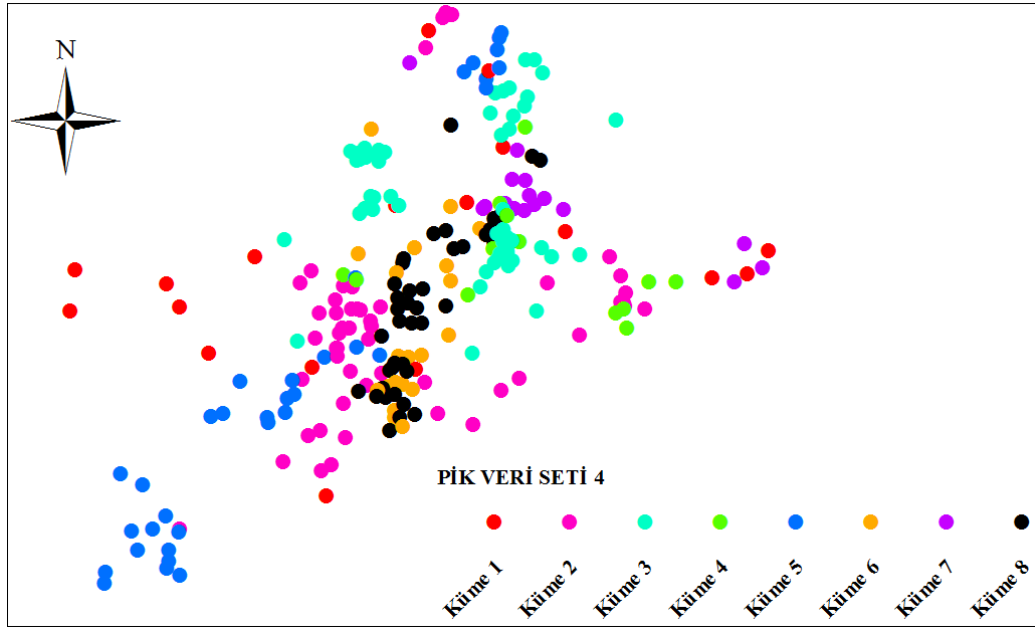
Burada PİK boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.72' de gösterilmiştir.





Şekil 5.72. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

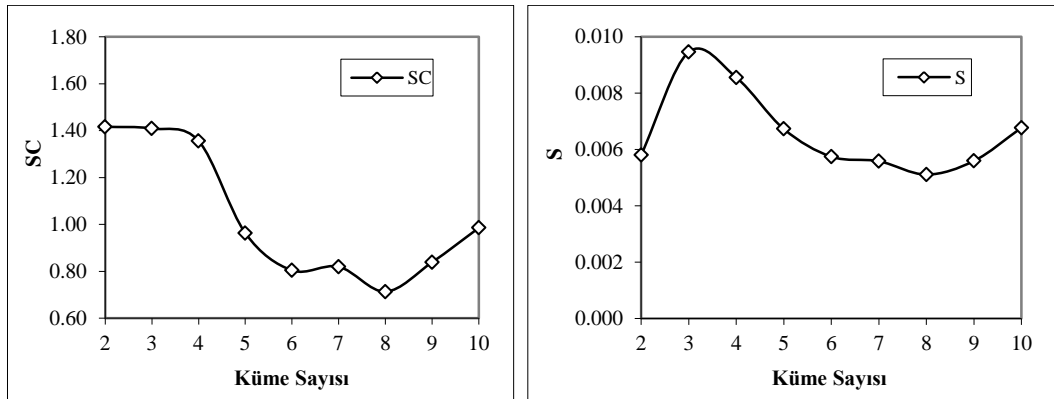
Şekil 5.72 incelendiğinde; SC, S, DI ve ADI ölçütleri için en düşük değer küme sayısı 8 için elde edilmiştir. Diğer taraftan XB ölçütüne bakıldığında küme sayısı 5 için en düşük değer gözlenmiştir. Şekil 5.72' de verilen sonuçlara göre yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.73' te gösterilmektedir.

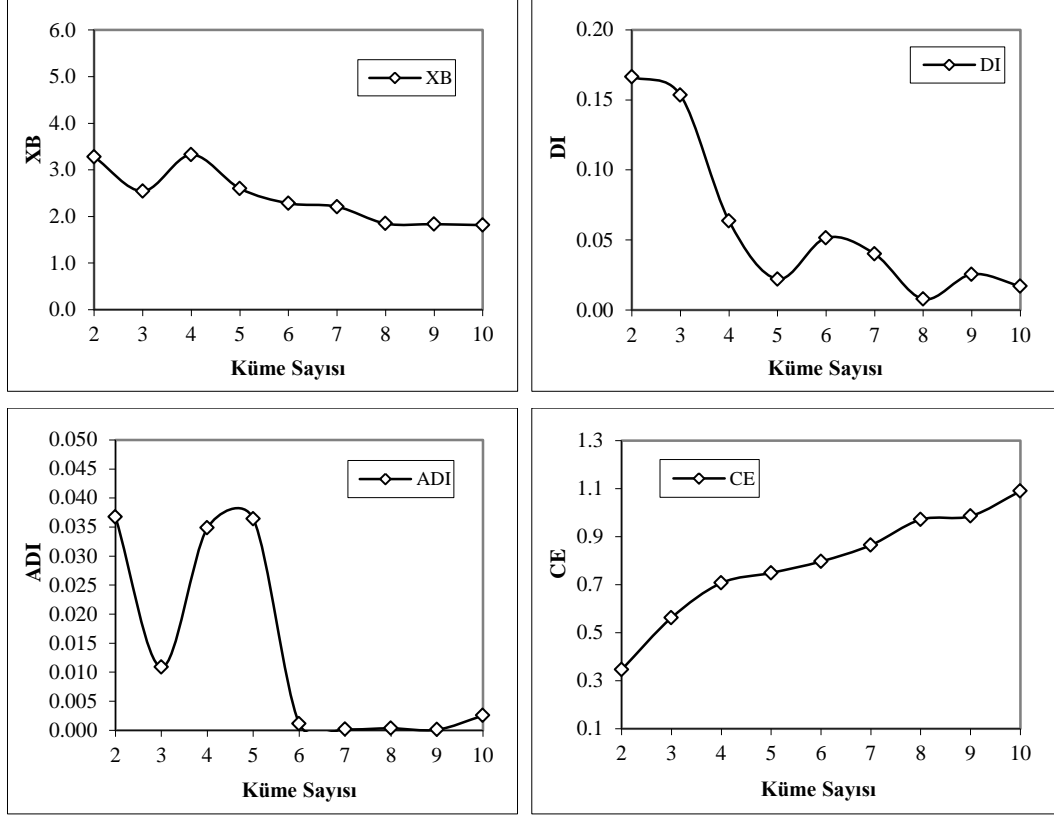


Şekil 5.73. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 5 (AS BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

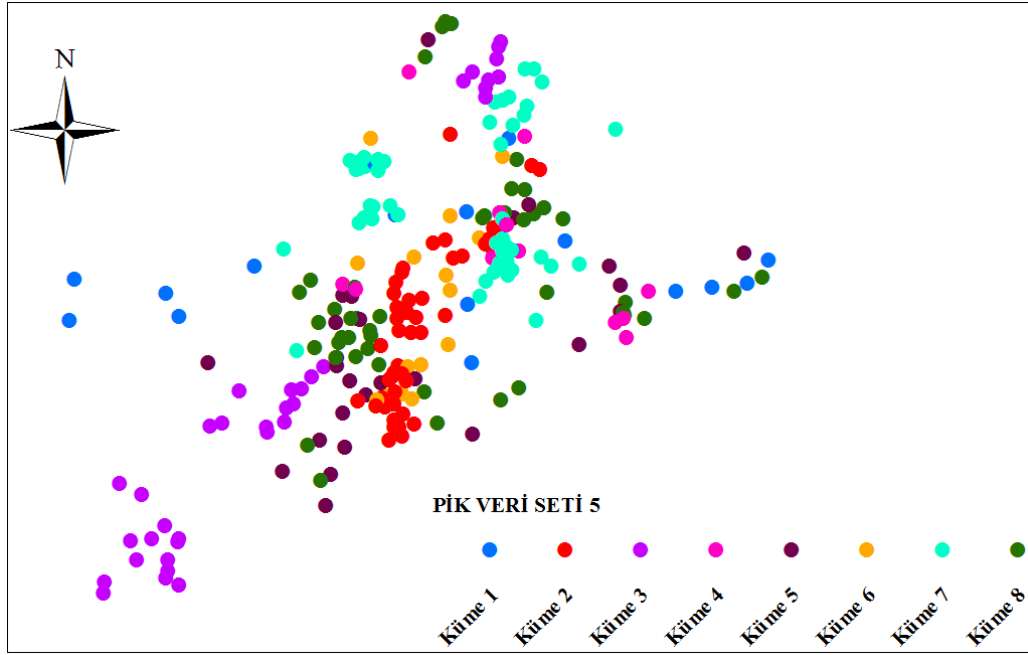
Burada PİK boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.74' te gösterilmiştir.





Şekil 5.74. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

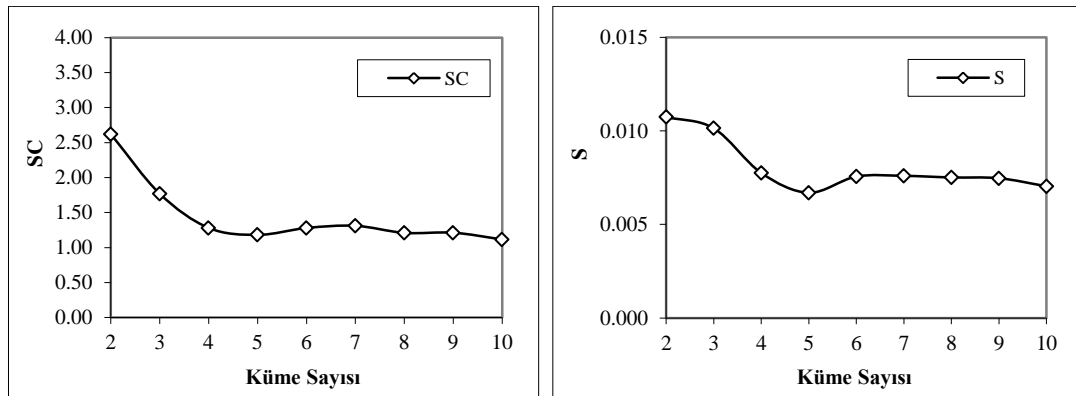
Şekil 5.74 incelendiğinde; SC, S, DI ve ADI ölçütleri için en düşük değer küme sayısı 8 için elde edildiği ve bu küme sayısından sonra ölçütler bir artış olduğu görülmüştür. Diğer taraftan XB ölçütüne bakıldığında küme sayısı 5' den sonra azalma olduğu ve küme sayısı 8'den yatay bir seyir izlediği tespit edilmiştir. Şekil 5.74' te verilen sonuçlara göre yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.75' te gösterilmektedir.

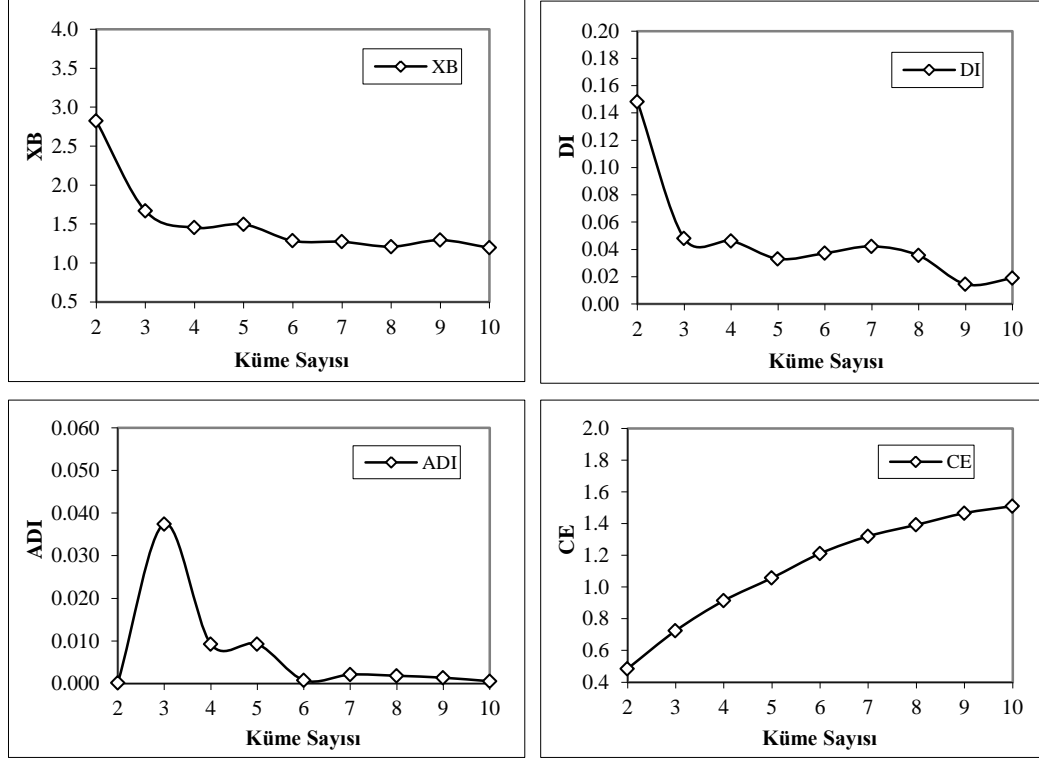


Şekil 5.75. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 6 (AS BU BC BY X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

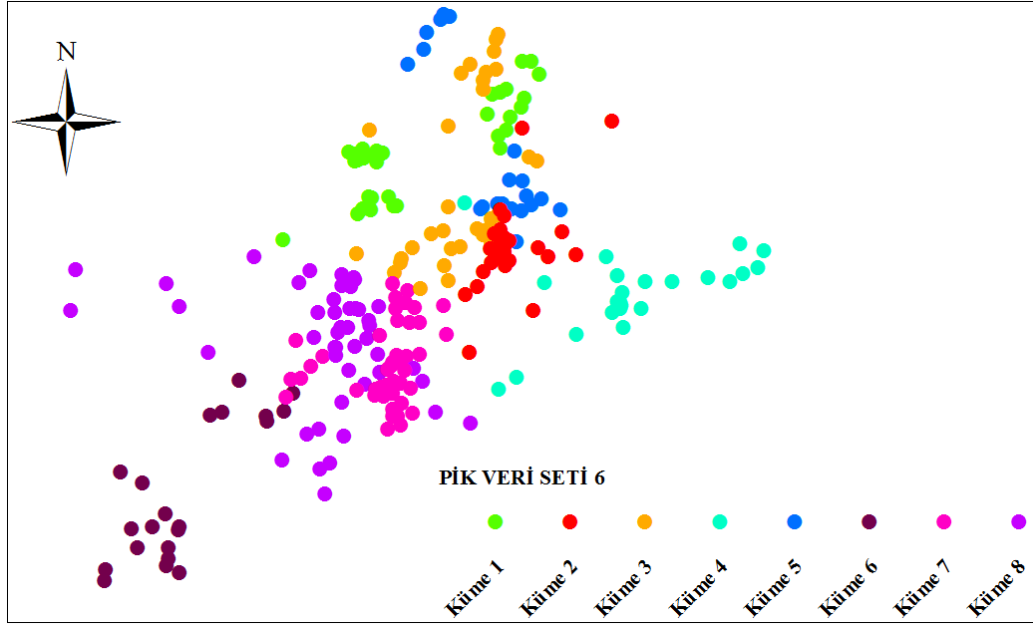
Burada PİK boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC, BY, Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.76' da verilmiştir.





Şekil 5.76. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

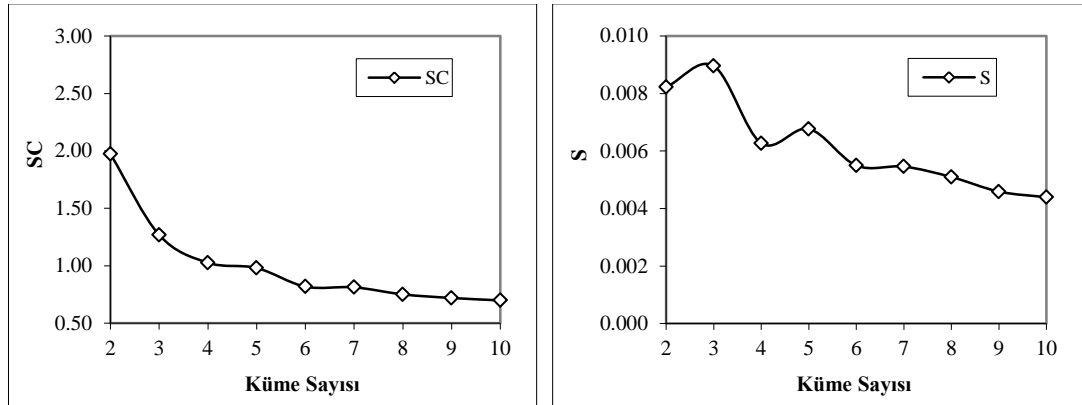
Şekil 5.76 incelendiğinde; S, SC ve XB ölçütlerine bakıldığında küme sayısı 8' den sonra çok küçük değişimlerin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ADI ölçütü için en düşük değer küme sayısı 6 için elde edilirken, DI ölçütü için en düşük değer küme sayısı 9 için bulunmuştur. Şekil 5.76' da verilen sonuçlara göre yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.77' de gösterilmektedir.

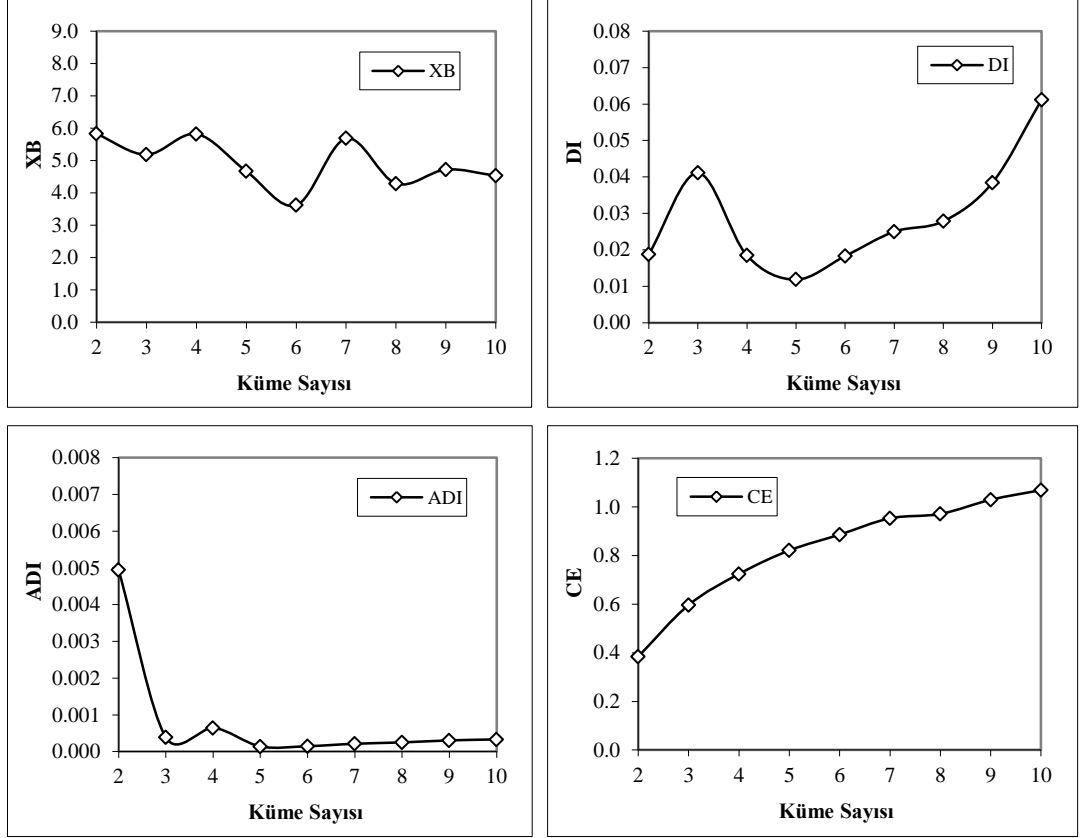


Şekil 5.77. PİK Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 1 (X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

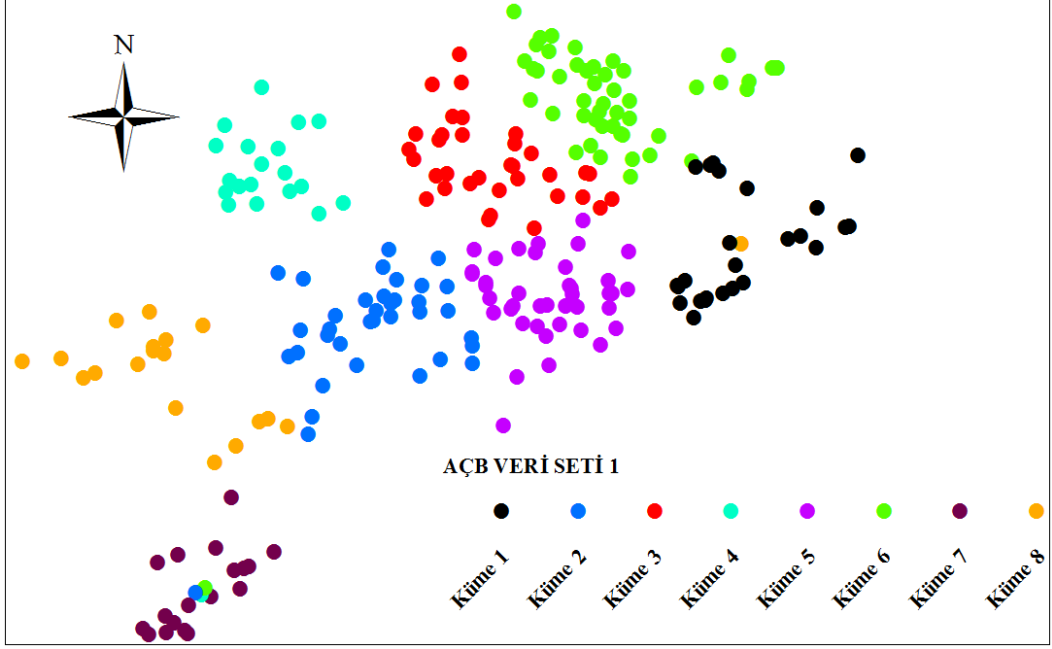
Burada sadece AÇB boru malzeme türüne ait arıza kayıtları için arızanın meydana geldiği noktanın Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.78' de görülmektedir.





Şekil 5.78. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

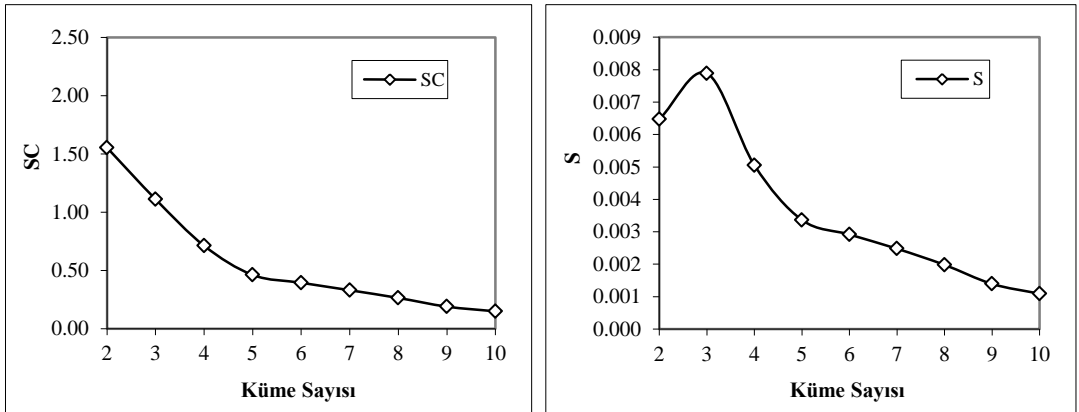
Şekil 5.78 incelendiğinde; ADI, SC ve S ölçütlerine bakıldığında küme sayısı 8' den sonra çok küçük değişimlerin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, XB ölçütü için en düşük değer küme sayısı 6 için elde edilmiştir. Şekil 5.78' de verilen sonuçlara göre yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.79' da gösterilmektedir.

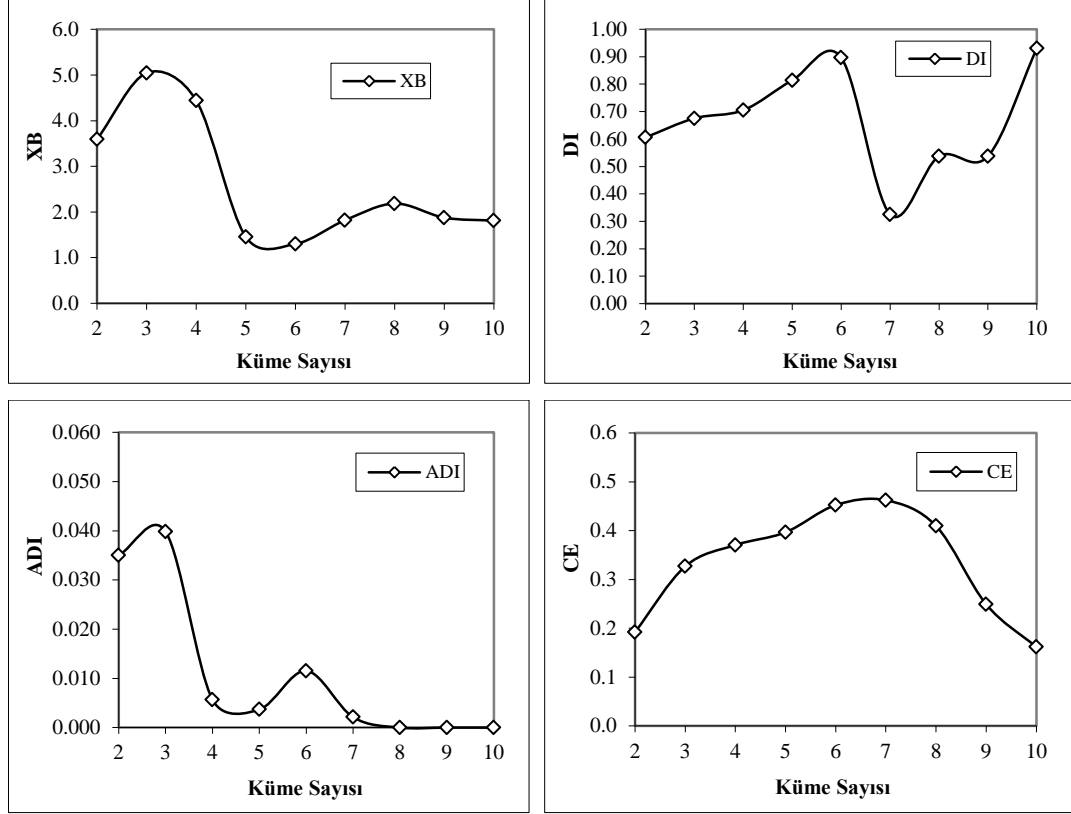


Şekil 5.79. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 1 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 2 (AS) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

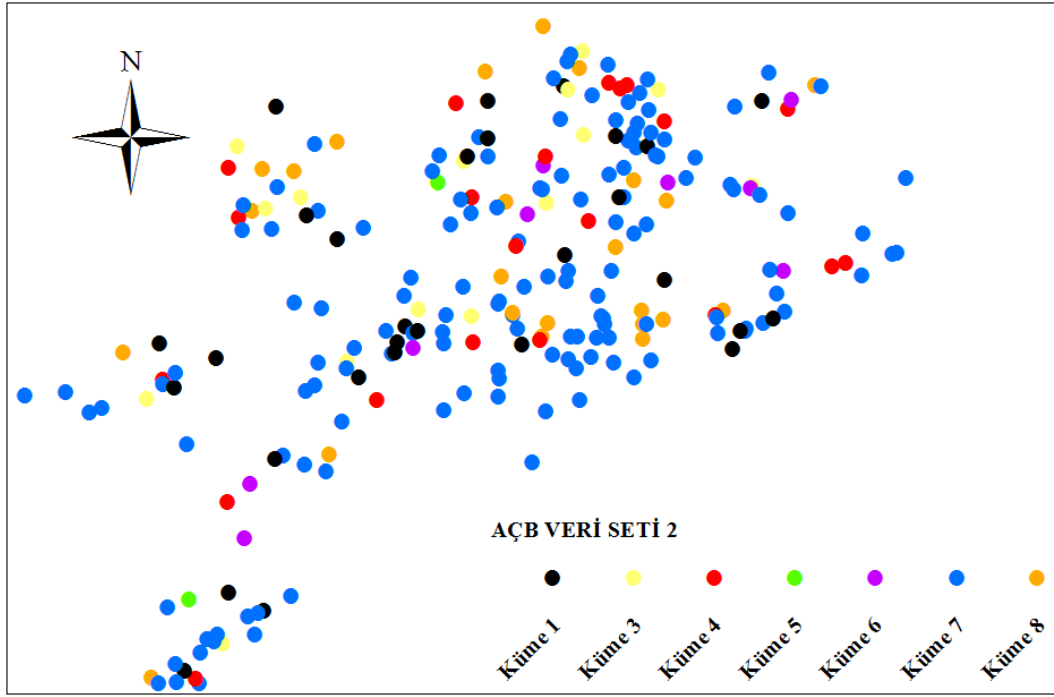
Burada içme suyu şebekesinde meydana gelen AÇB boru malzeme türüne ait arıza sayıları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.80’ de görülmektedir.





Şekil 5.80. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

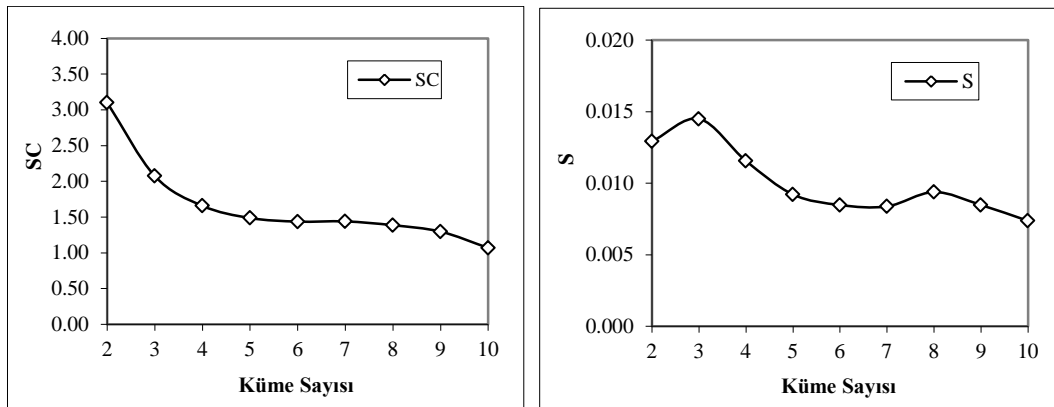
Şekil 5.80 incelendiğinde; SC ve S ölçütlerine bakıldığında küme sayısı 10'a kadar ölçütlerdeki değişimin azalarak devam ettiği görülmektedir. Ayrıca, ADI ölçütünün küme sayısı 8'den sonra yatay bir seyir izlediği tespit edilmiştir. Diğer taraftan, DI ölçütü için en düşük değer küme sayısı 7 için elde edilirken, XB ölçütünde en düşük değer küme sayısı 5 için gözlenmiştir. Şekil 5.80' de verilen sonuçlara göre yapılan sınıflandırma sonucunda en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.81' de gösterilmektedir.

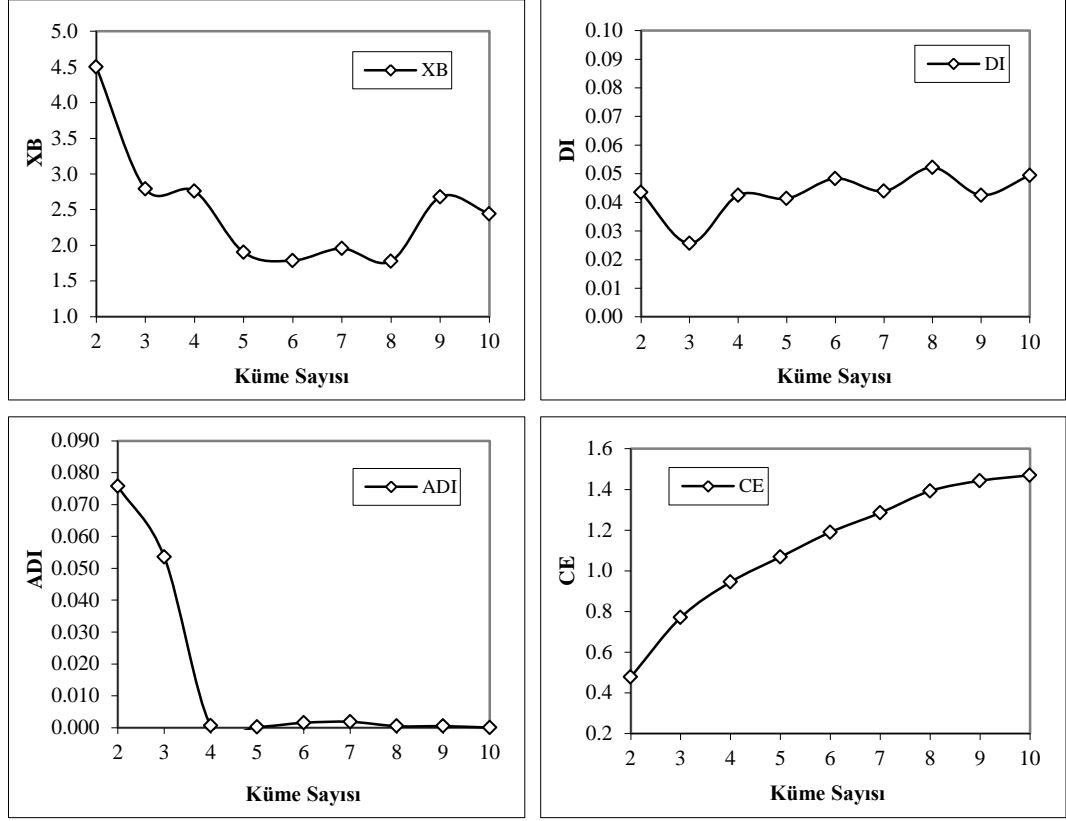


Şekil 5.81. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 3 (AS X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

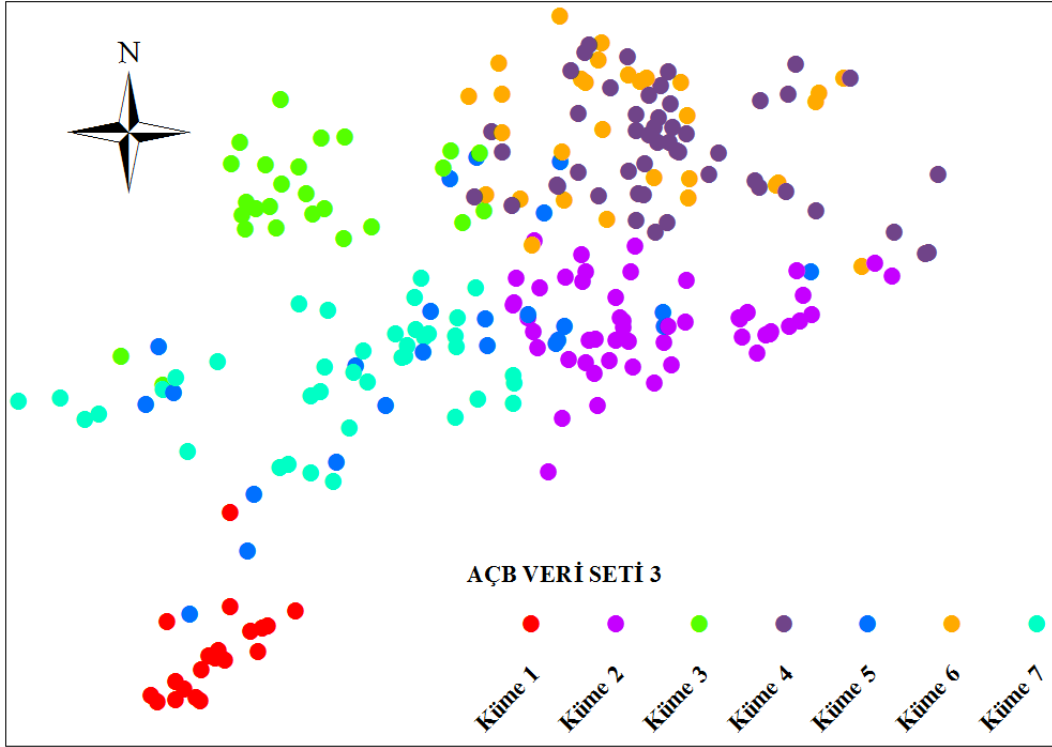
Burada AÇB boru malzeme türüne ait arıza sayıları ile arızanın meydana geldiği noktanın Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.82' de gösterilmiştir.





Şekil 5.82. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

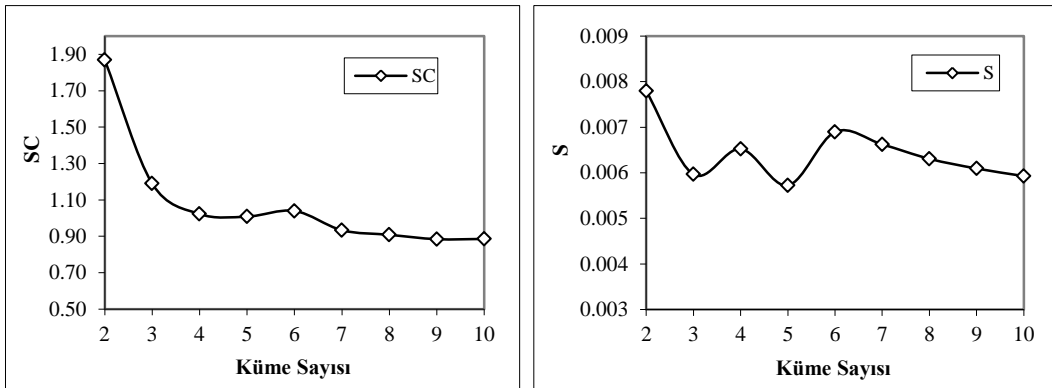
Şekil 5.82 incelendiğinde; SC ölçütü küme sayısı 7' den sonra küçük değişimler göstermektedir. DI ve S ölçütlerinin değerinin küme sayısı 7' den itibaren arttığı görülmüştür. Diğer taraftan XB ölçütü küme sayısına göre değişken bir ölçütleri incelendiğinde genel olarak en uygun değer küme sayısı 8 için elde edildiği görülmektedir. Şekil 5.82' de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 7 olarak belirlenmiş ve bu 7 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.83' te gösterilmektedir.

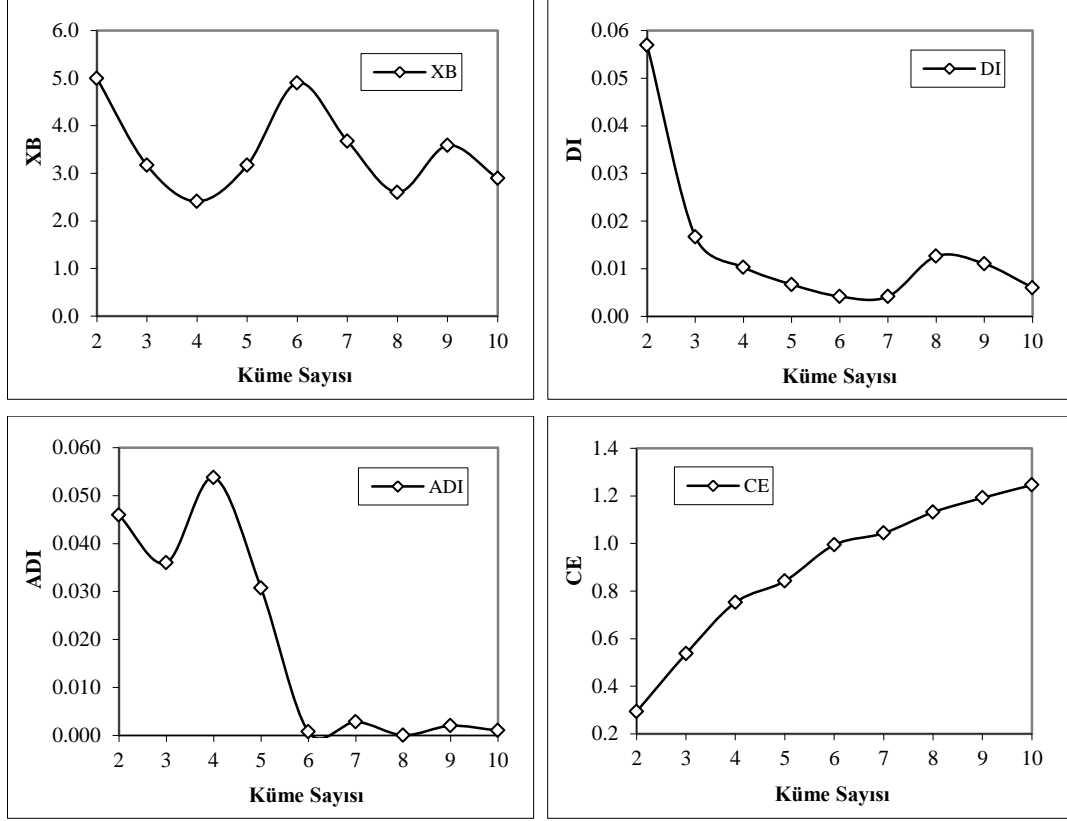


Şekil 5.83. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 4 (BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

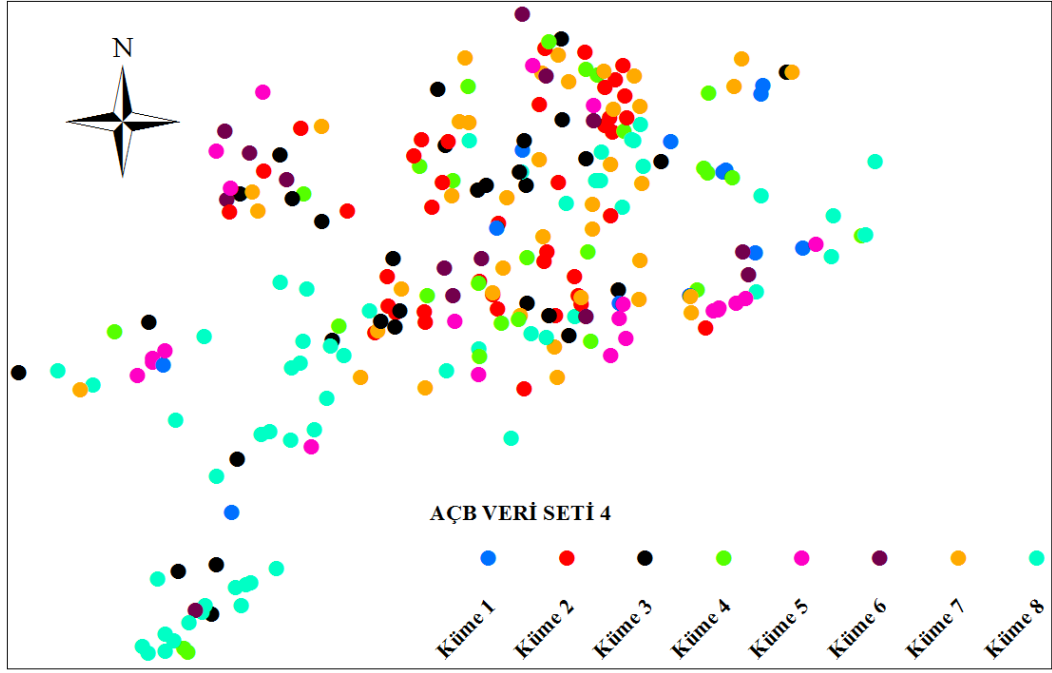
Burada AÇB boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.84' te görülmektedir.





Şekil 5.84. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

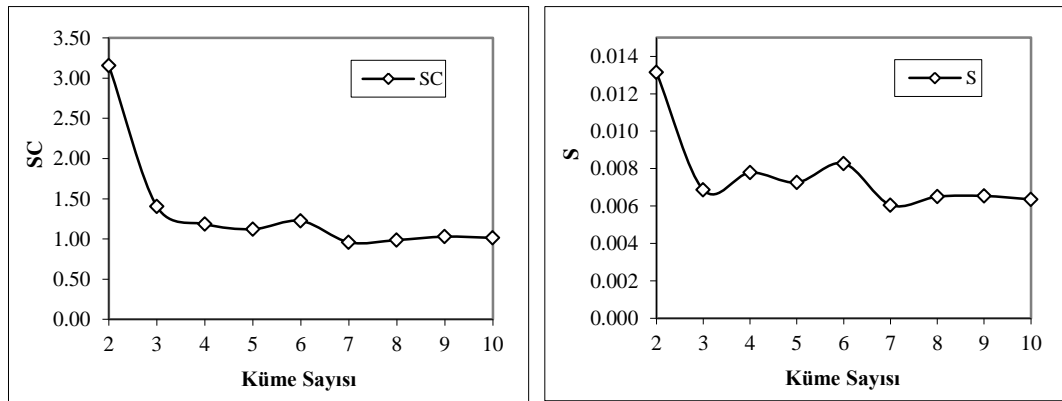
Şekil 5.84 incelendiğinde; S, SC, ADI ve XB ölçütlerine en uygun değer küme sayısı 8 için elde edildiği görülmektedir. Diğer taraftan DI ölçütüne bakıldığında küme sayısı 7' den sonra bu ölçütte bir artış olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5.84' te verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.85' te gösterilmektedir.

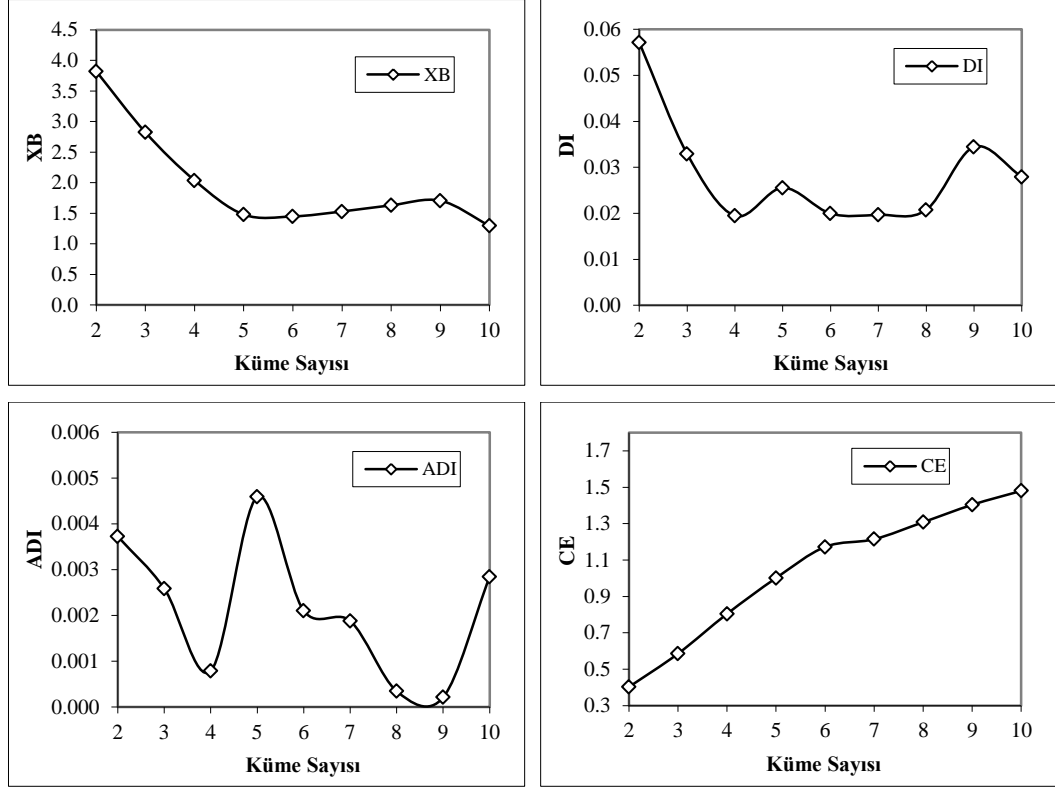


Şekil 5.85. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 4 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 5 (AS BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

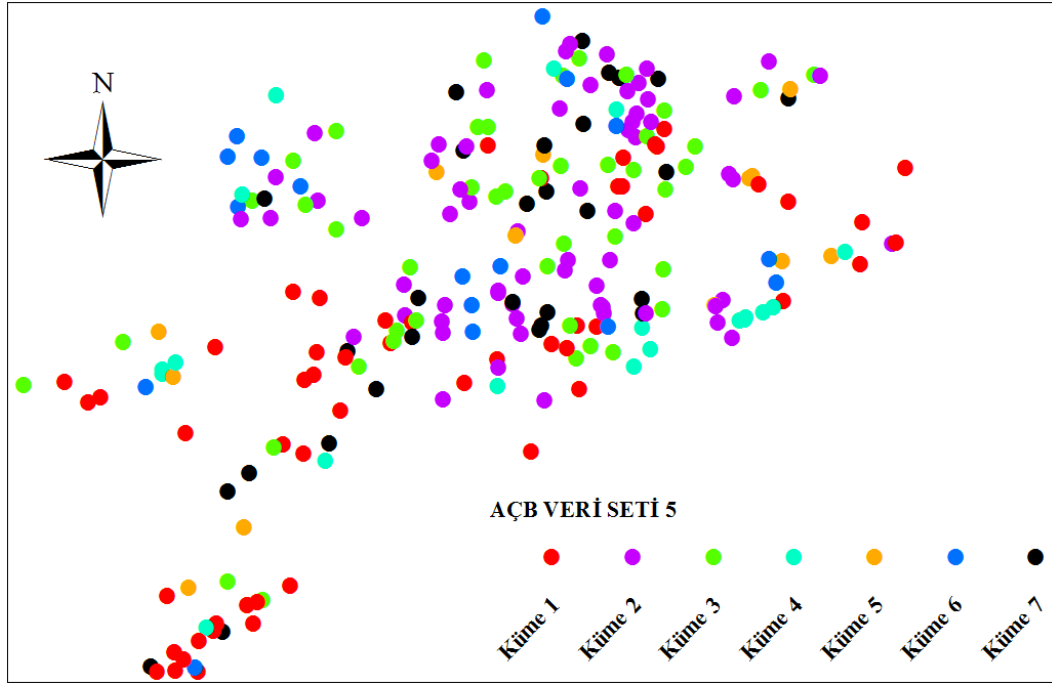
Burada AÇB boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.86' da verilmiştir.





Şekil 5.86. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

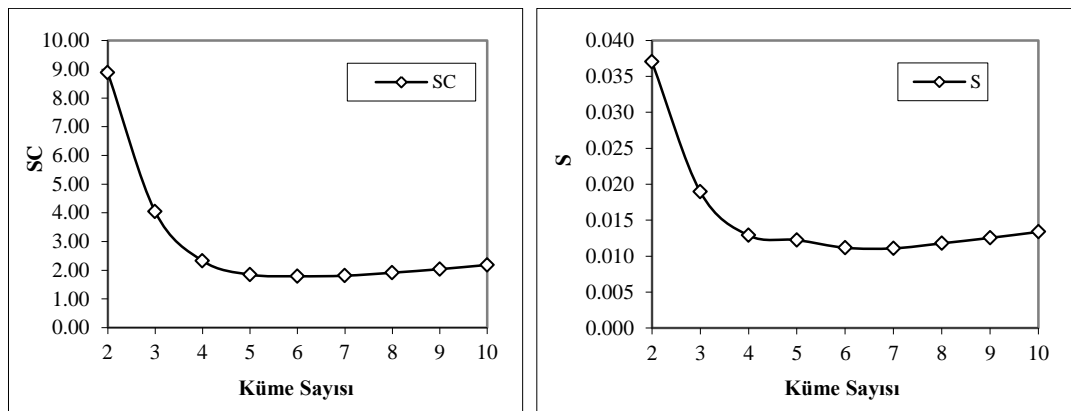
Şekil 5.86 incelendiğinde; S, SC, XB ve DI ölçütlerine göre en uygun değer küme sayısı 7 için elde edildiği belirlenmiştir. Diğer taraftan ADI ölçütü küme en uygun değer küme 9 için elde edildiği görülmektedir. Şekil 5.86’ da verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 7 olarak belirlenmiş ve bu 7 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.87’ de gösterilmektedir.

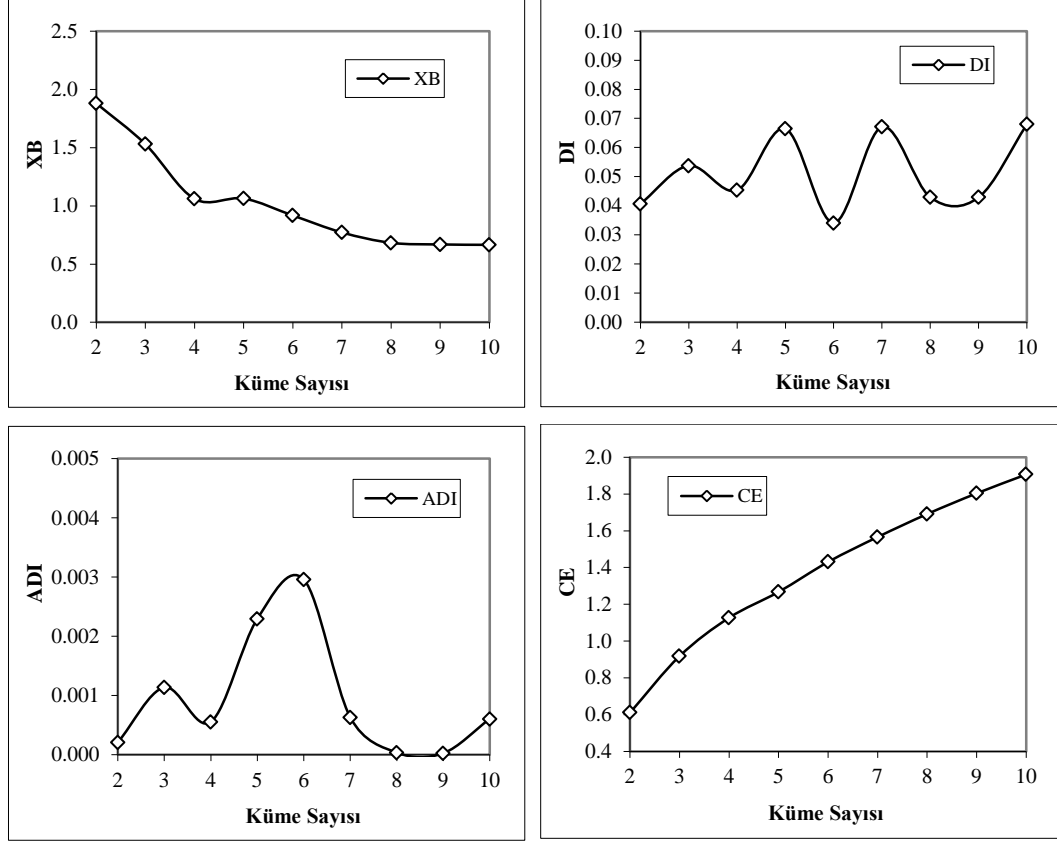


Şekil 5.87. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 6 (AS BU BC BY X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

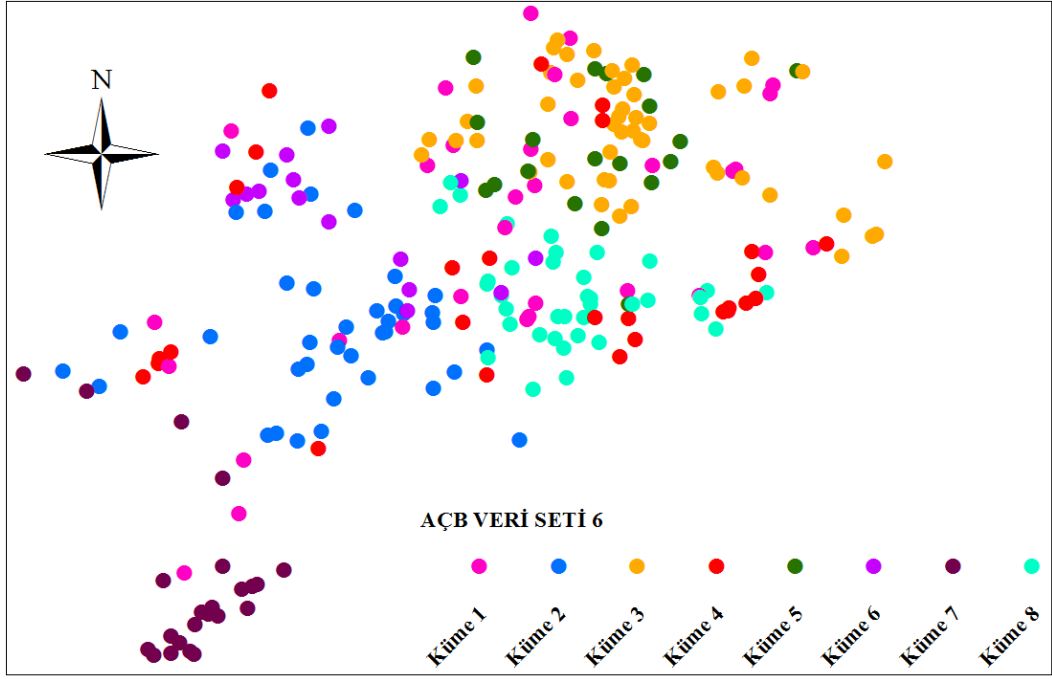
Burada AÇB boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza sayıları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC, BY, Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.88’ de görülmektedir.





Şekil 5.88. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

Şekil 5.88 incelendiğinde; S, SC, XB ve ADI ölçütlerine göre en uygun değer küme sayısı 8 için elde edildiği belirlenmiştir. Diğer taraftan DI ölçütü küme en uygun değer küme 6 için elde edildiği görülmektedir. Şekil 5.88’ de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.89’ da gösterilmektedir.



Şekil 5.89. AÇB Boru için Arıza Sayısı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

5.5.3. Arıza Oranlarına Göre Sınıflandırma

İçme suyu şebekelerinde meydana gelen arıza verilerinin sınıflandırılmasında, arıza sayısının boru uzunluğuna bölümü ile elde edilen arıza oranları kullanılmıştır. Arıza oranları kullanılarak yapılacak sınıflandırma için belirlenen kullanılan veri setleri ve değişkenler Çizelge 5.7, 5.8, 5.9, 5.10' da verilmiştir. Bu veri setleri kullanılarak kümeleme analizi ve alt grupların belirlenmesi ve belirlenen her bir alt grup için arıza oranlarının tahmin edilmesi çalışmaları yapılmıştır. Burada arıza sayıları ile ortak veri seti olan Veri Seti 1 ve Veri Seti 4 için yeniden çözüm yapılmamıştır.

Çizelge 5.7. Bulanık kümeleme yöntemi ile arıza oranlarının sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri

Veri Seti	Özellik vektörü sayısı	Değişkenler	Değişken Sayısı
Veri Seti 2	1502	AO	1
Veri Seti 3	1502	AO X Y	3
Veri Seti 5	1502	AO BU BC BY	4
Veri Seti 6	1502	AO BU BC BY X Y	6

Çizelge 5.8. Bulanık kümeleme yöntemi ile AÇB borularda meydana gelen arıza oranlarının sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri

Veri Seti	Özellik vektörü sayısı	Değişkenler	Değişken Sayısı
Veri Seti 2	240	AO	1
Veri Seti 3	240	AO X Y	3
Veri Seti 5	240	AO BU BC BY	4
Veri Seti 6	240	AO BU BC BY X Y	6

Çizelge 5.9. Bulanık kümeleme yöntemi ile PİK borularda meydana gelen arıza oranlarının sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri

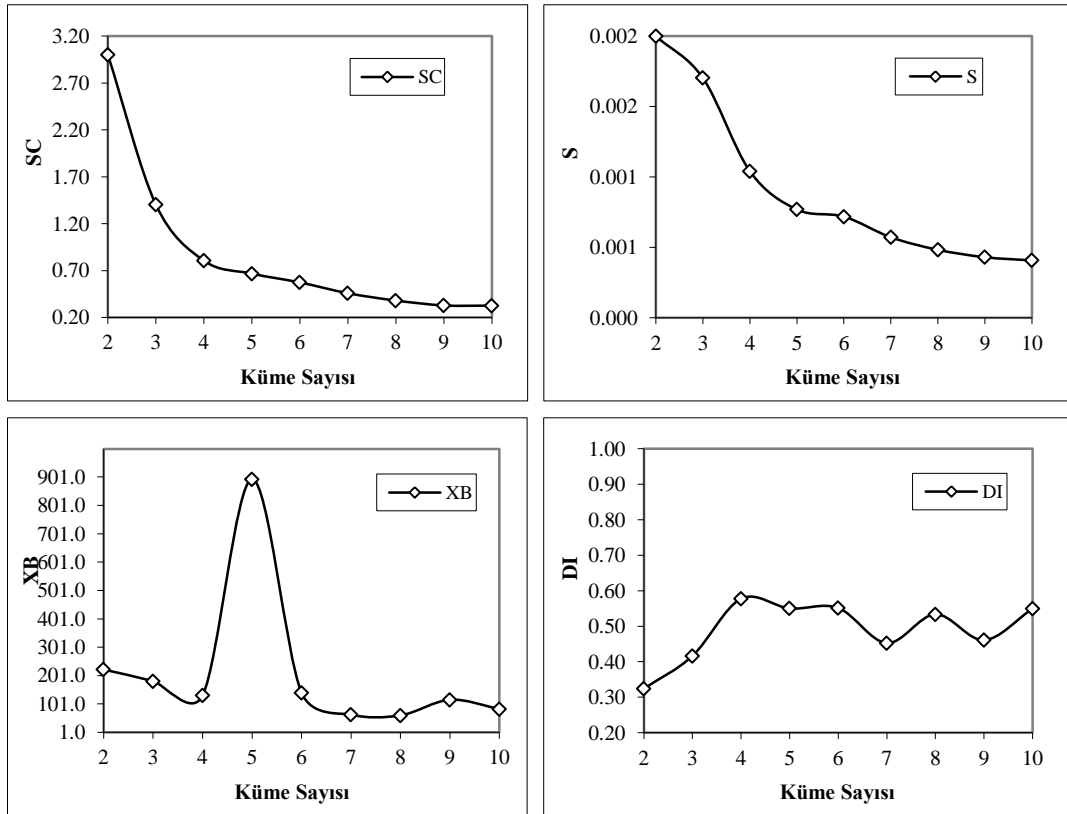
Veri Seti	Özellik vektörü sayısı	Değişkenler	Değişken Sayısı
Veri Seti 2	244	AO	1
Veri Seti 3	244	AO X Y	3
Veri Seti 5	244	AO BU BC BY	4
Veri Seti 6	244	AO BU BC BY X Y	6

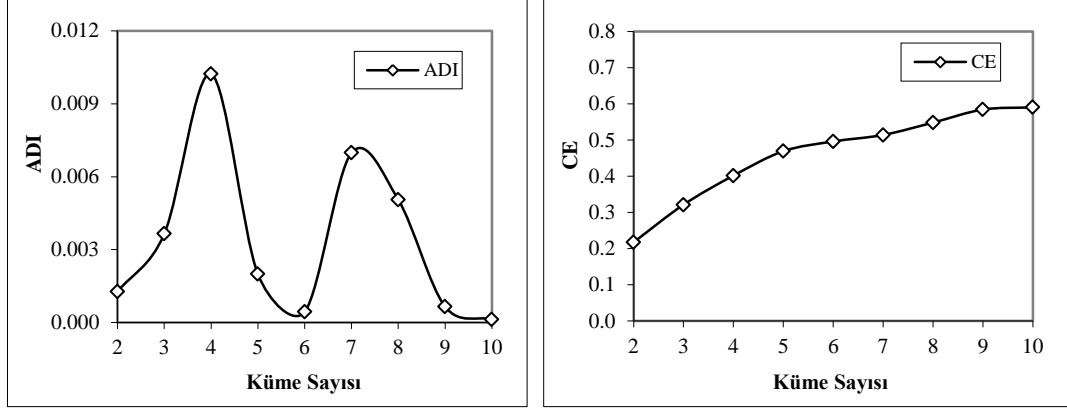
Çizelge 5.10. Bulanık kümeleme yöntemi ile PVC borularda meydana gelen arıza oranlarının sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve veri setleri

Veri Seti	Özellik vektörü sayısı	Değişkenler	Değişken Sayısı
Veri Seti 2	1015	AO	1
Veri Seti 3	1015	AO X Y	3
Veri Seti 5	1015	AO BU BC BY	4
Veri Seti 6	1015	AO BU BC BY X Y	6

Tüm Borular için Veri Seti 2 (AO) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

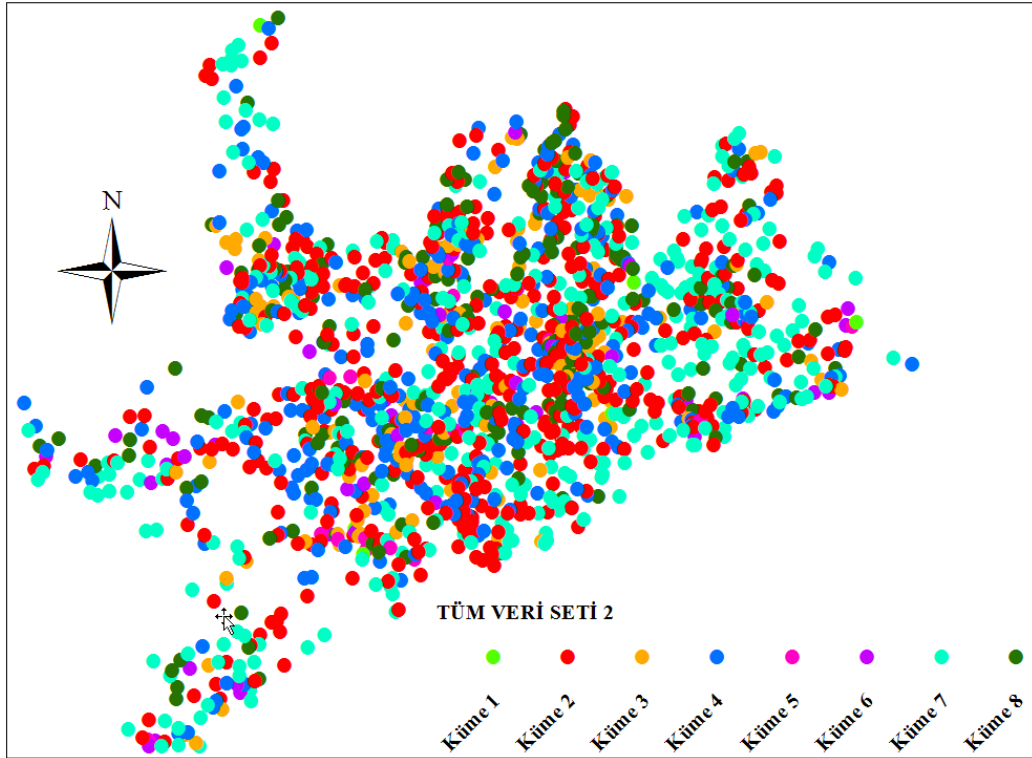
Burada tüm arıza kayıtları için içme suyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.90' da gösterilmiştir.





Şekil 5.90. Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

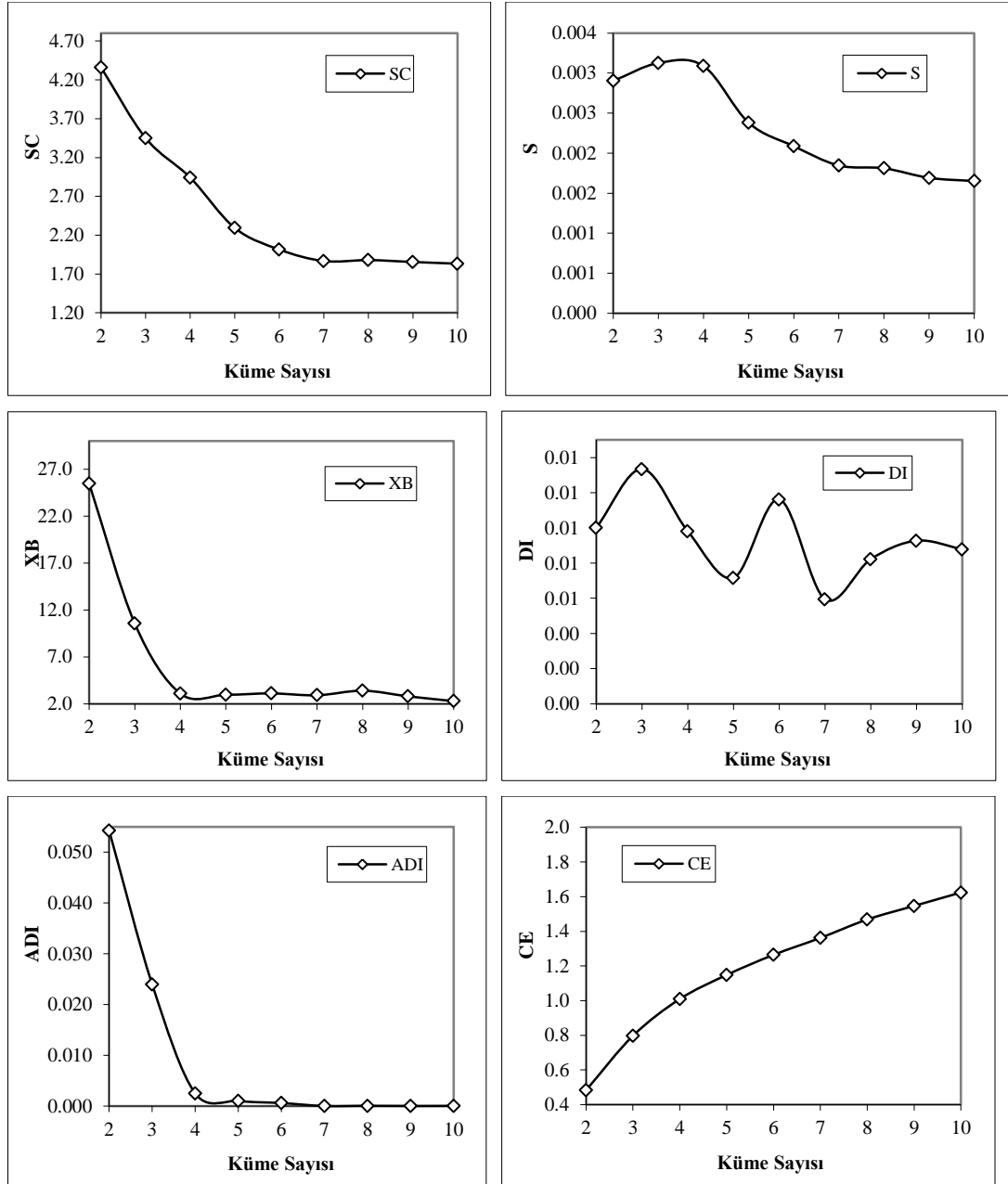
Şekil 5.90 incelendiğinde; S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 8' den sonra küçük değişimler gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan ADI ölçütü için en uygun değer küme sayısı 6 için elde edilirken, DI ölçütü için en uygun değer küme sayısı 7 için ve XB ölçütü için en uygun değer küme sayısı 8 için tespit edilmiştir. Şekil 5.90' da verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.91' de gösterilmektedir.



Şekil 5.91. Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

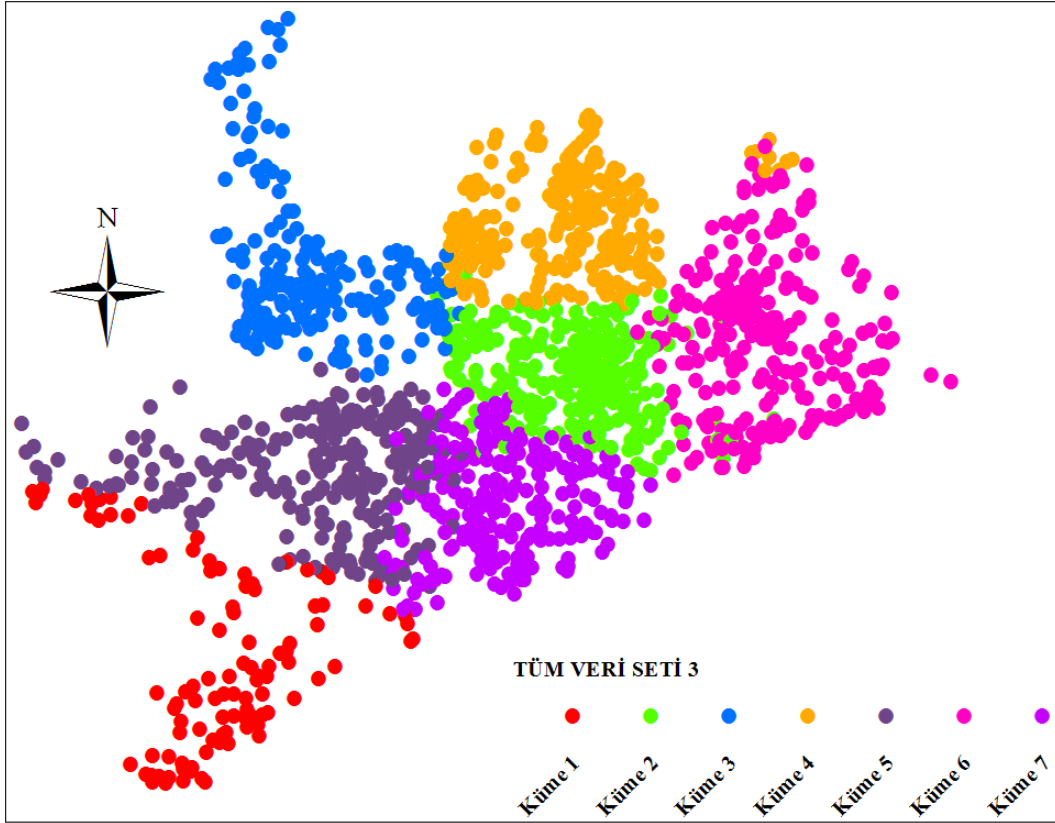
Tüm Borular için Veri Seti 3 (AO X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

Burada tüm arıza kayıtları için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları ve bu arızalara ait enlem ve boylam bilgileri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.92’ de verilmiştir.



Şekil 5.92. Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

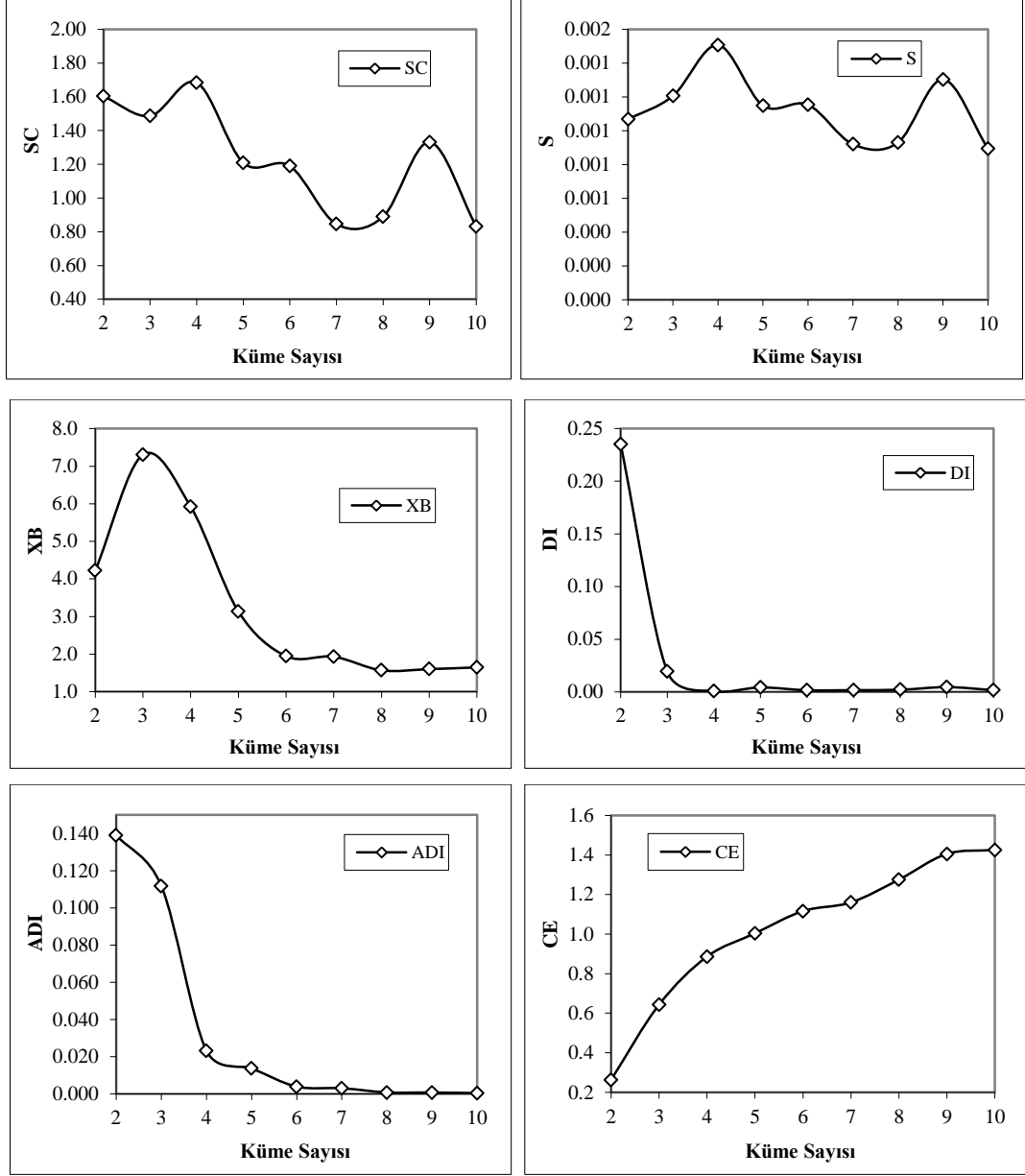
Şekil 5.92 incelendiğinde; XB, ADI, S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 7' den sonra küçük değişimler gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, ADI ölçütü için en uygun değer küme sayısı 6 için elde edilmiştir. Şekil 5.92' de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 7 olarak belirlenmiş ve bu 7 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.93' te gösterilmektedir.



Şekil 5.93. Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

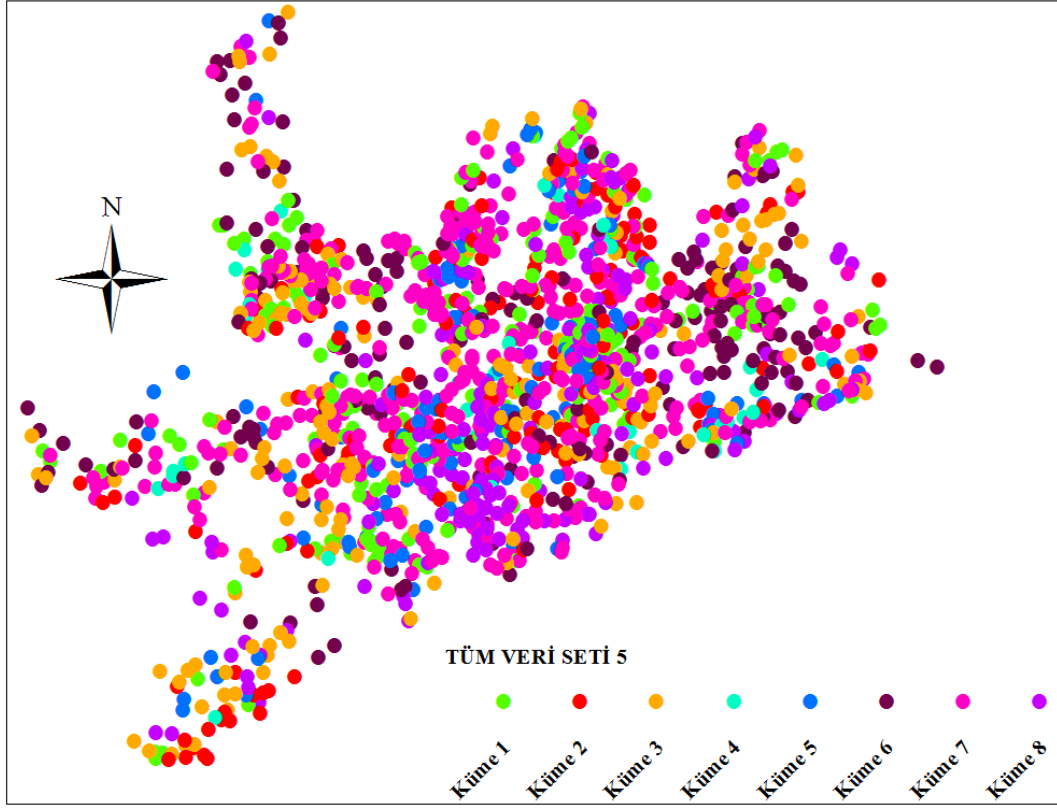
Tüm Borular için Veri Seti 5 (AO BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

Burada tüm arıza kayıtları için içme suyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları ile bu arızaların meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.94' te verilmiştir.



Şekil 5.94. Tüm Borular Arıza Oranı için Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

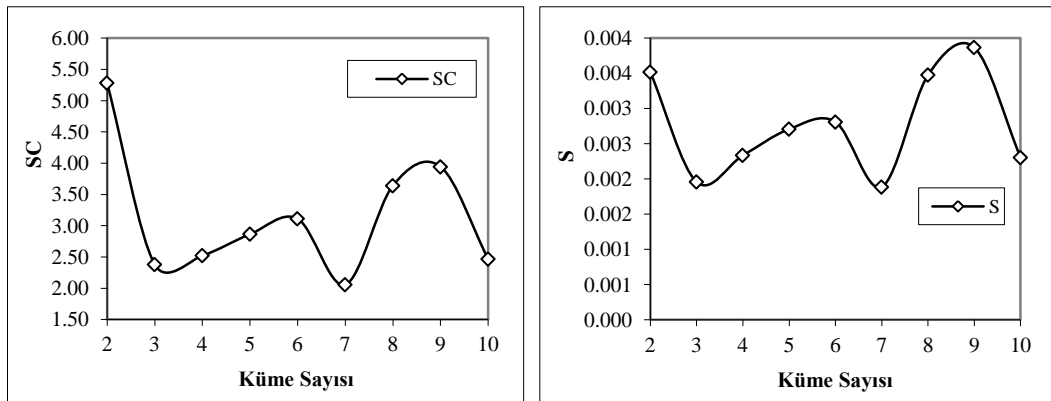
Şekil 5.94 incelendiğinde; bütün ölçütler için genel olarak küme sayısı 8 için en uygun sonuçların elde edildiği söylenebilir. Şekil 5.94’ te verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.95’ te gösterilmektedir.

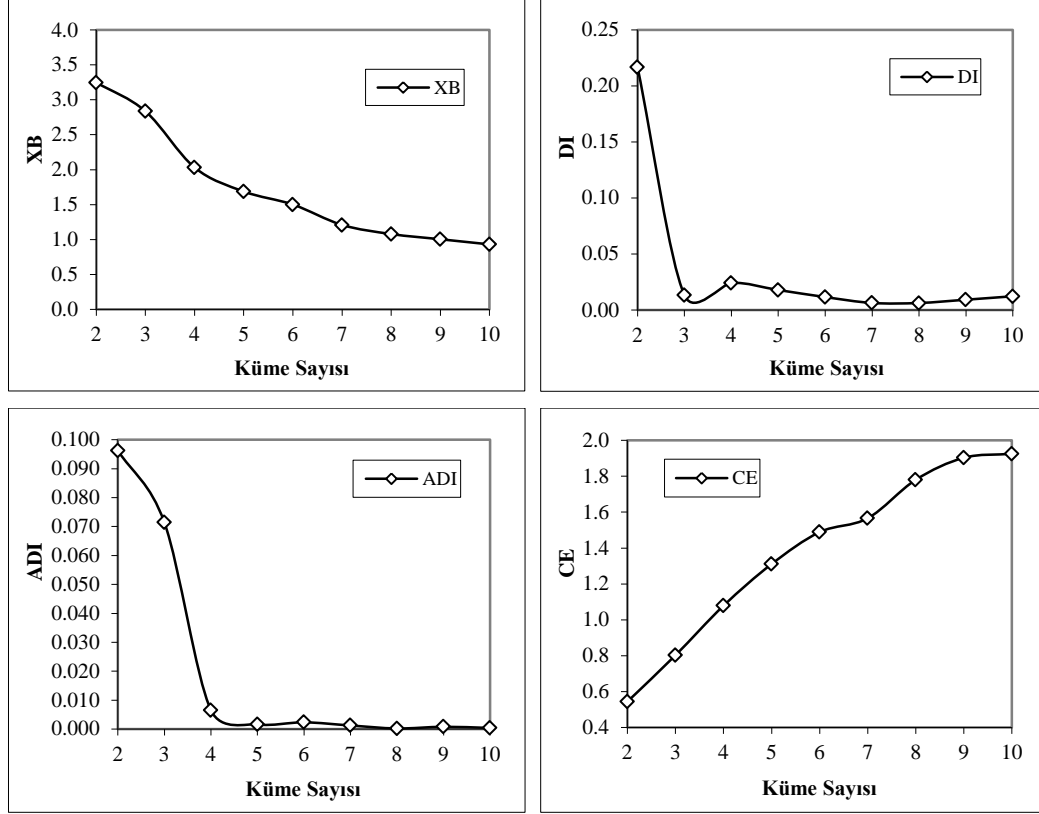


Şekil 5.95. Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

Tüm Borular için Veri Seti 6 (AO BU BC BY X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

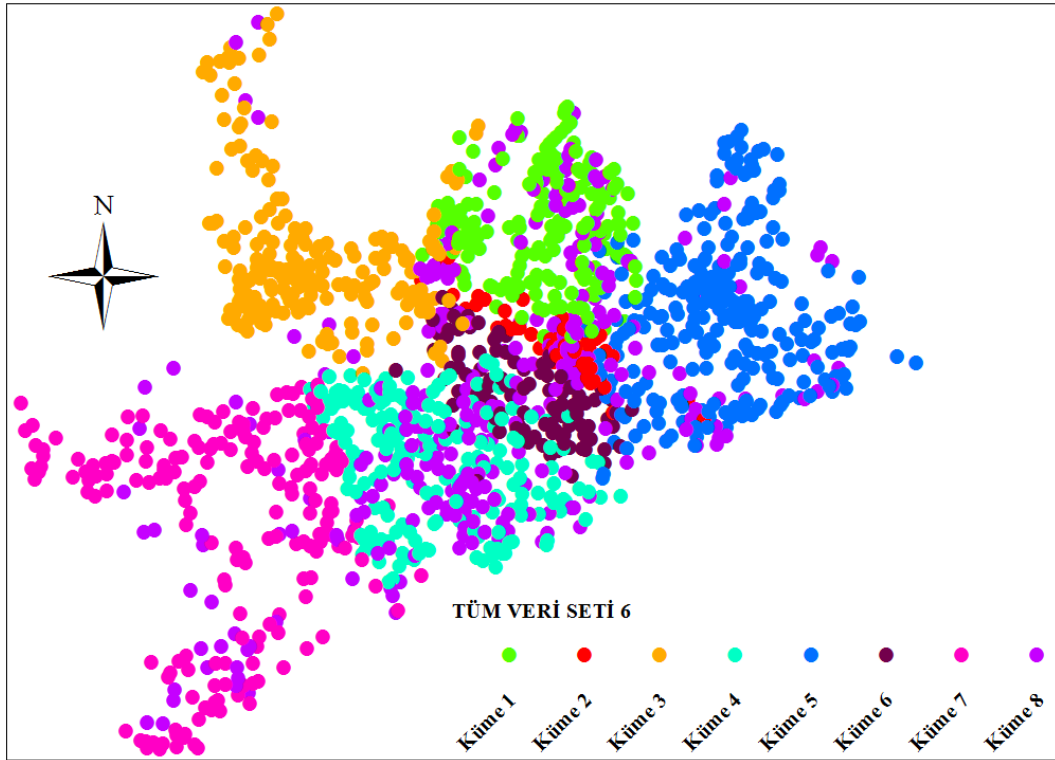
Burada tüm arıza kayıtları için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları ile bu arızaların meydana geldiği boruya ait, BU, BC, BY, Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.96' da gösterilmiştir.





Şekil 5.96. Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

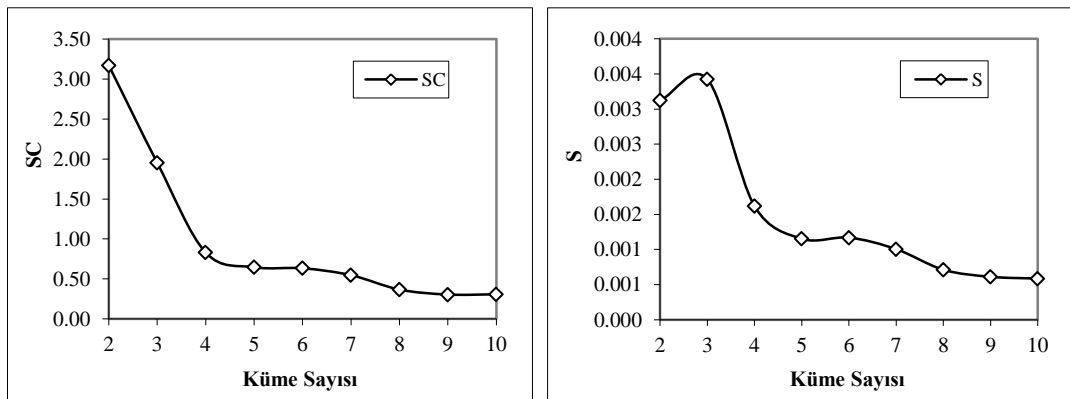
Şekil 5.96 incelendiğinde; S ve SC ölçütlerinin en düşük değerinin küme sayısı 7 için elde edildiği görülmektedir. Diğer taraftan, XB ve DI ölçütleri için küme sayısı 8’ den sonra çok küçük değişimlerin olduğu belirlenmiştir. Şekil 5.96’ da verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.97’ de gösterilmektedir.

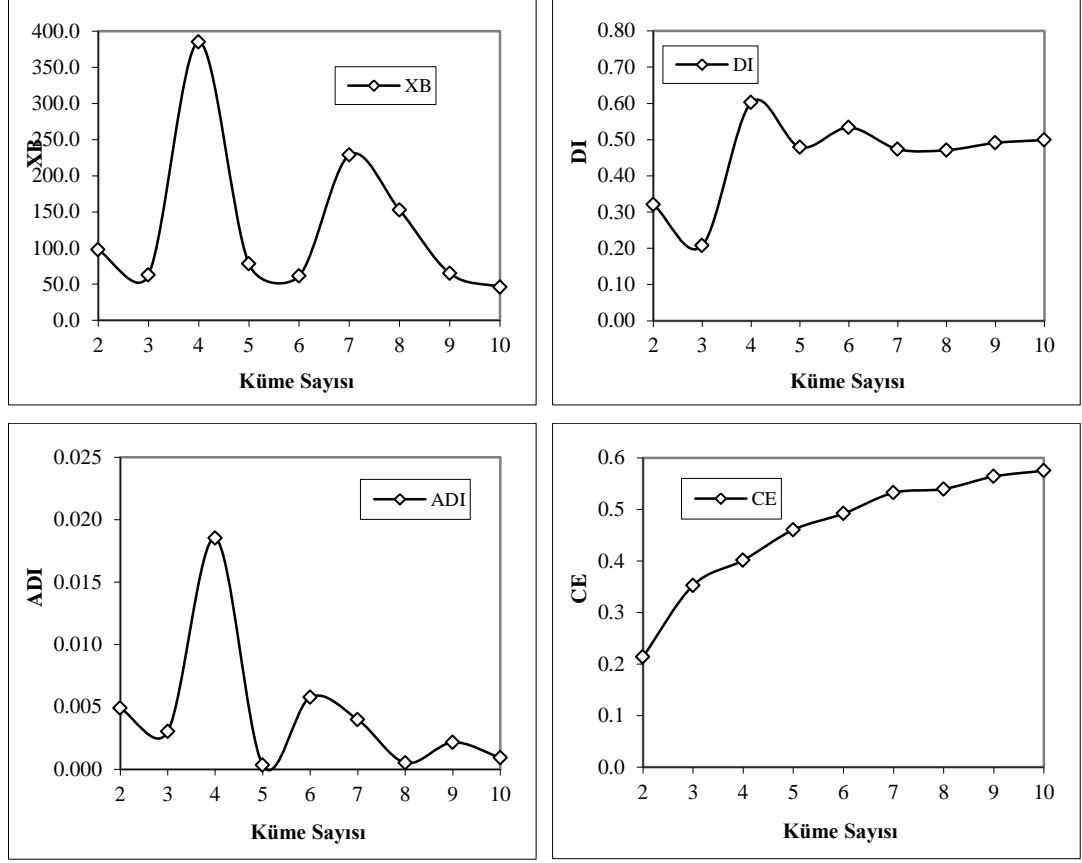


Şekil 5.97. Tüm Borular için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 2 (AO) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

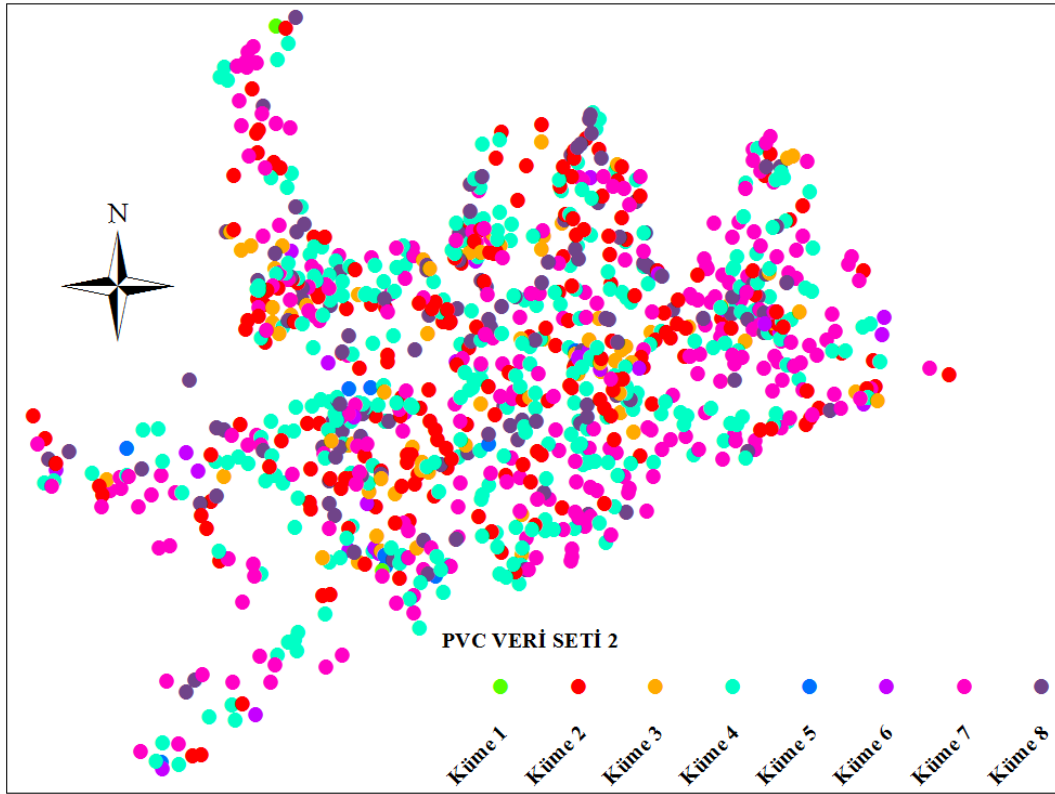
Burada içme suyu şebekesinde meydana gelen PVC boru malzeme türüne ait arıza oranları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.98’ de gösterilmiştir.





Şekil 5.98. PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yıllık yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

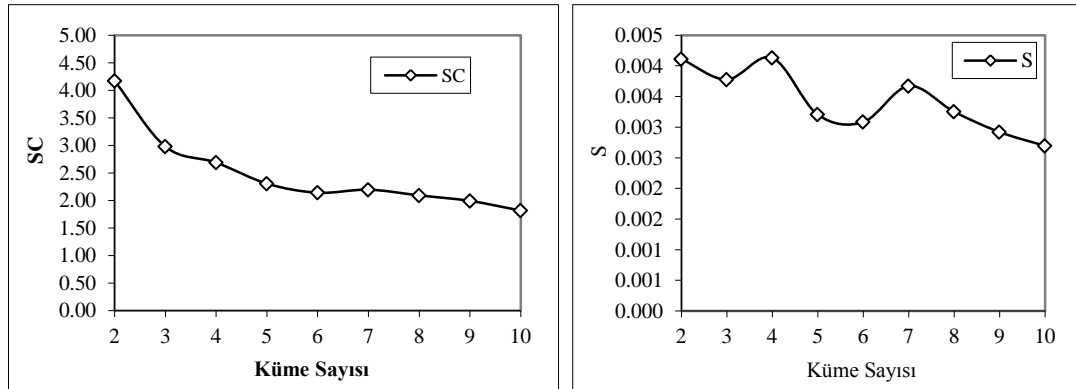
Şekil 5.98 incelendiğinde; DI, S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 8 için en uygun değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan ADI ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 8 için elde edilirken, XB ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 6 için hesaplanmıştır. Şekil 5.98’ de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.99’ da gösterilmektedir.

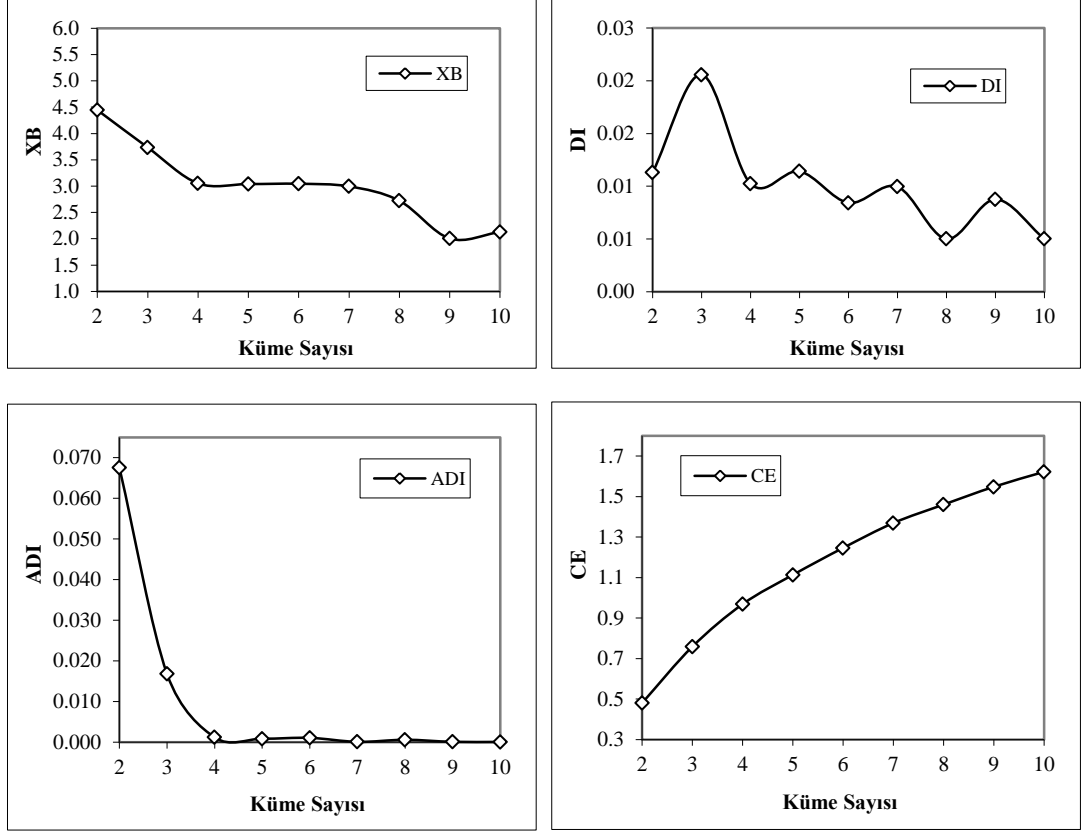


Şekil 5.99. PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 3 (AO X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

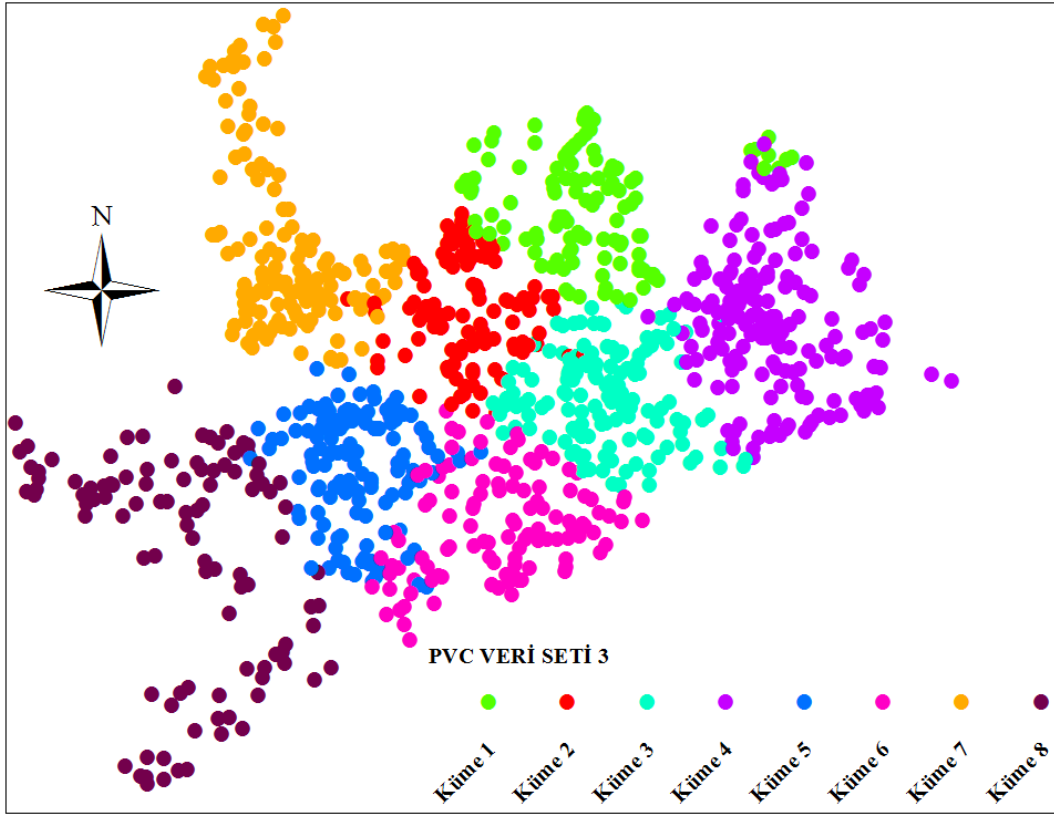
Burada PVC boru malzeme türüne ait arıza oranları ile arızanın meydana geldiği noktanın Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.100' de verilmiştir.





Şekil 5.100. PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

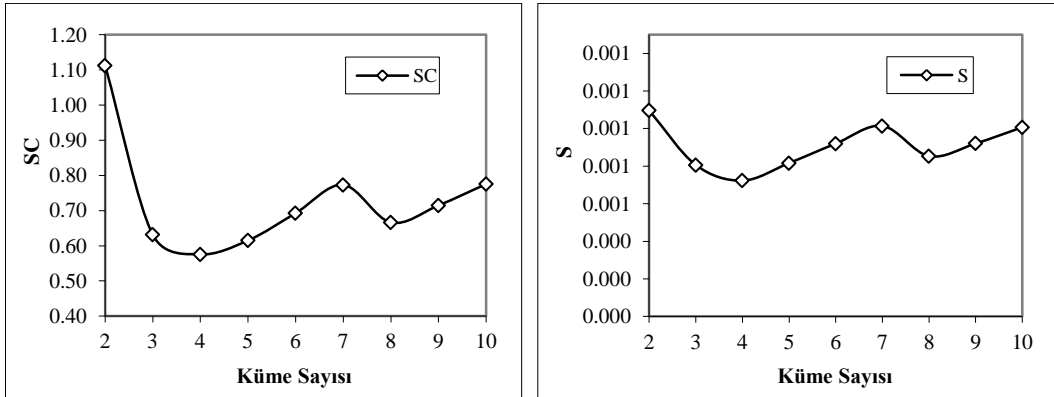
Şekil 5.100 incelendiğinde; S ölçütü için en uygun küme sayısı 6 olarak belirlenirken, SC ölçütünün en uygun değeri küme sayısı 8 için hesaplanmıştır. Diğer taraftan DI ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 8 için elde edilirken, XB ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 9 için hesaplanmıştır. Şekil 5.100’ de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.101’ de gösterilmektedir.

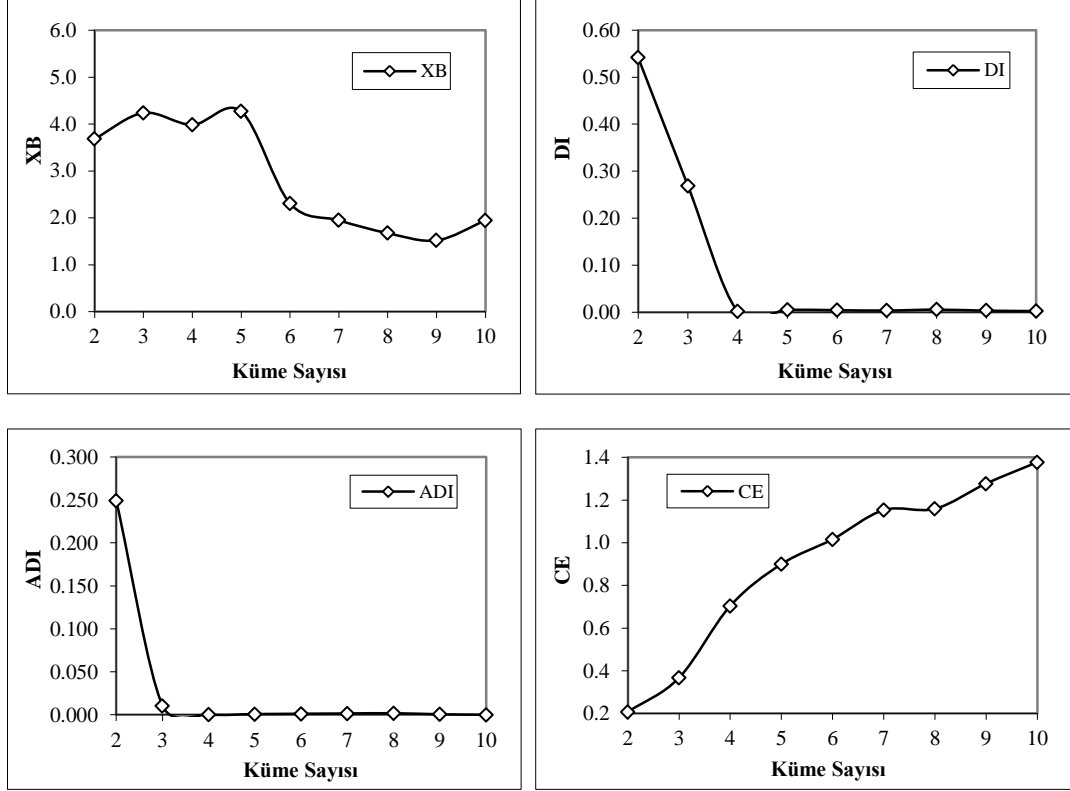


Şekil 5.101. PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 5 (AO BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

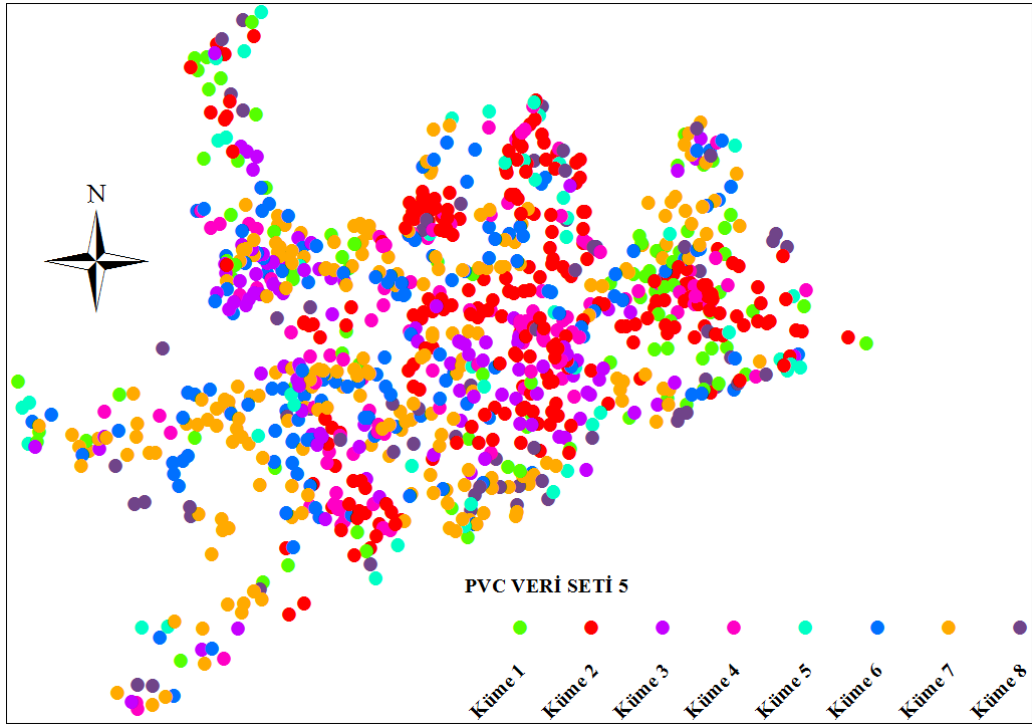
Burada PVC boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.102' de gösterilmiştir.





Şekil 5.102. PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

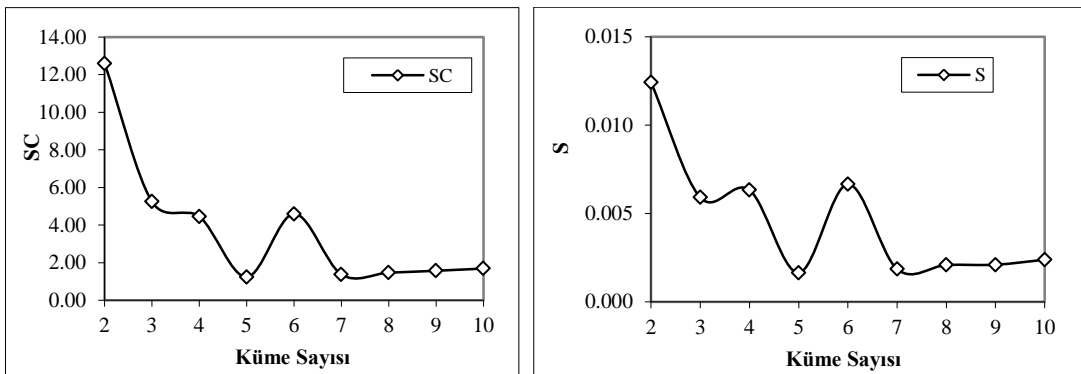
Şekil 5.102 incelendiğinde; S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 8 için en uygun değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan XB ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 9 için elde edilirken, ADI ve DI ölçütlerinin değerinin küme sayısı 3' ten sonra yatay seyir izlediği görülmüştür. Şekil 5.102' de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.103' te gösterilmektedir.

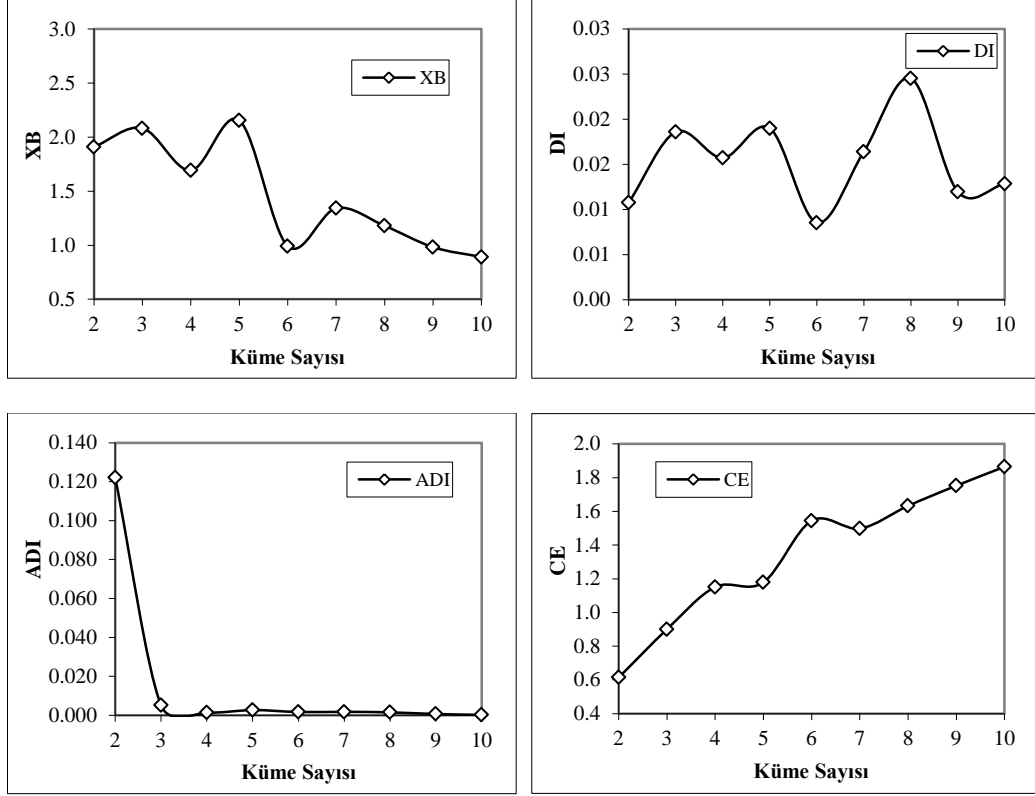


Şekil 5.103. PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PVC Boru için Veri Seti 6 (AO BU BC BY X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

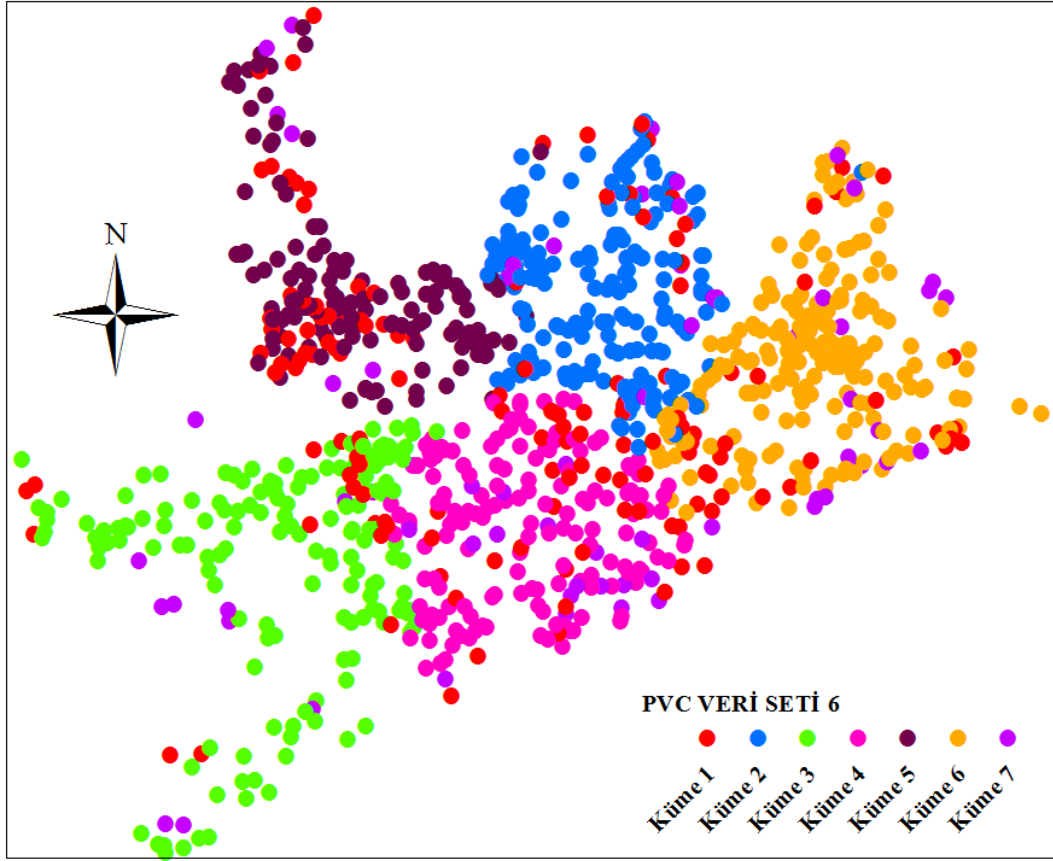
Burada PVC boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC, BY, Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.104' te gösterilmiştir.





Şekil 5.104. PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

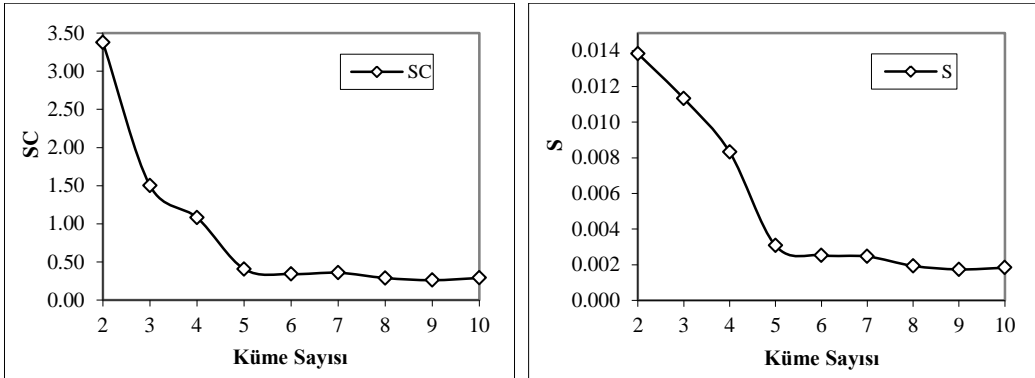
Şekil 5.104 incelendiğinde; S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 7 için en uygun değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan ADI ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 8 için elde edilirken, XB ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 6 için hesaplanmıştır. Şekil 5.104’ te verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 7 olarak belirlenmiş ve bu 7 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.105’ te gösterilmektedir.

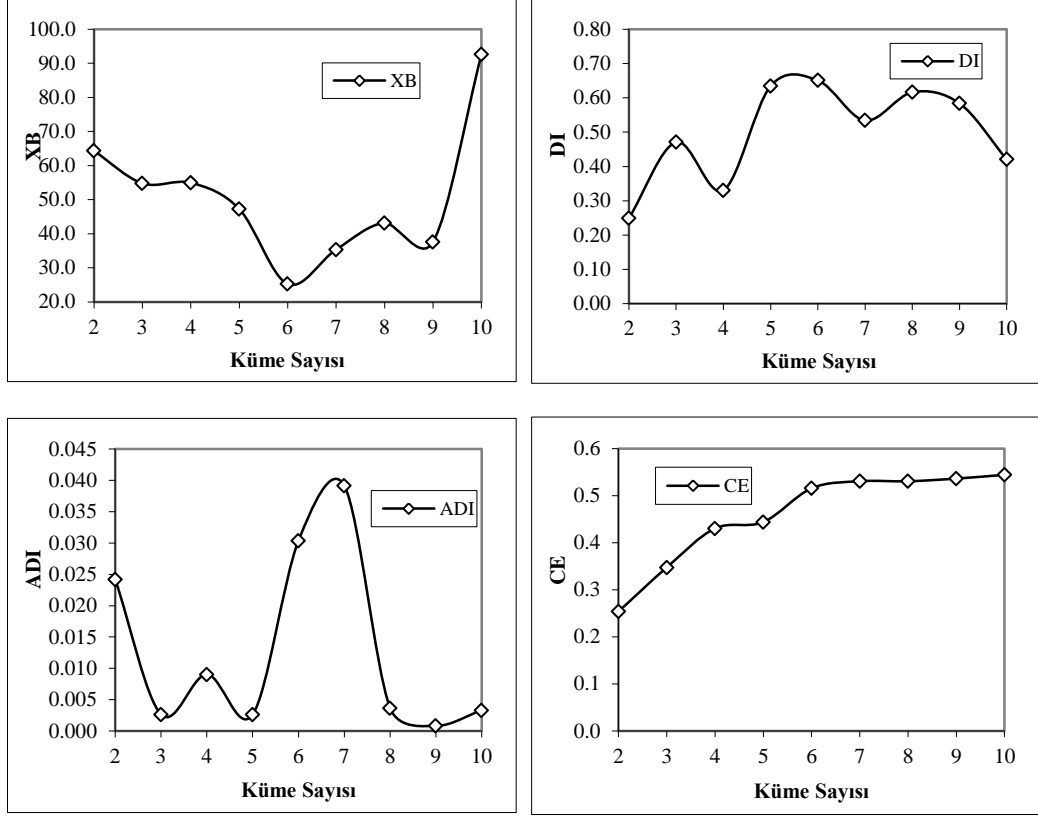


Şekil 5.105. PVC Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 2 (AO) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

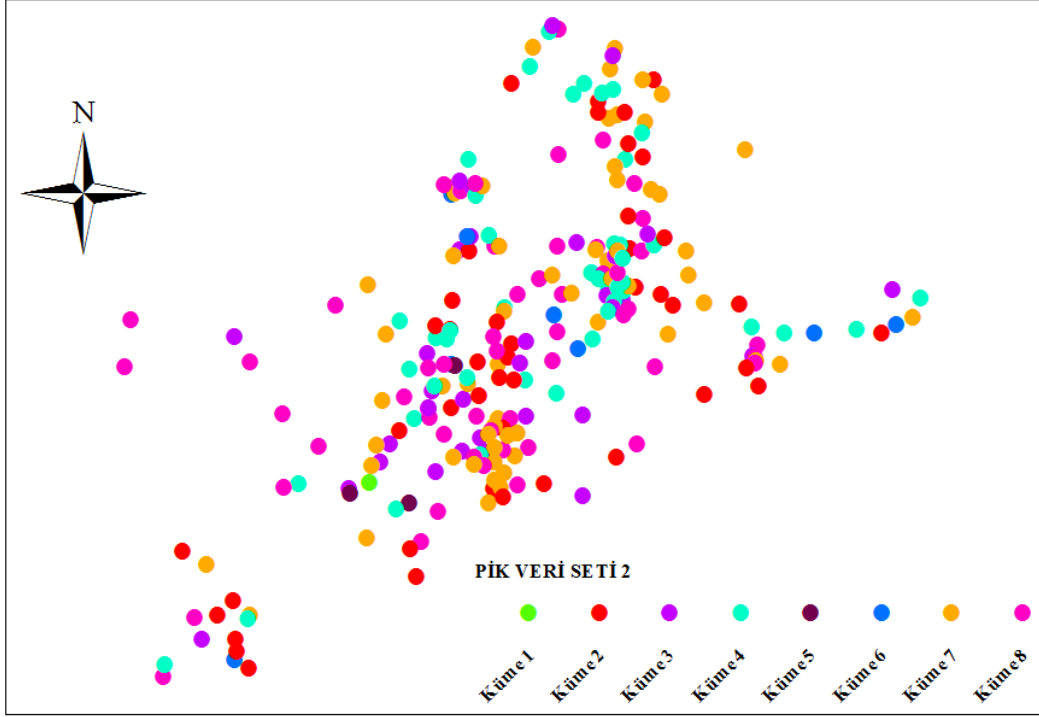
Burada içme suyu şebekesinde meydana gelen PİK boru malzeme türüne ait arıza oranları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.106' da gösterilmiştir.





Şekil 5.106. PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

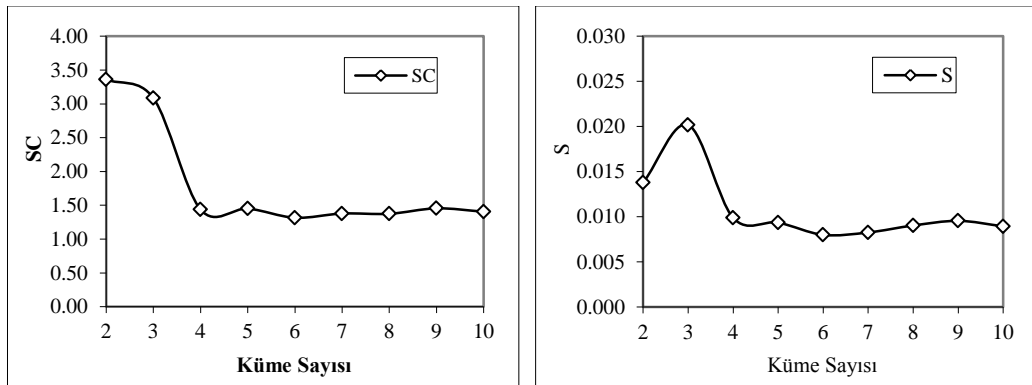
Şekil 5.106 incelendiğinde; S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 8 için en uygun değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan XB ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 6 için elde edilirken, ADI ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 9 için hesaplanmıştır. Şekil 5.106’ da verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.107’ de gösterilmektedir.

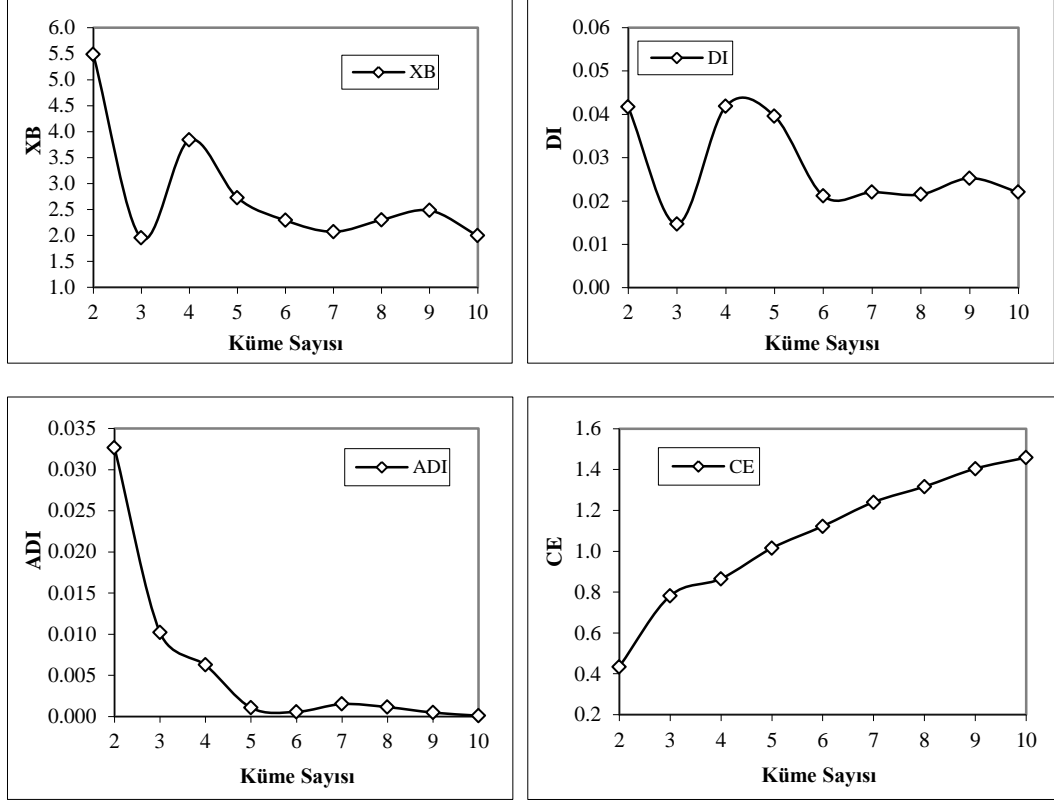


Şekil 5.107. PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 3 (AO X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

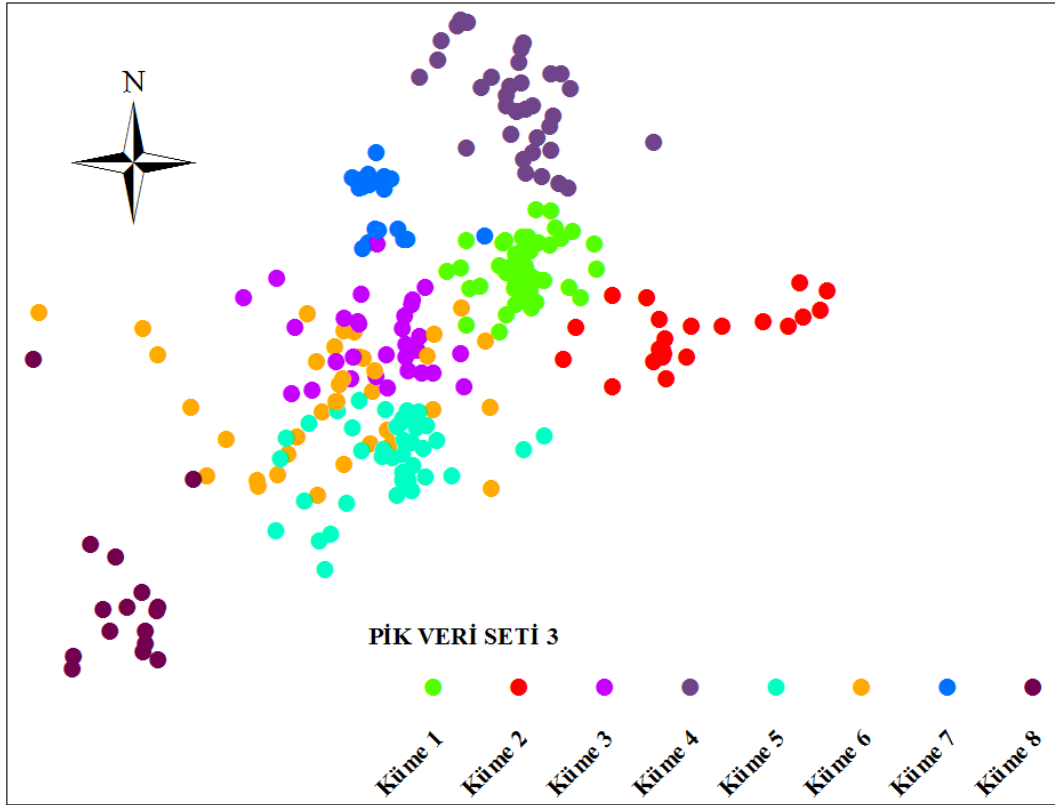
Burada PİK boru malzeme türüne ait arıza oranları ile arızanın meydana geldiği noktanın Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.108’ de görülmektedir.





Şekil 5.108. PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

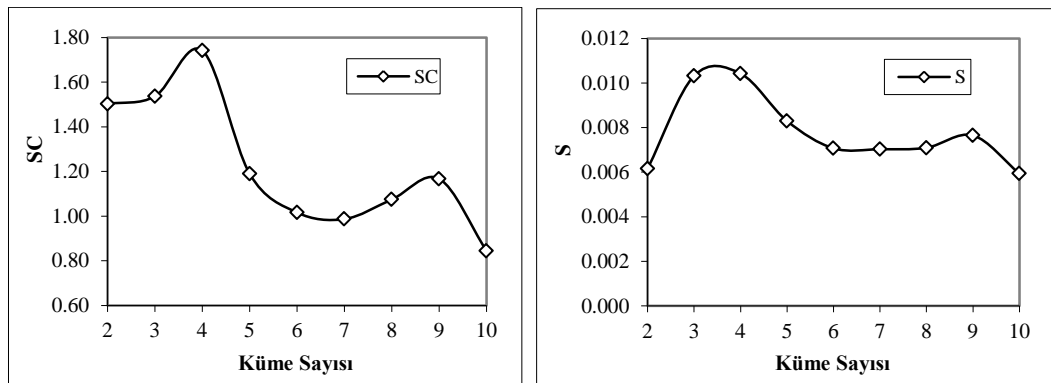
Şekil 5.108 incelendiğinde; DI, S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 8 için en uygun değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan ADI ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 6 için elde edilirken, XB ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 7 için hesaplanmıştır. Şekil 5.108’ de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.109’ da gösterilmektedir.

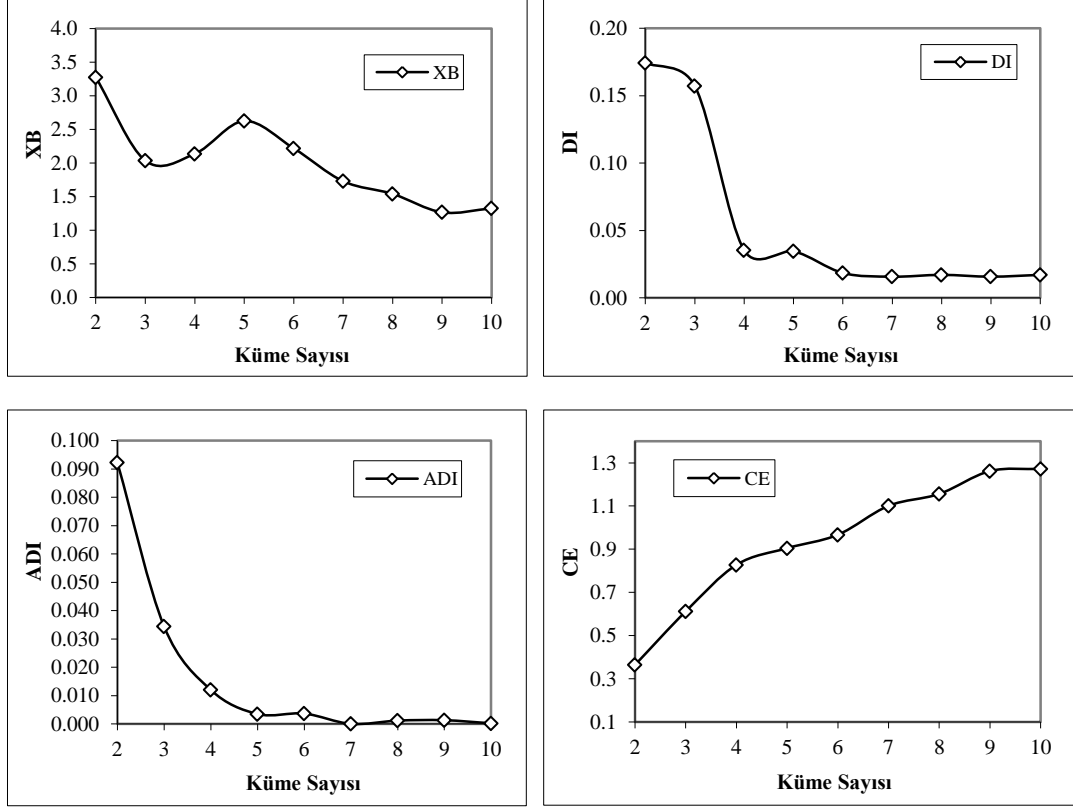


Şekil 5.109. PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 5 (AO BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

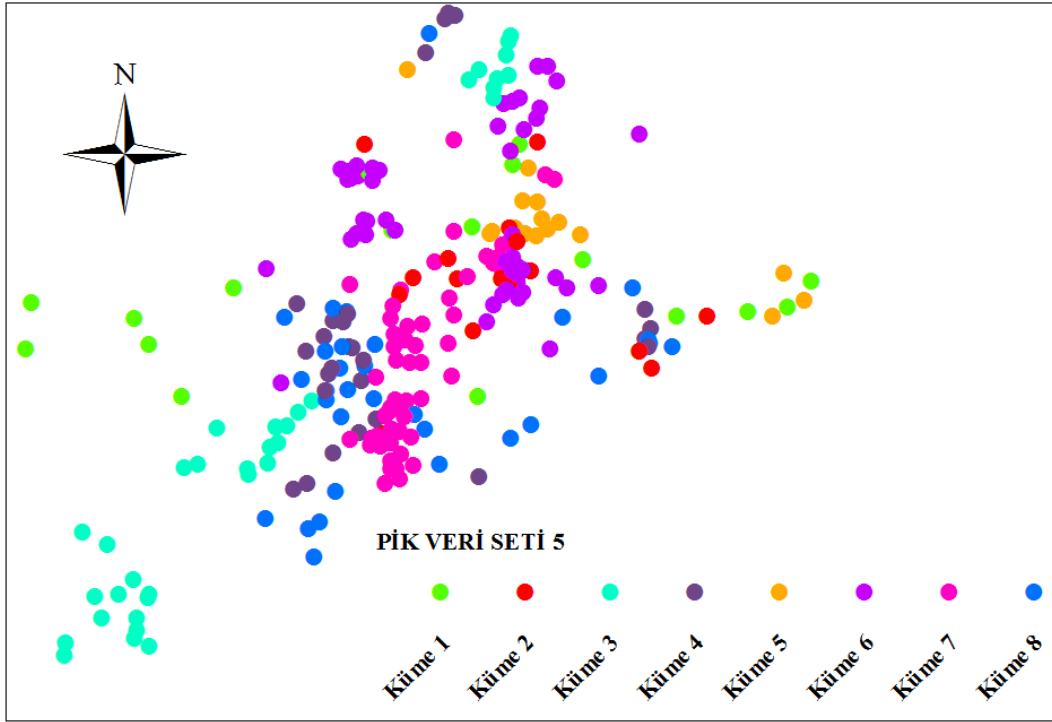
Burada PİK boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.110' da görülmektedir.





Şekil 5.110. PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

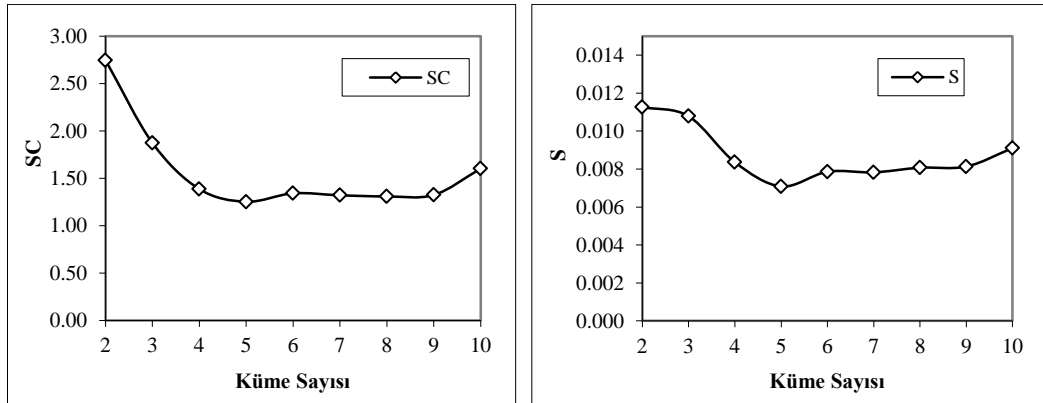
Şekil 5.110 incelendiğinde; DI, ADI, S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 8 için en uygun değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan XB ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 9 için hesaplanmıştır. Şekil 5.110’ da verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.111’ de gösterilmektedir.

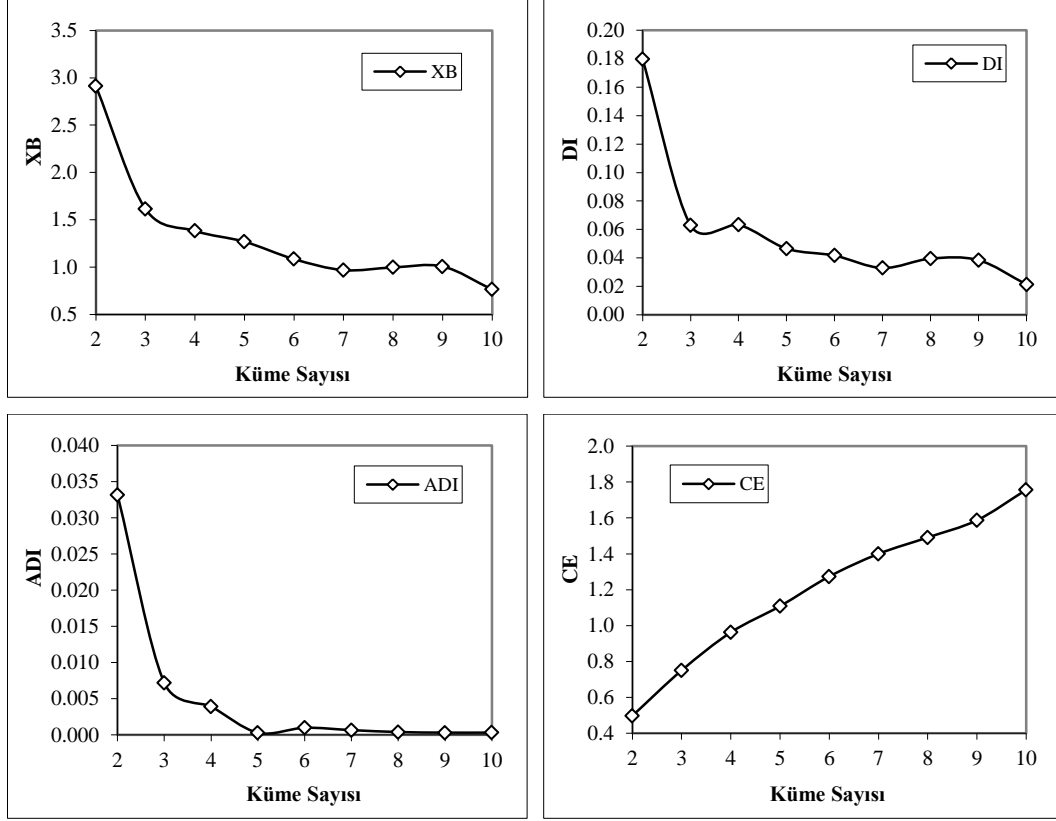


Şekil 5.111. PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

PİK Boru için Veri Seti 6 (AO BU BC BY X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

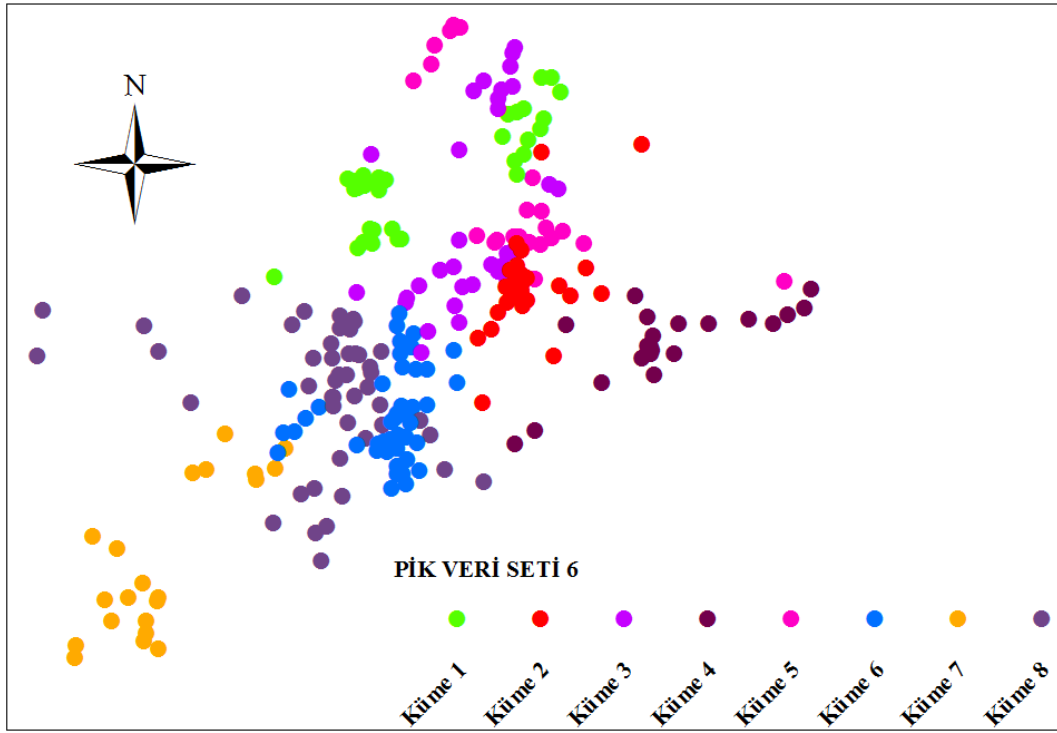
Burada PİK boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC, BY, Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.112' de verilmiştir.





Şekil 5.112. PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

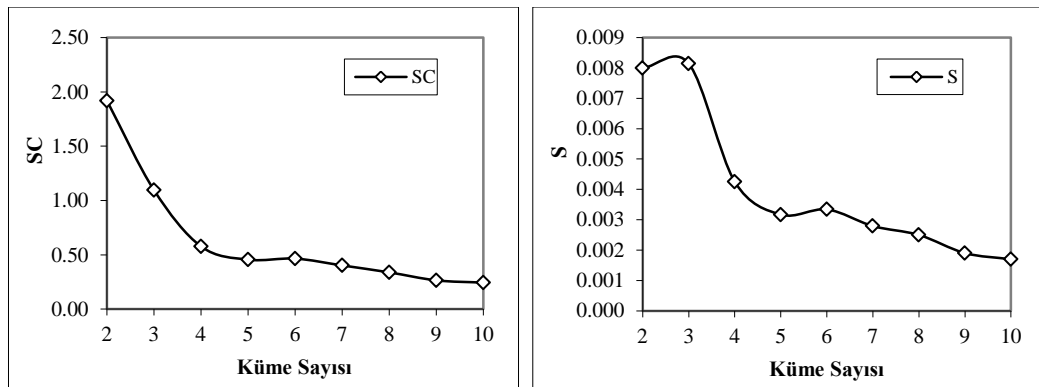
Şekil 5.112 incelendiğinde; ADI, XB, S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 8 için en uygun değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan DI ölçütünün en düşük değeri küme sayısı 7 için hesaplanmıştır. Şekil 5.112’ de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.113’ te gösterilmektedir.

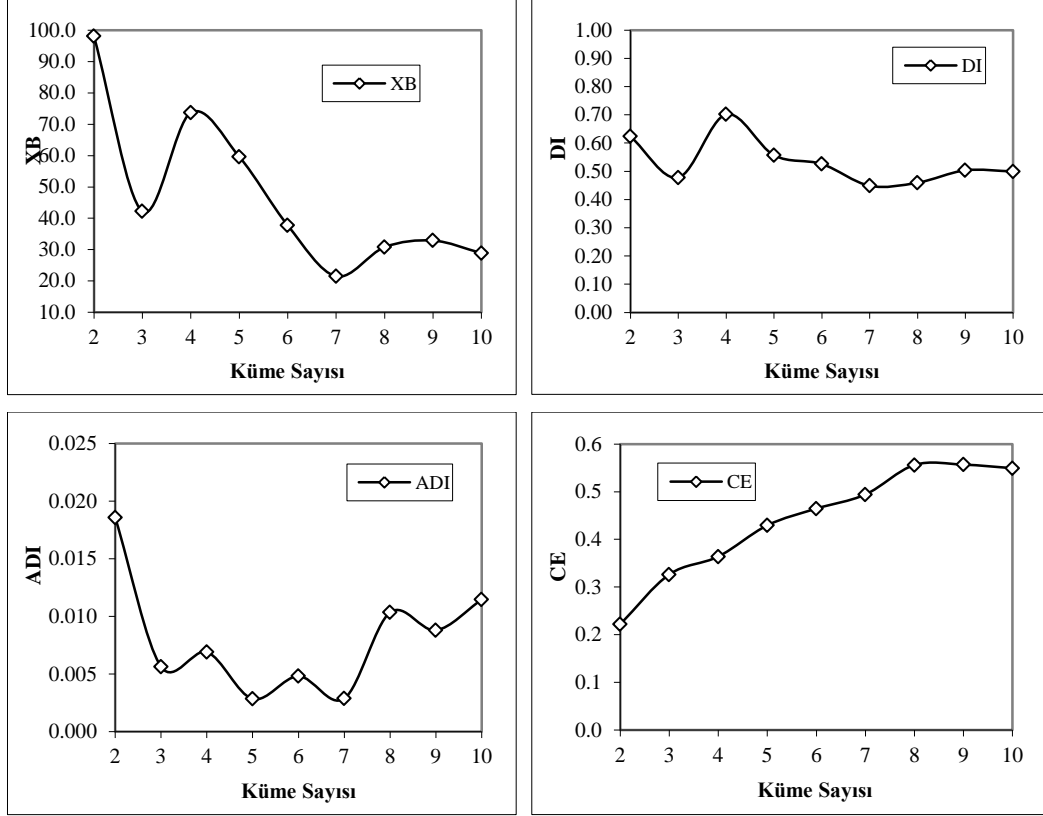


Şekil 5.113. PİK Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 2 (AO) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

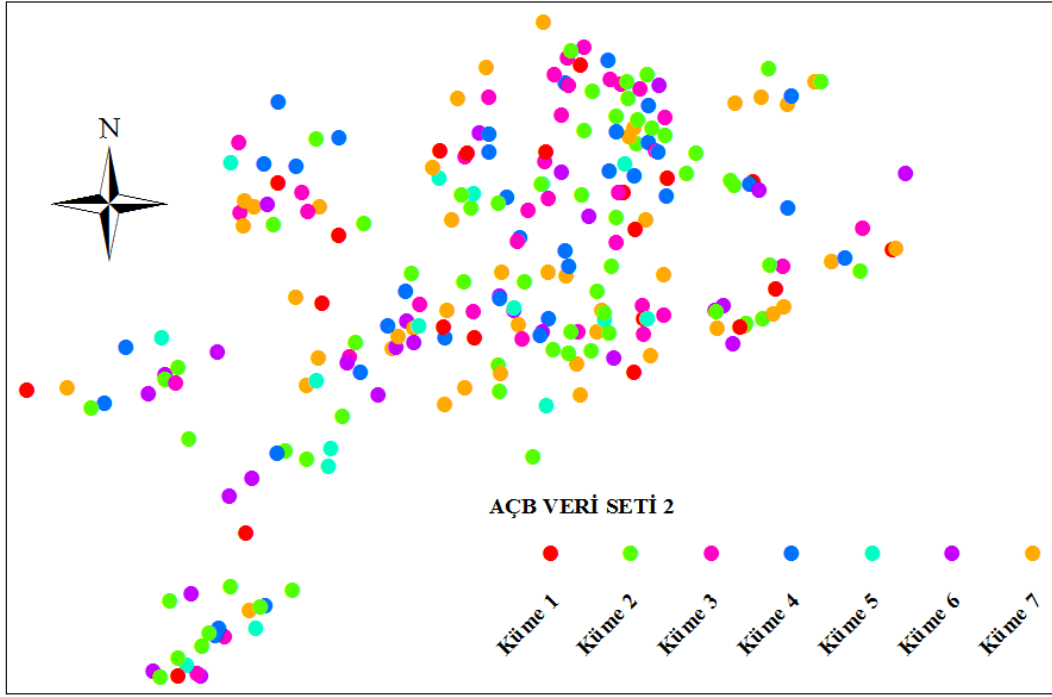
Burada içme suyu şebekesinde meydana gelen AÇB boru malzeme türüne ait arıza oranları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.114' te görülmektedir.





Şekil 5.114. AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

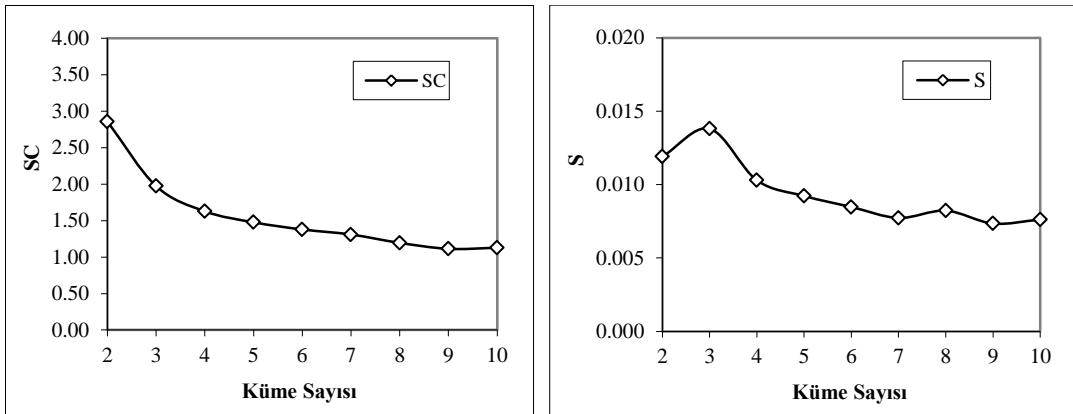
Şekil 5.114 incelendiğinde; DI, ADI ve XB ölçütlerinin küme sayısı 7 için en uygun değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 7' den sonra küçük değişimler gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 5.114' te verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 7 olarak belirlenmiş ve bu 7 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.115' te gösterilmektedir.

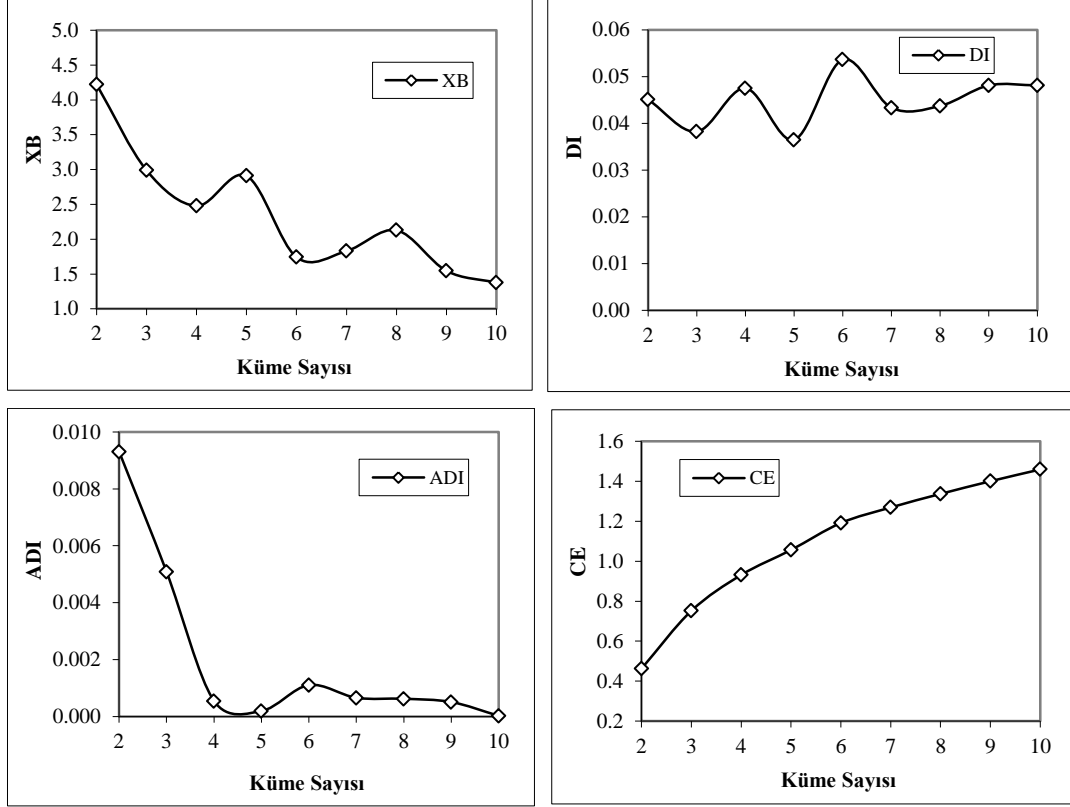


Şekil 5.115. AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 2 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 3 (AO X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

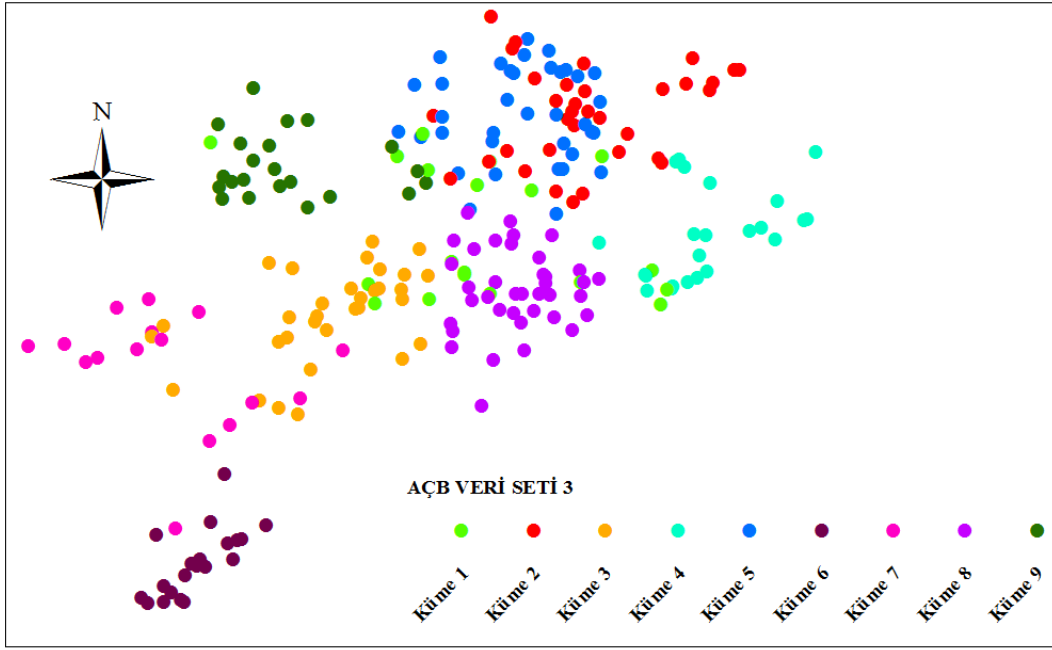
Burada AÇB boru malzeme türüne ait arıza oranları ile arızanın meydana geldiği noktanın Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.116' da görülmektedir.





Şekil 5.116. AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

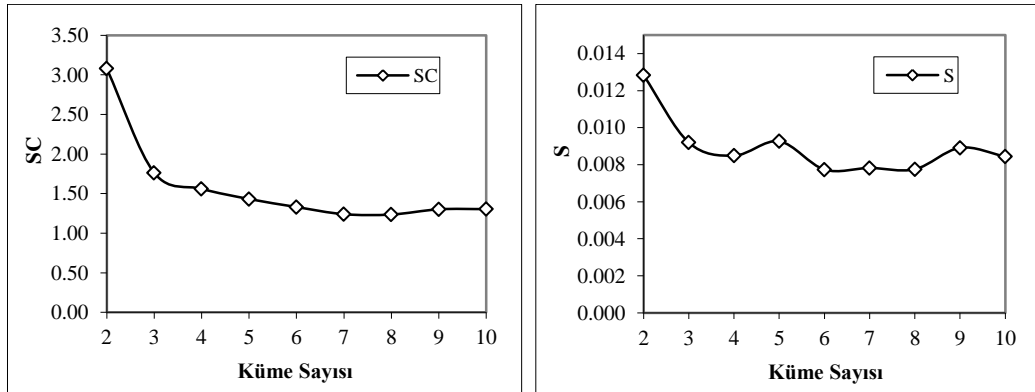
Şekil 5.116 incelendiğinde; S, SC, XB ölçütlerinde küme sayısı 9' da en uygun değer elde edildiği görülmektedir. Diğer taraftan ADI ve DI ölçütleri için en uygun değer küme sayısı 5 için hesaplandığı belirlenmiştir. Şekil 5.116' da verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 9 olarak belirlenmiş ve bu 9 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.117' de gösterilmektedir.

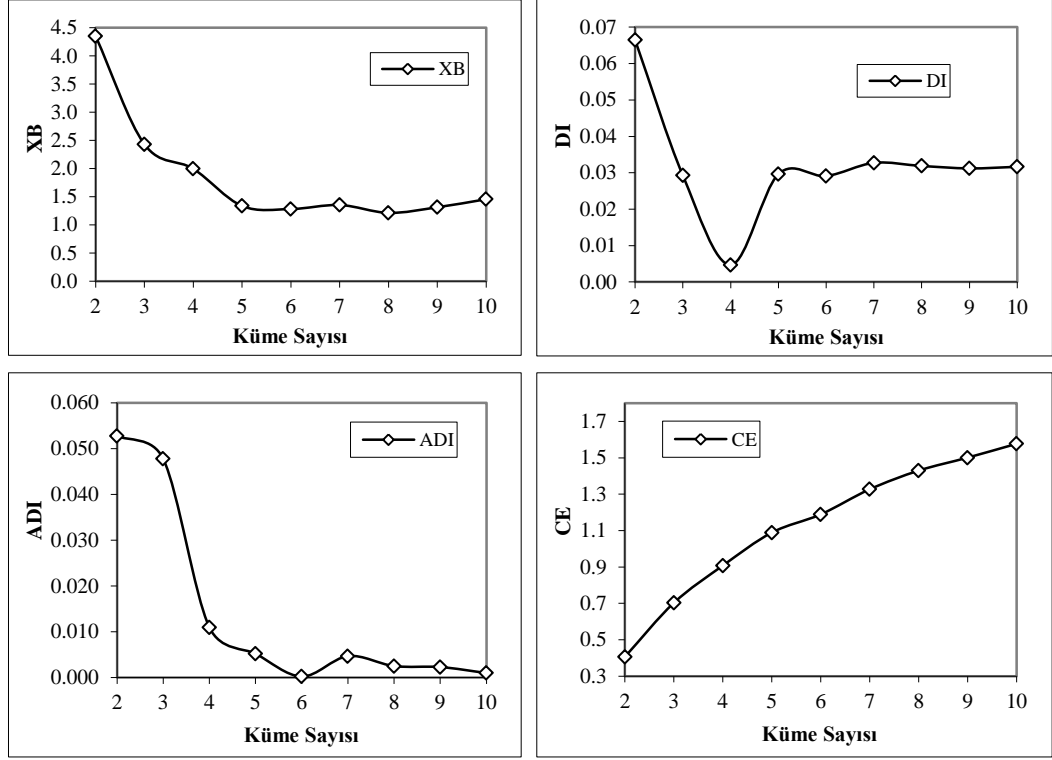


Şekil 5.117. AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 3 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 5 (AO BU BC BY) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

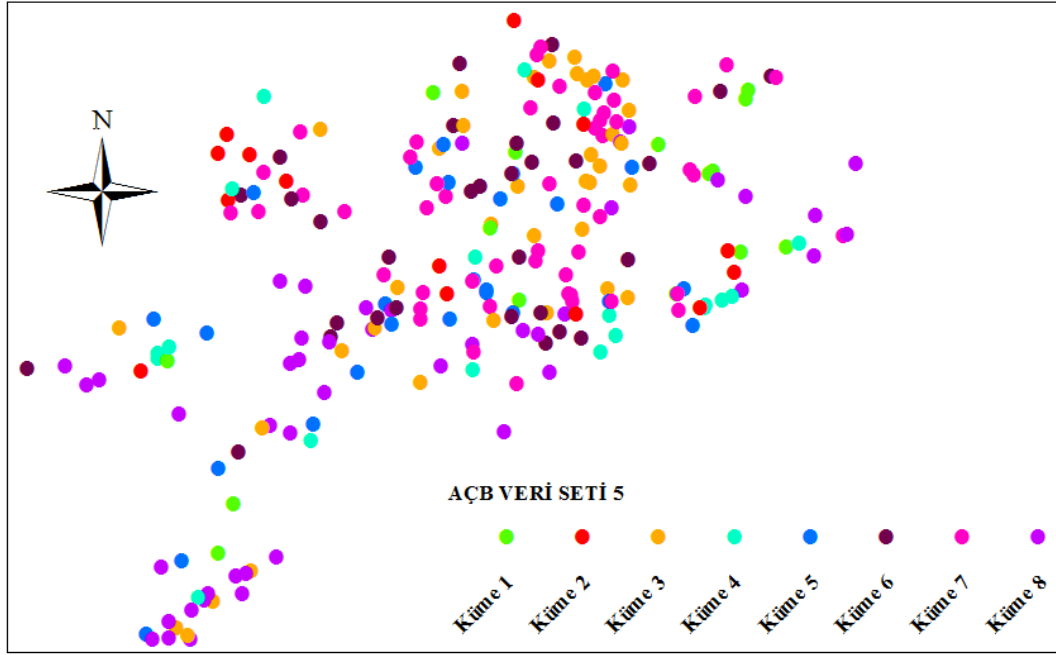
Burada AÇB boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC ve BY değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.118' de görülmektedir.





Şekil 5.118. AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

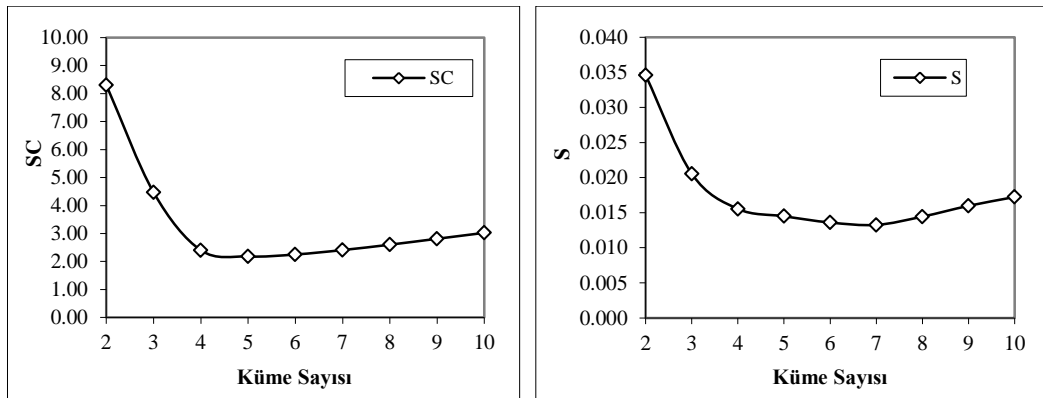
Şekil 5.118 incelendiğinde; XB, S ve SC ölçütlerinin küme sayısı 8 için en uygun değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, ADI ölçütü için en uygun değer küme sayısı 6 ve DI ölçütü için küme sayısı 4 olarak elde edilmiştir. Şekil 5.118’ de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 8 olarak belirlenmiş ve bu 8 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.119’ da gösterilmektedir.

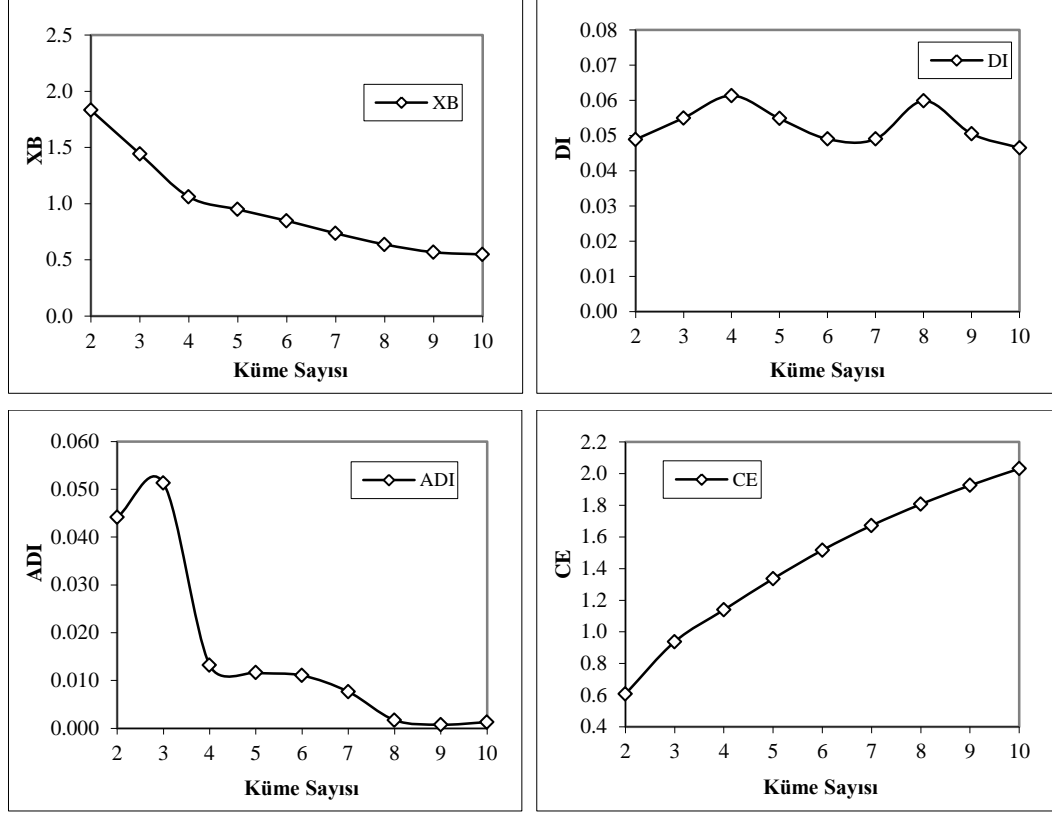


Şekil 5.119. AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 5 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

AÇB Boru için Veri Seti 6 (AO BU BC BY X Y) Kullanılarak Bulanık Kümeleme ile Sınıflandırma

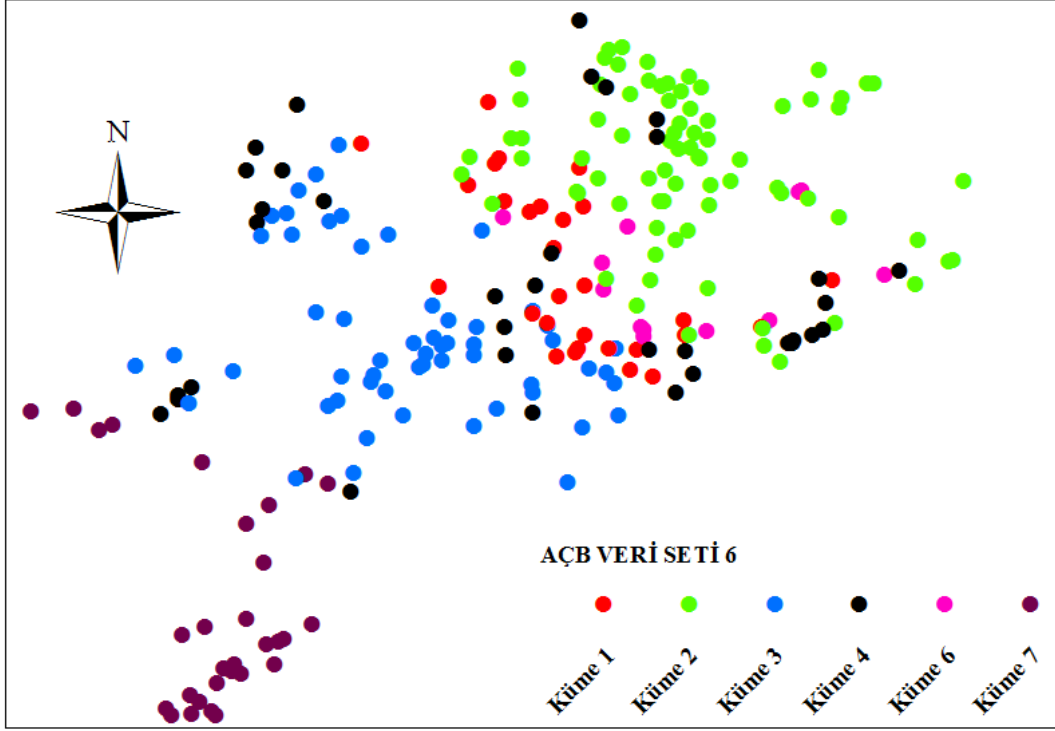
Burada AÇB boru malzeme türü için içmesuyu şebekesinde meydana gelen arıza oranları ile arızanın meydana geldiği boruya ait, BU, BC, BY, Enlem ve Boylam değişkenleri kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi Şekil 5.120’ de gösterilmiştir.





Şekil 5.120. AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile yapılan sınıflandırmada hesaplanan ölçütlerin küme sayısına göre değişimi

Şekil 5.120 incelendiğinde; SC ölçütünde en uygun değer küme sayısı 5 için, ADI ölçütünde en uygun değer küme sayısı 9 için, S ve DI ölçütlerinde en uygun değer küme sayısı 7 için elde edilmiştir. Şekil 5.120’ de verilen sonuçlara göre en uygun küme sayısı 7 olarak belirlenmiş ve bu 7 bölgeye ait arıza noktalarının genel dağılımı Şekil 5.121’ de gösterilmektedir.



Şekil 5.121. AÇB Boru için Arıza Oranı Veri Seti 6 kullanılarak bulanık kümeleme yöntemi ile belirlenen bölgelerde arıza noktalarının dağılımı

5.6. ANFIS Yaklaşımı ile Arıza Oranının Tahmin Edilmesi

İçme suyu şebekesinde meydana gelen arıza oranının tahmin edilmesinde ANFIS yaklaşımı kullanılmıştır. Bu tahmin çalışması;

1. Kümeleme yapılmamış ve tüm boru cinslerinin bir arada değerlendirildiği toplam veri seti için (Tahmin Modeli 1: TM1)
2. Tüm boru cinslerinin bir arada değerlendirildiği veri setinin sınıflandırılmış alt veri setleri için (Tahmin Modeli 2: TM2)
3. Kümeleme yapılmamış PVC boru türüne ait arıza oranı veri seti için (PVC Tahmin Modeli 1)
4. PVC boru türüne ait arıza oranı veri setinin sınıflandırılmış alt veri setleri için (PVC Tahmin Modeli 2)
5. Kümeleme yapılmamış PİK boru türüne ait arıza oranı veri seti için (PİK Tahmin Modeli 1)
6. PİK boru türüne ait arıza oranı veri setinin sınıflandırılmış alt veri setleri için (PİK Tahmin Modeli 2)
7. Kümeleme yapılmamış AÇB boru türüne ait arıza oranı veri seti için (AÇB Tahmin Modeli 1)
8. AÇB boru türüne ait arıza oranı veri setinin sınıflandırılmış alt veri setleri için (AÇB Tahmin Modeli 2)

İçme suyu şebekesinde arıza oranının tahmini için, Tahmin Modeli 1 ve 2'nin genel yapısı denklem (5.3)' te, her bir boru malzeme türü için kurulan modellerin yapısı ise denklem (5.4)' te verilmektedir. Ayrıca her bir durum için kurulan modeller Çizelge 5.11' de gösterilmektedir.

$$AO = f(BC, BU, BY, BM) \quad (5.3)$$

$$AO = f(BC, BU, BY) \quad (5.4)$$

Çizelge 5.11. Arıza Oranı (AO) Tahmini için Kurulan Modeller

ANFIS Modeller	Giriş Yapısı Değişken Sayısı	Çıkış
Tahmin Modeli 1	BC BU BY BM	4 AO
Tahmin Modeli 2 (Her bir alt küme için ayrı ayrı)	BC BU BY BM	4 AO
PVC Tahmin Modeli 1	BC BU BY	3 AO
PVC Tahmin Modeli 2 (Her bir alt küme için ayrı ayrı)	BC BU BY	3 AO
AÇB Tahmin Modeli 1	BC BU BY	3 AO
AÇB Tahmin Modeli 2 (Her bir alt küme için ayrı ayrı)	BC BU BY	3 AO
PİK Tahmin Modeli 1	BC BU BY	3 AO
PİK Tahmin Modeli 2 (Her bir alt küme için ayrı ayrı)	BC BU BY	3 AO

Burada, arıza oranının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için arıza üzerinde etkili olabilecek parametreler (boru çapı, boru yaşı, boru cinsi, boru uzunluğu) dikkate alınmıştır. Tahmin için yine bulanık mantık yönteminden faydalanılmıştır. Tahmin modelleri ilk önce sınıflandırma yapılmamış veri seti için kurulmuştur. Daha sonra tüm veri setinin (Veri Seti 1) sınıflandırılması ile elde edilen alt kümeler için tahmin modeli kurulmuştur. Ayrıca her bir boru malzemesi için ilk önce tüm veriler kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra her bir boru malzemesi için belirlenen alt kümeler için ayrı ayrı model kurulmuştur. Böylece, daha hassas tahmin modeli kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 5.11' de verilen modeller, eğitilmiş ve test edilmiştir. Bütün modeller için çeşitli performans değerlendirme parametreleri (Korelasyon Katsayısı (R), RMSE ve SSE) hesaplanmış ve en uygun model belirlenmiştir

Sınıflandırma Yapılmamış ve Yapılmış Tüm Veri Seti 1 için Arıza Oranının Tahmin Edilmesi

Burada, arıza oranının tahmin edilmesi için, tüm veri seti bir arada değerlendirilmiştir. Girdi olarak, boru çapı, boru yaşı, boru cinsi, boru uzunluğu; çıktı olarak arıza oranı kullanılmıştır. Hesaplamalarda Matlab programından faydalanılmıştır. Her bir farklı durum için yapılan analizler sonucunda hesaplanan istatistiki parametreler hesaplanmıştır. Her bir duruma ait modellerin performansı bu parametreler kullanılarak karşılaştırılmış ve hesaplanan parametreler aşağıdaki Çizelge 5.12' de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Arıza oranı tahmini için model performansları (Tahmin Modeli 1 ve 2)

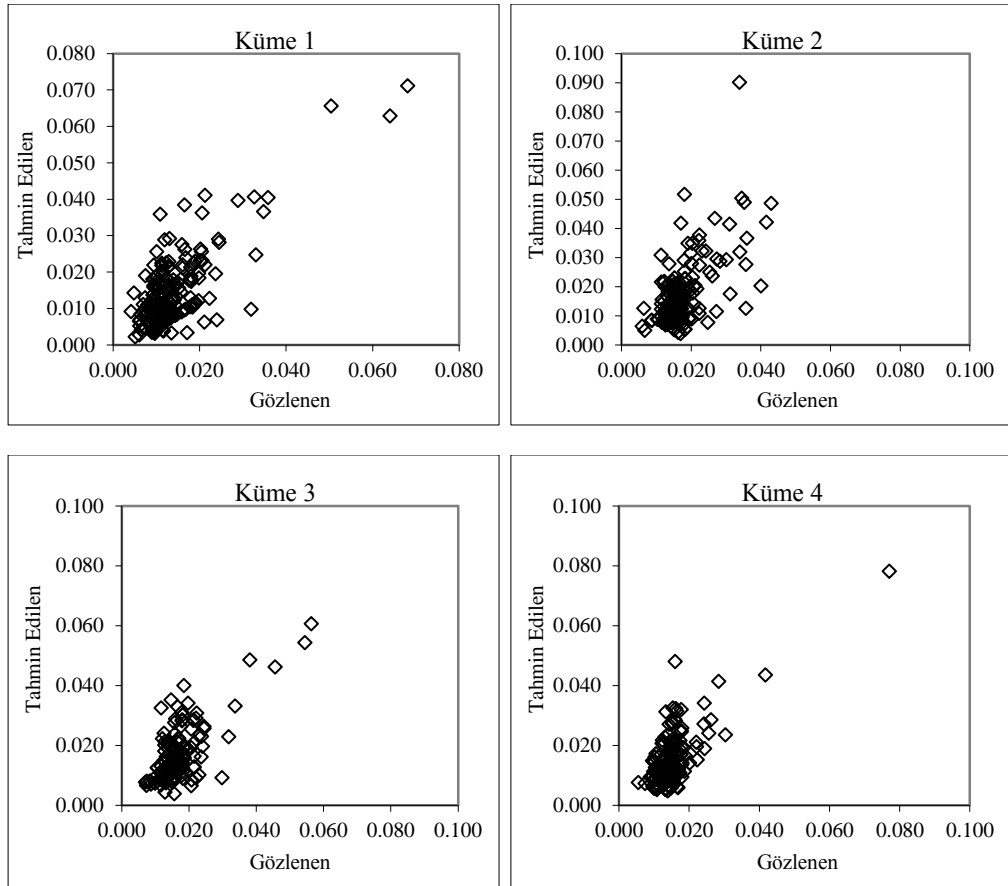
Veri Seti	Küme	R	SSE	RMSE
Arıza Oranı Tüm Veri seti 1 Sınıflandırılmamış	1	0.281	0.15064	0.0101
Arıza Oranı Veri seti 1 Sınıflandırılmış	1	0.768	0.00895	0.00657
	2	0.625	0.01385	0.00825
	3	0.705	0.00688	0.00648
	4	0.712	0.00674	0.00662
	5	0.436	0.02122	0.00909
	6	0.602	0.00866	0.00673
	7	0.575	0.02256	0.00965
	8	0.705	0.00528	0.00834

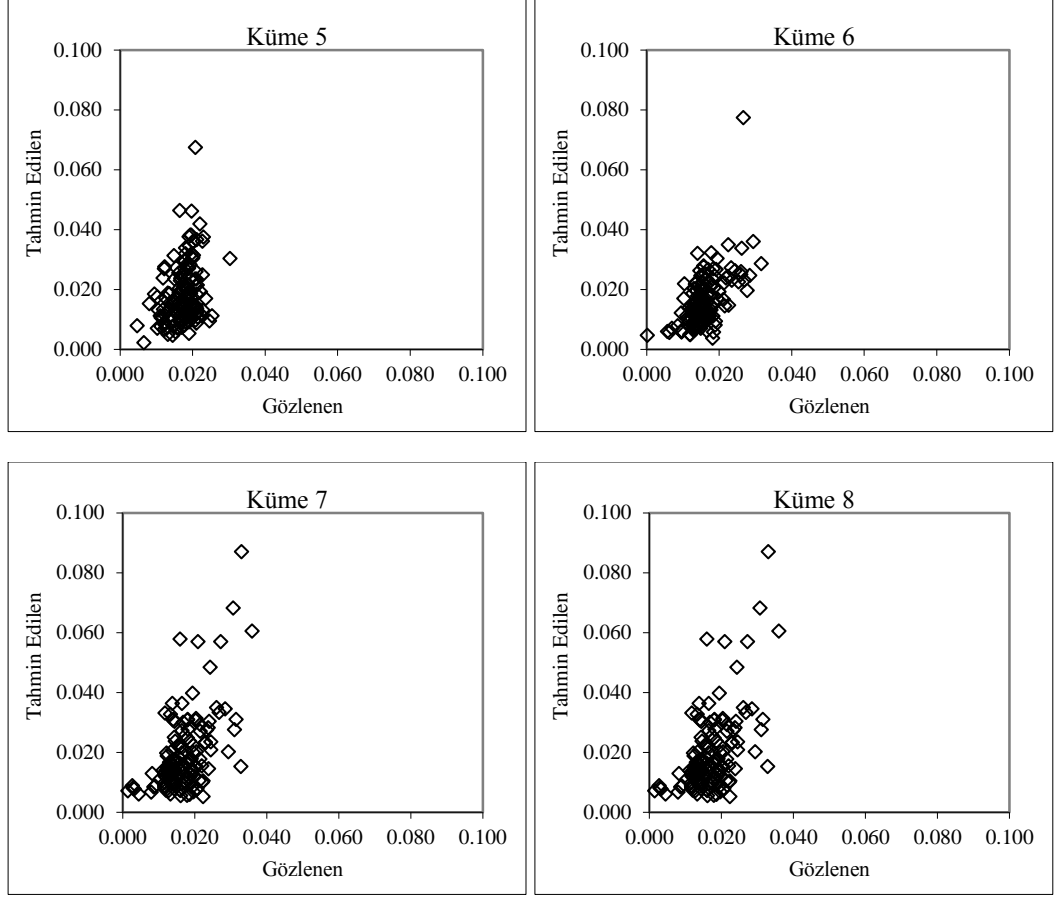
Çizelge 5.12 incelendiğinde, sınıflandırma yapılmayan veri seti için kurulan tahmin modelinden elde edilen değerler ile gözlem değerleri arasındaki korelasyonun oldukça küçük olduğu görülmektedir. Yine aynı çizelge incelendiğinde, sınıflandırma sonucunda elde edilen her bir kümeye ait tahmin modelleri için hesaplanan korelasyon katsayılarının kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir. Sadece küme 5 için hesaplanan değer düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca sınıflandırılmış 8 alt kümeye ait korelasyon katsayısının tamamının, sınıflandırılmamış veri seti için hesaplanan değerden daha büyük çıktığı görülmektedir. Hata parametreleri de yine sınıflandırılmamış veri setine göre daha iyi seviyededir.

ANFIS modeli ile elde edilen tahmin sonuçları ile gözlem değerleri ile karşılaştırılmış ve Şekil 5.122’ de sınıflandırılmamış veri seti, Şekil 5.123’ te sınıflandırılmış veri seti verilmiştir.



Şekil 5.122. Arıza Oranı Tüm Veri seti 1 için Sınıflandırılmamış Veri Seti Tahmin Sonucu





Şekil 5.123. Arıza Oranı Tüm Veri seti 1 için Sınıflandırılmış Veri Seti Tahmin Sonucu

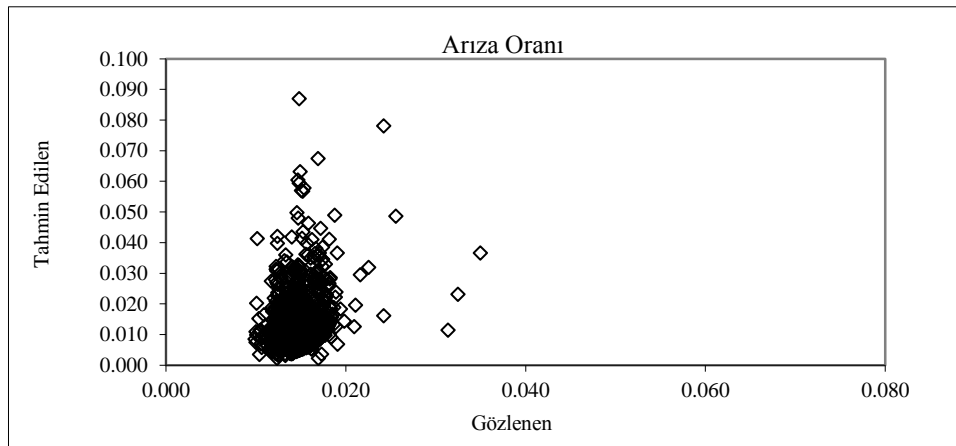
Sınıflandırma Yapılmamış ve Yapılmış PVC Veri Seti 1 için Arıza Oranının Tahmin Edilmesi

Burada, arıza oranının tahmin edilmesi için, PVC borulara ait veri seti bir arada değerlendirilmiştir. Girdi olarak, boru çapı, boru yaşı, boru uzunluğu; çıktı olarak arıza oranı kullanılmıştır. Burada, arıza oranının tahmininde, daha önceden yapılan sınıflandırma sonucunda 9 alt bölgeye ayrılan PVC Veri Seti 1 kullanılmıştır. Burada her bir alt bölge için ayrı ayrı tahmin modeli kurulmuştur. Böylece, aynı özelliğe sahip alt bölgeler için daha hassas tahmin gerçekleştirilmiş olur. Girdi olarak, boru çapı, boru yaşı, boru cinsi, boru uzunluğu; çıktı olarak arıza oranı kullanılmıştır. Her bir durum için hesaplanan parametreler aşağıdaki Çizelge 5.13' te verilmiştir.

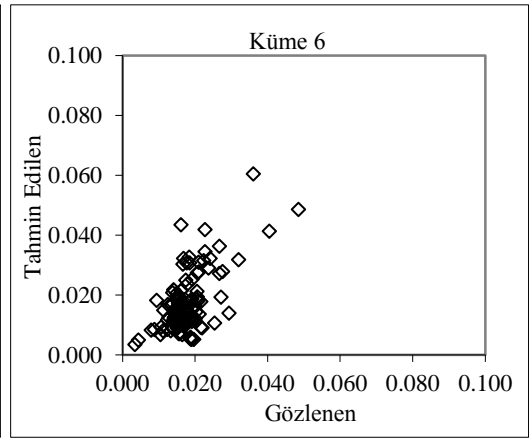
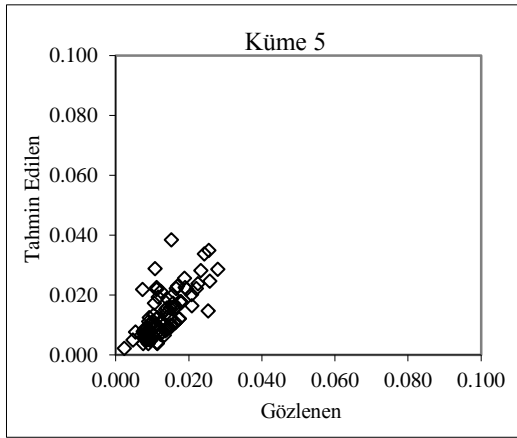
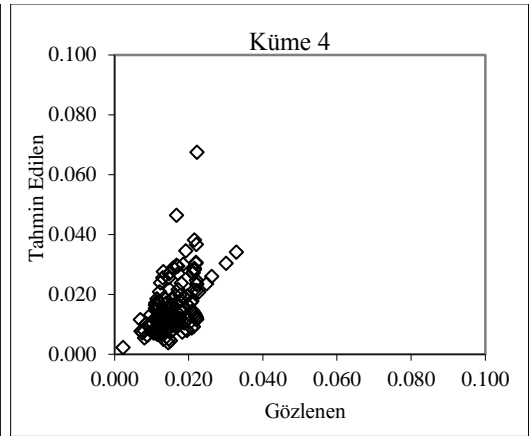
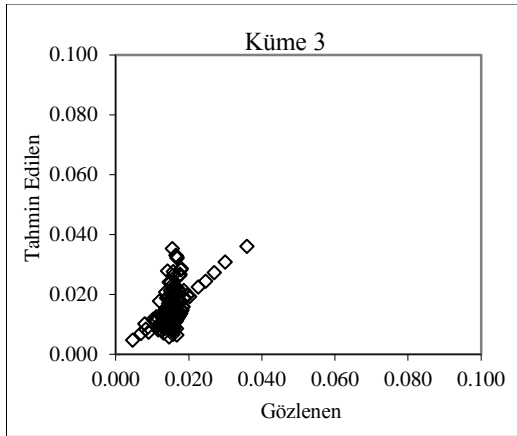
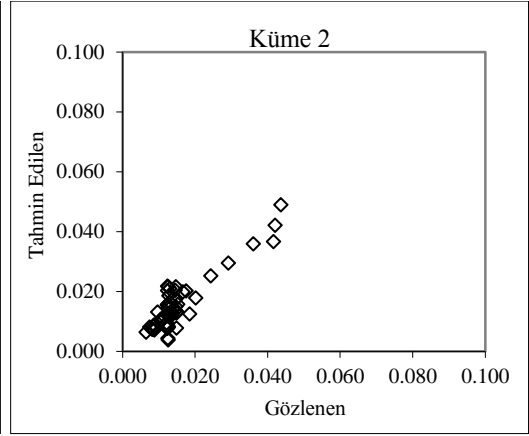
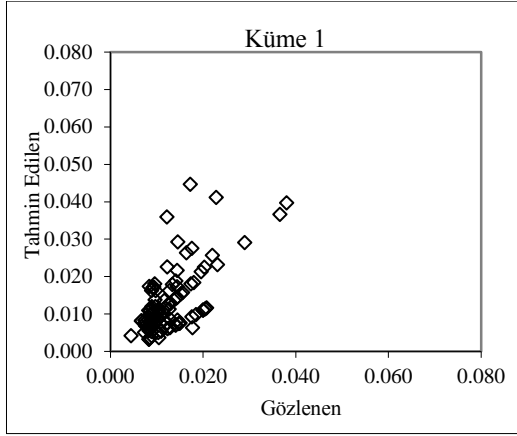
Çizelge 5.13. Arıza oranı tahmini için model performansları (PVC Tahmin Modeli 1 ve 2)

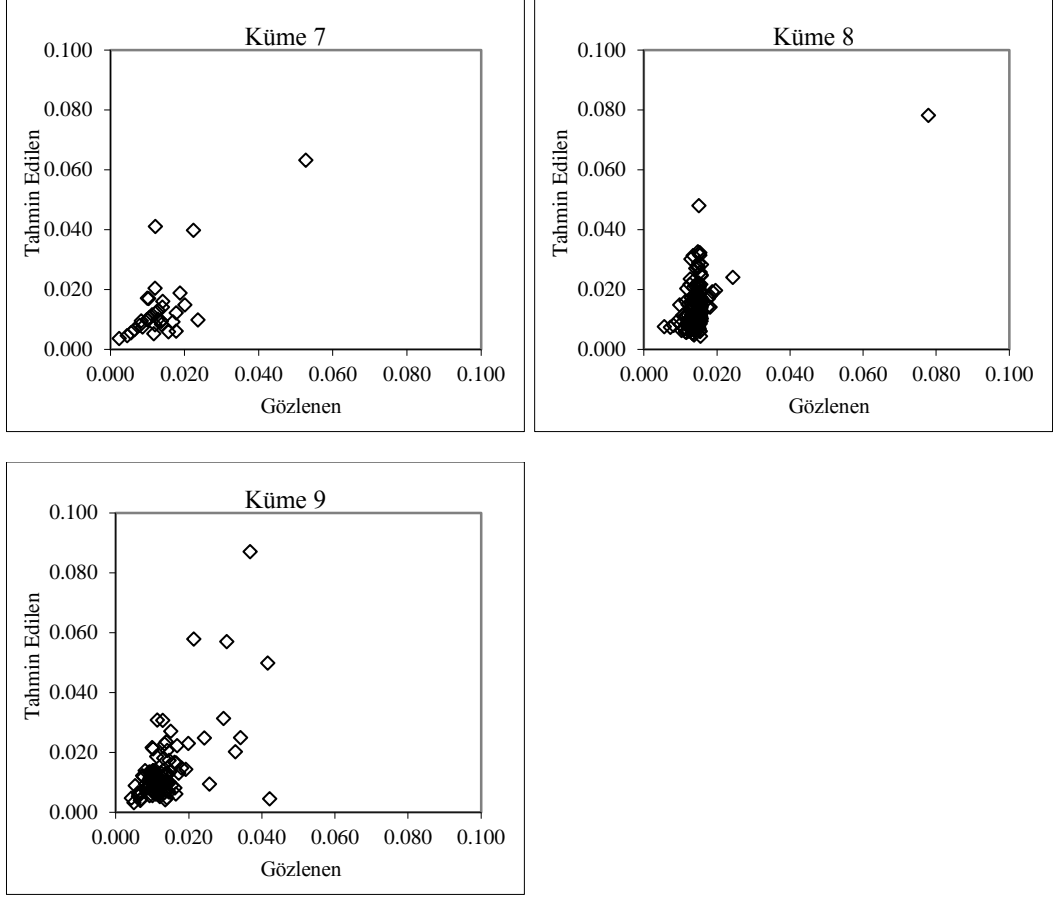
Veri Seti	Küme	R	SSE	RMSE
PVC Boru Veri Seti 1 Sınıflandırılmamış	1	0.230	0.08197	0.00889
PVC Boru Veri Seti 1 Sınıflandırılmış	1	0.6617	0.0044	0.0063
	2	0.8942	0.0009	0.004
	3	0.5467	0.0042	0.0054
	4	0.5232	0.0091	0.0074
	5	0.7103	0.0029	0.0053
	6	0.6332	0.0072	0.0073
	7	0.7497	0.0021	0.0078
	8	0.6416	0.0070	0.0069
	9	0.6100	0.0094	0.0090

Çizelge 5.13 incelendiğinde, sınıflandırma yapılmayan veri seti için kurulan tahmin modelinden elde edilen değerler ile gözlem değerleri arasındaki korelasyonun oldukça küçük olduğu görülmektedir. Yine sınıflandırma sonucunda elde edilen her bir kümeye ait tahmin modelleri için hesaplanan korelasyon katsayılarının kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir. Sınıflandırılmış 9 alt kümeye ait korelasyon katsayısının tamamının, sınıflandırılmamış veri seti için hesaplanan değerden daha büyük çıktığı da görülmektedir. Ayrıca, hata parametreleri de yine sınıflandırılmamış veri setine göre daha iyi seviyededir. ANFIS modeli ile elde edilen tahmin sonuçları ile gözlem değerleri ile karşılaştırılmış ve Şekil 5.124' te sınıflandırılmamış veri seti, Şekil 5.125' te sınıflandırılmış veri seti verilmiştir.



Şekil 5.124. Arıza Oranı PVC Veri seti 1 için Sınıflandırılmamış Veri Seti Tahmin Sonucu





Şekil 5.125. Arıza Oranı PVC Veri seti 1 için Sınıflandırılmış Veri Seti Tahmin Sonucu

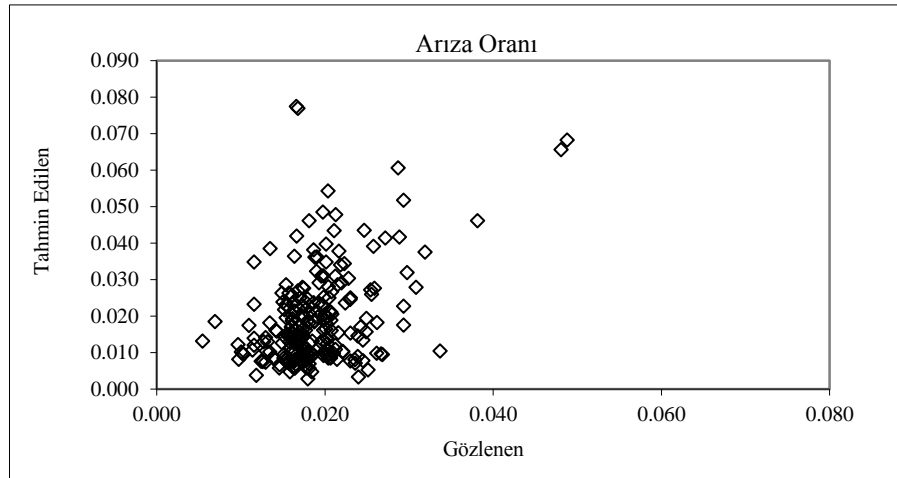
Sınıflandırma Yapılmamış ve Yapılmış AÇB Veri Seti 1 için Arıza Oranının Tahmin Edilmesi

Burada, arıza oranının tahmin edilmesi için, AÇB borulara ait veri seti bir arada değerlendirilmiştir. Girdi olarak, boru çapı, boru yaşı, boru uzunluğu; çıktı olarak arıza oranı kullanılmıştır. Burada, arıza oranının tahmininde, daha önceden yapılan sınıflandırma sonucunda 8 alt bölgeye ayrılan AÇB Veri Seti 1 kullanılmıştır. Burada her bir alt bölge için ayrı ayrı tahmin modeli kurulmuştur. Böylece, aynı özelliğe sahip alt bölgeler için daha hassas tahmin gerçekleştirilmiş olur. Girdi olarak, boru çapı, boru yaşı, boru cinsi, boru uzunluğu; çıktı olarak arıza oranı kullanılmıştır. Her bir durum için hesaplanan parametreler aşağıdaki Çizelge 5.14' te verilmiştir.

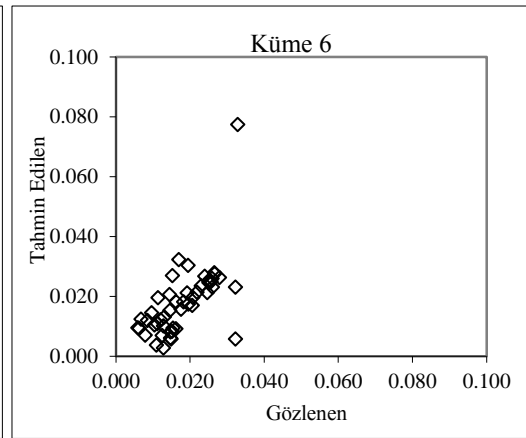
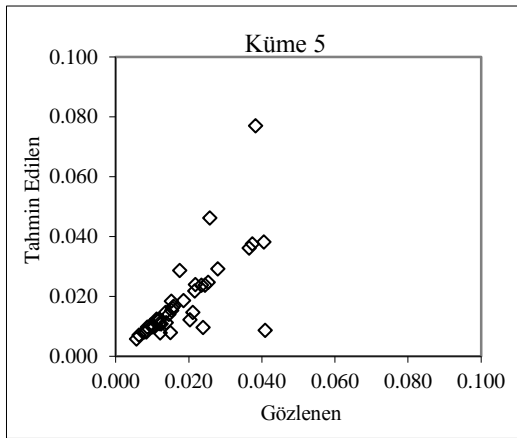
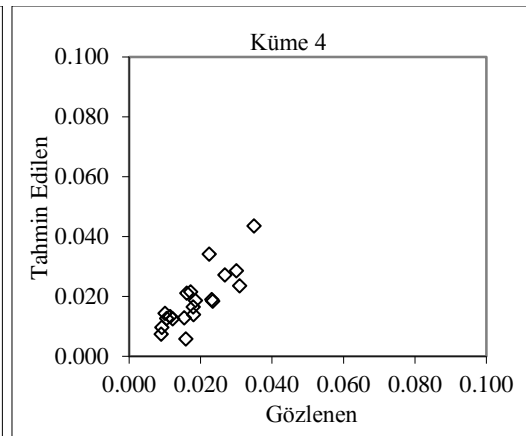
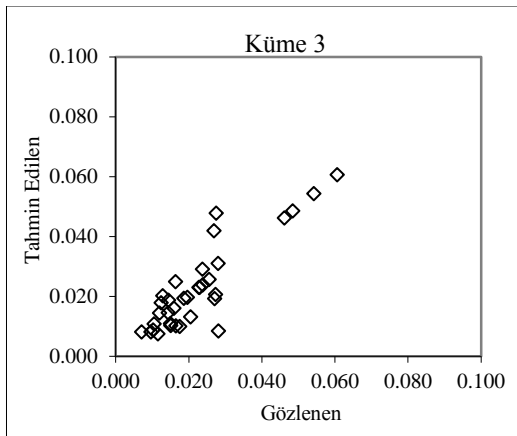
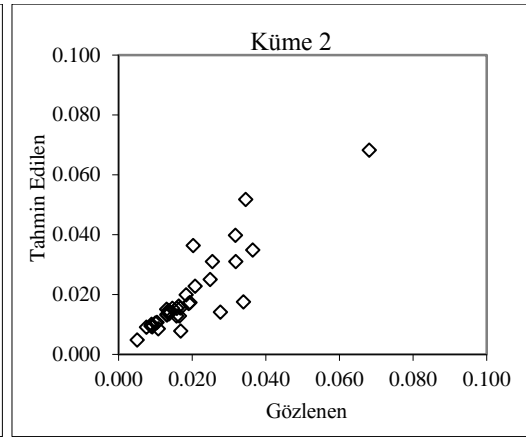
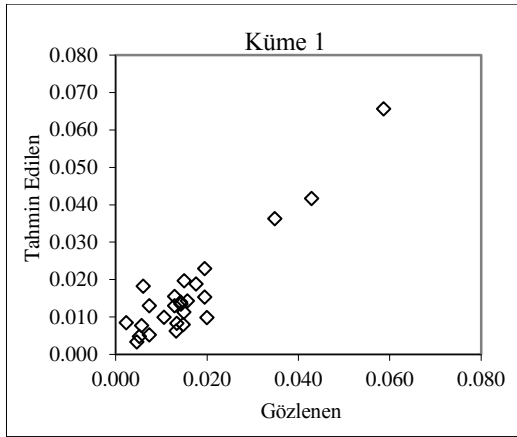
Çizelge 5.14. Arıza oranı tahmini için model performansları (AÇB Tahmin Modeli 1 ve 2)

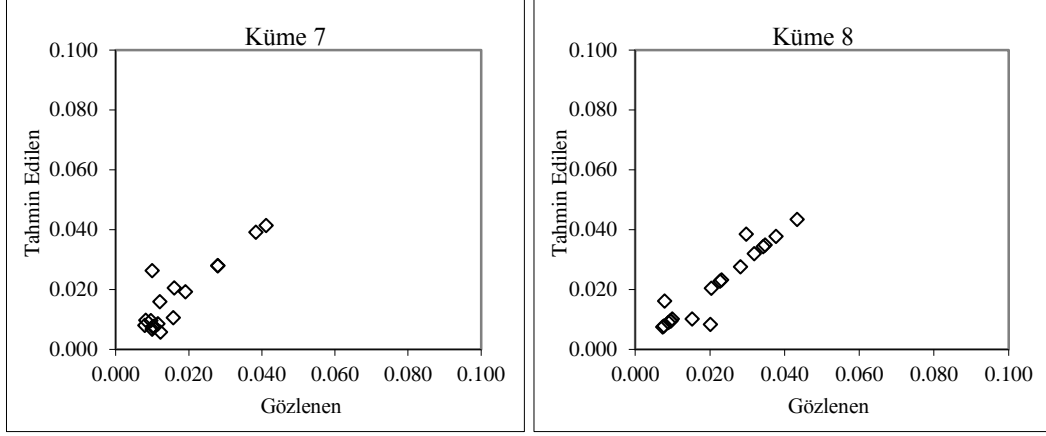
Veri Seti	Küme	R	SSE	RMSE
AÇB Boru Veri Seti 1 Sınıflandırılmamış	1	0.416	0.03219	0.01158
AÇB Boru Veri Seti 1 Sınıflandırılmış	1	0.933	0.0006	0.0048
	2	0.892	0.0012	0.0059
	3	0.880	0.0016	0.0068
	4	0.829	0.0005	0.0050
	5	0.719	0.0035	0.0094
	6	0.619	0.0041	0.0092
	7	0.902	0.0004	0.0048
	8	0.943	0.0003	0.0019

Çizelge 5.14 incelendiğinde, sınıflandırma yapılmayan veri seti için kurulan tahmin modelinden elde edilen değerler ile gözlem değerleri arasındaki korelasyonun oldukça küçük olduğu görülmektedir. Yine sınıflandırma sonucunda elde edilen her bir kümeye ait tahmin modelleri için hesaplanan korelasyon katsayılarının kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir. Sınıflandırılmış 8 alt kümeye ait korelasyon katsayısının tamamının, sınıflandırılmamış veri seti için hesaplanan değerden daha büyük çıktığı da görülmektedir. Ayrıca, hata parametreleri de yine sınıflandırılmamış veri setine göre daha iyi seviyededir. ANFIS modeli ile elde edilen tahmin sonuçları ile gözlem değerleri ile karşılaştırılmış ve Şekil 5.126' da sınıflandırılmamış veri seti, Şekil 5.127' de sınıflandırılmış veri seti verilmiştir.



Şekil 5.126. Arıza Oranı AÇB Veri seti 1 için Sınıflandırılmamış Veri Seti Tahmin Sonucu





Şekil 5.127. Arıza Oranı AÇB Veri seti 1 için Sınıflandırılmış Veri Seti Tahmin Sonucu

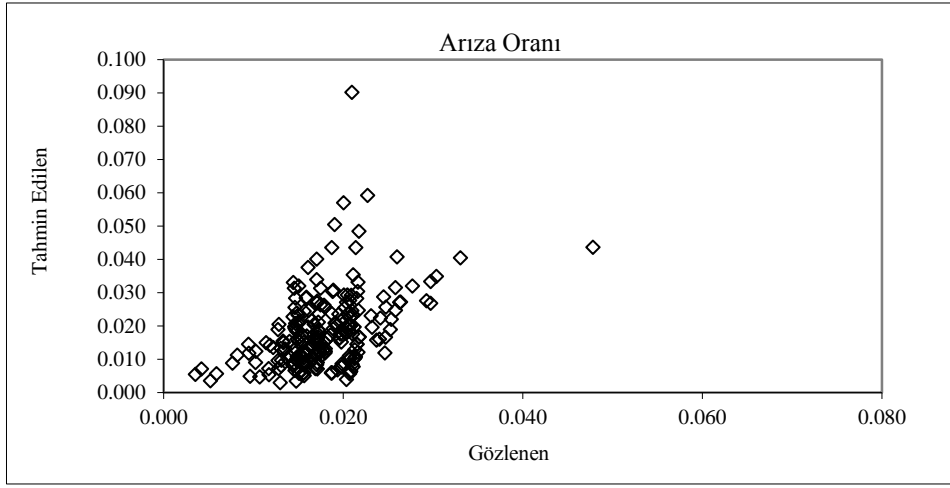
Sınıflandırma Yapılmamış ve Yapılmış PİK Veri Seti 1 için Arıza Oranının Tahmin Edilmesi

Burada, arıza oranının tahmin edilmesi için, PİK borulara ait veri seti bir arada değerlendirilmiştir. Girdi olarak, boru çapı, boru yaşı, boru uzunluğu; çıktı olarak arıza oranı kullanılmıştır. Burada, arıza oranının tahmininde, daha önceden yapılan sınıflandırma sonucunda 8 alt bölgeye ayrılan PİK Veri Seti 1 kullanılmıştır. Burada her bir alt bölge için ayrı ayrı tahmin modeli kurulmuştur. Böylece, aynı özelliğe sahip alt bölgeler için daha hassas tahmin gerçekleştirilmiş olur. Girdi olarak, boru çapı, boru yaşı, boru cinsi, boru uzunluğu, çıktı olarak arıza oranı kullanılmıştır. Her bir durum için hesaplanan parametreler aşağıdaki Çizelge 5.15’ te verilmiştir.

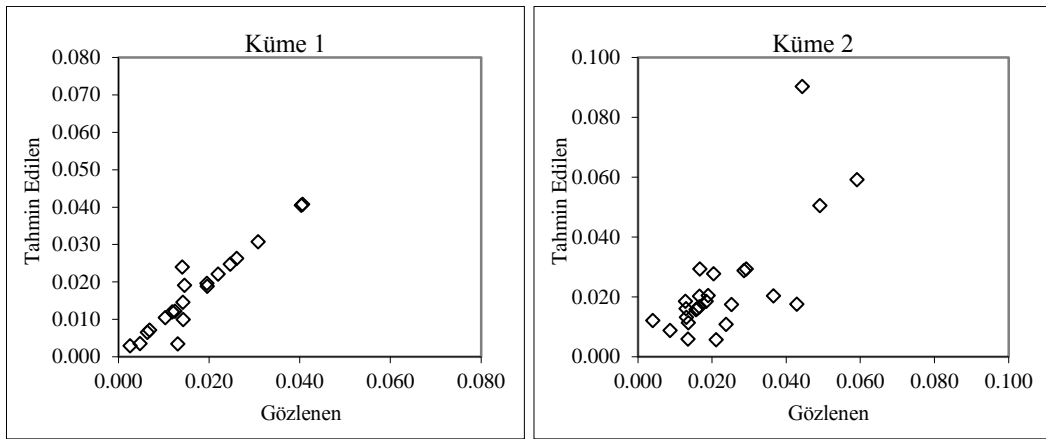
Çizelge 5.15. Arıza oranı tahmini için model performansları (PİK Tahmin Modeli 1 ve 2)

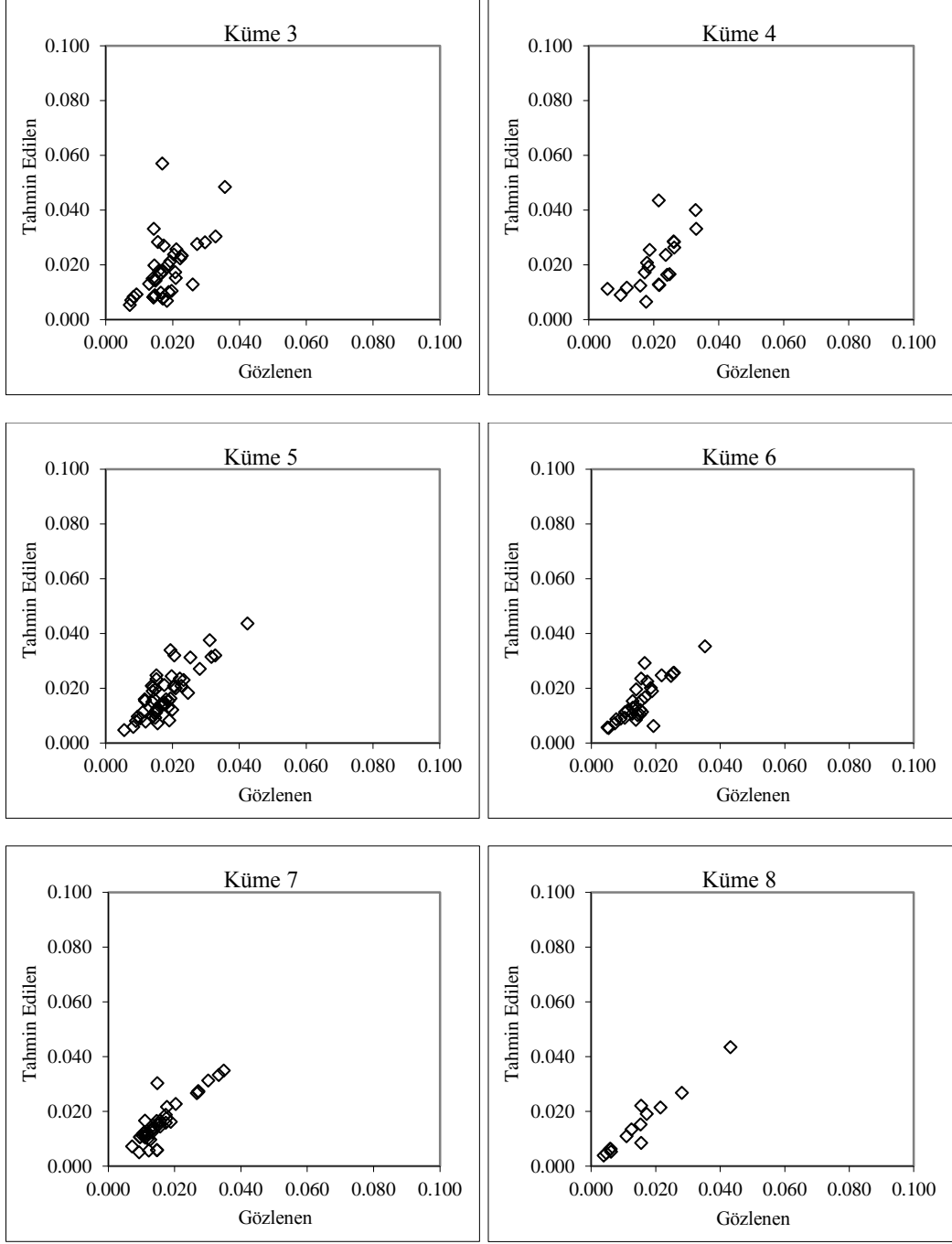
Veri Seti	Küme	R	SSE	RMSE
PİK Boru Veri Seti 1 Sınıflandırılmamış	1	0.5225	0.0044	0.0047
PİK Boru Veri Seti 1 Sınıflandırılmış	1	0.950	0.002	0.0034
	2	0.7304	0.0039	0.0125
	3	0.564	0.004	0.0089
	4	0.6863	0.0010	0.0049
	5	0.810	0.0013	0.0055
	6	0.8249	0.0006	0.0037
	7	0.8750	0.0006	0.0038
	8	0.9284	0.0001	0.0027

Çizelge 5.15 incelendiğinde, sınıflandırma yapılmayan veri seti için kurulan tahmin modelinden elde edilen değerler ile gözlem değerleri arasındaki korelasyonun oldukça küçük olduğu görülmektedir. Ayrıca sınıflandırma sonucunda elde edilen her bir kümeye ait tahmin modelleri için hesaplanan korelasyon katsayılarının kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir. Sınıflandırılmış 8 alt kümeye ait korelasyon katsayısının tamamının, sınıflandırılmamış veri seti için hesaplanan değerden daha büyük çıktığı görülmektedir. Ayrıca, hata parametreleri de yine sınıflandırılmamış veri setine göre daha iyi seviyededir. ANFIS modeli ile elde edilen tahmin sonuçları ile gözlem değerleri ile karşılaştırılmış ve Şekil 5.128’ de sınıflandırılmamış veri seti, Şekil 5.129’ da sınıflandırılmış veri seti verilmiştir.



Şekil 5.128. Arıza Oranı PİK Veri seti 1 için Sınıflandırılmamış Veri Seti Tahmin Sonucu





Şekil 5.129. Arıza Oranı PIK Veri seti 1 için Sınıflandırılmış Veri Seti Tahmin Sonucu

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında kullanılan arıza verileri Excel formatında uygun şekilde düzenlenmiş, içme suyu şebekesinde bulunan boru cinsi ve çaplarına göre hat uzunlukları belirlenmiş, şebeke hattında bulunan 4 farklı boru cinsinden PVC ve AÇB boruların daha fazla kullanıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca boru çapı olarak şebekede Ø100' lük çaptaki boruların hat uzunluğunun en fazla olduğu belirlenmiştir. Şebekeye 21000' e yakın arıza verisi incelenmiş ve ön analiz sonucu 14260 veri elde edilip şebeke, abone, vana arızası şeklinde üç kısma ayrıştırılmıştır. Ayrıca Malatya' nın içme suyu şebekesine ait harita sayısallaştırılmış ve bu eldeki verilere göre uygun yeni bir veri tabanı hazırlanmıştır. Şebekede meydana gelen arızaların tematik olarak nasıl kümelendiği NETCAD GIS 5.2 ve ArcGIS 10.0 programları yardımıyla görüntülenmiştir.

Şebekede meydana gelen arızalar tüm boru cinslerine göre incelendiğinde

- En fazla arıza sayısının 0-200 m arasında hat uzunluğuna sahip borularda meydana geldiği ve arıza yüzdesi olarak da şebekedeki arızaların %50' ye yakın kısmının 0-200 m uzunluğundaki boru hattında meydana geldiği,
- Şebekedeki tüm boru cinsleri arasından çap olarak, Ø110 çapındaki borularda arıza sayısının diğer çaplara oranla çok daha fazla olduğu ve şebekedeki farklı çaptaki borularda meydana gelen arızaların ise %50' ye yakın kısmının bu çaptaki borularda meydana geldiği,
- Boru yaşına bağlı meydana gelen arıza sayılarının daha çok 10-15, 15-20 yaş aralığında olan borularda ve 35 yaşından büyük borularda daha fazla arızanın meydana geldiği ve burada elde edilen sonuçlara göre beklentinin aksine en fazla arızanın en eski borularda gözlenmediği,
- Şebekede arızanın en çok meydana geldiği boru cinsinin toplam arıza sayısının %60' lık kısmını teşkil eden PVC boru olduğu ve bunu da AÇB, PİK ve PE borularının takip ettiği,
- Sadece PVC boru cinsinde en çok arızanın Ø110 çaptaki boruda meydana geldiği, boru hat uzunluğuna göre arızaların 0-200 m hat

uzunluğuna sahip PVC borular %50' ye yakın arıza yüzdesi oluşturduğu, arızaların büyük çoğunluğunun 10-15 yaş aralığındaki borularda meydana geldiği,

- Sadece AÇB boru cinsinde en çok arızanın Ø150 çaptaki boruda meydana geldiği, boru hat uzunluğuna göre arızaların 200-300 m hat uzunluğuna sahip AÇB boruların %30' dan daha fazla bir arıza yüzdesi oluşturduğu, arızaların büyük çoğunluğunun 15-20 yaş aralığındaki borularda meydana geldiği,
- Sadece PİK boru cinsinde en çok arızanın Ø90 çaptaki boruda meydana geldiği, boru hat uzunluğuna göre arızaların 0-200 m hat uzunluğuna sahip PİK boruların %50' ye yakın arıza yüzdesi oluşturduğu, arızaların büyük çoğunluğunun 35-40 yaş aralığındaki borularda ve 40 yaşından büyük borularda meydana geldiği,
- Sadece PE boru cinsinde sadece tek bir çaptaki boru cinsi şebekede kullanıldığı için bütün arızaların Ø100 çaptaki boruda meydana geldiği, boru hat uzunluğuna göre arızaların 400-500 m hat uzunluğuna sahip PE boruların %50' den fazlasına yakın arıza yüzdesi oluşturduğu, arızaların büyük çoğunluğunun 0-2 ve 2-4 yaş aralığındaki borularda meydana geldiği görölür.

Şebekedeki tüm veriler arıza oranına göre incelendiği zaman ise ;

- En fazla arıza oranının 0-200 m arasında hat uzunluğuna sahip borularda meydana geldiği ve arıza oranı yüzdesi olarak da şebekedeki arızaların %45' e yakın kısmının 0-200 m uzunluğundaki boru hattında meydana geldiği,
- Şebekedeki tüm boru cinsleri arasından çap olarak, Ø110 çapındaki borularda arıza oranının diğer çaplara oranla çok daha fazla olduğu ve şebekedeki farklı çaptaki borularda meydana gelen arızalardan elde edilen arıza oranı yüzdesinin ise %45' e yakın kısmının bu çaptaki borularda meydana geldiği,
- Boru yaşına bağlı olarak bulunan arıza oranlarında görüldüğu gibi daha çok 10-15, 15-20 yaş aralığında olan borularda ve 35 yaşından büyük borularda daha fazla arızanın meydana geldiği ve burada elde

edilen sonuçlara göre beklentinin aksine en fazla arızanın en eski borularda gözlenmediği,

- Şebekede arızanın en çok meydana geldiği boru cinsinin toplam arıza oranının %50' den fazlasını teşkil eden PVC boru olduğu ve bunu da AÇB, PİK ve PE borularının takip ettiği,
- Sadece PVC boru cinsinde oluşan arızalardan elde edilen arıza oranının çoğu Ø110 çaptaki boruda meydana geldiği, boru hat uzunluğuna göre arızaların 0-200 m hat uzunluğuna sahip PVC boruların %45' e yakın arıza oranı yüzdesi oluşturduğu, arızaların büyük çoğunluğunun 15-20 yaş aralığındaki borularda meydana geldiği,
- Sadece AÇB boru cinsinde en çok arıza oranının Ø150 çaptaki boruya ait olduğu, boru hat uzunluğuna göre arızaların 200-300 m hat uzunluğuna sahip AÇB boruların %30' a yakın bir arıza oranı yüzdesi oluşturduğu, arızaların büyük çoğunluğunun 15-20 yaş aralığındaki borularda meydana geldiği,
- Sadece PİK boru cinsinde en çok arıza oranının Ø90 çaptaki boruda meydana geldiği, boru hat uzunluğuna göre arızaların 0-200 m hat uzunluğuna sahip PİK boruların %50' ye yakın arıza oranı yüzdesi oluşturduğu, arızaların büyük çoğunluğunun 35-40 yaş aralığındaki borularda ve 40 yaşından büyük borularda meydana geldiği,
- Sadece PE boru cinsinde sadece tek bir çaptaki boru cinsi şebekede kullanıldığı için bütün arızaların Ø100 çaptaki boruda meydana geldiği, boru hat uzunluğuna göre arızaların 400-500 m hat uzunluğuna sahip PE boruların %50' den fazlasına yakın arıza oranı yüzdesi oluşturduğu, arızaların büyük çoğunluğunun 0-2 ve 2-4 yaş aralığındaki borularda meydana geldiği görülür.

Şebekede meydana gelen tüm arızalar homojen bölgeler oluşturmak amacıyla kümeleme analizi yapıldığında;

- Tüm arızalar ayrı ayrı seçilmiş olan parametrelere göre analiz edildiğinde daha çok 8 kümede arızaların toplandığı ve sadece 6

parametrenin birlikte kullanıldığı veri setinde küme sayısının 9 olduğu,

- PVC borularda meydana gelen arıza veri setlerinde; 1. ve 2. veri setleri için 9 kümede arızaların toplandığı, 3., 5., 6. veri setleri için yapılan analizde 8 kümede arızaların daha çok toplandığı, 4. veri setinde ise arızaların 6 kümede toplandığı,
- PİK borularda arıza kümelenmelerinin daha çok 8 kümede toplandığı ve sadece 6 nolu veri seti için küme sayısının 6 olduğu,
- AÇB borularda meydana gelen arızaların 2., 4., ve 6. veri setleri için küme sayısının 8 olduğu, 3. ve 5. veri setleri için 7 kümede arızaların toplandığı, 1. veri seti için 6 kümede arızaların toplandığı görülür.

Şebekede meydana gelen tüm arızalar arıza oranına göre homojen bölgeler oluşturmak amacıyla kümeleme analizi yapıldığında;

- Tüm arızalar ayrı ayrı seçilmiş olan parametrelere göre analiz edildiğinde daha çok 8 kümede arızaların toplandığı ve sadece 3 parametrenin birlikte kullanıldığı veri setinde küme sayısının 7 olduğu,
- PVC borularda meydana gelen arıza veri setleri arasından sadece 6 nolu veri setinde 7 küme olup, diğer veri setleri için yapılan analizde 8 kümede arızaların daha çok toplandığı
- PİK borularda da PVC borularda olduğu gibi veri setleri arasından sadece 6 nolu veri setinde 7 küme olup, diğer veri setleri için yapılan analizde 8 kümede arızaların daha çok toplandığı
- AÇB borularda meydana gelen arızaların 2.,3., ve 6. veri setleri için küme sayısının 7 olduğu, 5. veri seti için 8 kümede arızaların toplandığı görülür.

İçme suyu şebekesinde meydana gelen arıza oranının tahmin edilmesinde;

- Tüm Veri Seti 1 için arıza oranının tahmin edilmesi sınıflandırma yapılmayan veri seti için kurulan tahmin modelinden elde edilen değerler ile gözlem değerleri arasındaki korelasyonun oldukça küçük olduğu, yine sınıflandırma sonucunda elde edilen her bir kümeye ait tahmin modelleri için hesaplanan

korelasyon katsayılarının kabul edilebilir seviyede olduğu, sadece küme 5 için hesaplanan değerin düşük olduğu, sınıflandırılmış 8 alt kümeye ait korelasyon katsayısının tamamının, sınıflandırılmamış veri seti için hesaplanan değerden daha büyük çıktığı ve hata parametrelerinin de yine sınıflandırılmamış veri setine göre daha iyi seviyede olduğu tespit edilmiştir.

- PVC Veri Seti 1 için arıza oranının tahmin edilmesi sınıflandırma yapılmayan veri seti için kurulan tahmin modelinden elde edilen değerler ile gözlem değerleri arasındaki korelasyonun oldukça küçük olduğu, yine sınıflandırma sonucunda elde edilen her bir kümeye ait tahmin modelleri için hesaplanan korelasyon katsayılarının kabul edilebilir seviyede olduğu, sınıflandırılmış 9 alt kümeye ait korelasyon katsayısının tamamının, sınıflandırılmamış veri seti için hesaplanan değerden daha büyük çıktığı, hata parametrelerinin de yine sınıflandırılmamış veri setine göre daha iyi seviyede olduğu görülmüştür.
- AÇB Veri Seti 1 için arıza oranının tahmin edilmesi sınıflandırma yapılmayan veri seti için kurulan tahmin modelinden elde edilen değerler ile gözlem değerleri arasındaki korelasyonun oldukça küçük olduğu, yine sınıflandırma sonucunda elde edilen her bir kümeye ait tahmin modelleri için hesaplanan korelasyon katsayılarının kabul edilebilir seviyede olduğu, sınıflandırılmış 8 alt kümeye ait korelasyon katsayısının tamamının, sınıflandırılmamış veri seti için hesaplanan değerden daha büyük çıktığı ve hata parametrelerinin de sınıflandırılmamış veri setine göre daha iyi seviyede olduğu görülmüştür.
- PİK Veri Seti 1 için arıza oranının tahmin edilmesinde, sınıflandırma yapılmayan veri seti için kurulan tahmin modelinden elde edilen değerler ile gözlem değerleri arasındaki korelasyonun oldukça küçük olduğu, ayrıca sınıflandırma sonucunda elde edilen her bir kümeye ait tahmin modelleri için hesaplanan korelasyon katsayılarının kabul edilebilir seviyede olduğu, sınıflandırılmış 8 alt kümeye ait korelasyon katsayısının tamamının, sınıflandırılmamış veri seti için hesaplanan değerden daha büyük çıktığı ve hata parametrelerinin de yine sınıflandırılmamış veri setine göre daha iyi seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak Şebekede meydana gelen tüm arızalar için boru uzunluğu, boru çapı, boru yaşı, arızanın meydana geldiği noktanın enlem ve boylam değerleri, arıza sayısı ve arıza oranı parametreleri seçilmiş olup bulanık kümeleme analizi yardımıyla da benzer özelliklere sahip arızaların aynı kümeler içinde toplanması sağlanmıştır. Böylece ileride meydana gelebilecek arızalar için de daha farklı parametrelere (sıcaklık, belirli zaman diliminde boru içindeki su basınç değerleri, suyun akış hızı değerleri, özellikle büyük kentlerde yoğun trafiğin olduğu yerlerdeki trafik yoğunluk değerleri) bağlı olarak tahmin modelleri geliŐtirilebilir ve Şebekedeki arıza sayısı en aza indirilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Andreou S. A., *Predictive models for pipe break failures and their implications on maintenance planning strategies for water distribution systems*, unpublished PhD Thesis, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1985.
- Anonymous. (2003). <http://www.stats.ox.ac.uk/~mercer/documents/transfer.pdf> (online Access on 20 Ekim, 2013)
- Berkhin P., *Survey of Clustering Data Mining Techniques*, San Jose, California, USA, Accrue Software Inc., (2002).
- Bezdek J. C., *Cluster validity with fuzzy sets.*, Journal of Cybernetics, 3 (3), 58–72, 1974.
- Bezdek J. C., *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. Plenum Press, New York, (1981).
- Burn and D. H., *Cluster Analysis as Applied to Regional Flood Frequency*, Journal of Water Resources Planning and Management, 115, (1989), 567–582.
- Christodoulou S. and Deligianni A., *A Neurofuzzy Decision Framework for the Management of Water Distribution Networks*, Water Resour Manage, 24, (2010), 139–156.
- Christodoulou S., Gagatsis A., Agathokleous A., Xanthos S. and Kranioti S., *Urban Water Distribution Network Asset Management Using Spatio-Temporal Analysis of Pipe-Failure Data*, 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering Moscow, Russia, 27-29 June 2012.
- Dunn J. C., *A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and its Use in Detecting Compact, Well-Separated Clusters*, Journal of Cybernetics, 3 (3), 32–57, (1974).
- Erilli N. A., *Kümeleme Analizine Bulanık Yaklaşım Algoritmaları ve Uygulamaları*, unpublished MsC Thesis, 19 Mayıs Üniv., Samsun, 2009.
- Fares H., Zayed T., *Evaluating Water Main Failure Risk Using a Hierarchical Fuzzy Expert System*, Congres annual (2008) de la SCGC CSCE (2008) Annual Conference, Department of Building, Civil, and Environmental Engineering, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada, 2008.
- Fırat M., Dikbaş F., Koç A. C., Güngör M., *Bulanık C-Ortalamalar Yöntemi ile Türkiye Havzalarının Sınıflandırılması, Homojen Hidrolojik Havzaların Belirlenmesi ve Bölgesel Frekans Analizi*, (107Y 318 nolu Tübitak Projesi Sonuç Raporu), İnönü Üniversitesi, Malatya, 2010.

- Hajkowicz S. and Collins K., *A Review of Multiple Criteria Analysis for Water Resource Planning and Management*, Water Resour Manage, 21, (2007), 1553–1566.
- Han J. and Kamber M., *Data Mining Concepts and Techniques*, Morgan Kauffmann Publishers Inc., (2006).
- Hu Y. and Hubble D.W., *Factors contributing to the failure of asbestos cement water mains*, Can. J. Civ. Eng., 34, (2007), 608-621.
- Kalaycı Ş., *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Asil Yayıncılık, Ankara, 2005.
- Karpuzcu M., *Su Temini ve Çevre Sağlığı*, Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 1985.
- Kun O. B., Talib S. A. and Redzwan G., *Establishment of Performance Indicators for Water Supply Services Industry in Malaysia*, Malaysian Journal of Civil Engineering, 19(1), (2007), 73-83.
- Lin G., Chen L., *Identification of Homogeneous Regions for Regional Frequency Analysis using the Self-Organizing Map*, Journal of Hydrology, 324, 1–9, (2006).
- Loganathan G. V., Park S. and Sherali H. D., *Threshold Break Rate for Pipeline Replacement in Water Distribution Systems*, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 128, No. 4, July 1, (2002), 271-279.
- MacQueen, J. B., *Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations*, Proc. Symp. Math. Statist. and Probability (5th), (1967), 281-297.
- Malatya Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşleri Müdürlüğü.
- Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Misiunas D., *Failure Monitoring and Asset Condition Assessment in Water Supply Systems*, PhD Thesis, Lund University Sweden, 2005.
- Morris R (Jr.), *Principal causes and remedies of water main Breaks*, Journal of American Water Works Association, 54 (7), (1967), 782-798.
- Naes T., Mevik T. H., *The Flexibility of Fuzzy Clustering Illustrated By Examples*, Journal Of Chemo Metrics, 1999.
- Oliveira D. P. de, Garrett J. H. (Jr.), Soibelman L., *A density-based spatial clustering approach for defining local indicators of drinking water distribution pipe breakage*, Advanced Engineering Informatics, 25, (2011), 380-389.

- Oliveira D. P. de, Neill D. B., Garrett J. H. (Jr.), ASCE F. and Soibelman L., ASCE M., *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, Vol. 25, No. 1, January 1, (2011), 21-30.
- Özdamar K., *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-2*, II. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 1999.
- Özdamar K., *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler)*, IV. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 2002.
- Özgur E., *Çok Değişkenli İstatistiksel analiz Yöntemleri ve Bir Uygulama*, PhD Thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2003.
- Pelletier G., Mailhot A. and Villeneuve J. P., *Modeling Water Pipe Breaks-Three Case Studies*, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 129, No. 2, March 1, (2003), 115–123.
- Pilcher R., Dizdar A., Dilsiz C., Toprak S., Angelis E. De, Angelis K. De, Koç C., Dikbaş F., Fırat M., Bacanlı Ü. G., *Su Kayıpları Nasıl Önlenir? Su Kayıplarını Azaltma Teknikleri ve Uygulamalarına Yönelik Rehber Kitap*, EflatunYayınevi, Ankara, 2009.
- Pollard D., *Strong consistency of k-means clustering*, The Annals of statistics, 9 (1), (1981), 135-140.
- Ragot J. and MacQuin D., *Fault measurement detection in an urban water supply network*, Journal of Process Control, 16, (2006), 887–902.
- Rao A. R., Srinivas V. V., *Regionalization of Watersheds by Hybrid Cluster Analysis*, Journal of Hydrology, 318, (2006a), 37-56.
- Rao A. R., Srinivas V.V., *Regionalization of Watersheds by Fuzzy Cluster Analysis*. Journal of Hydrology, 318, 57–79, (2006b).
- Samsunlu A., *Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi*, Güncelleştirilmiş Baskı, Birsen Yayınevi, 2005.
- Sheldon S., Millan L. M., Zhang W. “W.”, Ph. D., Hazen and Sawyer, *Constructing a water main break database in GIS for the City of Raleigh –Fighting drought from the computer desk*, NC AWWA-WEA 88th Annual Conference November 16-19, Winston-Salem, NC, (2008).
- Shi J., Garrett J. H. (Jr.), Soibelman L., *A Study of Associations between Hydraulic Characteristics and Pipe Breakage in Drinking Water Distribution System*, Carnegie Mellon University, USA, (2011).
- Sinske S. A. and Zietsman H. L., *A spatial decision support system for pipe- break susceptibility analysis of municipal water distribution systems*, ISSN 0378-4738 = Water SA, Vol. 30, No. 1, January, (2004), 71-79.

- Şahinli F., *Kümeleme Analizine Fuzzy Set Teorisi Yaklaşımı*, Gazi Üniversitesi, unpublished MsC Thesis, Ankara, 1999.
- Tatlıldil H., *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*, Cem Ofset Ltd. Şti., Ankara, 1996.
- Tatlıldil H., *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*, Akademi Matbaası, Ankara, 2002.
- Tlili Y., Nafi A. and Fratino U., *A spatial and temporal analysis for long term renewal of water pipes*, Author manuscript, published in "12th edition of the World Wide Workshop for Young Environmental Scientists, France, (2012).
- Türkdoğan İ., Yetilmezsoy K., *Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2004.
- Yamijala S., *Statistical Estimation of Water Distribution System Pipe Break Risk*, MsC Thesis, Texas A&M University USA, 2007.
- Yılmaz M., *Su ve Atıksu Teknolojisi*, I. Baskı, İtü Yayınevi, İstanbul, 1992.
- Yılmaz M., *Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı*, II. Baskı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2005.
- Wang Y., Zayed T., ASCE M. and Moselhi O., ASCE F., *Prediction Models for Annual Break Rates of Water Mains*, Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol. 23, No. 1, February 1,(2009), 47–54.
- Wood A., Ph. D., P. E., Lence B. J., Ph.D. and Asce A. M., *Using Water Main Break Data to Improve Asset Management for Small and Medium Utilities: District of Maple Ridge, B.C*, Journal of Infrastructure Systems, Vol. 15, No. 2, June 1, (2009), 111-119.
- Xie X. L., Beni G., *A Validity Measure for Fuzzy Clustering*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 13 (8), 841–847, (1991).
- Xu Q., Chen Q., Li W. and Maa J., *Pipe break prediction based on evolutionary data-driven methods with brief recorded data*, Reliability Engineering and System Safety, 96, (2011), 942-948.
- Zadeh L. A., *Fuzzy Sets.*, Information and Control, 8 (3), 338–353, (1965).

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mahmut AYDOĞDU

Doğum Yeri ve Tarihi: Kahta – 12.06.1987

Adres: İnönü Üniversitesi Darende Bekir Ilıcak Meslek Yüksekokulu Hacı derviş Mah. Nazım Turgut Caddesi. Darende/ Malatya

E-Posta: mahmut.aydogdu@ inonu.edu.tr.

Lisans: Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans (Varsa):

Mesleki Deneyim ve Ödüller: 2010-2012 yılları arası Tunceli Üniversitesi Araştırma Görevlisi

2012-2013 yılları arası TCDD 5. Bölge Müdürlüğü İnşaat Mühendisi

2013-.... İnönü Üniversitesi Darende Bekir Ilıcak MYO' da Öğretim Görevlisi

Yayın Listesi: