T.C.

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE REHABİLİTASYON İÇİN ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

ŞEYMANUR GÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARALIK – 2018

Tezin Başlığı: İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Rehabilitasyon İçin Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi

Tezi Hazırlayan: Şeymanur GÜL

Sınav Tarihi: 06.12.2018

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

Sınav Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mahmut FIRAT
İnönü Üniversitesi .....

Doç. Dr. M. İshak YÜCE
Gaziantep Üniversitesi .....

Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN
İnönü Üniversitesi .....

Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum, "İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Rehabilitasyon için Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi" 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.

Şeymanur GÜL

BİLDİRİM SAYFASI

Hazırladığım **"İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Rehabilitasyon İçin Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi "** başlıklı tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- ✓ Tezimin sadece özet kısmı erişime açılabilir.
- □ Tezim sadece İnönü Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ✓ Tezimin 3 (üç) yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

Şeymanur GÜL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE REHABİLİTASYON İÇİN ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

Şeymanur GÜL

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

118+ x sayfa
2018
Danışman: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

İçme suyu dağıtım sisteminde meydana gelen arızalar ve sızıntılar işletme maliyetini arttırmakta ve kentsel su yönetiminde işletme koşullarının bozulmasına sebep olmaktadır. Su kayıp yönetiminde, sistemin mevcut durumuna göre çeşitli azaltma, izleme ve kontrol yöntemleri önerilmekte ve kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan şebeke rehabilitasyonu ve boru malzeme yönetimi Su İdaresi için önemli ekonomik yük getiren bir seçenek olarak gösterilebilir. Bu nedenle, su kayıplarının azaltılmasında bu yöntem uygulanmadan önce detaylı analiz yapılmalı ve en kötü durumdaki bölgeler belirlenmelidir. Bu çalışmada, su kayıplarının önlenmesi ve azaltılması amacıyla dağıtım sistemlerinde rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Malatya merkez içmesuyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanında sisteme ait ölçülebilir, uygulanabilir ve problem ile ilgili fiziksel, çevresel ve işletme ana başlıkları altında çeşitli faktörler belirlenmiştir. Bu faktörlerin karar vermede etki derecesini belirmek için ENTROPI yöntemi ile ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesinde çoklu ölçütlü karar verme yöntemleri olarak tanımlanan, ELCETRE I, PROMETHEE II, MAUT ve TOPSIS yöntemleri uygulanmıştır. Uygulama alanında faktörlere ait saha ölçümleri ve ENTROPI yöntemi ile belirlenen ağırlık katsayıları esas alınarak bölgeler sıralanmış ve şebeke rehabilitasyonu öncelikli bölgeler belirlenmiştir. Böylelikle yatırım önceliği gerektiren, su kaynağı ve ekonomik olarak verimliliği arttırılmasını hedefleyen çözümün ortaya konulması mümkün olmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçların, şebeke ve su kayıp yönetimi açısından referans oluşturacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: İçmesuyu dağıtım sistemi, su kayıpları, şebeke rehabilitasyonu, ENTROPI, çoklu-ölçütlü karar verme

ABSTRACT

Msc Thesis

DETERMINATION OF PRIORITY REGIONS FOR REHABILITATION IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS

Şeymanur GÜL

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

118 + x pages
2018
Supervisor: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

Failures and leakages in water distribution systems increase the operating cost of the system and cause the deterioration of the operating conditions in urban water management. In water management, various methods for reducing, monitoring and controlling water losses are proposed and used. Network rehabilitation and pipe material management, which is one of these methods, can be shown as an option that shows significant economic impacts for Water Utility. For this reason, detailed analysis should be done and priority regions should be determined before this method is applied to reduce water losses. In this study, it is aimed to determine priority regions in rehabilitation systems in order to prevent and reduce water losses. For this purpose, Malatya central drinking water distribution system has been selected as the application area. In the study area, various factors are determined under the main headings of the system related to measurable, applicable and problem related physical, environmental and operation. Weight coefficients were calculated by using ENTROPI method to determine the effect of these factors on decision making. ELCETRE I, PROMETHEE II, MAUT and TOPSIS methods, which are defined as multi-criteria decision making methods, were applied in determining the priority regions in rehabilitation. The priority regions in the network rehabilitation were determined based on the field measurements of these factors in the study area and the weight coefficients determined by the ENTROPI method. Thus, it is possible to put forward the solution, which requires investment priority, aiming to increase water resource and economic efficiency. The results obtained in this study are thought to be a reference for water loss and urban water management.

KEYWORDS: Water distribution systems, network rehabilitation, ENTROPI, multi-criteria decision analysis

TEŞEKKÜR

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

Yüksek Lisans süreci boyunca ihtiyacım olan bilgi ve veri birikimini paylaşan, yol gösteren ve yardımını esirgemeyen başta Genel Müdür Doç. Dr. Özgür ÖZDEMİR olmak üzere Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanal İdaresi (MASKİ) Genel Müdürlüğü personeline,

Özellikle çalışma kapsamında yapılan saha uygulamaları ve ölçümleri için MASKİ Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Daire Başkanlığı ve personeline;

Tezin veri toplama, derleme, planlama ve saha uygulamaları kısmında desteklerinden dolayı MASKİ Genel Müdürlüğü İçme Suyu Daire Başkanı İnşaat Yüksek Mühendisi Fatih Mehmet DURMUŞÇELEBİ'ye, İçme Suyu Daire Başkanlığı personeli İnşaat Yüksek Mühendisi Furkan BOZTAŞ'a, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı personeli Harita Mühendisi Yusuf KOCAMAN'a;

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

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP FYL-2017-583 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	ÖZET……..	iv
	ABSTRACT……..	v
	TEŞEKKÜR……...	vi
	İÇİNDEKİLER……..……..	vii
	ŞEKİLLER DİZİNİ…….……..	viii
	ÇİZELGELER DİZİNİ……..	x
1.	GİRİŞ……..	1
2.	KAYNAK ÖZETLERİ…….	4
3.	YÖNTEM……...…	12
3.1.	ELECTRE I..……...	12
3.2.	TOPSIS……...……...	22
3.3.	PROMETHEE II...…….……	28
3.4.	ENTROPI Ağırlık Yöntemi ……..	34
3.5.	MAUT ……...	38
4.	İÇMESUYU ŞEBEKE REHABİLİTASYONU İÇİN GÖZ ÖNÜNE ALINAN FAKTÖRLER……...	41
4.1.	ÇALIŞMA KAPSAMINDA BELİRLENEN DEĞİŞKENLERİN ŞEBEKEYE ETKİLERİ…….....	47
4.1.1	Fiziksel Faktörler…….....…	47
4.1.2	Çevresel Faktörler……..	48
4.1.3	İşletme Faktörleri……...	48
5.	ÇALIŞMA ALANI…….	51
6.	ARAŞTIRMA BULGULARI……	55
6.1.	VERİLERİN ÖN ANALİZİ……	55
6.2.	Verilerin Nihai Tablosu…….	74
7.	İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN BELİRLENMESİ…….	78
7.1.	Karar Destek Sistemlerinin Geliştirilmesi……..	78
7.2.	Programın Tanıtılması……	78
7.3.	MATLAB Kodları ve Ekran Görüntüleri……...	79
7.3.1	ENTROPI Yöntemi Matlab Kodları……..	80
7.3.2	ELECTRE I Yöntemi Matlab Kodları……	80
7.3.3	TOPSIS Yöntemi Matlab Kodları…….	80
7.3.4	PROMETHEE-II Yöntemi Matlab Kodları……...	80
7.3.5	MAUT Yöntemi Matlab Kodları……	80
7.4.	Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi Ve Analiz Sonuçları……	80
7.4.1	ENTROPI Yöntemi İle Ağırlık Katsayılarının Belirlenmesi…….	81
7.4.2	ELECTRE I Yöntemi İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi……	82
7.4.3	TOPSIS Yöntemi İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi……...	85
7.4.4	PROMETHEE-II Yöntemi İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi……	87
7.4.5	MAUT Yöntemi İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi…….	89
7.5.	İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE KULLANILAN YÖNTEM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI……...	91
8.	SONUÇLAR……...	93
9.	KAYNAKLAR……...	98
10.	EKLER……...	104
11.	ÖZGEÇMİŞ.....	119

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	ELECTRE I İşlem Adımları	21
Şekil 3.2.	TOPSIS İş Akış Şeması	27
Şekil 3.3.	PROMETHEE İş Akış Şeması	33
Şekil 3.4.	ENTROPI Ağırlık Yöntemi İş Akış Şeması	37
Şekil 3.5.	MAUT Yöntemi İş Akış Şeması	40
Şekil 4.1.	Fiziksel, Çevresel ve İşletme Faktörleri	46
Şekil 5.1.	Malatya İli Haritası	51
Şekil 5.2.	Malatya ilinin jeolojik formasyon haritası (MASKİ,2018)	52
Şekil 5.3.	Merkez ilçelerinde çalışılan DMA Bölgeler (MASKİ,2018)	54
Şekil 5.4.	DMA Bölgeleri İçme Suyu Şebeke Haritası (MASKİ,2018)	54
Şekil 6.1.	DMA'larda İçme Suyu Şebekesi Boru Metrajları (MASKİ, 2018)	55
Şekil 6.2.	DMA'larda PVC Boru Yüzdelikleri (MASKİ,2018)	56
Şekil 6.3.	DMA'larda AÇB Boru Yüzdelikleri (MASKİ,2018)	56
Şekil 6.4.	DMA'larda Çelik Boru Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)	56
Şekil 6.5.	DMA'larda Düktil Boru Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)	57
Şekil 6.6.	DMA'larda PE Boru Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)	57
Şekil 6.7.	DMA'larda Çapı 100 mm'den Küçük Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)	58
Şekil 6.8.	DMA'larda Çapı 100 – 250 mm Arasında olan Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)	59
Şekil 6.9.	DMA'larda Çapı 250 mm'den Büyük Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)	59
Şekil 6.10.	DMA'larda 0-10 Yaş Aralığındaki Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)	60
Şekil 6.11.	DMA'larda 10-20 Yaş Aralığındaki Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)	60
Şekil 6.12.	DMA'larda 20 Yaşından Büyük Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)	60
Şekil 6.13.	DMA'larda Gözlenen Şebeke Arıza Sayıları (MASKİ, 2018)	62
Şekil 6.14.	DMA'larda Gözlenen Arıza Oranları (MASKİ,2018)	62
Şekil 6.15.	DMA'larda Belirlenen İçme Suyu Servis Bağlantı Sayısı (MASKİ, 2018)	63
Şekil 6.16.	DMA'larda Belirlenen İçme Suyu Servis Bağlantısı Arıza Sayısı (MASKİ, 2018)	63
Şekil 6.17.	DMA'larda Belirlenen İçme Suyu Servis Bağlantısı Arıza Oranları (MASKİ, 2018)	63
Şekil 6.18.	Çalışma Alanlarında Meydana Gelen Yıllık Su Kesinti Sayıları (MASKİ, 2018)	64
Şekil 6.19.	Çalışma Alanlarında Tespit Edilen Sızıntı Nokta Sayısı (MASKİ,2018)	65
Şekil 6.20.	Çalışma Alanlarında Rehabilitasyonu Yapılan Boru Oranları (MASKİ, 2018)	66
Şekil 6.21.	DMA'larda Sahada Ölçülen İşletme Basınçları (MASKİ,2018)	66
Şekil 6.22.	DMA'larda Su Kayıp Oranları (MASKİ, 2018)	67
Şekil 6.23.	DMA'lara Ait İşletme Maliyetleri (MASKİ,2018)	68

Şekil 6.24.	Alt Ölçüm Bölgelerinin Abone Sayısı (MASKİ,2018)	69
Şekil 6.25.	Alt Ölçüm Bölgelerinin Nüfusu (MASKİ,2018)	69
Şekil 6.26.	DMA'lara Ait Toplam Su Talebi m3/yıl (MASKİ, 2018)	70
Şekil 6.27.	DMA'lara Ait Su Talebi l/kişi*gün (MASKİ,2018)	70
Şekil 6.28.	DMA'larda Tespit Edilen Vana Sayısı (MASKİ, 2018)	71
Şekil 6.29.	DMA'ların Arazi Durumuna Ait Yüzdelik Oranları (MASKİ,2018)	72
Şekil 6.30.	DMA'larda Bulunan Önemli Yapılar (MASKİ,2018)	72
Şekil 6.31.	DMA'ların Zemin Ve Toprak Özelliği (MASKİ,2018)	73
Şekil 6.32.	DMA'ların Trafik Yoğunluğu (MASKİ,2018)	73
Şekil 6.33.	DMA'lara Ait Sokakların Genişlik Yüzdeleri % (MASKİ,2018)	74
Şekil 7.1.	MATLAB Akış Şeması	79
Şekil 7.2.	ELECTRE I Yöntemi Analiz Sonuçları	83
Şekil 7.3.	TOPSIS Yöntemi Analiz Sonuçları	86
Şekil 7.4.	PROMETHEE II Yöntemi Analiz Sonuçları	88
Şekil 7.5.	MAUT Yöntemi Analiz Sonuçları	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Karar matrisi A	17
Çizelge 3.2.	Net uyum ve net uyumsuzluk indeksleri	20
Çizelge 3.3.	PROMETHEE Veri Matrisi	29
Çizelge 4.1.	Literatür Kapsamında Ulaşılan Faktörler	43
Çizelge 5.1.	Uygulama alanında Boru Malzeme Türüne Göre Boru Metrajları (MASKİ,2018)	52
Çizelge 5.2.	Merkez İlçelerinin İçme Suyu Boru Metrajı (MASKİ,2018)	52
Çizelge 5.3.	Çalışma Alanı Seçilen Bölgeler(DMA) (MASKİ,2018)	53
Çizelge 6.1.	DMA Bölgeleri ve Fiziksel Faktörler	75
Çizelge 6.2.	DMA Bölgeleri ve İşletme Faktörleri	76
Çizelge 6.3.	DMA Bölgeleri ve Çevresel Faktörler	77
Çizelge 7.1	ENTROPI Ağırlık Değerleri	81
Çizelge 7.2.	ELECTRE I Yöntemi Öncelikli Bölgelerin Sıralanması	82
Çizelge 7.3.	ELECTRE I Yöntemi Net Uyum ve Uyumsuzluk Setleri	84
Çizelge 7.4.	ELECTRE I Yöntemi Toplam Baskınlık Matrisi (E)	84
Çizelge 7.5.	TOPSIS Yöntemi Öncelikli Bölgelerin Sıralanması	85
Çizelge 7.6.	PROMETHEE II Yöntemi Öncelikli Bölgelerin Sıralanması	87
Çizelge 7.7.	MAUT Yöntemi Öncelikli Bölgelerin Sıralanması	89
Çizelge 7.8.	Öncelikli Bölgelerin Sıralanmasında Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması	91

1 GİRİŞ

Su dağıtım sistemleri hayati ve yüksek öneme sahip kentsel altyapılardan biridir. Bir su dağıtım şebekesinin uzun vadeli tasarımı, ekonomik, sosyal, çevresel, sağlık, hidrolik ve diğer teknik konuları içeren karmaşık ve çok amaçlı bir sorundur. Su dağıtım sistemleri zaman içinde yaşlanmaya ve bozulmaya uğramakta, buna bağlı olarak su temininin sağlanmasında pek çok zorluklar ortaya çıkmakta ve su dağıtım sisteminin yapısal ve hidrolik kapasitesinin azalmasına neden olmaktadır.

Su kaynaklarının korunması, aşırı su tüketiminin önlenmesi, içme suyunun etkin kullanılması ve verimliliğin arttırılması doğrultusunda içme suyu dağıtım sistemlerinin kontrollü bir şekilde sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Son yıllarda, su dağıtım sistemlerinin boyutlandırılmasında, işletilmesinde, su dağıtım şebekelerinin rehabilitasyonunda ve riskli bölgelerin önceliklendirilmesinde pek çok teknik kullanılmaktadır. Sağlıklı bir su yönetimi, dengeli su temini, sızıntı kaçakları azaltmak için yapılan sürekli çalışmaların su gelir oranını önemli ölçüde arttırdığı gözlemlenmiştir. Çoklu alt yapı sistemlerinde, etkili ve kaliteli bir bakım programı oluşturmak, sistem rehabilitasyonu ve altyapı sisteminde verimli bir performans sağlamak için olası riskleri tanımlamak, miktarını belirlemek etkin bir kentsel su yönetimi için oldukça önemlidir.

Su dağıtım sistemlerinin performansını arttırmak amacıyla çok farklı yöntemler uygulanmaktadır. Özellikle arıza oranının yüksek olduğu sistemlerde oldukça maliyetli bir yol olan boru yenileme çalışmaları yürütülmektedir. Fakat tüm su şebekesini aynı anda değiştirmek Kurum açısından önemli maliyet ortaya çıkarırken, diğer taraftan kazı ve inşaat çalışmalarından dolayı da vatandaş şikayetleri ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle su dağıtım sistemlerinde borusu değiştirilecek öncelikli bölgenin belirlenmesi ve rehabilitasyon önceliklendirilmesi maliyetlerin düşürülmesi açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada su dağıtım sisteminde ilk yatırım maliyetinin azaltılması, su kayıplarının azaltılması ve buna bağlı olarak işletme maliyetinin düşürülmesi için içme suyu dağıtım sistemlerinde şebeke rehabilitasyonunda öncelikli bölgelerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında temel olarak aşağıda verilen hususlar hedeflenmektedir;

- Su dağıtım sistemlerinde yapısal bütünlüğü ve hidrolik kapasiteyi korumak,
- Su şebekesinde en uygun rehabilitasyon ve değişim stratejisini belirlemek
- Su şebekesinde savunmasız bölgeleri tanımlamak
- Su dağıtım sistemlerinde arıza riskini belirlemek
- Rehabilitasyon maliyetini en aza indirgemek
- Bölgelerin risk analizini ve tahminini yapmak
- Hidrolik performans, ağ güvenilirliği, su kalitesi sağlamak
- Borularda onarım değişim yenileme sağlamak
- Su dağıtım sistemlerinde en düşük maliyetle bakım ve onarım sağlamak
- Su dağıtım sistemlerinde arızaların tespiti ve konumunu saptamak
- Çoklu-değişkenli karar verme yöntemi uygulanarak rehabilitasyon önceliği olan bölgeyi belirlemek

Çalışma kapsamında yukarıda verilen amaç ve hedeflere ulaşmak için Malatya ili merkez içme suyu dağıtım şebekesi uygulama alanı olarak belirlenmiştir. Uygulama alanında MASKİ Genel Müdürlüğü tarafından tutulan fiziksel, çevresel ve işletme faktörleri dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında Malatya ili merkezinde konumsal olarak elde edilen verilerle riskli bölgelerin belirlenmesi, boruların durum değerlendirmesini yapılması, kötü durumdaki kritik boruları belirlenmesi, arıza tespitinin yapılması amacıyla çoklu-değişkenli karar verme yöntemi kullanılarak, rehabilitasyon önceliği olan bölgenin seçimi sağlanmıştır.

Önerilen çalışmada Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ)'nden elde edilen verilerle aşağıda belirtilen çalışmaların yapılması planlanmıştır;

- Uygulama bölgesinde yer alan Mahalle ve sokakların belirlenmesi
- Uygulama bölgesine ait detay verilerin elde edilmesi (Şebeke, su tüketimleri, arıza kayıtları, bölgeye ait fiziksel veriler vb.)
- Değerlendirmede kullanılacak değişkenlerin belirlenmesi (Boru cinsi, arıza sayısı, boru ortalama yaşı, ortalama nüfus, ortalama basınç, zemin özelliği, işletme maliyeti vb…)
- Ağırlık ölçütlerinin belirlenmesi (Anlaşılabilirlik, Karşılaştırılabilirlik, Ölçülebilirlik, Uygulanabilirlik)
- Ağırlık ölçütlerinin karar vericiler tarafından ölçeklendirilmesi
- Ölçeklendirme/puanlama matrisinin oluşturulması (Çok yüksek, Yüksek, Ortalama, Düşük, Çok düşük)
- Seçilen ölçütlerin ağırlıklarının ENTROPI Yöntemi ile belirlenmesi (İkili karşılaştırma matrisi oluşturularak ağırlıkların belirlenmesi)
- ELECTRE I, TOPSIS, PROMETHEE II ve MAUT yöntemleri kullanılarak öncelikli bölgelerin belirlenmesi aşamaları
- Öncelikli rehabilitasyon bölgesinin nihai seçimi

Tez çalışması özet olarak şu kısımlardan oluşmaktadır; (i) literatürde yer alan çalışmaların incelenmesi, (ii) Çalışma alanı, (iii) Yöntem (iv) Analizler ve değerlendirme, (v) Rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin belirlenmesi, (vi) Sonuçlar.

2 KAYNAK ÖZETLERİ

Kim vd. (2005) yaptıkları çalışmada, bozulmaya dayalı rehabilitasyon için en uygun zamanlama modelinin önerilmesi, bir su dağıtım sistemi için mevcut boruların onarım, rehabilitasyon, değişim, zaman ve maliyetinin saptanması amacıyla KOWACO raporundaki on dört bozulma faktörünü dikkate almıştır. Çalışma kapsamında, PNN Model (Olasılıklı Sinir Ağları) ve MIP (Karışık Tamsayılı Programlama), IP (Integer Programming) programlamaya dayalı modeller geliştirilerek, optimum zaman ve maliyet tahmini sağlamak, boruların servis hizmet ömrünü arttırmak amaçlanmıştır.

Le Gauffre vd.(2007) rehabilitasyon önceliklerini belirlemek için çok kriterli karar destek metodolojisiyle yöntem geliştirmişlerdir. İtalya'nın Reggio Emilia bölgesinde 2729 boru incelenmiştir. Çalışma kapsamında, dağıtım sistemleri için 3 tamamlayıcı yaklaşım geliştirilmiştir. Bunlar; şebekelerin performansının gözlemlenmesi (müşteri şikayeti, su kayıpları, boru arızaları vb.), boruların hizmet ömrünün tahmini ve etkili rehabilitasyon sağlanması için uzun vadeli strateji belirlenmesi, yıllık rehabilitasyon programlarının tanımı için CAREW (Computer Aided Rehabilitation of Water Network) prototipli ARP (Annual Rehabilitation Program) modülü geliştirilmesi şeklindedir.

Fares (2008) Kanada'da içme suyu şebekelerinde arızaların risk durumunu değerlendirilmesi, içme suyu şebekesinin korunması için yönetim stratejilerinin uygulanması, maddi ve fiziksel hasarların önlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, risk kaynakları 5 grupta incelenmiş olup, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve Hiyerarşik bulanık uzman sistem ve Analitik Hiyerarşi Süreci modeli uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda sistemi etkileyen en yüksek risk faktörünün boru yaşı olduğu saptanmıştır.

Sargaonkar vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada Hindistan'ın Hyderabad kentinde kötü durumdaki kritik boruları belirlemek, kent nüfusuna sürekli ve güvenli su temini sağlamak amacıyla su şebekesi, kanalizasyon şebekesi, açık drenaj, toprak ve yeraltı suyu CBS haritaları hazırlanmıştır. Ve çalışmada yüksek riskli bölgeler ve kritik noktalar tespit edilmiştir.

Tanyimboh ve Kalungi (2009) tarafından yapılan çalışmada, Uganda Wobulenzi kentinin su dağıtım şebekesinde uzun süreli tasarım ve iyileştirme sağlamak amacıyla en iyi planın seçilmesi, doğrudan ve dolaylı olarak arıza maliyetlerinin belirlenmesi için AHP uygulanmış ve maliyetlerin bugünkü değerine bağlı olarak alternatiflerin kıyaslanmasıyla ekonomik analizi yapılmıştır.

Francisque vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, su şebekesinde güvenlik açığı, duyarlılık ve risk indekslerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bulanık sentetik değerlendirme, Analitik hiyerarşi süreç, bulanık kural tabanlı teknik ve bulanık kümeleme yöntemleriyle her bölge için endeksler hesaplanmış ve her durum için sıralama adımı uygulanmıştır. Çalışma sonunda; metal borularda korozyona bağlı zararlar ortaya çıkabileceği, su sıcaklığının artışı bozulmalara sebep olabileceği, çocuk yaşlı nüfusun duyarlılık endeksinde önemli payı olduğu sonucuna varılmıştır.

Morais ve Almeida (2010) Brezilya'da yaptıkları çalışmada kesintisiz, uygun basınçta, kaliteli su temini sağlamak amacıyla bireysel sıralama analizi metodu ve PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yöntemi kullanılarak en iyi alternatiflerin alt kümeleri belirlenmiş, yoğunluk direnci analizi yapılmış ve alternatifler sıralanmıştır. Çalışmanın sonucunda uygulanan yöntemin karar alma sürecini daha açık rasyonel ve verimli bir şekilde geliştirmeye yardımcı olduğu saptanmıştır.

Shahata ve Zayed (2010) Kanada şehrinde su şebekesi ve atık su sistemlerinde rehabilitasyon yapılması, optimal değişim stratejisinin önerilmesi ve gelişmiş metodoloji uygulayan bir prototip araç geliştirilmesi amaçlamışlardır. Çalışmada, Genetik algoritma, DELPHI-AHP, Yapay Sinir Ağı yöntemleri kullanılarak içme suyu ve atıksu sistemleri için risk analizi ve performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

Nafi ve Kleiner (2010) Ontario kentinde yaptıkları çalışmada çeşitli bütçe kısıtlamalarıyla etkili bir özel su şebeke planlaması yapmak amacıyla çok amaçlı genetik algoritma şeması ve EPANET (Hidrolik Simülasyon Programı) programı yardımıyla mevcut bütçe kullanımını maksimize edilerek bütçe kısıtlamalarını minimize edilmesini hedeflenmiştir.

Kaptanoğlu ve Özok (2010) tarafından yapılan çalışmada her bir akademisyenin performans değerlendirilmesi için çeşitli ölçütleri göz önünde bulundurmuş ve bulanık analitik hiyerarşi süreç yöntemi esas alınarak bir model çalışması yapılmıştır.

Kanakoudis ve Tsitsifli (2011) yaptıkları çalışmada Yunanistan'ın Larisa şehrinde su dağıtımı sistem bakımının etkinliğini maksimize etmek amacıyla Diskriminant Analizi ve Sınıflandırma yöntemi uygulayarak borular sınıflandırılmıştır.

Tagherouit vd. (2011) yaptıkları çalışmada Kanada'nın Laval şehrinde kanalizasyon şebekesinin performansının ve mevcut durumunun değerlendirilmesi için model geliştirmeyi, yapısal ve hidrolik performans kullanılarak sezgisel yaklaşımlarla gerçekçi sonuçlar elde etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında, CBS Destekli Bulanık Sistem yaklaşımı önerilmiştir. Boruların ve çevresinin hidrolik davranışına ve içsel ortamına göre; hidrolik, yapısal, geniş çaplı performanslarını tarif etmişlerdir.

Tsitsifli vd. (2011) yaptıkları çalışmada şebeke borularının gelecekteki davranışını belirlemek, boruların farklı akışkanları taşıma davranışının tahmini yapmak amacıyla 3 farklı tipte boru üzerinde çalışılmıştır. Arıza tahmin modeli için bir zaman adımı analizi uygulanmıştır. Ayırt edici analiz ve sınıflandırma metodu uygulanmıştır. 18 yıllık çalışma periyodunda 319 sızıntı borusu ve 141 kırık boru kaydedilmiş ve 26 senaryo üzerinde çalışılmıştır. Boru karakteristiklerine bağlı olarak güvenilir risk değerlendirme modeli oluşturulmuştur.

Tabesh ve Saber (2012) tarafından yapılan çalışmada, İran'ın Mashhad bölgesinde su dağıtım şebekesinde rehabilitasyon önceliği için entegre bir model oluşturulması, hidrolik, ampirik ve fiziksel alt modelleri içeren entegre bir model sunulması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, boru uzunluğu, yaşı, basıncı ve altyapı endekslerinin su şebekesi rehabilitasyonunun üzerindeki etkisi saptanmıştır.

Ammar vd. (2012) yaptıkları çalışmada bütçe ve hizmet kısıtlamaları için rehabilitasyon sağlamak, rehabilitasyon modelinin su şebekesinin yapısal ve fonksiyonel performansı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla Bulanık tabanlı LCC modeli, DSW (Day Stout Waren) algoritması, VERTEX METODU

uygulanarak her bir senaryonun yaşam döngü maliyeti dikkate alınmış ve belirsizliklerle ilişkilendirilmiştir.

Roozbahani vd. (2012) yaptıkları çalışmada, Melbourne şehrinin kentsel su temini yönetiminde karşılaşılan sorunlar için farklı karar verme yöntemlerinin oluşturulması, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla PROMETHEE I, PROMETHEE II, PROMETHEE-GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid), PROMETHEE-GDSS metotları uygulanmıştır. Gelecek (2050 yılına kadar) su taleplerinin karşılanması, su kayıpları ve kaçak su yönetimi için karar verme aşamasının oluşturulması ve sıralanması amaçlanmıştır.

Ennaouri ve Fuamba (2013), kanalizasyon sistemlerinin hem hidrolik hem de yapısal yönden arıza durumunun en uygun değerlendirmesini yapmak amacıyla AHP yöntemini kullanmıştır. Çalışma kapsamında kanalizasyon bozulmalarının değerlendirilmesi için hidrolik ve yapısal bileşenler göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma sonunda, hidrolik kapasite bozulmada en önemli faktör olarak tespit edilmiştir.

Fontana ve Morais (2013) yaptıkları çalışmada su şebekelerinde su kaybını önlemek, sistem rehabilitasyonu, altyapı onarım uygulamasıyla verimli performans sağlamak amacıyla PROMETHEE II, PROMETHEE V ve Çok Kriterli Karar Analizi yöntemlerini uygulamıştır.

Li vd. (2014) Sidney'de yaptıkları çalışmada 3 temel husus amaçlanmıştır; Hiyerarşik beta sürecine dayalı verimli bir yaklaşık çıkarım algoritması geliştirmesi, Su borusu durum değerlendirmesine dayalı hiyerarşik beta sürecinin uygulanması ve mali açıdan sonuçların yorumlanmasıdır. Yüksek riskli boruları tespit etmek için parametrik olmayan modelleme yaklaşımı kullanılmıştır.

Francisque vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada Kelowna şehrinin içme suyu dağıtım sistemi incelenmiştir. Su şebekelerinde bakım onarım yenileme strateji önceliğinin sağlanması, metalik, çimento, plastik, AC boruların karşılaştırılması, olası sistem arızalarının belirlenmesi, sudaki klor miktarının optimize edilmesi, su kalitesinin arttırılması hedeflenmiştir. Kelowna şehrinde; hesaplanan endekslerin dağılım grafikleri (hidrolik kapasite, risk endeksi vb…) oluşturulmuştur. WARRM, AHP, Risk Değerlendirmesine Dayalı Bir Karar Destek Aracı (DST) modelleri uygulanmıştır.

Scholten vd. (2014) İsviçre'de yaptıkları çalışmada su dağıtım şebekelerinin stratejik varlık yönetiminde zorlukları aşmak amacıyla; gelecekteki belirsizlikler altında 18 stratejik rehabilitasyon alternatiflerin değerlendirilmesi için bir çerçeve oluşturulmuştur. Çok kriterli karar analizi (MCDA), ELECTRE (Elemination and Choice Translating Reality English), Varlık Yönetim Yazılımı (FAST) uygulanmıştır. Alternatifler karşılaştırılmış, sıralanmış ve Boom senaryosu altında duyarlılık analizi yapılmıştır. Cubillo ve Pérez (2014) yaptıkları çalışmada bir su dağıtım sistemini oluşturan özellikleri 7 kategoride toplamışlardır. Su dağıtım sistemleri için farklı risk değerlendirme metodu sağlamak amacıyla Su kalitesi, işletme basıncı, pompa ve depoların durumları değerlendirilmiştir ve risk analizi yapılmıştır.

Choi vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, Kore'nin Seongnam şehrinde mevcut boru şebekesinin performansını arttırılması, su sızıntılarının önlenmesi, su dağıtım bölgelerinin yenilenmesi ve değişimi için referans sağlamak amacıyla 68 bölge incelenmiştir ve eski borularda (21 yıldan daha eski) sızıntı durumu saptanmıştır. ELECTRE, AHP, SAM (Strategic Asset Management) Yöntemi, R12 modeli kullanılmış ve model sonuçları karşılaştırılmıştır. ELECTRE II metodu ve AHP tekniği ile her performans indekslerinin ağırlıkları saptanmıştır. Çalışmanın sonucunda her bir bölge için rehabilitasyon önceliği belirlenmiş ve gelecekte dağıtım borularının yenilenmesi için öncelik belirlemede yardımcı olmak hedeflenmiştir.

Atkinson vd. (2014) yaptıkları çalışmada su dağıtım sistemlerinde mekanik ve hidrolik güvenilirlik sağlanması, karşılaştırılabilir çok amaçlı maliyet optimizasyonunun sağlanması, yeni pompalama ve depolama haznelerinin yer seçiminin belirlenmesi (mevcut borular da dahil) amacıyla EPANET2 programı ve NSGAII genetik algoritma yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda 8 ayrı boru çapı kullanılarak yeni boruların; eklenmesi, çoğaltılması, temizlenmesi için birim uzunluktaki maliyetler hesaplanmıştır.

Choi ve Koo (2015) yaptıkları çalışmada, boru patlama olasılıklarının (PROBPB) belirlenmesi ve tahmini, servis arıza durumlarında sızıntı süresi ve tamir süresinin hesabı, tüketicilere su temini hizmeti memnuniyetinin sağlanması, su kesintilerinin tahmin edilmesi (boruların ve vanaların konumuna bağlı olarak) amaçlanmıştır. Kabir vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Kelowna şehrinin su

dağıtım şebekelerinin arıza riskini ölçmek ve değerlendirmek, bakım, rehabilitasyon, değişim aşamaları için bir sıralama sağlamak, çok büyük çaplı borular ile küçük çaplı boruların arıza endeksleri karşılaştırmak amacıyla Bayes Ağ Modeli kullanılmıştır. Çalışma sonucunda en hassas, en duyarlı, en riskli boru düzeyi hakkında bilgiye ulaşılmıştır ve yaz ve kış mevsimindeki risk endeksleri ve yüzdeliği saptanmıştır.

Tscheikner-Gratl vd. (2015) yaptıkları çalışmada rehabilitasyon tanımlanan bölgelerde teknik ve ekonomik açıdan tavsiye sunmak, boru bozulmalarının su ve kanalizasyon şebekeleri üzerindeki etkisini saptamak için Öncelik Modeli (PM) uygulanmıştır. Boru arızlarında ana etkilerin; boru çapı boru malzemesi (özellikle çelik boru) boru uzunluğu, boru yaşı olduğu sonucuna varılmıştır.

Marzouk vd. (2015) Mısır'da yaptıkları çalışmada su dağıtım sistemlerinin performansını iyileştirmek, rehabilitasyon teknolojisinin seçimini tanımlamak amacıyla SIMOS Algoritması (MS Excel tabanlı) uygulamışlardır. 24 ağırlık faktörü SIMOS Yöntemi ile Q1,Q2,…Q24 sıralanmıştır. Çalışmanın sonucunda karar vericiler için hızlı onarım, karar ve yenileme adımı sağlamak, ARC-MAP ile görselleştirme sağlamak, yaşam döngü maliyetleri ve risklerini minimize etmek hedeflenmiştir.

Al-Zahrani vd. (2015), Suudi Arabistan'ın Al-Khobar kentinde yaptıkları çalışmada yapısal bütünlüğü ve hidrolik kapasiteyi korumak, su şebekesinde savunmasız bölgeleri tanımlamak amacıyla bulanık tabanlı karar destek sistemi, Bulanık Kural Tabanlı AHP yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda bölge birkaç alt bölgeye ayrılmış, bölgedeki asbest boruların ciddi sağlık problemine yol açabileceği saptanmıştır.

Haider vd. (2015) yaptıkları çalışmada geliştirilen mevcut performans göstergesi (PI) sistemlerinin yeniden değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Su kaynakları ve çevre, personel, işletme, fiziksel, su kalitesi, hizmet kalitesi ve finansal kategorileri içeren performans ölçütleri kullanılarak bir liste hazırlanmıştır. Bu performans ölçütleri uygulanabilirlik, anlaşılabilirlik, ölçülebilirlik ve karşılaştırılabilirlik kriterlerine göre ELECTRE ve AHP yöntemleri kullanılarak ağırlıklandırılmış ve sıralanmıştır. Çalışma sonuçları, farklı alternatifler arasında tercih yapılması gerekli olduğunda, ELECTRE'nin uygun bir yöntem olduğunu

ortaya koymuştur. Veri yönetimine, veri kullanılabilirliğine ve özel gereksinimlerine göre en uygun PI'ları belirlenmiştir.

Goral (2015) yaptığı çalışmada dört ana grup, ondört alt grup ve bunlara bağlı seksen dört indikatöre bağlı olarak 141 ülkenin turizm rekabet gücü analizi ve sıralaması yapılmıştır. TCI çalışmasında destinasyonların rekabetçilik ölçümü yapılırken, ilgili faktör değerlerinin ağırlıklandırılmış ortalaması alınarak ana faktör değerleri ve TCI değeri hesaplanmıştır.

El-Abbasy vd. (2016) yaptıkları çalışmada alt yapı sisteminin bakım ve rehabilitasyonunu sağlamak ve iyileştirmek, boru hatlarını etkileyen kritik faktörleri belirlemek, bu faktörlerin önemli ağırlıklarını saptamak, her bir faktörün boru ve elemanlarındaki etki değerini saptamak amacıyla bulanık analitik ağ süreci tekniği, PROMETHEE II, Analitik Hiyerarşi Süreci, Çoklu Doğrusal Regresyon, Yapay Sinir Ağı yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda su dağıtım şebekeleri için ana ve alt faktörler arasında belirsizlikleri ve kritik faktörler arasındaki bağımlılıklar değerlendirilmiştir.

Inanloo vd. (2016) yaptıkları çalışmada Florida şehrinin alt yapı sistemi ele alınmıştır. Alt yapı sistemlerinin birbirleriyle olan olası etkileşimlerinin belirlenmesi, çoklu alt yapı sistemleri için; etkili, kaliteli, kapsamlı entegre bir sistem oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmada borulardaki arızalardan kaynaklanan trafik gecikmeleri ve etkilenen bölgeler, PVC, DI, CI, AC, GI, RC borularıyla su ve kanalizasyon boruları arasındaki ilişkiler saptanmıştır. Kanalizasyon ve su şebekesi için ARCMAP, ARCGIS ile risk tahsisi haritası boru malzemesi ve çapına göre oluşturulmuştur. Ulaşımı etkileyen risk analizlerinin belirlenmesi, arıza durumlarının sonuçlarını ve diğer alt yapı sistemiyle olan ilişkisini belirlenmesi saptanmıştır.

Zhao vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, su kaynakları sisteminde risk endekslerinin belirlenmesi, su kaynaklarının gelişimi için uygun planlama yapmak amacıyla AGACAHP-CW (Accelerating Genetic Algorithm) modeli kullanılmıştır. Çalışma sonunda Endüstriyel ilerleme ve sosyal gelişim içi su kaynaklarını korumanın güçlendirilmesi, su kaynaklarının uzun vadeli korumanın sağlanması amaçlanmıştır.

Del Giudice vd. (2016) yaptıkları çalışmada Kanalizasyon ağında rehabilitasyon sağlanması amacıyla basit temel veri toplanarak kanalizasyon arızası durumunda, koruma bakım stratejisiyle öncelikli bir şema oluşturmuştur. Kanalizasyon ağının yönetimi için ekonomik kaynakların optimizasyonunun sağlanması hedeflenmiştir.

Kessili ve Benmamar (2016) Cezayir kanalizasyon şebekesinde yaptıkları çalışmada 47 proje üzerinde 12 kriter ölçülmüştür. Kanalizasyon rehabilitasyon öncelikleri için bir sıralama düzeni oluşturarak projeler sıralanmıştır. AHP ve PROMETHEE II hesapları MATLAB ortamında geliştirilmiştir. Projeleri sıralayarak en iyi alternatif belirlenmiştir.

Leu ve Bui (2016) yaptıkları çalışmada Tayvan bölgesinde sızıntıya sebep olan 3 temel faktör (yerinden oynama, çatlak ve korozyon) incelenerek su kaçağı riskini en aza indirmek için etkili bir kontrol planı oluşturulmuştur. BAYES Ağ Modeli, EXSEM algoritması ile sızıntı tahmin sistemi oluşturularak boru sızıntılarını etkileyen en önemli parametreler belirlenmiştir.

Uzun ve Kazan (2016) gemi inşa sürecinde ana makine seçimi amacıyla 12 değişken esas alınarak AHP, TOPSIS, PROMETHEE yöntemlerini uygulamış ve model geliştirmişlerdir. Ölçütlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiş ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ve PROMETHEE yöntemleri ile de sıralama yapılmıştır.

Tunca (2016) OPEC kuruluşunu oluşturan 12 üye ülkenin performanslarının değerlendirilmesinde çok ölçütlü karar analizi uygulanmıştır. ENTROPI ağırlık yöntemi kullanılarak her bir değişkenin ağırlığı hesaplanmış ve MAUT (Multi Attribute Utility Theory) yöntemini uygulayarak en iyi performans gösteren ülke belirlenmiştir.

3 YÖNTEM

3.1. ELECTRE I

ELECTRE I (Elemination and Choice Translating Reality) yöntemi Roy ve Beneyoun (1966) tarafından önerilmiş, çok ölçütlü karar verme yöntemi olarak ifade edilmekte ve değişkenler yardımıyla alternatifler için ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanarak sıralama yapmaktadır. ELECTRE I yönteminde temel olarak önceliklendirme ilişkisi oluşturulmakta, uyum ve uyumsuzluk endeksleri hesaplanmakta, uyum ve uyumsuzluk setleri oluşturularak alternatifler seçilmektedir (Scholten vd. 2014).

Adım 1: *Karar Matrisinin (A) Oluşturulması*

Öncelikle karar matrisinin (A) oluşturulması gerekmektedir. Karar vericiler tarafından sıralanacak alternatifler ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan değişkenler belirlenir. Karar matrisinin satır elamanlarını alternatifler, sütun elemanlarını ise karar vermede esas alınacak faktörler oluşturmaktadır. Burada; *m* karar noktası sayısını, *n* değerlendirme noktası sayısını göstermektedir. A matrisi başlangıç matrisi olarak oluşturulur. Karar vericiler tarafından oluşturulan başlangıç matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.1}$$

Adım 2: *Normalize Karar Matrisinin (X) Oluşturulması*

X matrisinin her bir parametresini elde etmek için, A matrisinin her bir elemanı, o elemanın bulunduğu sütun elemanlarının kareleri toplamının kareköküne bölünerek hesaplanmaktadır. Bu adımda bir karar noktasına ait belirlenen değerlendirme faktörü, diğer karar noktalarıyla beraber ilişkilendirilir. Fayda kriteri için denklem (3.2) ve maliyet kriteri için denklem (3.3) kullanılmaktadır:

$$X_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}^2}} \qquad \text{i=1,2,…..,m ; j=1,2,….,n} \qquad (3.2)$$

$$X_{ij} = \frac{1/r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} 1/r_{ij}^2}} \qquad \text{i=1,2,…..,m ; j=1,2,….,n} \qquad (3.3)$$

Adım 3: *Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması*

Alternatiflere ait değerlendirme kriterlerinin karar vericiler tarafından önemi farklı olabilir. Bu sebepten değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları ENTROPI, AHP ve FUZZY AHP gibi farklı yöntemler kullanılarak belirlenebilir (Choi vd. 2014). Normalize karar matrisinin her bir sütunundaki kriterler, o sütuna ait ağırlıklarıyla çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilmektedir. Belirlenmiş olan ağırlıkların toplamının 1 olması gerekmektedir.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \qquad (3.4)$$

Y matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$Y_{ij} = w_j \; x \; x_{ij} \qquad (3.5)$$

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} * w_1 & \cdots & x_{1n} * w_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} * w_1 & \cdots & x_{mn} * w_n \end{bmatrix} \qquad (3.6)$$

Adım 4*: Uyum (C_{kl}) ve Uyumsuzluk (D_{kl}) Kümelerinin Belirlenmesi*

Uyum kümelerinin hesaplanması için Y matrisi esas alınır, karar noktalarının her biri faktörler bakımından karşılaştırılır ve denklem (3.7)'de gösterilen formüldeki ilişki yardımıyla belirlenir. Uyum setlerinin belirlenmesi şu şekilde ifade edilir:

$$C_{kl} = \{j, \; y_{kj} \geq y_{lj} \} \qquad (3.7)$$

Formül, satır elemanlarına ait verilerin birbirlerine göre büyüklüklerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Çok ölçütlü karar verme problemlerindeki uyum setinin sayısı ($m.m-m$) tanedir. k=l olamaz. ELECTRE yönteminde her bir uyum kümesine (C_{kl}) karşılık bir uyumsuzluk kümesi (D_{kl}) denk gelir. Uyum seti sayısı kadar uyumsuzluk seti vardır.

$$D_{kl} = \{j,\ y_{kj} < y_{lj}\} \tag{3.8}$$

Fayda ve maliyet kriterleri bir arada verilmişse eşitsizliklerin yönü önemlidir. Yukarıda verilen formüller fayda kriterleri esas alınarak belirlenmiştir. Maliyet kriterinin yer alması durumunda eşitsizlikler yön değiştirir.

***Adım 5**: Uyum Matrislerinin (C) ve Uyumsuzluk Matrislerinin (D) Oluşturulması*

Uyum matrisinin (C) belirlenmesi için uyum setinden faydalanılır. C matrisi mxm boyutludur ve k=l için değer almaz. (Haider vd. 2015) Uyum matrisinin elemanları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \tag{3.9}$$

C matrisi hesaplandıktan sonra şu şekilde oluşturulur:

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{2m} \\ c_{m1} & c_{m2} & - \end{bmatrix} \tag{3.10}$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları da aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır (Haider vd. 2015) :

$$d_{kl} = \frac{\max\limits_{j \in D_{kl}} \left| y_{kj} - y_{lj} \right|}{\max\limits_{j} \left| y_{kj} - y_{lj} \right|} \tag{3.11}$$

C matrisi ve D matrisi mxm boyutludur ve $k = l$ için değer almazlar. D matrisinin hesabı aşağıda belirtilmiştir:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{2m} \\ d_{m1} & d_{m2} & - \end{bmatrix} \tag{3.12}$$

***Adım 6**: Uyum Üstünlük Matrislerinin (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Oluşturulması*

Uyum üstünlük matrisi (F) mxm boyutludur ve matrisin elemanları uyum eşik değerinin ($\underline{c}$) uyum matrisinin elemanlarıyla (C_{kl}) karşılaştırılması sonucunda oluşturulur (Haider vd. 2015).

Uyum eşik değerinin ($\underline{c}$) formülü şu şekildedir (Haider vd. 2015) :

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} c_{kl} \tag{3.13}$$

F matrisinin elemanları (F_{kl}) 1 ya da 0 değerini alır ve k=l olamaz. $C_{kl} \geq \underline{c}$ ise f_{kl}=1 değerini alır. $C_{kl} < \underline{c}$ ise f_{kl}=0 değerini alır. Uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) de mxm boyutludur ve matrisin elemanları uyum eşik değerinin ($\underline{d}$) uyum matrisinin elemanlarıyla (D_{kl}) karşılaştırılması sonucunda oluşturulur. Uyum eşik değerinin ($\underline{d}$) formülü şu şekildedir (Haider vd. 2015):

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} d_{kl} \tag{3.14}$$

G matrisinin elemanları (G_{kl}) 1 ya da 0 değerini alır ve k=l olamaz. $D_{kl} \geq \underline{d}$ ise g_{kl}=1 değerini alır. $D_{kl} < \underline{d}$ ise g_{kl}=0 değerini alır. Bu adımda ikili karşılaştırmalar elde edilmiş olur. F ve G matrisleri 1 ve 0 değerlerini alacağından bu matrisler aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$F_{kl} = \begin{bmatrix} - & 1 & 0 \\ 0 & - & 1 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix} \tag{3.15}$$

$$G_{kl} = \begin{bmatrix} - & 1 & 0 \\ 0 & - & 1 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix} \tag{3.16}$$

***Adım 7**: Toplam Baskınlık Matrisinin (E) Oluşturulması*

Toplam Baskınlık Matrisinin (E) elemanları; F_{kl} ve G_{kl} matrislerine ait elemanların karşılıklı olarak çarpılmasıyla bulunmaktadır. *E* matrisi; *C* ve *D* matrislerine bağlı olarak hesaplandığından mxm boyutludur ve 1 ya da 0 değerlerini almaktadır.

İkili üstünlük sıralamaları yapılarak karar verilmesi gereken alternatifler ikili olarak karşılaştırılır. (Haider vd. 2015) E matrisi şu şekilde ifade edilir:

$$E_{kl} = \begin{bmatrix} - & 1 & 0 \\ 0 & - & 1 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix} \tag{3.17}$$

***Adım 8**: Nihai sıralama*

Son olarak; net uyum ve net uyumsuzluk indeksleri hesaplanarak öncelikli alternatifler belirlenir. Cp'ler büyükten küçüğe doğru Dp' ler küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Cp ve Dp matrisleri karar vericiler tarafından kıyaslanarak nihai sıralama aşağıdaki formüller yardımıyla elde edilir (Haider vd. 2015):

$$C_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^{m} C_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^{m} C_{kp} \tag{3.18}$$

$$D_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^{m} D_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^{m} D_{kp} \tag{3.19}$$

ELECTRE I ÖRNEK

Adım 1 : *Karar Matrisinin (A) Oluşturulması*

Çizelge 3.1 Karar matrisi A

Mahalle Adı	Arıza Sayısı	Boru Yaşı
A mahallesi	2	5
B mahallesi	4	6
Entropi ağırlıkları (wi)	0,4	0,6

A ve B mahalleleri baz alınarak 2 alternatife karar verilmiş ve arıza sayısı, boru yaşı olmak üzere 2 kriter seçilmiştir. Sütunlar kriter değerlerini satırlar ise sıralaması yapılacak alternatifleri göstermektedir.

Adım 2: *Normalize Karar Matrisinin (X) Oluşturulması*

A matrisinde satırda bulunun her eleman bulunduğu sütundaki değerlerin kareleri toplamının karekökü bölünerek normalize karar matrisi oluşturulur.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} 2/\sqrt{2^2+4^2} & 5/\sqrt{5^2+6^2} \\ 4/\sqrt{2^2+4^2} & 6/\sqrt{5^2+6^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}4472 & 0{,}6401 \\ 0{,}8994 & 0{,}7682 \end{bmatrix}$$

Adım 3: *Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması*

Normalize karar matrisinin elemanları her bir kritere ait ağırlıklarla çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilir.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} 0{,}4 * 0{,}4472 & 0{,}6 * 0{,}6401 \\ 0{,}4 * 0{,}8994 & 0{,}6 * 0{,}7682 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}1788 & 0{,}3840 \\ 0{,}3577 & 0{,}4609 \end{bmatrix}$$

***Adım 4**: Uyum (C_{kl}) ve Uyumsuzluk (D_{kl}) Kümelerinin Belirlenmesi*

K=1 L=2 için;

$C_{12} = \{1, y11 \geq y21\}$ olduğundan bu eşitlik sağlanmaz. J=1 C_{12}'nin elemanı değildir.

$C_{12} = \{2, y12 \geq y22\}$ olduğundan bu eşitlik sağlanmaz. J=2 C_{12}'nin elemanı değildir.

$D_{12} = \{1, y11 < y21\}$ olduğundan bu eşitlik sağlanır. J=1 D_{12}'nin elemanıdır.

$D_{12} = \{2, y12 < y22\}$ olduğundan bu eşitlik sağlanır. J=2 D_{12}'nin elemanıdır.

Böylece K=1 L=2 için uyum ve uyumsuzluk matrisleri elde edilmiş olur. Uyum ve uyumsuzluk matrisleri matrisi şu şekilde ifade edilir :

$C_{kl} = \{\dots\} \quad ve \quad D_{kl} = \{1,2\}$

K=2 L=1 için;

$C_{21} = \{1, y21 \geq y11\}$ olduğundan bu eşitlik sağlanır. J=1 C_{12}'nin elemanıdır.

$C_{21} = \{2, y22 \geq y12\}$ olduğundan bu eşitlik sağlanır. J=2 C_{12}'nin elemanıdır.

$D_{21} = \{1, y21 < y11\}$ olduğundan bu eşitlik sağlanmaz. J=1 D_{12}'nin elemanı değildir.

$D_{21} = \{2, y22 < y12\}$ olduğundan bu eşitlik sağlanmaz. J=2 D_{12}'nin elemanı değildir.

Böylece K=2 L=1 için uyum ve uyumsuzluk matrisleri elde edilmiş olur. Uyum ve uyumsuzluk matrisleri matrisi şu şekilde ifade edilir :

$$C_{kl} = \{1,2\} \quad ve \quad D_{kl} = \{\dots\}$$

***Adım 5**: Uyum (C) ve Uyumsuzluk Matrislerinin (D) Oluşturulması*

C matrisini oluştururken uyum setinden ve hesaplanan ağırlık değerlerinden faydalanılır.

$C_{12} = w\ değeri\ yoktur.$ Çünkü $uyum\ setinde\ eleman\ yoktur.$ Sıfır (0) kabul edilir. $C_{21} = w1 + w2 = 0{,}6 + 0{,}4 = 1.$ Uyum C matrisi şu şekilde edilmiş olur: $C = \begin{bmatrix} - & 0 \\ 1 & - \end{bmatrix}$.

D matrisini oluştururken uyumsuzluk setinden ve hesaplanan ağırlıklı normalize karar matrisinin (Y) faydalanılır. D_{21} için j elemanı olmadığından yani uyumsuzluk seti boş küme olduğundan $D_{21} = 0$ olarak kabul edilir.

$\underline{D_{12}}$ <u>için pay kısmı;</u>

J=1 için ; $|y11 - y21| = |0{,}1788 - 0{,}3577| = 0{,}1789$

J=2 için ; $|y12 - y22| = |0{,}3840 - 0{,}4609| = 0{,}0769$

D_{12} için payda kısmını bulmak için bütün j değerlerine bakılarak işlem yapılır.

J=1 için ; $|y11 - y21| = |0{,}1788 - 0{,}3577| = 0{,}1789$

J=2 için ; $|y12 - y22| = |0{,}3840 - 0{,}4609| = 0{,}0769$

$$d_{12} = \frac{\max_j\{0{,}1789\ ;\ 0{,}0769\}}{\max_i\{0{,}1789\ ;\ 0{,}0769\}} = \frac{0{,}1789}{0{,}1789} = 1$$

Bu hesaplamalardan sonra D matrisi şu şekilde ifade edilir: $D = \begin{bmatrix} - & 1 \\ 0 & - \end{bmatrix}$

***Adım 6**: Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Oluşturulması*

Uyum ve uyumsuzluk eşik değerleri şu şekilde elde edilir: <u>M=2 olduğu için;</u>

$$\underline{c} = 0{,}5 * [C\ matrisindeki\ değerlerin\ toplamı] = 0{,}5 * 1 = 0{,}5$$

$$\underline{d} = 0{,}5 * [D\ matrisindeki\ değerlerin\ toplamı] = 0{,}5 * 1 = 0{,}5$$

$F_{kl} = \begin{bmatrix} - & 0 \\ 1 & - \end{bmatrix}$ ve $G_{kl} = \begin{bmatrix} - & 1 \\ 0 & - \end{bmatrix}$ uyum üstünlük ve uyumsuzluk üstünlük matrisleri elde edilir.

***Adım 7**: Toplam Baskınlık Matrisinin (E) Oluşturulması*

Toplam Baskınlık Matrisinin (E) elemanları; F_{kl} ve G_{kl} matrislerine ait elemanların karşılıklı olarak çarpılmasıyla bulunmaktadır. *E* matrisi; *C* ve *D* matrislerine bağlı olarak hesaplandığından mxm boyutludur ve bu matrisin elemanları 1 ya da 0 değerlerini almaktadır. F ve G matrisinin elemanları karşılıklı olarak çarpılır ve E matrisi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$F_{kl} = \begin{bmatrix} - & 0 \\ 1 & - \end{bmatrix} \quad * G_{kl} = \begin{bmatrix} - & 1 \\ 0 & - \end{bmatrix} = E_{kl} = \begin{bmatrix} - & 0 \\ 0 & - \end{bmatrix}$$

***Adım 8**: Nihai sıralama*

Son olarak da net uyum ve net uyumsuzluk indeksleri hesaplanır. C ve D matrisleri bulunur ve karşılıklı kıyaslanarak nihai sonuç elde edilir.

$C_1 = C_{12} - C_{21} = 0 - 1 = -1$ (KÜÇÜK)

$C_2 = C_{21} - C_{12} = 1 - 0 = 0$ (BÜYÜK)

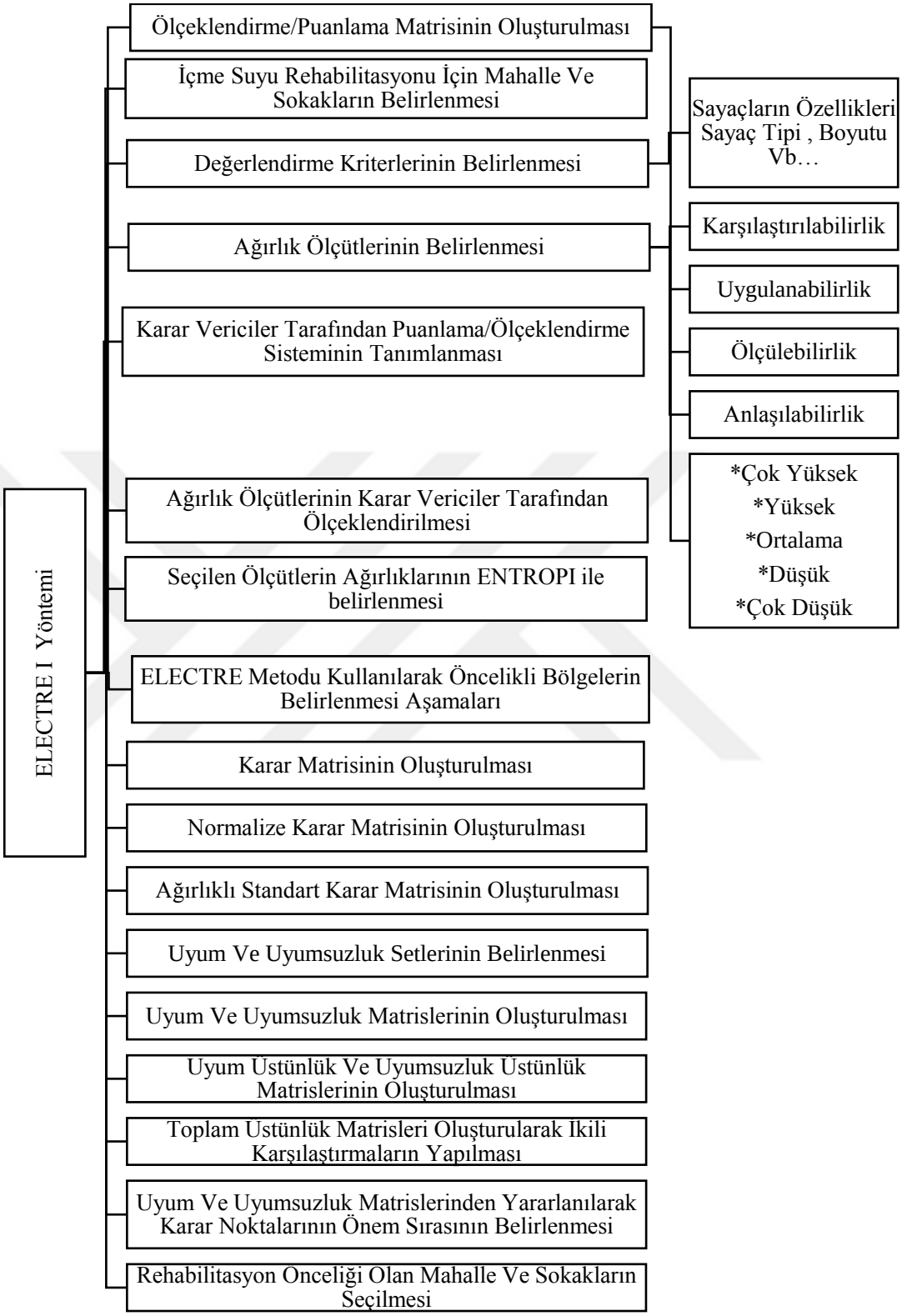
$D_1 = D_{12} - D_{21} = 1 - 0 = 0$ (BÜYÜK)

$C_2 = D_{21} - D_{12} = 0 - 1 = -1$ (KÜÇÜK)

C matrisi elemanları büyükten küçüğe; D matrisi elemanları küçükten büyüğe sıralanır. Bu sonuçlara göre net (nihai) sıralama hesaplanmış olur. Veri matrisine (A) göre belirlenmiş olan A ve B mahallelerinden B mahallesi rehabilitasyon önceliği olan mahalledir. Yani 2.karar noktası öncelikli bölge olarak seçilmiş olur.

Çizelge 3.2 Net uyum ve net uyumsuzluk indeksleri

C2	1	-1	D2
C1	-1	1	D1



Şekil 3.1. ELECTRE I İşlem Adımları

3.2. TOPSIS

TOPSIS (The Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution) yöntemi, ELECTRE yönteminin temel yaklaşımlarını kullanarak Hwang ve Yoon öncülüğünde 1980 yılında oluşturulmuştur. Karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı esasına dayanmaktadır. Pozitif ideal çözüme en yakın olarak belirlenen alternatif ; negatif ideal çözüme de en uzak alternatif olarak bulunmaktadır (Uzun ve Kazan (2016). Başka bir ifadeyle TOPSIS yöntemi ile alternatifler içinden pozitif ideal çözüme yakın, negatif ideal çözüme uzak olanı seçilmektedir. TOPSIS yöntemi ile karar vericiler tarafından belirlenen alternatiflerin, belirlenen kriterler doğrultusunda sıralaması yapılmaktadır. Çözüm yöntemi ELECTRE I yöntemine göre daha kısadır. TOPSIS yöntemi, çok kriterli karar verme yöntemleri (MCDM) arasında çok fazla tercih edilmektedir. Yöntem bulanık tabanlı modeller ile geliştirilerek daha da yaygın hale getirilmiştir (Uzun ve Kazan 2016).

Adım 1: *Karar Matrisinin (A) Oluşturulması*

Öncelikle karar vericiler tarafından karar matrisinin (A) oluşturulması gerekmektedir. Karar vericiler tarafından sıralanacak alternatifler ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler belirlenir. Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler, sütunlarında ise alternatiflere ait karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer almaktadır. *m* karar noktası sayısını , *n* değerlendirme noktası sayısını göstermektedir (Uzun ve Kazan 2016).

A matrisi başlangıç matrisidir. Karar vericiler tarafından oluşturulan başlangıç matrisi aşağıdaki gibi ifade edilir :

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.20}$$

Adım 2: *Normalize Karar Matrisinin (X) Oluşturulması*

X matrisinin her bir elemanını hesaplamak için, A matrisinin her bir elemanı, o elemanın bulunduğu sütun değerlerinin kareleri toplamının kareköküne bölünerek hesaplanmaktadır. Bu adımda bir karar noktası ilgili değerlendirme kriteri, diğer karar noktalarıyla beraber ilişkilendirilir. Her bir alternatife ait kriterlerin hesaplanmasında farklı formüller kullanılmaktadır.

Kullanılan formüller eşitlik (3,21) ve eşitlik (3,22)'de gösterilmektedir (Uzun ve Kazan 2016) :

$$X_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}^2}} \qquad i=1,2,\ldots..,m \;\; ; \;\; j=1,2,\ldots.,n \qquad (3.21)$$

$$X_{ij} = \frac{1/r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} 1/r_{ij}^2}} \qquad i=1,2,\ldots..,m \;\; ; \;\; j=1,2,\ldots.,n \qquad (3.22)$$

Bu eşitliklerde karar matrisinin satırlarında bulunun her eleman bulunduğu sütundaki değerlerin kareleri toplamının karekökünе bölünerek normalize karar matrisi oluşturulur.

Adım 3: *Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması*

Değerlendirme kriterlerinin karar vericiler açısından önem dereceleri farklı olabilmektedir (Uzun ve Kazan 2016). Bu sebepten değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları AHP, Fuzzy AHP, Entropi Ağırlık Yöntemi gibi metotlar kullanılarak belirlenir. Normalize karar matrisinin her bir sütunundaki kriterler, o sütuna ait ağırlıklarıyla çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilmektedir.

TOPSIS metodunun diğer çok ölçütlü karar verme metotları gibi belirleyici parametresi ağırlıklardır. Ağırlıklandırma uzman görüşleri alınarak ya da literatürde kabul görmüş ağırlık yöntemleri kullanılarak kriterlerin önem derecesine göre ağırlık hesabı yapılmaktadır. Belirlenmiş olan ağırlıkların toplamı eşitlik (3.23)' de belirtildiği gibi 1 olmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \qquad (3.23)$$

Y matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$Y_{ij} = w_j \, x \, x_{ij} \tag{3.24}$$

Y matrisinin detaylı gösterimi eşitlik (3.25)'te gösterildiği gibidir :

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} * w_1 & \cdots & x_{1n} * w_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} * w_1 & \cdots & x_{mn} * w_n \end{bmatrix} \tag{3.25}$$

Adım 4: *İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması*

TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme kriterinin artan veya azalan bir eğilimde olduğunu esas alarak çözüm yapmaktadır. İdeal çözüm setinin (A^*) oluşturulması için maksimizasyon amaçlanmışsa Y matrisindeki ağırlıklandırılmış sütun değerlerinden en büyük olanı seçilir. İdeal çözüm kümesinin hesabı için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Uzun ve Kazan 2016):

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J), (\min_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J' \right\} \tag{3.26}$$

(3.26) formülünden bulunacak olan set $A^* = \{v_1^*, v_2^*, ..., v_n^*\}$ şeklinde gösterilir. Negatif ideal çözüm seti (A^-), oluşturulabilmesi için maksimizasyon amaçlanmışsa Y matrisindeki ağırlıklandırılmış sütun değerlerinin en küçükleri seçilir. İdeal çözüm kümesinin bulunması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Uzun ve Kazan 2016):

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J), (\max_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J' \right\} \tag{3.27}$$

(3.27) formülünden bulunacak olan set $A^- = \{v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-\}$ şeklinde gösterilmektedir.

Y matrisinin sütununda bulunan değerlerden minimin ve maksimum olan değerler bulunarak çözüm setleri oluşturulur. Denklem (3.27)'de J fayda faktörünü, J' ise maliyet faktörünü ifade eder. Fayda faktörü için alternatifler içinden maksimum değer, maliyet faktörü için de alternatifler arasından minimum değer esas alınmaktadır.

Adım 5: *Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması*

TOPSIS yönteminde karar noktalarına ait değerlendirme faktörü değerlerinin ideal ve negatif ideal çözüm kümesinden sapmalarının hesaplanabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından faydalanılır. (Uzun ve Kazan 2016). Karar noktalarına ait sapma değerleri ise İdeal Ayrım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayrım (S_i^-) olarak adlandırılır. İdeal ayrım (S_i^*) ölçütünün hesaplanması (3.28) formülünde gösterilmiştir:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^*)^2} \tag{3.28}$$

Negatif ideal ayrım (S_i^-) ölçütünün hesaplanması (3.29) formülünde gösterilmiştir (Uzun ve Kazan 2016):

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \tag{3.29}$$

Eşitlik (3.28) ve (3.29) yardımıyla Y matrisinde bulunan her bir eleman bulunduğu sütundaki minimum ve maksimum değerlerden çıkarılarak kareleri alınır ve toplanarak karekökleri bulunur. Böylece negatif ve pozitif ideal ayrım ölçütleri hesaplanır.

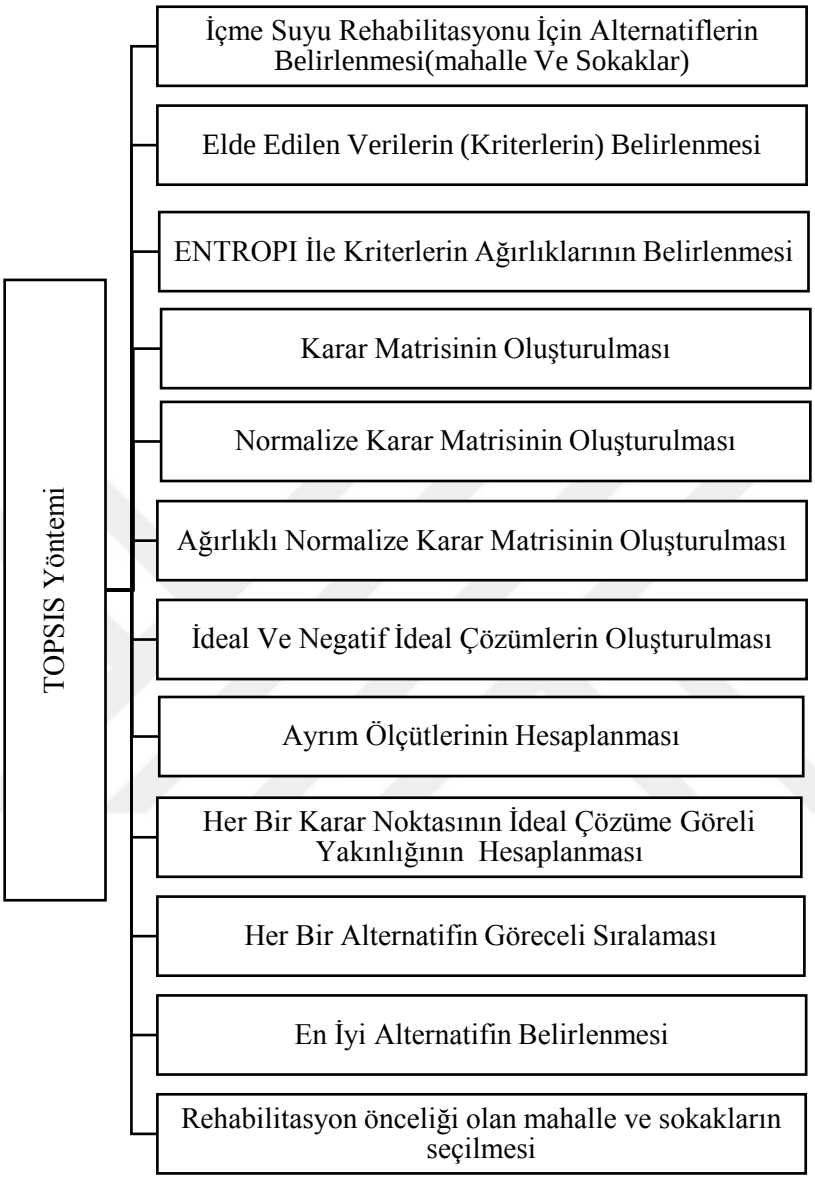
Adım 6: *İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması*

Her bir karar vermede belirlenen alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanması için ideal ve negatif ideal ayrım ölçütleri kullanılır. Her bir alternatifin göreceli sıralaması ve puanı elde edilmiş olur. İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması şu şekildedir (Uzun ve Kazan 2016):

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \tag{3.30}$$

Bu denklem kullanılarak negatif ideal ayrım değerleri negatif ve pozitif ayrım değerlerinin toplamına bölünür. Böylece öncelik sıralaması yapılacak olan alternatiflerin puanları elde edilir.

Burada C_i^* değeri $0 \le C_i^* \le 1$ aralığındaki değerleri içermektedir. $C_i^* = 1$ hesaplanan alternatifin ideal çözüme, $C_i^* = 0$ hesaplanan alternatifin negatif ideal çözüme olan mutlak yakınlığı belirtilmektedir. Alternatifler ideal çözüme göreli yakınlık (C_i^*) değerine göre sıralanarak önceliklendirilmektedir. (Uzun ve Kazan 2016). Yani en büyük C_i^* değerine sahip olan alternatif önceliği olan alternatif olarak belirlenmiş olur.



Şekil 3.2. TOPSIS İş Akış Şeması

3.3. PROMETHEE-II

Değerlendirme kriterlerine göre en iyi alternatifin seçilebilmesi için çok sayıda çok ölçütlü karar verme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de "The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation" olarak ifade edilen PROMETHEE yöntemidir (Kessili ve Benmamar 2016).

PROMETHEE Yöntemi, 1982 yılında Jean Pierre Brans öncülüğünde oluşturulmuş çok ölçütlü bir karar verme yöntemidir.

PROMETHEE yöntemi alternatifleri, seçilen kriterler ile birlikte tercih fonksiyonlarına dayandırarak ikili karşılaştırmalar yapan çok kriterli bir karar verme yöntemidir (Kessili ve Benmamar 2016). PROMETHEE yönteminin başlıca özellikleri açıklık, basitlik, ve dengeli olmasıdır. Yöntem alternatifler arasında önceliklendirme yaparken tercih fonksiyonlarını esas almaktadır. Önceliklendirme problemlerini çözmek için iki seçenek belirlenmiştir. PROMETHEE I yöntemi kullanılarak karar noktalarının belirlenen değerlendirme kriterleri yardımıyla karşılaştırılması ile kısmi öncelikleri; PROMETHEE II yöntemiyle de karar noktalarının yani alternatiflerin belirlenen kriterler yardımıyla karşılaştırılması ile net öncelikleri belirlenir. PROMETHEE yönteminin 7 aşaması bulunmaktadır . Bu adımlar ve yönteme ait formüller aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Adım 1 : *Veri Matrisinin Oluşturulması*

Öncelikle karar vericiler tarafından alternatiflerin belirlenmesi gerekmektedir. Sonrasında alternatiflere ait değerlendirme kriterleri belirlenir. Alternatiflerin önem ağırlıkları belirlenerek veri kümesi oluşturulur. Belirlenen kriterler, alternatifler, kriter ağırlıkları esas alınarak karar vericiler tarafından bir veri matrisi oluşturulur. w = (w1, w2, w3, …, wk) ağırlıkları ile kriter c = (f1, f2, f3, …, fk) tarafından değerlendirilen alternatiflere A= (a,b,c,..) ilişkin veri matrisi, Çizelge 3.3'teki gibi oluşturulur.

Çizelge 3.3 PROMETHEE Veri Matrisi

	A	B	C	…	W
f1	f1(a)	f1(b)	f1(c)	…	w1
f2	f2(a)	f2(b)	f2(c)	…	w2
…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
fk	fk(a)	fk(b)	fk(c)	…	Wk

Adım 2 : *Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi*

Belirlenmiş olan alternatiflerin yapısını belirlemek ve ilişkilendirmek amacıyla kriterler için karar vericiler tarafından tercih fonksiyonları belirlenir (Kessili ve Benmamar 2016). Tercih fonksiyonları değerlendirme faktörlerinin yapısına ve alternatiflerin esas özelliklerine göre oluşturulmaktadır. Bu yöntemde oluşturulmuş olan 6 farklı tercih fonksiyonu vardır.

PROMETHEE yönteminin diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerine göre avantajı, karar vericiye alternatifleri kendi belirlediği ölçüt ve değerlerle bu tercih fonksiyonlarını kullanarak kısıtlayabilmesine imkan tanır. Bu tercih fonksiyonları işlevlerine göre şu şekilde kullanılır:

a) Karar verici için belirlenen alternatifte tercih söz konusu değilse, o alternatif için Birinci Tip (olağan) tercih fonksiyonu seçilir.

b) Karar vericinin belirlediği alternatifte kendi hesapladığı değerin üstünde bir değere sahip olan karar noktalarını tercih etmek istiyorsa, İkinci Tip (U tipi) tercih fonksiyonu seçilir.

c) Karar verici, belirlediği alternatifte ortalamanın üstünde bir değere sahip karar noktalarını tercih etmek istiyorsa fakat bu değerin altındaki değerleri de kullanmak istiyorsa, Üçüncü Tip (V tipi) tercih fonksiyonu seçilir.

d) Karar verici, bir alternatifte tercihini belirli bir değer aralığında tutmak istiyorsa Dördüncü Tip (seviyeli) tercih fonksiyonu seçilir.

e) Karar verici, bir alternatifte belli bir ortalamanın üstünde değere sahip olan karar noktalarını seçmek istiyorsa, Beşinci Tip (doğrusal) tercih fonksiyonunu kullanmalıdır.

f) Karar verici, ilgili alternatiflerin ortalamadan sapma değerlerini belirlemek istiyorsa, Altıncı Tip (Gaussian) tercih fonksiyonu kullanmalıdır.

Adım 3 : *Ortak Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi*

Belirlenen tercih fonksiyonları ile her bir alternatif için karar noktalarının ikili kıyaslamaları yapılır ve ortak tercih fonksiyonları belirlenmiş olur. A ve B olarak oluşturulan iki karar noktasına ait ortak tercih fonksiyonu için (3.31) 'deki formül kullanılır (Kessili ve Benmamar 2016) :

$$P(a,b) = \begin{cases} 0, & f(a) \leq f(b) \\ p[f(a), f(b)], & f(a) > f(b) \end{cases} \tag{3.31}$$

$$p[f(a), f(b)] = P(x) \tag{3.32}$$

$$P(x) = f(a) - f(b) \tag{3.33}$$

Karar noktalarının ikili karşılaştırmaları yapılırken, alternatiflerin fayda ve maliyet konularına göre ayrımlarının yapılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Yukarıdaki denklemler yardımıyla A ve B iki karar noktası olmak üzere; A ve B alternatiflerine ait fonksiyonlar eşitlik (3.33) yardımıyla hesaplanmaktadır.

Adım 4 : *Tercih İndekslerinin Belirlenmesi*

Belirlenen ortak tercih fonksiyonları göz önüne alınarak her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir (Roozbahani vd. 2012). Alternatiflere ait oluşturulan veri setinde wi (i=1,2,3, …, k) ağırlığına sahip k kriter ile değerlendirilen a ve b alternatiflerinin tercih indeksleri şu şekilde hesaplanmaktadır(Roozbahani vd. 2012) :

$$\pi(a,b) = \frac{\sum_{i=1}^{k} w_i * P_i(a,b)}{\sum_{i=1}^{k} w_i} \quad (3.34)$$

Yukarıdaki denklem yardımıyla A ve B fonksiyonları her bir kriterin ağırlıklarıyla çarpılır ve toplam ağırlığa bölünür.

Adım 5 : *Alternatifler İçin Pozitif (Φ+) Ve Negatif (Φ-) Üstünlükler Belirlenmesi*

Beşinci adımda alternatifler için pozitif $\phi + (a)$ ve negatif $\phi - (a)$ üstünlükler belirlenmektedir. Pozitif ve negatif üstünlük a alternatifi için şu şekilde gösterilir (Uzun ve Kazan 2016);

$$\phi + (a) = \Sigma\pi(a,x), \quad x = (b,c,d,\dots) \quad (3.35)$$

$$\phi - (a) = \Sigma\pi(x,a), \quad x = (b,c,d,\dots) \quad (3.36)$$

Adım 6 : *PROMETHEE I İle Kısmi Önceliklerin Belirlenmesi*

PROMETHEE 1 ile alternatifler arasında kısmi sıralamalar belirlenir. Bu aşamada karar noktalarına ait negatif ve pozitif üstünlük değerlerinin ikili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra karşılaşılabilecek üç durum vardır. Bunlar aşağıda gösterilmektedir (Uzun ve Kazan 2016):

a) Aşağıdaki koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa a alternatifi b alternatifinde üstündür ve b alternatifi tercih edilir (Uzun ve Kazan 2016).

$$\phi+(a)>\phi+(b) \; ve \; \phi-(a)<\phi-(b) \quad (a1)$$

$$\phi+(a)>\phi+(b) \; ve \; \phi-(a)=\phi-(b) \quad (a2)$$

$$\phi+(a)=\phi+(b)\ ve\ \phi-(a)<\phi-(b) \qquad \text{(a3)}$$

b) Aşağıdaki formüldeki şart sağlanıyorsa a alternatifi b'den farksızdır.

$$\phi+(a)=\phi+(b)\ ve\ \phi-(a)<\phi-(b) \qquad \text{(b1)}$$

c) Aşağıdaki şartlardan herhangi biri sağlanıyorsa a alternatifi b alternatifi ile karşılaştırılamaz.

$$\phi+(a)>\phi+(b)\ ve\ \phi-(a)>\phi-(b) \qquad \text{(c1)}$$

$$\phi+(a)<\phi+(b)\ ve\ \phi-(a)<\phi-(b) \qquad \text{(c2)}$$

Adım 7 : *PROMETHEE 2 İle Karar Noktalarının Tam Sıralaması Belirlenmesi*

Yedinci adımda PROMETHEE II ile alternatiflerin nihai öncelikleri hesaplanır (Genç 2013).

$$\emptyset^{+}(a) = \frac{1}{n-1}\sum \pi(a,b) \qquad (3.37)$$

$$\emptyset^{-}(a) = \frac{1}{n-1}\sum \pi(a,b) \qquad (3.38)$$

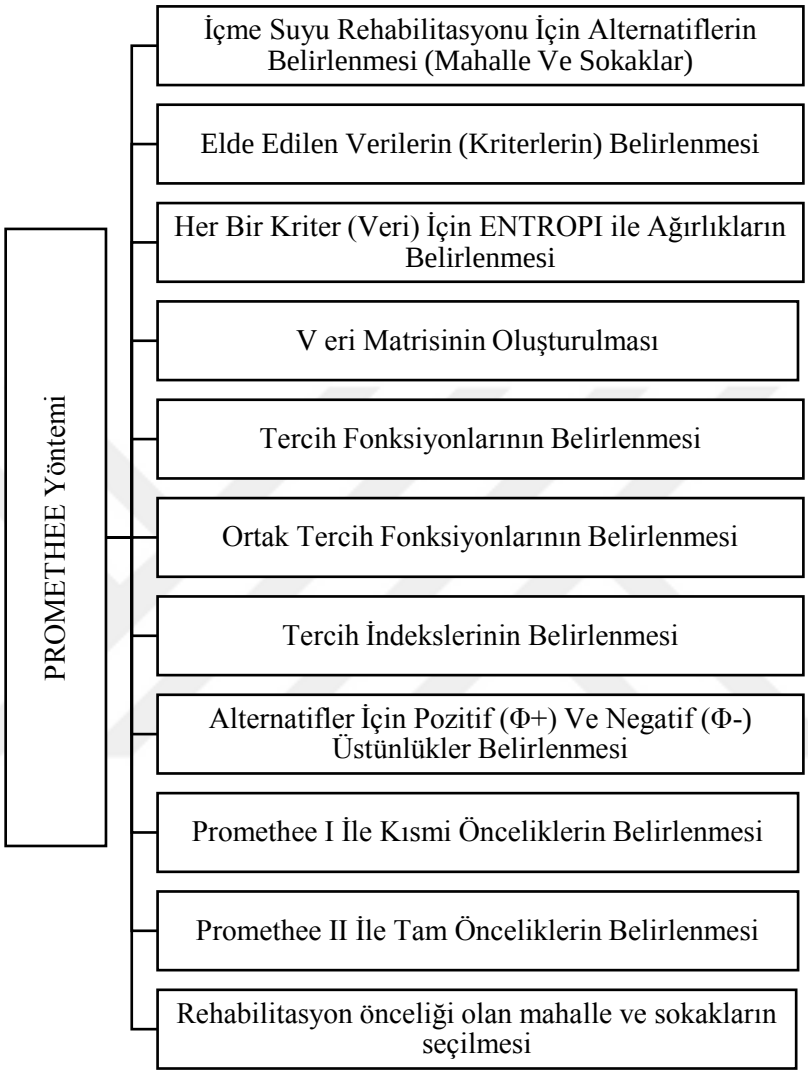
$$\phi(\mathrm{a}) = \phi + (\mathrm{a}) - \phi - (\mathrm{a}) \qquad (3.39)$$

a ve b gibi iki farklı alternatif için hesaplanan nihai öncelik değerine göre aşağıdaki kararlar alınır:

a) $\phi(a) > \phi(b)$ ise a alternatifi b alternatifinden üstündür.

b) $\phi(a) = \phi(b)$ ise a ve b farksızdır.

Her bir alternatif için bulunan bu değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır. (Genç 2013). Rehabilitasyon önceliği olan bölgeler belirlenmiş olur.



Şekil 3.3. PROMETHEE İş Akış Şeması

3.4. ENTROPI Ağırlık Yöntemi

Entropi yöntemi Rudolph tarafından 1865'te termodinamik alanında ortaya konulmuştur ve sonrasında 1948'de Claude E. Shannon tarafından bilgi entropisi olarak geliştirilmiştir. ENTROPI yöntemi daha çok matematik, fizik, ve bilgi teorisinde uygulanan bir yöntemdir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinde ENTROPI ağırlık yöntemi belirlenen kriterlerin ağırlıklarının objektif olarak hesaplanması için kullanılan bir yöntemdir(Tunca 2016).

Bir kriter için hesaplanan ENTROPI değerinin büyük olması, alternatifler arasındaki farkların küçük olmasından kaynaklanır ve bu kriterin karar verme açısından çok etkili olmadığını ve fazla bilgi vermediğini belirtir, dolayısıyla entropi ağırlığı küçük değer alır. Buna göre kriterlerin nesnel yani objektif ağırlıkları, alternatiflerin her bir kritere göre çıktılarının (performans puanlarının) ne kadar farklılaşmış olduğu yani "karşıtlığının yoğunluğu" tarafından belirlenmektedir (Tunca 2016). Literatürde ENTROPI ağırlığı farklı yöntemlerle birlikte kullanılmıştır.

ENTROPI yöntemiyle ağırlıkların hesaplanmasında aşağıdaki işlem adımları izlenir :

Adım 1 : *Veri matrisinin oluşturulması ve veri matrisinin standardizasyonu*

Karar matrisinde alternatiflere ait farklı indeks boyutlarının eşölçülemezlik etkilerini kaldırmak için indeksler çeşitli yöntemlerle standartlaştırılabilmektedir (Tunca 2016). Karar vericiler tarafından oluşturulan karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler, sütunlarında her alternatife ait değerlendirme faktörleri yer almaktadır. X matrisi karar vericiler tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Veri matrisinin boyutu mxn boyutludur. Eşitlik (3,40)'da oluşturulan veri matrisi aşağıda verilen eşitlik (3.41) ile normalize hale getirilir :

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ & \ddots & \\ X_{m1} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.40}$$

Kriterlerin ve parametrelerin yani veri matrisinin normalizasyonu için aşağıdaki denklemler kullanılır;

$$rij = (xij - \min_j xj) - (\max_j xj - \min_j xj) \quad (3.41)$$

Yukarıdaki eşitlikler yardımıyla X matrisindeki her eleman bulunduğu sütundaki minimum ve maksimum değerlerle ilişkilendirilir. Bu formülde kullanılan ifadeler aşağıda gösterilmektedir:

i : alternatif değerini , **j :** kriter değerini , **rij :** normalize edilmiş değeri, **xij :** i. alternatif j. kriter için verilen fayda değerlerini ifade etmektedir. İndeksler normalize edildikten sonra $R = [rij\ ]mxn$ matrisinde gösterilmektedir.

Adım 2 : *Kriter Entropi değerlerinin hesaplanması*

Her bir kriter için entropi değerinin hesaplanması eşitlik (3.42) ile yapılır:

$$\mathrm{Ej} = -\mathrm{k} \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{m}} \mathrm{rij} * (\ln(\mathrm{rij})) \quad (3.42)$$

Eşitlik (3.42) yardımıyla R matrisindeki her elemanın e tabanında logaritması (ln) alınarak kendisiyle çarpılır ve bulunan değerler toplanarak ENTROPI katsayısıyla (k) çarpılır. Bu formülde kullanılan terimler aşağıda gösterilmektedir:

k: ENTROPI katsayısı, rij : normalize edilmiş değerler , Ej : ENTROPI değeridir. k; ENTROPI sayısı n: Alternatif sayısına bağlı olarak eşitlik (3.43) ile bulunmaktadır (Tunca 2016) :

$$\mathrm{k}: (\ln(\mathrm{n})) - 1 \quad (3.43)$$

Adım 3 : *Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması*

Bütün olasılık fonksiyonlarında olduğu gibi ENTROPI olasılık ağırlık değerlerinin toplamı da daima 1'e eşittir (Tunca 2016).

$$W = (w1, w2, \dots\dots wj, \dots\dots, Wn) \quad (3.44)$$

$$w1 + w2 + wj + \cdots\dots\dots + wn = 1 \quad (3.45)$$

3.adımda dj belirsizliği eşitlik (3.47) yardımıyla hesaplanır (Tunca 2016).

$$dj = 1 - Ej \;\; ; \forall j \quad (\mathrm{i} = 1 \dots, \mathrm{m};\ \mathrm{j} = 1, \dots, \mathrm{n}) \quad (3.46)$$

Eşitlik (3.46) kullanılarak daha önce hesaplanan ENTROPI değerleri(Ej) 1'den çıkarılır ve dj belirsizliği elde edilir. Eşitlik (3.47) yardımıyla j kriterinin önem derecesi olarak wj ENTROPI ölçüt ağırlıkları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$wj = \frac{dj}{\sum_{j=1}^{n} dj}; \ \forall j \quad (3.47)$$

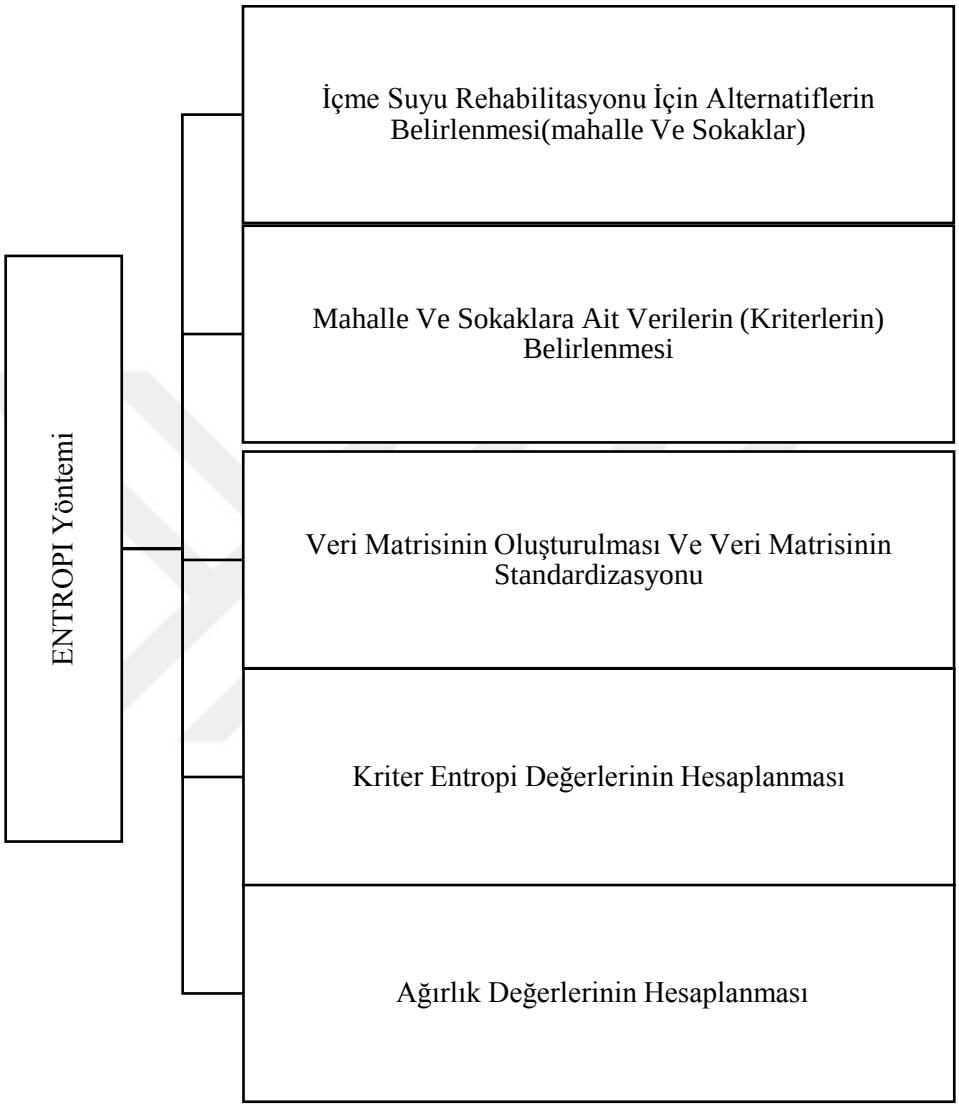
Bu adımda formüllerde kullanılan terimler aşağıda gösterilmektedir:

Wj : ağırlık değeri,

Ej : ENTROPI değeri.

***dj*:** ENTROPI ağırlık belirsizliği

Yukarıda belirtildiği üzere ENTROPI ağırlığı değerlendirme kriterlerine ait yararlı bilgi derecesini gösterdiğinden en büyük ENTROPI ağırlığına sahip kriterin karar verme ve önceliklendirme problemleri açısından daha önemli olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 3.4. ENTROPI Ağırlık Yöntemi İş Akış Şeması

3.5. MAUT

Çok ölçütlü karar verme metotlarından olan MAUT yöntemi, Fisburn (1967) ve Keeney (1974) tarafından oluşturulmuştur. Loken (2007) tarafından ise bu yöntem geliştirilmiştir. MAUT (Multi Attribute Utility Theory) Yönteminde karar vericiler tarafından belirlenen çok ölçütlü karar verme problemlerinde maksimum faydanın elde edilmesi amaçlanmaktadır.

MAUT yöntemi, belirlenen alternatifler arasında bir sıralama oluşturmak ve karara vardırmak amacıyla sistematik şekilde çalışmaktadır. MAUT yönteminin uygulama aşamaları şu şekilde ifade edilir :

- Alternatiflerin ve değerlendirme kriterlerinin başlangıç ölçütlerinin belirlenmesi,
- Belirlenen ölçütlerin nicel rakamlarla oluşturulması,
- Kullanılacak ölçütlerin fayda fonksiyonlarının türetilmesi,
- Kullanılacak ölçütlerin ağırlık faktörlerinin hesaplanması,
- Çok kriterli fayda fonksiyonun türetilmesi.
- Çok kriterli karar verme yöntemine göre öncelikli alternatiflere karar verilmesi

Adım 1:*Kriterlerin ve Alternatiflerin Belirlenmesi*

Karar verme problemine ait değerlendirme kriterleri ve alternatifler karar vericiler tarafından belirlenir. A matrisi karar vericiler tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisinin satırlarında sıralaması yapılacak olan alternatifler ; sütunlarında ise alternatifleri belirten değerlendirme ölçütleri yani değerlendirme kriterleri yer almaktadır. Veri matrisinin boyutu mxn boyutludur (Tunca (2016). Karar başlangıç matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.48}$$

Adım 2: *Ağırlık Değerlerinin Belirlenmesi*

Alternatiflerin uygun bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla karar vermede kullanılan değerlendirme faktörlerinin ağırlık değerlerinin (wj) belirlenmesi gerekir. Ağırlıklar, objektif veya sübjektif ağırlık yöntemleri kullanılarak bulunur. Tüm wi ağırlık değerlerinin toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \tag{3.49}$$

Adım 3: *Karar matrisinin oluşturulması*

Bu aşamada karar matrisi belirlenir. Bu aşamada nicel kriterlere ve nitel kriterlere ait olan veriler arasında ikili karşılaştırmalar göz önünde bulundurulur. Yani kriterlerin değer ölçülerinin ataması yapılır.

Adım 4:*Normalize Edilmiş Fayda Değerlerinin Hesaplanması:*

Bir önceki adımda belirlenen değerler karar matrisi yardımıyla normalize edilmektedir. Bu işlemde öncelikle her alternatif için en iyi ve en kötü değerler belirlenerek en iyi alternatif için 1, en kötü alternatif için 0 değeri atanır ve diğer değerlerin hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılır:

$$ui\ (xi\ ) = \frac{x - xi^{-}}{xi^{+} - xi^{-}} \tag{3.50}$$

Formüldeki terimler aşağıda açıklanmıştır:

xi^{+}Alternatif için en iyi değer, xi^{-}Alternatif için en kötü değer, x: hesaplanan satırdaki mevcut fayda değeridir (Tunca (2016).

Adım 5: *Toplam Fayda Değerlerinin Hesaplanması*

Normalizasyon işleminden sonra fayda değerlerinin belirlenmesi için fayda fonksiyonu kullanılır. Fayda fonksiyonu formülü aşağıdaki gibidir:

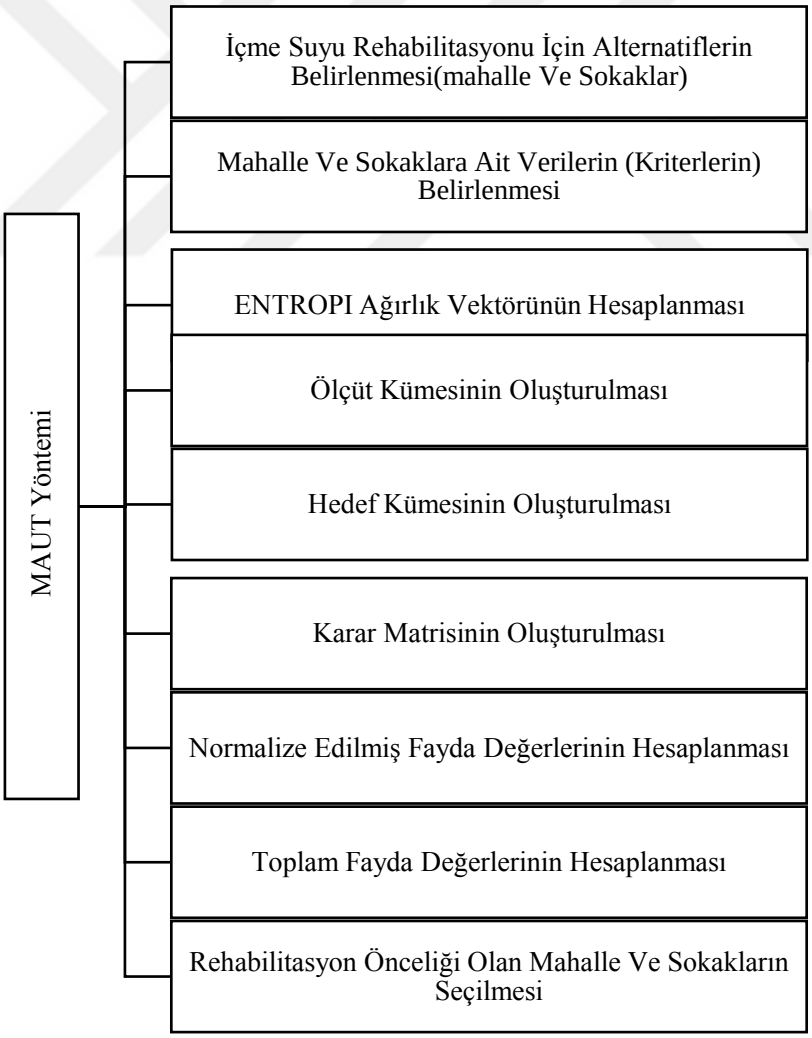
$$U(x) = \sum_1^m u_i(x_i) * w_j \quad (3.51)$$

Formüldeki terimler aşağıda açıklanmıştır (Tunca (2016):

Ux: alternatifin fayda değeri, $ui(xi)$: her kriter ve her alternatif için normalize fayda değerleri, wj : ağırlık değerleri

Adım 6:*Alternatiflerin Sıralanması*

Kriterlerin ağırlıklı toplanarak alternatifler hesaplanır. Alternatifler arasında önceliklendirme yapılarak alternatifler sıralanmış olur.



Şekil 3.5. MAUT Yöntemi İş Akış Şeması

4 İÇMESUYU ŞEBEKE REHABİLİTASYONU İÇİN GÖZ ÖNÜNE ALINAN FAKTÖRLER

Çalışmanın bu bölümünde su dağıtım sisteminde rehabilitasyon önceliklendirme modeli kurmak ve öncelikli bölgeleri belirlemek için etkili olan faktörler belirlenmiştir. Bu faktörlerin belirlenmesi rehabilitasyon önceliklendirme modelinin seçiminde ve sistemin mevcut performansının belirlenmesinde karar verici olmaktadır. Su dağıtım sistemlerini etkileyen parametreler için ağırlıklı katsayıları hesaplanarak bu parametrelerin sistem üzerindeki önemi belirlenecektir. Önerilen bu model her bir faktörün su şebekesinde meydana gelen bozulmalarda ne derece etkili olduğunu göstermektedir. Su şebekelerinin rehabilitasyonu hakkında karar vermek, sistemi etkileyen faktörlerin sayısının sürekli artması ve birbirleriyle etkileşim halinde olması sebebiyle oldukça karmaşıktır.

Su dağıtım sistemlerini etkileyen değişkenler verilerin kullanılabilirliği açısından fiziksel, çevresel ve işletme ana başlıkları altında kategorize edilmiştir. Değişkenler ana faktörler ve alt faktörler başlığı altında incelenerek sistemin mevcut performansı daha anlaşılır bir biçimde belirlenmiş olacaktır. Farklı değişkenler arasında üstünlük ilişkileri kurularak sistemi etkileyen başlıca parametrelerin hangileri olduğu belirlenecektir. Boruların kırılması, çatlaması, su akışının kesilmesi gibi etkenler bir sistemi verimsiz hale getirmektedir. Örneğin boruların kırılmasının değerlendirilmesi için kullanılan boru yaşı, boru çapı, boru derinliği ve boru malzemesi tipi gibi fiziksel parametrelerin belirlenmesi sistemin performansını iyileştirilmesi yönünden oldukça önemlidir. Bu nedenle rehabilitasyon önceliğinde karar vermek için bu faktörlerin ayrı ayrı araştırılması gerekmektedir.

Bir sistemi etkileyen değişkenlerin sistem üzerindeki etkisi ve önemi eşit değildir. Bu nedenle her bir değişken bağlı olduğu ana faktör altında ağırlıklandırılarak incelenmelidir. Ağırlık puanı en yüksek olan değişken sistemi önemli ölçüde etkilemektedir. En iyi rehabilitasyon şemasını elde etmek için, farklı rehabilitasyon şemalarının kombinasyonunun etkileri araştırılmalıdır. Farklı sistemler için farklı değişkenlerin önem katsayılarının belirlenmesi sayesinde borular üzerinde meydana gelen çeşitli bozulmalar CBS ortamında görselleştirilip sistemin performans analizleri yapılabilecektir.

Sistemdeki risk yönetimi, bakım, onarım ve değişim için hangi değişken üzerinde durulması gerektiği karar vericilere kolaylık sağlayacaktır. Rehabilitasyon öncelikleri belirlemek ve risk analizi yapmak için verilerin toplanması ilk aşamayı oluşturmaktadır. Literatürde içmesuyu dağıtım sistemlerinde, arıza analizi, su kayıp analizi, su kayıplarının azaltılması-önlenmesi, şebekede boru hasarlarının incelenmesi ve modellenmesi konularında yapılan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiş ve şebeke performansı üzerinde etkili olacak 156 farklı değişkenin kullanıldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.1). Ancak bu kadar fazla sayıda değişkenin kurulacak modelde kullanılması, problemin karmaşıklığını arttıracak, verilerin toplanmasında güçlükten dolayı uygulanabilirliğini güçleştirecektir. Bu nedenle bu tez çalışmasında sistemin mevcut performansını belirlemek ve karar modeli kurmak için Çizelge 4.1'de verilen değişkenler incelenmiş ve dört kriter göz önüne alınarak (uygulanabilirlik, anlaşılabilirlik, ölçülebilirlik, karşılaştırılabilirlik) kurulacak modelde kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Değişkenlerin ana ve alt başlıklar altında kategorize edilmesinde kullanılan kriterlerin içerikleri aşağıdaki gibidir;

1) Uygulanabilirlik: Değişkenlerin ne kadarının geçerli olduğunun ve bu değişkenlerin fiziksel, çevresel ve işletme parametreleriyle olan ilişkisinin değerlendirimesini kapsar.
2) Anlaşılabilirlik: Değişkenlerin ne kadarının hem kamuoyu hem de kamu hizmetleri için anlaşılabilir olduğunun ve bu verilerin ana kategoriler başlığı altında yorumlanabilirliğini kapsar.
3) Ölçülebilirlik: Değişkenlerin ne kadarının kullanılabilir, ulaşılan verilerin ne kadarının sıklıkla ölçülebilir olduğunu kapsar.
4) Karşılaştırılabilirlik: Değişkenlerin ne kadarının benzer bölgelerde ulusal ve uluslararası kıyaslanabilirliğini kapsar.

Bu değerlendirmeler sonucunda veriler, 156 veriden 28 veriye düşürülmüştür. 28 veri 3 parametre esas alınarak gruplandırılmıştır. Veriler fiziksel faktörler, çevresel faktörler ve işletme faktörleri olarak performans indeksleri başlığı altında 3 ana grupta toplanmıştır (Şekil 4.1.) Gerekli olan, hidrolik, yapısal performans ve arızalara sebep olabilecek değişkenler ve veriler için MASKİ veri tabanı kullanılmıştır. Literatürden elde edilen bazı verilere ulaşılamadığından ve su dağıtım sistemini etkileyen değişkenlerin dört kriter baz alınarak değerlendirilmesi sonucunda veriler şematize edilmiştir ve gruplandırılmıştır (Şekil 4.1).

Çizelge 4.1 Literatür Kapsamında Ulaşılan Faktörler

1	Boru Tipi	31	Nüfus Büyüklüğü
2	Boru Çapı	32	Boruların Sayısı
3	Boru Sınıfı	33	Mevcut/yeni depo sayısı/kapasitesi
4	Boruların mak. hizmet ömrü (yıl)	34	Birim Boru Maliyet($/M)
5	Boru Yaşı (Yıl)	35	Boruların Konumu
6	Boruların Arıza Oranları	36	Birim Enerji Maliyeti
7	Nüfustaki çocuk genç yaşlı Oranı	37	Getiri Oranı Ve Yatırım Yılı
8	Boru Malzemesi	38	Depoların Maksimum Seviyesi
9	Su Kalitesi İçin Detaylar	39	Depoların Başlangıç Seviyesi %
10	Hidrolik Kapasite İçin Detaylar	40	Acil Depolama Boyutu
11	Boruların Uzunluğu	41	Depoların Boyutu
12	Boruların Kalınlığı (Et Kalınlığı)	42	Normal Günlük Depo Seviye Farkı
13	Zemin Ve Toprak Özelliği	43	Mevcut Ve Yeni Depoların Konumu
14	Trafik Ve Yol Durumu	44	Pompa Enerji Maliyeti
15	Zemin Ve Toprak Ph Değeri	45	Pompaların Çalışma Zamanı
16	Su Ph'ı	46	Yeni Depoların Maliyeti
17	Sudaki Serbest Klor Miktarı	47	Depolardaki Su Seviyesi Salınımı
18	Nüfus	48	Boruların Derinliği
19	Arazi Durumu (Topoğrafya)	49	Boru Boyutu %
20	Su Kalitesi Belirleme İstasyonu	50	Yol Kaplamasının Durumu
21	Nüfus Dağılımı	51	Ortalama Günlük Trafik
22	Mevcut Boruların Özellikleri	52	Yıllık Ortalama Günlük Trafik Akışı
23	Boru Cinsi	53	Boruların Yerleştirme Yılı
24	Yer Altı Su Seviyesi	54	Borulardaki Kırılma Sayısı
25	İşletme Basıncı	55	Arıza Oranına Etkileyen Faktörler
26	Akış Hızı	56	Yolların Sınıflandırılması
27	Borulardaki Sızıntı Miktarı	57	Hizmet Alanı, Araç Sayısı, Ulaşım Saatleri
28	Borulardaki Suyun Kalitesi	58	Toprak Sıcaklığı yada don derinliği
29	Toprak Ve Zemin Tipi	59	Nüfus Yoğunluğu
30	Servis Borularının Ağırlıklı Ort.	60	Boruların Yaş Oranı

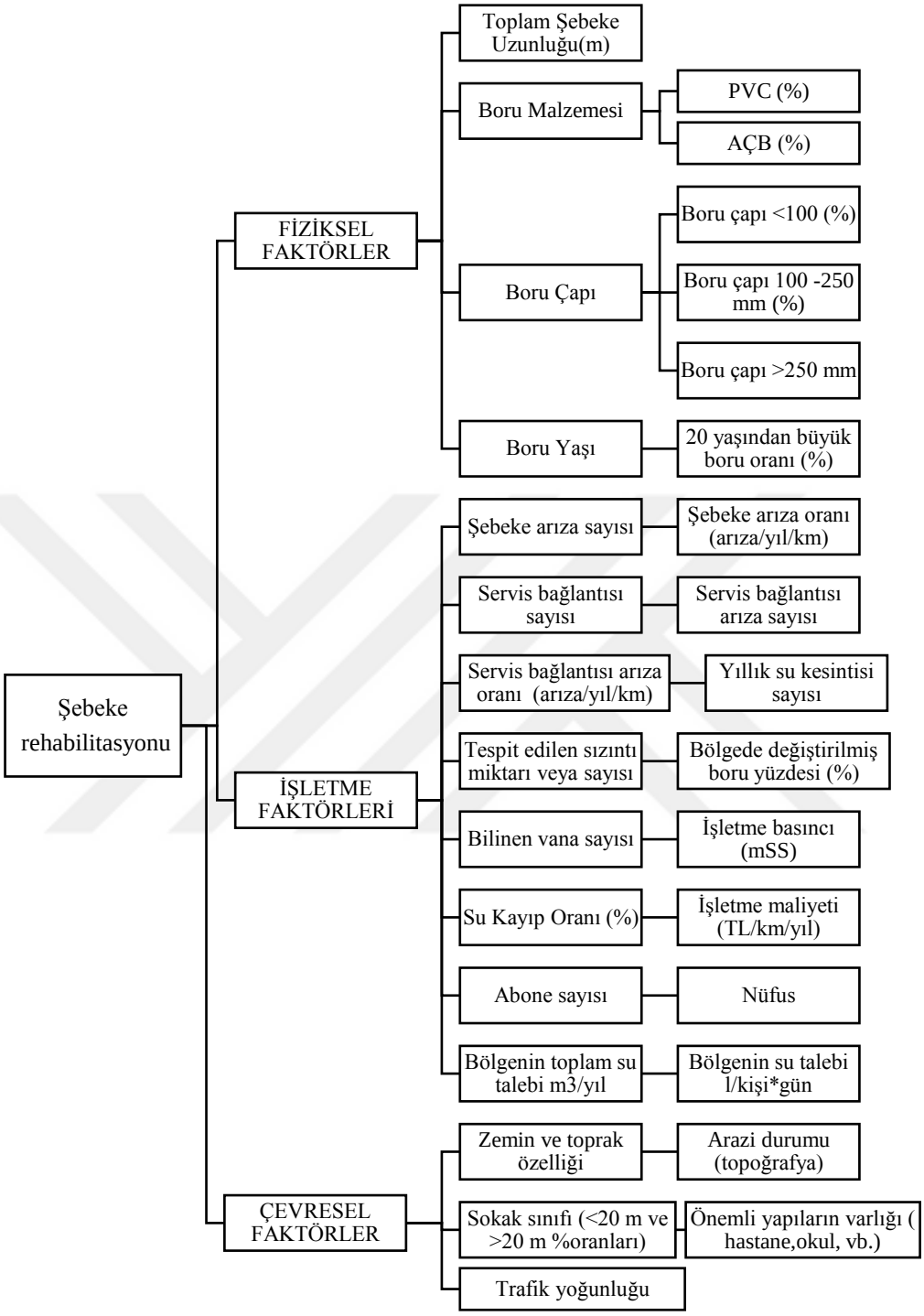
Çizelge 4.1 Literatür Kapsamında Ulaşılan Faktörler (devam)

61	Korozif Olmayan Boruların Oranı	87	Arızalardan Kaynaklı Trafik Gecikmeleri ve Etkilenen Bölgeler
62	Su Sızıntıları Ve Sızıntı Süresi	88	Bölgenin Toplam Su Talebi m3/gün
63	Şebekenin Toplam Uzunluğu	89	Çalışma Alanları Ve Basınç Ölçüm Noktalarının Tespiti
64	Toplam servis boru uzunluğu	90	Su Kaçaklarının Kayıtları
65	Topraktaki Ve Zemindeki Nem İçeriği	91	Yıllık Ortalama Yağış Miktarı
66	Zeminin Kil Ve Çakıl %	92	Ortalama Akış Derinliği
67	Toprak Ve Zeminin Sülfat İçeriği	93	Su Basıncı
68	Su Sertliği, Alkaliliği	94	Su Bulanıklığı
69	Depoda pompa ve hidroelektrik Durumu	95	Düzensiz Akışın Meydana Geldiği Aylar Ve Oranı %
70	Su Rengi	96	Aylık Kaybolan Su Maliyeti
71	Abone Sayısı	97	Maksimum Günlük Talep
72	Su Klor Miktarı (Frc Mg/L)	98	Birleşik Boruların Sayısı
73	Populasyon Yoğunluğu	99	Zemin Hareketi
74	Boruların Karakteristikleri	100	Nehir Akışları (M3/Yıl)
75	Boruların Patlama Oranları	101	Sistemin minimum depolama miktarı
76	Hidroelektrik Gelir ($Mil/Yıl)	102	Rehabilitasyon Maliyeti
77	Su Kesinti Saatleri	103	Vana Sayısı Ve Yerinin Bilinmesi
78	Depolar arası akış ve transfer	104	Boru Eğimi
79	Vana sayısı ve yerinin bilinmesi	105	İşçilik Kalitesi
80	Boru Eğimi	106	Beklenen Arıza Tahmini Sayısı
81	Boru Şekli	107	Kanalizasyon ağı toplam uzunluğu
82	Yapım Maliyetleri	108	Ortalama Nüfus Artışı %
83	Ev Bağlantılarının Uzunluğu	109	Rezarvuarın Konumu
84	Yol Durumu	110	Kurulum Sırasındaki Pürüzlülük Mm
85	Borulardaki Ortalama Basınç	111	Pürüzlülük Artış Oranı Mm/Yıl
86	Boruların Taşıma Kapasitesinde Yaşlanmanın Etkisinin Hesabı	112	Önemli Yapılar (Üniversite, Hastane, Kamu Binası, AVM, Kültür Binaları)

Çizelge 4.1 Literatür Kapsamında Ulaşılan Faktörler (devam)

113	Hidrolik Eğimin Hesabı	135	Su Şebekesinin Maliyetleri
114	Minimum Hız	136	Su Şebekesindeki Paralel Borular
115	Tasarım Maliyetleri	137	Su Şebekesindeki Mevcut Borular
116	Yıllık Bileşik Faiz Oranı	138	Değiştirilmiş Borular
117	Ek Maliyetler	139	Su Şebekesi Teknik Tasarım Ömrü
118	Borç, maliyetin bugünkü değeri	140	Boru pürüzlülüğünü arttıran sebepler
119	Mevcut Boruların Tasarım Ömrü	141	Diğer Yeraltı Tesislerin Yakınlığı
120	Boruların İlk Tasarım Yılı	142	Mevcut Arıza Kayıtları
121	Su Talebinde Yıllık Artış Oranı	143	Arızalı Boruların Sayısı
122	Basınç Kaybı, Yük Kaybı	144	Çekme dayanımı ve kayma gerilmesi
123	Tamir Yılı	145	Bölgenin Alanı
124	Paralel ve mevcut boru debileri	146	Bakım-Onarım Çalışma Süreleri
125	Pompa Sayısı	147	Rögar Kapakları
126	Konut Yoğunluğu	148	Yol Genişliği(0-6-8-12 M)
127	Su Kalitesi	149	Hidrolik Faktörü
128	İşletme Ve Bakım Çalışmaları	150	Su Temininin Sağlandığı Süre
129	Su Fiyatlarındaki Artış Oranı	151	Şebekede Dallanmış Uçlar
130	Başlangıç Kurulum Maliyetleri	152	Giren Debi
131	Maksimum Hidrolik Eğim	153	Çıkan Debi
132	Kırılma Verileri	154	Boruların Son Kullanım Yılı
133	Bozulma Eğrileri	155	Hizmet Ömrü Verileri
134	Amortisman Süresi	156	Boru Malzemesi Oranı

Genellikle su şebekeleri rehabilite edilmesi her yıl artmaktadır. Şebeke hatlarının arızalanması önemli sağlık ve sosyo-ekonomik etkiler oluşturmakta ve kamu güvenini olumsuz yönde etkilemektedir. Gelecekteki arıza tahminleri için değişkenlerin ana faktörler altında belirlenmesi daha doğru ve gerçekçi arıza tahminleri sağlamaktadır. Önerilen modelde her parametre bir girdi olarak kabul edilir ve rehabilitasyon önceliğinin belirlenmesi amacıyla önem sırası belirlenir. Bir su dağıtım sistemini etkileyen esas parametrelerin hangisi olduğu belirlenmiş olur ve hizmet kalitesi arttırılmış olur.



Şekil 4.1. Fiziksel, Çevresel ve İşletme Faktörleri

4.1 ÇALIŞMA KAPSAMINDA BELİRLENEN DEĞİŞKENLERİN ŞEBEKEYE ETKİLERİ

4.1.1 Fiziksel Faktörler

Toplam Şebeke Uzunluğu: Su dağıtım şebekelerinde arızaya sebep olabilecek faktörleri tespit edebilmek için toplam şebeke durumu değerlendirilmelidir. Şebeke uzunluğu arttıkça boru uzunluğuna bağlı olarak yük kayıpları artmaktadır. İller Bankası Yönetmeliğine göre şebeke hesabı yapılırken, suyun en kısa yoldan tüketiciye teminini sağlayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Boru Çapı: Boru içi akışlarda dirseklerde oluşan kayıplar, Reynolds sayısının bir fonksiyonudur; dolayısıyla akış hızı ve boru çapı parametreleri kayıp katsayısını doğrudan etkilemektedir. Boru çapının uygun seçilmemesi durumunda boruda oluşan basınç kaybını arttırır ve tesisatın ömrünü kısaltır. Yapılan çalışma kapsamında boru çapları 100 mm, 100-250 mm ve 250 mm'den büyük çaplı borular için incelenmiştir.

Boru Yaşı: İçme suyu sistemi arızalarında en yüksek risk faktörüdür. Eski borular, eski borularda meydana gelen kırıklar, arızalar sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Eski borularda arıza meydana gelme olasılığı yeni imal edilmiş borulara göre çok daha yüksektir. Bu sebepten ötürü yapılan çalışma kapsamında 10 yaşından genç borular, 10-20 yaş arasındaki borular ve 20 yaşından daha büyük borular incelenmiştir.

20 Yaşından Büyük Boruların Oranı: Boruların etkili rehabilitasyonunu sağlamak için sistemde kullanım ömrü dolan eski boruların tespit edilmesi gerekmektedir.

Boru Malzemesi: Boru malzemesinin uygun seçilmesi sistemin performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Boru tercihi yapılırken borunun ekonomik olmasının yanında uzun ömürlü kullanım, dayanıklılık, bakım, onarım ve montaj kolaylığı gibi özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Örneğin ; Metal borularda korozyona bağlı zararlar ortaya çıkabilir. Asbest boruların kullanımı sağlık açısından tehlike oluşturmaktadır. Şebeke sistemelerinde uygun malzeme seçilebilmesi amacıyla yapılan çalışma kapsamında PVC (Polivinil klorür), AÇB (Asbestli Çimento) boru yüzdelikleri incelenmiştir.

4.1.2 Çevresel Faktörler

Zemin ve Toprak Özelliği: Boruların inşaatı esnasında zemin hareketinin ve toprak cinsinin belirlenmesi iyi bir işçilik ve yatak koşullarıyla borular üzerinde iç ve dış koruma sağlamak açısından önemlidir.

Trafik Yoğunluğu: Boru üzerinde meydana gelebilecek hasarlarda etkili olan bir parametredir. Boru çatlakları ve ezilmeleri, alt yapı sistem arızalarını önemli ölçüde etkilemektedir.

Önemli Yapıların Varlığı(hastane,okul vb.): Su tüketimlerini etkileyen parametrelerden biridir. Bir bölgede bulunan hastaneler, okullar, alışveriş merkezleri vb. su tüketim oranını büyük ölçüde arttırmaktadır.

Sokak Sınıfı (>20 M, <20 M): Bir bölgede bulun sokakların, caddelerin genişliği çalışma koşulları açısından önemlidir. Dar sokaklarda yapılan boru imalatlarının işçilik ve maliyet üzerinde etkisi vardır.

Arazi Durumu (Topoğrafya): Boru montajına, hendek kazısına ve dolgu malzemesinin sıkıştırılması gibi imalat işlerinde gerekli özen gösterilmezse boru hattında patlamalar yaşanır. Bu sebeplerden ötürü çalışılan bölgelerin arazi yapısı bilinmelidir.

4.1.3 İşletme Faktörleri

Şebeke Arıza Sayısı ve Arıza Oranı: Su dağıtım şebekelerinin bozulması dağıtım sisteminin yapısal ve hidrolik kapasitesinin azalmasına neden olur. Belediyeler, arıza süreçlerini tanımlamak ve arıza oranını etkileyebilecek faktörlerin tespitinde büyük zorluklarla karşı karşıya kalırlar. Boruların kırılması, çatlaması, su akışının kesilmesi gibi arızaya sebep olan etkenler bir sistemi verimsiz hale getirmektedir. Şebekede meydana gelen arızaların tespiti rehabilitasyon çalışmalarında öncelik oluşturan bir parametredir.

Servis Bağlantısı Sayısı: Su dağıtım ve iletim sistemlerinde, abonelere suyun iletilmesi için yapılan boru bağlantılarını ifade etmektedir. Servis bağlantılarında şebekede bulunan boru cinsine uygun olan bağlantı yapılmaktadır. Servis bağlantıları yapılırken şebeke basınç katlarına, malzeme maliyetine, işçilik kalitesine, abone

bağlantısının yapılacağı coğrafi şartlara, alt bölge sınırlarına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Servis Bağlantılarında Arıza Sayısı ve Arıza Oranı: Şebekenin yapısal esnekliğini, güvenilirliğini sağlamak için diğer şebeke elamanlarının (binalar, servis bağlantıları) belirlenmesi gerekir. Boru birleşim bölgelerindeki düzensizliklerin önlenmesi, uygun bir bakım onarım çalışması yapılabilmesi için servis bağlantılarında meydana gelen arızaların tespit edilmesi gerekmektedir.

Yıllık Su Kesintisi Sayısı: Suyun tüketiciye kaliteli ve verimli bir şekilde ulaştırılması gerekmektedir. Hizmet aksaklığını belirlemek ve etkisini saptamak amacıyla bir bölgede meydana gelen su kesintilerinin oranı ve sayısının bilinmesi gerekmektedir.

Tespit Edilen Sızıntı Miktarı Veya Sayısı: Su dağıtım şebekelerinde, borulardaki çatlaklardan ötürü büyük oranda su kaybı yaşanmaktadır. Bu arızaların en kısa sürede tespit edilip onarılması, meydana gelen su kaybının önlenmesi açısından oldukça önemlidir. Su şebekelerinde sızıntı olması durumunda, su basıncının değişmesi, alt yapıda seslerin oluşması, toprak ısısının değişimi gözlenir. Su borularındaki sızıntının tespiti için kullanılan manuel ve otonom sistemler oldukça önemlidir.

Bölgede Değiştirilmiş Boru Uzunluk/Nokta Sayısı/Yüzdesi: Uygun boru kesitlerinde bakım onarım çalışması yapılması için önceden rehabilitasyonu yapılan boruların tespit edilmesi gerekmektedir.

Bilinen Vana Sayısı: Su dağıtım sistemlerini etkileyen birçok parametre vardır. Bu değişkenlerin birbiriyle olan ilişkisini belirlemek amacıyla sisteme ait diğer elemanların bilinmesi gerekir. Vanalar sistemin arıza durumlarında boşaltılmasına yardımcı olan şebekenin emniyetli çalışmasını sağlayan elemanlardan biridir. İçme suyu dağıtım sistemlerinde, alt ölçüm bölgelerini ayırmak, işletme sırasında bakım ve onarım amaçlı bölgesel tecrit oluşturmak amacıyla uygun noktalarda vanalar teşkil edilmektedir.

İşletme Basıncı: Boru içinde meydana gelen basınç dalgalanmaları, vakumlama etkisiyle meydana gelen basınç değişimleri, boru hasarlarına neden olur. Dağıtım sistemindeki kayıplar genellikle sızıntı esaslı olup borulardaki aşırı şebeke

basıncı da sistemi olumsuz etkilemektedir. İller Bankası Yönetmeliğine göre şebekede minimum işletme basınçları müstakbel nüfusu 50.000'e kadar olan yerlerde 20 m, daha büyük nüfuslarda 30 m alınır. Şebekenin topoğrafik durumu göz önüne alınarak maksimum statik basınç değeri ise 60-65 m. olacak şekilde şebeke basınç zonları oluşturulur. İşletme basıncının sağlanamaması durumunda su sızıntıları ve boru patlamaları ve düşük basınçlarda boru içinde sediment birikimleri meydana gelmektedir.

Su Kayıp Oranı (%): Su kaybı, içme suyu şebekesine iletilen su miktarı ile abonelerin kullandığı su miktarı arasında kalan fark olarak belirtilebilir. Su kayıpları borulardaki su sızıntılarından, kaçak bağlantılardan ve hatalı su sayaçlarından kaynaklanmaktadır. Su kayıpları borulardaki çatlaklardan, vanaların bağlantı yerlerinden ve binalardaki musluk sızıntılarından oluşmaktadır. Su sızıntıları ve kaçaklarının belirlenmesi su kayıp oranını önemli ölçüde azaltmaktadır.

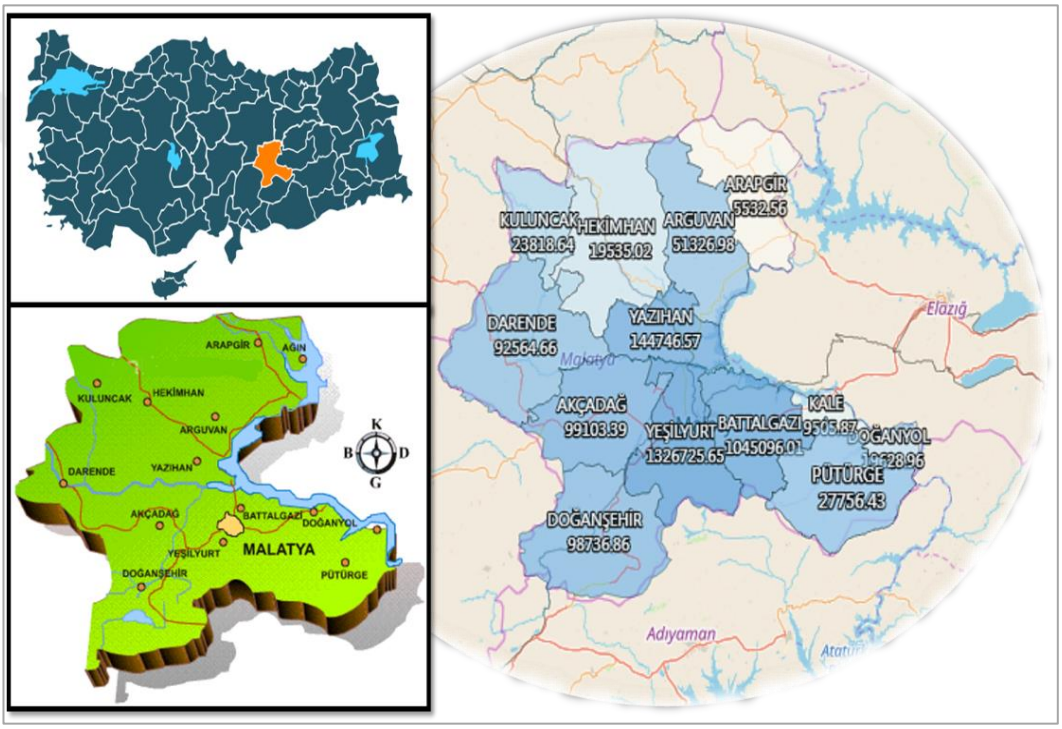
İşletme Maliyeti: Rehabilitasyon için ayrılan bütçe düşükse bir fon yaratmak ve rehabilitasyon önceliği belirlemek gerekir. Bütçe ve kaynakların sınırlı olması sebebiyle, arıza önceliğine göre rehabilite çalışmaları yapılır. Sistemde meydana gelen hasarlar ise maliyetleri ciddi oranda arttırmaktadır. Boru imalatı maliyeti; borunun döşenmesi, boru ek parçaların döşenmesi, boru basınç testleri ile boru bedelinden oluşmaktadır. Burada maliyeti etkileyen en önemli faktör boru bedelidir.

Abone Sayısı ve Nüfus: Su tasarruf yönetimi yapabilmek için bölgedeki tüketicilerin bilinmesi gerekmektedir. Literatürde nüfusun özellikle çocuk ve yaşlı nüfusun duyarlılık endekslerinde önemli bir payının olduğu gözlemlenmiştir.

Bölgenin Toplam Su Talebi: Su talebi, belirli bir zaman periyodu içinde belli bir nüfusun ihtiyaç duyduğu su miktarını ifade eder. Su talebi, su üretimi ile eşdeğer bir kavramdır ve olası su kayıp miktarını da içermektedir. Artan su talebine karşılık sistem kapasitesini genişletmek için bölgedeki su talebinin tespit edilmesi gereklidir. Alt ölçüm bölgelerde uygun rehabilitasyon yöntemleri ile su kayıpları azaltılabilir ve bölgedeki nüfusa verimli şekilde su temini sağlanabilir.

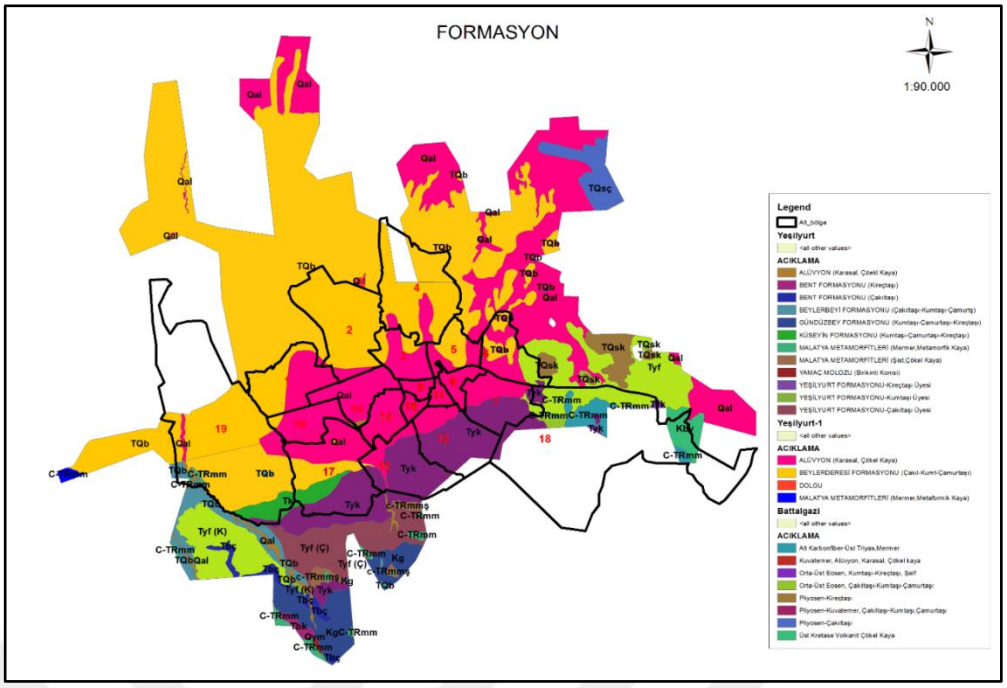
5 ÇALIŞMA ALANI

Bu çalışmada, şebeke rehabilitasyonunda öncelikli bölgelerin belirlenmesinde Malatya ili uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 5.1). Malatya; Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Havzasında ve Adıyaman, Malatya, Elazığ, Bingöl, Muş, Van çöküntü alanının güneybatı ucunda yer almaktadır. Çevresini doğuda Elazığ ve Diyarbakır, güneyde Adıyaman, batıda Kahramanmaraş, kuzeyde Sivas ve Erzincan illeri çevirir. Malatya rakımı 964,00 metredir. 2015 yılına ait nüfusu ise 772.904 kişidir. İl topraklarının yüzölçümü 12.313 km² olup 35 54' ve 39 03' kuzey enlemleri ile 38 45' ve 39 08' doğu boylamları arasında kalmaktadır.



Şekil 5.1. Malatya İli Haritası

Şekil 5.2.'de Malatya ilinin zemin özelliklerini ve arazi yapısını içeren harita CBS ortamında elde edilmiştir. Bu haritadan yararlanılarak topoğrafya özellikleri ve zemin davranışı belirlenmiştir. Yüksek riskli boruları tanımlamak ve arıza meydana getiren değişkenlerin rehabilitasyonunu sağlamak amacıyla Malatya ili merkezinde MASKİ'den konumsal olarak elde edilen mevcut altyapı verileriyle çalışılmıştır. Yapılan çalışmada Malatya ilinin merkez ilçelerinin su dağıtım sistemlerinin toplam metraj verileri Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi'nden elde edilmiştir.(Çizelge 5.1, 5.2)



Şekil 5.2. Malatya ilinin jeolojik formasyon haritası (MASKİ,2018)

Çizelge 5.1 Uygulama Alanında Boru Malzeme Türüne Göre Boru Metrajları (MASKİ,2018)

Malzeme Kodu	Şebeke Uzunluğu (m)
Toplam	2 963 121.19
PVC	1 409 736.71
PE	650 884.14
AÇB	363 847.67
DF	184 157.43
ÇLK	160 733.45
HDPE	113 169.21
PIK	77 992.19
PPRC	2 318.37
Beton(MBB)	234.55
GALVANİZLİ	28.39

Çizelge 5.2 Merkez İlçelerinin İçme suyu Boru Metrajı (MASKİ,2018)

İlçe Adı	Şebeke Uzunluğu (m)
Toplam	2 964 077.61
YEŞİLYURT	1 326 725.65
BATTALGAZI	1 045 096.01

İzole bölge, su dağıtım şebekesini daha kolay kontrol edebilmek amacıyla birbirinden bağımsız küçük su dağıtım şebekelerine bölünerek oluşturulan su dağıtım şebekeleridir. İzole alt bölgeler;

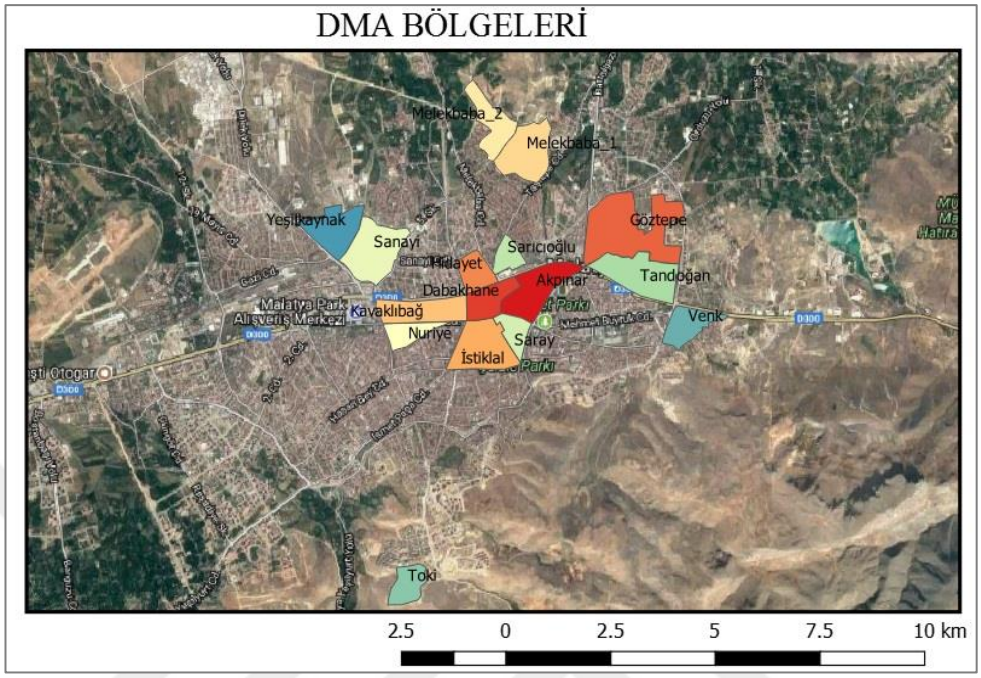
- Sistemin en iyi şekilde yönetilmesini ve doğru analiz edilmesini, abonelere yönelik güncel ve doğruluğu yüksek su tüketim verilerinin temin edilmesini,
- Bölge girişlerinde sisteme verilen su miktarlarının ölçülmesini,
- Su basıncı ve kalitesinin izlenmesini, su kayıplarının yüksek olduğu yerlere öncelik verilmesini,
- Arıza noktasına ulaşmak için bölgede sistematik çalışmanın yapılmasını sağlamaktadır.

İzole bölgelerin oluşumunda; su ihtiyaç debisi, şebeke uzunluğu, nüfus, abone sayısı, şebekeye bağlantı adedi, kapatılması gereken vana sayısı kriterleri dikkate alınmaktadır. Uygulama alanında MASKİ tarafından yapılan çalışmalar sonucunda şebeke borusu değiştirilmeden sınırları diğer şebeke elemanlarından izole edilmiş 16 alt bölgeler (DMA) oluşturulmuştur. Malatya Yeşilyurt ve Battalgazi merkez ilçelerinde rehabilitasyon yapılacak 16 DMA seçilmiştir. Merkez ilçelerinde seçilen bu bölgelere ait veriler ve haritalar MASKİ CBS ortamında elde edilmiştir.

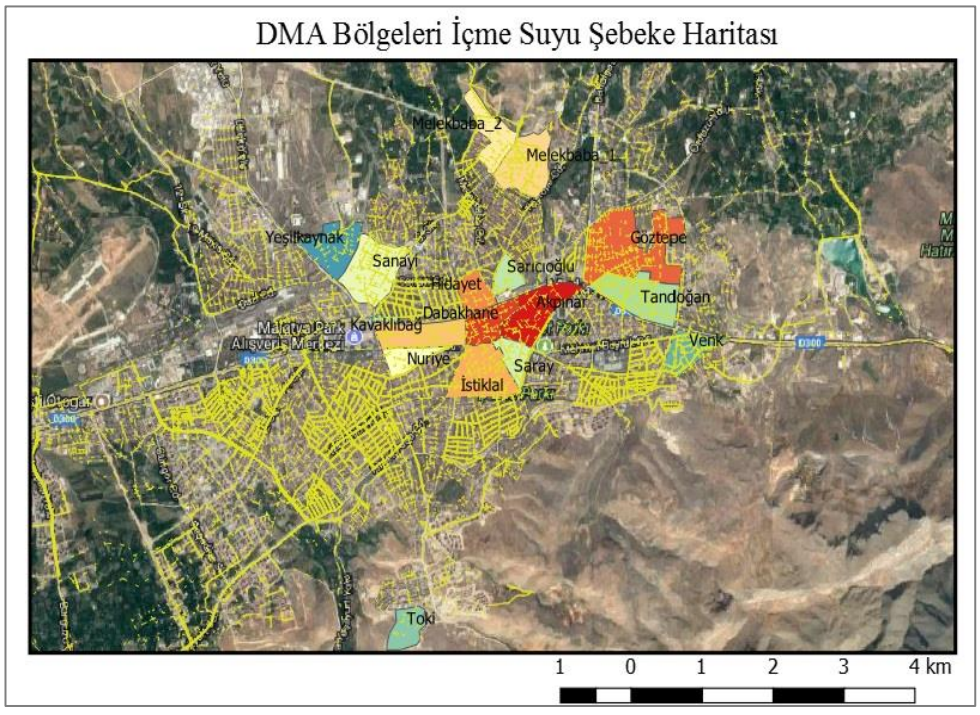
Çizelge 5.3 Çalışma Alanı Seçilen Bölgeler(DMA) (MASKİ,2018)

DMA Kodu	DMA Adı	Şebeke Uzunluğu (m)
DMA 1	HİDAYET	4350.9
DMA 2	SARICIOĞLU	7543.9
DMA 3	SARAY	7991.6
DMA 4	KAVAKLIBAĞ	6705.7
DMA 5	DABAKHANE	9710.4
DMA 6	TOKİ	27383.5
DMA 7	YEŞİLKAYNAK	29778.5
DMA 8	AKPINAR	19798.8
DMA 9	NURİYE	13205.3
DMA 10	VENK	5004.8
DMA 11	İSTİKLAL	14825.4
DMA 12	TANDOĞAN	2739.8
DMA 13	GÖZTEPE	13386.4
DMA 14	SANAYİ	19543.6
DMA 15	MELEKBABA_1	19122.4
DMA 16	MELEKBABA_2	22775.6

Çalışma alanı olarak sınırlandırılan 16 bölgeye ait bölge haritası MASKİ CBS veri tabanından elde edilmiştir. Merkez ilçelerinde çalışılan alt ölçüm bölgeleri (DMA) Şekil 5.3.'te ve Şekil 5.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Merkez ilçelerinde çalışılan DMA Bölgeler(MASKİ,2018)



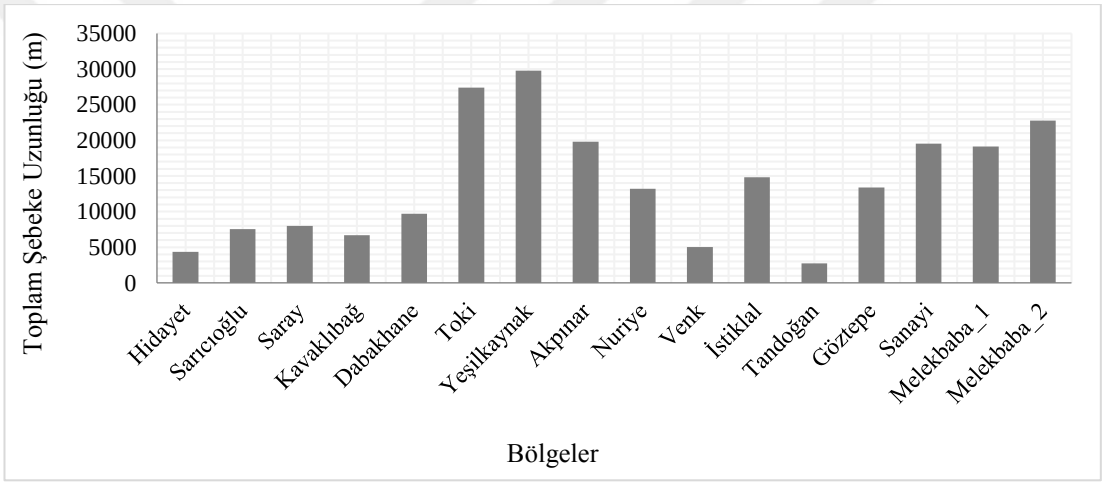
Şekil 5.4. DMA Bölgeleri İçme Suyu Şebeke Haritası (MASKİ,2018)

6 ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. VERİLERİN ÖN ANALİZİ

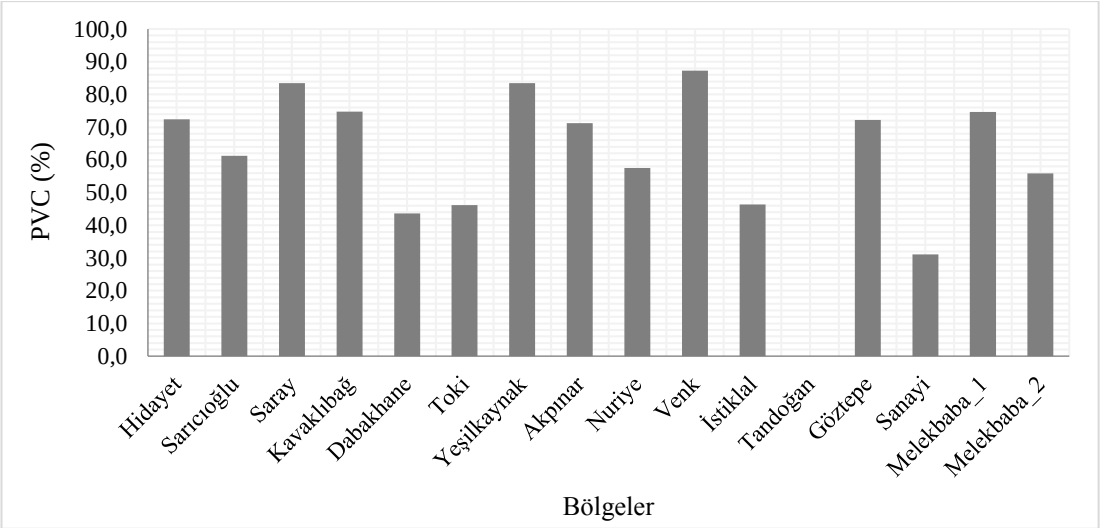
Su dağıtım sistemlerinde her borunun hem yapısal bütünlüğünü hem de hidrolik kapasitesini arttırmak ve doğrudan ve dolaylı arıza giderlerinin tespit etmek, iyileştirme veya rehabilitasyon için boruları tanımlamak gerekmektedir.

MASKİ CBS veri ortamından elde edilen veriler kullanılarak her DMA bölgesi için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılmıştır. Şekil 6.1.'de DMA'lara ait içme suyu şebekesi toplam boru metrajları verilmiştir.

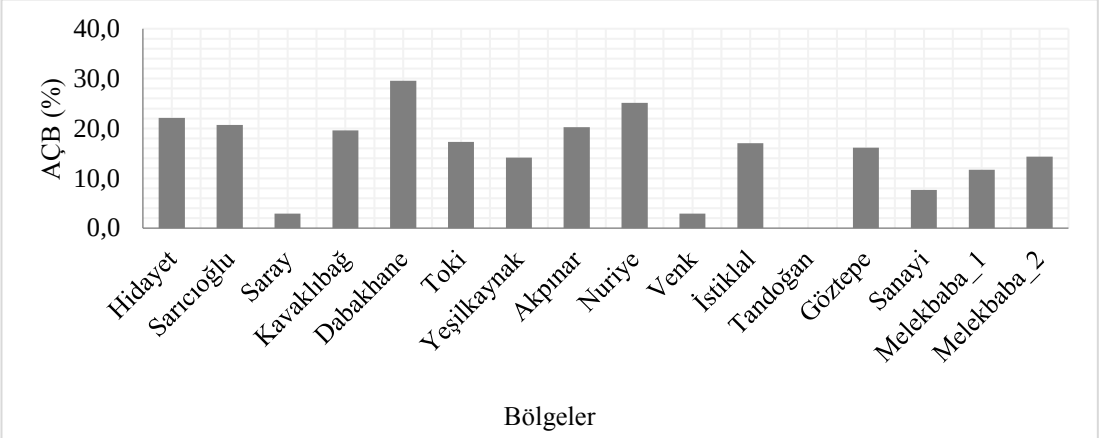


Şekil 6.1. DMA'larda İçme Suyu Şebekesi Boru Metrajları (MASKİ, 2018)

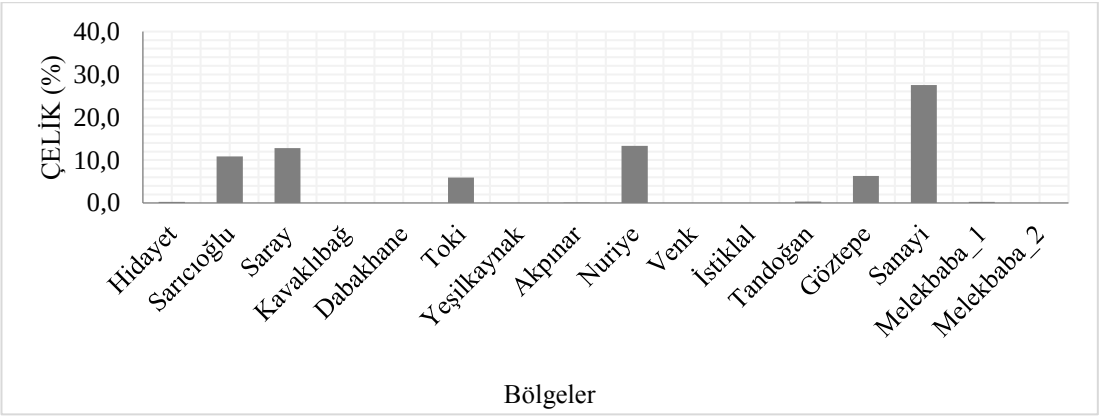
DMA'ların her birine ait içme suyu şebekesi boru uzunlukları MASKİ CBS veri tabanından elde edilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere toplam şebeke uzunluğu en yüksek olan yerler TOKİ ve Yeşilkaynak DMA bölgeleridir. Uygulama alanında DMA bölgelerinde boru türüne göre boru dağılımları Şekil 6.2-6.6'da verilmiştir.



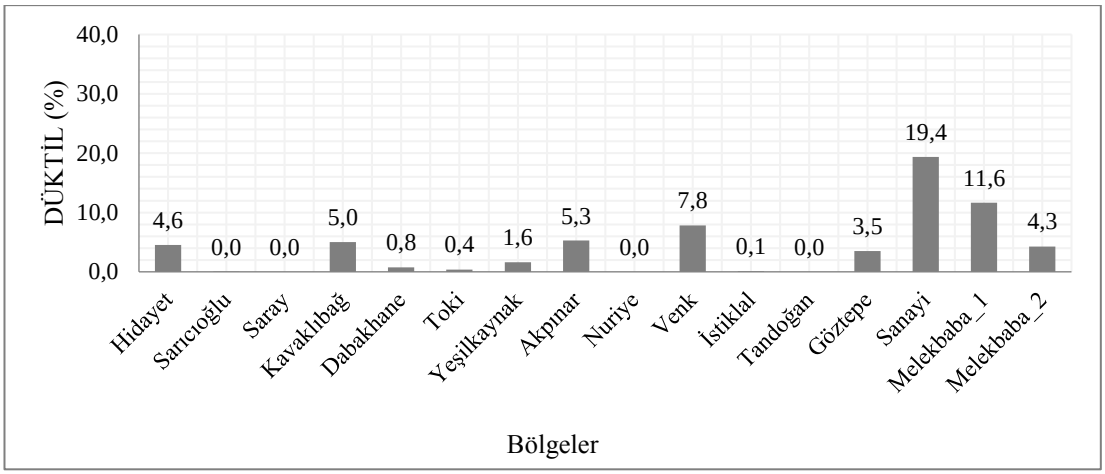
Şekil 6.2. DMA'larda PVC Boru Yüzdelikleri (MASKİ,2018)



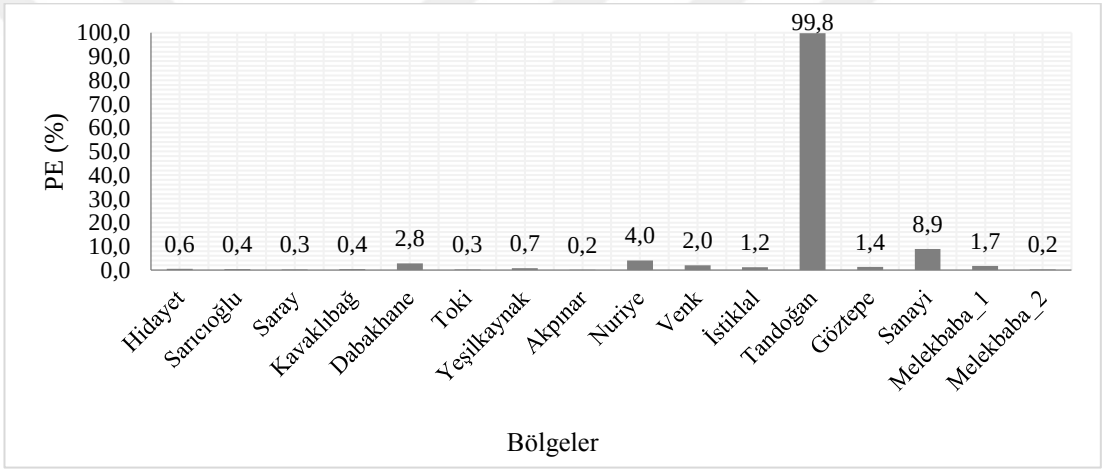
Şekil 6.3. DMA'larda AÇB Boru Yüzdelikleri (MASKİ,2018)



Şekil 6.4. DMA'larda Çelik Boru Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)



Şekil 6.5. DMA'larda Düktil Boru Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)



Şekil 6.6. DMA'larda PE Boru Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)

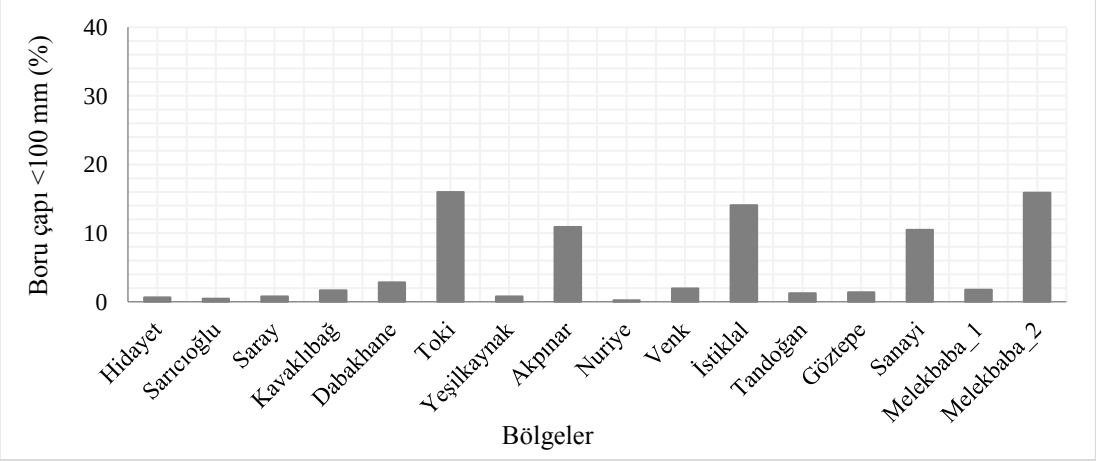
Polivinil klorür (PVC) borular yapı sektöründe özellikle çok katlı binalarda, basınçlı su şebekelerinde, bina içi atık su hatlarında, kanalizasyon projelerinde oldukça fazla tercih edilmektedir. Grafikten de anlaşıldığı üzere içme suyu şebekelerine ait DMA bölgelerinde yüzdelik olarak büyük bir orana sahiptir. Diğer taraftan özellikle eski şebeke elemanlarının çoğunlukta olduğu bölgelerde AÇB borularının varlığı görülmektedir. Bu tür borular sağlık açısından ortaya çıkardığı olumsuzlardan dolayı yeni imalat yapılan bölgelerde tercih edilmemektedir.

Çelik borular, yüksek işletme basınçlarında çalışılması gereken durumlarda tercih edilen boru tipidir. İçmesuyu dağıtım sistemlerinde genel olarak Çelik borular 400 mm ve daha büyük çaplarda tercih edilmektedir. Bu nedenle uygulama alanında dağıtım sistemlerinde Çelik boru oranının PVC ve diğer boru türlerine göre daha az olduğu görülmektedir.

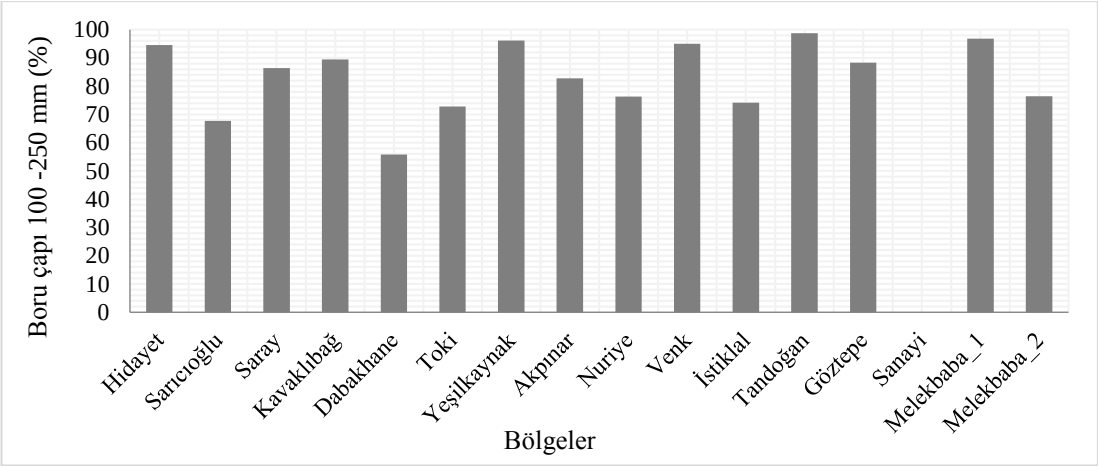
İçme suyu şebekelerinde görülebilecek problemlerin sebebi olarak doğal ve yapay yer hareketleri başta gelmektedir. Bu hareketlerin şebekelerde yol açacağı zararların en aza indirilmesi için temiz ve atık su hatlarında gerek korozyon direnci, gerek esneme kabiliyeti yönünden son yıllarda yenileme ya da lokal boru bakım-onarım çalışmalarında Düktil borular tercih edilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi DMA bölgelerinde kullanılan Düktil boru oranı en fazla Sanayi bölgesindedir.

Yüksek kalitesi ile öne çıkan Polietilen (PE) borular, içme suyu sistemleri, sulama suyu sistemleri, sanayi atığı, havuz sistemleri, kanalizasyon ve birçok sıvı nakil yapılan işlerde kullanılır. Grafiğe göre en fazla polietilen boru kullanılan bölge Tandoğan bölgesidir. Bu tür borular içme suyu dağıtım sistemlerinde genel olarak 100 mm'den daha küçük çaplarda tercih edildiği için uygulama alanında kullanım oranı düşük görülmektedir.

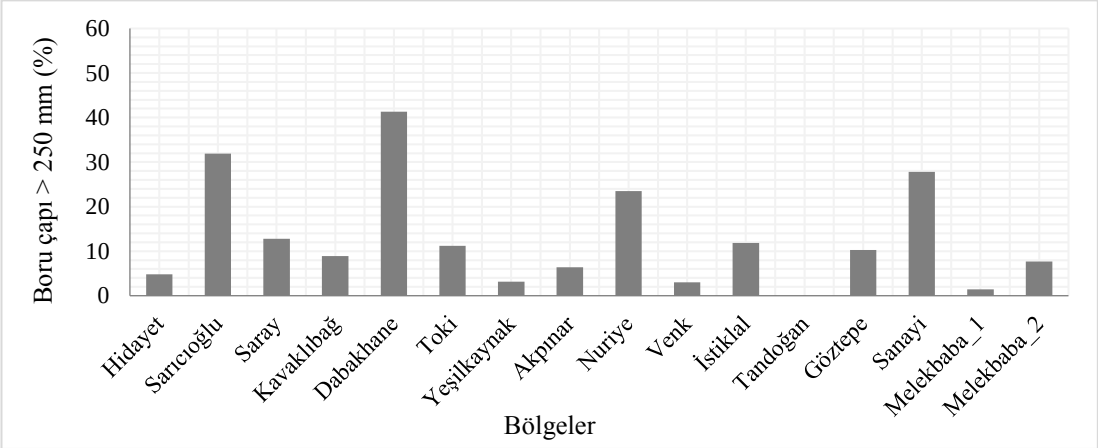
DMA bölgelerinde boruların çaplarına göre yüzdelikleri Şekil 6.7-6.9'da verilmiştir.



Şekil 6.7. DMA'larda Çapı 100 mm'den Küçük Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)



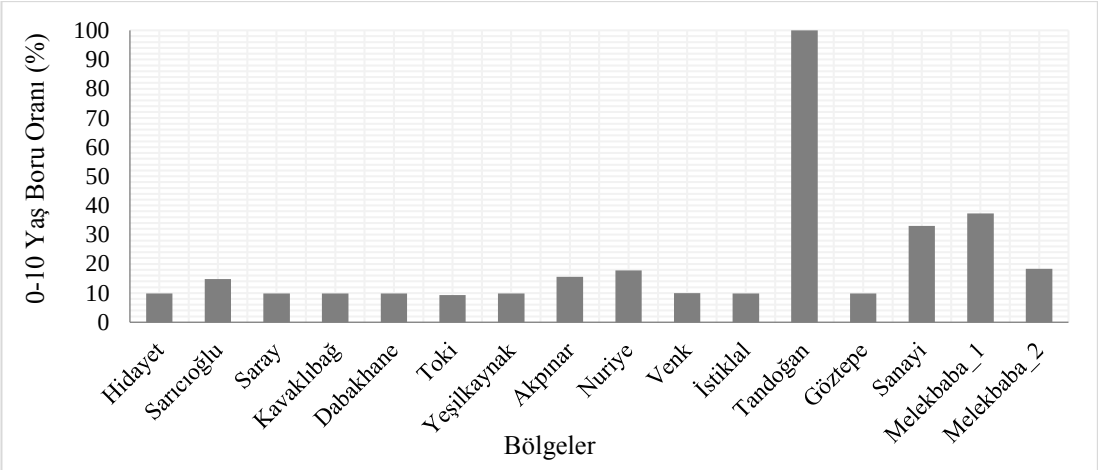
Şekil 6.8. DMA'larda Çapı 100 – 250 mm Arasında olan Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)



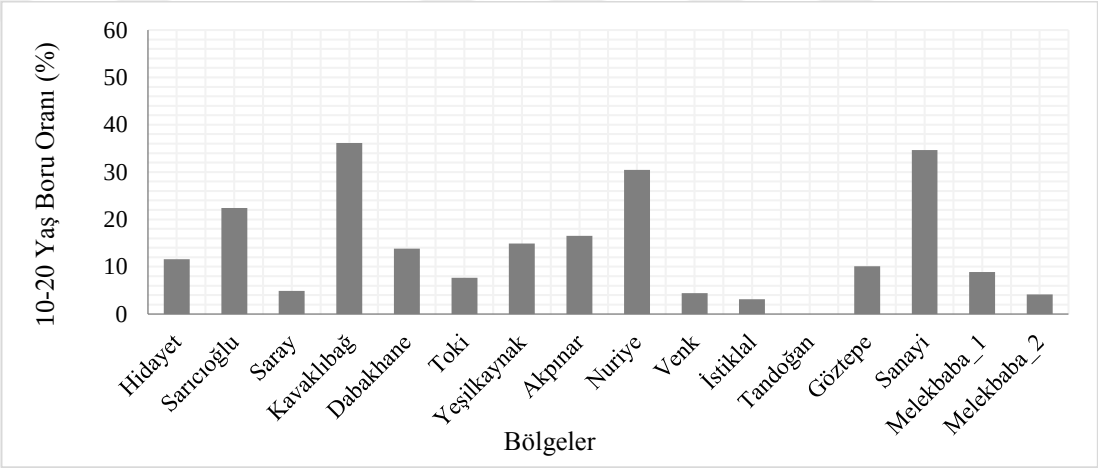
Şekil 6.9. DMA'larda Çapı 250 mm'den Büyük Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)

İçme suyu şebeke sistemlerinde boru çaplarının şebeke içinde toplam oranının bilinmesi önemlidir. Çünkü içme suyu şebeke hatları, büyük maliyetli yatırımlar olduğu için kullanılacak malzemenin ekonomik, işletme masraflarının düşük, montajının kolay olmasına dikkat edilmelidir. Grafikler incelendiğinde tüm DMA'larda çapı 100 mm ile 250 mm arasında değişen boruların oldukça yüksek oranda olduğu görülmektedir.

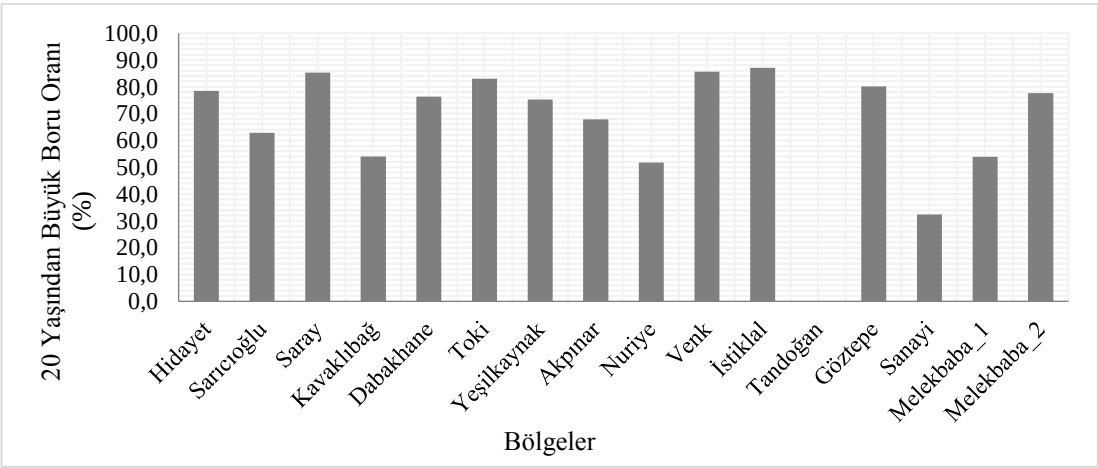
DMA bölgelerinde boru yaşına göre boru yüzdelikleri Şekil 6.10-6.12'de verilmiştir.



Şekil 6.10. DMA'larda 0-10 Yaş Aralığındaki Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)



Şekil 6.11. DMA'larda 10-20 Yaş Aralığındaki Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)



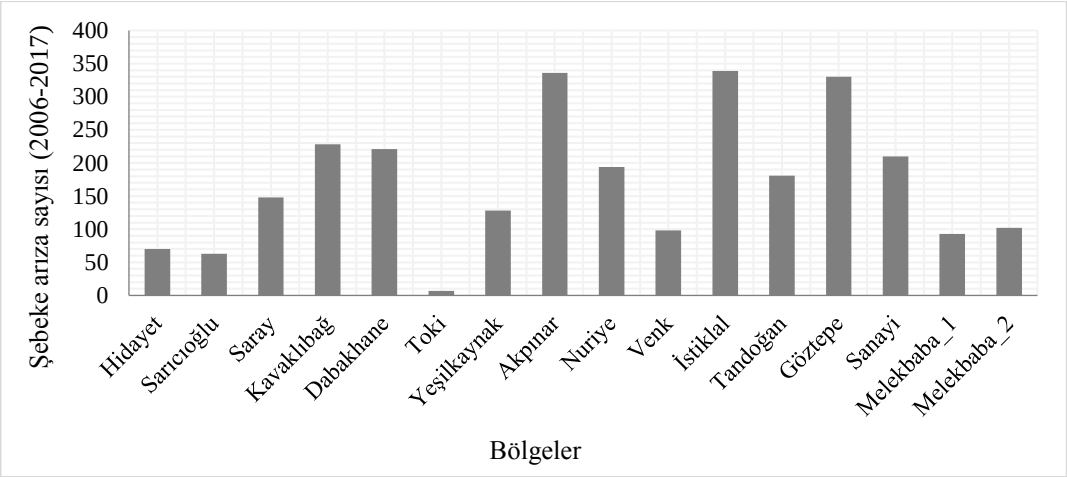
Şekil 6.12. DMA'larda 20 Yaşından Büyük Boruların Yüzdelikleri (MASKİ, 2018)

İçme suyu şebekelerinde boruların avantaj ve dezavantajlarının iyi bilinmesi, teknik ve işletme verilerine göre risk oluşturabilecek faktörlerin analiz edilmesi oldukça önemlidir. İçme suyu şebekelerinde sızıntı ve arıza riski ile boru yaşı arasında bir ilişki yapılan çalışmalarda vurgulanmaktadır. Özellikle boru yaşının yüksek olduğu sistemlerde boruların basınç ve diğer çevresel etkilere karşı dayanımının azalmasından dolayı arıza oranı yüksek olmakta ve buna bağlı olarak yüksek su kayıp oranları gözlenmektedir. Bu nedenle bu çalışmada uygulama alanında her bir DMA'da boru yaşlarına göre bir sınıflandırma yapılmıştır. Her bir DMA bölgesi incelenerek sistemdeki yeni ve eski borular tespit edilmiştir. Borular 0-10 yaş, 10-20 yaş ve çok eski borular (20 yaşından büyük) olmak üzere gruplandırılarak grafik üzerinde görselleştirilmiştir (Şekil 6.10-6.12). Çalışma alanında 10 yaşından küçük boruların oranı en fazla Tandoğan bölgesinde yer almaktadır. Bu yaş aralığındaki boru oranın yüksek olması arıza riski açısından bu bölge için bir avantaj olarak görülebilir. Diğer bölgelerde bu yaş aralığında yer alan boru dağılımı genelde % 12 seviyelerindedir.

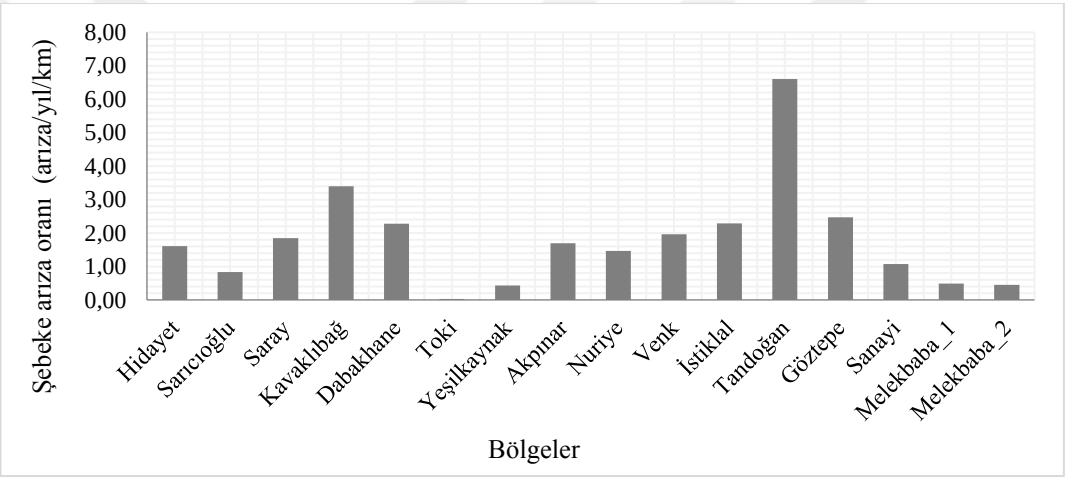
Şekilde 10-20 yaş arasındaki boruların dağılımı incelendiğinde, Kavaklıbağ, Nuriye, Sanayi bölgelerinde bu aralıkta yer alan boruların yoğun olduğu anlaşılmaktadır. Bu da bu bölgelerde arıza riskinin artabileceği şeklinde değerlendirilebilir.

Mevcut boru şebekesinin performansını artırmak, eski borularda yani 20 yaşından büyük borularda sızıntı durumunu saptamak amacıyla 20 yaşından büyük boruların yüzdelik hesapları yapılmıştır. Bu boruların tespiti su şebekelerinde arızaların risk durumunu değerlendirmek ve risk altındaki boruların kısa sürede iyileştirilmesi açısından oldukça önemlidir. Şekilden de görüldüğü uygulama alanında tüm DMA'larda 20 yaşından büyük boru oranı oldukça yüksek seviyelerdedir. Bu durum tüm bölgeler için risk oluşturabilecek faktör olarak değerlendirilebilir.

Uygulama alanında seçilen DMA'larda mevcut işletme koşulları hakkında değerlendirme yapabilmek için geçmişte gözlenmiş arıza sayıları ve arıza oranları verileri elde edilmiş ve Şekil 6.13 ve 6.14'te verilmiştir.



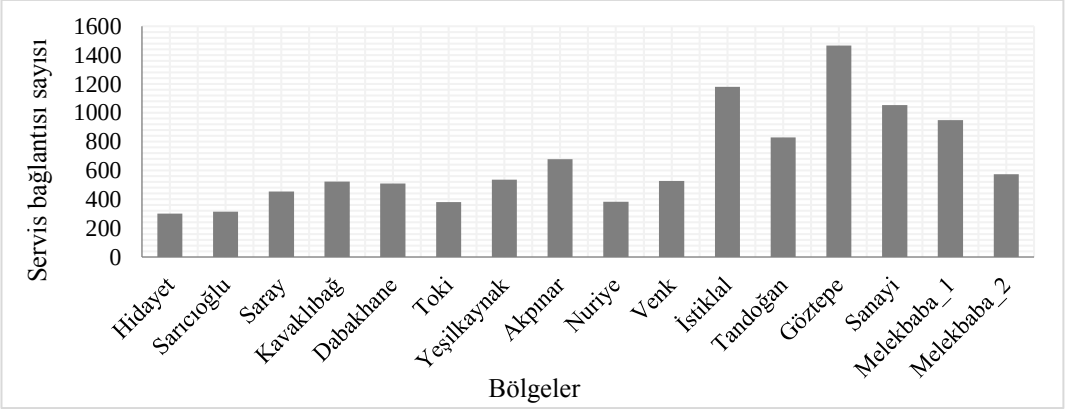
Şekil 6.13. DMA'larda Gözlenen Şebeke Arıza Sayıları (MASKİ, 2018)



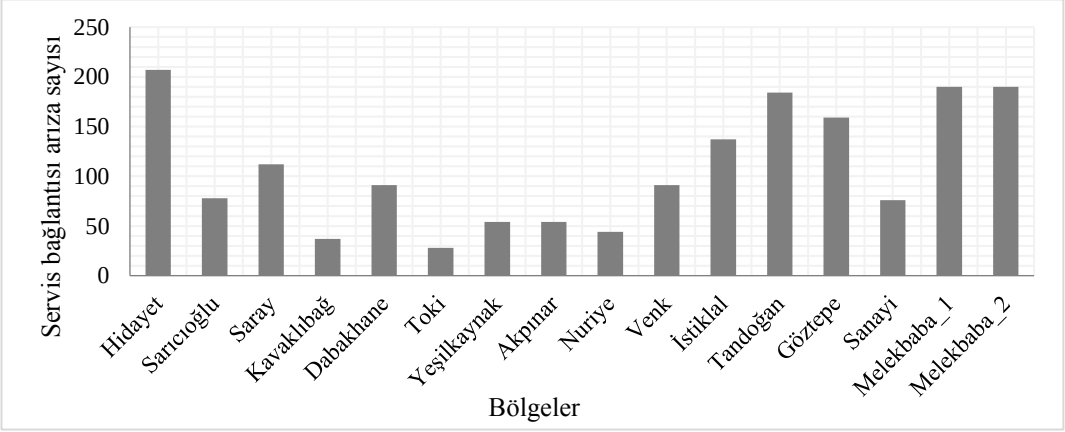
Şekil 6.14. DMA'larda Gözlenen Arıza Oranları (MASKİ,2018)

Kentsel su yönetimi stratejilerini belirlemek, gelecekte su sıkıntısı riskini en aza indirmek için içme suyu şebekelerinde meydana gelen arızaların bilinmesi ve tespiti oldukça önemlidir. Şekil 6.13'te verilen sonuçlara göre, Akpınar, İstiklal, Göztepe bölgelerinde yoğun bir şekilde arıza meydana geldiği tespit edilmiştir. Şekil 6.14'te DMA'larda meydana gelen km başına bir yılda meydana gelen arıza oranlarına göre, en yüksek değeri Tandoğan alt bölgesi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Kavaklıbağ, İstiklal ve Göztepe DMA'larda da arıza oranının yüksek olduğu görülmektedir. Arıza oranının yüksek olması, sistemin işletme maliyetini artırmakta, sürekli su kesintisine neden olduğu için vatandaş şikâyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

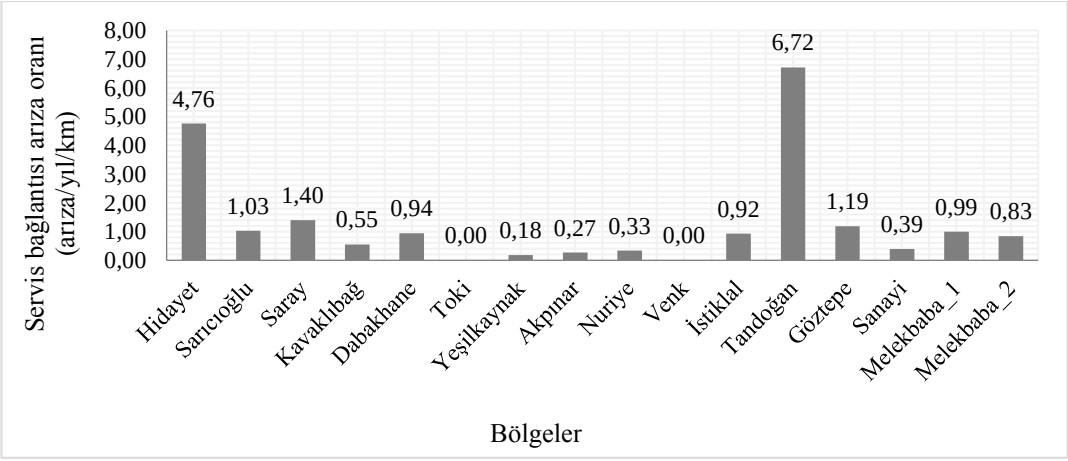
DMA bölgelerinde belirlenen içme suyu servis bağlantı sayıları ve bu bağlantılarda meydana gelen arıza sayıları Şekil 6.15-6.17'de verilmiştir.



Şekil 6.15. DMA'larda Belirlenen İçme Suyu Servis Bağlantı Sayısı (MASKİ, 2018)

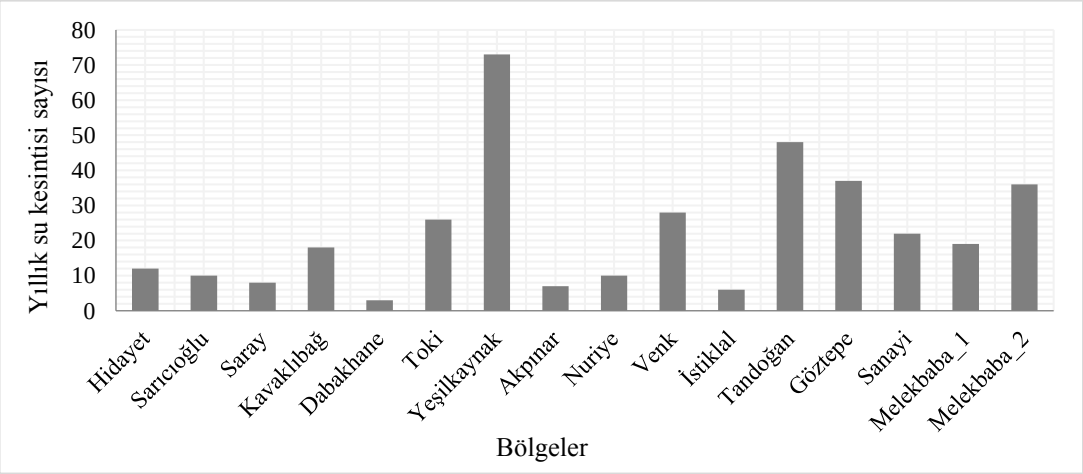


Şekil 6.16. DMA'larda Belirlenen İçme Suyu Servis Bağlantısı Arıza Sayısı (MASKİ, 2018)



Şekil 6.17. DMA'larda Belirlenen İçme Suyu Servis Bağlantısı Arıza Oranları (MASKİ, 2018)

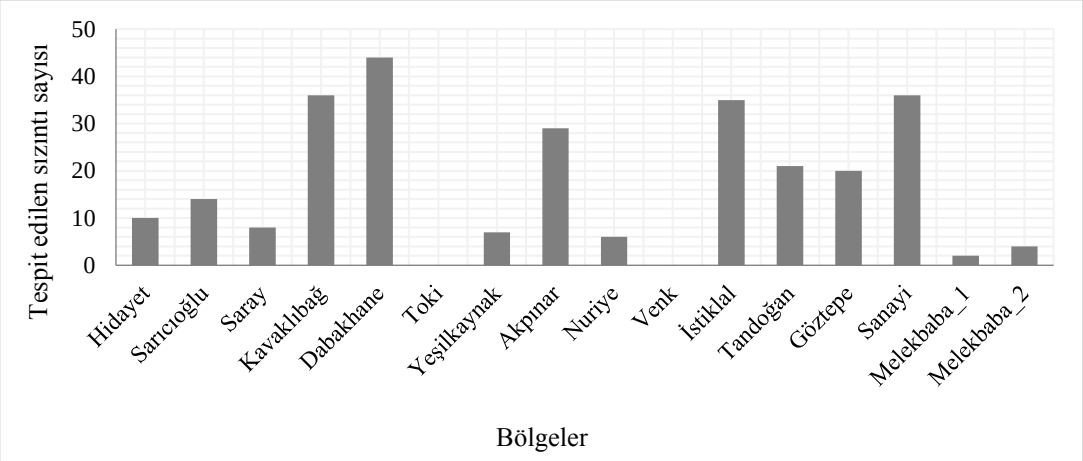
Kentsel su yönetiminde, DMA bölgelerinde teknik ve ekonomik açıdan uygun bir planlama ve öncelikli program hazırlamak için içme suyu şebekesine ait servis bağlantı ve diğer elamanların örneğin vanaların, ev bağlantılarının tespit edilmesi gerekmektedir. Servis bağlantı sayısının artması bu noktalarda arıza riskini artırmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi servis bağlantı sayılarının genelde imar planına göre yüksek katlı olmayan bölgelerde daha fazladır. Servis bağlantı sayılarının fazla olması şebeke rehabilitasyonunda ilk yatırım maliyetini arttırıcı bir etkiye sahiptir. Hidrolik kapasitesinin zamana bağlı bozulmasını hesaplamak, şebeke ve şebekeye ait servis bağlantılarında meydana gelen bozulmaların tespit edilmesi amacıyla meydana gelen arızalar tespit edilmiştir. Şekilde verilen arıza sayılarına göre, Hidayet, Tandoğan, Melekbaba-1, Melekbaba-2 bölgelerinde servis bağlantı arızalarının yoğun olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 6.17'de merkez ilçelerinde belirlenen alt bölgelerde servis bağlantılarında km başına bir yılda meydana gelen arıza oranları görülmektedir. Arıza oranı en yüksek bölgenin Tandoğan ve Hidayet alt bölgesine ait olduğu tespit edilmiştir. Boztaş (2017) içme suyu dağıtım sistemlerinde arızaların önemli bir kısmının servis bağlantılarında gözlendiği vurgulamıştır. Servis bağlantılarında oluşan arızaların yüksek olmasında "işçilik" ve "malzeme kalitesinin" etkili olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada şebeke rehabilitasyonunda öncelikli bölgelerin belirlenmesinde servis bağlantı sayısı ve arıza oranı faktörleri göz önünde bulundurulmuştur. Uygulama alanında seçilen DMA'larda yıllık gözlenen su kesinti sayıları Şekil 6.18'de verilmiştir.



Şekil 6.18. Çalışma Alanlarında Meydana Gelen Yıllık Su Kesinti Sayıları (MASKİ, 2018)

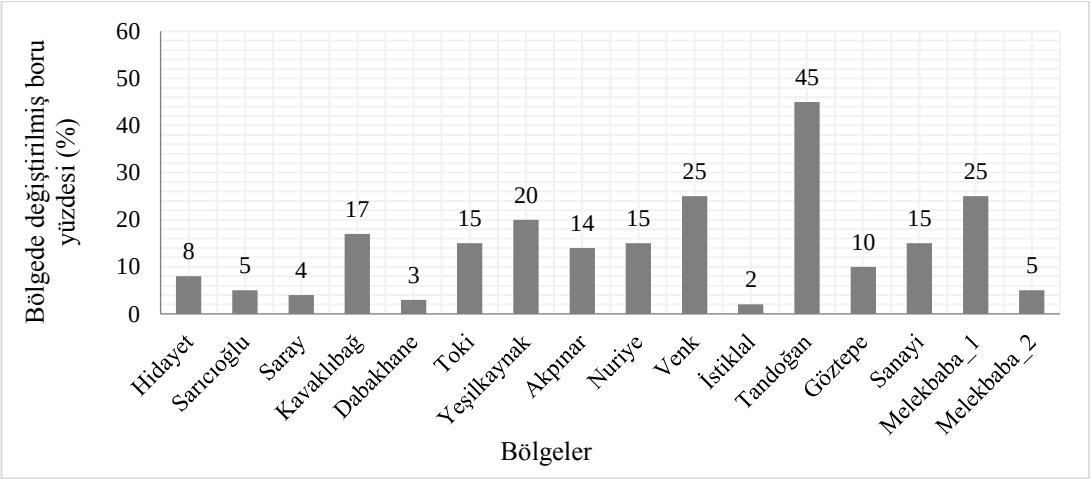
Sağlıklı bir su yönetimi, dengeli su temini sızıntı kaçaklarını azaltmak için yapılan sürekli çalışmalar su gelir oranını büyük ölçüde arttırmaktadır. Bir bölgede sık sık meydana gelen su kesintileri, sistemde basınçta dalgalanmaya sebep olmakta, buna bağlı olarak borularda darbe etkisiyle bağlantı noktalarında arıza riski artmaktadır. Ayrıca su kesintisinin fazla olduğu bölgelerde vatandaş şikayetleri artmakta, su kalitesinde bozulmalar gözlenmekte ve sistemin normal işletme koşulları olumsuz etkilenmektedir. Şekil 6.18.'de yıllık su kesintisinin en fazla meydana geldiği bölge Yeşilkaynak ve Tandoğan bölgeleridir.

Şekil 6.19.'da DMA bölgelerinde tespit edilen sızıntı miktarı verilmiştir.



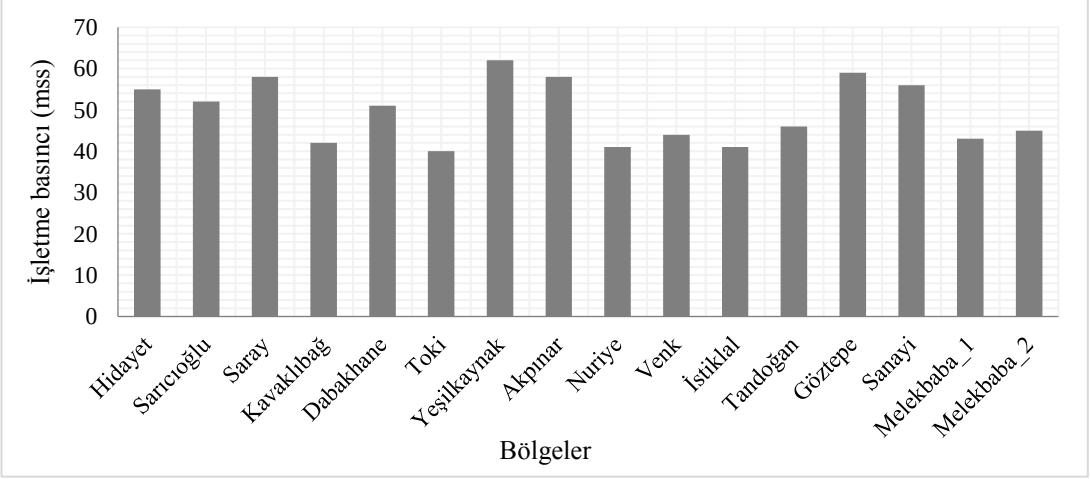
Şekil 6.19. Çalışma Alanlarında Tespit Edilen Sızıntı Nokta Sayısı (MASKİ,2018)

İçme suyu dağıtım sistemlerinde meydana gelen arızaların belli bir kısmı, arızanın boru üzerindeki konumuna, sistem basıncına, zemin özelliğine bağlı olarak yüzeye çıkarken önemli bir kısmı yüzeye çıkmamaktadır. Yüzeye çıkmayan arızaların tespit edilmesi ancak sahada ekiplerin dinleme cihazı vb. ekipmanlar kullanarak denetimiyle mümkün olmaktadır. Sızıntı sayısının fazla olması, su kaybından kaynaklanan maliyeti, arıza onarımından kaynaklanan işletme maliyetini doğrudan arttırmaktadır. İçme suyu şebekelerinin etkinliğini artırmak, su şebekelerinde olası sızıntıları önlemek, su kayıpları ve kaçak su yönetimi için karar verme aşaması oluşturmak ve riskli bölgeleri sıralamak, arızalı boruların davranışlarını incelemek ve onarmak amacıyla sızıntı miktarının bilinmesi de önemli bir parametredir. Kavaklıbağ, Dabakhane, İstiklal ve Sanayi bölgelerinde sızıntının yoğun olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 6.19). Şekil 6.20'de alt ölçüm bölgelerinde rehabilitasyonu yapılan boru oranları verilmiştir.



Şekil 6.20. Çalışma Alanlarında Rehabilitasyonu Yapılan Boru Oranları (MASKİ, 2018)

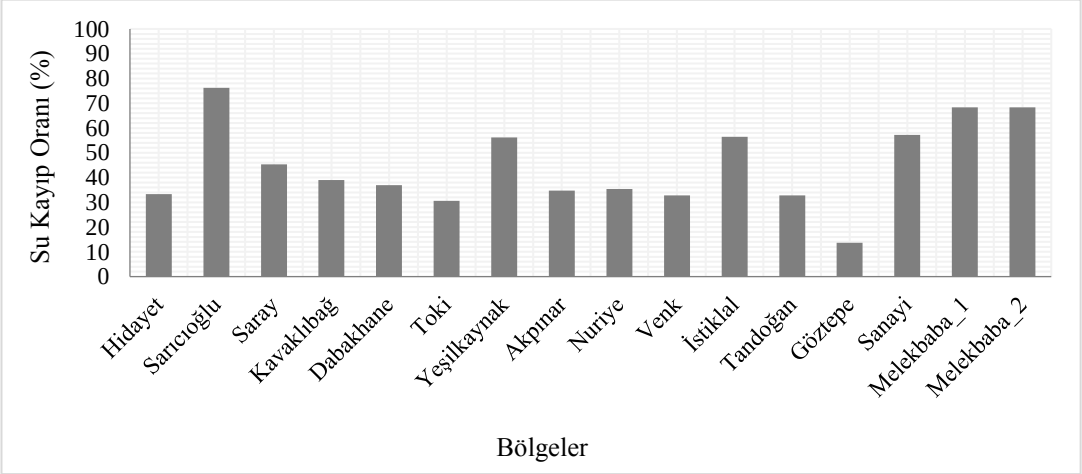
Ekonomik bir rehabilitasyon önceliği oluşturmak, rehabilitasyon ve tamir metotlarıyla boru sistemleri ve bileşenlerinin tasarım ömrünü uzatmak, uygun boru kesitlerinde bakım onarım çalışması yapılması amacıyla alt ölçüm bölgelerinde sokak bazında değişimi yapılan borular tespit edilmiş ve borular yüzdelik olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.20'deki sonuçlara göre, Tandoğan bölgesinde değiştirilen boru yüzdesinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sokak bazında boruların değiştirilmesi, sistemin arıza oranı ya da işletme maliyetinin düşürülmesi üzerinde pozitif etkisi olduğu anlamı taşımamaktadır. Bu tür uygulama sadece kısa vadede ilgili sokakta geçici çözüm olarak değerlendirilebilir. Şekil 6.21'de alt ölçüm bölgelerinde (DMA) ölçülen işletme basınçları verilmiştir.



Şekil 6.21. DMA'larda Sahada Ölçülen İşletme Basınçları (MASKİ,2018)

Bir su dağıtım şebeke sisteminin ekonomik ve ideal sisteme yakın olabilmesi için sistemin her noktasında, şartnamelerde belirtilen en düşük basıncı sağlaması ve önerilen maksimum ve minimum basınç limitlerine göre şebekenin bağımsız basınç bölgelerinden oluşması gerekmektedir. İlgili yönetmelikte içme suyu şebekelerinde minimum işletme basınçları için nüfusu 50.000'e kadar olan yerlerde en az 20 m, daha büyük nüfuslarda ise en az 30 m olması gerekirken, maksimum statik basıncın ise; 60-65 m olması gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca işletme basınçlarının 40-50 m'yi geçmemesi önerilmektedir. Çünkü bina bağlantılarında ve ev tesisatlarında sık sık arıza meydana gelmesine, sahada tespit edilmeyen arıza noktalarında birim zamanda sızan su hacminin artmasına neden olmaktadır. Şekil 6.21'de verilen değerlere göre, alt ölçüm bölgelerinde işletme basınçlarının genel olarak birbirine yakın olduğu gözlemlenmektedir.

Şekil 6.22'de DMA'larda tespit edilen su kayıp oranları verilmiştir.

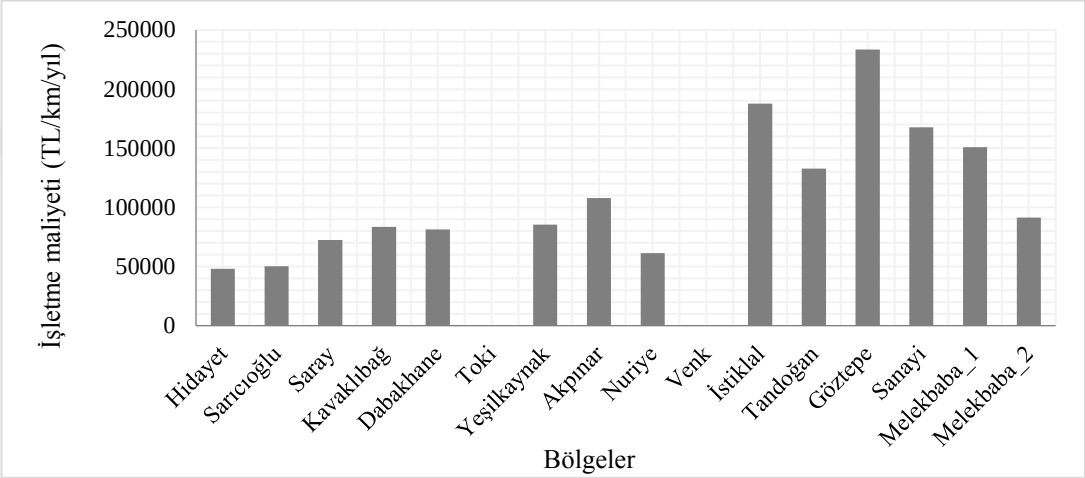


Şekil 6.22. DMA'larda Su Kayıp Oranları (MASKİ, 2018)

Tüm dünyada artan su talebine karşılık, suyun tüketiciye ulaşmadan temin ve dağıtım sistemlerinde yok olması, su kaynakları üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmekte ve önemli ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Uygun rehabilitasyon çalışmaları, hidrolik modellemeler, şebekeler için veri kaydetme ve veri izleme amaçlı olarak CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi), SCADA (Veri Tabanlı İzleme ve Kontrol Sistemi) sistemleri kullanılarak şebekelerde meydana gelen su kayıpları önlenmeye çalışılmaktadır.

Ülkemizde içme suyu dağıtım sistemlerindeki su kayıpları oranının % 25'e indirilmesi hedeflenmektedir. Şekilden de görüldüğü seçilen bölgelerde su kayıp oranlarının oldukça yüksek seviyelerdedir. Bu bölgelerden Sarıcıoğlu, Sanayi ve Melekbaba 1-2 bölgelerinde su kayıp oranlarının % 50'den daha fazla olduğu görülmektedir.(Şekil 6.22)

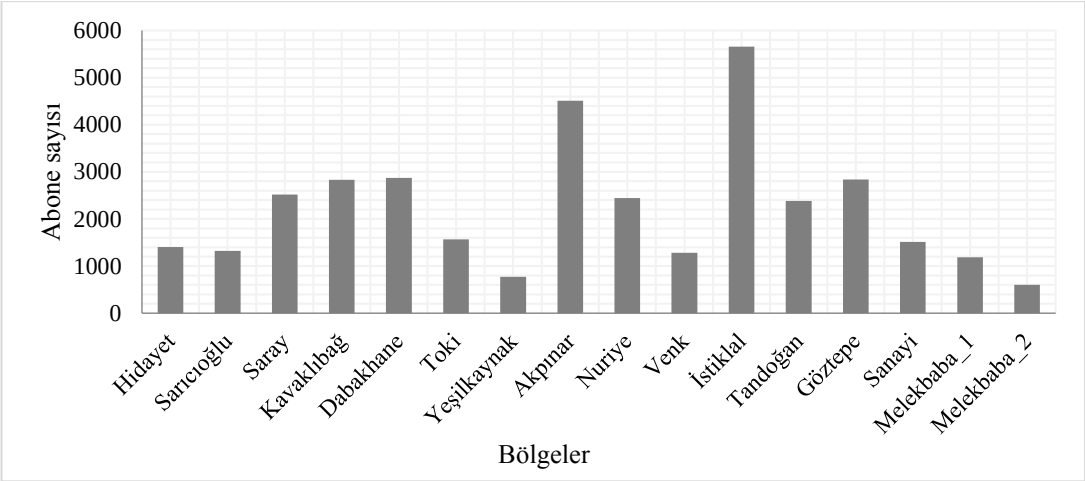
DMA'larda arızalar üzerinde yapılan bakım ve onarım, sisteme ait su kayıpları vb. bileşenlerden oluşan işletme maliyeti verileri toplanmış ve Şekil 6.23'te verilmiştir.



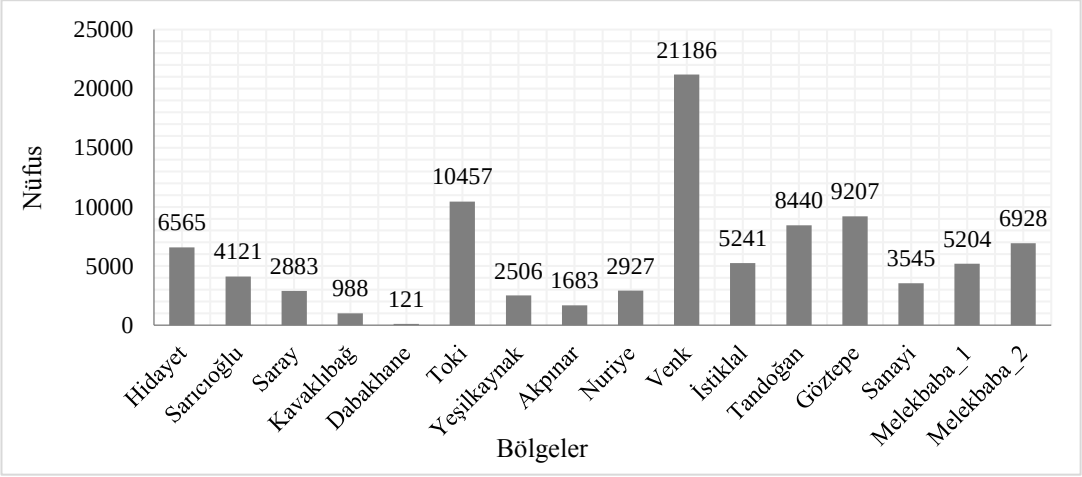
Şekil 6.23. DMA'lara Ait İşletme Maliyetleri (MASKİ,2018)

Rehabilitasyon için en uygun modeli önermek, onarım, rehabilitasyon, değişim, zaman ve maliyetini saptamak amacıyla içme suyu şebekelerinde her bir alt ölçüm bölgesine ait işletme maliyetleri elde edilmiştir. Su şebekelerinin rehabilitasyonunda farklı senaryolar üreterek; yenileme onarım ve değişim kombinasyonları oluşturmak hedeflenmiştir. Şekilden de görüldüğü, en yüksek işletme maliyetleri, Göztepe, İstiklal ve Sanayi bölgeleri için hesaplanmıştır.

DMA bölgelerinin abone sayısı ve nüfus verileri elde edilmiş ve sırasıyla Şekil 6.24 ve 6.25'te verilmiştir.



Şekil 6.24. Alt Ölçüm Bölgelerinin Abone Sayısı (MASKİ,2018)

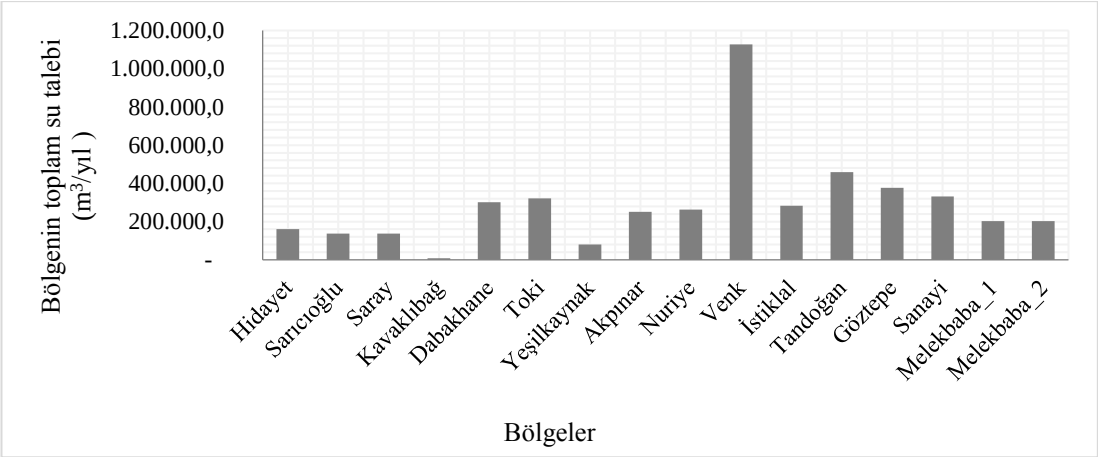


Şekil 6.25. Alt Ölçüm Bölgelerinin Nüfusu (MASKİ,2018)

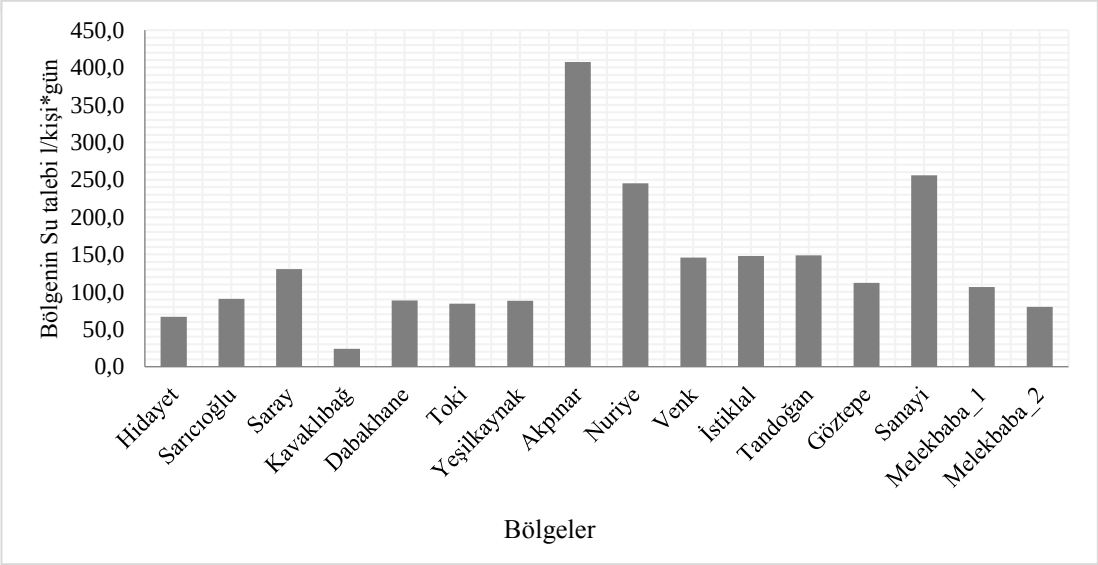
Tüketiciye kaliteli, sağlıklı su temin edebilmek, normal ve anormal koşullar altında müşteri taleplerini karşılamak oldukça önemlidir. Bu sebepten her bir DMA bölgesinin abone sayısı tespit edilmiştir. Şekil 6.24'te, Akpınar ve İstiklal alt ölçüm bölgelerine ait abone sayısının daha fazla olduğu görülmektedir.

Kentsel su dağıtım sistemlerinde stratejik alt yapı yönetimi sağlamak için belirli bir nüfusa ait su talebinin ne kadar olduğu bilinmelidir. Şekil 6.25.'te Toki ve Venk bölgelerinde nüfusun çok sayıda olduğu tespit edilmiştir.

DMA bölgelerinin toplam su talebi (m^3/yıl) ve kişi başı günlük su talebi verileri elde edilmiş ve sırasıyla Şekil 6.26 ve 6.27'de verilmiştir.



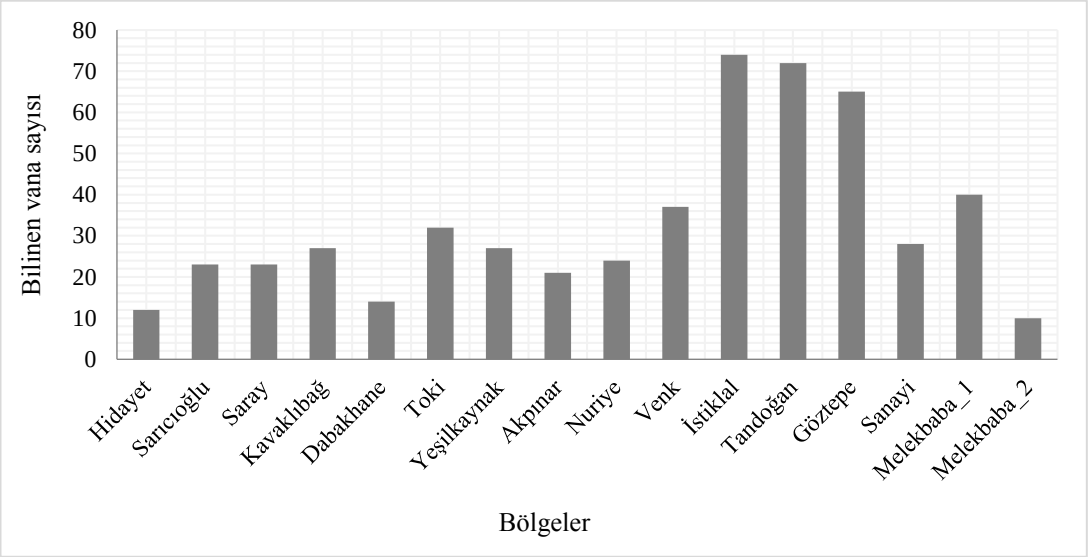
Şekil 6.26. DMA'lara Ait Toplam Su Talebi m^3/yıl (MASKİ, 2018)



Şekil 6.27. DMA'lara Ait Su Talebi l/kişi*gün (MASKİ,2018)

Bölgelerin toplam su talebinin bilinmesindeki amaç aynı servis seviyesinin daha az su ile sağlanmasıdır. Böylece yeni kaynaklara ihtiyaç duyulmadan su temini daha ekonomik bir şekilde sağlanmış olmaktadır. Su tasarrufu sağlamak için bölgedeki nüfusun bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca hem tüketiciler hem de su yöneticileri tarafından su tasarrufu için önlemler alınmalıdır. Şekil 6.26.'de yıllık toplam su tüketimi en fazla olan bölge Venk'tir. Şekil 6.27.'de ise nüfusa bağlı olarak su talebinin en çok olduğu bölgenin Akpınar olduğu tespit edilmiştir.

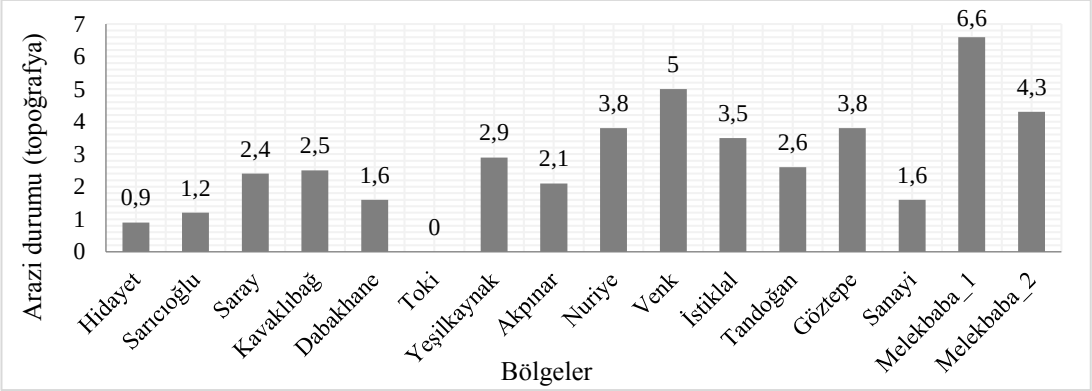
Şekil 6.28'de alt ölçüm bölgelerinde tespit edilen vana sayısı verilmiştir.



Şekil 6.28. DMA'larda Tespit Edilen Vana Sayısı (MASKİ, 2018)

İçme suyu dağıtım şebekelerinde, hazne çıkışlarında ana vana; şebeke içinde tevkif vanaları ve şebekenin en düşük kotlu noktalarında ise tahliye vanaları kullanılmaktadır. Tevkif vanaları, şebeke borularında arıza durumunda onarım süresi boyunca şebekenin bu bölümündeki borulara gelen suyun kesilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Tahliye vanaları ise, boruların değiştirilmesi, onarım yapılması, ilk su dolum işlemi sırasında boru içerisinde kalan hava, çamur gibi maddelerin şebekeden dışarı atılması amacıyla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada genel olarak şebekede riskli bölgeleri belirlemek, su dağıtım sistemlerinin yapısal bütünlüğünü korumak hedeflenmiştir. Su dağıtım sisteminin uzun süreli rehabilitasyonu ve tasarımı için şebekeye ait diğer elemanlara ait özelliklerin belirlenmesi ve bu elemanlara ait verilerin tespiti önemlidir.

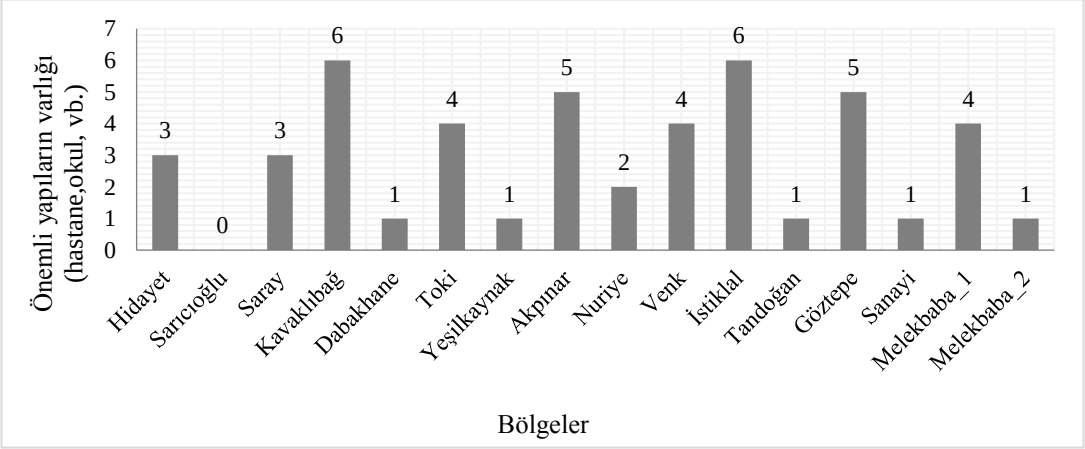
Şekil 6.29'da DMA bölgelerinin topoğrafyasına ait yüzdelik oranları verilmiştir.



Şekil 6.29. DMA'ların Arazi Durumuna Ait Yüzdelik Oranları (MASKİ,2018)

Günümüzde en sık kullanılan boru türleri; beton, plastik, font, çelik, ve PVC borulardır. Boru malzemelerinin seçiminde, maliyetin düşük olması, teknik ve işletme yönlerinden de uygun olması gerekmektedir. Seçilen boru malzemesi, boru hattının geçtiği güzergahın zemin özellikleri inşaat maliyetine etki eden faktörlerdendir. Arazinin engebeli olmasıyla içme suyu hattı üzerinde viyadük, köprü gibi sanat yapılarının yapılmasında zemin koşulları uygun değilse hendek kazısı ve boruların desteklenmesi gibi işler güçleşecektir. Bu yüzden çalışılan alt ölçüm bölgelerine ait arazi durumu incelenmiş bölgelerin zemin karakteristiğine göre yüzdelik grafiği oluşturulmuştur.

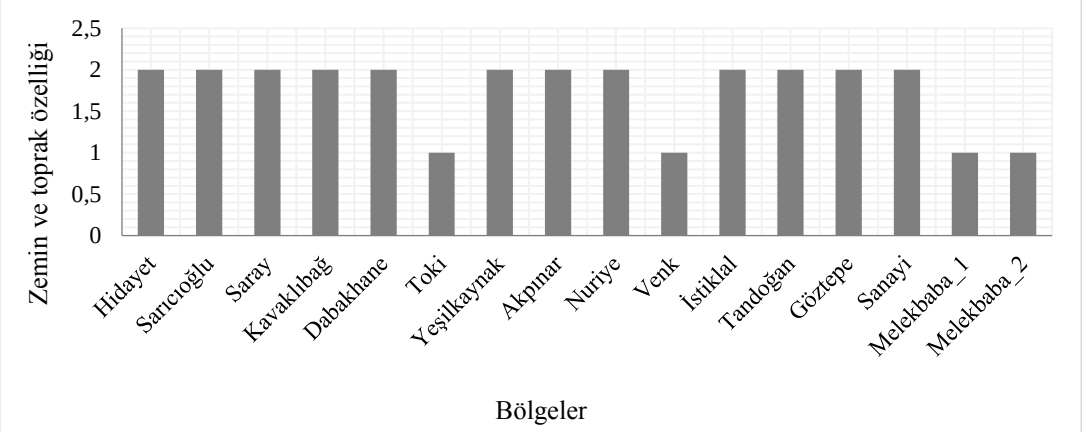
Şekil 6.30'da DMA bölgelerinde bulunan önemli yapıların sayısının grafiği verilmiştir.



Şekil 6.30. DMA'larda Bulunan Önemli Yapılar (MASKİ,2018)

Şebeke suyunun toplu olarak tüketildiği okul, hastane, yurt, üniversite, alışveriş merkezleri gibi yerlerde su tüketimi fazla olmaktadır. Daha iyi bir su temini sağlamak ve rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin belirlenmesi için alt ölçüm bölgelerinde bulunan önemli bu yapılar tespit edilmiştir.(Şekil 6.30.)

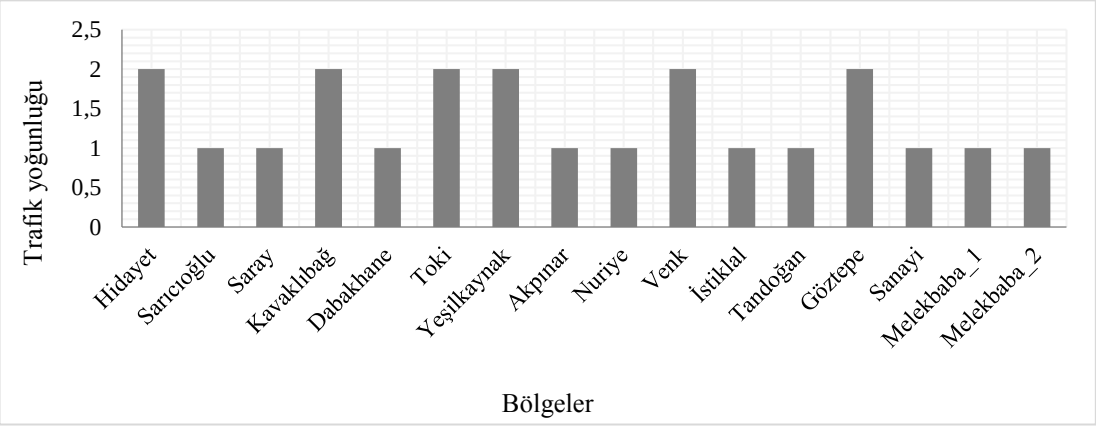
Şekil 6.31'de DMA bölgelerinin zemin özellikleri verilmiştir.



Şekil 6.31. DMA'ların Zemin Ve Toprak Özelliği (MASKİ,2018)

Şekil 6.31'de DMA'ların zemin özellikleri incelenerek arazi tipine göre hareketli ve ortalama zemin olarak ikiye ayrılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda su dağıtım sistemine ait bazı özellikler karar vericiler tarafından ölçeklendirilmektedir (Marzouk vd. (2015)). Literatürde incelenen çalışmalar baz alınarak karar vericiler tarafından ortalama zemin yükü 1 olarak; hareketli zemin ise 2 olarak ölçeklendirilmiştir.

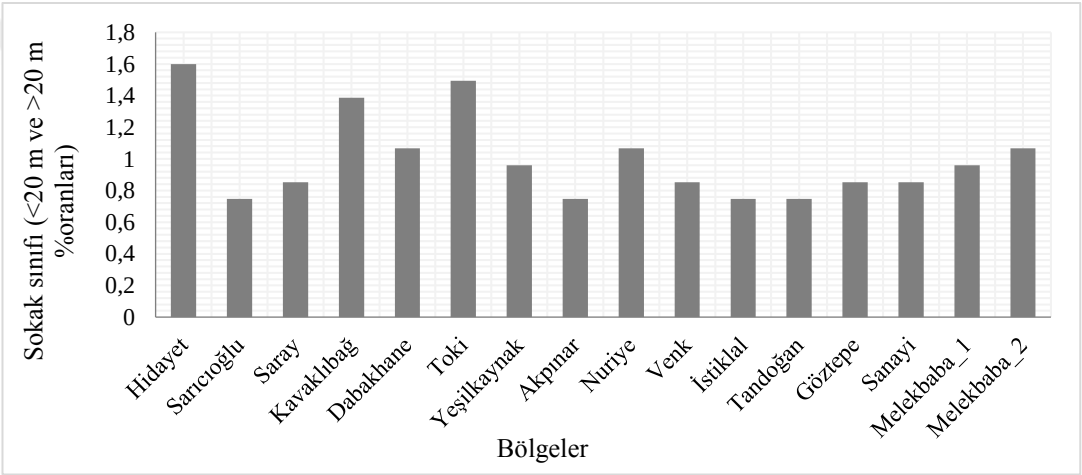
Şekil 6.32'de DMA bölgelerinin trafik yoğunluğu verilmiştir.



Şekil 6.32. DMA'ların Trafik Yoğunluğu (MASKİ,2018)

Farklı alt yapı sistemlerinin etkileşiminin miktarını belirlemek, su şebekelerinde arızaların risk durumunu değerlendirmek ve risk altındaki boruların kısa sürede iyileştirilmesini sağlamak, içme suyu hattı ve kanalizasyon hattı ile trafik yoğunluğunun ilişkisini ortaya koymak, trafik akışının etkisini değerlendirmek hedeflenmiştir (Inanloo vd. (2016)). Literatürde incelenen çalışmalar baz alınarak karar vericiler tarafından az yoğun trafik 1 olarak; çok yoğun trafik ise 2 olarak ölçeklendirilmiştir. Olası riskleri tanımlamak ve miktarını belirlemek amacıyla MASKI CBS veri tabanından ve YANDEX haritadan elde edilen veriler Şekil 6.32'de gösterilmiştir.

Şekil 6.33'te DMA'lara ait sokakların genişlik yüzdeleri % verilmiştir.



Şekil 6.33. DMA'lara Ait Sokakların Genişlik Yüzdeleri % (MASKİ,2018)

Şekilde alt ölçüm bölgelerine ait cadde ve sokak genişliklerinin ortalamaları MASKI CBS veri tabanından ve YANDEX haritadan ölçülmüştür. Geniş sokaklara ait bölgelerin yüzdeliği 1'in üstünde kabul edilmiştir. Hidayet, Kavaklıbağ, Toki bölgelerinde daha geniş cadde ve sokak ortalaması olduğu tespit edilmiştir.

6.2. Verilerin Nihai Tablosu

DMA ve değişkenlere ait MASKİ CBS veri tabanından elde edilen veri tablosu Çizelge 6.1, Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.1 DMA Bölgeleri ve Fiziksel Faktörler

FİZİKSEL FAKTÖRLER													
DMA BÖLGE NO	DMA BÖLGELERİ	Toplam Şebeke Uzunluğu(m)	PVC (%)	AÇB (%)	ÇELİK (%)	DÜKTİL (%)	PE (%)	Boru çapı <100 (%)	Boru çapı 100 - 250 mm (%)	Boru çapı >250 mm	0-10 yaş boru oranı (%)	10-20 yaş boru oranı (%)	20 yaşından büyük boru oranı (%)
DMA 1	Hidayet	4350.9	72.4	22.1	0.3	4.6	0.6	0.66	94.53	4.81	9.9	11.6	78.5
DMA 2	Sarıcıoğlu	7543.9	61.3	20.7	10.9	0.1	0.4	0.45	67.67	31.88	14.8	22.4	62.8
DMA 3	Saray	7991.6	83.5	2.9	12.8	0.1	0.3	0.76	86.43	12.81	9.8	4.9	85.3
DMA 4	Kavaklıbağ	6705.7	74.8	19.6	0.1	5.0	0.4	1.68	89.43	8.89	9.8	36.2	54.0
DMA 5	Dabakhane	9710.4	43.7	29.6	0.1	0.8	2.8	2.81	55.84	41.35	9.8	13.8	76.4
DMA 6	Toki	27383.5	46.1	17.3	5.9	0.4	0.3	15.97	72.85	11.20	9.3	7.7	83.0
DMA 7	Yeşilkaynak	29778.5	83.5	14.1	0.1	1.6	0.7	0.78	96.10	3.12	9.8	14.9	75.3
DMA 8	Akpınar	19798.8	71.2	20.2	0.1	5.3	0.2	10.90	82.74	6.37	15.6	16.6	67.9
DMA 9	Nuriye	13205.3	57.5	25.1	13.3	0.1	4.0	0.23	76.29	23.47	17.8	30.5	51.7
DMA 10	Venk	5004.8	87.3	2.9	0.1	7.8	2.0	1.94	95.04	3.02	9.9	4.4	85.7
DMA 11	İstiklal	14825.4	46.4	17.0	0.1	0.1	1.2	14.05	74.13	11.81	9.8	3.1	87.0
DMA 12	Tandoğan	2739.8	0.1	0.1	0.3	0.1	99.8	1.24	98.76	0.10	100.0	0.1	0.1
DMA 13	Göztepe	13386.4	72.2	16.1	6.3	3.5	1.4	1.38	88.32	10.29	9.8	10.1	80.1
DMA 14	Sanayi	19543.6	31.1	7.6	27.5	19.4	8.9	10.50	61.73	27.78	33.0	34.7	32.3
DMA 15	Melekbaba_1	19122.4	74.7	11.7	0.2	11.6	1.7	1.74	96.85	1.41	37.3	8.9	53.8
DMA 16	Melekbaba_2	22775.6	55.9	14.3	0.1	4.3	0.2	15.91	76.44	7.65	18.3	4.1	77.6

Çizelge 6.2 DMA Bölgeleri ve İşletme Faktörleri

	İŞLETME FAKTÖRLERİ															
DMA BÖLGE	Şebeke arıza sayısı	Şebeke arıza oranı arıza/yıl/km	Servis bağlantı sayısı	Servis bağlantı arıza sayısı	Servis bağlantı arıza oranı arıza/yıl/km	Yıllık su kesinti sayısı	Tespit edilen sızıntı sayısı	Bölgede değişen boru yüzdesi (%)	Bilinen vana sayısı	İşletme basıncı (mss)	Su Kayıp Oranı (%)	İşletme maliyeti (TL/km/yıl)	Abone sayısı	Nüfus	Bölgenin toplam su talebi m^3/yıl	Bölgenin Su talebi l/kişi*gün
DMA 1	70	1.61	301	207	4.76	12	10	8	12	55	33.29	48054.29	1405	6565	160358	66.9
DMA 2	63	0.84	315	78	1.03	10	14	5	23	52	76.27	50154.62	1321	4121	136660	90.9
DMA 3	148	1.85	454	112	1.40	8	8	4	23	58	45.29	72389.29	2515	2883	137149	130.3
DMA 4	228	3.40	522	37	0.55	18	36	17	27	42	39	83433.53	2832	988	8.645	24.0
DMA 5	221	2.28	510	91	0.94	3	44	3	14	51	36.87	81349.41	2872	3391	300900	88.7
DMA 6	7	0.03	380	28	0.10	26	0.1	15	32	40	30.57	4.06	1565	10457	321888	84.3
DMA 7	128	0.43	537	54	0.18	73	7	20	27	62	56.22	85343.86	770	2506	80668	88.2
DMA 8	336	1.70	678	54	0.27	7	29	14	21	58	34.69	107935.90	4507	1683	250.359	407.6
DMA 9	194	1.47	384	44	0.33	10	6	15	24	41	35.42	61212.49	2446	2927	262174	245.4
DMA 10	98	1.96	527	91	0.10	28	0.1	25	37	44	32.79	310.95	1282	21186	1127945	145.9
DMA 11	339	2.29	1179	137	0.92	6	35	2	74	41	56.44	187588.32	5655	5241	282987	147.9
DMA 12	181	6.61	829	184	6.72	48	21	45	72	46	32.81	132694.29	2382	8440	458237	148.7
DMA 13	330	2.47	1467	159	1.19	37	20	10	65	59	13.69	233351.07	2836	9207	376041	111.9
DMA 14	210	1.07	1054	76	0.39	22	36	15	28	56	57.24	167545.83	1510	3545	331341	256.1
DMA 15	93	0.49	949	190	0.99	19	2	25	40	43	68.29	150778.43	1183	5204	202057	106.4
DMA 16	102	0.45	575	190	0.83	36	4	5	10	45	68.29	91381.12	604	6928	202057	79.9

Çizelge 6.3 DMA Bölgeleri ve Çevresel Faktörler

	ÇEVRESEL FAKTÖRLER				
DMA BÖLGELERİ	Zemin ve toprak özelliği	Arazi durumu (topoğrafya)	Sokak sınıfı (<20 m ve >20 m %oranları)	Trafik yoğunluğu	Önemli yapıların varlığı (hastane,okul, vb.)
DMA 1	2	0.9	1.6	2	3
DMA 2	2	1.2	0.75	1	0.1
DMA 3	2	2.4	0.85	1	3
DMA 4	2	2.5	1.39	2	6
DMA 5	2	1.6	1.07	1	1
DMA 6	1	0.1	1.49	2	4
DMA 7	2	2.9	0.96	2	1
DMA 8	2	2.1	0.75	1	5
DMA 9	2	3.8	1.07	1	2
DMA 10	1	5	0.85	2	4
DMA 11	2	3.5	0.75	1	6
DMA 12	2	2.6	0.75	1	1
DMA 13	2	3.8	0.85	2	5
DMA 14	2	1.6	0.85	1	1
DMA 15	1	6.6	0.96	1	4
DMA 16	1	4.3	1.07	1	1

7 İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

7.1 Karar Destek Sistemlerinin Geliştirilmesi

Karar Destek Sistemleri (KDS), bir karar aşamasında, toplanmış bilgilerden faydalanarak karar vermeyi kolaylaştıran, bilgisayar tabanlı, insan tabanlı veya ikisinin karışımı şeklinde tasarlanmaktadır (Ataç, 2003). Bu çalışmada içme suyu dağıtım sistemlerinde riskli bölgelerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesinde hidrolik değişkenlere dayalı içme suyu dağıtım sistemlerinin yenilenmesi için ELECTRE I (Elemination and Choice Translating Reality), TOPSIS (The Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution), PROMETHEE II (The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation), ENTROPI Ağırlık Yöntemi ve MAUT (Multi Attribute Utility Theory) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler ile analizin kolaylıkla gerçekleştirilmesi amacıyla MATLAB tabanlı karar destek sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen KDS, 16 bölge için içme suyu dağıtım sistemini risk sırasına göre önceliklendirme işlemini ELECTRE I, TOPSIS, PROMETHEE II ve MAUT yöntemlerine göre yapabilmektedir. Geliştirilen KDS kritik mahallelerde yer alan içme suyu sistemine ait 28 parametreyi giriş olarak kabul etmektedir.

7.2 Programın Tanıtılması

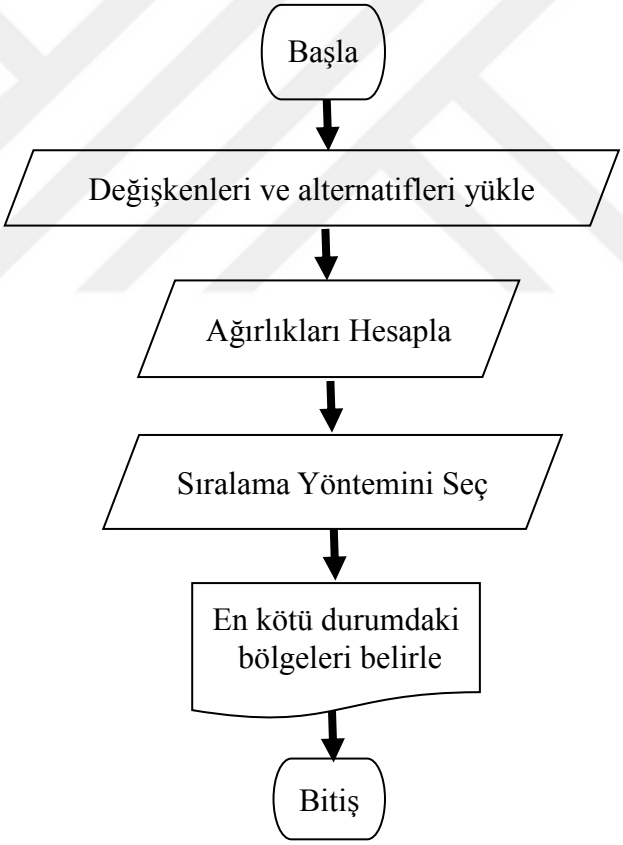
İçme suyu dağıtım sistemlerinde riskli bölgelerin belirlenmesi için kullanılan çok kriterli karar yöntemleri MATLAB yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Intel Core i7 işlemci, 8 GB RAM Bellek kullanılmıştır. Önerilen çalışmada MASKİ'den elde edilen verilerle çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak geliştirilen MATLAB yazılım ortamında rehabilitasyon önceliği olan bölgeler belirlenmiştir. Uygulama aşamasında genel olarak şu işlem adımları izlenmiştir:

- Uygulama bölgesinde yer alan Mahalle ve sokakların belirlenmesi, uygulama bölgesine ait detay verilerin elde edilmesi (Şebeke, su tüketimleri, arıza kayıtları, bölgeye ait fiziksel veriler vb.), değerlendirmede kullanılacak değişkenlerin belirlenmesi (Boru cinsi, arıza sayısı, boru ortalama yaşı, ortalama nüfus, ortalama basınç, zemin özelliği, işletme maliyeti vb…),

- Seçilen ölçütlerin ağırlıklarının ENTROPI Ağırlık Yöntemi kullanılarak belirlenmesi, en riskli bulunan ve rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin ELECTRE I, TOPSIS, PROMETHEE II, MAUT yöntemi kullanılarak belirlenmesi

7.3 MATLAB Kodları ve Ekran Görüntüleri

İçme suyu dağıtım sistemlerinde rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin belirlenmesi amacıyla MATLAB tabanlı bir yazılım programı geliştirilmiştir. Rehabilitasyon önceliği olan bölgeler, geliştirilen yazılımda ELECTRE I, TOPSIS, PROMETHEE II, MAUT yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. ENTROPI Ağırlık Yöntemi ile sıralama yöntemlerindeki ölçütlerin ağırlıkları belirlenmiştir. MATLAB akış şeması Şekil 7.1'de verilmiştir.



Şekil 7.1. MATLAB akış şeması

7.3.1 ENTROPI Yöntemi Matlab Kodları

MATLAB yazılım programı kullanılarak oluşturulan ENTROPI Ağırlık yöntemine ait oluşturulan kodlar EK 1' de gösterilmiştir.

7.3.2 ELECTRE I Yöntemi Matlab Kodları

MATLAB yazılım programı kullanılarak oluşturulan ELECTRE I yöntemine ait oluşturulan kodlar EK-2,3,4,5,6' da gösterilmiştir.

7.3.3 TOPSIS Yöntemi Matlab Kodları

MATLAB yazılım programı kullanılarak oluşturulan TOPSIS yöntemine ait oluşturulan kodlar EK-7'de gösterilmiştir.

7.3.4 PROMETHEE-II Yöntemi Matlab Kodları

MATLAB yazılım programı kullanılarak oluşturulan PROMETHEE-II yöntemine ait oluşturulan kodlar EK-8,9'da gösterilmiştir.

7.3.5 MAUT Yöntemi Matlab Kodları

MATLAB yazılım programı kullanılarak oluşturulan MAUT yöntemine ait oluşturulan kodlar EK-10'da gösterilmiştir.

7.4. Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi Ve Analiz Sonuçları

İçme suyu dağıtım sistemlerinde riskli bölgelerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesinde kullanılan yöntemler MATLAB tabanlı yazılım programı kullanılarak geliştirilerek EK-11,12,13,14,15'te MATLAB kodları verilmiştir. MASKİ'den elde edilen veriler yazılım programında çözümlenerek alt ölçüm bölgelerinin (DMA) sıralaması yapılmıştır. Alt ölçüm bölgelerinin CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) kullanılarak haritaları oluşturulmuştur. Rehabilitasyon önceliği olan bölgeler QGIS programı kullanılarak ve aşamalı olarak renklendirilerek görselleştirilmiştir. Rehabilitasyon önceliği olan bölgeler daha koyu renklerle belirtilmiştir.

7.4.1 ENTROPI Yöntemi İle Ağırlık Katsayılarının Belirlenmesi

ENTROPI yöntemi çok kriterli karar verme problemlerinde hiyerarşik bir yapı oluşturmadan kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde ve AHP (Analytic Hierarchy Process) , FUZZY AHP (Analytic Hierarchy Process) teknikleri gibi karar vericilerin subjektif yargılarına gerek kalmadan verileri dikkate alarak kriter ağırlıklarını hesapladığı için objektif bir değerlendirme yöntemidir. Alt ölçüm bölgelerine ait MASKİ'den elde edilen değişkenler ENTROPI yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. (Çizelge7.1)

Çizelge 7.1 ENTROPI Ağırlık Değeleri

Kriterler	Ağırlık Değerleri	Kriterler	ENTROPI Ağırlık Değerleri
Şebeke arıza oranı (arıza/yıl/km)	0.0536	Servis bağlantısı sayısı	0.0192
Servis bağlantısı arıza sayısı	0.0266	PVC (%)	0.0169
Servis bağlantısı arıza oranı (arıza/yıl/km)	0.1095	AÇB (%)	0.0317
Boru çapı <100 (mm)	0.1071	Trafik yoğunluğu	0.0103
Boru çapı 100 -250 mm	0.0022	Bölgede değiştirilmiş boru yüzdesi (%)	0.04511
Boru çapı >250 mm	0.0663	Bilinen vana sayısı	0.0277
Abone sayısı	0.0274	İşletme basıncı (mSS)	0.0019
Şebeke arıza sayısı	0.0311	Su Kayıp Oranı (%)	0.0120
Tespit edilen sızıntı miktarı veya sayısı	0.0677	İşletme maliyeti (TL/yıl)	0.0420
20 yaşından büyük boru oranı (%)	0.0157	Nüfus	0.0446
Yıllık su kesintisi sayısı	0.0489	Bölgenin toplam su talebi m3/yıl	0.0477
Arazi durumu (topoğrafya)	0.0304	Bölgenin su talebi l/kişi*gün	0.0315
Toplam Şebeke Uzunluğu (m)	0.0298	Zemin ve toprak özelliği	0.0059
Önemli yapıların varlığı (hastane,okul, vb.)	0.0409	Sokak sınıfı (<20 m ve >20 m %oranları)	0.0056

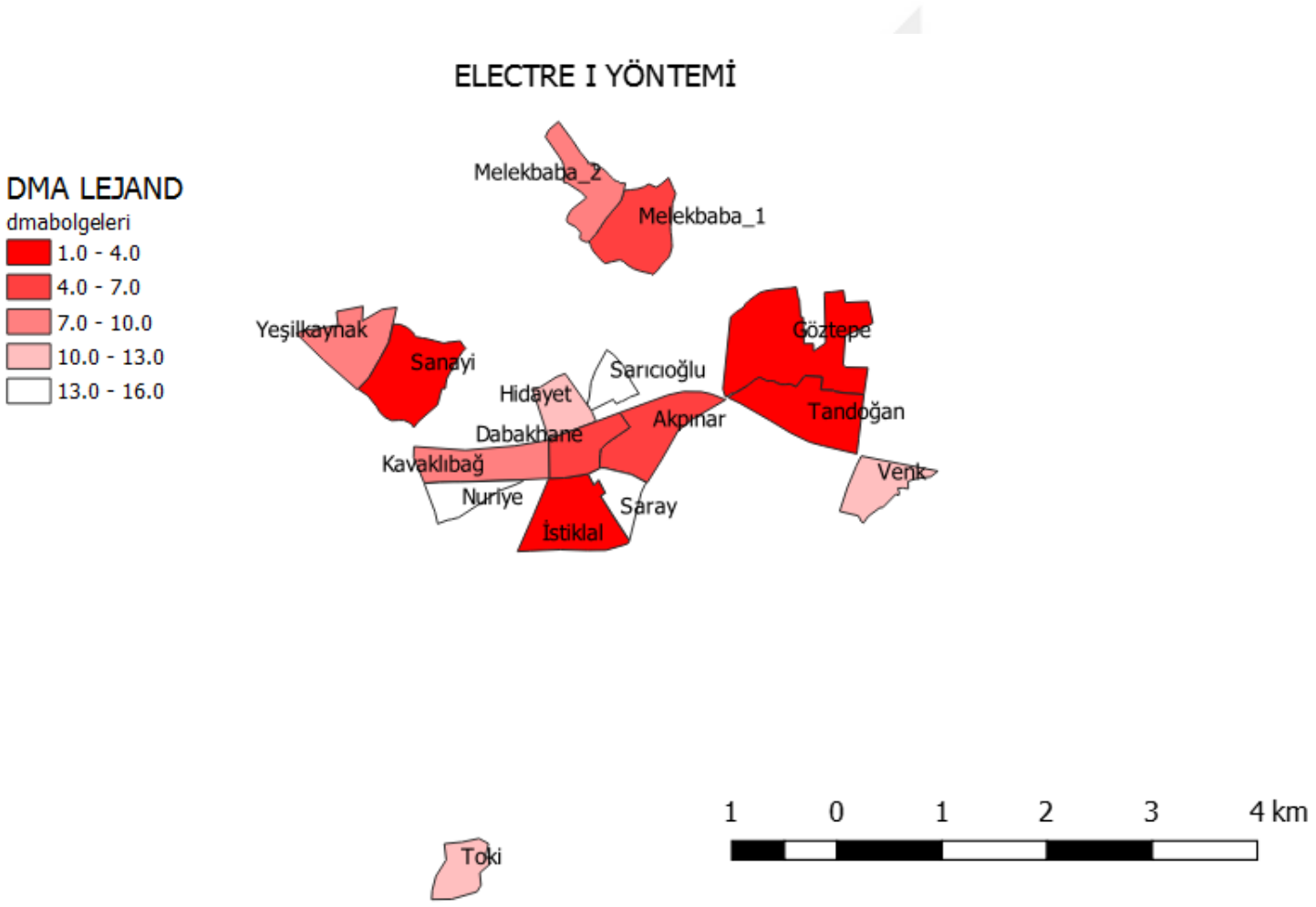
Çizelge 7.1'den de görüldüğü gibi, en yüksek ağırlık katsayısı servis bağlantısı arıza oranı değişkeni için elde edilmiştir. Boztaş (2017) tarafından yapılan çalışmalarda, rapor edilmeyen sızıntılar analiz edilmiş ve çalışma sonucunda yüzeye çıkmayan sızıntıların yaklaşık % 78 gibi yüksek bir oranının servis bağlantılarında meydana geldiği belirtilmiştir. Arıza oranının fazla olması, su kayıp oranını ve işletme maliyetini arttırmakta ve normal işletme koşullarını bozmaktadır. Bu nedenle bu sonuçların problemin doğasıyla benzerlik gösterdiği söylenebilir.

7.4.2 ELECTRE I Yöntemi İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan ELECTRE I yöntemi alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanarak sıralama yapmaktadır. DMA bölgeleri sahip olduğu kriterlerin ağırlıklandırılmasıyla ikili kıyaslama yoluyla önceliklendirilmektedir. DMA bölgelerine ait veriler MS Excel ortamında oluşturularak yazılım programına aktarılmaktadır. DMA bölgeleri yazılım programında çözümlenerek arızalı bölgeler belirlenerek sıralanmıştır. QGIS ortamında rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin haritaları koyu renkten açık renge görselleştirilmiştir. DMA bölgeleri ELECTRE I yöntemine göre sıralama yapılmış ve haritalandırılmıştır (Şekil 7.2). ELECTRE I yöntemine ait C ve D matrisleri MATLAB ortamında elde edilmiş, net uyum ve uyumsuzluk setleri ikili kıyaslamaya dayanarak oluşturulan toplam baskınlık matrisi (E) yardımıyla öncelikli bölgelerin belirlenmesi sağlanmıştır (Çizelge 7.3-7.4). Rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin sıralamaları verilmiştir. Göztepe, İstiklal ve Tandoğan bölgeleri rehabilitasyon önceliği olan ilk 3 bölge olup, Nuriye, Sarıcıoğlu ve Saray ise diğer bölgelere göre daha iyi durumda olan bölgelerdir (Şekil 7.2, Çizelge 7.2).

Çizelge 7.2 ELECTRE I Yöntemi Öncelikli Bölgelerin Sıralanması

DMA Bölgeler	Sonuçlar	Sıralama
Göztepe	5.7388	1
İstiklal	5.0233	2
Tandoğan	3.0284	3
Sanayi	2.0809	4
Dabakhane	1.3416	5
Akpınar	0.6092	6
Melekbaba_1	0.1201	7
Kavaklıbağ	0.1131	8
Melekbaba_2	-0.54	9
Yeşilkaynak	2.891	10
Venk	-0.826	11
Toki	-1.948	12
Hidayet	-2.543	13
Nuriye	6.6708	14
Sarıcıoğlu	-3.771	15
Saray	8.7753	16



Şekil 7.2. ELECTRE I Yöntemi Analiz Sonuçları

Çizelge 7.3 ELECTRE I Yöntemi Net Uyum ve Uyumsuzluk Setleri

Net Uyum Matrisi (C)	
Bölgeler	Değerler
13	5.73884
11	5.023266
12	3.028412
14	2.08088
5	1.34162
8	0.609219
15	0.120143
4	0.113144
16	-0.53952
10	-0.8262
3	-1.53606
6	-1.94801
1	-2.54305
9	-2.94532
2	-3.77129
7	-3.94608

Net Uyumsuzluk Matrisi (D)	
Bölgeler	Değerler
12	-9.5805
11	-5.95766
1	-5.3705
14	-4.96792
16	-4.60243
6	-3.40158
5	-2.6492
8	-2.59574
10	0.790809
7	2.891864
2	3.188468
4	3.992283
13	4.219565
9	6.670815
15	8.596462
3	8.775254

Çizelge 7.4 ELECTRE I Yöntemi Toplam Baskınlık Matrisi (E)

1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0		0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1		0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0		0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0		1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
6	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1		0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	0	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	0	0	0	1	0	0	0		0	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0		1	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
13	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	0	1
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0		0	1
15	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0		1
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	

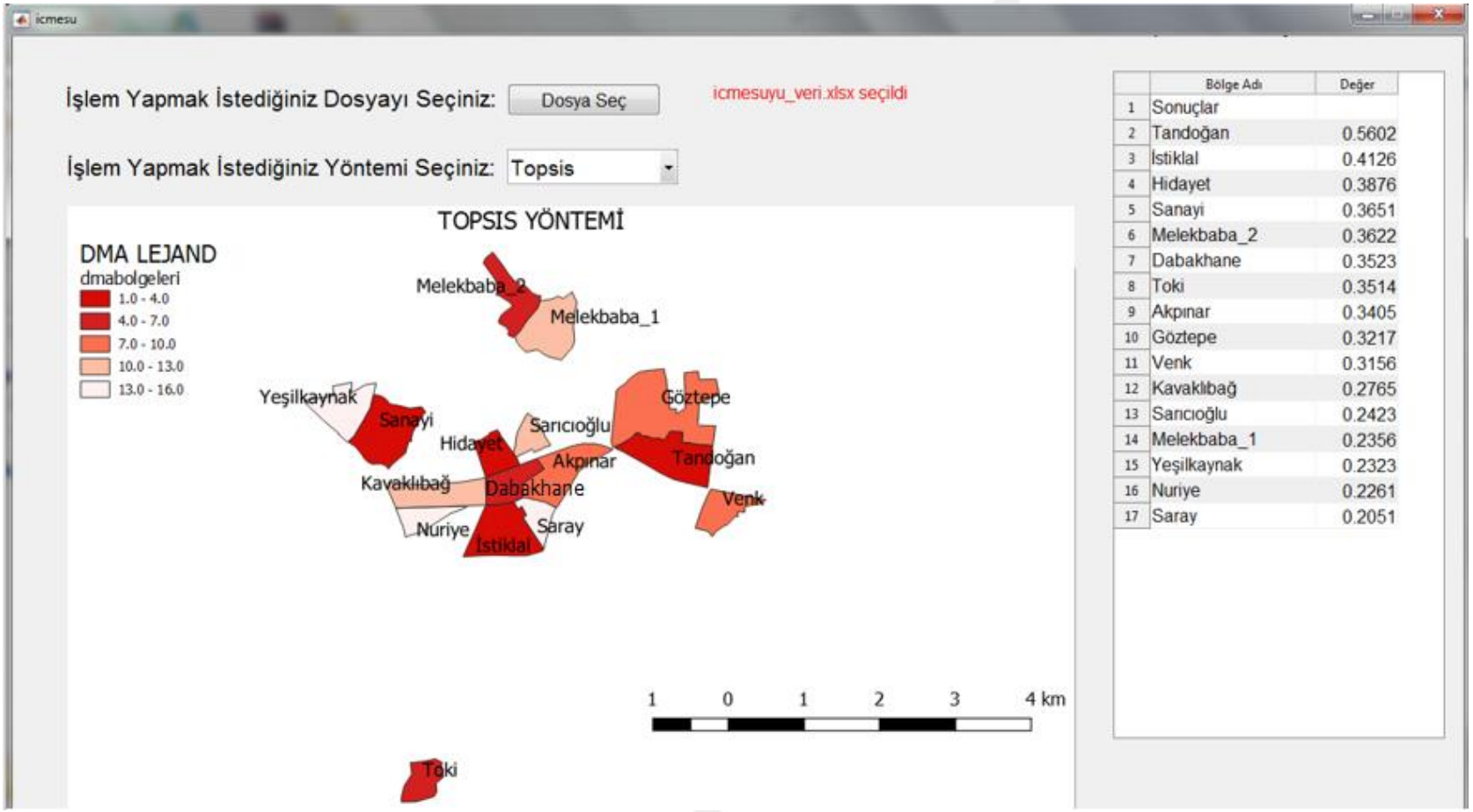
7.4.3 TOPSIS Yöntemi İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda sıralaması yapılmaktadır. DMA bölgelerine ait veriler MS Excel ortamında oluşturularak yazılım programına aktarılmaktadır. DMA bölgeleri yazılım programında çözümlenerek arızalı bölgeler belirlenerek sıralanmıştır. QGIS ortamında rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin haritaları koyu renkten açık renge görselleştirilmiştir. Şekil 7.3.' te DMA bölgeleri TOPSIS yöntemine göre sıralandırılmıştır ve haritalandırılmıştır.

Şekil 7.3 'te ve Çizelge 7.5'te rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin sıralamaları verilmiştir. Tandoğan, İstiklal ve Hidayet bölgeleri rehabilitasyon önceliği olan ilk 3 bölgedir. Haritada önceliği olan bölgeler daha koyu renkte belirtilmiştir. Yeşilkaynak, Nuriye ve Saray ise diğer bölgelere göre daha iyi durumda olan bölgelerdir ve haritada açık renkle gösterilmiştir. Çizelge 7.5 ' te TOPSIS yöntemine göre DMA bölgelerinin aldığı değerler ve sıralamaları belirtilmiştir.

Çizelge 7.5 TOPSIS Yöntemi Öncelikli Bölgelerin Sıralanması

DMA Bölgeler	Sonuçlar	Sıralama
Tandoğan	0,5602	1
İstiklal	0,4126	2
Hidayet	0,3876	3
Sanayi	0,3651	4
Melekbaba_2	0,3622	5
Dabakhane	0,3523	6
Toki	0,3514	7
Akpınar	0,3405	8
Göztepe	0,3217	9
Venk	0,3156	10
Kavaklıbağ	0,2765	11
Sarıcıoğlu	0,2423	12
Melekbaba_1	0,2356	13
Yeşilkaynak	0,2323	14
Nuriye	0,2261	15
Saray	0,2051	16



Şekil 7.3. TOPSIS Yöntemi Analiz Sonuçları

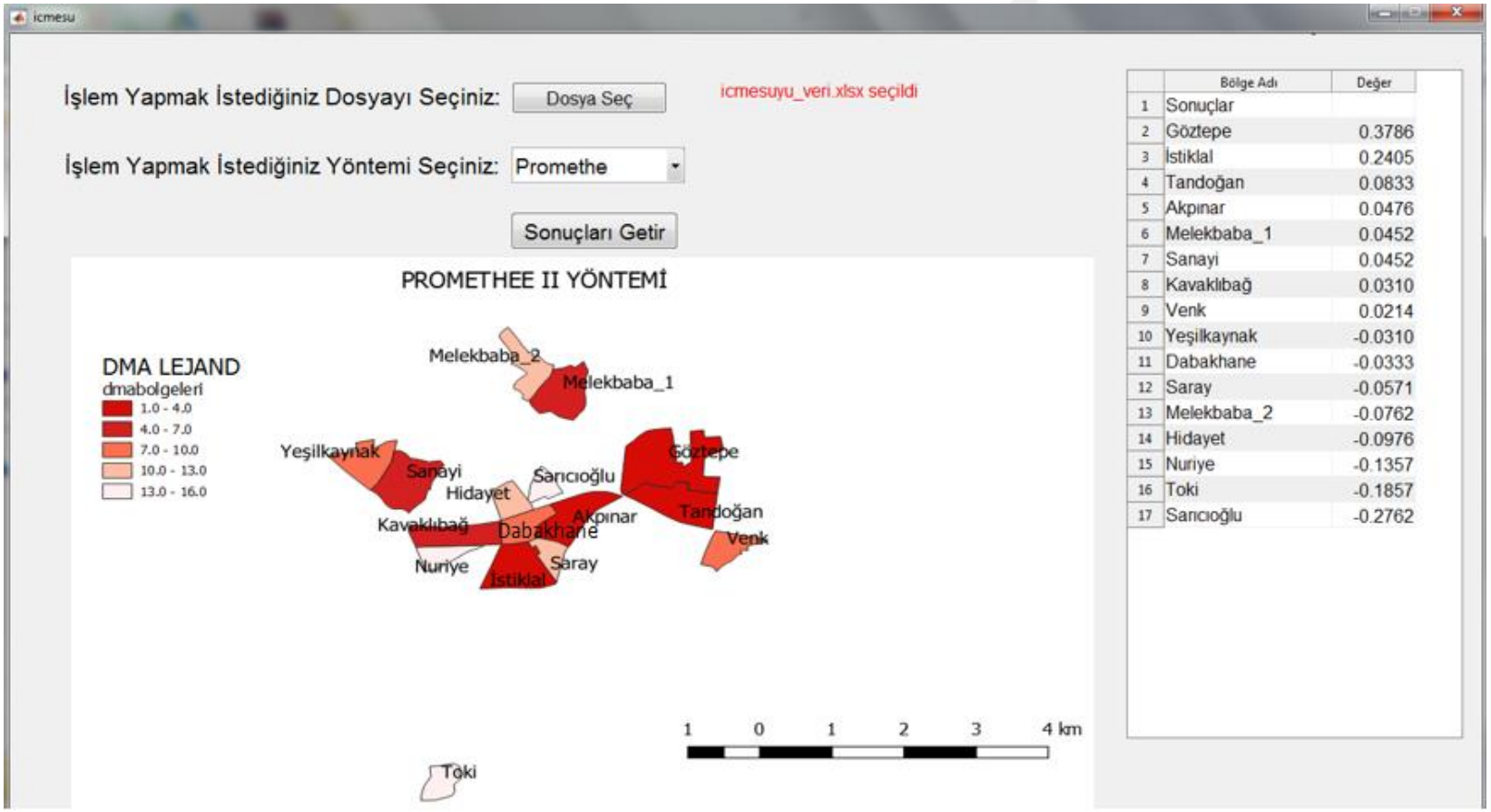
7.4.4 PROMETHEE-II Yöntemi İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi

Çok kriterli karar verme yöntemi olan PROMETHEE-II yöntemi karar noktalarına ilişkin negatif ve pozitif üstünlük ilişkileri kurarak karar noktalarının yani alternatiflerin karşılaştırmasını yaparak önceliği olan bölgelerin belirlenmesini sağlar. Ayrıca diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden farklı olarak tercih fonksiyonlarını kullanarak karar vericiler için bir avantaj sağlar. Şekil 7.4.' te DMA bölgeleri PROMETHEE-II yöntemine göre sıralandırılmıştır ve haritalandırılmıştır. QGIS ortamında rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin haritaları koyu renkten açık renge görselleştirilmiştir.

Şekil 7.4. 'te ve Çizelge 7.6'da rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin sıralamaları verilmiştir. Göztepe, İstiklal, Tandoğan bölgeleri rehabilitasyon önceliği olan ilk 3 bölgedir. Haritada önceliği olan bölgeler daha koyu renkte belirtilmiştir. Nuriye, Toki ve Sarıcıoğlu ise diğer bölgelere göre daha iyi durumda olan bölgelerdir ve haritada açık renkle gösterilmiştir. Çizelge 7.6 ' da PROMETHEE II yöntemine göre DMA bölgelerinin aldığı değerler ve sıralamaları belirtilmiştir.

Çizelge 7.6 PROMETHEE II Yöntemi Öncelikli Bölgelerin Sıralanması

DMA Bölgeler	Sonuçlar	Sıralama
Göztepe	0,3786	1
İstiklal	0,2405	2
Tandoğan	0,0833	3
Akpınar	0,0476	4
Melekbaba_1	0,0452	5
Sanayi	0,0452	6
Kavaklıbağ	0,031	7
Venk	0,0214	8
Yeşilkaynak	-0,031	9
Dabakhane	-0,0333	10
Saray	-0,0571	11
Melekbaba_2	-0,0762	12
Hidayet	-0,0976	13
Nuriye	-0,1357	14
Toki	-0,1857	15
Sarıcıoğlu	-0,2762	16



Şekil 7.4. PROMETHEE II Yöntemi Analiz Sonuçları

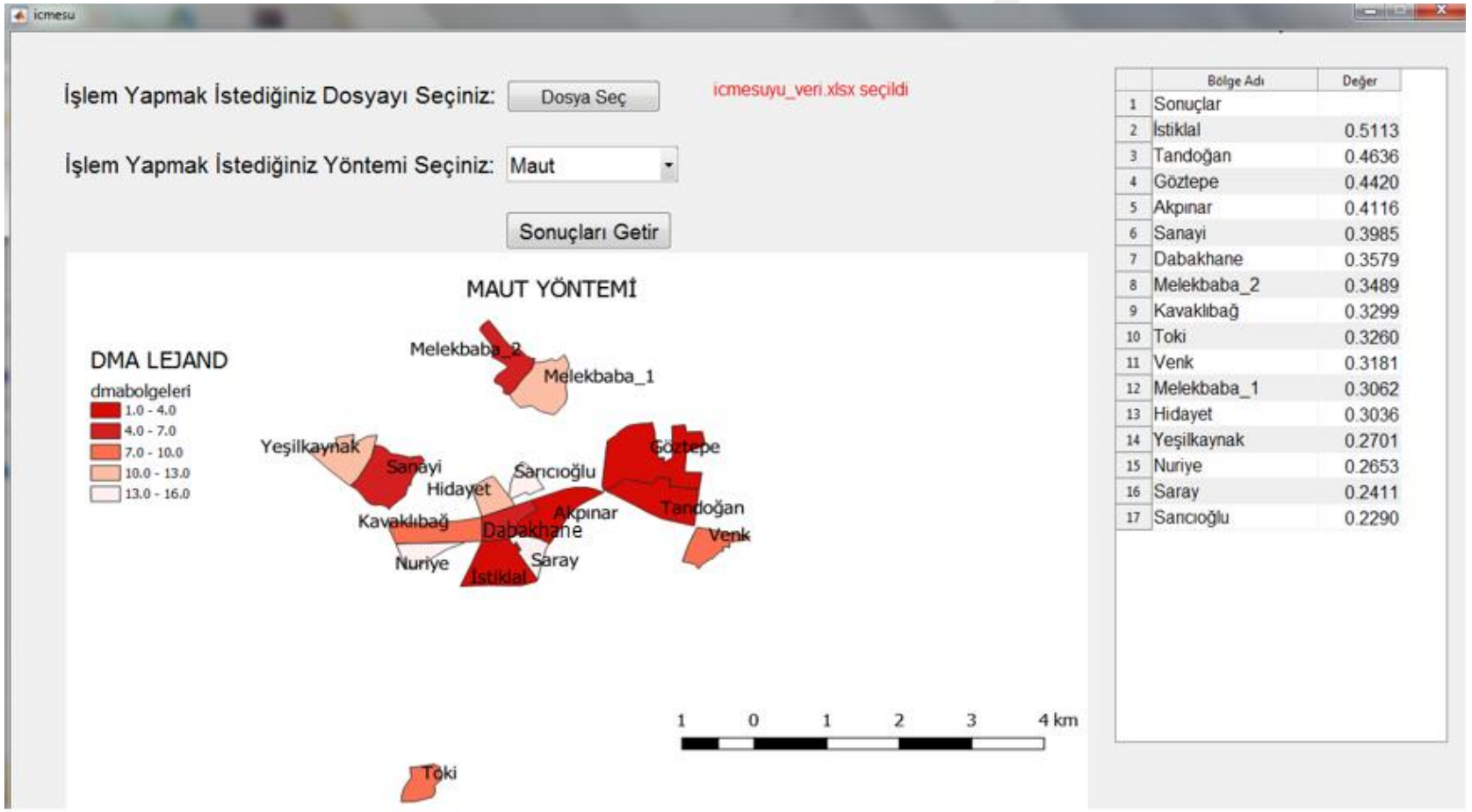
7.4.5 MAUT Yöntemi İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi

MAUT yönteminde hem niteliksel hem de niceliksel kriterler baz alınarak en uygun alternatifi bulmaya yönelik kullanılan bir yöntemdir. MAUT yöntemi, alternatifler arasında karar vermek ve ortak bir temel sağlamak için sistematik şekilde çalışmaktadır. ENTROPI ağırlık yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıklandırılması yapılır ve alternatifler sıralanarak DMA bölgeleri içme suyu yazılım programında haritalandırılarak gösterilir. Şekil 7.5.' te DMA bölgeleri MAUT yöntemine göre sıralandırılmıştır ve haritalandırılmıştır.

Şekil 7.5.' te ve Çizelge 7.7'de rehabilitasyon önceliği olan bölgelerin sıralamaları verilmiştir. İstiklal, Tandoğan, ve Göztepe bölgeleri rehabilitasyon önceliği olan ilk 3 bölgedir. Haritada önceliği olan bölgeler daha koyu renkte belirtilmiştir. Nuriye, Saray, Sarıcıoğlu ise diğer bölgelere göre daha iyi durumda olan bölgelerdir ve haritada açık renkle gösterilmiştir. Çizelge7.7'de MAUT yöntemine göre DMA bölgelerinin aldığı değerler ve sıralamaları belirtilmiştir.

Çizelge 7.7 MAUT Yöntemi Öncelikli Bölgelerin Sıralanması

DMA Bölgeler	Sonuçlar	Sıralama
İstiklal	0,5113	1
Tandoğan	0,4636	2
Göztepe	0,442	3
Akpınar	0,4116	4
Sanayi	0,3985	5
Dabakhane	0,3579	6
Melekbaba_2	0,3489	7
Kavaklıbağ	0,3299	8
Toki	0,326	9
Venk	0,3181	10
Melekbaba_1	0,3062	11
Hidayet	0,3036	12
Yeşilkaynak	0,2701	13
Nuriye	0,2653	14
Saray	0,2411	15
Sarıcıoğlu	0,229	16



Şekil 7.5. MAUT Yöntemi Analiz Sonuçları

7.5. İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE KULLANILAN YÖNTEM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Çizelge 7.8 Öncelikli Bölgelerin Sıralanmasında Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

DMA BÖLGELER	**ELECTRE YÖNTEMİ**	DMA BÖLGELER	**TOPSIS YÖNTEMİ**	DMA BÖLGELER	**PROMETHEE II YÖNTEMİ**	DMA BÖLGELER	**MAUT YÖNTEMİ**
Göztepe	1	Tandoğan	1	Göztepe	1	İstiklal	1
İstiklal	2	İstiklal	2	İstiklal	2	Tandoğan	2
Tandoğan	3	Hidayet	3	Tandoğan	3	Göztepe	3
Sanayi	4	Sanayi	4	Akpınar	4	Akpınar	4
Dabakhane	5	Melekbaba_2	5	Melekbaba_1	5	Sanayi	5
Akpınar	6	Dabakhane	6	Sanayi	6	Dabakhane	6
Melekbaba_1	7	Toki	7	Kavaklıbağ	7	Melekbaba_2	7
Kavaklıbağ	8	Akpınar	8	Venk	8	Kavaklıbağ	8
Melekbaba_2	9	Göztepe	9	Yeşilkaynak	9	Toki	9
Yeşilkaynak	10	Venk	10	Dabakhane	10	Venk	10
Venk	11	Kavaklıbağ	11	Saray	11	Melekbaba_1	11
Toki	12	Sarıcıoğlu	12	Melekbaba_2	12	Hidayet	12
Hidayet	13	Melekbaba_1	13	Hidayet	13	Yeşilkaynak	13
Nuriye	14	Yeşilkaynak	14	Nuriye	14	Nuriye	14
Sarıcıoğlu	15	Nuriye	15	Toki	15	Saray	15
Saray	16	Saray	16	Sarıcıoğlu	16	Sarıcıoğlu	16

Çizelge 7.8 ‘de Tandoğan, İstiklal ve Göztepe, alt ölçüm bölgelerinin yöntem analizlerine göre rehabilitasyon önceliğine göre ilk sıralarda olduğu gözlemlenmiştir.

TOPSIS yönteminde; Tandoğan DMA Bölgesi 1.sırada rehabilitasyon önceliği olan bölge olarak elde edilmiştir. PROMETHEE II yöntemindeki analiz sonuçlarına göre Göztepe DMA Bölgesi ilk sırada elde edilmiştir. MAUT Yönteminde ise İstiklal DMA Bölgesinin 1.sırada olduğu görülmüştür. ELECTRE I yönteminde Göztepe DMA bölgesi rehabilitasyon önceliği olan ilk bölge seçilmiştir.

İstiklal DMA Bölgesi ; ELECTRE I, TOPSIS ve PROMETHEE II yöntemlerinde ikinci (2.) sırada olduğu gözlemlenmiştir.

Sanayi DMA Bölgesi ; ELECTRE I, TOPSIS yöntemlerinde dördüncü (4.) sırada olduğu gözlemlenmiştir.

Akpınar DMA bölgesi ; MAUT ve PROMETHEE II yöntemlerinde 4.sırada belirlenmiş olup rehabilitasyon önceliği olan ilk 5 bölge içerisinde yer almıştır.

Sarıcıoğlu DMA Bölgesi, PROMETHEE II ve MAUT yönteminin analiz sonuçlarına göre en iyi bölge olduğu görülmektedir.

Saray DMA Bölgesi, ELECTRE I ve TOPSIS yönteminin analiz sonuçlarına göre en iyi bölge olduğu görülmektedir.

Nuriye, Saray, Sarıcıoğlu DMA Bölgelerinin kullanılan yöntemlerle iyi bölgeler arasında olduğu sonucuna varılmıştır.

Rehabilitasyon önceliği olan bölgeler haritalarda koyu renklerde ; analiz sonuçlarına göre daha iyi durumda olan bölgeler ise açık renklerde belirtilmiştir.

8 SONUÇLAR

"İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Rehabilitasyon İçin Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi" tez çalışmasında Malatya ili merkez ilçeleri (Yeşilyurt ve Battalgazi) çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanında 2016 Haziran – 2018 Ocak ayları arasında içme suyu sistemlerine ait 28 mevcut veri dikkate alınarak 16 alt ölçüm bölgesinde (DMA) rehabilitasyon önceliklendirilmesi yapılmıştır.

Çalışma kapsamında Malatya ili merkezinde konumsal olarak elde edilen verilerle riskli bölgelerin belirlenmesi, boruların durum değerlendirmesini yapılması, kötü durumdaki kritik boruları belirlenmesi, arıza tespitinin yapılması amacıyla çoklu-değişkenli karar verme yöntemi kullanılarak, rehabilitasyon önceliği olan bölgenin seçimi sağlanmıştır. Çalışmanın sonucunda ise içme suyu dağıtım sistemlerinde boruların ve çevresinin hidrolik davranışına ve içsel ortamına göre; hidrolik, yapısal, fiziksel ve geniş çaplı performanslarını tarif etmek, riskli bölgeleri belirlemek, rehabilitasyon önceliği olan bölgeyi seçmek ve ekonomik bir rehabilitasyon önceliği oluşturmak, su dağıtım sistemi bakımının verimliliğini en üst düzeye çıkarmak hedeflenmiştir. İçme suyu dağıtım sistemlerinde gerekli olan, hidrolik, yapısal performans ve arızalara sebep olabilecek değişkenler ve veriler için MASKİ veri tabanı kullanılmıştır. 28 parametre fiziksel, işletme ve çevresel faktörler olarak belirlenmiş ve bu faktörlere ait veriler kullanılarak alt ölçüm bölgeleri sıralanmıştır ve önceliklendirilmiştir. Çalışma kapsamında temel olarak aşağıdaki analiz ve değerlendirme sonuçları elde edilmiştir;

Verilerin Ön analizine göre;

- Toplam şebeke uzunluğu en yüksek olan yerler TOKİ (27383,53 km) ve Yeşilkaynak (29778,52 km) DMA bölgeleridir.
- DMA Bölgelerine ait içme suyu şebekelerinde kullanılan boru malzemeleri incelenmiştir ve PVC, AÇB, DUKTİL, ÇELİK, PE boruların şebekedeki yüzdelikleri belirlenmiştir.
- Boru çapları 100 mm'den küçük, 100-250 mm arası, 250 mm'den büyük olarak incelenmiştir. Mevcut veriler incelendiğinde tüm DMA'larda çapı 100 mm ile 200 mm arasında değişen boru oranların oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca bazı DMA'larda 250 mm'den büyük çapa sahip oranlarının genel olarak % 20 seviyesinde olduğu söylenebilir.

- Uygulama alanında her bir DMA'da boru yaşlarına göre bir sınıflandırma yapılmıştır. Her bir DMA bölgesi incelenerek sistemdeki yeni ve eski borular tespit edilmiştir. Borular 0-10 yaş, 10-20 yaş ve çok eski borular (20 yaşından büyük) olmak üzere gruplandırılmıştır. Sistemde 10 yaşından küçük boruların oranı en fazla Tandoğan bölgesinde yer almaktadır. 10-20 yaş arasındaki boruların dağılımı incelendiğinde, Kavaklıbağ, Nuriye, Sanayi bölgelerinde bu aralıkta yer alan boruların yoğun olduğu anlaşılmaktadır.
- Uygulama alanında tüm DMA'larda 20 yaşından büyük boru oranı oldukça yüksek seviyelerdedir. Bu durum tüm bölgeler için risk oluşturabilecek faktör olarak değerlendirilebilir.
- Akpınar, İstiklal, Göztepe bölgelerinde yoğun bir şekilde arıza meydana geldiği tespit edilmiştir. Akpınar'da 336, İstiklal'de 339, Göztepe'de 330 şebeke arıza sayısı meydana gelmiştir. DMA'larda meydana gelen km başına bir yılda meydana gelen arıza oranlarına göre, en yüksek değeri Tandoğan (6,61 arıza/yıl/km) alt ölçüm bölgesi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Kavaklıbağ, İstiklal ve Göztepe DMA'larda da arıza oranının yüksek olduğu görülmüştür.
- Servis bağlantı sayılarının genelde imar planına göre yüksek katlı olmayan bölgelerde daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Servis bağlantı sayısı en fazla olan bölgeler ; İstiklal 1179, Göztepe 1467, Sanayi 1054'tür.
- Servis bağlantısı arıza sayısının en fazla olduğu bölgeler; Melekbaba-1, Melekbaba-2, Hidayet ve Tandoğan bölgeleridir.
- Merkez ilçelerinde belirlenen alt ölçüm bölgelerinde servis bağlantılarında km başına bir yılda meydana gelen arıza oranları tespit edilmiş ve arıza oranı en yüksek bölgenin Tandoğan ve Hidayet alt ölçüm bölgesine ait olduğu tespit edilmiştir.
- Su kesintisinin en fazla meydana geldiği bölge Yeşilkaynak ve Tandoğan bölgeleridir. Yıllık su kesinti sayılarının Yeşilkaynak'ta 73 , Tandoğan'da 48 olduğu tespit edilmiştir.
- Tespit edilen sızıntı miktarı ve sayısının Kavaklıbağ'da 36, Dabakhane'de 44, İstiklal'de 35 ve Sanayi'de 36 olarak tespit edildiği görülmüştür.
- Tandoğan bölgesinde değiştirilen boru yüzdesinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu oran %45 olarak tespit edilmiştir.

- Alt ölçüm bölgelerinde işletme basınçlarının genel olarak birbirine yakın olduğu görülmüştür. Tüm DMA bölgelerinde ortalama 49,56 işletme basıncı bulunmaktadır. İşletme basıncı en yüksek Yeşilkaynak'ta 62 mss'dir.
- Sarıcıoğlu, Sanayi ve Melekbaba 1-2 bölgelerinde su kayıp oranlarının daha fazla olduğu görülmüştür. Su kayıp oranı en fazla Sarıcıoğlu bölgesinde olup bu oran %76.27'dir.
- Alt ölçüm bölgelerinde en yüksek işletme maliyetlerinin, Göztepe'de 233351,0710 TL, İstiklal'de 187588,3156 TL ve Sanayi'de 167545,8335 TL olduğu tespit edilmiştir.
- Akpınar (4507) ve İstiklal (5655) alt ölçüm bölgelerine ait abone sayısının daha fazla olduğu görülmektedir.
- Toki ve Venk bölgelerinde nüfusun çok olduğu tespit edilmiştir. Venk 21186 kişi, Toki ise 10457 kişidir.
- Yıllık toplam su tüketimi en fazla olan bölge 1127945.484 m^3/yıl oranıyla Venk'tir.
- Nüfusa bağlı olarak su talebinin en çok olduğu bölgenin 407.6 l/kişi*gün olarak Akpınar olduğu tespit edilmiştir.
- İstiklal (74), Tandoğan (72) ve Göztepe (65) bölgelerinde vana sayısının fazla olduğu görülmüştür.
- Çalışma alanında alt ölçüm bölgelerine ait arazi durumu incelenmiş bölgelerin zemin karakteristikleri belirlenmiştir.
- DMA bölgelerinin zemin özellikleri incelenerek arazi tipine göre hareketli ve ortalama zemin olarak ikiye ayrılmıştır. Karar vericiler tarafından ortalama zemin yükü 1 olarak; hareketli zemin ise 2 olarak ölçeklendirilmiştir.
- Trafik akışının etkisini değerlendirmek amacıyla MASKI CBS veri tabanından elde edilen verilerle trafik yoğunluğu fazla olan bölgelerin Hidayet, Kavaklıbağ, Yeşilkaynak, Toki, Venk, Göztepe olduğu görülmüştür.
- Alt ölçüm bölgelerine ait cadde ve sokak genişliklerinin ortalamaları MASKI CBS veri tabanından ve YANDEX haritadan ölçülmüştür. Geniş sokaklara ait bölgelerin yüzdeliği 1'in üstünde kabul edilmiştir. Hidayet, Kavaklıbağ, Toki bölgelerinde daha geniş cadde ve sokak ortalaması olduğu tespit edilmiştir.

İçmesuyu dağıtım sistemlerinde öncelikli bölgelerin belirlenmesinde yapılan değerlendirmelerde;

- Elde edilen faktörlerin sayısal verilerin KDS (Karar Destek Sistemleri)'de girişleri alınarak ENTROPI yöntemi ile ağırlık katsayıları hesaplanmıştır.
- Yapılan hesaplamalara göre en yüksek ağırlık katsayısı servis bağlantısı arıza oranı faktörü için belirlenmiştir.
- Bu ağırlık katsayıları ile problem doğası değerlendirildiğinde genel anlamda yüksek ağırlık katsayısına sahip faktörlerin arıza ve hasar üzerinde etkili olduğu görülmekte ve problemin doğasıyla uyumlu söylenebilir.
- ELECTRE I, TOPSIS, PROMETHEE II VE MAUT yöntemleri kullanılarak rehabilitasyon önceliği olan bölgeler belirlenmiştir.
- ENTROPI Ağırlık Yöntemi dört yöntemdeki alternatiflere ait değişkenlerin ağırlık katsayılarının belirlenmesinde kullanılmıştır.
- ELECTRE I yöntemine göre rehabilitasyon önceliği olan içme suyu alt ölçüm bölgeleri sıralanmış olup ve en riskli ilk 5 bölgenin (DMA) Göztepe, İstiklal, Tandoğan, Sanayi, Dabakhane olduğu tespit edilmiştir.
- ELECTRE I yöntemi sonuçlarına göre en düşük riskli 5 bölge (DMA) Toki, Hidayet, Nuriye, Sarıcıoğlu, Saray olarak tespit edilmiştir.
- TOPSIS yöntemine göre rehabilitasyon önceliği olan içme suyu alt ölçüm bölgeleri sıralanmış olup ve en riskli ilk 5 bölgenin (DMA) Tandoğan, İstiklal, Hidayet, Sanayi, Melekbaba_2 olduğu tespit edilmiştir.
- TOPSIS yöntemi sonuçlarına göre en düşük riskli 5 bölge (DMA) Sarıcıoğlu, Melekbaba_1, Yeşilkaynak, Nuriye, Saray olarak tespit edilmiştir.
- PROMETHEE II yöntemine göre rehabilitasyon önceliği olan içme suyu alt ölçüm bölgeleri sıralanmış olup ve en riskli ilk 5 bölgenin (DMA) Göztepe, İstiklal, Tandoğan, Akpınar, Melekbaba_1 olduğu tespit edilmiştir.
- PROMETHEE II yöntemi sonuçlarına göre en düşük riskli 5 bölge (DMA) Melekbaba_2, Hidayet, Nuriye, Toki, Sarıcıoğlu olarak tespit edilmiştir.
- MAUT yöntemine göre rehabilitasyon önceliği olan içme suyu alt ölçüm bölgeleri sıralanmış olup ve en riskli ilk 5 bölgenin (DMA) İstiklal, Tandoğan, Göztepe, Akpınar, Sanayi olduğu tespit edilmiştir.
- MAUT yöntemi sonuçlarına göre en düşük riskli 5 bölge (DMA) Hidayet, Yeşilkaynak, Nuriye, Saray, Sarıcıoğlu olarak tespit edilmiştir.

Riskli bölgelerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi çalışması analiz ve değerlendirmeleri sonucunda;

- ✓ Alt yapı sistemlerinin verimli ve etkin yönetimini sağlamak, riskli boruların rehabilitasyonunu sağlamak, bir su şebekesinde geçmiş verilerin gözlemlenmesini ve yeni veri eklemelerini sağlamak, su şebeke rehabilitasyonunda farklı senaryolar üreterek ; yenileme onarım ve değişim kombinasyonu oluşturmak, su şebekelerinin rehabilitasyonunu uygun maliyette sağlamak hedeflenmiştir.
- ✓ Bu tez çalışmasının içme suyu şebekelerinde yapılacak olan rehabilitasyon çalışmalarına alt yapı oluşturacağı ve katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmadan elde edilecek çıktıların diğer Su ve Kanal İdareleri ile Belediyeler için bir referans teşkil edeceği düşünülmektedir.
- ✓ Ayrıca şebekede en riskli bölgelerin belirlenmesi ve rehabilitasyona en riskli bölgelerden başlanması Kurum ve Ülke kaynaklarının (su kaynağı, personel ve işgücü, mali kaynakları) daha verimli kullanılması açısından önemli kazanımlar ve katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

9 KAYNAKÇA

Al-Zahrani, M., Abo-Monasar, A., Sadiq, R. (2015). Risk-based prioritization of water main failure using fuzzy synthetic evaluation technique. *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*. **65,** jws2015051**.**

Ammar, M. A., Moselhi, O., Zayed, T.M. (2012). Decision support model for selection of rehabilitation methods of water mains. *Structure and Infrastructure Engineering*. **8**, 847–855.

Ataç, B. (2003). A Decision Support System For Optimal Equipment Selection In Open Pit Mining: Analytical Hierarchy Process. *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*. **16**, 1-9.

Atkinson, S. (2014). Reliability indicators for water distribution system design: Comparison. *Water Resources Planning and Management*, **140,** 160–168.

Choi, T., Han, J. Koo, J. (2014). Decision method for rehabilitation priority of water distribution system using ELECTRE method. *Desalination and Water Treatment*, **53**, 2369–2377.

Choi, T., Koo, J. (2015). A water supply risk assessment model for water distribution network. *Desalination and Water Treatment*, **54,** 1410–1420.

Cubillo, F., Pérez, P. (2014). Water distribution system risk assessment method. *Procedia Engineering*, **89,** 355–362.

Del Giudice, G., Padulano, R., Siciliano, D. (2016). Multivariate probability distribution for sewer system vulnerability assessment under data-limited conditions. *Water Science and Technology*, **73,** 751–760.

El-Abbasy, M.S. (2016). Integrated performance assessment model for water distribution networks. *Structure and Infrastructure Engineering*, **2479,** 1–20.

Ennaouri, I., Fuamba, M. (2013). New Integrated Condition-Assessment Model for Combined Storm-Sewer Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, **139,** 53–64.

Fares, H.A. (2008). Evaluating the Risk of Water Main Failure Using a Hierarchical Fuzzy Expert System. *Masters thesis, Concordia University*. 1–11.

Fontana, M.E., Morais, D.C. (2013). Using Promethee V to Select Alternatives so as to Rehabilitate Water Supply Network with Detected Leaks. *Water Resources Management*, **27,** 4021–4037.

Francisque, A. (2014). A decision support tool for water mains renewal for small to medium sized utilities: A risk index approach. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, **63,** 281–302.

Francisque, A. (2009). Prioritizing monitoring locations in a water distribution network: A fuzzy risk approach. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, **58,** 488–509.

Genç, T. (2013). PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi. (Turkish). *PROMETHEE Method and GAIA Plane. (English)*, **15,** 121–141.

Göral, R. (2016). Turizm Destinasyonu Rekabetçilik Faktörleri Ve Entropi Yöntemiyle Ağırlıklandırılması. *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, **2**, 66–81.

Haider, H., Sadiq, R., Tesfamariam, S. (2015). Selecting performance indicators for small and medium sized water utilities: Multi-criteria analysis using ELECTRE method. *Urban Water Journal*, **12,** 305–327.

Inanloo, B. (2016). A decision aid GIS-based risk assessment and vulnerability analysis approach for transportation and pipeline networks. *Safety Science*, **84,** 57–66.

Kabir, G. (2015). Evaluating risk of water mains failure using a Bayesian belief network model. *European Journal of Operational Research*, **240,** 220–234.

Kanakoudis, V., Tsitsifli, S. (2011). Water pipe network reliability assessment using the DAC method. *Desalination and Water Treatment*, **33,** 97–106.

Kaptanoğlu, D., Özok, A.F. (2010). Akademik Performans Değerlendirmesi için Bir Bulanık Model. *İTÜ Dergisi/d*, **5,** 193–204.

Kessili, A., Benmamar, S. (2016). Prioritizing sewer rehabilitation projects using AHP-PROMETHEE II ranking method. *Water Science and Technology*, **73,** 283–291.

Kim, E.S. Baek, C.W., Kim, J.H. (2005). Estimate of pipe deterioration and optimal scheduling of rehabilitation. *Water Science and Technology: Water Supply*, **5,** 39–46.

Le Gauffre, P. (2007). A Multicriteria Decision Support Methodology for Annual Rehabiliation Programs of Water Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastrucuture Engineering*, **22,** 478–488.

Leu, S.-S., Bui, Q.-N. (2016). Leak Prediction Model for Water Distribution Networks Created Using a Bayesian Network Learning Approach. *Water Resources Management*, **30,** 2719–2733.

Li, Z. (2014). Water pipe condition assessment: A hierarchical beta process approach for sparse incident data. *Machine Learning*, **95,** 11–26.

Marzouk, M., Hamid, S.A., El-Said, M. (2015). A methodology for prioritizing water mains rehabilitation in Egypt. *HBRC Journal*, **11,** 114–128.

MASKİ (2017). Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi. İçmesuyu Daire Başkanlığı.

MASKİ (2018). Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi. İçmesuyu Daire Başkanlığı.

Morais, D.C., Almeida, A.T. De. (2010). Water network rehabilitation : A group decision-making approach. *WaterSA*, **36,** 487–494.

Nafi, A., Kleiner, Y. (2010). Scheduling Renewal of Water Pipes While Considering Adjacency of Infrastructure Works and Economies of Scale. *Journal of Water Resources Planning and Management*, **136,** 519–530.

Roozbahani, A., Zahraie, B., Tabesh, M. (2012). PROMETHEE with Precedence Order in the Criteria (PPOC) as a New Group Decision Making Aid: An Application in Urban Water Supply Management. *Water Resources Management*, **26,** 3581–3599.

Sargaonkar, A. (2009). Risk assessment study for water supply network using GIS. *Aqua - Journal of Water Supply: Research and Technology*, **57,** 355–360.

Scholten, L. (2014). Strategic rehabilitation planning of piped water networks using multi-criteria decision analysis. *Water Research*, **49,** 124–143.

Shahata, K., Zayed, T. (2010). Integrated decision-support framework for municipal infrastructure asset. *ASCE Pipelines Proceedings*, **514,** 1492–1502.

Tabesh, M., Saber, H. (2012). A Prioritization Model for Rehabilitation of Water Distribution Networks Using GIS. *Water Resources Management*, **26,** 225–241.

Tagherouit, W. Ben, Bennis, S., Bengassem, J. (2011). A Fuzzy Expert System for Prioritizing Rehabilitation of Sewer Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, **26,** 146–152.

Tanyimboh, T.T., Kalungi, P. (2009). Multicriteria assessment of optimal design, rehabilitation and upgrading schemes for water distribution networks. *Civil Engineering and Environmental Systems*, **26,** 117–140.

Tscheikner-Gratl, F. (2015). Integrated rehabilitation planning of urban infrastructure systems using a street section priority model. *Urban Water Journal*, **9006,** 1–13.

Tsitsifli, S., Kanakoudis, V., Bakouros, I. (2011). Pipe Networks Risk Assessment Based on Survival Analysis. *Water Resources Management*, **25,** 3729–3746.

Tunca, P.M.Z. (2016). Evaluating the Performances of the Opec Countries By Using Entropi and Maut Multi Criteria Decision Making Methods. *Suleyman Demirel University The Journal of Visionary*, **7,** 1–12.

Uzun, S., Kazan, H. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE Karşılaştırılması Gemi İnşada Ana Makine Seçimi Uygulaması. *Journal of Transportation and Logistics*, **1,** 1–18.

Zhao, J. vd. (2016). Water Resources Risk Assessment Model based on the Subjective and Objective Combination Weighting Methods. *Water Resources Management*, **30,** 3027–3042.

10 EKLER

EK-1 ENTROPI YÖNTEMİ MATLAB KODLARI

agirlik_entropi.m

```
function agirlik = agirlik_entropi(A)
[m,n]=size(A);

A_min = min(A);
A_max = max(A);

%2. Adim: değer / max

%her değeri kendi sütun max ına böl
A_max_dizi = A ./ A_max;

%her değeri kendi satırın toplamına böl
A_toplam = A_max_dizi ./ sum(A_max_dizi);

k_deger = 1 / log(m);
k_deger_negatif = - k_deger;

%ln değer ile çarpma işlemi
A_ln_carpma = A_toplam .* log(A_toplam);

%tüm sütunları topladı
toplam = sum(A_ln_carpma);

toplam_yeni = toplam * k_deger_negatif;
toplam_yeni2 = 1 - toplam_yeni;
agirlik = toplam_yeni2 / sum(toplam_yeni2);
```

EK-2 ELECTRE I Matlab Kodları

electre.m

```
function [output,bolge] = electre(path)
A = xlsread(path);
[~,txtData]  = xlsread(path,'A:A');
txtData = txtData(2:end);
[m,n]=size(A);

if m == 0 | n == 0
    output = -1111;
    output2 = -2222;
else
%2. Adim
X = zeros(m,n);
for i=1:n
    tmp=sqrt(sum((abs(A(:,i))).^2));
    for j=1:m
       X(j,i)= A(j,i) / tmp;

    end
end

%3.Adim: Ağırlıklar  ile çarpma X2
%ağırlık entropi fonksiyonu çağırma işlemi
weight=agirlik_entropi(A);
%weight = [0.173 0.125 0.137 0.062 0.077 0.092 0.334];

X2 = X .* weight;
```

electre.m

```
%ağırlık hesaplama diğer yöntem
% for i=1:n
%     X2(:,i) = weight(i) * X(:,i);
% end

%4.Adim: Karsilastirma İşlemi X3
counter=1;
X3=zeros(0);
for i=1:m
    a=X2(i,:);
    for j=1:m
        if i ~= j
           b=X2(j,:);
           X3(counter,:) = a >= b;
           counter = counter + 1;
        end
    end
end

%5. Adim: C matrisi
C_matrisi = sum((X3 .* weight),2);

%6. Adim: Uyumluluk Eşik Değeri
uyumluluk_esik_degeri = sum(C_matrisi) / size(C_matrisi,1);

%7.Adim: G Matrisi hesaplama
```

EK-3 ELECTRE I Matlab Kodları

electre.m

```
G_matrisi=zeros(0);
    for i=1:size(C_matrisi,1)
        G_matrisi(i) = C_matrisi(i) >= uyumluluk_esik_degeri;
    end
G_matrisi = G_matrisi';


%8. Adim: Mutlak Fark
counter=1;
D_payda=zeros(0);
for i=1:m
    a=X2(i,:);
    for j=1:m
        if i ~= j
           b=X2(j,:);
           D_payda(counter,:) = abs(a - b);
           counter = counter + 1;
        end
    end
end

%9. Adim: D_payda  max alma
D_payda_max=zeros(0);
    for i=1:size(D_payda,1)
        D_payda_max(i) = max(D_payda(i,:));
    end
```

electre.m

```
D_payda_max =  D_payda_max';

%10. Adim: pay hesaplama 1 olan yerlere 0 yazıldı
D_pay=zeros(0);
   for i=1:size(D_payda,1)
       D_pay(i,:) = (~X3(i,:)) .* D_payda(i,:);
   end

 %11. Adim: pay max hesaplama
 D_pay_max=zeros(0);
   for i=1:size(D_pay,1)
       D_pay_max(i) = max(D_pay(i,:));
   end
D_pay_max =  D_pay_max';

%12. Adim: D_uyumsuzluk matrisi
D_uyumsuzluk_matrisi = D_pay_max ./ D_payda_max;

%13. Adim: Uyumsuzluk Eşik Değeri
uyumsuzluk_esik_degeri = sum(D_uyumsuzluk_matrisi) / size(D_uyumsuzluk_matrisi,1);

%13. Adim 2: F_Matrisi hesaplama
F_matrisi=zeros(0);
   for i=1:size(D_uyumsuzluk_matrisi,1)
       F_matrisi(i) = D_uyumsuzluk_matrisi(i) >= uyumsuzluk_esik_degeri;
   end
```

EK-4 ELECTRE I Matlab Kodları

electre.m

```
F_matrisi = F_matrisi';

%14. Adim: E matrisi
E_matrisi = F_matrisi .* G_matrisi;


%matrisleri düzenleme işlemi
C_matrisi_yeni = duzenleme(C_matrisi,m);
D_uyumsuzluk_matrisi_yeni = duzenleme(D_uyumsuzluk_matrisi,m);
E_matrisi_yeni = duzenleme(E_matrisi,m);
F_matrisi_yeni = duzenleme(F_matrisi,m);
G_matrisi_yeni = duzenleme(G_matrisi,m);

%son adım
for i=1:m
c(i)=nansum(C_matrisi_yeni(i,:))-nansum(C_matrisi_yeni(:,i));
d(i)=nansum(D_uyumsuzluk_matrisi_yeni(i,:))-nansum(D_uyumsuzluk_matrisi_yeni(:,i));
c=c';
d=d';
end

%c büyükten küçüğe indisli sıralama
[c_degerler,c_indisler]=sort(c,'descend');

%d küçükten büyüğe indisli sıralama
[d_degerler,d_indisler]=sort(d,'ascend');
```

electre.m

```
list = zeros();
for i=1:m
    if c_indisler(i) ~= d_indisler(i)
        if find(list == c_indisler(i))
            deger(i) = d_indisler(i);
            sayi(i) = d_degerler(i);
            list = [list,d_indisler(i)];

        elseif find(list == d_indisler(i))
            deger(i) = c_indisler(i);
             sayi(i) = c_degerler(i);
            list = [list,c_indisler(i)];

        else
        k = nansum(E_matrisi_yeni(c_indisler(i),:));
        l = nansum(E_matrisi_yeni(d_indisler(i),:));
        if k > l
            deger(i) = c_indisler(i);
             sayi(i) = c_degerler(i);
            list = [list,c_indisler(i)];
        else
            deger(i) = d_indisler(i);
             sayi(i) = d_degerler(i);
            list = [list,d_indisler(i)];
        end
    end
```

EK-5 ELECTRE I Matlab Kodları

electre.m

```
157
158 -          else
159 -              deger(i) = c_indisler(i);
160 -               sayi(i) = c_degerler(i);
161 -          end
162
163 -      end
164
165 -      indisler = deger';
166 -      degerler = sayi';
167
168        %output = [indisler,degerler];
169 -      for i=1:m
170 -          k=indisler(i);
171 -          bolge(i) = txtData(k);
172 -      end
173 -      [output] = [degerler];
174 -      [bolge] = [bolge'];
175
176        %excel için hazırlama
177        % A = cell(1,m);
178        % B = cell(m+1,2);
179        % A{1,1}='C';
180        % C_cell =num2cell(C_matrisi_yeni);
181        % tmp1=[A;C_cell];
182        % tmp1=[tmp1,B];
```

electre.m

```
183        %
184        % A{1,1}='D';
185        % D_cell =num2cell(D_uyumsuzluk_matrisi_yeni);
186        % tmp2=[A;D_cell];
187        % tmp2=[tmp2,B];
188        %
189        % A{1,1}='E';
190        % E_cell =num2cell(E_matrisi_yeni);
191        % tmp3=[A;E_cell];
192        % tmp3=[tmp3,B];
193        %
194        % A{1,1}='F';
195        % F_cell =num2cell(F_matrisi_yeni);
196        % tmp4=[A;F_cell];
197        % tmp4=[tmp4,B];
198        %
199        % A{1,1}='G';
200        % G_cell =num2cell(G_matrisi_yeni);
201        % tmp5=[A;G_cell];
202        % tmp5=[tmp5,B];
203        %
204        % A=cell(1,1);
205        % A{1,1}='C Büyükten Küçüğe Sıralama';
206        % c_cell =num2cell(c_indisler);
207        % tmp6=[A;c_cell];
208        % tmp6=[tmp6,B];
```

EK-6 ELECTRE I Matlab Kodları

electre.m

```
193         %
194         % A{1,1}='F';
195         % F_cell =num2cell(F_matrisi_yeni);
196         % tmp4=[A;F_cell];
197         % tmp4=[tmp4,B];
198         %
199         % A{1,1}='G';
200         % G_cell =num2cell(G_matrisi_yeni);
201         % tmp5=[A;G_cell];
202         % tmp5=[tmp5,B];
203         %
204         % A=cell(1,1);
205         % A{1,1}='C Büyükten Küçüğe Sıralama';
206         % c_cell =num2cell(c_indisler);
207         % tmp6=[A;c_cell];
208         % tmp6=[tmp6,B];
209         %
210         % A{1,1}='D Küçükten Büyüğe Sıralama';
211         % d_cell =num2cell(d_indisler);
212         % tmp7=[A;d_cell];
213         % tmp7=[tmp7,B];
214         %
215         % output2 = [tmp1,tmp2,tmp3,tmp4,tmp5,tmp6,tmp7];
216
217 -       end
218 -   end
```

EK-7 TOPSIS Yöntemi Matlab Kodları

topsis.m

```
function [output,bolge] = topsis(path)
A = xlsread(path);
[~,txtData]  = xlsread(path,'A:A');
txtData = txtData(2:end);
[m,n]=size(A);
if m == 0 | n == 0
    output = -1111;
else

%karaleri toplamının karekökü
X_matrisi = zeros(m,n);
for i=1:n
    tmp=sqrt(sum((abs(A(:,i))).^2));
    for j=1:m
       X_matrisi(j,i)= A(j,i) / tmp;

    end
end

%ağırlık entropi fonksiyonu çağırma işlemi
agirlik=agirlik_entropi(A);

%Y_matrisi hesaplama
Y_matrisi = X_matrisi .* agirlik;

%Y matrisi max-min bulma
```

topsis.m

```
Y_matrisi_min = min(Y_matrisi);
Y_matrisi_max = max(Y_matrisi);

%S pozitif hesaplama
S_pozitif =(Y_matrisi - Y_matrisi_max).^2;
S_pozitif_toplam = sum(S_pozitif,2);
S_pozitif_toplam2 = sqrt(S_pozitif_toplam);

%S negatif hesaplama
S_negatif =(Y_matrisi - Y_matrisi_min).^2;
S_negatif_toplam = sum(S_negatif,2);
S_negatif_toplam2 = sqrt(S_negatif_toplam);

%c hesaplama
C_deger = S_negatif_toplam2 ./ (S_pozitif_toplam2 + S_negatif_toplam2);

%büyükten küçüğe indisli sıralama
[degerler,indisler]=sort(C_deger,'descend');
for i=1:m
    k=indisler(i);
    bolge(i) = txtData(k);
end
[output] = [degerler];
[bolge] = [bolge'];
end
end
```

EK-8 PROMETHEE-II Yöntemi Matlab Kodları

promethe.m

```
function [output,bolge] = promethe(path)
A = xlsread(path);
[~,txtData]  = xlsread(path,'A:A');
txtData = txtData(2:end);
[m,n]=size(A);
if m == 0 | n == 0
    output = -1111;
else
say=1;
for i=1:m
for j=1:m
    if i ~= j
        tmp= A(i,:)-A(j,:);
        fark(say,:) =tmp;
        tmp(tmp <= 0) = 0;
        tmp(tmp > 0) = 1;
        siniflandir(say,:)=tmp;
        say = say + 1;
    end

end
end
%ağırlık entropi fonksiyonu çağırma işlemi
agirlik=agirlik_entropi(A);
top_entropi= sum(agirlik);

```

promethe.m

```
%0-1 ayrıştırma toplamının entropiye bölme
bolme = sum(siniflandir,2);
sayac=1;
for i=1:m
    for j=1:m
        if i == j
            tablo(i,j)=0;
        else
            tablo(i,j)=(bolme(sayac));
            sayac = sayac +1 ;
        end
    end
end
tablo2 = tablo / n;
%pozitif
pozitif = ( 1 / (m - 1) ) * sum(tablo2,2);
%negatif
negatif = ( 1 / (m - 1) ) * sum(tablo2);
%net
net = pozitif - negatif';
%büyükten küçüğe indisli sıralama
[degerler,indisler]=sort(net,'descend');
for i=1:m
    k=indisler(i);
    bolge(i) = txtData(k);
end
```

EK-9 PROMETHEE-II Yöntemi Matlab Kodları

promethe.m

```
        for j=1:m
            if i == j
                tablo(i,j)=0;
            else
                tablo(i,j)=(bolme(sayac));
                sayac = sayac +1 ;
            end
        end
    end
    tablo2 = tablo / n;
    %pozitif
    pozitif = ( 1 / (m - 1) ) * sum(tablo2,2);
    %negatif
    negatif = ( 1 / (m - 1) ) * sum(tablo2);
    %net
    net = pozitif - negatif';
    %büyükten küçüğe indisli sıralama
    [degerler,indisler]=sort(net,'descend');
    for i=1:m
        k=indisler(i);
        bolge(i) = txtData(k);
    end
    [output] = [degerler];
    [bolge] = [bolge'];
    end
    end
```

EK-10 MAUT Yöntemi Matlab Kodları

maut.m

```
function [output,bolge] = maut(path)
A = xlsread(path);
[~,txtData]   = xlsread(path,'A:A');
txtData = txtData(2:end);
[m,n]=size(A);
if m == 0 | n == 0
    output = -1111;
else
A_min = min(A);
A_max = max(A);

normalize_etme = (A- A_min) ./ (A_max - A_min);

%ağırlık entropi fonksiyonu çağırma işlemi
agirlik=agirlik_entropi(A);

%normalize edilen değerler ile agirlikların carpimi
carpma = normalize_etme .* agirlik;

%herbir satırı toplama
toplam = sum(carpma,2);

%büyükten küçüğe indisli sıralama
[degerler,indisler]=sort(toplam,'descend');
for i=1:m
    k=indisler(i);
```

maut.m

```
A_max = max(A);

normalize_etme = (A- A_min) ./ (A_max - A_min);

%ağırlık entropi fonksiyonu çağırma işlemi
agirlik=agirlik_entropi(A);

%normalize edilen değerler ile agirlikların carpimi
carpma = normalize_etme .* agirlik;

%herbir satırı toplama
toplam = sum(carpma,2);

%büyükten küçüğe indisli sıralama
[degerler,indisler]=sort(toplam,'descend');
for i=1:m
    k=indisler(i);
    bolge(i) = txtData(k);
end
[output] = [degerler];
[bolge] = [bolge'];

end
end
```

EK-11 İçme Suyu Rehabilitasyon Yazılımı Matlab Kodları

icmesu.m

```
function varargout = icmesu(varargin)
% ICMESU MATLAB code for icmesu.fig
%      ICMESU, by itself, creates a new ICMESU or raises the existing
%      singleton*.
%
%      H = ICMESU returns the handle to a new ICMESU or the handle to
%      the existing singleton*.
%
%      ICMESU('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%      function named CALLBACK in ICMESU.M with the given input arguments.
%
%      ICMESU('Property','Value',...) creates a new ICMESU or raises the
%      existing singleton*.  Starting from the left, property value pairs are
%      applied to the GUI before icmesu_OpeningFcn gets called.  An
%      unrecognized property name or invalid value makes property application
%      stop.  All inputs are passed to icmesu_OpeningFcn via varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help icmesu

% Last Modified by GUIDE v2.5 02-Jul-2018 13:59:46

```

icmesu.m

```
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @icmesu_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @icmesu_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT


% --- Executes just before icmesu is made visible.
function icmesu_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

EK-12 İçme Suyu Rehabilitasyon Yazılımı Matlab Kodları

icmesu.m

```
53      % varargin   command line arguments to icmesu (see VARARGIN)
54
55      % Choose default command line output for icmesu
56      handles.output = hObject;
57
58      % Update handles structure
59      guidata(hObject, handles);
60
61      % UIWAIT makes icmesu wait for user response (see UIRESUME)
62      % uiwait(handles.figure1);
63
64
65      % --- Outputs from this function are returned to the command line.
66      function varargout = icmesu_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
67      % varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
68      % hObject    handle to figure
69      % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
70      % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
71
72      % Get default command line output from handles structure
73      varargout{1} = handles.output;
74
75
76      % --- Executes on button press in pushbutton2.
77      function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
78      % hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
```

icmesu.m

```
79      % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
80      % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
81      [file,path] = uigetfile({'*.xls;*.xlsx','All Files'},'Bir Excel Dosyası Seçiniz:');
82      if isequal(file,0)
83
84      else
85         %E_matrisi = atik_su2(fullfile(path,file));
86      %   filename = 'atik_su2.xlsx';
87      %    xlswrite(filename,E_matrisi,1)
88      %    winopen('atik_su2.xlsx')
89          txt =[file, ' seçildi'];
90          set(handles.text5,'Visible','on','String',txt);
91          set(handles.text6,'String',(fullfile(path,file)));
92          %set(handles.uitable1,'visible','on','Data',E_matrisi)
93         %guide atik_su.fig
94      end
95
96      % --- Executes on selection change in popupmenu1.
97      function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
98      % hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
99      % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
100     % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
101
102     % Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns popupmenu1 contents as cell array
103     %        contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from popupmenu1
104
```

EK-13 İçme Suyu Rehabilitasyon Yazılımı Matlab Kodları

icmesu.m

```
105
106     % --- Executes during object creation, after setting all properties.
107     function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
108     % hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
109     % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
110     % handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
111
112     % Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
113     %       See ISPC and COMPUTER.
114 -   if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
115 -       set(hObject,'BackgroundColor','white');
116 -   end
117
118
119     % --- Executes on button press in pushbutton3.
120     function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
121     % hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
122     % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
123     % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
124 -   dosya_yolu=get(handles.text6,'String');
125 -   secilen_index = get(handles.popupmenu1,'Value');
126 -   try
127 -   if secilen_index ==2
128 -       [output,bolge] = electre(dosya_yolu);
129         %excel için bu
130         % [output,output3,degerler] = electre(dosya_yolu);
```

icmesu.m

```
131 -       if output ~= -1111
132 -       set(handles.text7,'String','Electre Analiz Sonuçları:');
133 -       tmp2=num2cell(output(:,1));
134 -       output2= [bolge,tmp2];
135 -       nihai = cell(1,2);
136 -       nihai{1,1} = 'Sonuçlar';
137 -       output2 = [nihai;output2];
138 -       set(handles.uitable1,'visible','on','Data',output2,'ColumnName',{'Bölge Adı','Değer'});
139 -       else
140 -           errordlg('HATA: Seçilen Excel Dosyası Boş !!', 'HATA','error');
141 -       end
142 -       set(handles.axes1,'visible','on');
143 -       matlabImage = imread('electre.png');
144 -       image(matlabImage)
145 -       axis off
146 -   elseif secilen_index==3
147 -       [output,bolge] = topsis(dosya_yolu);
148 -        if output ~= -1111
149 -       set(handles.text7,'String','Topsis Analiz Sonuçları:');
150 -       tmp2=num2cell(output(:,1));
151 -       output2= [bolge,tmp2];
152 -       nihai = cell(1,2);
153 -       nihai{1,1} = 'Sonuçlar';
154 -       output2 = [nihai;output2];
155 -       set(handles.uitable1,'visible','on','Data',output2,'ColumnName',{'Bölge Adı','Değer'});
156         %set(handles.pushbutton10,'visible','off');
```

EK-14 İçme Suyu Rehabilitasyon Yazılımı Matlab Kodları

icmesu.m

```
157 -       else
158 -           errordlg('HATA: Seçilen Excel Dosyası Boş !!', 'HATA','error');
159 -       end
160 -       set(handles.axes1,'visible','on');
161 -       matlabImage = imread('topsis.png');
162 -       image(matlabImage)
163 -       axis off
164 -   elseif secilen_index == 4
165 -       [output,bolge] = maut(dosya_yolu);
166 -       if output ~= -1111
167 -       set(handles.text7,'String','Maut Analiz Sonuçları:');
168 -       tmp2=num2cell(output(:,1));
169 -       output2= [bolge,tmp2];
170 -       nihai = cell(1,2);
171 -       nihai{1,1} = 'Sonuçlar';
172 -       output2 = [nihai;output2];
173 -       set(handles.uitable1,'visible','on','Data',output2,'ColumnName',{'Bölge Adı','Değer'});
174       % set(handles.pushbutton10,'visible','off');
175 -       else
176 -           errordlg('HATA: Seçilen Excel Dosyası Boş !!', 'HATA','error');
177 -       end
178 -       set(handles.axes1,'visible','on');
179 -       matlabImage = imread('maut.png');
180 -       image(matlabImage)
181 -       axis off
182 -   elseif secilen_index == 5
```

icmesu.m

```
183 -       [output,bolge] = promethe(dosya_yolu);
184 -        if output ~= -1111
185 -       set(handles.text7,'String','Promethe Analiz Sonuçları:');
186 -       tmp2=num2cell(output(:,1));
187 -       output2= [bolge,tmp2];
188 -       nihai = cell(1,2);
189 -       nihai{1,1} = 'Sonuçlar';
190 -       output2 = [nihai;output2];
191 -       set(handles.uitable1,'visible','on','Data',output2,'ColumnName',{'Bölge Adı','Değer'});
192       %set(handles.pushbutton10,'visible','off');
193 -       else
194 -           errordlg('HATA: Seçilen Excel Dosyası Boş !!', 'HATA','error');
195 -       end
196 -       set(handles.axes1,'visible','on');
197 -       matlabImage = imread('promethe.png');
198 -       image(matlabImage)
199 -       axis off
200 -   else
201 -       if isempty(dosya_yolu)
202 -           warndlg('Lütfen bir excel dosyası seçiniz !!','UYARI','warning');
203 -       else
204 -       warndlg('Lütfen geçerli bir yöntem seçiniz !!','UYARI','warning');
205 -       end
206
207
208 -   end
```

EK-15 İçme Suyu Rehabilitasyon Yazılımı Matlab Kodları

icmesu.m

```
193 -       else
194 -           errordlg('HATA: Seçilen Excel Dosyası Boş !!', 'HATA','error');
195 -       end
196 -       set(handles.axes1,'visible','on');
197 -       matlabImage = imread('promethe.png');
198 -       image(matlabImage)
199 -       axis off
200 -   else
201 -       if isempty(dosya_yolu)
202 -           warndlg('Lütfen bir excel dosyası seçiniz !!','UYARI','warning');
203 -       else
204 -       warndlg('Lütfen geçerli bir yöntem seçiniz !!','UYARI','warning');
205 -       end
206
207
208 -   end
209
210 -   catch
211 -       if isempty(dosya_yolu)
212 -           warndlg('Lütfen bir excel dosyası seçiniz !!','UYARI','warning');
213 -       else
214 -           warndlg('Lütfen geçerli bir yöntem seçiniz !!','UYARI','warning');
215 -       end
216
217 -   end
218
```

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Şeymanur GÜL

Doğum Yeri ve Tarihi: MALATYA- 15.06.1994

Adres: Bostanbaşı Mahallesi. Çiftlik Sokak. Payitaht Evleri 10/3/20
Yeşilyurt / Malatya

E-Posta: seyma4417@gmail.com

Lisans: İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans (Varsa):

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

2018-…. Mardin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü

Yayın Listesi: