



**BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
TEKNİKLERİ İLE SU KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Özlem SUİÇMEZ

Yüksek Lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği

Ana Bilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE

Doç. Dr. Akın ÖZDEMİR

2026

(Her Hakkı Saklıdır)

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE SU
KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özlem SUIÇMEZ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE

İkinci Danışman: Doç. Dr. Akın ÖZDEMİR

BAYBURT- 2026

KABUL VE ONAY

Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE ve Doç. Dr. Akın ÖZDEMİR danışmanlığında, Özlem SUIÇMEZ tarafından hazırlanan “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Su Kalitesinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma, Savunma Tarihi 13.01.2026 yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Didem GÜLERYÜZ ÖZDEN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şeyma EMEÇ

Bu tezin kabulü Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Bünyamin ALIM
Enstitü Müdürü

BEYANNAME

Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE ve Doç. Dr. Akın ÖZDEMİR danışmanlığında hazırlamış olduğum “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Su Kalitesinin Değerlendirilmesi” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

13.01.2026

Özlem SUIÇMEZ



ÖN SÖZ

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim, yüksek lisans eğitimine başlama kararı almamda en büyük motivasyon kaynağım olan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE'ye; süreç boyunca gösterdiği sabır, ilgi ve kıymetli yönlendirmeleri için teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında büyük bir özveriyle yanımda olan, karşılaştığım her sorunda çözüm odaklı yaklaşımıyla bana yol gösteren ve her zaman en iyisini yapmam konusunda beni teşvik ederek destekleyen değerli eş danışman hocam Doç. Dr. Akın ÖZDEMİR'e en içten şükranlarımı sunarım.

Tez savunma jürimde yer alarak değerli vakitlerini ayıran, önerileriyle çalışmamın gelişmesine katkı sağlayan değerli hocalarım Doç. Dr. Didem GÜLERYÜZ ÖZDEN ve Dr. Öğr. Üyesi Şeyma EMEÇ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda kullanılan verilerin teminindeki destekleri için Bayburt İl Özel İdaresi Genel Sekreteri Sayın Hayrettin KOÇYİĞİT'e ve uzman grupta yer almayı kabul ederek tezin tamamlanmasına katkıda bulunan karar vericilere teşekkür ederim.

Son olarak, bu süreçte gösterdikleri sonsuz sabır, anlayış ve destekleri için aileme, eşime, Arın'ıma ve Arya'ma teşekkür ederim.

Özlem SUIÇMEZ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Özlem SUIÇMEZ

Bayburt Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE

İkinci Tez Danışmanı: Doç. Dr. Akın ÖZDEMİR

Bayburt-2026, Sayfa: 85

Su, yaşamın sürdürülebilirliği için kritik bir kaynaktır ve kentleşme, tarım, sanayi gibi faaliyetlerin artışı güvenli içme suyu yönetimini zorunlu kılmaktadır. Bu tez çalışmasında sürdürülebilir içme suyu yönetimi amacıyla içme kullanma sularının bütünsel kalite değerlendirmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla suyun kalitesini etkileyen mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel parametreleri içeren 8 ana kriter ve 44 alt kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (PFAHP), alternatiflerin sıralanması için ise İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği (TOPSIS) kullanılarak bütünsel bir bulanık çok kriterli karar verme modeli sunulmuştur. Araştırmanın örneklemini Türkiye'nin Bayburt ilindeki 130 farklı depodan alınan içme kullanma suyu numuneleri oluşturmaktadır. Çalışma sonucu, 130 deponun 90'ında kalite düzeyinin $\geq 0,90$, 40 depoda ise $< 0,90$ olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, güvenli ve temiz su yönetimi için önceliklendirme ve iyileştirme yol haritası sunmaya yardımcı olmakta ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG) 6.1 ve 6.3'e ulaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Su, kalite değerlendirmesi, karar verme, bulanıklık, sürdürülebilirlik.

ABSTRACT

M. SC. THESIS

WATER QUALITY ASSESSMENT USING FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING TECHNIQUES

Özlem SUIÇMEZ

Bayburt University

Institute of Graduate Studies

Department of Industrial Engineering

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Çağatay TEKE

Second Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Akın ÖZDEMİR

Bayburt-2026, Pages: 85

Water is a critical resource for sustaining life, and the increase in activities such as urbanization, agriculture, and industry necessitates effective management of safe drinking water. In this thesis, the quality assessment of drinking and utility water aims to support sustainable drinking water management. To this end, eight main criteria and 44 sub-criteria encompassing microbiological, chemical, and physical parameters that affect water quality were identified. An integrated fuzzy multi-criteria decision-making model is presented, utilizing the Pythagorean Fuzzy Analytic Hierarchy Process (PFAHP) to calculate the weights of the determined criteria, and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) for ranking the alternatives. The study sample consists of drinking and utility water samples collected from 130 different storage tanks in Bayburt Province, Turkey. The study results indicate that the quality level is ≥ 0.90 in 90 of the 130 tanks, and < 0.90 in 40 tanks. The results provide a roadmap for prioritization and improvement in safe and clean water management, contributing to the achievement of United Nations Sustainable Development Goals (SDG) 6.1 and 6.3.

Keywords: Water, quality assessment, decision-making, fuzziness, sustainability.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	II
BEYANNAME.....	III
ÖN SÖZ	IV
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
TABLOLAR.....	IX
ŞEKİLLER.....	IX
KISALTMALAR.....	XII
SİMGELER.....	XIII
GİRİŞ.....	1
Araştırmanın Konusu ve Problemi	2
Araştırmanın Amacı	3
Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi	3
Araştırmanın Sınırlılıkları	3
Varsayımlar	3
BİRİNCİ BÖLÜM.....	4
1. LİTERATÜR TARAMASI	4
İKİNCİ BÖLÜM	12
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
2.1. BULANIK KÜMELER	12
2.2. PİSAGOR BULANIK KÜMELER.....	12
2.3. PİSAGOR BULANIK AHP	14
2.4. TOPSIS	16
2.5. ÇALIŞMA ALANI VE ÖZELLİKLERİ.....	19
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	20
3. UYGULAMA VE BULGULAR	20
3.1. KRİTERLERİN BELİRLENMESİ	20
3.1.1. Kriterlerin Özelliklerinin Tanımlanması.....	21
3.1.2. Mikrobiyolojik Parametreler.....	22
3.1.3. Ağır Metaller.....	22
3.1.4. Diğer (Sekonder) İnorganik Kimyasallar	23
3.1.5. Organoklorlular.....	24
3.1.6. Uçucu Organik Bileşikler	25
3.1.7. Herbisitler ve Fungisitler	27
3.1.8. Monomer Bileşikler	27
3.1.9. Fizikokimyasal Özellikler	28
3.2. PFAHP UYGULANMASI	29
3.2.1. Ana Kriterlerin PFAHP ile Değerlendirilmesi.....	29
3.2.2. Mikrobiyolojik Parametrelerin PFAHP ile Değerlendirilmesi	33
3.2.3. Ağır Metallerin PFAHP ile Değerlendirilmesi	35
3.2.4. Diğer İnorganik Kimyasalların PFAHP ile Değerlendirilmesi	38
3.2.5. Organoklorlu Bileşiklerin PFAHP ile Değerlendirilmesi	41

3.2.6. Uçucu Organik Bileşiklerin PFAHP ile Değerlendirilmesi	45
3.2.7. Herbisitler ve Fungusitlerin PFAHP ile Değerlendirilmesi	48
3.2.8. Monomer Bileşiklerin PFAHP ile Değerlendirilmesi	51
3.2.9. Fizikokimyasal Özelliklerin PFAHP ile Değerlendirilmesi	52
3.3. PFAHP UYGULANMA SONUÇLARI	55
3.4. TOPSIS UYGULAMASI	58
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	59
4. BULGULAR.....	59
SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKÇA.....	72
EKLER	78
Ek 1: C _i Skorlarına Göre Acil Müdahale, İyileştirme Önceliği Olan Depoların Sıralanması..	78
Ek 2: TOPSIS Yöntemiyle Hesaplanan Genel C _i ve Ana Kriter C _i Sonuçları	81
Ek 3: Veri Kullanım İzni Belgesi	84
ÖZ GEÇMİŞ	85

TABLÖLAR

Tablo 1: Su Kalitesi, PFAHP, TOPSIS ve Sürdürülebilirlik, Literatür Taraması	4
Tablo 2: PFS Dilsel Ölçeklerin Sayısal Karşılığı Tablosu	15
Tablo 3: C1 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri.....	22
Tablo 4: C2 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri.....	22
Tablo 5: C3 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri.....	23
Tablo 6: C4 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri.....	25
Tablo 7: C5 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri.....	25
Tablo 8: C6 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri.....	27
Tablo 9: C7 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri	27
Tablo 10: C8 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri.....	28
Tablo 11: Karar Vericilerin Ünvan ve Deneyimleri	29
Tablo 12: KV1 Ana Kriter Değerlendirmesi	30
Tablo 13: KV2 Ana Kriter Değerlendirmesi	30
Tablo 14: KV3 Ana Kriter Değerlendirmesi	31
Tablo 15: Ana Kriterler İçin Birleştirilmiş (Ortak) Karşılaştırma Matrisi	32
Tablo 16: KV1'in C1 Değerlendirme Matrisi	33
Tablo 17: KV2'nin C1 Değerlendirme Matrisi	34
Tablo 18: KV3'ün C1 Değerlendirme Matrisi.....	34
Tablo 19: C1 Ana Kriterinin Birleştirilmiş Matrisi	35
Tablo 20: KV1'in C2 Değerlendirme Matrisi	35
Tablo 21: KV2'nin C2 Değerlendirme Matrisi	36
Tablo 22: KV3'ün C2 Değerlendirme Matrisi	37
Tablo 23: C2 Ana Kriterinin Birleştirilmiş Matrisi	37
Tablo 24: KV1'in C3 Değerlendirme Matrisi	38
Tablo 25: KV2'nin C3 Değerlendirme Matrisi	39
Tablo 26: KV3'ün C3 Değerlendirme Matrisi	40
Tablo 27: C3 Ana Kriterinin Birleştirilmiş Matrisi	41
Tablo 28: KV1'in C4 Değerlendirme Matrisi	42
Tablo 29: KV2'nin C4 Değerlendirme Matrisi	42
Tablo 30: KV3'ün C4 Değerlendirme Matrisi	43
Tablo 31: C4 Ana Kriteri Birleştirilmiş Matrisi	44
Tablo 32: KV1'in C5 Değerlendirme Matrisi	45
Tablo 33: KV2'nin C5 Değerlendirme Matrisi	46
Tablo 34: KV3'ün C5 Değerlendirme Matrisi	47
Tablo 35: C5 Ana Kriteri Birleştirilmiş Matrisi	48
Tablo 36: KV1'in C6 Değerlendirme Matrisi	48
Tablo 37: KV2'nin C6 Değerlendirme Matrisi	49
Tablo 38: KV3'ün C6 Değerlendirme Matrisi	50
Tablo 39: C6 Ana Kriterinin Birleştirilmiş Matrisi	50
Tablo 40: KV1'in C7 Değerlendirme Matrisi	51
Tablo 41: KV2'nin C7 Değerlendirme Matrisi	51
Tablo 42: KV3'ün C7 Değerlendirme Matrisi	52
Tablo 43: C7 Ana Kriteri Birleştirme Matrisi	52

Tablo 44: KV1 'in C8 Değerlendirme Tablosu.....	53
Tablo 45: KV2'nin C8 Değerlendirme Tablosu.....	53
Tablo 46: KV3'ün C8 Değerlendirme Matrisi	54
Tablo 47: C8 Ana Kriteri Birleştirilmiş Matrisi	54
Tablo 48: Ana Kriter ve Alt Kriterler Ağırlık Sıralaması.....	55
Tablo 49: Genel C_i ile C1–C8 C_i Arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları (R).....	66
Tablo 50: Genel C_i ve Ana Kriterler Arası R ve p Değerleri	66



ŞEKİLLER

Şekil 1: IFS ve PFS Alan Karşılaştırması	13
Şekil 2: PFAHP-TOPSIS ile Su Kalite Değerlendirmesi Uygulama Akış Şeması.....	20
Şekil 3: Ana Kriter ve Alt Kriterlerin Diyagramda Gösterimi.....	21
Şekil 4: Genel C_i ile $C1.C_i$ Grafiği.....	60
Şekil 5: Genel C_i ile $C2.C_i$ Grafiği	61
Şekil 6: Genel C_i ile $C3.C_i$ Grafiği.....	62
Şekil 7: Genel C_i ile $C4.C_i$ Grafiği.....	63
Şekil 8: Genel C_i ile $C5.C_i$ Grafiği.....	63
Şekil 9: Genel C_i ile $C6.C_i$ Grafiği.....	64
Şekil 10: Genel C_i ile $C7.C_i$ Grafiği	64
Şekil 11: Genel C_i ile $C8.C_i$ Grafiği.....	65
Şekil 12: Genel C_i ile $C1-C8 C_i$ Değerlerinin Korelasyon Grafikleri	66



KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
BÇKKV	: Bulanık Çok Kriterli Karar Verme
BM	: Birleşmiş Milletler
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CR	: Tutarlılık Oranı
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DO	: Çözünmüş Oksijen
<i>E. Coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
GDWQ	: İçme Suyu Kalitesi Kılavuzları
HDE	: Uyum Derecesi Denklemi
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
IFS	: Sezgisel Bulanık Kümeler
kob	: Koloni Oluşturan Birim
KV	: Karar Verici
LOQ	: Tayin Limiti
PF	: Bulanık Sayılar
PFAHP	: Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
PFS	: Pisagor Bulanık Sayılar
SDG	: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
TDS	: Toplam Çözünmüş Katılar
TKEDY	: Tüketicilerce kabul edilebilir veya herhangi bir anormal değişim yok
TKN	: Toplam Kjeldahl Azotu
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği
TSS	: Toplam Askıda Katı Madde
UNDP	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
United Nations	: Birleşmiş Milletler
WCED	: Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
WQI	: Su Kalite İndeksi

SİMGELER

C_i	: Yakınlık İndeksi
L	: Litre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
p	: İstatistiksel Anlamlılık Seviyesi
R	: Korelasyon Katsayısı
μ	: Üyelik Fonksiyonu
μg	: Mikrogram
v	: Üyelik Dışı Fonksiyonu



GİRİŞ

Su, yaşamın sürdürülebilmesi için en temel unsurlardan biri olup, insan sağlığı, tarım, endüstri ve ekosistemler üzerinde hayati bir rol oynamaktadır (Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2022). Dünyamızın %70'i sularla kaplı olmasına rağmen, yalnızca %2,5'i tatlı sudur (Yücel, 2018). Bunun da yalnızca %0,5'i kullanılabilir ve erişilebilir durumdadır. Yetersiz içme suyu, sanitasyon ve hijyen koşulları, dünya genelinde her yıl yaklaşık 1,4 milyon insanın ölümüne neden olmaktadır (WHO, 2024a). 2021 verilerine göre 2 milyardan fazla kişi su sıkıntısı çeken ülkelerde yaşamaktadır ve bu durumun iklim değişikliği ve nüfus artışı nedeniyle bazı bölgelerde daha da kötüleşmesi beklenmektedir (WHO, 2023).

2010 yılında Birleşmiş Milletler (BM) Genel Kurulu, suya ve sanitasyona erişimi açıkça bir insan hakkı olarak tanımıştır. Herkesin, kişisel ve ev içi kullanım için yeterli, kesintisiz, güvenli, kabul edilebilir, fiziksel olarak ulaşılabilir ve karşılanabilir (makul maliyette) suya erişim hakkı vardır (WHO, 2024a). Suyun kalitesizliği, ona güvenen topluluklar için hem doğrudan hem de dolaylı sağlık riskleri oluşturmakta ve genellikle önemli halk sağlığı sorunlarına, su arıtma ve rehabilitasyon maliyetlerinin artmasına yol açmaktadır (He vd., 2019). Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG), 2030 yılına kadar herkes için güvenli ve uygun fiyatlı içme suyuna evrensel ve adil erişim sağlamayı amaçlamaktadır (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), 2015; Bao, 2025). Bu hedefe rağmen 2025 BM ilerleme raporuna göre 2024 yılı itibarıyla dünya nüfusunun yalnızca %59'u güvenli yönetilen sanitasyon hizmetlerinden (SDG 6.2 hedefi) yararlanmaktayken, Türkiye'de bu oran %79'dur (United Nations (UN), 2025a).

Su kalitesi, suyun hangi amaçla değerlendirileceğine göre belirlenmiş fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin incelenmesi sonucu, kullanım amacına ne derece uygun olduğunu ortaya koyan bir ölçüttür (Kavurmacı ve Üstün, 2016; Sun vd., 2016). İçme suyunda bulunan mikrobiyal ve kimyasal bileşenlerin çoğu, insan sağlığı üzerinde potansiyel olarak olumsuz etkilere neden olabilir. WHO'nun İçme Suyu Kalitesi Kılavuzları (GDWQ), mikrobiyal, kimyasal, radyolojik özellikleri kapsayan 200'den fazla içme suyu kalitesi parametresi hakkında bilgi sunmaktadır. Ancak, bu parametrelerin tamamını ulusal veya yerel içme suyu düzenlemelerine dahil etmek pratik ve uygulanabilir değildir. Bunun yanında, tüm parametrelerin yerel içme suyu kaynaklarında endişe verici seviyelerde ortaya çıkma olasılığı düşüktür. Tüm içme suyu parametrelerinin test edilmesi fiziksel ve ekonomik olarak uygulanabilir olmadığından, en yüksek risk taşıyan ve halk sağlığı açısından en önemli bileşenlere öncelik verilmektedir (WHO, 2024b).

İnsanların çevre üzerindeki etkisi arttıkça, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve su kalitesinin güvenliği ulusal öncelikler arasında üst sıralarda yer almaya başlamıştır (Teklitz vd., 2021). Sürdürülebilir kalkınma, “Mevcut nesillerin ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan karşılayan bir kalkınma” olarak tanımlanmıştır (Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED), 1987; Gagnon vd., 2007). İster doğal jeolojik süreçler ister insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle olsun, su kalitesinin bozulması, halk sağlığı, tarım ve ekosistem sürdürülebilirliği için ciddi zorluklar doğurmaktadır (Rehman vd., 2025). Su kalitesi izleme, sürdürülebilirliğin temel unsurlarından biridir ve çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlamaktadır (Gagnon vd., 2007). Bu nedenle, etkili ve sürdürülebilir su yönetimi, bu değerli kaynağın insan sağlığını, ekonomik refahı ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemeye devam etmesini sağlamaktadır (Chen vd., 2024; Tian vd., 2024, Han vd., 2025).

Su kalitesi parametrelerini kılavuzlarla karşılaştırmaya yönelik geleneksel yaklaşım basittir ancak kapsamlı bir değerlendirme için yetersizdir (Liu vd., 2021). Su kalitesi parametrelerinin sayıca fazla ve farklı nitelikte olması, değerlendirme sürecini oldukça karmaşık hale getirmektedir. Literatürde, su kalitesinin değerlendirilmesi ve yönetimi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (BÇKKV) yöntemleri henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu yöntemlerin su kalitesi değerlendirmelerine entegrasyonu, karmaşık karar süreçlerinin daha sistematik yönetilmesine, tutarlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

Araştırmanın Konusu ve Problemi

Güvenli içme suyu, insan sağlığı ve refahı için temel bir gerekliliktir ve bu nedenle uluslararası bir insan hakkı olarak tanınmaktadır. Geleceğin en önemli problemlerinden birinin sürekli olarak artan nüfusun su ihtiyacını sağlamak olduğu düşünüldüğünde bu kaynakların yönetimi büyük bir önem taşımaktadır. Su kalitesine gereken önemin verilmesi, toplumların sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle yakından ilişkilidir. Suyu etkili ve doğru bir şekilde korumak, tüm canlıların geleceğini de korumak anlamına gelir. Bu çalışmada, su kalitesinin değerlendirilmesi için Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (PFAHP) ve İdeal Çözüme Benzerlik Temelli Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler, karar verme sürecindeki belirsizlikleri ve karmaşıklıkları azaltarak daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Çalışmanın amacı, belirlenen kriterler doğrultusunda su kalitesini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek ve su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımına katkı sağlamaktır.

Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada, içme suyu kalitesi fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler kullanılarak BÇKKV temelli bir çerçeveye değerlendirilmiştir. Belirlenen kriterler, bulanık mantık yaklaşımıyla ağırlıklandırıldıktan sonra alternatiflerin (depo örneklerinin) sıralanmasında kullanılmak üzere tek bir kalite skoru üretilmiştir. Elde edilen skorlar ve sıralama, etkin ve sürdürülebilir su yönetimi kararlarını desteklemeyi amaçlamaktadır.

Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Dünya nüfusunun hızla artması, kentleşme ve endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaşması, temiz ve güvenli su kaynaklarına olan talebi her geçen gün artırmaktadır. Bununla birlikte, su kaynaklarının sınırlı olması ve mevcut kaynakların kirlilik gibi faktörlerle tehdit edilmesi, su kalitesinin izlenmesini ve yönetilmesini kritik bir hale getirmiştir. Çalışmada kullanılan yöntem (PFAHP + TOPSIS) karar vericiye ölçülebilir ve önceliklendirilmiş bir kalite skor değeri sağlar. Böylece hangi depolara öncelikle müdahale edilmeli sorusuna nicel bir yanıt sunar.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu çalışma Bayburt'un 170 köyünde bulunan 210 içme kullanma suyu deposundan, numune sonuçları temin edilebilen 130 su deposu ile sınırlıdır. Bölgesel karşılaştırma amacıyla çevre illerden su numunesi verileri temin edilemediğinden çalışmaya dahil edilememiştir. Bu nedenle bulgular değerlendirilen bölge, dönem ve örneklem sayısı ile sınırlı olduğundan genellenebilirlik kısmen sınırlı kalmıştır.

Varsayımlar

Çalışılan 130 su numunesinin numune alma, saklama ve taşıma süreçlerinin ilgili standartlara uygun olarak yürütüldüğü varsayılmıştır. Su numunelerinin analizlerinin yapıldığı laboratuvarların iç ve dış kalite kontrollerinin eksiksiz yapıldığı, resmi izinle temin edilen analiz sonuçlarının güvenilir ve doğru olduğu kabul edilmiştir.

Uzman seçiminde belirlenen üç katılımcının kendi alanında yetkin, güncel literatüre hâkim ve konuya özgü bilgiye sahip oldukları kabul edilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. LİTERATÜR TARAMASI

Son yıllarda pek çok alanda uygulama bulan BÇKKV yöntemleri üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Su kalitesi alanında ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı araştırmalar “Water Quality”, “MCDM”, “Sustainability”, “Pythagorean Fuzzy AHP (PFAHP)” ve “TOPSIS” anahtar kelimeleri kullanılarak çeşitli veri tabanlarında taranmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 1’de sunulmuştur. Bu kapsamda literatürde yer alan güncel ve konuya uygun çalışmalar seçilerek aşağıda detaylı biçimde ele alınmıştır.

Tablo 1: Su Kalitesi, PFAHP, TOPSIS ve Sürdürülebilirlik; Literatür Taraması

Veri Tabanı	Su Kalitesi	Su Kalitesi +MCDM	Su Kalitesi + PFAHP	Su Kalitesi + TOPSIS	PFAHP	Su Kalitesi +Sürdürülebilirlik
Web of Science	398086	295	1	466	214	13468
Scholar	6110000	180000	2	55000	9870	5320000
Scopus	554152	580	2	617	195	17714
Ulusal Tez Merkezi	592	3	0	1	6	0

Erişim tarihi: 16.10.2025

Bu kapsamda Gagnon vd. (2007), yaptıkları çalışmada, su kalitesi izleme yöntemlerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesini ele almışlardır. Sınırlı kaynaklar dikkate alınarak, çevresel, ekonomik, teknik ve sosyal kriterler tanımlanmış ve bu kriterlere göre yeni izleme araçları incelenmiştir. Özellikle biyosensörler ve pasif örnekleyiciler gibi yenilikçi yöntemlerin, ekonomik uygunluk, hızlı sonuç verme ve kullanım kolaylığı açısından sürdürülebilirlik kriterlerini büyük ölçüde karşıladığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, bu araçların kontrol doğrulama eksiklikleri nedeniyle daha az tercih edildiği ve bu durumun çözülmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Gorde ve Jadhav (2013), yaptıkları çalışmada, Hindistan’da birden fazla gölde su kalitesinin mevsimsel trend analizi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri kullanmışlardır. Çalışmada, su kalitesi parametrelerinin (pH, çözünmüş oksijen (DO), biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam çözünmüş katılar (TDS), fosfor, azot ve klorofil-a) düzenli izlenmesi gerektiği belirtilmiş ve Su Kalitesi İndeksi (WQI) yöntemiyle mevsimsel değişiklikler analiz edilmiştir. Bulgular, yaz aylarında su kalitesinin önemli ölçüde düştüğünü göstermiştir. Çalışmada kirlilik kaynaklarının yönetimi ve koruma stratejilerinin uygulanmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Kavurmacı ve Üstün (2016), yaptıkları çalışmada, Eski Ovası’ndaki yeraltı suyu kalitesini fiziksel, kimyasal parametreler ve jeostatiksel yöntemler kullanarak değerlendirmiştir. Araştırmada, Mayıs 2015 – Eylül 2015 tarihlerinde 21 sulama kuyusundan

alınan su örnekleri kullanılarak Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile analiz edilmiştir. Parametreler dört ana kriter ve on sekiz alt kriter (fiziksel parametreler (pH, elektriksel iletkenlik, sertlik, bulanıklık ve sıcaklık), kimyasal parametreler (klorür, sodyum, sülfat, alkalinite ve sodyum adsorpsiyon oranı), ağır metaller (arsenik, bor, lityum ve baryum) ve organik parametreler (toplam organik karbon, toplam azot, amonyum ve nitrat)) üzerinden değerlendirilmiş ve kalite skoru oluşturulmuştur. Belirlenen Su Kalite İndeksi çok yüksek kalite, yüksek kalite, orta kalite ve düşük kalite olarak dört grupta değerlendirilmiştir. Çalışma ile yüksek su kalitesine sahip alanların Kriging yöntemiyle haritalanarak, tarımsal verimliliğin artırılması, düşük kaliteli su bölgelerinde açılan kuyulardan kaynaklanan ekonomik zararların azaltılması hedeflenmiştir.

Sutadian vd. (2017), yaptıkları çalışmada Endonezya'nın Batı Cava bölgesindeki nehirler için WQI geliştirmek amacıyla, 13 parametre ve 7 parametre grubuna dayalı iki farklı AHP modeli uygulamıştır. Belirlenen parametreler; fiziksel (sıcaklık, askıda katı madde), oksijen tükenmesi (kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), DO), besin maddeleri (nitrit, toplam fosfat), organikler (deterjan, fenol), iyonlar ve mineraller (klorür), ağır metaller (çinko, kurşun, cıva) ve mikrobiyoloji (fekal koliform) olarak belirlenmiştir. İlk AHP modelinde COD (0,102–0,85) ve DO (0,103–0,164) yüksek ağırlık alırken, ikinci modelde oksijen tükenmesi (0,160–0,233) ve mikrobiyoloji (0,098–0,249) öne çıkmıştır. Her iki modelde de COD, DO ve fekal koliform yüksek ağırlık almış, ancak hem tek parametre hem de grup ağırlıklarını verebilmesi nedeniyle ikinci AHP modeli daha kapsamlı bulunarak tercih edilmiştir.

Gholson vd. (2018), yaptıkları çalışmada, 2008 ve 2014 yıllarında Teksas'ta yapılan anket verilerini kullanarak halkın içme suyuna ilişkin tutum ve algılarını değerlendirmiştir. Katılımcıların çoğu içme sularının yüksek kalitede olduğuna inandıklarını belirtmiş, %81,4'ü musluk suyunun güvenli olduğunu söylemiştir. Özel kaynaklardan su kullananlarda bu oran %92,1'e çıkarken, şişelenmiş suda %57'ye düşmüştür. Ayrıca, özel kaynaklardan su kullanan halkın %65'inden fazlası sularını hiç test ettirmemesine rağmen %81,3'ü bulundukları bölgedeki yeraltı suyunun iyi veya mükemmel kalitede olduğuna inandığını belirtmiştir. Su kirliliğine dair tutumların, kentsel ve kırsal bölgeler arasında farklılık gösterdiği, kentsel kullanıcıların daha yüksek bir risk algısına sahip olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, su kalitesi algılarındaki bu farklılıkların su kaynaklarının korunması ve farkındalık artırıcı programların geliştirilmesi için kritik olduğunu vurgulanmıştır.

Zhang vd. (2018), yaptıkları çalışmada Çin'in Deyang şehrindeki beş yerleşim yerinde yeraltı suyu kalitesini değerlendirmek için oyun teorisi temelli bir TOPSIS modeli geliştirmiştir. Bu modelde, FAHP yöntemiyle elde edilen subjektif ağırlıklar ve Entropi

yöntemiyle belirlenen objektif ağırlıklar birleştirilerek dengeli bir değerlendirme yöntemi sunulmuştur. Değerlendirme için Permanganat İndeksi, TDS, Fe, Mn, klorür ve SO₄ olmak üzere altı kriter seçilmiştir. Bu kriterler arasında, Mn 0,2017 ile en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak hesaplanmıştır. Modelin uygulanması sonucunda, beş yeraltı suyu kaynağından üçü iyi kalite, ikisi ise orta kalite olarak sınıflandırılmıştır.

Işık (2018) tarafından yapılan çalışmada Aksaray Mamasın Baraj Gölü'nün trofik durumu ve su kalitesi değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler barajın trofik durumunun özellikle ilkbahardan kışa kadar hipertrofik seviyede seyrettiği ve bu süreçte belirgin su kalitesi değişimlerinin yaşandığı görülmüştür. İçme suyundaki kalite sorunlarının gölü besleyen kaynaklardan çok gölün kendi içindeki ötrofikasyon sürecinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Bölgede ötrofikasyon ve su kalitesi sorunlarının giderilmesi için arıtma teknolojileri ve çözüm odaklı çalışmaların akademik kurumlar, merkezi ve yerel idarelerle daha koordineli yürütülmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Ewaid vd. (2020), yaptıkları çalışmada, Irak içme suyu kalitesini belirlemek için yerel bir indeks (Irak WQI) geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Başlangıçta seçilen 25 parametreden dokuzu, Irak koşullarında etkisiz oldukları için elenmiş; geri kalan 16 parametreden ise istatistiksel analiz ve Delphi uzman görüşü yöntemiyle TDS, DO, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam sertlik, Cl⁻ ve toplam koliform olmak üzere toplam altı parametre belirlenmiştir. Sınıflandırma için kalite eğrileri ve ağırlıklar kullanılarak çok iyiden çok kötüye bir sınıflandırma oluşturulmuş, ardından indeks Dicle Nehri ve diğer Irak nehirlerine uygulanmıştır. Yerel indekse toplam koliform eklenmesi ve ilgisiz parametrelerin etkisini ortadan kaldırılması ile daha doğru sonuçlar bulunduğu belirtilmiştir.

Moghadam vd. (2021), yaptıkları çalışmada, İran'ın Kohgiluyeh ve Boyer-Ahmad Eyaletinde su kalitesini değerlendirmek için FAHP ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanmıştır. Çalışmada, rastgele belirlenen 35 kuyudan alınan su örneklerinde potasyum, sodyum, magnezyum, kalsiyum, klorür, sülfat, pH, TDS, sodyum absorpsiyon oranı ve alkalinite parametreleri analiz edilmiştir. pH ve Ca "0,2" ağırlık ile en yüksek öneme sahip çıkmıştır. CBS, AHP ve bulanık üyelik fonksiyonları bir arada kullanılarak bölgedeki yeraltı suyu kalitesi incelenmiştir. Tarım ve kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde su kalitesinin düşük olduğu vurgulanmıştır.

Teklitz vd. (2021), yaptıkları çalışmada Ohio'daki Little Miami Nehri havzasının mikrobiyal su kirliliğini ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini değerlendirmek için güvenilirlik teorisini kullanmıştır. Su kalitesi, *E. coli* açısından Mayıs 2010- Mayıs 2014 arasında dört noktada izlenmiştir. Çalışmada, mikrobiyal taşınım fizik tabanlı bir modelle ele

alınmış, su kalitesini etkileyen güvenilirlik, kırılabilirlik ve dayanıklılık kullanılarak sürdürülebilirlik indeksi türetilmiştir. Daha sonra yapılan analizler coğrafi bilgi tabanlı haritalar oluşturulmasında kullanılmıştır.

Sonavane vd. (2021), yaptıkları çalışmada, içme ve kullanma suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla FAHP ve TOPSIS yöntemlerini birleştirerek bir su kalite değerlendirme sistemi geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada, farklı sayılarda su örneği içeren beş veri seti (100, 200, 300, 400 ve 500 örnek) kullanılmıştır. Belirlenen altı kriterin (arsenik, amonyak, demir, nitrat, DO ve pH) ağırlıkları hesaplanmış, hesaplanan ağırlıklar TOPSIS ile belirlenen “mükemmel: skoru $\geq 0,8$ ”, “iyi: $0,6 \leq \text{skoru} < 0,8$ ”, “kötü: $0,3 \leq \text{skoru} < 0,6$ ” ve “uygun değil: skoru $< 0,3$ ” kalite seviyelerine atanmıştır. Sonuçlar, TOPSIS + FAHP yönteminin, yalnızca FAHP yöntemine kıyasla daha doğru sınıflandırma yaptığını göstermiştir. Doğruluk, standart hata değerleri üzerinden ölçülmüş ve TOPSIS yönteminde bu hata oranının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, TOPSIS yönteminde rastgele ağırlıklar ile yapılan analiz de karşılaştırılmış, FAHP ile elde edilen ağırlıkların rastgele ağırlıklara göre çok daha iyi performans sağladığı gösterilmiştir.

Singh vd. (2021), yaptıkları çalışmada Ganj Nehri’nden belirlenen beş istasyondan 1990–2016 arasında toplanan veriler kullanılarak su kalitesini değerlendirmek için FAHP tabanlı bir WQI geliştirmiştir. FAHP kullanılarak DO, sıcaklık, pH, elektrik iletkenliği, TDS, NH_3 , NO_3 , silisyum dioksit, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam sertlik, toplam alkalinite, Ca, Mg, Na, K, Cl, SO_4 , F, bor, bikarbonat ve toplam sertlik olmak üzere 22 kriter ağırlığı hesaplanmıştır. Kriterler arasında WQI üzerinde en etkili faktör bikarbonat olarak tespit edilmiştir. Bu durumun başlıca kirlilik kaynaklarının kanalizasyon deşarjı, kentleşme, şehrsel faaliyetler, ekolojik ayak izi ve tarım alanlarının genişlemesi olduğu belirtilmiştir.

Akhtar vd. (2021), yaptıkları çalışmada su kalitesini değerlendirmek amacıyla WQI yöntemini daha basit bir hesaplama süreciyle optimize etmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada, 1960–2020 yılları arasında yayımlanmış 167 çalışma kullanılarak 46 WQI yöntemi incelenmiştir. WQI’nin daha az çaba ile yüksek doğrulukla hesaplanabilmesi için ÇKKV tekniklerinden AHP ve MACBETH kullanılmıştır. Bu iki yaklaşım, parametrelerin ağırlıklandırılması ve alternatiflerin sıralanmasında uygulanmıştır. Çalışma, su kaynaklarının izlenmesinde içme, endüstriyel, sulama ve evsel kullanım amaçlarını dikkate alan bir değerlendirme yaklaşımı sunmuştur.

Gümüş (2021), yaptığı çalışmada Afyonkarahisar Akarçay Akarsuyu’nda 3 farklı istasyondan 2019-2020 yılları arasında mevsimsel dönemlerde alınan su örneklerinde fizikokimyasal (kimyasal oksijen ihtiyacı, amonyum, nitrit, nitrat, klorofil-a, toplam fosfat, Cl,

toplam sertlik, sülfat, renk, askıda katı madde, bulanıklık) ve ağır metal (Co, Mo, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Zn) parametreleri incelenmiştir. PCI analizine göre fizikokimyasal parametreler ile ağır metaller arasında hem pozitif hem de negatif yönde korelasyonlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, WHO, EPA ve yerel su kalite standartlarında belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda su kalitesinin I. ve IV. sınıf aralığında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Çıtakoğlu ve Özeren (2021) tarafından yapılan çalışmada, Sakarya Havzası'nda 1995-2014 yılları arasındaki su kalitesi verileri kullanılarak, DO değerinin yapay sinir ağları ile modellenmesi yapılmıştır. Giriş verileri sıcaklık, elektriksel iletkenlik, pH, biyolojik oksijen ihtiyacı ve aylar olarak belirlenmiştir. Verilerin %80'i eğitim, %20'si test için kullanılmıştır. Nash–Sutcliffe model verimlilik katsayısı 0,719 olarak hesaplanmış ve bu değer 0,7–0,9 aralığında yer aldığından modelin yüksek düzeyde tahmin performansına sahip olduğu kabul edilmiştir. Çalışmada DO değerinin diğer su kalitesi parametreleri ile tahmininde çok katmanlı yapay sinir ağları modellerinden yararlanılabileceği ortaya konulmuştur.

Ayaz vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Bozçay'ın yüzeysel su kalitesinin belirlenmesinde Nisan 2014-Aralık 2014 dönemlerinde 3 istasyonda 4 kez fizikokimyasal ve 1 kez yaz döneminde biyolojik parametreler izlenmiştir. Ölçülen fizikokimyasal (pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, DO, nitrat azot, toplam azot, fosfat fosforu, toplam fosfor, toplam organik karbon, çözünmüş madde ve askıda katı madde) ve biyolojik parametreler (makroomurgasızlar) değerlendirilerek mevsimsel su kalitesi değişimleri incelenmiştir. Çalışmada üç istasyonda da fizikokimyasal parametreler açısından su kalitesi II. sınıf (az kirlenmiş), biyolojik parametreler açısından ise III. sınıf (orta kalite) olarak tespit edilmiştir. Fizikokimyasal parametrelerden elde edilen sonuçlar biyolojik izleme bulguları ile karşılaştırıldığında ise üç istasyonun da Biological Monitoring Working Party indeksine göre orta düzeyde veya çok kirlenmiş su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Sarkar ve Majumder (2021), yaptıkları çalışmada, Haora Nehri'nde 8 istasyondan alınan örnekler kullanılarak AHP ve MACBETH teknikleri ile yeni bir WQI geliştirmeyi hedeflemiştir. Çalışma için literatür taraması ve atıf sıklığına göre DO, Cl⁻, kimyasal oksijen ihtiyacı, bulanıklık, pH, TDS ve toplam sertlik olmak üzere 7 kriter belirlenmiştir. Parametrelerin önem derecelerini belirlemede AHP uygulanmış ve sonuçlar MACBETH yöntemi ile değerlendirilmiş ve National Sanitation Foundation Water Quality Index ile karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemde de pH "0,33" ağırlıkla en önemli parametre olarak belirlenmiştir. Çalışma, ÇKKV tekniklerinin su kalite hesaplamasında daha doğru, daha az emek gerektiren ve uygulanması kolay bir yöntem sunduğunu göstermiştir.

Qu vd. (2022), yaptıkları çalışmada, Mihe-Weihe Nehir Havzası'nda yeraltı suyu kalitesi, iki boyutlu (yatay düzlem) ve dikey yönde (derinlik) analiz edilerek üç boyutlu bir model olan Traditional Water Quality Index ile değerlendirmiştir. NO_3^- , NO_2^- , F^- ve As toksikolojik göstergeleri kullanılmış; subjektif ağırlıklar T-küresel bulanık teori ve TOPSIS yöntemiyle, objektif ağırlıklar ise kaba küme teorisi ile hesaplanarak oyun teorisi ile birleştirilmiştir. Sonuçlara göre, su kalitesi genel olarak orta düzey Sınıf III olarak belirlenmiştir. Risk değerlendirmesi, NO_3^- , NO_2^- kirliliğinin başlıca faktör olduğunu ve riskin mevsimsel değişimlerle, özellikle yağışlı mevsimde, daha yüksek olduğunu göstermiştir. Çalışma, su kalitesi analizini mekansal, derinlik ve mevsimsel değişim boyutunda genişleterek ekosistem ve insan sağlığı üzerindeki risklerin daha etkin bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımıştır.

Nabizadeh vd. (2022), yaptıkları çalışmada, İran'daki 71 farklı ambalajlı su markalarının kalitesini değerlendirmek ve sıralamak için FAHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak, belirlenen kriterlerin ağırlıklarını hesaplamışlardır. Estetik açıdan önemli kimyasal bileşikler (Al, NH_4 , Cl, Sertlik, Fe, Mn, Na, K, SO_4 , Ca, Mg, HCO_3 , PO_4 , ALK, TDS, korozyon indeksi, pH), kanserojen kimyasallar (As, Pb), patojenik kimyasallar (Cd, Cr, Hg, Ni, Ag, NO_3 , NO_2), toksisite açısından önemli kimyasallar (Sb, V, Tl, B, Co), düşük toksisiteye sahip önemli kimyasallar (Cu, Se, Zn, Sn, Mo, Li, F), sağlık üzerinde etkisi olmayan kimyasallar (Be, Ba, Sr) ve bakteriyolojik parametreler (HPC, koliform, *Pseudomonas aeruginosa*) olarak sınıflandırılmıştır. Seçilen kriterler arasında 0,368 ağırlığındaki kanserojen kimyasallar en önemli bileşik olurken, bunu sırasıyla bakteriyolojik, patojen kimyasallar, toksisite açısından önemli kimyasallar, toksisite düzeyi düşük kimyasallar, estetik etkilerle ilgili kimyasal bileşikler ve sağlık etkileri olmayan kimyasal bileşikler takip etmiştir.

Priya ve Kumaravel (2024), yaptıkları çalışmada, Thirumanimutharu Nehri'nin su kalitesini değerlendirmek amacıyla, Picture Fuzzy PROMETHEE II ve AHP yöntemlerini entegre ederek yeni bir karar verme çerçevesi geliştirmiştir. pH, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, fekal koliform ve toplam fekal koliform olmak üzere 4 kriter belirlenmiştir. Yapılan AHP ağırlıklandırmasında toplam fekal koliform (%55,20) en kritik parametre olarak hesaplanmıştır. Çalışmada su kalitesinde mevsimsel değişiklikler tespit edilmiş, mart ayında su kalitesinin düşük, kasım ayında ise kabul edilebilir seviyede olduğu gösterilmiştir. Bu zamansal dalgalanmalar, su kalite sonuçlarının farklı dönemlerde değişebileceğini göstermiştir.

Le ve Nguyen (2024), yaptıkları çalışmada Vietnam'ın Can Tho şehrinde iki mevsimde (kurak ve yağışlı) 38 yüzey suyu izleme noktasından elde edilen 18 parametreyi (sıcaklık, pH, DO, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam askıda katı madde (TSS),

nitrit, nitrat, amonyum, $P-PO_4^{3-}$, demir, florür, kurşun, arsenik, cıva, koliform ve klor-fosfor bazlı pestisitler) kullanarak su kalitesini sınıflandırmak ve müdahale önceliğini belirlemek amacıyla Entropi, uyum derecesi denklemi (HDE), ötrofikasyon indeksi ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Entropi ağırlıklarına göre en belirleyici parametreler koliform (0,190), nitrit (0,155), demir (0,140) ve amonyum (0,130) olarak belirlenmiştir. Bulgular, her iki mevsimde de DO'nun düşük olduğunu ve TSS ile koliform kaynaklı kirliliğin mevcut olduğunu, yağışlı mevsimde su kalitesinin daha düşük olduğunu göstermiştir. HDE'ye göre kurak mevsimde su kalitesi, uygun arıtma ile evsel kullanım için elverişli (Seviye II) iken, yağışlı mevsimde uygunluk sulama düzeyindedir (Seviye III). Ötrofikasyon indeksi sonuçları, ötrofikasyonun kurak mevsimde daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. TOPSIS yöntemi ile izleme noktaları su kalitesine göre sıralanmış ve öncelikli müdahale gerektiren noktalar belirlenmiştir.

Han vd. (2025) yaptıkları çalışmada, küresel su kıtlığını ele almak amacıyla, sürdürülebilir su yönetimi stratejilerini TOPSIS ve FTOPSIS yöntemleriyle değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede su verimliliği, maliyet etkinliği, çevresel etki, sosyal eşitlik ve teknolojik uygulanabilirlik olmak üzere 5 kriter belirlenmiştir. Sonuçlara göre, 3 alternatiften yağmur suyu hasadı, sosyal eşitlik ve çevresel sürdürülebilirlikte öne çıkarak 0,640 yakınlık değeriyle en dengeli seçenek olarak belirlenmiştir. Su geri dönüşümü 0,608 değeriyle teknolojik uygulanabilirliğiyle ikinci sırada yer almıştır. Tuzdan arındırma ise yüksek verimliliğe rağmen yüksek maliyet nedeniyle 0,578 değeriyle üçüncü alternatif olarak belirlenmiştir.

Rehman vd. (2025) tarafından yapılan çalışmada Pakistan'ın Talagang Bölgesi'nde el pompaları, dereler, kaynaklar, açma kuyular ve sondaj kuyuları gibi farklı kaynaklardan alınan toplam 98 su örneği fizikokimyasal açıdan değerlendirilmiş; sulama suyu kalite indeksi, insan sağlığı risk değerlendirmesi ve WQI kullanılarak bölgedeki suyun tarımsal kullanım, içme amaçlı uygunluk ve sağlık riskleri açısından durumu incelenmiştir. WQI sonuçlarına göre, örnekleme noktalarının %20,89'u orta, %27,46'sı ise kötü kaliteye sahip olup, insan tüketimine uygun olmadığı gösterilmiştir. İnsan sağlığı risk değerlendirmesine göre, çalışma alanındaki yetişkin erkek ve kadınlara kıyasla çocukların daha yüksek risk altında olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, örnekleme noktalarının büyük bir kısmının sulama amacı için uygun olduğu belirtilmiştir.

Das (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Mahanadi Nehri'nden 2020-2023 yılları arasında 19 farklı noktadan su örnekleri toplanmış, fizikokimyasal (elektriksel iletkenlik (EC), DO, TDS, Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , F^- , Fe^{2+} , B^+ , toplam sertlik, toplam askıda katı madde,

biyokimyasal oksijen ihtiyacı, COD, Toplam Kjeldahl Azotu (TKN), amonyak azotu, sodyum adsorpsiyon oranı, serbest amonyak) ve mikrobiyolojik parametreler (total koliform) analiz edilmiştir. WQI, CBS, ÇKKV yöntemlerinde EDAS ve Yapay Sinir Ağı modelleri kullanılarak su kalitesi sınıflandırılmış ve kirliliğe neden olan kriterler belirlenmiştir. EDAS modeli kullanılarak, en kirli noktalar sıralanmıştır. SP (9) isimli nokta yüksek total koliform, TKN, EC, TDS, Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- ve Fe^{2+} seviyeleri nedeniyle en kirli bölge olarak belirlenmiştir.

Fathi vd. (2025) yaptıkları çalışmada, İran'daki Dehgolan Ovası'nda su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlamak ve su kalitesinin korunması için Water Evaluation and Planning modeli ve ÇKKV yöntemi kullanarak dört farklı su yönetim senaryosunu değerlendirmiştir. Entropi yöntemi ile 12 kriterin (su stresi, yeraltı suyuna bağımlılık, ekolojik ihtiyaçların karşılanma yüzdesi, kişi başına düşen yenilenebilir su miktarı, içme suyu ihtiyacının karşılanma yüzdesi, endüstri su ihtiyacının karşılanma yüzdesi, tarımsal su ihtiyacının karşılanma yüzdesi, etkililik, fizibilite, halk katılımı, istihdam yaratma ve uygulama ekonomik riski) ağırlığı hesaplanarak en yüksek ağırlık 0,611 ile yeraltı suyuna bağımlılık olmuştur. TOPSIS yöntemi ile yapılan analiz sonucunda, sulama desenlerinin ve verimliliğinin iyileştirilmesi en etkili strateji olarak belirlenmiştir. Atık suyun yeniden kullanımı ve yapay beslemenin de su kaynaklarını iyileştirmede önemli katkılar sağladığı çalışmada belirtilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden PFAHP ve TOPSIS teknikleri birlikte kullanılmıştır. Bu yöntemlerin seçilme nedeni, su kalitesi gibi çok boyutlu ve karmaşık bir sürecin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin önem derecesine göre ağırlıklandırılmasını ve alternatiflerin kalite düzeyine göre sıralanmasını sağlamaktır. PFAHP, uzman görüşlerine dayalı kriter ağırlıklarını belirlemede, TOPSIS ise bu ağırlıkların su kalite kriterlerine uygulanarak alternatiflerin sıralamasında kullanılmıştır. PFAHP ve TOPSIS hesaplamalarında Microsoft Excel, korelasyon hesaplamalarında ve grafik çiziminde ise Minitab programından yararlanılmıştır.

2.1. BULANIK KÜMELER

Günlük yaşamda kesin yargılara varmamızı zorlaştıran pek çok belirsizlik durumu vardır. Bu tür belirsizliklerin ele alınmasında Zadeh (1965) tarafından önerilen bulanık küme teorisi önemli bir yaklaşım sunar. Geleneksel küme anlayışında öğeler “üye” ya da “üye değil” şeklinde kesin biçimde sınıflandırılırken bulanık kümelerde üyelik, 0 ile 1 arasındaki bir üyelik derecesiyle ifade edilir (Ecer, 2007; Bıyık, 2022).

Bulanık küme teorisi, öğelerin bir kümeye belirli bir üyelik derecesiyle dahil olmasına olanak tanıyarak, gerçek yaşam uygulamalarında var olan belirsizliğin modellenmesinde önemli bir yaklaşım sunmuştur (Oh vd., 2025). Bu yaklaşıma göre, A kümesindeki bir elemanın üyelik derecesi “ μ_A ”, üyelik dışı olma derecesi ise “ $1 - \mu_A$ ” ile gösterilir ve bu iki değer toplamı daima 1’e eşittir. Ancak gerçek yaşam uygulamalarında, bu varsayım her zaman belirsizlikleri tam olarak yansıtamayabilir; dolayısıyla yöntem her durumda yeterince etkili olmayabilir (Çınar ve Uygun, 2019).

2.2. PİSAGOR BULANIK KÜMELER

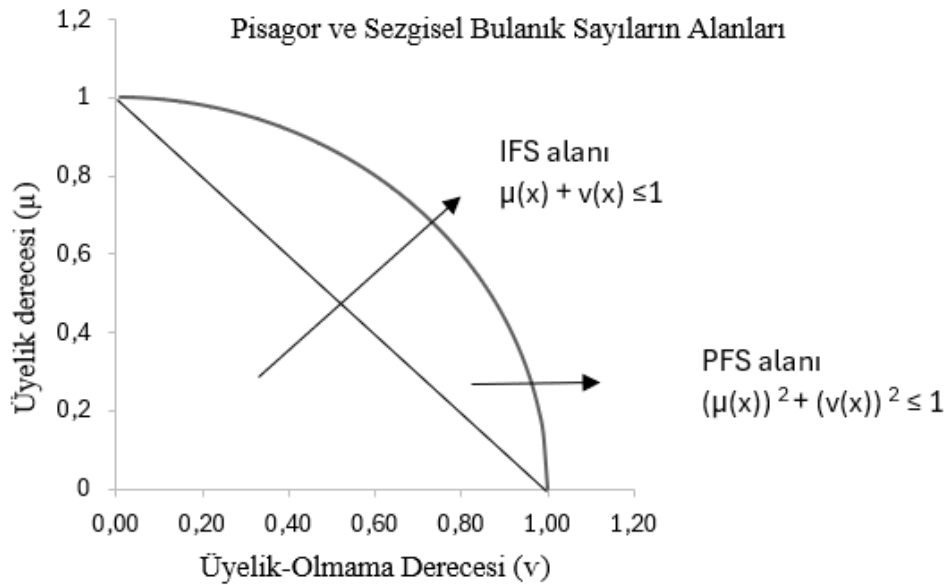
Atanassov (1983), bulanık küme kavramının bir uzantısı olan Sezgisel Bulanık Kümeler (IFS) kavramını önermiştir. Bu yeni yaklaşımda, bir elemanın bir “bulanık” kümeye üyelik derecesine ek olarak, aynı birim aralık içinde bir de üye olmama derecesi tanımlanmıştır. Bu iki derece toplamda 1’e eşit olmak zorunda değildir, ancak yine de $[0,1]$ aralığında kalırlar. Üye ve üye olmama derecelerinin toplamının 1’den küçük olması durumunda ortaya çıkan fark, üçüncü bir derece olan “belirsizlik derecesini” oluşturur. Atanassov’un öncüsü olduğu bu yaklaşım, belirsizliği dikkate alma yeteneği sayesinde, özellikle belirsizlik analizi ve karar verme alanlarında son derece güçlü ve esnek bir araç haline gelmiştir (Angelov ve Sotirov,

2016).

IFS teorisinde her eleman üyelik (μ), üyelik-olmama (v) ve tereddüt ya da kararsızlık derecesi (π) olmak üzere üç bileşenden oluşur ve Denklem (1) koşulunu sağlar (Gökler, 2025).

$$\mu_{ij} + v_{ij} + \pi_{ij} \leq 1 \quad (1)$$

Ancak bazı durumlarda, üyelik ve üyelik olmama derecelerinin toplamı 1'den büyük olabilmektedir; bu tür durumlarda IFS yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, Yager (2014) tarafından Pisagor Bulanık Kümeler (PFS) geliştirilmiştir. Bu kümeler, IFS'nin genelleştirilmiş bir halidir ve sezgisel kümelerin belirsizliği ifade edemediği bazı durumları da kapsayabilmektedir. Bu gelişme, PFS'i belirsizlik içeren problemleri çözmede daha güçlü ve esnek hale getirmiştir. PFS'de, IFS'nin aksine, üyelik ve üyelik olmama derecelerinin toplamı 1'i aşabilir; ancak karelerinin toplamı 1'i aşamaz (Zhang ve Xu, 2014; Zeng vd., 2016; İlbarhar vd., 2018; Yücesan ve Gül, 2020). Şekil 1'de IFS ve PFS alanlarının gösterimi verilmiştir. Çizimde Oh vd. (2025) çalışmasından faydalanılmıştır.



Şekil 1: IFS ve PFS Alan Karşılaştırması

X evrensel kümesi verildiğinde bir PFS, Peng ve Yang (2016) tarafından Denklem (2) ile tanımlanır (Peng ve Yang, 2016; Haktanır ve Kahraman, 2019).

$$\tilde{P} = \left\{ \langle x, (\mu_p(x), v_p(x)) \rangle \mid x \in X \right\} \quad (2)$$

PFS, üyelik (μ_p) ve üyelik dışı (v_p) dereceleriyle Denklem (3) ve Denklem (4) ile ifade edilir.

$$\mu_p: X \rightarrow [0,1] \quad (3)$$

$$\nu_p: X \rightarrow [0,1] \quad (4)$$

Her $x \in X$ için Denklem (5) koşulu sağlanır.

$$0 \leq (\mu_p(x))^2 + (\nu_p(x))^2 \leq 1 \quad (5)$$

Tereddüt derecesi Denklem (6) ve Denklem (7) ile tanımlanır.

$$\pi_p(x) = \sqrt{1 - (\mu_p(x))^2 - (\nu_p(x))^2} \quad (6)$$

$$\pi_p^2(x) = 1 - (\mu_p(x))^2 - (\nu_p(x))^2 \quad (7)$$

2.3. PİSAGOR BULANIK AHP

Karar verme, karar vericinin mevcut seçenekler arasında bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yaparak bir sorunu çözme sürecidir. ÇKKV yöntemleri, birden fazla kriter temelinde seçenekleri değerlendirmek ve önceliklendirmek için kullanılan temel analitik tekniklerden biridir. Bu yöntemler, özellikle kararların karmaşık olduğu ve net bir optimal çözümün bulunmadığı durumlarda büyük önem taşımaktadır (Han, 2025).

Zihnin eşzamanlı karşılaştırma için 7 ± 2 faktörle sınırlı olduğu kabul edilmektedir. Bu sebeple, ölçümü mümkün kılmak için hiyerarşi kurarak problemi alt bileşenlere ayırmak karar verme problemlerinin çözümüne olanak tanır (Saaty, 1977). ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP’de, bir karar verme problemiyle ilgili kriterler kategorilere ayrılır ve bir hiyerarşi oluşturulur. Hiyerarşi oluşturulduktan sonra, uzmanlar tarafından çift yönlü karşılaştırmalar yapmak için kesin değerler kullanılır (İlbahar vd., 2018). Geleneksel AHP yaklaşımı, kriterler ve alternatiflerin değerlendirilmesi sürecinde ortaya çıkabilecek belirsizlikleri dikkate almamakta, bu durum karar verme sürecinin güvenilirliğini azaltabilmektedir. Bu eksikliği gidermek amacıyla, AHP yöntemi ile bulanık mantık birleştirilmiş ve böylece Bulanık AHP yöntemi geliştirilmiştir. Karar vericinin değerlendirmelerini AHP’deki gibi kesin ve sabit değerlerle yapması yerine, daha esnek bir değerlendirme alanı sağlayan bulanık sayılar, belirsizliği azaltmak ve daha gerçekçi sonuçlar elde etmek amacıyla kullanılır. Bu kavramı

temel alan PFAHP ise, geleneksel AHP yönteminin Pisagor bulanık kümelerle genişletilmiş bir versiyonudur (Ayyıldız ve Taşkın Gümüş, 2021; Yılmaz, 2024).

PFAHP yöntemi aşağıdaki 6 adımdan oluşmaktadır (İlbahar vd. 2018).

Adım 1: Uzmanlar, kriterleri değerlendirmek için önce ikili karşılaştırma matrisi oluşturur. Bu matristeki karşılaştırmalar, “yüksek” ya da “çok yüksek” gibi dilsel ifadeler kullanılarak yapılır ve her ifade Pisagor Bulanık (PF) sayılar ile sayısal biçime dönüştürülür. Böylece matrisin her hücresine, üyelik (μ) ve üyelik-olmama (ν) derecelerini temsil eden en yüksek (μ_u, ν_u) ve en düşük (μ_l, ν_l) değerler atanarak karar sürecindeki belirsizlik daha doğru biçimde ifade edilir (Gökler, 2025).

Uzman değerlendirmelerine bağlı olarak, Tablo 2’de gösterilen dilsel ölçeklere göre ikili karşılaştırma matrisi $A = (a_{ik})_{m \times m}$ oluşturulur.

Tablo 2: PFS Dilsel Ölçeklerin Sayısal Karşılığı Tablosu

Dilsel İfade	μ_l (Alt Değer)	μ_u (Üst Değer)	ν_l (Alt Değer)	ν_u (Üst Değer)
Aşırı Düşük (AD)	0	0	0,9	1
Çok Düşük (ÇD)	0,1	0,2	0,8	0,9
Düşük (D)	0,2	0,35	0,65	0,8
Ortalamanın Altı (OA)	0,35	0,45	0,55	0,65
Ortalama (O)	0,45	0,55	0,45	0,55
Ortalamanın Üstü (OÜ)	0,55	0,65	0,35	0,45
Yüksek (Y)	0,65	0,8	0,2	0,35
Çok Yüksek (ÇY)	0,8	0,9	0,1	0,2
Aşırı Yüksek (AY)	0,9	1	0	0
Tam Eşit (EE)	0,1965	0,1965	0,1965	0,1965

μ_l ve μ_u üyelik fonksiyonunun alt (düşük) ve üst (yüksek) değerlerini temsil eder. Ayrıca, ν_l ve ν_u ise üyelik-dışı fonksiyonunun alt ve üst değerlerini gösterir.

Adım 2: Alt ve üst değerler arasındaki fark matrisleri $D = (d_{ik})_{m \times m}$ Denklem (8) ile hesaplanır:

$$\begin{aligned}
 d_{ik_l} &= \mu_{ik_l}^2 - \nu_{ik_u}^2 \\
 d_{ik_u} &= \mu_{ik_u}^2 - \nu_{ik_l}^2
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Adım 3: Çarpımsal matris $S = (S_{ik})_{m \times m}$ Denklem (9) ile hesaplanır.

$$\begin{aligned}
 S_{ik_l} &= \sqrt{1000^{d_{ik_l}}} \\
 S_{ik_u} &= \sqrt{1000^{d_{ik_u}}}
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Adım 4: Tereddüt dereceleri $H = (h_{ik})_{m \times m}$ Denklem (10) kullanılarak hesaplanır.

$$h_{ik} = 1 - (\mu_{ik_u}^2 - \mu_{ik_l}^2) - (v_{ik_u}^2 - v_{ik_l}^2) \quad (10)$$

Adım 5: Belirginlik dereceleri, ağırlık matrisini elde etmek için $T=(t_{ik})_{m \times m}$ matrisi ile çarpılır ve normalleştirme öncesinde $T=(t_{ik})_{m \times m}$ matrisi, Denklem (11) kullanılarak hesaplanır.

$$t_{ik} = \left(\frac{s_{ik_l} + s_{ik_u}}{2} \right) h_{ik} \quad (11)$$

Adım 6: Kriterlerin ağırlıkları (w_i), Denklem (12) kullanılarak normalize edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{k=1}^m t_{ik}}{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m t_{ik}} \quad (12)$$

Matrislerin tutarlılık oranı (CR) hesaplamasında Saaty (1977) ölçeğinden yararlanılır. CR için 0,1 üst sınır olarak kabul edilmiştir. Buna göre önce Denklem (13) ile matrisin tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır (n , kriter sayısı; λ , özdeğer).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (13)$$

Daha sonra Denklem (14) ile CR hesaplanır (RI, rassal indeks).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (14)$$

2.4. TOPSIS

Karar verme problemlerinde, özellikle çeşitli ve çoğu zaman birbiriyle çelişen kriterlerin olduğu karmaşık durumlarda TOPSIS karar vericiye yapılandırılmış bir yaklaşım sunmaktadır. Yöntem ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiş ve Chen ve Hwang tarafından iyileştirilerek daha kapsamlı hale getirilmiştir (Sonavane vd., 2021). Bu yöntem, alternatif değerlendirmelerinin “pozitif ideal” ve “negatif ideal” çözüme olan uzaklıklarının birleşik bir ölçüsünü temel alarak en iyi alternatifi belirler (Dworniczak, 2015). Bu yaklaşıma göre en uygun alternatif, pozitif ideal çözümü temsil eden teorik noktaya geometrik olarak en kısa mesafeye ve aynı zamanda negatif ideal çözüme en uzun mesafeye sahip olacak şekilde konumlanmalıdır. Öklidyen mesafe, yeterli olması ve düşük hesaplama maliyeti gerektirmesi nedeniyle, alternatiflerin ideal çözüme göreceli yakınlığını değerlendirmek için literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır (Hwang ve Yoon, 1981; Chaube vd., 2024). İdeal çözüm, karar

probleminin amacını bütünüyle karşılayan, en iyi kabul edilen çözüm noktasını ifade eder. TOPSIS bağlamında ideal çözüm, fayda kriterleri için en yüksek, zarar kriterleri için ise en düşük değerlere sahip olan çözümünden oluşur. (Chaubey vd., 2024).

TOPSIS yönteminin adımları aşağıdaki gibi açıkça verilmiştir (Dworniczak, 2015) ve (Broumi vd., 2015; Çelikkalek ve Tüysüz, 2020; Han, 2025).

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ sonlu bir alternatif kümesi ve $K = \{1, 2, \dots, k\}$ kriterler kümesi olsun. Karar matrisi $S = [S_{ij}]_{n \times k}$ ($i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k$) olarak ifade edilir. Klasik TOPSIS yöntemi aşağıdaki 6 adımla gerçekleştirilir.

Adım 1: Karar matrisi oluşturulur.

Alternatifleri ve kriterleri tanımlayarak, her alternatifin her kriterdeki performansı bir matris içinde düzenlenir. Burada “ s_{ij} ” i. alternatifin j. kriterine göre değerlendirmesini ifade eder ve Denklem (15) ile ifade edilir.

$$S = [s_{ij}]_{n \times k} \quad (15)$$

Adım 2: Karar matrisi normalize edilir (r_{ij}).

Farklı birimlerdeki değerlerin karşılaştırılabilir olmasını sağlamak için normalizasyon yapılır. Buna dayanarak, normalleştirilmiş değerlerden oluşan $R = [r_{ij}]_{n \times k}$ matrisi oluşturulur. Karar matrisindeki her s_{ij} elemanı için normalleştirilmiş değer r_{ij} Denklem (16) kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{s_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n s_{ij}^2}} \quad (16)$$

Burada n, alternatiflerin sayısını temsil etmektedir. Bu işlem, değerleri [0,1] aralığına ölçeklendirir. S matrisi karar matrisi, R ise normalize edilmiş karar matrisi olarak adlandırılır.

Adım 3: Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisi Oluşturulur (t_{ij}).

Her r_{ij} değerini, ilgili kriterin ağırlığı w_j (kriter j için belirlenen ağırlık) ile çarparak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulur. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi $T = [t_{ij}]_{n \times k}$ Denklem (17) kullanılarak oluşturulur:

$$t_{ij} = w_j \times r_{ij} \quad (17)$$

Burada $w_j \in [0,1]$ ve $\sum_{j=1}^k w_j = 1$ koşulunu sağlayan j. kriterin ağırlığıdır.

Adım 4: İdeal ve Negatif-İdeal Çözümler Belirlenir.

En iyi (İdeal) çözüm $x^+ = (t_1^+, t_2^+, \dots, t_k^+)$ ve en kötü (anti-ideal) çözüm $x^- = (t_1^-, t_2^-, \dots, t_k^-)$, Denklem (18) kullanılarak belirlenir.

Fayda (benefit) kriterleri (daha yüksek değerler daha iyidir) için,

$$t_j^+ = \max_{i=1 \dots n} t_{ij}, t_j^- = \min_{i=1 \dots n} t_{ij}$$

Zarar (cost) kriteri (daha düşük değerler daha iyidir) için,

$$t_j^+ = \min_{i=1 \dots n} t_{ij}, t_j^- = \max_{i=1 \dots n} t_{ij}$$

$$x^+ = [t_1^+, \dots, t_n^+]$$

$$x^- = [t_1^-, \dots, t_n^-]$$

$$\text{burada } t_j^+ = \begin{cases} \max t_{ij} & \text{benefit kriteri} \\ \min t_{ij} & \text{cost kriteri} \end{cases}$$

$$t_j^- = \begin{cases} \min t_{ij} & \text{benefit kriteri} \\ \max t_{ij} & \text{cost kriteri} \end{cases} \quad (18)$$

Adım 5: Ayrışma Ölçüleri hesaplanır (d_i^+ , d_i^-).

Her alternatifin ideal çözüm (x^+) ve negatif-ideal çözüm (x^-) ile olan Öklid uzaklığı hesaplanır. i' inci alternatif ($i = 1, \dots, n$) için, ideal çözüme olan mesafe d_i^+ ve anti-ideal çözüme olan mesafe d_i^- Denklem (19) kullanılarak hesaplanır.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (t_{ij} - t_j^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (t_{ij} - t_j^-)^2}$$

burada d_i^+ ve d_i^- Öklidyen uzaklığa bağlı olarak pozitif ve negatif çözümlere uzaklığı ifade eder.

(19)

Adım 6: İdeal Çözüme Göre Görelî Yakınlık Hesaplanır (C_i).

i'inci alternatif ($i = 1, \dots, n$) için, ideal çözüme göre görelî yakınlık indeksi (C_i) Denklem (20) kullanılarak hesaplanır:

$$C_i^+ = (d_i^-) / (d_i^- + d_i^+) \quad (20)$$

C_i değeri 0 ile 1 arasında değişir, 1'e daha yakın olan değerler, alternatifin ideal çözüme daha yakın olduğunu gösterir. Bu hesaplama, alternatiflerin ideal çözüme ne kadar yaklaştığını ölçerek en iyi seçeneğin belirlenmesini sağlar. C_i değeri ne kadar yüksekse, i'inci alternatif o kadar iyidir. Alternatifler bu kurala göre sıralanır.

2.5. ÇALIŞMA ALANI VE ÖZELLİKLERİ

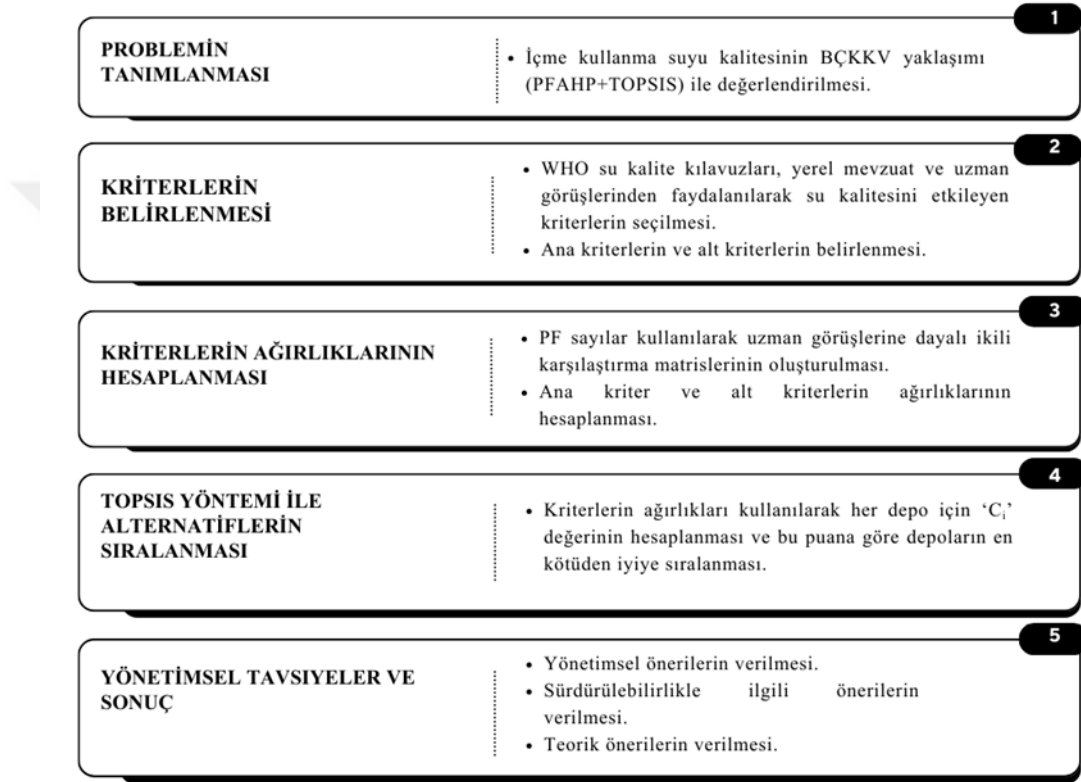
Çalışmada, Bayburt'ta 2024 yılı Haziran–Ağustos ayları arasında 130 su deposundan alınan numune örneklerinin fiziksel, mikrobiyolojik ve kimyasal analiz sonuçları kullanılmıştır. Analizler, Bayburt İl Sağlık Müdürlüğü koordinasyonunda, Bayburt Halk Sağlığı Laboratuvarı ve Erzurum Halk Sağlığı Laboratuvarında yapılmıştır. Su depolarına ait veriler, gerekli resmi izin alınarak temin edilmiştir. Etik kurallar çerçevesinde, depoların isimleri kullanılmamış ve 1'den 130'a kadar numaralandırılarak çalışmaya dahil edilmiştir.

Bayburt, Türkiye'nin kuzey doğusunda Çoruh Nehri kenarında ve denizden 1550 m yükseklikte yer alır. 3739 km² yüzölçümüne sahiptir, doğusunda Erzurum, batısında Gümüşhane, kuzeyinde Trabzon ve Rize, güneyinde Erzincan illeri bulunur. Aydıntepe, Demirözü ve Merkez olmak üzere 3 ilçesi vardır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Bayburt İl Müdürlüğü, 2025). Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) yıl bazlı il nüfus verilerine göre 2024 yılı nüfusu 83.676 kişi olarak raporlanmıştır (TÜİK, 2025).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. UYGULAMA VE BULGULAR

Çalışmada ilk olarak su kalitesini belirlemede kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için BÇKKV yöntemlerinden PFAHP ve bu ağırlıklara bağlı olarak alternatiflerin sıralanmasında TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Son adımda ise sıralanan depolara göre değerlendirmeler yapılarak yönetsel öneriler sunulmuştur. Uygulama adımları Şekil 2’de gösterilmiştir.

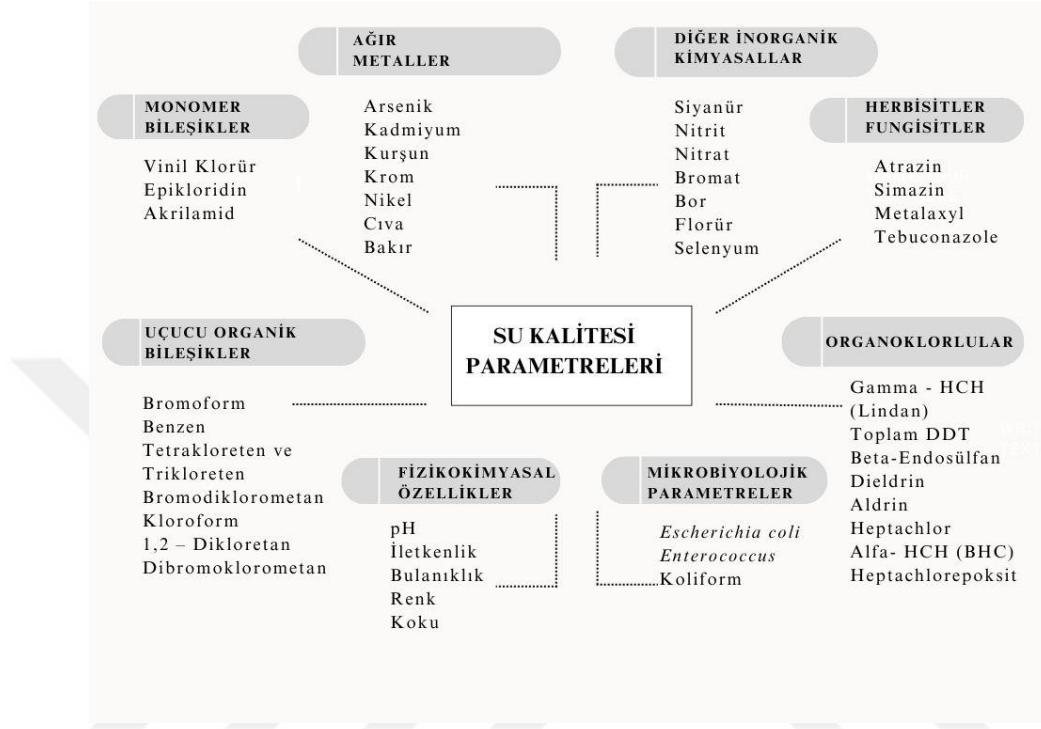


Şekil 2: PFAHP-TOPSIS ile Su Kalite Değerlendirmesi Uygulama Akış Şeması

3.1. KRİTERLERİN BELİRLENMESİ

Çalışmada kullanılacak kriterler, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2005), WHO su kalite kılavuzları, güncel literatür bulguları ve alanında uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Değerlendirme sonucunda mikrobiyolojik parametreler (*Escherichia coli* (*E. coli*), *Enterococcus* (enterokok), koliform), ağır metaller (arsenik, kadmiyum, kurşun, krom, nikel, cıva, bakır), diğer (sekonder) inorganik kimyasallar (siyanür, bromat, nitrit, nitrat, bor, florür, selenyum), herbisitler ve fungisitler (atrazin, simazin, metalaxyl, tebuconazole), organoklorlular (gamma- HCH (lindan), toplam DDT (op-DDT. pp-DDT. pp-DDD. pp-DDE), beta-endosülfan, dieldrin, aldrin, heptachlor, alfa- HCH (BHC), heptachlorepoksit (endo)), uçucu organik bileşikler (bromoform,

benzen, tetrakloreten ve trikloreten, bromodiklorometan, kloroform, 1,2 – dikloreten, dibromoklorometan), monomer bileşikler (vinil klorür, epikloridin, akrilamid) ve fizikokimyasal özellikler (pH, iletkenlik, bulanıklık, renk, koku) olmak üzere 8 ana kriter ve bu kriterlere bağlı 44 alt kriter belirlenmiştir. Kriterlerin diyagramda gösterimi Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3: Ana Kriter ve Alt Kriterlerin Diyagramda Gösterimi

3.1.1. Kriter Özelliklerinin Tanımlanması

İçme ve kullanma sularında değerlendirilen ana ve alt kriterlerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası etkileri WHO, Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı (IARC), ABD Zehirli Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı (ATSDR), Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) gibi uluslararası kurumların güncel sınıflandırmaları ve rehberleri temel alınarak özetlenmiştir. WHO'ya bağlı IARC, kimyasallar, bileşikler ve endüstriyel süreçlerin insanlarda kanser yapma potansiyelini inceleyerek bu etkenleri dört grupta sınıflandırmaktadır (IARC, 2025a).

Grup 1: İnsanlarda kanserojen.

Grup 2A: İnsanlarda yüksek olasılıkla kanserojen.

Grup 2B: İnsanlarda olasılıkla kanserojen.

Grup 3: İnsanlarda kanserojen olarak sınıflandırılmayanlar.

3.1.2. Mikrobiyolojik Parametreler

Mikrobiyolojik parametreler ana kriterinin alt kriterlerine ait tayin limitleri (LOQ) ve mevzuattaki sınır değerler, T.C. Sağlık Bakanlığının İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’inde belirtilmiş olup Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3: C1 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri

C	Ana kriter/ Alt kriter	Birim	LOQ	Mevzuat Limiti	Açıklama
C1	Mikrobiyolojik Parametreler				İçme suyuyla ilgili en yaygın sağlık riski mikrobiyal kontaminasyondur. Mikrobiyolojik parametreler, su kaynaklarındaki fekal ve patojenik kontaminasyonun göstergeleridir. Salgınlara sebep olabildiğinden halk sağlığına doğrudan tehdit oluşturmalar (WHO, 2022).
C1.1	<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	kob/100mL	-	0	Genellikle insan ve hayvan dışkıında bulunur, fekal kirlenmenin birincil göstergesidir. Hem fekal kirlilik göstergesi hem de arıtma/süreç etkinliği göstergesi olarak kullanılır (WHO, 2022).
C1.2	<i>Enterococcus</i>	kob/100mL	-	0	Enterokoklar dışkı kaynaklı kirliliğin göstergesi olarak kullanılırlar. Çevresel koşullara ve klorlamaya <i>E. Coli</i> ’den daha dirençli oldukları için içme suyu güvenliğini değerlendirmede önemli bir kriterdir (WHO, 2022).
C1.3	Koliform	kob/100mL	-	0	İçme suyunda bulunması, potansiyel patojenlerin varlığına işaret edebilir (WHO, 2022).

Not: kob(cfu) Koloni oluşturan birim (Colony forming unit)

3.1.3. Ağır Metaller

Ağır metaller ana kriterinin alt kriterlerine ait LOQ ve mevzuattaki sınır değerler, T.C. Sağlık Bakanlığının İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’inde belirtilmiş olup Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4: C2 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri

C	Ana kriter/ Alt kriter	Birim	LOQ	Mevzuat Limiti	Açıklama
C2	Ağır Metaller				Ağır metaller yüksek yoğunluklu ve biyobirikim gösterebilen kimyasallardır (WHO,2022). Arsenik, ağır metal olmamasına rağmen insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle genellikle ağır metallerle birlikte incelenir ve değerlendirilir.
C2.1	Arsenik	µg/L	3	10	Deri, akciğer ve mesane kanseri riskini artırır. En sık gözlenen belirti deri lezyonlarıdır. IARC tarafından Grup 1 olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C2.2	Kurşun	µg/L	3	10	Böbrek fonksiyon bozukluğu, hipertansiyon, doğurganlık sorunları ve olumsuz gebelik sonuçları, özellikle çocuklarda nörogelişimsel bozukluklara, düşük IQ ya neden olabilir. IARC tarafından Grup 2A olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).

C2.3	Kadmiyum	µg/L	2	5	Solunum yoluyla alınması akciğer kanserine neden olabilir. Ancak, oral yoldan alınmasının kanserojenlik için net bir kanıtı yoktur. Kadmiyum toksisitesinde ana hedef organ böbrektir. IARC tarafından Grup 1 olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C2.4	Cıva	µg/L	0,2	1	Suda çoğunlukla inorganik formda (Hg ²⁺) bulunan cıva, bakteriyel faaliyetlerle metilcıvaya dönüşerek daha yüksek toksik etki gösterebilir. Metilcıvanın özellikle sinir sistemi ve böbrekler üzerinde toksik etkileri yüksektir. IARC inorganik cıvayı Grup 3 olarak sınıflandırırken, metilcıvayı 2B olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C2.5	Krom	µg/L	5	50	Kromun toksisitesi değerlik durumuna bağlıdır; krom (VI) krom (III)'ten daha toksiktir (ATSDR, 2012). IARC, krom (VI) bileşiklerini solunum yoluyla maruziyet için Grup 1 olarak sınıflandırmıştır; ancak, oral yolla maruziyetin insan kanserojenliği üzerine veri eksikliği bulunmaktadır. Krom (III), Grup 3 olarak sınıflandırılmıştır. (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C2.6	Nikel	µg/L	3	20	Üreme ve gelişim üzerine toksik etkileri vardır. Nikel duyarlılığı olan bireylerde sistemik temas dermatitini tetikleyebilir. IARC, İnhalasyon yoluyla alınan nikel bileşiklerini Grup 1, metalik nikel Grup 2B olarak belirtmiştir. Ancak, oral yolla nikel alımının kanserojen risk oluşturduğuna dair yeterli kanıt bulunmamaktadır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C2.7	Bakır	mg/L	0,005	2	Bakır hem gerekli bir besin maddesi hem de bir içme suyu kirleticisidir. Yüksek seviyelerde alımda gastrointestinal etkiler gözlenebilir; suya renk ve istenmeyen acı bir tat verebilir. Bakırın uzun vadeli etkileri konusunda, özellikle Wilson hastalığı ve diğer metabolik bozukluklar gibi hassas popülasyonlar üzerindeki etkileri hakkında belirsizlikler devam etmektedir (WHO,2022).

3.1.4. Diğer (Sekonder) İnorganik Kimyasallar

Diğer inorganik kimyasallar ana kriterinin alt kriterlerine ait LOQ ve mevzuattaki sınır değerler, T.C. Sağlık Bakanlığının İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’inde belirtilmiş olup Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5: C3 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri

C	Ana kriter/ Alt kriter	Birim	LOQ	Mevzuat Limiti	Açıklama
C3	Diğer (Sekonder) İnorganik Kimyasallar				Bu kimyasallar su kaynaklarında doğal süreçler, endüstriyel faaliyetler veya tarımsal girdiler yoluyla bulunabilirler. Bazıları düşük seviyelerde gerekli olabilese de yüksek konsantrasyonlarda toksik etkilere yol açabilir (WHO, 2022).

C3.1	Siyanür	µg/L	2	50	Yüksek derecede akut toksisiteye sahiptir. Yüksek doz maruziyeti, tiroid toksisitesine neden olabilir (WHO, 2022).
C3.2	Nitrit	mg/L	0,09	0,5	Kırmızı kan hücrelerindeki hemoglobin ile reaksiyona girerek oksijen taşınmasını engelleyen methemoglobini oluşturur ve methemoglobinemiye neden olur. IARC, nitrit ve nitratı endojen nitrozasyon koşullarında N-nitroso bileşikleri oluşturabileceğinden Grup 2A olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C3.3	Bromat	µg/L	2	10	Su dezenfeksiyonu (ozonlama) işlemi sırasında oluşan yan üründür. Düşük dozlarda insan sağlığı üzerindeki etkiler ve kesin kanserojen mekanizması henüz net değildir. IARC tarafından Grup 2B olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C3.4	Nitrat	mg/L	0,625	50	Mikrobiyal veya kimyasal indirgenmeyle Nitrite dönüşür. Özellikle bebeklerde methemoglobinemiye (mavi bebek sendromu) yol açabilir. İyot alımını kompetitif olarak inhibe edebilir. Bu, tiroit hormonlarının sentezini etkileyebilir. IARC tarafından endojen nitrozasyon koşullarında Grup 2A olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C3.5	Florür	mg/L	0,125	1,5	Florürün eser element olduğu düşünülmekte fakat bu gereklilik kesin olarak kanıtlanmamıştır. Düşük florür konsantrasyonları çocuklarda ve yetişkinlerde diş çürüklerine karşı koruma sağlar. Yapılan çalışmalar yüksek seviyelerde florür alımının diş florozu riskini artırdığı, daha yüksek konsantrasyonların ise iskelet florozu riskini artırdığını göstermektedir (WHO, 2022).
C3.6	Bor	mg/L	0,6	1	Kısa sürede yüksek miktar bora (yaklaşık 30 g borik asit) maruz kalmak mideyi, bağırsakları, karaciğeri, böbreği ve beyni etkileyebilir (ATSDR, 2010). Kısa veya uzun süreli maruziyet erkek üreme sistemi üzerinde toksik etkiler gösterebilir. Genotoksik değildir (WHO, 2022).
C3.7	Selenyum	µg/L	3	10	Selenyum, insan sağlığı için gerekli bir eser elementtir. İnsanlarda çok düşük selenyum seviyeleri, gençlerde görülen, çok odaklı bir miyokardit olan Keshan hastalığı ve bir kırıldak hastalığı olan Kaschin-Beck hastalığı ile ilişkilendirilmiştir. Selenyum toksisitesinin doğrudan bir su kaynağına (9 mg/L selenyum içeren kuyu suyu) bağlandığı bir vaka bildirilmiştir. Yüksek seviyelerde gastrointestinal rahatsızlıklar, cilt renginde değişiklikler, diş çürümeleri, saç veya tırnak kaybı, tırnak anomalileri, periferik sinirlerde değişiklikler gözlenebilir (WHO, 2022).

3.1.5. Organoklorlular

Organoklorlular ana kriterinin alt kriterlerine ait LOQ ve mevzuattaki sınır değerler, T.C. Sağlık Bakanlığının İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’inde belirtilmiş olup Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6: C4 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri

C	Ana kriter/ Alt kriter	Birim	LOQ	Mevzuat Limiti	Açıklama
C4	Organoklorlular				Organoklorlu bileşikler çevrede uzun süre kalıcıdır ve biyobirikim potansiyeli taşır, kansere neden olabilir. Birçoğunun kullanımına sınırlandırma veya yasak getirilmiştir (WHO, 2022).
C4.1	Gama-HCH (Lindan)	µg/L	0,01	0,1	Tarımda ve tıpta yaygın kullanılmış bir bileşiktir. Günümüzde kullanımı kısıtlanmış, bazı ülkelerde yasaklanmıştır. Karaciğer için toksik etki gösterebilir. IARC tarafından Grup 1 olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C4.2	DDT	µg/L	0,01	0,1	Birçok ülkede kullanımı kısıtlanmış veya yasaklanmıştır. Ancak, sarı humma, uyku hastalığı, tifüs, sıtma ve diğer böcek kaynaklı hastalıkları taşıyan vektörlerin kontrolü için bazı ülkelerde hala kullanılmaktadır. Çevrede kalıcılığı çok yüksektir. DDT'nin özellikle üreme, gelişim ve karaciğer üzerinde toksik etkileri bulunmaktadır. IARC tarafından Grup 2A olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C4.3	Beta-Endosülfan	µg/L	0,01	0,1	Böbrek ve endokrin sistem üzerinde toksik etkiler gösterebilir (WHO, 2022).
C4.4	Dieldrin	µg/L	0,01	0,03	Çevresel kalıcılığı yüksektir. IARC tarafından Grup 2A olarak sınıflandırılmıştır (IARC, 2025b; WHO, 2022).
C4.5	Aldrin	µg/L	0,01	0,03	Birçok ülkede kısıtlanmış veya yasaklanmıştır. Dieldrinin öncü maddesidir. Çevresel kalıcılığı yüksek olup kirlilik riski yaratır. Merkezi sinir sistemi ve karaciğer üzerinde toksik etkileri vardır. IARC tarafından Grup 2A olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C4.6	Heptachlor (Heptaklor)	µg/L	0,01	0,03	Birçok ülkede kullanımı yasaklanmış veya kısıtlanmıştır. Karaciğer hasarı ve merkezi sinir sistemi toksisitesi ile ilişkilendirilmiştir. IARC tarafından Grup 2B olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C4.7	Alfa-HCH	µg/L	0,01	0,1	Hekzaklorosikloheksan (HCH) izomeridir. IARC tarafından 2B olarak sınıflandırılmıştır (IARC,2025b).
C4.8	Heptachlorepoksit (Heptaklor Epoksit) (Endo)	µg/L	0,01	0,03	Öncü kimyasal Heptaklor'dan daha karardır ve çevrede kalıcılığı daha yüksektir. IARC tarafından Grup 2B olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022).

3.1.6. Uçucu Organik Bileşikler

Uçucu organik bileşikler ana kriterinin alt kriterlerine ait LOQ ve mevzuattaki sınır değerler, T.C. Sağlık Bakanlığının İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'inde belirtilmiş olup Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7: C5 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri

C	Ana kriter / Alt kriter	Birim	LOQ	Mevzuat Limiti	Açıklama
---	----------------------------	-------	-----	-------------------	----------

C5	Uçucu Organik Bileşikler				Endüstriyel solventler veya su dezenfeksiyonu sırasında yan ürünler olarak bulunan bu bileşikler, kansere yol açabilir ve sağlık üzerinde olumsuz etkiler yapabilir (WHO, 2022).
C5.1	Bromoform	µg/L	5	Mevzuat limiti yok	Dezenfeksiyon sonucu yan ürün olarak oluşan Trihalometan (THM) grubu kimyasallardır. IARC, Grup 3 olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b). Aynı bir limiti olmamakla birlikte mevzuatta “Toplam Trihalometanlar” için limit 100 µg/L dir.
C5.2	Tetrakloreten ve Triklöreten	µg/L	5	10	Tetrakloreten genelde kuru temizleme solventi ve yağ giderici olarak kullanılır. Yüksek konsantrasyonlarda tetrakloreten, merkezi sinir sistemi depresyonuna neden olur. Daha düşük konsantrasyonlarda ise karaciğer ve böbreklere zarar verdiği bildirilmiştir. Triklöreten, öncelikli olarak metal yağ giderme işlemlerinde kullanılmaktadır. Gelişimsel toksisite, kardiyak anomaliler gibi olumsuz etkiler yaratabilir. IARC Triklöreteni Grup 1, Tetrakloreteni Grup 2A olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C5.3	Benzen	µg/L	1	1	Yüksek konsantrasyonlarda maruziyet öncelikli olarak merkezi sinir sistemini etkiler. Daha düşük konsantrasyonlarda ise kan yapım sistemini toksik bir şekilde etkileyerek, lösemi gibi kanser oluşumlarına sebep olabilir. IARC tarafından Grup 1 olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022).
C5.4	Bromodiklorometan	µg/L	5	Mevzuat limiti yok	Dezenfeksiyon sonucu yan ürün olarak oluşan THM grubu kimyasallardır. THM oluşumunun hızı ve boyutu; klor konsantrasyonu, sıcaklık, pH ve bromür iyonu konsantrasyonu gibi değişkenlerden etkilenir. Üreme sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu belirtilmektedir. IARC tarafından Grup 2B olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b). Aynı bir limiti olmamakla birlikte mevzuatta “Toplam Trihalometanlar” için limit 100 µg/L’ dir.
C5.5	Kloroform	µg/L	5	Mevzuat limiti yok	Klorlu içme suyundaki en yaygın THM ve başlıca dezenfeksiyon yan ürünü kloroformdur. Havalandırmanın düşük olduğu, duş ve banyo yapma sıklığının yüksek olduğu ülkelerde maruziyet önemli bir husustur. Kloroform karaciğer üzerinde toksik etki yapabilir. IARC Grup 2B olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b). Aynı bir limiti olmamakla birlikte mevzuatta “Toplam Trihalometanlar” için limit 100 µg/L’ dir.
C5.6	1,2 Dikloreten	µg/L	1	3	Bağıışıklık sistemi, merkezi sinir sistemi, karaciğer ve böbrek üzerinde toksik etki gösterebilir. Potansiyel olarak genotoksik olduğuna dair çalışmalar vardır. IARC Grup 2B olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C5.7	Dibromodiklorometan	µg/L	5	Mevzuat limiti yok	Dezenfeksiyon sonucu yan ürün olarak oluşan Trihalometan grubu kimyasallardır. IARC Grup 3 olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022). Aynı bir limiti olmamakla birlikte mevzuatta “Toplam Trihalometanlar” için limit 100 µg/L’ dir

3.1.7. Herbisitler ve Fungisitler

Herbisitler ve fungisitler ana kriterinin alt kriterlerine ait LOQ ve mevzuattaki sınır değerler, T.C. Sağlık Bakanlığının İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’inde belirtilmiş olup Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8: C6 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri

C	Ana kriter/ Alt kriter	Birim	LOQ	Mevzuat Limiti	Açıklama
C6	Herbisitler ve Fungisitler				Tarımda kullanılabilen bu kimyasallar genellikle hormon dengesizliklerine ve çevresel kirliliğe yol açabilir (WHO, 2022).
C6.1	Atrazin	µg/L	0,025	0,1	Üreme, bağışıklık sistemi ve böbrek üzerinde toksik etkiler gösterebilir. IARC tarafından Grup 3 olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C6.2	Simazin	µg/L	0,025	0,1	Tarımsal faaliyetlerde kullanılan bir pestisit ve çevrede kalıcılığı yüksektir. IARC tarafından Grup 3 olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C6.3	Metalaxyl (Metalaksil)	µg/L	0,025	0,1	Ortak FAO/WHO Pestisit Kalıntıları Toplantısı (JMPR) tarafından hazırlanan raporlarda genotoksik olmadığı vurgulanmıştır (FAO/WHO, 2022).
C6.4	Tebuconazole (Tebukonazol)	µg/L	0,025	0,1	Fungisit olarak kullanılır. Gelişimsel toksisite etkisi vardır (EFSA, 2014).

3.1.8. Monomer Bileşikler

Monomer bileşikler ana kriterinin alt kriterlerine ait LOQ ve mevzuattaki sınır değerler, T.C. Sağlık Bakanlığının İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’inde belirtilmiş olup Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9: C7 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri

C	Ana kriter/ Alt kriter	Birim	LOQ	Mevzuat Limiti	Açıklama
C7	Monomer Bileşikler				Endüstriyel üretim ve su arıtma süreçlerinde kullanılan bu kimyasallar, çeşitli toksik etkilere ve kanser riskine yol açabilir (WHO, 2022).
C7.1	Vinil Klorür	µg/L	0,5	0,5	Polivinil Klorür (PVC) üretiminde hammadde olarak kullanılır. Karaciğer kanseri riskini artırabilir. Genotoksik olduğunu gösteren çalışmalar vardır. IARC Grup 1 olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
C7.2	Epikloridin	µg/L	0,1	0,1	Su arıtma koagülant polimerlerinde kullanılır. Lokal tahriş ve merkezi sinir sistemi üzerine toksik etkileri vardır. Mide tümörlerine neden olabilir. IARC Grup 2A olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022).

C7.3	Akrilamid	µg/L	0,025	0,1	Nörotoksik etkileri vardır. Üreme hücreleri ve üreme fonksiyonları üzerinde toksik etkiler gösterebilir. IARC Grup 2A olarak sınıflandırmıştır (WHO, 2022; IARC, 2025b).
------	-----------	------	-------	-----	--

3.1.9. Fizikokimyasal Özellikler

Fizikokimyasal özellikler ana kriterinin alt kriterlerine ait LOQ ve mevzuattaki sınır değerler, T.C. Sağlık Bakanlığının İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’inde belirtilmiş olup Tablo 10’da gösterilmiştir.

Tablo 10: C8 Ana Kriteri ve Alt Kriterlerinin Özellikleri, LOQ ve Mevzuat Limitleri

C	Ana kriter / Alt kriter	Birim	LOQ	Mevzuat Limiti	Açıklama
C8	Fizikokimyasal Özellikler				Fizikokimyasal özellikler, içme suyunun estetik açıdan kabul edilebilirliğini etkiler. Uygun değerlerden sapmalar, suyun kalitesini düşürerek hem estetik hem de sağlık açısından risk oluşturabilir (WHO, 2022).
C8.1	pH	pH Birimi		6,5-9,5	pH, suyun asidik veya bazik olduğunu gösteren bir parametredir. pH, dezenfeksiyon etkinliğini etkileyebilir. Suyun pH’ı, boruların ve tesisatın korozyonunu en aza indirmek için kontrol edilmelidir. pH değeri yaklaşık 7 veya daha düşük olduğunda suyun korozyona eğilimi artar bu da suda kirlilik, tat ve görünüm bozukluğuna yol açabilir (WHO, 2022).
C8.2	Renk	-		TKEDY	Renk kriteri içme suyunun görsel kabul edilebilirliğini etkiler. İçme suyunun temel niteliklerinden biri de renksiz olmasıdır. Suyun rengi demir ve diğer metallerin varlığından büyük ölçüde etkilenir. Su kaynağının endüstriyel atık sularla kirlenmesinden de kaynaklanabilir ve tehlikeli bir durumun ilk göstergesi olabilir (WHO, 2022).
C8.3	Bulanıklık	NTU		1	Bulanıklık, suyun şeffaflığını kaybetmesi durumudur. Bu duruma, suyun içinde bulunan askıda katı maddeler (kil, siltler, vb.), kimyasal çökeltiler (mangan, demir vb.), organik kökenli parçacıklar (örneğin bitki kalıntıları) ve çeşitli organizmalar yol açabilir. Ayrıca, kaynak suyunun kalitesiz olmasından veya arıtma işlemlerinin yetersiz kalmasından ileri gelebilir. Gözle görülür bir bulanıklık, suyun tüketiciler tarafından kabul görmesini zorlaştırır. İnsanlar genellikle bulanıklığı güvensizlik olarak algılar ve bu tür suları içmekten çekinir. Yüksek bulanıklık, dezenfeksiyon etkinliğini azaltabilir (WHO, 2022).
C8.4	İletkenlik	25°C’ de µS/cm		2500	İletkenlik suyun elektrik akımını iletme yeteneğinin bir ölçüsüdür. İletkenlikteki önemli değişiklikler su kaynağına bir deşarj ya da başka bir kirlenici kaynağının girmiş olabileceğine dair bir gösterge olabilir. Bu nedenle takibi önemlidir (EPA, 2025a).

C8.5	Koku	-	TKEDY	İçme suyunun duyuşal, estetik özelliklerini etkiler. Su kaynağında kimyasal veya biyolojik kirliliğın göstergesi olabilir (WHO, 2022).
------	------	---	-------	--

TKEDY: Tüketicilerce kabul edilebilir veya herhangi bir anormal değışim yok.

3.2. PFAHP UYGULANMASI

Bu aşamada, çalışmada belirlenen kriterlerin görelı önem düzeylerinin belirlenmesi amacıyla PFAHP yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, uzman görüşlerine dayalı olarak kriterler arasındaki karşılaştırmaları bulanık mantık yaklaşımıyla değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Uzmanlar tarafından kriterlerin değerlendirilmesi için öncelikle ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu matristeki karşılaştırmalar, Tablo 2’deki ölçek kullanılarak “yüksek” ya da “çok yüksek” gibi dilsel ifadeler kullanılarak yapılmış ve her ifade PF sayılar ile sayısal biçime dönüştürülmüştür. Böylece matrisin her hücreşine, “ μ ” ve “ ν ” derecelerini temsil eden en yüksek “ μ_u, ν_u ” ve en düşük “ μ_l, ν_l ” değerler atanmıştır. Hazırlanan matrislerin tutarlılık oranları hesaplanmış, 0,10 eşik değerin üzerinde olan durumlarda, ilgili uzmanlarla yeniden istişare edilerek değerlendirmeler gözden geçirilmiş ve hesaplamalar tekrar edilmiştir. Sonuç olarak, tüm matrislerin tutarlılık oranları 0,10’un altında olması sağlanmıştır. Tutarlılık ve ağırlık hesaplamaları Microsoft Excel programı kullanılarak yapılmıştır.

Kriterlerin ikili karşılaştırmaları, kimya mühendisi, ziraat mühendisi ve kimyagerden oluşan üç farklı uzman tarafından gerçekleştirilmiştir. Uzmanların alanları ve deneyimleri Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 11: Karar Vericilerin Ünvan ve Deneyimleri

Karar Verici	Ünvan	Deneyim
Karar Verici 1 (KV1)	Öğr. Gör. Kimya Mühendisi	Üniversitede 9 yıl deneyimli akademisyen
Karar Verici 2 (KV2)	Doç. Dr. Ziraat Mühendisi	Üniversitede 17 yıl deneyimli akademisyen
Karar Verici 3 (KV3)	Kimyager	Halk Sağlığı Laboratuvarında 10 yıl deneyimli kimyager

3.2.1. Ana Kriterlerin PFAHP ile Değerlendirilmesi

Belirlenen 8 ana kriter, üç karar verici tarafından PFAHP yöntemi kapsamında değerlendirilmiş ve ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

KV1 tarafından yapılan ana kriter değerlendirmeleri PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrislerin tutarlılık oranları da Tablo 12’de belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir.

Tablo 12: KV1 Ana Kriter Değerlendirmesi

KV1	Bulanık Fonksiyonlar	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	μ_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,6500
	v_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,3500
	v_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,4500
C2	μ_l	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C3	μ_l	0,5500	0,3500	0,1965	0,3500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,1965	0,4500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,1965	0,5500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,1965	0,6500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C4	μ_l	0,5500	0,3500	0,5500	0,1965	0,4500	0,4500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,6500	0,1965	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,3500	0,1965	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,4500	0,1965	0,5500	0,5500	0,4500	0,4500
C5	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,4500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,5500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,4500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,5500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500
C6	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,4500	0,3500	0,1965	0,4500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,5500	0,4500	0,1965	0,5500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,4500	0,5500	0,1965	0,4500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,5500	0,6500	0,1965	0,5500	0,4500
C7	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,4500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,5500	0,1965	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,4500	0,1965	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,5500	0,1965	0,4500
C8	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,039								

KV2 tarafından yapılan ana kriter değerlendirmeleri PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrislerin tutarlılık oranları da Tablo 13’te belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir.

Tablo 13: KV2 Ana Kriter Değerlendirmesi

KV2	Bulanık Fonksiyonlar	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	μ_l	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,1965	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000
	v_l	0,1965	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000

	v_u	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
C2	μ_l	0,2000	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,3500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000	0,8000
	v_l	0,6500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000	0,2000
	v_u	0,8000	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500
C3	μ_l	0,2000	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000	0,8000
	v_l	0,6500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000	0,2000
	v_u	0,8000	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500
C4	μ_l	0,2000	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,6500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,8000	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500
C5	μ_l	0,2000	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,6500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,8000	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,3500
C6	μ_l	0,2000	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,6500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,8000
	v_l	0,6500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,2000
	v_u	0,8000	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,3500
C7	μ_l	0,2000	0,2000	0,2000	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,6500
	μ_u	0,3500	0,3500	0,3500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,8000
	v_l	0,6500	0,6500	0,6500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,2000
	v_u	0,8000	0,8000	0,8000	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,3500
C8	μ_l	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,1965
	μ_u	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965
	v_l	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965
	v_u	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,1965
CR	0,050								

KV3 tarafından yapılan ana kriter değerlendirmeleri PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrislerin tutarlılık oranları da Tablo 14’te belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir.

Tablo 14: KV3 Ana Kriter Değerlendirmesi

KV3	Bulanık Fonksiyonlar	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	μ_l	0,1965	0,6500	0,8000	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,8000	0,9000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,6500
	v_l	0,1965	0,2000	0,1000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,3500
	v_u	0,1965	0,3500	0,2000	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,4500
C2	μ_l	0,2000	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,3500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,6500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,8000	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C3	μ_l	0,1000	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500

	μ_u	0,2000	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,8000	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,9000	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C4	μ_l	0,2000	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,4500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,5500	0,6500	0,6500
	v_l	0,6500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,4500	0,3500	0,3500
	v_u	0,8000	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,5500	0,4500	0,4500
C5	μ_l	0,2000	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,6500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,8000	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500
C6	μ_l	0,2000	0,3500	0,3500	0,4500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,4500	0,5500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,6500	0,5500	0,5500	0,4500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,8000	0,6500	0,6500	0,5500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500
C7	μ_l	0,2000	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500
	v_l	0,6500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500
	v_u	0,8000	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500
C8	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,057								

Ana kriterlere ilişkin üç karar vericiden elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri, geometrik ortalama yöntemiyle hesaplanarak birleştirilmiş matris oluşturulmuştur. İlgili matris Tablo 15’te sunulmuştur.

Tablo 15: Ana Kriterler İçin Birleştirilmiş (Ortak) Karşılaştırma Matrisi

Birleştirilmiş Matris	Bulanık Fonksiyonlar	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	μ_l	0,1965	0,5288	0,5667	0,5288	0,5288	0,5288	0,5288	0,5815
	μ_u	0,1965	0,6604	0,6868	0,6604	0,6604	0,6604	0,6604	0,6966
	v_l	0,1965	0,2802	0,2224	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2904
	v_u	0,1965	0,4302	0,3570	0,4302	0,4302	0,4302	0,4302	0,4138
C2	μ_l	0,2802	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5815	0,5815
	μ_u	0,4302	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6966	0,6966
	v_l	0,5288	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,2904	0,2904
	v_u	0,6604	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4138	0,4138
C3	μ_l	0,2224	0,3500	0,1965	0,4731	0,5500	0,5500	0,5815	0,5815
	μ_u	0,3570	0,4500	0,1965	0,5750	0,6500	0,6500	0,6966	0,6966
	v_l	0,5667	0,5500	0,1965	0,4069	0,3500	0,3500	0,2904	0,2904
	v_u	0,6868	0,6500	0,1965	0,5087	0,4500	0,4500	0,4138	0,4138
C4	μ_l	0,2802	0,3500	0,4069	0,1965	0,5144	0,4811	0,5500	0,5815
	μ_u	0,4302	0,4500	0,5087	0,1965	0,6148	0,5815	0,6500	0,6966
	v_l	0,5288	0,5500	0,4731	0,1965	0,3806	0,4138	0,3500	0,2904

	v_u	0,6604	0,6500	0,5750	0,1965	0,4811	0,5144	0,4500	0,4138
C5	μ_l	0,2802	0,3500	0,3500	0,3806	0,1965	0,5500	0,5500	0,5815
	μ_u	0,4302	0,4500	0,4500	0,4811	0,1965	0,6500	0,6500	0,6966
	v_l	0,5288	0,5500	0,5500	0,5144	0,1965	0,3500	0,3500	0,2904
	v_u	0,6604	0,6500	0,6500	0,6148	0,1965	0,4500	0,4500	0,4138
C6	μ_l	0,2802	0,3500	0,3500	0,4138	0,3500	0,1965	0,5144	0,5815
	μ_u	0,4302	0,4500	0,4500	0,5144	0,4500	0,1965	0,6148	0,6966
	v_l	0,5288	0,5500	0,5500	0,4811	0,5500	0,1965	0,3806	0,2904
	v_u	0,6604	0,6500	0,6500	0,5815	0,6500	0,1965	0,4811	0,4138
C7	μ_l	0,2802	0,2904	0,2904	0,3500	0,3500	0,3806	0,1965	0,5815
	μ_u	0,4302	0,4138	0,4138	0,4500	0,4500	0,4811	0,1965	0,6966
	v_l	0,5288	0,5815	0,5815	0,5500	0,5500	0,5144	0,1965	0,2904
	v_u	0,6604	0,6966	0,6966	0,6500	0,6500	0,6148	0,1965	0,4138
C8	μ_l	0,2904	0,2904	0,2904	0,2904	0,2904	0,2904	0,2904	0,1965
	μ_u	0,4138	0,4138	0,4138	0,4138	0,4138	0,4138	0,4138	0,1965
	v_l	0,5815	0,5815	0,5815	0,5815	0,5815	0,5815	0,5815	0,1965
	v_u	0,6966	0,6966	0,6966	0,6966	0,6966	0,6966	0,6966	0,1965

3.2.2. Mikrobiyolojik Parametrelerin PFAHP ile Değerlendirilmesi

Mikrobiyolojik parametrelerin alt kriterleri, üç karar verici tarafından PFAHP yöntemi kapsamında değerlendirilmiş ve CR değerleri hesaplanmıştır.

KV1 tarafından C1 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 16’da sunulmuştur.

Tablo 16: KV1’in C1 Değerlendirme Matrisi

KV1	Bulanık Fonksiyonlar	C1.1	C1.2	C1.3
C1.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,6500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,8000
	v_l	0,1965	0,3500	0,2000
	v_u	0,1965	0,4500	0,3500
C1.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,6500
	v_l	0,5500	0,1965	0,3500
	v_u	0,6500	0,1965	0,4500
C1.3	μ_l	0,2000	0,3500	0,1965
	μ_u	0,3500	0,4500	0,1965
	v_l	0,6500	0,5500	0,1965
	v_u	0,8000	0,6500	0,1965
CR	0,005			

KV2 tarafından C1 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 17’de sunulmuştur.

Tablo 17: KV2’nin C1 Değerlendirme Matrisi

KV2	Fonksiyonlar	C1.1	C1.2	C1.3
C1.1	μ_l	0,1965	0,4500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,5500	0,6500
	v_l	0,1965	0,4500	0,3500
	v_u	0,1965	0,5500	0,4500
C1.2	μ_l	0,4500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,5500	0,1965	0,6500
	v_l	0,4500	0,1965	0,3500
	v_u	0,5500	0,1965	0,4500
C1.3	μ_l	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,000			

KV3 tarafından C1 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 18’de sunulmuştur.

Tablo 18: KV3’ün C1 Değerlendirme Matrisi

KV3	Fonksiyonlar	C1.1	C1.2	C1.3
C1.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,1965	0,4500	0,4500
C1.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,6500
	v_l	0,5500	0,1965	0,3500
	v_u	0,6500	0,1965	0,4500
C1.3	μ_l	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,046			

C1 ana kriterine bağlı alt kriterler için, üç uzmanın görüşlerinden geometrik ortalama yöntemiyle oluşturulan birleştirilmiş matris Tablo 19’da sunulmuştur.

Tablo 19: C1 Ana Kriterinin Birleştirilmiş Matrisi

C1 Birleştirilmiş Matris	Fonksiyonlar	C1.1	C1.2	C1.3
C1.1	μ_l	0,1965	0,5144	0,5815
	μ_u	0,1965	0,6148	0,6966
	v_l	0,1965	0,3806	0,2904
	v_u	0,1965	0,4811	0,4138
C1.2	μ_l	0,3806	0,1965	0,5500
	μ_u	0,4811	0,1965	0,6500
	v_l	0,5144	0,1965	0,3500
	v_u	0,6148	0,1965	0,4500
C1.3	μ_l	0,2904	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4138	0,4500	0,1965
	v_l	0,5815	0,5500	0,1965
	v_u	0,6966	0,6500	0,1965

3.2.3. Ağır Metallerin PFAHP ile Değerlendirilmesi

Ağır metaller kriterinin alt kriterleri, üç karar verici tarafından PFAHP yöntemi kapsamında değerlendirilmiş ve matrislerinin CR değerleri hesaplanmıştır.

KV1 tarafından C2 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 20’de sunulmuştur.

Tablo 20: KV1’in C2 Değerlendirme Matrisi

KV1	Bulanık Fonksiyonlar	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C2.6	C2.7
C2.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,6500	0,5500	0,8000	0,8000	0,8000
	μ_u	0,1965	0,6500	0,8000	0,6500	0,9000	0,9000	0,9000
	v_l	0,1965	0,3500	0,2000	0,3500	0,1000	0,1000	0,1000
	v_u	0,1965	0,4500	0,3500	0,4500	0,2000	0,2000	0,2000
C2.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,6500	0,5500	0,8000	0,8000	0,8000
	μ_u	0,4500	0,1965	0,8000	0,6500	0,9000	0,9000	0,9000
	v_l	0,5500	0,1965	0,2000	0,3500	0,1000	0,1000	0,1000
	v_u	0,6500	0,1965	0,3500	0,4500	0,2000	0,2000	0,2000
C2.3	μ_l	0,2000	0,2000	0,1965	0,3500	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,3500	0,3500	0,1965	0,4500	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,6500	0,6500	0,1965	0,5500	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,8000	0,8000	0,1965	0,6500	0,4500	0,4500	0,3500
C2.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,5500	0,5500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,6500	0,6500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,3500
C2.5	μ_l	0,1000	0,1000	0,3500	0,3500	0,1965	0,4500	0,5500
	μ_u	0,2000	0,2000	0,4500	0,4500	0,1965	0,5500	0,6500
	v_l	0,8000	0,8000	0,5500	0,5500	0,1965	0,4500	0,3500

	V_u	0,9000	0,9000	0,6500	0,6500	0,1965	0,5500	0,4500
C2.6	μ_l	0,1000	0,1000	0,3500	0,3500	0,4500	0,1965	0,4500
	μ_u	0,2000	0,2000	0,4500	0,4500	0,5500	0,1965	0,5500
	V_l	0,8000	0,8000	0,5500	0,5500	0,4500	0,1965	0,4500
	V_u	0,9000	0,9000	0,6500	0,6500	0,5500	0,1965	0,5500
C2.7	μ_l	0,1000	0,1000	0,2000	0,2000	0,3500	0,4500	0,1965
	μ_u	0,2000	0,2000	0,3500	0,3500	0,4500	0,5500	0,1965
	V_l	0,8000	0,8000	0,6500	0,6500	0,5500	0,4500	0,1965
	V_u	0,9000	0,9000	0,8000	0,8000	0,6500	0,5500	0,1965
CR	0,018							

KV2 tarafından C2 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 21’de sunulmuştur.

Tablo 21: KV2'nin C2 Değerlendirme Matrisi

KV2	Bulanık Fonksiyonlar	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C2.6	C2.7
C2.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,6500	0,5500	0,8000	0,8000	0,8000
	μ_u	0,1965	0,6500	0,8000	0,6500	0,9000	0,9000	0,9000
	V_l	0,1965	0,3500	0,2000	0,3500	0,1000	0,1000	0,1000
	V_u	0,1965	0,4500	0,3500	0,4500	0,2000	0,2000	0,2000
C2.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,6500	0,5500	0,8000	0,8000	0,8000
	μ_u	0,4500	0,1965	0,8000	0,6500	0,9000	0,9000	0,9000
	V_l	0,5500	0,1965	0,2000	0,3500	0,1000	0,1000	0,1000
	V_u	0,6500	0,1965	0,3500	0,4500	0,2000	0,2000	0,2000
C2.3	μ_l	0,2000	0,2000	0,1965	0,4500	0,6500	0,6500	0,8000
	μ_u	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,8000	0,8000	0,9000
	V_l	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,2000	0,2000	0,1000
	V_u	0,8000	0,8000	0,1965	0,5500	0,3500	0,3500	0,2000
C2.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,8000
	μ_u	0,4500	0,4500	0,5500	0,1965	0,8000	0,8000	0,9000
	V_l	0,5500	0,5500	0,4500	0,1965	0,2000	0,2000	0,1000
	V_u	0,6500	0,6500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,2000
C2.5	μ_l	0,1000	0,1000	0,2000	0,2000	0,1965	0,4500	0,5500
	μ_u	0,2000	0,2000	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,6500
	V_l	0,8000	0,8000	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,3500
	V_u	0,9000	0,9000	0,8000	0,8000	0,1965	0,5500	0,4500
C2.6	μ_l	0,1000	0,1000	0,2000	0,2000	0,4500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,2000	0,2000	0,3500	0,3500	0,5500	0,1965	0,6500
	V_l	0,8000	0,8000	0,6500	0,6500	0,4500	0,1965	0,3500
	V_u	0,9000	0,9000	0,8000	0,8000	0,5500	0,1965	0,4500
C2.7	μ_l	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,4500	0,4500	0,1965
	V_l	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,5500	0,5500	0,1965
	V_u	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,048							

KV3 tarafından C2 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 22’de sunulmuştur.

Tablo 22: KV3'ün C2 Değerlendirme Matrisi

KV3	Bulanık Fonksiyonlar	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C2.6	C2.7
C2.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000	0,8000	0,8000
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000	0,2000	0,2000
	v_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500	0,3500
C2.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,8000	0,8000	0,8000
	v_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,2000	0,2000	0,2000
	v_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500	0,3500
C2.3	μ_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,4500	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,5500	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,4500	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,5500	0,4500	0,4500	0,3500
C2.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,4500	0,1965	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,5500	0,1965	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,5500	0,5500	0,4500	0,1965	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,6500	0,6500	0,5500	0,1965	0,4500	0,4500	0,3500
C2.5	μ_l	0,2000	0,2000	0,3500	0,3500	0,1965	0,4500	0,5500
	μ_u	0,3500	0,3500	0,4500	0,4500	0,1965	0,5500	0,6500
	v_l	0,6500	0,6500	0,5500	0,5500	0,1965	0,4500	0,3500
	v_u	0,8000	0,8000	0,6500	0,6500	0,1965	0,5500	0,4500
C2.6	μ_l	0,2000	0,2000	0,3500	0,3500	0,4500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,3500	0,3500	0,4500	0,4500	0,5500	0,1965	0,6500
	v_l	0,6500	0,6500	0,5500	0,5500	0,4500	0,1965	0,3500
	v_u	0,8000	0,8000	0,6500	0,6500	0,5500	0,1965	0,4500
C2.7	μ_l	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,4500	0,4500	0,1965
	v_l	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,5500	0,5500	0,1965
	v_u	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,6500	0,6500	0,1965
CR		0,017						

C2 ana kriterine bağlı alt kriterler için, üç uzmanın görüşlerinden geometrik ortalama yöntemiyle oluşturulan birleştirilmiş matris Tablo 23’te sunulmuştur.

Tablo 23: C2 Ana Kriterinin Birleştirilmiş Matrisi

C2 Birleştirilmiş Matris	Fonksiyonlar	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C2.6	C2.7
C2.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,6148	0,5500	0,7465	0,7465	0,7465
	μ_u	0,1965	0,6500	0,7465	0,6500	0,8653	0,8653	0,8653
	v_l	0,1965	0,3500	0,2410	0,3500	0,1260	0,1260	0,1260
	v_u	0,1965	0,4500	0,3806	0,4500	0,2410	0,2410	0,2410

C2.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,6148	0,5500	0,7465	0,7465	0,7465
	μ_u	0,4500	0,1965	0,7465	0,6500	0,8653	0,8653	0,8653
	v_l	0,5500	0,1965	0,2410	0,3500	0,1260	0,1260	0,1260
	v_u	0,6500	0,1965	0,3806	0,4500	0,2410	0,2410	0,2410
C2.3	μ_l	0,2410	0,2410	0,1965	0,4138	0,5815	0,5815	0,6966
	μ_u	0,3806	0,3806	0,1965	0,5144	0,6966	0,6966	0,8320
	v_l	0,6148	0,6148	0,1965	0,4811	0,2904	0,2904	0,1587
	v_u	0,7465	0,7465	0,1965	0,5815	0,4138	0,4138	0,2904
C2.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,4811	0,1965	0,5815	0,5815	0,6966
	μ_u	0,4500	0,4500	0,5815	0,1965	0,6966	0,6966	0,8320
	v_l	0,5500	0,5500	0,4138	0,1965	0,2904	0,2904	0,1587
	v_u	0,6500	0,6500	0,5144	0,1965	0,4138	0,4138	0,2904
C2.5	μ_l	0,1260	0,1260	0,2904	0,2904	0,1965	0,4500	0,5500
	μ_u	0,2410	0,2410	0,4138	0,4138	0,1965	0,5500	0,6500
	v_l	0,7465	0,7465	0,5815	0,5815	0,1965	0,4500	0,3500
	v_u	0,8653	0,8653	0,6966	0,6966	0,1965	0,5500	0,4500
C2.6	μ_l	0,1260	0,1260	0,2904	0,2904	0,4500	0,1965	0,5144
	μ_u	0,2410	0,2410	0,4138	0,4138	0,5500	0,1965	0,6148
	v_l	0,7465	0,7465	0,5815	0,5815	0,4500	0,1965	0,3806
	v_u	0,8653	0,8653	0,6966	0,6966	0,5500	0,1965	0,4811
C2.7	μ_l	0,1260	0,1260	0,1587	0,1587	0,3500	0,3806	0,1965
	μ_u	0,2410	0,2410	0,2904	0,2904	0,4500	0,4811	0,1965
	v_l	0,7465	0,7465	0,6966	0,6966	0,5500	0,5144	0,1965
	v_u	0,8653	0,8653	0,8320	0,8320	0,6500	0,6148	0,1965

3.2.4. Diğer İnorganik Kimyasalların PFAHP ile Değerlendirilmesi

Diğer inorganik kimyasallar kriterinin alt kriterleri, üç karar verici tarafından PFAHP yöntemi kapsamında değerlendirilmiş ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin CR değerleri hesaplanmıştır.

KV1 tarafından C3 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 24’te sunulmuştur.

Tablo 24: KV1'in C3 Değerlendirme Matrisi

KV 1	Bulanık Fonksiyonlar	C3.1	C3.2	C3.3	C3.4	C3.5	C3.6	C3.7
C3.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000
	μ_u	0,1965	0,6500	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,9000
	v_l	0,1965	0,3500	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,1000
	v_u	0,1965	0,4500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000
C3.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,4500	0,5500	0,6500	0,8000	0,8000
	μ_u	0,4500	0,1965	0,5500	0,6500	0,8000	0,9000	0,9000
	v_l	0,5500	0,1965	0,4500	0,3500	0,2000	0,1000	0,1000
	v_u	0,6500	0,1965	0,5500	0,4500	0,3500	0,2000	0,2000
C3.3	μ_l	0,2000	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000

	μ_u	0,3500	0,5500	0,1965	0,8000	0,8000	0,8000	0,9000
	v_l	0,6500	0,4500	0,1965	0,2000	0,2000	0,2000	0,1000
	v_u	0,8000	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000
C3.4	μ_l	0,2000	0,3500	0,2000	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,3500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,6500	0,5500	0,6500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,8000	0,6500	0,8000	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500
C3.5	μ_l	0,2000	0,2000	0,2000	0,3500	0,1965	0,5500	0,4500
	μ_u	0,3500	0,3500	0,3500	0,4500	0,1965	0,6500	0,5500
	v_l	0,6500	0,6500	0,6500	0,5500	0,1965	0,3500	0,4500
	v_u	0,8000	0,8000	0,8000	0,6500	0,1965	0,4500	0,5500
C3.6	μ_l	0,2000	0,1000	0,2000	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,3500	0,2000	0,3500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500
	v_l	0,6500	0,8000	0,6500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500
	v_u	0,8000	0,9000	0,8000	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500
C3.7	μ_l	0,1000	0,1000	0,1000	0,3500	0,4500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,2000	0,2000	0,2000	0,4500	0,5500	0,4500	0,1965
	v_l	0,8000	0,8000	0,8000	0,5500	0,4500	0,5500	0,1965
	v_u	0,9000	0,9000	0,9000	0,6500	0,5500	0,6500	0,1965
CR	0,039							

KV2 tarafından C3 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 25’te sunulmuştur.

Tablo 25: KV2'nin C3 Değerlendirme Matrisi

KV 2	Bulanık Fonksiyonlar	C3.1	C3.2	C3.3	C3.4	C3.5	C3.6	C3.7
C3.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000	0,8000	0,8000
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000	0,2000	0,2000
	v_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500	0,3500
C3.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,4500	0,5500	0,6500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,5500	0,6500	0,8000	0,6500	0,8000
	v_l	0,5500	0,1965	0,4500	0,3500	0,2000	0,3500	0,2000
	v_u	0,6500	0,1965	0,5500	0,4500	0,3500	0,4500	0,3500
C3.3	μ_l	0,3500	0,4500	0,1965	0,5500	0,6500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,5500	0,1965	0,6500	0,8000	0,8000	0,8000
	v_l	0,5500	0,4500	0,1965	0,3500	0,2000	0,2000	0,2000
	v_u	0,6500	0,5500	0,1965	0,4500	0,3500	0,3500	0,3500
C3.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,3500
C3.5	μ_l	0,2000	0,2000	0,2000	0,3500	0,1965	0,4500	0,4500
	μ_u	0,3500	0,3500	0,3500	0,4500	0,1965	0,5500	0,5500
	v_l	0,6500	0,6500	0,6500	0,5500	0,1965	0,4500	0,4500
	v_u	0,8000	0,8000	0,8000	0,6500	0,1965	0,5500	0,5500

C3.6	μ_l	0,2000	0,3500	0,2000	0,3500	0,4500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,3500	0,4500	0,5500	0,1965	0,6500
	v_l	0,6500	0,5500	0,6500	0,5500	0,4500	0,1965	0,3500
	v_u	0,8000	0,6500	0,8000	0,6500	0,5500	0,1965	0,4500
C3.7	μ_l	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,4500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,5500	0,4500	0,1965
	v_l	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,4500	0,5500	0,1965
	v_u	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,5500	0,6500	0,1965
CR	0,019							

KV3 tarafından C3 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 26’da sunulmuştur.

Tablo 26: KV3’ün C3 Değerlendirme Matrisi

KV 3	Bulanık Fonksiyonlar	C3.1	C3.2	C3.3	C3.4	C3.5	C3.6	C3.7
C3.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500	0,8000
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000	0,8000	0,9000
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000	0,2000	0,1000
	v_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500	0,2000
C3.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500	0,8000
	μ_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,8000	0,8000	0,9000
	v_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,2000	0,2000	0,1000
	v_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500	0,2000
C3.3	μ_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500
C3.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,8000	0,8000
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,2000	0,2000
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,3500	0,3500
C3.5	μ_l	0,2000	0,2000	0,3500	0,3500	0,1965	0,4500	0,5500
	μ_u	0,3500	0,3500	0,4500	0,4500	0,1965	0,5500	0,6500
	v_l	0,6500	0,6500	0,5500	0,5500	0,1965	0,4500	0,3500
	v_u	0,8000	0,8000	0,6500	0,6500	0,1965	0,5500	0,4500
C3.6	μ_l	0,2000	0,2000	0,3500	0,2000	0,4500	0,1965	0,6500
	μ_u	0,3500	0,3500	0,4500	0,3500	0,5500	0,1965	0,8000
	v_l	0,6500	0,6500	0,5500	0,6500	0,4500	0,1965	0,2000
	v_u	0,8000	0,8000	0,6500	0,8000	0,5500	0,1965	0,3500
C3.7	μ_l	0,1000	0,1000	0,2000	0,2000	0,3500	0,2000	0,1965
	μ_u	0,2000	0,2000	0,3500	0,3500	0,4500	0,3500	0,1965
	v_l	0,8000	0,8000	0,6500	0,6500	0,5500	0,6500	0,1965
	v_u	0,9000	0,9000	0,8000	0,8000	0,6500	0,8000	0,1965
CR	0,025							

C3 ana kriterine bağı alt kriterler için, üç uzmanın görüşlerinden geometrik ortalama yöntemiyle oluşturulan birleştirilmiş matris Tablo 27’de sunulmuştur.

Tablo 27: C3 Ana Kriterinin Birleştirilmiş Matrisi

C3 Birleştirilmiş Matris	Bulanık Fonksiyonlar	C3.1	C3.2	C3.3	C3.4	C3.5	C3.6	C3.7
C3.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5815	0,5815	0,6500	0,6500	0,7465
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6966	0,6966	0,8000	0,8000	0,8653
	v_l	0,1965	0,3500	0,2904	0,2904	0,2000	0,2000	0,1260
	v_u	0,1965	0,4500	0,4138	0,4138	0,3500	0,3500	0,2410
C3.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,4811	0,5500	0,6500	0,6589	0,7465
	μ_u	0,4500	0,1965	0,5815	0,6500	0,8000	0,7764	0,8653
	v_l	0,5500	0,1965	0,4138	0,3500	0,2000	0,1913	0,1260
	v_u	0,6500	0,1965	0,5144	0,4500	0,3500	0,3158	0,2410
C3.3	μ_l	0,2904	0,4138	0,1965	0,5815	0,6148	0,6148	0,6966
	μ_u	0,4138	0,5144	0,1965	0,6966	0,7465	0,7465	0,8320
	v_l	0,5815	0,4811	0,1965	0,2904	0,2410	0,2410	0,1587
	v_u	0,6966	0,5815	0,1965	0,4138	0,3806	0,3806	0,2904
C3.4	μ_l	0,2904	0,3500	0,2904	0,1965	0,5500	0,5815	0,6148
	μ_u	0,4138	0,4500	0,4138	0,1965	0,6500	0,6966	0,7465
	v_l	0,5815	0,5500	0,5815	0,1965	0,3500	0,2904	0,2410
	v_u	0,6966	0,6500	0,6966	0,1965	0,4500	0,4138	0,3806
C3.5	μ_l	0,2000	0,2000	0,2410	0,3500	0,1965	0,4811	0,4811
	μ_u	0,3500	0,3500	0,3806	0,4500	0,1965	0,5815	0,5815
	v_l	0,6500	0,6500	0,6148	0,5500	0,1965	0,4138	0,4138
	v_u	0,8000	0,8000	0,7465	0,6500	0,1965	0,5144	0,5144
C3.6	μ_l	0,2000	0,1913	0,2410	0,2904	0,4138	0,1965	0,5815
	μ_u	0,3500	0,3158	0,3806	0,4138	0,5144	0,1965	0,6966
	v_l	0,6500	0,6589	0,6148	0,5815	0,4811	0,1965	0,2904
	v_u	0,8000	0,7764	0,7465	0,6966	0,5815	0,1965	0,4138
C3.7	μ_l	0,1260	0,1260	0,1587	0,2410	0,4138	0,2904	0,1965
	μ_u	0,2410	0,2410	0,2904	0,3806	0,5144	0,4138	0,1965
	v_l	0,7465	0,7465	0,6966	0,6148	0,4811	0,5815	0,1965
	v_u	0,8653	0,8653	0,8320	0,7465	0,5815	0,6966	0,1965

3.2.5. Organoklorlu Bileşiklerin PFAHP ile Değerlendirilmesi

Organoklorlu bileşikler kriterinin alt kriterleri, üç karar verici tarafından PFAHP yöntemi kapsamında değerlendirilmiş ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin CR değerleri hesaplanmıştır.

KV1 tarafından C4 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 28’de sunulmuştur.

Tablo 28: KV1'in C4 Değerlendirme Matrisi

KV1	Bulanık Fonksiyonlar	C4.1	C4.2	C4.3	C4.4	C4.5	C4.6	C4.7	C4.8
C4.1	μ_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,4500	0,3500
	μ_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,5500	0,4500
	v_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,4500	0,5500
	v_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,5500	0,6500
C4.2	μ_l	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C4.3	μ_l	0,5500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C4.4	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C4.5	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500
C4.6	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500
C4.7	μ_l	0,4500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500
	μ_u	0,5500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500
	v_l	0,4500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500
	v_u	0,5500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500
C4.8	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,5500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,6500	0,6500	0,1965
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,3500	0,3500	0,1965
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,4500	0,4500	0,1965
CR	0,039								

KV2 tarafından C4 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 29’da sunulmuştur.

Tablo 29: KV2'nin C4 Değerlendirme Matrisi

KV2	Bulanık Fonksiyonlar	C4.1	C4.2	C4.3	C4.4	C4.5	C4.6	C4.7	C4.8
C4.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500

	v_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C4.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,4500	0,4500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,5500	0,5500	0,4500	0,4500	0,4500
C4.3	μ_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,2000	0,2000	0,4500	0,3500	0,2000
	μ_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,3500	0,3500	0,5500	0,4500	0,3500
	v_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,6500	0,6500	0,4500	0,5500	0,6500
	v_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,8000	0,8000	0,5500	0,6500	0,8000
C4.4	μ_l	0,3500	0,4500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,5500	0,8000	0,1965	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000
	v_l	0,5500	0,4500	0,2000	0,1965	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
	v_u	0,6500	0,5500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
C4.5	μ_l	0,3500	0,4500	0,6500	0,2000	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500
	μ_u	0,4500	0,5500	0,8000	0,3500	0,1965	0,8000	0,8000	0,8000
	v_l	0,5500	0,4500	0,2000	0,6500	0,1965	0,2000	0,2000	0,2000
	v_u	0,6500	0,5500	0,3500	0,8000	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500
C4.6	μ_l	0,3500	0,3500	0,4500	0,2000	0,2000	0,1965	0,6500	0,3500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,5500	0,3500	0,3500	0,1965	0,8000	0,4500
	v_l	0,5500	0,5500	0,4500	0,6500	0,6500	0,1965	0,2000	0,5500
	v_u	0,6500	0,6500	0,5500	0,8000	0,8000	0,1965	0,3500	0,6500
C4.7	μ_l	0,3500	0,3500	0,5500	0,2000	0,2000	0,2000	0,1965	0,3500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,6500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,4500
	v_l	0,5500	0,5500	0,3500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,5500
	v_u	0,6500	0,6500	0,4500	0,8000	0,8000	0,8000	0,1965	0,6500
C4.8	μ_l	0,3500	0,3500	0,6500	0,2000	0,2000	0,5500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,8000	0,3500	0,3500	0,6500	0,6500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,2000	0,6500	0,6500	0,3500	0,3500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,3500	0,8000	0,8000	0,4500	0,4500	0,1965
CR	0,066								

KV3 tarafından C4 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 30’da sunulmuştur.

Tablo 30: KV3’ün C4 Değerlendirme Matrisi

KV3	Bulanık Fonksiyonlar	C4.1	C4.2	C4.3	C4.4	C4.5	C4.6	C4.7	C4.8
C4.1	μ_l	0,1965	0,3500	0,5500	0,3500	0,3500	0,5500	0,4500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,4500	0,6500	0,4500	0,4500	0,6500	0,5500	0,6500
	v_l	0,1965	0,5500	0,3500	0,5500	0,5500	0,3500	0,4500	0,3500
	v_u	0,1965	0,6500	0,4500	0,6500	0,6500	0,4500	0,5500	0,4500
C4.2	μ_l	0,5500	0,1965	0,6500	0,5500	0,5500	0,6500	0,6500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,1965	0,8000	0,6500	0,6500	0,8000	0,8000	0,6500
	v_l	0,3500	0,1965	0,2000	0,3500	0,3500	0,2000	0,2000	0,3500
	v_u	0,4500	0,1965	0,3500	0,4500	0,4500	0,3500	0,3500	0,4500
C4.3	μ_l	0,3500	0,2000	0,1965	0,3500	0,3500	0,5500	0,5500	0,5500

	μ_u	0,4500	0,3500	0,1965	0,4500	0,4500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,5500	0,6500	0,1965	0,5500	0,5500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,6500	0,8000	0,1965	0,6500	0,6500	0,4500	0,4500	0,4500
C4.4	μ_l	0,5500	0,3500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C4.5	μ_l	0,5500	0,3500	0,5500	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,6500	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,3500	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,4500	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500
C4.6	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500
C4.7	μ_l	0,4500	0,2000	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500
	μ_u	0,5500	0,3500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500
	v_l	0,4500	0,6500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500
	v_u	0,5500	0,8000	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500
C4.8	μ_l	0,3500	0,2000	0,3500	0,3500	0,3500	0,5500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,3500	0,4500	0,4500	0,4500	0,6500	0,6500	0,1965
	v_l	0,5500	0,6500	0,5500	0,5500	0,5500	0,3500	0,3500	0,1965
	v_u	0,6500	0,8000	0,6500	0,6500	0,6500	0,4500	0,4500	0,1965
CR	0,044								

C4 ana kriterine bağlı alt kriterler için, üç uzmanın görüşlerinden geometrik ortalama yöntemiyle oluşturulan birleştirilmiş matris Tablo 31’de sunulmuştur.

Tablo 31: C4 Ana Kriteri Birleştirilmiş Matrisi

C4 Birleştirilmiş Matris	Bulanık Fonksiyonlar	C4.1	C4.2	C4.3	C4.4	C4.5	C4.6	C4.7	C4.8
C4.1	μ_l	0,1965	0,4069	0,4731	0,4069	0,4069	0,4731	0,4811	0,4731
	μ_u	0,1965	0,5087	0,5750	0,5087	0,5087	0,5750	0,5815	0,5750
	v_l	0,1965	0,4731	0,4069	0,4731	0,4731	0,4069	0,4138	0,4069
	v_u	0,1965	0,5750	0,5087	0,5750	0,5750	0,5087	0,5144	0,5087
C4.2	μ_l	0,4731	0,1965	0,5815	0,5144	0,5144	0,5815	0,5815	0,5500
	μ_u	0,5750	0,1965	0,6966	0,6148	0,6148	0,6966	0,6966	0,6500
	v_l	0,4069	0,1965	0,2904	0,3806	0,3806	0,2904	0,2904	0,3500
	v_u	0,5087	0,1965	0,4138	0,4811	0,4811	0,4138	0,4138	0,4500
C4.3	μ_l	0,4069	0,2904	0,1965	0,3377	0,3377	0,5144	0,4731	0,3926
	μ_u	0,5087	0,4138	0,1965	0,4678	0,4678	0,6148	0,5750	0,5288
	v_l	0,4731	0,5815	0,1965	0,5002	0,5002	0,3806	0,4069	0,4302
	v_u	0,5750	0,6966	0,1965	0,6162	0,6162	0,4811	0,5087	0,5451
C4.4	μ_l	0,4731	0,3806	0,5002	0,1965	0,5815	0,5815	0,5815	0,5815
	μ_u	0,5750	0,4811	0,6162	0,1965	0,6966	0,6966	0,6966	0,6966
	v_l	0,4069	0,5144	0,3377	0,1965	0,2904	0,2904	0,2904	0,2904
	v_u	0,5087	0,6148	0,4678	0,1965	0,4138	0,4138	0,4138	0,4138

C4.5	μ_l	0,4731	0,3806	0,5002	0,2904	0,1965	0,5815	0,5815	0,5815
	μ_u	0,5750	0,4811	0,6162	0,4138	0,1965	0,6966	0,6966	0,6966
	v_l	0,4069	0,5144	0,3377	0,5815	0,1965	0,2904	0,2904	0,2904
	v_u	0,5087	0,6148	0,4678	0,6966	0,1965	0,4138	0,4138	0,4138
C4.6	μ_l	0,4069	0,3500	0,3806	0,2904	0,2904	0,1965	0,5815	0,3500
	μ_u	0,5087	0,4500	0,4811	0,4138	0,4138	0,1965	0,6966	0,4500
	v_l	0,4731	0,5500	0,5144	0,5815	0,5815	0,1965	0,2904	0,5500
	v_u	0,5750	0,6500	0,6148	0,6966	0,6966	0,1965	0,4138	0,6500
C4.7	μ_l	0,4138	0,2904	0,4069	0,2904	0,2904	0,2904	0,1965	0,3500
	μ_u	0,5144	0,4138	0,5087	0,4138	0,4138	0,4138	0,1965	0,4500
	v_l	0,4811	0,5815	0,4731	0,5815	0,5815	0,5815	0,1965	0,5500
	v_u	0,5815	0,6966	0,5750	0,6966	0,6966	0,6966	0,1965	0,6500
C4.8	μ_l	0,4069	0,2904	0,4302	0,2904	0,2904	0,5500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,5087	0,4138	0,5451	0,4138	0,4138	0,6500	0,6500	0,1965
	v_l	0,4731	0,5815	0,3926	0,5815	0,5815	0,3500	0,3500	0,1965
	v_u	0,5750	0,6966	0,5288	0,6966	0,6966	0,4500	0,4500	0,1965

3.2.6. Uçucu Organik Bileşiklerin PFAHP ile Değerlendirilmesi

Uçucu organik bileşikler kriterinin alt kriterleri, üç karar verici tarafından PFAHP yöntemi kapsamında değerlendirilmiş ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin CR değerleri hesaplanmıştır.

KV1 tarafından C5 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 32’de sunulmuştur.

Tablo 32: KV1’in C5 Değerlendirme Matrisi

KV1	Bulanık Fonksiyonlar	C5.1	C5.2	C5.3	C5.4	C5.5	C5.6	C5.7
C5.1	μ_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,5500	0,5500	0,3500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,6500	0,6500	0,4500	0,6500
	v_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,3500	0,3500	0,5500	0,3500
	v_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,4500	0,4500	0,6500	0,4500
C5.2	μ_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C5.3	μ_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500
C5.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,4500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,5500
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,4500
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,5500

C5.5	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500
C5.6	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500
C5.7	μ_l	0,3500	0,3500	0,2000	0,4500	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,3500	0,5500	0,4500	0,4500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,6500	0,4500	0,5500	0,5500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,8000	0,5500	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,034							

KV2 tarafından C5 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 33'te sunulmuştur.

Tablo 33: KV2'nin C5 Değerlendirme Matrisi

KV2	Bulanık Fonksiyonlar	C5.1	C5.2	C5.3	C5.4	C5.5	C5.6	C5.7
C5.1	μ_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,5500	0,3500	0,3500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,6500	0,4500	0,4500	0,6500
	v_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,3500	0,5500	0,5500	0,3500
	v_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,4500	0,6500	0,6500	0,4500
C5.2	μ_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C5.3	μ_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500
C5.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,4500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,5500
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,4500
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,5500
C5.5	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500
C5.6	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500
C5.7	μ_l	0,3500	0,3500	0,2000	0,4500	0,3500	0,3500	0,1965

μ_u	0,4500	0,4500	0,3500	0,5500	0,4500	0,4500	0,1965
v_l	0,5500	0,5500	0,6500	0,4500	0,5500	0,5500	0,1965
v_u	0,6500	0,6500	0,8000	0,5500	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,034						

KV3 tarafından C5 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 34’te sunulmuştur.

Tablo 34: KV3'ün C5 Değerlendirme Matrisi

KV3	Bulanık Fonksiyonlar	C5.1	C5.2	C5.3	C5.4	C5.5	C5.6	C5.7
C5.1	μ_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,5500	0,3500	0,3500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,6500	0,4500	0,4500	0,6500
	v_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,3500	0,5500	0,5500	0,3500
	v_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,4500	0,6500	0,6500	0,4500
C5.2	μ_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500	0,5500	0,4500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500	0,6500	0,5500	0,6500
	v_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500	0,3500	0,4500	0,3500
	v_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500	0,4500	0,5500	0,4500
C5.3	μ_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500
C5.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,4500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,5500
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,4500
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,5500
C5.5	μ_l	0,5500	0,3500	0,3500	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4500	0,4500	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500
	v_l	0,3500	0,5500	0,5500	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500
	v_u	0,4500	0,6500	0,6500	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500
C5.6	μ_l	0,5500	0,4500	0,3500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,6500	0,5500	0,4500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500
	v_l	0,3500	0,4500	0,5500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500
	v_u	0,4500	0,5500	0,6500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500
C5.7	μ_l	0,3500	0,3500	0,2000	0,4500	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,3500	0,5500	0,4500	0,4500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,6500	0,4500	0,5500	0,5500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,8000	0,5500	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,028							

C5 ana kriterine bağlı alt kriterler için, üç uzmanın görüşlerinden geometrik ortalama yöntemiyle oluşturulan birleştirilmiş matris Tablo 35’te sunulmuştur.

Tablo 35: C5 Ana Kriteri Birleştirilmiş Matrisi

C5 Birleştirilmiş matris	Bulanık Fonksiyonlar	C5.1	C5.2	C5.3	C5.4	C5.5	C5.6	C5.7
C5.1	μ_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,5500	0,4069	0,3500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,6500	0,5087	0,4500	0,6500
	v_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,3500	0,4731	0,5500	0,3500
	v_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,4500	0,5750	0,6500	0,4500
C5.2	μ_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500	0,5500	0,5144	0,5500
	μ_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500	0,6500	0,6148	0,6500
	v_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500	0,3500	0,3806	0,3500
	v_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500	0,4500	0,4811	0,4500
C5.3	μ_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,6500
	μ_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,8000
	v_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000
	v_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,3500
C5.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,4500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,5500
	v_l	0,5500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,4500
	v_u	0,6500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,5500
C5.5	μ_l	0,4731	0,3500	0,3500	0,5500	0,1965	0,3500	0,5500
	μ_u	0,5750	0,4500	0,4500	0,6500	0,1965	0,4500	0,6500
	v_l	0,4069	0,5500	0,5500	0,3500	0,1965	0,5500	0,3500
	v_u	0,5087	0,6500	0,6500	0,4500	0,1965	0,6500	0,4500
C5.6	μ_l	0,5500	0,3806	0,3500	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,6500	0,4811	0,4500	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500
	v_l	0,3500	0,5144	0,5500	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500
	v_u	0,4500	0,6148	0,6500	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500
C5.7	μ_l	0,3500	0,3500	0,2000	0,4500	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,3500	0,5500	0,4500	0,4500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,6500	0,4500	0,5500	0,5500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,8000	0,5500	0,6500	0,6500	0,1965

3.2.7. Herbisit ve Fungusitlerin PFAHP ile Değerlendirilmesi

Herbisit ve fungusitler kriterinin alt kriterleri, üç karar verici tarafından PFAHP yöntemi kapsamında değerlendirilmiş ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin CR değerleri hesaplanmıştır.

KV1 tarafından C6 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 36’da sunulmuştur.

Tablo 36: KV1’in C6 Değerlendirme Matrisi

KV1	Bulanık Fonksiyonlar	C6.1	C6.2	C6.3	C6.4
C6.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,6500	0,6500

	μ_u	0,1965	0,6500	0,8000	0,8000
	v_l	0,1965	0,3500	0,2000	0,2000
	v_u	0,1965	0,4500	0,3500	0,3500
C6.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500
C6.3	μ_l	0,2000	0,3500	0,1965	0,3500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,1965	0,4500
	v_l	0,6500	0,5500	0,1965	0,5500
	v_u	0,8000	0,6500	0,1965	0,6500
C6.4	μ_l	0,2000	0,3500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,3500	0,4500	0,6500	0,1965
	v_l	0,6500	0,5500	0,3500	0,1965
	v_u	0,8000	0,6500	0,4500	0,1965
CR		0,024			

KV2 tarafından C6 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 37’de sunulmuştur.

Tablo 37: KV2'nin C6 Değerlendirme Matrisi

KV2	Bulanık Fonksiyonlar	C6.1	C6.2	C6.3	C6.4
C6.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500
	v_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500
C6.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500
C6.3	μ_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500
	μ_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500
	v_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500
	v_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500
C6.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,6500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,3500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,4500	0,1965
CR		0,045			

KV3 tarafından C6 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 38’de sunulmuştur.

Tablo 38: KV3'ün C6 Değerlendirme Matrisi

KV3	Bulanık Fonksiyonlar	C6.1	C6.2	C6.3	C6.4
C6.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,6500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,8000	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,2000	0,3500
	v_u	0,1965	0,4500	0,3500	0,4500
C6.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500
C6.3	μ_l	0,2000	0,3500	0,1965	0,3500
	μ_u	0,3500	0,4500	0,1965	0,4500
	v_l	0,6500	0,5500	0,1965	0,5500
	v_u	0,8000	0,6500	0,1965	0,6500
C6.4	μ_l	0,3500	0,3500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,4500	0,6500	0,1965
	v_l	0,5500	0,5500	0,3500	0,1965
	v_u	0,6500	0,6500	0,4500	0,1965
CR	0,025				

C6 ana kriterine bağlı alt kriterler için, üç uzmanın görüşlerinden geometrik ortalama yöntemiyle oluşturulan birleştirilmiş matris Tablo 39’da sunulmuştur.

Tablo 39: C6 Ana Kriterinin Birleştirilmiş Matrisi

C6 Birleştirilmiş Matris	Bulanık Fonksiyonlar	C6.1	C6.2	C6.3	C6.4
C6.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,6148	0,5815
	μ_u	0,1965	0,6500	0,7465	0,6966
	v_l	0,1965	0,3500	0,2410	0,2904
	v_u	0,1965	0,4500	0,3806	0,4138
C6.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,5500	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,6500	0,1965	0,4500	0,4500
C6.3	μ_l	0,2410	0,3500	0,1965	0,3500
	μ_u	0,3806	0,4500	0,1965	0,4500
	v_l	0,6148	0,5500	0,1965	0,5500
	v_u	0,7465	0,6500	0,1965	0,6500
C6.4	μ_l	0,2904	0,3500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,4138	0,4500	0,6500	0,1965
	v_l	0,5815	0,5500	0,3500	0,1965
	v_u	0,6966	0,6500	0,4500	0,1965

3.2.8. Monomer Bileşiklerin PFAHP ile Değerlendirilmesi

Monomer bileşikler ana kriterinin alt kriterleri, üç karar verici tarafından PFAHP yöntemi kapsamında değerlendirilmiş ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin CR değerleri hesaplanmıştır.

KV1 tarafından C7 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 40'ta sunulmuştur.

Tablo 40: KV1'in C7 Değerlendirme Matrisi

KV1	Bulanık Fonksiyonlar	C7.1	C7.2	C7.3
C7.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,1965	0,4500	0,4500
C7.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,3500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,4500
	v_l	0,5500	0,1965	0,5500
	v_u	0,6500	0,1965	0,6500
C7.3	μ_l	0,3500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,6500	0,1965
	v_l	0,5500	0,3500	0,1965
	v_u	0,6500	0,4500	0,1965
CR	0,046			

KV2 tarafından C7 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 41'de sunulmuştur.

Tablo 41: KV2'nin C7 Değerlendirme Matrisi

KV2	Bulanık Fonksiyonlar	C7.1	C7.2	C7.3
C7.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,1965	0,4500	0,4500
C7.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,4500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,5500
	v_l	0,5500	0,1965	0,4500
	v_u	0,6500	0,1965	0,5500
C7.3	μ_l	0,3500	0,4500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,5500	0,1965
	v_l	0,5500	0,4500	0,1965
	v_u	0,6500	0,5500	0,1965
CR	0,000			

KV3 tarafından C7 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 42’de sunulmuştur.

Tablo 42: KV3’ün C7 Değerlendirme Matrisi

KV3	Bulanık Fonksiyonlar	C7.1	C7.2	C7.3
C7.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,1965	0,4500	0,4500
C7.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,3500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,4500
	v_l	0,5500	0,1965	0,5500
	v_u	0,6500	0,1965	0,6500
C7.3	μ_l	0,3500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,6500	0,1965
	v_l	0,5500	0,3500	0,1965
	v_u	0,6500	0,4500	0,1965
CR	0,046			

C7 ana kriterine bağlı alt kriterler için, üç uzmanın görüşlerinden geometrik ortalama yöntemiyle oluşturulan birleştirilmiş matris Tablo 43’te sunulmuştur.

Tablo 43: C7 Ana Kriteri Birleştirilmiş Matrisi

C7 Birleştirilmiş Matris	Bulanık Fonksiyonlar	C7.1	C7.2	C7.3
C7.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,1965	0,4500	0,4500
C7.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,3806
	μ_u	0,4500	0,1965	0,4811
	v_l	0,5500	0,1965	0,5144
	v_u	0,6500	0,1965	0,6148
C7.3	μ_l	0,3500	0,5144	0,1965
	μ_u	0,4500	0,6148	0,1965
	v_l	0,5500	0,3806	0,1965
	v_u	0,6500	0,4811	0,1965

3.2.9. Fizikokimyasal Özelliklerin PFAHP ile Değerlendirilmesi

Fizikokimyasal Özellikler kriterinin alt kriterleri, üç karar verici tarafından PFAHP yöntemi kapsamında değerlendirilmiş ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin CR değerleri hesaplanmıştır.

KV1 tarafından C8 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 44’te sunulmuştur.

Tablo 44: KV1'in C8 Değerlendirme Tablosu

KV1	Bulanık Fonksiyonlar	C8.1	C8.2	C8.3	C8.4	C8.5
C8.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,5500	0,5500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500
	ν_l	0,1965	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
	ν_u	0,1965	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500
C8.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,1965	0,3500	0,4500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,1965	0,4500	0,5500
	ν_l	0,5500	0,1965	0,1965	0,5500	0,4500
	ν_u	0,6500	0,1965	0,1965	0,6500	0,5500
C8.3	μ_l	0,3500	0,1965	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,4500	0,1965	0,1965	0,6500	0,6500
	ν_l	0,5500	0,1965	0,1965	0,3500	0,3500
	ν_u	0,6500	0,1965	0,1965	0,4500	0,4500
C8.4	μ_l	0,3500	0,5500	0,3500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,4500	0,6500	0,4500	0,1965	0,6500
	ν_l	0,5500	0,3500	0,5500	0,1965	0,3500
	ν_u	0,6500	0,4500	0,6500	0,1965	0,4500
C8.5	μ_l	0,3500	0,4500	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,5500	0,4500	0,4500	0,1965
	ν_l	0,5500	0,4500	0,5500	0,5500	0,1965
	ν_u	0,6500	0,5500	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,044					

KV2 tarafından C8 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 45’te sunulmuştur.

Tablo 45: KV2'nin C8 Değerlendirme Tablosu

KV2	Bulanık Fonksiyonlar	C8.1	C8.2	C8.3	C8.4	C8.5
C8.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,3500	0,4500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,4500	0,5500	0,6500
	ν_l	0,1965	0,3500	0,5500	0,4500	0,3500
	ν_u	0,1965	0,4500	0,6500	0,5500	0,4500
C8.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,1965
	ν_l	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,1965
	ν_u	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,1965
C8.3	μ_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500
	ν_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500

	v_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500
C8.4	μ_l	0,4500	0,5500	0,3500	0,1965	0,6500
	μ_u	0,5500	0,6500	0,4500	0,1965	0,8000
	v_l	0,4500	0,3500	0,5500	0,1965	0,2000
	v_u	0,5500	0,4500	0,6500	0,1965	0,3500
C8.5	μ_l	0,3500	0,1965	0,3500	0,2000	0,1965
	μ_u	0,4500	0,1965	0,4500	0,3500	0,1965
	v_l	0,5500	0,1965	0,5500	0,6500	0,1965
	v_u	0,6500	0,1965	0,6500	0,8000	0,1965
CR	0,027					

KV3 tarafından C8 ana kriterinin alt kriterleri için yapılan değerlendirmeler, PFS kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi haline getirilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı da tabloda belirtilmiş olup kabul edilebilir düzeydedir. İlgili matris Tablo 46’da sunulmuştur.

Tablo 46: KV3’ün C8 Değerlendirme Matrisi

KV3	Bulanık Fonksiyonlar	C8.1	C8.2	C8.3	C8.4	C8.5
C8.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,3500	0,4500	0,5500
	μ_u	0,1965	0,6500	0,4500	0,5500	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,5500	0,4500	0,3500
	v_u	0,1965	0,4500	0,6500	0,5500	0,4500
C8.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,3500	0,5500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,1965	0,4500	0,6500	0,1965
	v_l	0,5500	0,1965	0,5500	0,3500	0,1965
	v_u	0,6500	0,1965	0,6500	0,4500	0,1965
C8.3	μ_l	0,5500	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,6500	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,3500	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,4500	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500
C8.4	μ_l	0,4500	0,3500	0,3500	0,1965	0,5500
	μ_u	0,5500	0,4500	0,4500	0,1965	0,6500
	v_l	0,4500	0,5500	0,5500	0,1965	0,3500
	v_u	0,5500	0,6500	0,6500	0,1965	0,4500
C8.5	μ_l	0,3500	0,1965	0,3500	0,3500	0,1965
	μ_u	0,4500	0,1965	0,4500	0,4500	0,1965
	v_l	0,5500	0,1965	0,5500	0,5500	0,1965
	v_u	0,6500	0,1965	0,6500	0,6500	0,1965
CR	0,053					

C8 ana kriterine bağlı alt kriterler için, üç uzmanın görüşlerinden geometrik ortalama yöntemiyle oluşturulan birleştirilmiş matris Tablo 47’de sunulmuştur.

Tablo 47: C8 Ana Kriteri Birleştirilmiş Matrisi

C8 Birleştirilmiş Matris	Bulanık Fonksiyonlar	C8.1	C8.2	C8.3	C8.4	C8.5
C8.1	μ_l	0,1965	0,5500	0,4069	0,4811	0,5500

	μ_u	0,1965	0,6500	0,5087	0,5815	0,6500
	v_l	0,1965	0,3500	0,4731	0,4138	0,3500
	v_u	0,1965	0,4500	0,5750	0,5144	0,4500
C8.2	μ_l	0,3500	0,1965	0,2887	0,4069	0,2590
	μ_u	0,4500	0,1965	0,3414	0,5087	0,2769
	v_l	0,5500	0,1965	0,3903	0,4731	0,2590
	v_u	0,6500	0,1965	0,4362	0,5750	0,2769
C8.3	μ_l	0,4731	0,3903	0,1965	0,5500	0,5500
	μ_u	0,5750	0,4362	0,1965	0,6500	0,6500
	v_l	0,4069	0,2887	0,1965	0,3500	0,3500
	v_u	0,5087	0,3414	0,1965	0,4500	0,4500
C8.4	μ_l	0,4138	0,4731	0,3500	0,1965	0,5815
	μ_u	0,5144	0,5750	0,4500	0,1965	0,6966
	v_l	0,4811	0,4069	0,5500	0,1965	0,2904
	v_u	0,5815	0,5087	0,6500	0,1965	0,4138
C8.5	μ_l	0,3500	0,2590	0,3500	0,2904	0,1965
	μ_u	0,4500	0,2769	0,4500	0,4138	0,1965
	v_l	0,5500	0,2590	0,5500	0,5815	0,1965
	v_u	0,6500	0,2769	0,6500	0,6966	0,1965

3.3. PFAHP UYGULAMA SONUÇLARI

PFAHP yöntemi kapsamında, karar vericilerden elde edilen karşılaştırma matrislerinin birleştirilmesiyle oluşturulan ortak matris üzerinden, alt ve üst değerler arasındaki fark matrisleri Denklem (8) kullanılarak hesaplanmıştır (Fark matrisi $D = (d_{ik})_{m \times m}$). Daha sonra Denklem (9) kullanılarak çarpımsal matris, Denklem (10) kullanılarak her bir kriterin belirsizlik düzeyi, tereddüt derecesi matrisi elde edilmiştir. Ardından, kriterlerin belirginlik (önem) dereceleri Denklem (11) kullanılarak hesaplanmış ve son olarak Denklem (12) kullanılarak ağırlıklar hesaplanmıştır. Lokal ağırlıklar her bir ana kriter için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tablodaki genel ağırlıklar, ana kriter ağırlığının lokal alt kriter ağırlığı ile çarpımı olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan ana kriter ve alt kriterlerin ağırlıkları ve ağırlıkların sıralamaları Tablo 48’de sunulmuştur.

Tablo 48: Ana Kriter ve Alt Kriterler Ağırlık Sıralaması

Ana Kriterler	Ağırlık	Alt Kriterler	Ağırlık (Lokal)	Ağırlık (Genel)	Rank Sıralama
C1	0,206	C1.1	0,478	0,099	1
		C1.2	0,339	0,070	2
		C1.3	0,182	0,038	8
C2	0,178	C2.1	0,313	0,056	3
		C2.2	0,299	0,053	4

		C2.3	0,130	0,023	17
		C2.4	0,139	0,025	13
		C2.5	0,048	0,009	36
		C2.6	0,045	0,008	39
		C2.7	0,027	0,005	44
C3	0,150				
		C3.1	0,285	0,043	5
		C3.2	0,249	0,037	9
		C3.3	0,199	0,030	11
		C3.4	0,116	0,017	22
		C3.5	0,054	0,008	38
		C3.6	0,063	0,009	34
		C3.7	0,033	0,005	43
C4	0,125				
		C4.1	0,109	0,014	26
		C4.2	0,195	0,024	14
		C4.3	0,092	0,011	29
		C4.4	0,191	0,024	16
		C4.5	0,163	0,020	19
		C4.6	0,088	0,011	32
		C4.7	0,060	0,007	40
		C4.8	0,103	0,013	27
C5	0,119				
		C5.1	0,121	0,014	25
		C5.2	0,183	0,022	18
		C5.3	0,253	0,030	10
		C5.4	0,076	0,009	35
		C5.5	0,129	0,015	24
		C5.6	0,167	0,020	20
		C5.7	0,071	0,008	37
C6	0,098				
		C6.1	0,430	0,042	6
		C6.2	0,266	0,026	12
		C6.3	0,115	0,011	30
		C6.4	0,189	0,018	21
C7	0,079				
		C7.1	0,481	0,038	7
		C7.2	0,215	0,017	23
		C7.3	0,304	0,024	15
C8	0,045				
		C8.1	0,244	0,011	31
		C8.2	0,152	0,007	41
		C8.3	0,265	0,012	28
		C8.4	0,214	0,010	33
		C8.5	0,125	0,006	42

Elde edilen PFAHP sonuçlarına göre, Mikrobiyolojik Parametreler ana kriteri 0,206 değeriyle modelde en yüksek önceliğe sahip kriter olmuştur. Bunu sırasıyla ağır metaller (0,178), diğer (sekonder) inorganik kimyasallar (0,150), organoklorlular (0,125), uçucu organik bileşikler (0,119), herbisit ve fungusitler (0,098), monomer bileşikler (0,079) ve fizikokimyasal özellikler (0,045) izlemiştir.

Mikrobiyolojik parametrelerin alt kriterlerinden *E. coli* (C1.1) 0,478 ağırlık ile en yüksek ağırlık değerini almıştır. Onu sırasıyla 0,339 ağırlık ile enterokok (C1.2) ve son olarak 0,182 ağırlık ile koliform (C1.3) izlemiştir.

Ağır metallerin alt kriterleri arasında arsenik (C2.1), 0,313 ağırlık değeriyle en yüksek öneme sahip kriter olarak belirlenmiştir. Bunu sırasıyla kurşun (C2.2; 0,299), cıva (C2.4; 0,139) ve kadmiyum (C2.3; 0,130) izlemiştir. Daha düşük ağırlıklara sahip kriterler ise krom (C2.5; 0,048), nikel (C2.6; 0,045) ve bakır (C2.7; 0,027) olmuştur. Bu sonuçlar, özellikle arsenik ve kurşunun ağır metal kirliliği açısından belirleyici parametreler olabileceğini göstermektedir.

Diğer inorganik kimyasallar alt kriterleri arasında siyanür (C3.1), 0,285 ağırlık değeriyle en yüksek öneme sahip parametre olarak belirlenmiştir. Bunu nitrit (C3.2; 0,249) ve bromat (C3.3; 0,199) takip etmiştir. Diğer alt kriterler ise nitrat (C3.4; 0,116), bor (C3.6; 0,063), florür (C3.5; 0,054) ve selenyum (C3.7; 0,033) değerlerini almıştır. Bu sonuçlar, sekonder kimyasal bileşikler arasında özellikle siyanür, nitrit ve bromat parametrelerinin su kalitesi üzerinde daha belirleyici bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir.

Organoklorlular alt kriterleri arasında DDT (C4.2) 0,195 ağırlık değeriyle en yüksek öneme sahip bileşik olarak belirlenmiştir. DDT'yi sırasıyla dieldrin (C4.4; 0,191), aldrin (C4.5; 0,163) ve gamma-HCH (lindan) (C4.1; 0,109) izlemiştir. Diğer alt kriterler ise heptachlorepoksit (endo) (C4.8; 0,103), beta-endosülfan (C4.3; 0,092), heptachlor (C4.6; 0,088) ve alfa-HCH (C4.7; 0,060) olarak sıralanmıştır.

Uçucu organik bileşikler alt kriterleri arasında benzen (C5.3) 0,253 ağırlık değeriyle en yüksek öneme sahip bileşik olarak belirlenmiştir. Benzeni sırasıyla tetrakloreten ve trikloreten (C5.2; 0,183), 1,2-Dikloreten (C5.6; 0,167), kloroform (C5.5; 0,129), bromoform (C5.1; 0,121), bromodiklorometan (C5.4; 0,076) ve dibromoklorometan (C5.7; 0,071) izlemiştir.

Herbisitler ve fungusitler alt kriterleri arasında atrazin (C6.1) 0,430 ağırlık değeriyle en yüksek öneme sahip bileşik olarak belirlenmiştir. Atrazini sırasıyla simazin (C6.2; 0,266), tebuconazole (C6.4; 0,189) ve metalaxyl (C6.3; 0,115) izlemiştir.

Monomer bileşikler alt kriterleri arasında vinil klorür (C7.1), 0,481 ağırlık değeriyle en yüksek öneme sahip parametre olarak belirlenmiştir. Vinil klorürü sırasıyla akrilamid (C7.3; 0,304) ve epikloridin (C7.2; 0,215) izlemiştir.

Fizikokimyasal parametreler alt kriterleri arasında bulanıklık (C8.3; 0,265) ve pH (C8.1; 0,244) en yüksek ağırlık değerlerine sahip olup, su kalitesinin değerlendirilmesinde birlikte belirleyici parametreler olarak sıralanmıştır. Bu parametreleri iletkenlik (C8.4; 0,214), renk (C8.2; 0,152) ve koku (C8.5; 0,125) izlemiştir.

Bu çalışmada hesaplanan ağırlık değerleri, parametrelerin görelî önem düzeylerini göstermektedir. Ancak, değerlendirilen tüm kimyasal ve mikrobiyolojik bileşenlerin doğrudan veya dolaylı olarak çevre ve halk sağlığı için risk potansiyeli vardır. Ağırlık puanlarının yüksek olması, yalnızca model içinde görece önem düzeyini yansıtmaktadır.

3.4. TOPSIS UYGULAMASI

TOPSIS yöntemi, alternatiflerin belirlenen kriterlere göre ideal çözüme olan görelî yakınlığına göre sıralanmasına olanak tanıyan ÇKKV yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde, her alternatifin pozitif ideal çözüme (en iyi değerlere) ve negatif ideal çözüme (en kötü değerlere) olan uzaklıkları hesaplanarak C_i değeri elde edilir. Bu bölümde, Tablo 48’de belirtilen kriter ağırlıkları kullanılarak 130 su deposu TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmiş ve her bir deponun “Genel C_i ” değeri hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, her bir ana kriter (C1–C8) esas alınarak TOPSIS analizleri yapılmış ve su depoları, her ana kriter için bağımsız olarak yeniden sıralanmıştır. Hesaplama sonuçları, tablolaştırılarak Ek 1’de “ C_i Skorlarına Göre Acil Müdahale ve İyileştirme Önceliği Bulunan Depoların Sıralanması” ve Ek 2’de “TOPSIS Yöntemiyle Hesaplanan Genel C_i ile Ana Kriter C_i Sonuçları” başlıkları altında sunulmuştur.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BULGULAR

PFAHP sonuçları, içme suyunda kaliteyi en fazla tehdit eden etkenin 0,206 ağırlık değeriyle mikrobiyolojik kirlilik olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, literatürdeki önceki çalışmalarla örtüşmektedir. Sutadian vd. (2017) fekal koliformun diğer parametrelerden daha yüksek ağırlık aldığını çalışmalarında göstermiştir. Benzer şekilde, Priya ve Kumaravel (2024) yaptıkları çalışmada sudaki mikrobiyolojik parametrelerin en yüksek ağırlık aldığını ve su kalitesinin özellikle mart ayında mikrobiyal riskler nedeniyle düştüğünü tespit etmişlerdir. *E. coli* nedeniyle küresel ölçekte ishal hastalığı, özellikle çocuklarda önemli bir hastalık ve ölüm nedenidir (Hunter, 2003). Mikrobiyolojik kontaminasyonun su kaynaklarında hızla yayılabilmesi ve geniş çaplı salgınlara sebep olabilmesi, bu parametrelere yönelik sıfır tolerans politikalarının zorunlu hale getirilmesini gerektirmektedir (WHO, 2022; WHO, 2024b). Bu durum, mikrobiyolojik parametrelere yönelik önlemlerin öncelikli olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte, kimyasal kaynaklı kirleticilerin de akut zehirlenme, çevre kirliliği ve biyobirikim ile uzun vadede ciddi sağlık sorunlarına neden olabileceği hususu dikkate alınmalı ve düzenli izlenmelidir.

Fizikokimyasal özelliklerin 0,045 gibi görece düşük ağırlık derecesi alması diğer ana kriterlerin insan ve çevre sağlığına doğrudan etki oluşturma riskinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Fizikokimyasal özellikler su kaynaklarının erken dönemdeki bozulmalarını tespit edebilecek bir gösterge olarak görülebilir. Bu nedenle, fizikokimyasal izlemelerin su kalitesi yönetiminde tamamlayıcı, önleyici bir rol oynayabileceği düşünülebilir. Örneğin bulanıklığın yüksek olduğu durumlar, bir su arıtma tesisi için operasyonel sorunlara neden olabilir (Chang vd., 2012). Düşük pH değerleri boru hatlarında metal çözünürlüğünü artırarak kimyasal kirleticilerin suya karışmasına neden olabilir (WHO, 2022).

TOPSIS ile elde edilen C_i değerleri depoların ideal çözüme yakınlığını göstermektedir. Genel değerlendirmede 130 depodan 90 depo örneğinin C_i değeri 0,90 ve üzerinde, 40 depo örneğinin C_i değeri ise 0,90'ın altında hesaplanmıştır. Mikrobiyolojik parametrelerde 61 depoda hiçbir üreme olmadığından C_i değerleri 1,000 olup ideal durumdadır ve WHO, EPA standartlarına uygundur. WHO su kalite kılavuzları, mikrobiyolojik kriterlerde belirlenen alt kriterler olan *E. coli*, koliform ve enterokokta “0/100 mL” hedefini benimsemektedir (WHO,2022). Bu hedefin dışına çıkan depo örneklerinde (Depo64 (0,148), Depo94 (0,507) ve Depo114 (0,000)) $C_1.C_i$ değerleri düşmüştür. Bu düşüşler, Genel C_i skorlarında da anlamlı

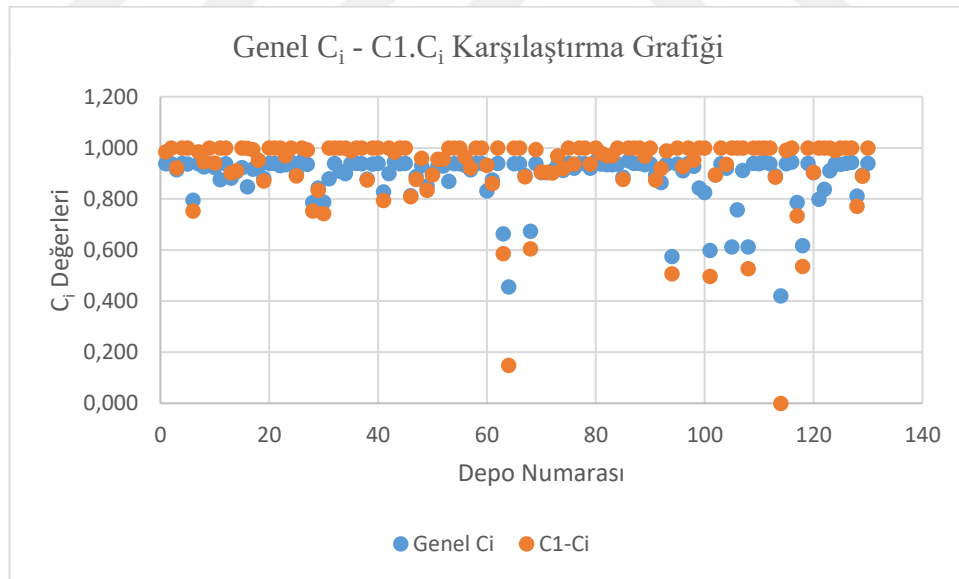
düşüşlere yol açmıştır (Depo64: Genel C_i :0,455; Depo94: Genel C_i : 0,575, Depo114: Genel C_i : 0,420).

Düşük kaliteli su depolarından Depo64'te *E. coli*: 100/100 mL, enterokok: 80/100 mL ve koliform parametresinin 100/100 mL olarak tespit edilmesi $C1.C_i$ değerinin 0,148'e, Genel C_i değerinin de 0,455'e düşmesine neden olmuştur.

Depo114'te ise *E. coli*, koliform ve enterokok parametrelerinin her birinin 100/100 mL olarak tespit edilmesi $C1.C_i$ değerinin 0,000 olarak hesaplanmasına neden olmuştur. Aynı depoda diğer ana kriterlerde sınır değerler aşılmamasına rağmen genel C_i değeri 0,420'ye düşmüştür.

Depo16, $C1$ ana kriteri için 0,998 C_i değeri ile ideal çözüme (1,000) en yakın depo olmuştur. Bunun nedeni, yüksek ağırlığa sahip *E. coli* ve enterokok parametrelerinde üreme saptanmaması, görece düşük ağırlığa sahip koliformda ise 2/100 mL düzeyinde üreme görülmesidir.

Genel C_i ile mikrobiyolojik parametrelerin C_i skorları arasında güçlü ve anlamlı bir ilişki vardır ($R=0,889$; $R^2=0,791$, $p<0,001$). Genel C_i değerleri ile $C1$ ana kriteri arasındaki ilişkinin karşılaştırma grafiği Şekil 4'te sunulmuştur.



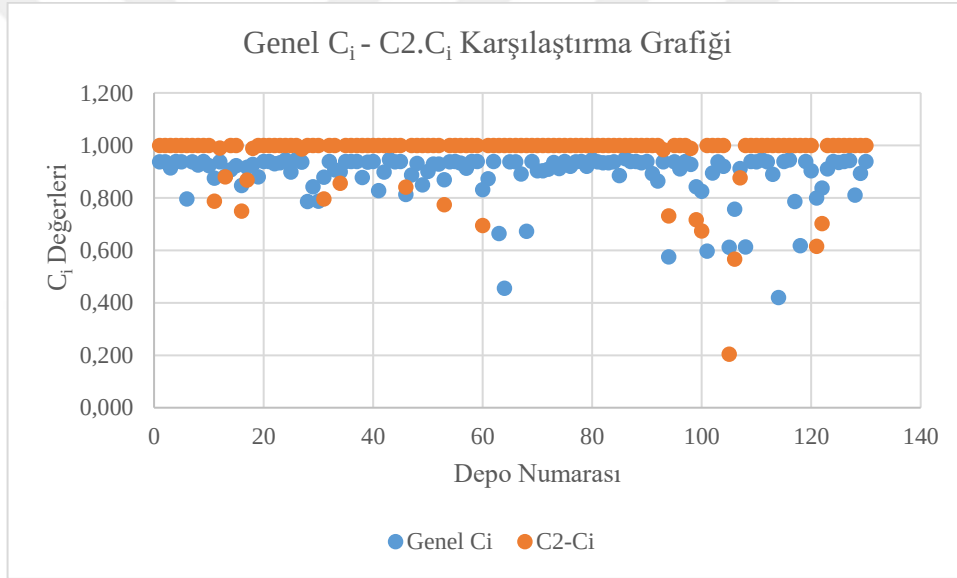
Şekil 4: Genel C_i ile $C1.C_i$ Grafiği

Ağır metal kirliliği açısından yapılan TOPSIS değerlendirmesinde 130 su örneğinin 108'inde ağır metal tespit edilmemiştir. Bu durum analizlerde "0" olarak değerlendirildiği için bu örneklerin C_i değeri 1,000 olarak hesaplanmıştır. C_i değeri düşük olan örneklerden Depo105 ($C2.C_i$:0,204)'te tespit edilen arsenik değeri (24,26 $\mu\text{g/L}$), diğer örneklerle karşılaştırıldığında belirgin şekilde yüksektir. Bu depoda diğer ağır metaller tespit edilmemesine rağmen arsenik için belirlenen yüksek ağırlık katsayısı (0,313) nedeniyle, bu değer skor üzerinde baskın

olumsuz etki yaratmıştır. Depo105'te diğer ana kriterler mevzuata uygun olmasına rağmen arsenik kaynaklı bu etki Genel C_i değerinin 0,612'ye düşmesine sebep olmuştur.

Su kalitesi parametrelerini kılavuz sınır değerleriyle karşılaştırmaya yönelik geleneksel yaklaşım basittir ancak kapsamlı bir değerlendirme için yetersiz kalabilmektedir (Liu vd., 2021). Uygulamada bu yetersizliğin karşılığı örneklerden Depo121'de arsenik 9,82 $\mu\text{g/L}$ ile 10 $\mu\text{g/L}$ (WHO, 2022) sınırının altında olmasına karşın, TOPSIS'te $C2.C_i$:0,615 ve Genel C_i :0,800 olarak hesaplanmıştır. Bu nispeten düşük skor, sınır değerinin altında kalan parametrelerin de suyun genel kalitesini etkileyebileceğini ve çok kriterli analizlerin daha bütüncül ve hassas bir değerlendirme sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Genel C_i ile ağır metaller C_i skorları arasındaki ilişki orta ($R=0,352$; $R^2=0,124$) fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). İlişkinin karşılaştırma grafiği Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5: Genel C_i ile $C2.C_i$ Grafiği

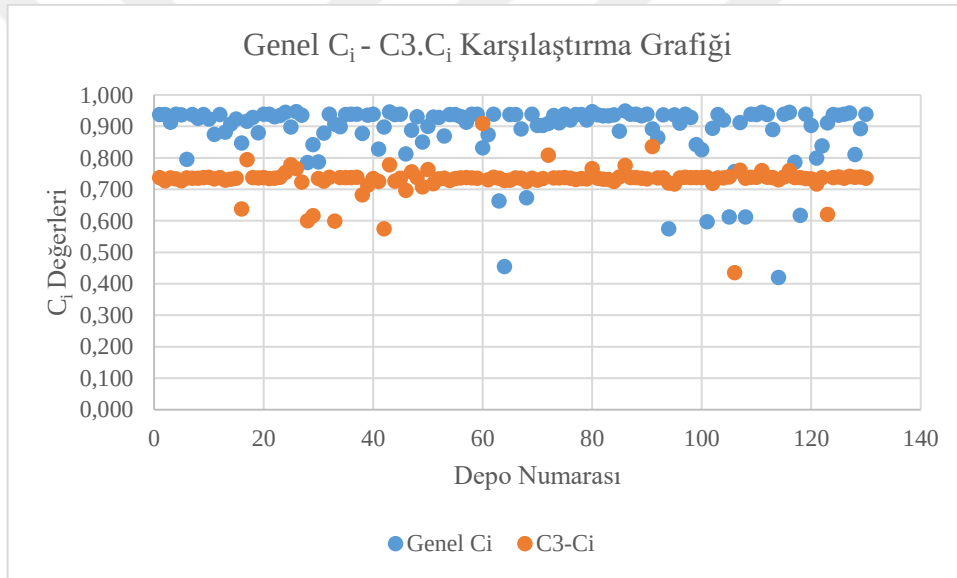
Diğer inorganik kimyasalların TOPSIS değerlendirmesinde C_i değerleri 0,910 ile 0,436 arasında değişmiştir. İncelenen depo örneklerinde mevzuat sınır değeri aşan bir örnek yoktur. $C3.C_i$:0,910 değerini alan Depo60 analizinde siyanür, nitrit, bromat gibi yüksek ağırlığa sahip kimyasallar tespit edilmemiştir. Nitrat değeri 1,85 mg/L olarak ölçülmüş, bu da istenmeyen kirliliğin nispeten az olduğuna işaret etmektedir. Florür değeri ise 0,83 mg/L olarak ölçülmüş ve bu değer WHO'nun diş ve kemik sağlığı açısından yararlı kabul ettiği 0,5-1,00 mg/L aralığı içerisinde yer almaktadır (WHO, 2022). Bu olumlu özelliklerin baskın olması, Depo60'ın ideal çözüme yakın alternatif olmasını sağlamıştır.

$C3.C_i$ değeri en düşük depo örneklerinden Depo42'de, siyanür, nitrit, bromat, bor ve selenyum değerleri tespit edilmezken, florür değeri 0,57 mg/L olarak ölçülmüştür. Ancak,

Depo42'deki en belirgin sorun, nitrat değerinin (34,56 mg/L) diğer örneklerle kıyasla yüksek çıkmasıdır. Nitrat değeri WHO'nun belirlediği 50 mg/L sınırını aşmasa da C3.C_i değerini 0,575'e düşürmüştür. Kavurmacı ve Üstün (2016) yaptıkları çalışmada benzer olarak bazı depolarda, nitrat seviyelerinde kirlilik tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada 130 depoda diğer inorganik kimyasallardan WHO'nun belirlediği sınır değerleri aşan örnek olmasa da EPA'nın nitrat için belirlediği sınır değer 12 örnekte aşılmıştır. EPA bebeklerde “mavi bebek sendromu” (methemoglobinemi) riskini önlemek amacıyla nitrat sınır değerini 10 mg/L olarak belirlemiştir (EPA, 2025b). Bu depo örneklerinde C3.C_i değerleri 0,436-0,718 aralığında hesaplanmış ve diğer depolara kıyasla daha düşük değer almışlardır.

Diğer inorganik kimyasal ile Genel C_i arasında korelasyon anlamlı bulunmamıştır ($R=0,136$; $R^2=0,018$; $p=0,123$). Genel C_i değerleri ile C3 ana kriteri arasındaki ilişkinin karşılaştırma grafiği Şekil 6'da sunulmuştur.

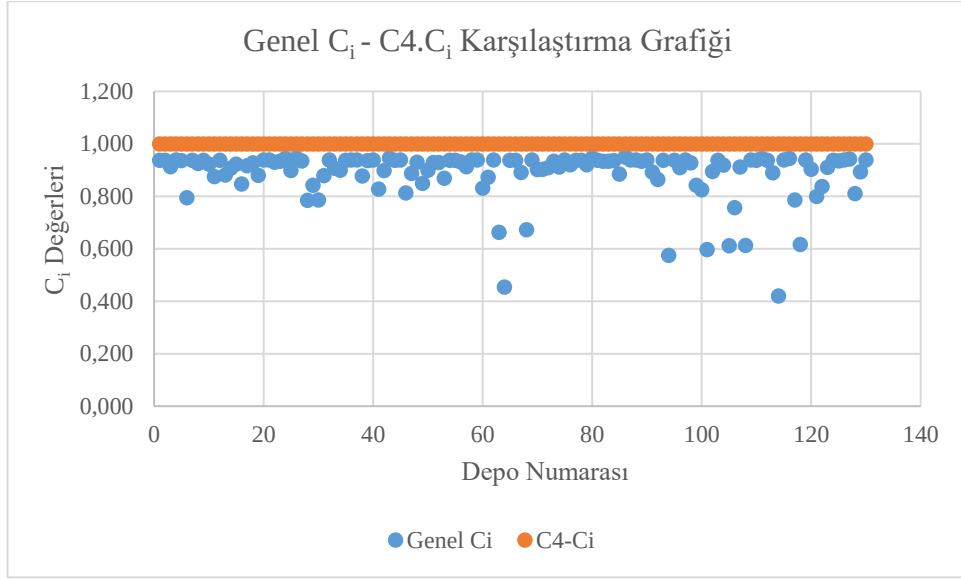


Şekil 6: Genel C_i ile C3.C_i Grafiği

İncelenen 130 su deposu örneğinde organoklorlular, herbisitler ve fungusitler, monomer bileşikler ve uçucu organik bileşikler, uygulanan analiz yöntemlerinin tayin limitlerinin altında kalmış ve tespit edilememiştir. Mevcut analiz yöntemleri ve LOQ değerleri çerçevesinde, bu örneklerin pestisit ve dezenfeksiyon yan ürünleri gibi kimyasallar açısından mevzuat değerlerine uygun olduğu kabul edilmiş ve C_i değerleri 1,000 olarak hesaplanmıştır.

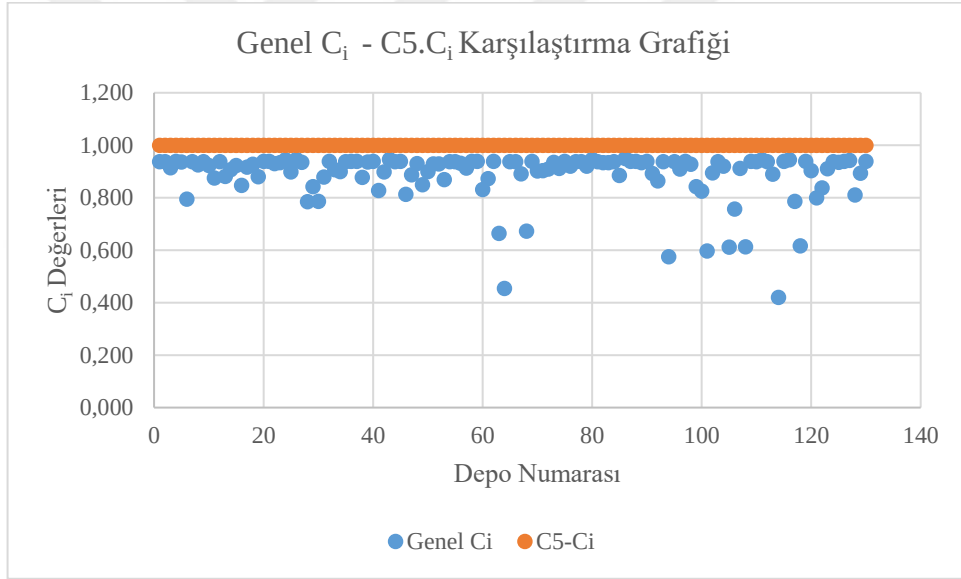
Organoklorlular, herbisitler ve fungusitler, monomer bileşikler ve uçucu organik bileşikler için tüm depolarda C_i değerleri sabit (1,000) olduğundan varyans 0'dır ve korelasyon hesaplanamamıştır.

Genel C_i değerleri ile C4.C_i arasındaki ilişkinin karşılaştırma grafiği Şekil 7'de sunulmuştur.



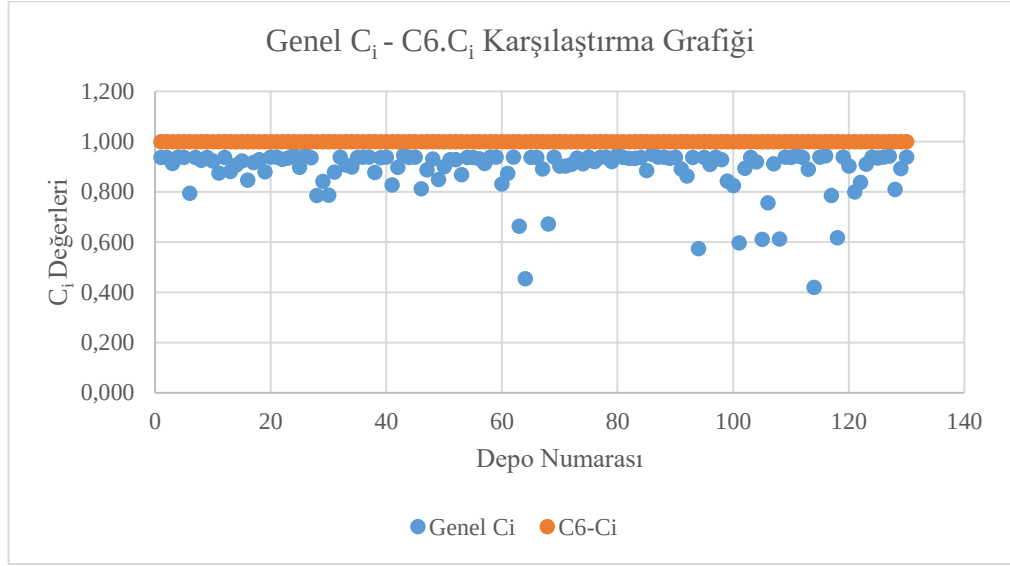
Şekil 7: Genel C_i ile $C4.C_i$ Grafiği

Genel C_i değerleri ile $C5.C_i$ arasındaki ilişkinin karşılaştırma grafiği Şekil 8’de sunulmuştur.



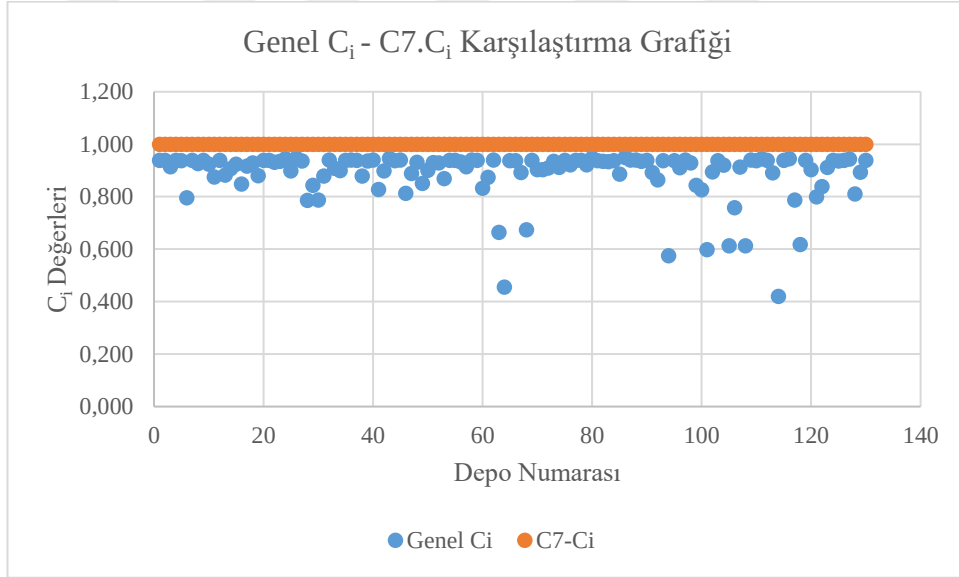
Şekil 8: Genel C_i ile $C5.C_i$ Grafiği

Genel C_i değerleri ile $C6.C_i$ ana kriteri arasındaki ilişkinin karşılaştırma grafiği Şekil 9’da sunulmuştur.



Şekil 9: Genel C_i ile $C6.C_i$ Grafiği

Genel C_i değerleri ile $C7.C_i$ arasındaki ilişkinin karşılaştırma grafiği Şekil 10’da sunulmuştur.

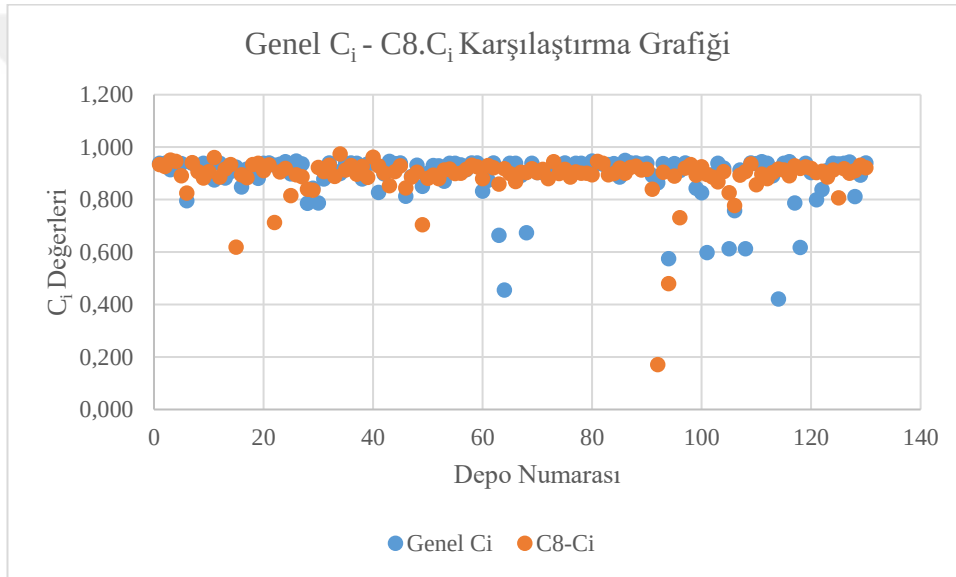


Şekil 10: Genel C_i ile $C7.C_i$ Grafiği

Fizikokimyasal özelliklerde en yüksek $C8.C_i$ değerine sahip olan örneklerden Depo34 (C_i :0,973)’teki düşük bulanıklık (0,26 NTU), renk ve koku parametrelerinin uygun olması, suyun görünüm ve duyuşal açıdan uygun olduğuna işaret etmektedir. WHO (2022), etkili bir klorlama için içme suyunun pH değerinin 8’in altında olmasını, korozyon riskini azaltmak için ise 7’nin altına düşmemesini önermektedir. Örnekte ölçülen 7,86 pH değeri, WHO (2024b) tarafından önerilen 6,5–8,5 aralığında yer aldığı için hem dezenfeksiyon etkinliği hem de korozyon riskinin dengelenmesi açısından uygundur. İletkenlik değerinin 127 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak ölçülmesi ise çözünen katı madde miktarının içme suyu için kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Tüm bu olumlu etkiler Depo34’ün 0,973 skoru ile yüksek değer almasını sağlamıştır.

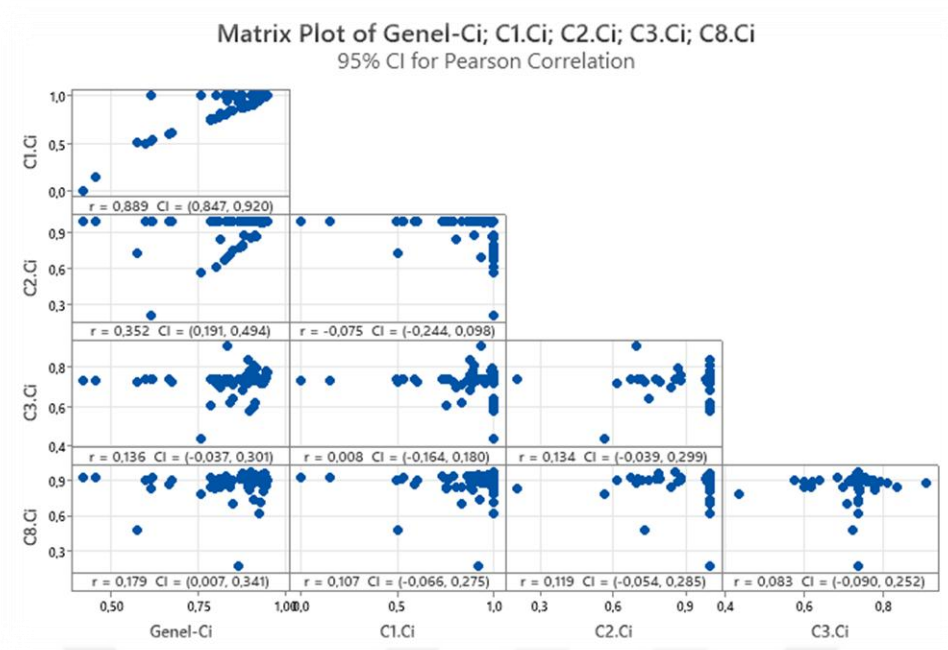
En düşük skor örneklerinden Depo92'deki en dikkat çekici sorun, yüksek bulanıklık değeridir. 8,92 NTU olarak ölçülen bulanıklık, 1 NTU sınır değerini aşmıştır bu da suda bulunabilen askıda maddelerin ve potansiyel kirleticilerin yoğun olabileceğini göstermektedir (WHO, 2022). Ayrıca, bu numunede renk tespit edilmesi, suyun doğal berraklığından sapma olduğunu göstermekte ve olası kimyasal kirliliğe işaret edebilmektedir. pH (7,78) ve iletkenlik (228 $\mu\text{S}/\text{cm}$) değerlerinin istenilen aralıkta bulunmasına rağmen, yüksek bulanıklık ve renk değerlerinin olumsuz etkisi Depo92'nin C8.C_i değerinin 0,171'e Genel C_i değerinin ise 0,864'e düşmesine neden olmuştur.

Fizikokimyasal özellikler ile Genel C_i arasındaki ilişki zayıf fakat istatistiksel olarak anlamlıdır ($R=0,179$; $R^2=0,032$; $p=0,042$). Genel C_i değerleri ile C8.C_i arasındaki ilişkinin karşılaştırma grafiği Şekil 11'de sunulmuştur.



Şekil 11: Genel C_i ile C8.C_i Grafiği

Genel C_i değerinin ana kriterlerle ve ana kriterlerin kendi aralarındaki korelasyon ilişkisini gösteren grafik Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12: Genel C_i ile C1–C8 C_i Değerlerinin Korelasyon Grafikleri

Genel C_i değerinin ana kriterle ve ana kriterlerin kendi aralarındaki korelasyon değerleri Tablo 49’da sunulmuştur.

Tablo 49: Genel C_i ile C1–C8 C_i Arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları (R)

		Korelasyonlar						
	Genel C_i	C1. C_i	C2. C_i	C3. C_i	C4. C_i	C5. C_i	C6. C_i	C7. C_i
C1. C_i	0,889							
C2. C_i	0,352	-0,075						
C3. C_i	0,136	0,008	0,134					
C4. C_i	*	*	*	*				
C5. C_i	*	*	*	*	*			
C6. C_i	*	*	*	*	*	*		
C7. C_i	*	*	*	*	*	*	*	
C8. C_i	0,179	0,107	0,119	0,083	*	*	*	*

Genel C_i değerinin ana kriterlerle ve ana kriterlerin kendi aralarındaki R ve p değerleri Tablo 50’de sunulmuştur.

Tablo 50: Genel C_i ve Ana Kriterler Arası R ve p Değerleri

İkili Pearson Korelasyonları					
Örnek 1	Örnek 2	N	Korelasyon	p için 95% Güven Aralığı (CI)	P-Değeri
C1. C_i	Genel C_i	130	0,889	(0,847; 0,920)	0
C2. C_i	Genel C_i	130	0,352	(0,191; 0,494)	0
C3. C_i	Genel C_i	130	0,136	(-0,037; 0,301)	0,123
C4. C_i	Genel C_i	130	*	(*, *)	*
C5. C_i	Genel C_i	130	*	(*, *)	*

C6.C _i	Genel C _i	130	*	(*, *)	*
C7.C _i	Genel C _i	130	*	(*, *)	*
C8.C _i	Genel C _i	130	0,179	(0,007; 0,341)	0,042
C2.C _i	C1.C _i	130	-0,075	(-0,244; 0,098)	0,394
C3.C _i	C1.C _i	130	0,008	(-0,164; 0,180)	0,924
C4.C _i	C1.C _i	130	*	(*, *)	*
C5.C _i	C1.C _i	130	*	(*, *)	*
C6.C _i	C1.C _i	130	*	(*, *)	*
C7.C _i	C1.C _i	130	*	(*, *)	*
C8.C _i	C1.C _i	130	0,107	(-0,066; 0,275)	0,224
C3-C _i	C2.C _i	130	0,134	(-0,039; 0,299)	0,129
C4.C _i	C2.C _i	130	*	(*, *)	*
C5.C _i	C2.C _i	130	*	(*, *)	*
C6.C _i	C2.C _i	130	*	(*, *)	*
C7.C _i	C2.C _i	130	*	(*, *)	*
C8.C _i	C2.C _i	130	0,119	(-0,054; 0,285)	0,177
C4.C _i	C3.C _i	130	*	(*, *)	*
C5.C _i	C3.C _i	130	*	(*, *)	*
C6.C _i	C3.C _i	130	*	(*, *)	*
C7.C _i	C3.C _i	130	*	(*, *)	*
C8.C _i	C3.C _i	130	0,083	(-0,090; 0,252)	0,347
C5.C _i	C4.C _i	130	*	(*, *)	*
C6.C _i	C4.C _i	130	*	(*, *)	*
C7.C _i	C4.C _i	130	*	(*, *)	*
C8.C _i	C4.C _i	130	*	(*, *)	*
C6.C _i	C5.C _i	130	*	(*, *)	*
C7.C _i	C5.C _i	130	*	(*, *)	*
C8.C _i	C5.C _i	130	*	(*, *)	*
C7.C _i	C6.C _i	130	*	(*, *)	*
C8.C _i	C6.C _i	130	*	(*, *)	*
C8.C _i	C7.C _i	130	*	(*, *)	*

Genel C_i ile ana kriterlerin Pearson korelasyonları incelendiğinde en güçlü ve anlamlı ilişkinin C1 ana kriteri ile olduğu saptanmıştır (R=0,889; p <0,001). Genel C_i ile C2.C_i arasında ilişki orta düzeydedir ve anlamlıdır (R=0,352; p <0,001). Genel C_i ile C3.C_i arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı değildir (R= 0,136; p=0,123). Genel C_i ile C8.C_i arasında ilişki zayıf fakat anlamlıdır (R=0,179; p=0,042). C1, C2, C3, C8 ana kriterlerinin C_i değerlerinin kendi aralarındaki korelasyonlar düşük ve istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. İstatistiksel anlamlılık eşiği p <0,05 olarak alınmış, ilişki düzeyi açıklayıcılık ise korelasyon katsayısı “R” ile değerlendirilmiştir. Tabloda “*” ile işaretlenen hücrelerde C4, C5, C6, C7 ana kriterlerinin

tüm C_i değerleri sabit çıkmasından dolayı varyans 0 olduğundan Pearson korelasyonu hesaplanamamıştır.



SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Bayburt ilindeki 130 su deposu örneği PFAHP-TOPSIS tabanlı bütünleşik modelle değerlendirilmiş ve su kalitesi “ C_i ” indeksi ile tanımlanmıştır. Değerlendirilen su numunelerinin genel kalite analizinde, 90 örneğin C_i değerinin 0,90 ve üzerinde, 40 örneğin ise 0,90’ın altında olduğu tespit edilmiştir. Kalite skorlarında gözlemlenen bu farklılığın temel nedeni, su örneklerinde tespit edilen mikrobiyolojik ve kimyasal kirleticilerin varlığına bağlı olarak, suyun genel kalitesinde meydana gelen sapmalardır. Elde edilen PFAHP sonuçlarına göre, mikrobiyolojik parametreler ana kriteri 0,206 ağırlık değeriyle modelde en yüksek önceliğe sahip kriter olmuştur. Bunu sırasıyla ağır metaller (0,178), diğer (sekonder) inorganik kimyasallar (0,150), organoklorlular (0,125), uçucu organik bileşikler (0,119), herbisitler ve fungusitler (0,098), monomer bileşikler (0,079) ve fizikokimyasal özellikler (0,045) izlemiştir.

İncelenen örneklerde 61 depo mikrobiyolojik açıdan temizken, 69 depoda mikrobiyolojik kirlilik tespit edilmiştir. Kirli depoların C_i değerlerinde, mikrobiyolojik kontaminasyon miktarına ve alt kriter ağırlık değerlerine bağlı olarak düşme gözlemlenmiştir.

İncelenen örneklerde ağır metallerden arsenik, iki depo örneğinde mevzuat sınır değerini (10 $\mu\text{g/L}$) aşmıştır. Diğer depo örneklerinde kimyasal kirleticiler için belirlenen sınır değeri aşan örnek olmasa da kirleticilerin tespit edildiği numunelerde konsantrasyon seviyelerine bağlı olarak C_i değerleri görece düşük bulunmuştur (Ek 2).

WHO su kalite kılavuzlarına göre, mikrobiyal tehlikelerden kaynaklanan suyla bulaşan hastalıklara karşı halk sağlığını korumak, en yüksek önceliğe sahip konudur. 2022 yılı verilerine göre, dünya genelinde en az 1,7 milyar kişi insan dışkısı ile kirlenmiş bir içme suyu kaynağı kullanmaktadır. İçme suyunun dışkı ile kirlenmesi sonucunda oluşan mikrobiyal bulaşma, içme suyu güvenliği açısından en büyük riski oluşturmaktadır (WHO, 2024a). Bu çalışmada elde edilen bulgular da su güvenliğinde mikrobiyolojik risklerin öncelikli yönetilmesi gerektiğini vurgulayan raporlarla uyumludur.

Güvenli ve yeterli içme suyu hizmetlerine erişim sağlamak, sağlığı geliştirmek ve yoksulluğu azaltmanın en etkili yollarından biridir. Dünya nüfusunun %40’tan fazlası kırsal alanlarda yaşamakta ve genellikle küçük ölçekli sistemlerle hizmet almaktadır. Bu sistemler, su güvenliğiyle ilgili eksikliklere daha yatkın olup, suyla ilişkili hastalıkların yanı sıra olumsuz sosyal ve ekonomik sonuçlara yol açabilir. Küçük su sistemlerinde arıtma ve izleme faaliyetleri genellikle sınırlıdır ve su kaynaklı hastalık salgınlarının görülme olasılığı daha yüksektir. Bu nedenle düzenlemeler, su tedarikçileri tarafından su güvenliği planlarının uygulanmasını ve

ilgili otoriteler tarafından kaynak korumasının topluluklarla yakın iş birliği içinde yürütülmesini teşvik etmeli veya zorunlu kılmalıdır (WHO, 2024b).

Çalışma sonuçları, su kalitesi izleme ve müdahale süreçlerinin, özellikle mikrobiyolojik kontaminasyonun önlenmesine yönelik stratejiler geliştirilmesi, gerekli dezenfeksiyon işlemlerinin düzenli yapılması ve kontrol edilmesi, su kaynağının ve çevresinin kirleticilerden temizlenmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca kimyasal olarak uygun olmayan depoların su arıtım yöntemlerinin iyileştirilmesi ve sıkı takip süreçleri gerekli kılınmalıdır. Düşük C_i değerli depo örneklerinin sıralamasına göre acil müdahale, öncelikli yatırım, iyileştirme planlarının yapılması sağlanabilir (Ek 1).

Teknik ve yönetsel kararların daha doğru alınabilmesi, doğru ve güncel verilere bağlıdır (UN, 2022; UN, 2024). Ancak su miktarına, özellikle de su kalitesine ilişkin veriler, çoğunlukla izleme ve raporlama kapasitesinin zayıf olması nedeniyle yetersiz kalmaktadır (UN, 2024). Ortam suyu kalitesi verileri (SDG Hedefi 6.3) birçok düşük ve alt-orta gelirli ülkede rutin olarak toplanmamaktadır. Bu durum, tatlı su ekosistemlerinin sağlık durumunun standartların altında olabileceği ve 3 milyardan fazla insanın risk altında olabileceği anlamına gelir (UNEP 2021; UN, 2024). Bu doğrultuda çalışmada temin edilen verilerin PFAHP-TOPSIS modeliyle bütünlük bir kalite indeksine dönüştürülmesi, yerel ölçekte kanıta dayalı, somut ve uygulanabilir bir çözüm alternatifi oluşturmaktadır.

BM'nin SDG için yayımladığı 2025 tarihli yıllık ilerleme raporuna göre, büyük ilerlemelere rağmen milyarlarca insan henüz güvenli içme suyu, sanitasyon ve hijyene erişememektedir. 2030'a kadar evrensel kapsayıcılığa ulaşmak için mevcut küresel ilerleme hızının önemli ölçüde artırılması gerekmektedir. Bunun için yenilikçiliğin ve kanıta dayalı eylemin teşvik edilmesi ve su yönetiminde daha bütüncül ve entegre yaklaşımların benimsenmesi önerilmektedir (UN, 2025b). Bu doğrultuda, yapılan bu çalışma, içme suyunun kalite değerlendirmesini bilimsel bir temele oturarak, güvenli su yönetimi politikalarının geliştirilmesine katkı sunmayı amaçlamaktadır. Bayburt'taki 130 depo örneğinin güncel saha ölçümlerinin tek bir kalite değerinde birleştirilmesi, yerel su kalitesini bütüncül biçimde ortaya koyarak SDG hedeflerine katkı sağlamaktadır. Mevzuatın su örneklerine “uygun/uygun değil” yaklaşımının ötesinde TOPSIS- C_i skorları, su kalitesindeki önceliklendirme ihtiyacını nicel olarak ortaya koymaktadır.

Literatürde bulanık mantık ve AHP temelli birçok çalışma bulunmasına karşın, PFAHP'nin su kalitesi değerlendirmesi için kullanıldığı çalışma sayısı sınırlıdır. Bu çalışma ile belirsizliği daha etkin yöneterek, karar verme sürecine farklı uzman görüşlerini entegre ederek su kalitesi değerlendirme çalışmalarına daha kapsamlı ve yenilikçi bir yaklaşım sunulmaktadır.

Çalışmada yalnızca belirli sayıda su kalitesi parametresi değerlendirilmiş olup, örnek sayısı sınırlıdır. Gelecekteki çalışmaların daha geniş bir coğrafi alanı kapsaması ve iklimsel değişkenliklerin su kalitesi üzerindeki etkileri incelenebilir. Farklı yerel yönetimler için farklı uzman görüşlerinden faydalanılarak bölgeye özgü öncelikler değerlendirilebilir. Ayrıca, farklı ÇKKV (VIKOR, PROMETHEE, vd.) teknikleri ile sonuçların kıyaslanması, yöntemin güvenilirliğini artırabilir.



KAYNAKÇA

- Akhtar, N., Ishak, M. I. S., Ahmad, M. I., Umar, K., Md. Yusuff, M. S., Anees, M. T., & Ali Almanasir, Y. K. (2021). Modification of the water quality index (WQI) process for simple calculation using the multi-criteria decision-making (MCDM) method: a review. *Water*, 13(7), 905. <https://doi.org/10.3390/w13070905>
- Angelov, S. S. P., & Sotirov, S. (2016). *Imprecision and uncertainty in information representation and processing*. Springer International Publishing.
- Atanassov, K. T. (1983). Intuitionistic fuzzy sets, central tech. Library, Bulgarian Academy Science, Sofia, Bulgaria, Rep, (1697/84).
- ATSDR. (2010). *Toxicological profile for boron*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Public Health Service, Atlanta, Georgia.
- ATSDR. (2012). *Toxicological profile for chromium*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Public Health Service, Atlanta, Georgia.
- Ayaz, S., & Erdoğan, N. (2021). Bozçay havzası su kalitesi özelliklerinin belirlenmesi ve çevresel baskılar açısından değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 441-451. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.899673>
- Ayyildiz, E., & Taskin Gumus, A. (2021). Pythagorean fuzzy AHP based risk assessment methodology for hazardous material transportation: an application in Istanbul. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35798-35810. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19045-w>
- Bao, Y., Li, Y., Zhou, Y., Zhou, J., Mu, W., Deng, X., Ran, J. (2025). Water quality and neurodegenerative disease risk in the middle-aged and elderly population. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 289, 117647. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117647>
- Bıyık, B. (2022). *Küresel bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı ile mobil atık getirme merkezi için CBS tabanlı yer seçimi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 755203)
- Broumi, S., Ye, J., & Smarandache, F. (2015). An extended TOPSIS method for multiple attribute decision making based on interval neutrosophic uncertain linguistic variables. *Neutrosophic Sets and Systems*, 8(1), 22-31.
- Çelikkilek, Y., & Tüysüz, F. (2020). An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An experimental analysis. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 281-300. <https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1748528>
- Chang, C. L., & Liao, C. S. (2012). Assessing the risk posed by high-turbidity water to water supplies. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 3127-3132. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2176-6>
- Chaube, S., Pant, S., Kumar, A., Uniyal, S., Singh, M. K., Kotecha, K., & Kumar, A. (2024). An overview of multi-criteria decision analysis and the applications of AHP and TOPSIS methods. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 9(3), 581. <https://doi.org/10.33889>
- Chen, L., Zhu, G., Lin, X., Li, R., Lu, S., Jiao, Y., Wang, Q. (2024). The complexity of moisture sources affects the altitude effect of stable isotopes of precipitation in mountainous regions inland. *Water Resources Research*, 60(6), e2023WR036084. <https://doi.org/10.1029/2023WR036084>

- Çınar, A., & Uygun, Ö. (2019). Sezgisel Bulanık AHP yöntemiyle yeşil tedarikçi seçimi. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 2(2), 24-31.
- Çıtakoğlu, H., & Özeren, Y. (2021). Sakarya Havzası su kalitesi parametrelerinin yapay sinir ağları ile modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 10-17. <https://doi.org/10.31590/ejosat.898046>
- Das, A. (2025). Water pollution and water quality assessment and application of criterion impact loss (CILOS), geographical information system (GIS), artificial neural network (ANN) and decision-learning technique in river water quality management: An experiment on the Mahanadi catchment, Odisha, India. *Desalination and Water Treatment*, 321, 100969. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100969>
- Dworniczak, P. (2015). On the TOPSIS-class methods in the intuitionistic fuzzy environment. *Imprecision and Uncertainty in Information Representation and Processing*, 332, 159-175. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26302-1_11
- Ecer, F. (2007). Üyelik fonksiyonu olarak üçgen bulanık sayılar mı yamuk bulanık sayılar mı? *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 161-180.
- EPA. (2025a, Ocak 10). *Indicators: Conductivity*. <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-conductivity> adresinden edinilmiştir
- EPA. (2025b, Haziran 5). *Estimated nitrate concentrations in groundwater used for drinking*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/nutrientpollution/estimated-nitrate-concentrations-groundwater-used-drinking> adresinden edinilmiştir.
- European Food Safety Authority (EFSA). (2014). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance tebuconazole. *EFSA Journal*, 12(1), 3485.
- Ewaid, S. H., Abed, S. A., Al-Ansari, N., & Salih, R. M. (2020). Development and evaluation of a water quality index for the Iraqi rivers. *Hydrology*, 7(3), 67. <https://doi.org/10.3390/hydrology7030067>
- FAO&WHO. (2022). *Pesticide residues in food: 2021 report of the Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR)*. Rome: FAO/WHO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/fad4f84a-d748-4d2a-bbef-1db01ac371dd/content>
- Fathi, S., Bahrami, J., Momeni, S., Seyedrezaei, M., Javidi Sabbaghian, R. (2025). A multi-criteria framework for water resource management: combining WEAP and TOPSIS for optimal solutions. *Advances in Civil Engineering and Environmental Science*, 2(1), 79-91. <https://doi.org/10.22034/acees.2025.484672.1011>
- Gagnon, B., Marcoux, G., Leduc, R., Pouet, M. F., Thomas, O. (2007). Emerging tools and sustainability of water-quality monitoring. *TRAC Trends in Analytical Chemistry*, 26(4), 308-314. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2006.11.009>
- Gholson, D. M., Boellstorff, D. E., Cummings, S. R., Wagner, K. L., & Dozier, M. C. (2018). Consumer water quality evaluation of private and public drinking water sources. *Journal of Water and Health*, 16(3), 369-379. <https://doi.org/10.2166/wh.2018.206>
- Gökler, S. H. (2025). Enhanced site selection for solar power plants utilizing the geographic information system and pythagorean fuzzy analytical hierarchy process method. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 101929. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2025.101929>

- Gorde, S. P., & Jadhav, M. V. (2013). Assessment of water quality parameters: a review. *J Eng Res Appl*, 3(6), 2029-2035.
- Gümüş, N. E. (2021). Akarçay Akarsuyu (Afyonkarahisar) su kalitesi ve ağır metal kirliliği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(1), 120-127. <https://doi.org/10.35229/jaes.839147>
- Haktanır, E., & Kahraman, C. (2019). A novel interval-valued pythagorean fuzzy QFD method and its application to solar photovoltaic technology development. *Computers & Industrial Engineering*, 132, 361-372. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.04.022>
- Han, F., Alkhawaji, R. N., & Shafieezadeh, M. M. (2025). Evaluating sustainable water management strategies using TOPSIS and fuzzy TOPSIS methods. *Applied Water Science*, 15(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13201-024-02336-7>
- He, X., Wu, J., & He, S. (2019). Hydrochemical characteristics and quality evaluation of groundwater in terms of health risks in Luohe aquifer in Wuqi County of the Chinese Loess Plateau, northwest China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(1-2), 32-51. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1531693>
- Hunter, P. R. (2003). Drinking water and diarrhoeal disease due to Escherichia coli. *Journal Of Water and Health*, 1(2), 65-72. <https://doi.org/10.2166/wh.2003.0008>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. In Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey. *Springer*, 58-191. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3
- IARC. (2025a, Mart 1). Agents classified by the IARC monographs, volumes 1–137. World Health Organization. <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/> adresinden edinilmiştir.
- IARC. (2025b, Mart 1). List of classifications. IARC Monographs. World Health Organization. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> adresinden edinilmiştir.
- İlbahar, E., Karaşan, A., Cebi, S., & Kahraman, C. (2018). A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system. *Safety Science*, 103, 124-136. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.025>
- Işık, M. (2018). Ötöfikasyon ve su kalitesi problemleri-Aksaray örneği. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3(1), 37-44.
- Kavurmacı, M., & Üstün, A. (2016). Çok kriterli karar verme analizi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak su kalitesinin değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(2), 208-220. <https://doi.org/10.18016/ksujns.08103>
- Le, K. D. ve Nguyen, G. T. (2024). Yüzey suyu sınıflandırmasında uyum derecesi denklemi ve TOPSIS'in entropi ağırlıklarıyla birleştirilmesi. *İnşaat Mühendisliği Dergisi*, 10(4), 1196-1209.
- Liu, Y., Hu, Y., Hu, Y., Gao, Y., & Liu, Z. (2021). Water quality characteristics and assessment of Yongding New River by improved comprehensive water quality identification index based on game theory. *Journal of Environmental Sciences*, 104, 40-52. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.10.021>
- Moghadam, E. A., Derikvand, E., Eslami, H., Kharazi, H. G., & Razaz, M. (2021). Water quality studies using fuzzy-analytic hierarchical procedure method to identify their suitability for drinking, industry, and agriculture—a case study. *Desalination and Water Treatment*, 226, 25-36. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27065>
- Nabizadeh, R., Yousefzadeh, S., Yaghmaeian, K., Alimohammadi, M., & Mokhtari, Z. (2022). Bottled water quality ranking via the multiple-criteria decision-making process: a case

- study of two-stage fuzzy AHP and TOPSIS. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(14), 20437-20448. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16931-7>
- Oh, Y., Paskan, H., Khan, S. A., & Park, S. (2025). Hydrogen storage selection for Saudi Arabia: A multi-criteria decision making under interval-valued Pythagorean fuzzy environment. *International Journal of Hydrogen Energy*, 105, 1281-1293. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.01.333>
- Peng, X., & Yang, Y. (2016). Fundamental properties of interval-valued Pythagorean fuzzy aggregation operators. *International Journal of Intelligent Systems*, 31(5), 444-487. <https://doi.org/10.1002/int.21790>
- Priya, M., & Kumaravel, R. (2024). Exploring Water Quality Assessment through AHP and Picture Fuzzy PROMETHEE-II: An In-Depth Investigation. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, 18(3). <https://doi.org/10.47836/mjms.18.3.04>
- Qu, X., Shi, L., & Han, J. (2022). Spatial evaluation of groundwater quality based on toxicological indexes and their effects on ecology and human health. *Journal of Cleaner Production*, 377, 134255. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134255>
- Rehman, N. U., Khan, M. A., Ullah, S., Siab, A., Islam, F., Elbeltagi, A., & Salem, A. (2025). Assessment of water quality and health hazards using water quality index and human health risk evaluation in district Talagang Pakistan. *Scientific Reports*, 15(1), 5191. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-89932-y>
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Sarkar, K., & Majumder, M. (2021). Application of AHP-based water quality index for quality monitoring of peri-urban watershed. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 1780-1798. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00651-y>
- Singh, V. K., Kumar, D., Singh, S. K., Pham, Q. B., Linh, N. T. T., Mohammed, S., & Anh, D. T. (2021). Development of fuzzy analytic hierarchy process-based water quality model of Upper Ganga River basin, India. *Journal of Environmental Management*, 284, 111985. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111985>
- Sonavane, A., Narkhede, D., Pawar, S., & Maktum, T. (2021). Assessment of water quality using Fuzzy-AHP and TOPSIS. In *ITM Web of Conferences (Vol. 40, p. 02002)*. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20214002002>
- Sun, W., Xia, C., Xu, M., Guo, J., & Sun, G. (2016). Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. *Ecological Indicators*, 66, 306–312. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.054>
- Sutadian, A. D., Muttill, N., Yilmaz, A. G., & Perera, B. J. C. (2017). Using the Analytic Hierarchy Process to identify parameter weights for developing a water quality index. *Ecological Indicators*, 75, 220–233. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.043>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Bayburt İl Müdürlüğü. (2025, 1 Kasım). <https://bayburt.csb.gov.tr> adresinden edinilmiştir.
- T.C. Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2005). T.C. Resmî Gazete 25730, 17 Şubat 2005.
- Teklitiz, A., Nietch, C., Riasi, M. S., & Yeghiazarian, L. (2021). Reliability theory for microbial water quality and sustainability assessment. *Journal of Hydrology*, 596, 125711. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125711>

- Tian, Y., Zhao, Y., Li, J., Xu, H., Zhang, C., Deng, L., Peng, M. (2024). Improving CMIP6 atmospheric river precipitation estimation by cycle-consistent generative adversarial networks. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 129(14), e2023JD040698. <https://doi.org/10.1029/2023JD040698>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (TÜİK). (2025). <https://www.tuik.gov.tr/> adresinden edinilmiştir.
- UN. (2022). *The United Nations world water development report 2022: Groundwater: Making the invisible visible*. Paris: UNESCO.
- UN. (2024). *The United Nations world water development report 2024: Water for prosperity and peace*. Paris: UNESCO.
- UN. (2025a, Haziran 3). *Progress on Sanitation* (SDG target 6.2). <https://www.sdg6data.org/en/indicator/6.2.1a> adresinden edinilmiştir.
- UN. (2025b). *The United Nations world water development report 2025: Mountains and glaciers – Water towers*. Paris: UNESCO.
- UNEP. (2021). *Progress on ambient water quality: Tracking SDG 6 series – Global indicator 6.3.2 updates and acceleration needs*. Nairobi, Kenya: UNEP.
- United Nations Development Programme. (UNDP). (2015). *Human development report 2015*. New York: UNDP.
- WHO. (2022). *Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda*. Cenevre: WHO.
- WHO. (2023, Eylül 13). *Drinking water*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- WHO. (2024a, Mart 22). *Sanitation*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>
- WHO. (2024b). *Guidelines for drinking-water quality: Small water supplies*. Cenevre: WHO.
- World Commission on Environment and Development. (WCED). (1987). *Our common future*. Oxford University Press. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- Yılmaz, M. (2024). *Fikir öneri sistemlerinin tasarlanmasında Pisagor bulanık AHP ile bütünleştirilmiş aralık değerli Pisagor bulanık QFD yaklaşımının kullanılması* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.853425).
- Yücel E., (2018). *Bitki Su İlişkileri*. (S.6). Eskişehir, Anadolu Üniversitesi.
- Yücesan, M., & Gul, M. (2020). Hospital service quality evaluation: An integrated model based on Pythagorean fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. *Soft Computing-A Fusion of Foundations, Methodologies & Applications*, 24(5). <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04084-2>
- Zeng, S., Chen, J., & Li, X. (2016). A hybrid method for Pythagorean fuzzy multiple-criteria decision making. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(02), 403-422. <https://doi.org/10.1142/S0219622016500012>
- Zhang, D. B., Liu, G. D., Wang, L., & Zhong, R. (2018). Application of TOPSIS model based on game theory to groundwater quality evaluation. *Journal of Changjiang River Scientific Research Institute*, 35(7), 46. <https://doi.org/10.4408/IJEGE>

Zhang, X., & Xu, Z. (2014). Extension of TOPSIS to multiple criteria decision making with Pythagorean fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 29(12), 1061-1078. <https://doi.org/10.1002/int.21676>



EKLER

Ek 1: C_i Skorlarına Göre Acil Müdahale, İyileştirme Önceliği Olan Depoların Sıralanması

Depo Numarası	Genel C _i	Depo Numarası	C1.C _i	Depo Numarası	C2.C _i	Depo Numarası	C3.C _i	Depo Numarası	C8.C _i
Depo114	0,42	Depo114	0,00	Depo105	0,20	Depo106	0,44	Depo92	0,17
Depo64	0,46	Depo64	0,15	Depo106	0,57	Depo42	0,58	Depo94	0,48
Depo94	0,58	Depo101	0,50	Depo121	0,62	Depo33	0,60	Depo15	0,62
Depo101	0,60	Depo94	0,51	Depo100	0,67	Depo28	0,60	Depo49	0,70
Depo105	0,61	Depo108	0,53	Depo60	0,69	Depo29	0,62	Depo22	0,71
Depo108	0,61	Depo118	0,54	Depo122	0,70	Depo123	0,62	Depo96	0,73
Depo118	0,62	Depo63	0,59	Depo99	0,72	Depo16	0,64	Depo106	0,78
Depo63	0,66	Depo68	0,60	Depo94	0,73	Depo38	0,68	Depo125	0,81
Depo68	0,67	Depo117	0,73	Depo16	0,75	Depo46	0,70	Depo25	0,82
Depo106	0,76	Depo30	0,74	Depo53	0,77	Depo49	0,71	Depo6	0,83
Depo28	0,79	Depo28	0,75	Depo11	0,79	Depo39	0,71	Depo105	0,83
Depo117	0,79	Depo6	0,75	Depo31	0,80	Depo121	0,72	Depo29	0,84
Depo30	0,79	Depo128	0,77	Depo46	0,84	Depo95	0,72	Depo28	0,84
Depo6	0,80	Depo41	0,79	Depo34	0,86	Depo51	0,72	Depo91	0,84
Depo121	0,80	Depo46	0,81	Depo17	0,87	Depo102	0,72	Depo46	0,84
Depo128	0,81	Depo49	0,83	Depo107	0,88	Depo94	0,72	Depo43	0,85
Depo46	0,81	Depo29	0,83	Depo13	0,88	Depo27	0,72	Depo110	0,86
Depo100	0,83	Depo61	0,86	Depo93	0,98	Depo41	0,72	Depo63	0,86
Depo41	0,83	Depo19	0,87	Depo27	0,99	Depo68	0,73	Depo103	0,87
Depo60	0,83	Depo38	0,87	Depo18	0,99	Depo84	0,73	Depo66	0,87
Depo122	0,84	Depo91	0,87	Depo98	0,99	Depo31	0,73	Depo112	0,88
Depo29	0,84	Depo47	0,88	Depo12	0,99	Depo44	0,73	Depo52	0,88
Depo99	0,84	Depo85	0,88	Depo1	1,00	Depo5	0,73	Depo72	0,88
Depo16	0,85	Depo113	0,89	Depo2	1,00	Depo2	0,73	Depo60	0,88
Depo49	0,85	Depo67	0,89	Depo3	1,00	Depo64	0,73	Depo50	0,88
Depo92	0,86	Depo129	0,89	Depo4	1,00	Depo54	0,73	Depo9	0,88
Depo53	0,87	Depo25	0,89	Depo5	1,00	Depo70	0,73	Depo17	0,88
Depo61	0,87	Depo50	0,89	Depo6	1,00	Depo65	0,73	Depo39	0,88
Depo11	0,88	Depo102	0,89	Depo7	1,00	Depo13	0,73	Depo47	0,89
Depo38	0,88	Depo72	0,90	Depo8	1,00	Depo114	0,73	Depo76	0,89
Depo31	0,88	Depo13	0,90	Depo9	1,00	Depo61	0,73	Depo102	0,89
Depo19	0,88	Depo71	0,90	Depo10	1,00	Depo83	0,73	Depo123	0,89
Depo13	0,88	Depo120	0,90	Depo14	1,00	Depo77	0,73	Depo12	0,89
Depo85	0,89	Depo70	0,91	Depo15	1,00	Depo82	0,73	Depo27	0,89
Depo47	0,89	Depo14	0,91	Depo19	1,00	Depo14	0,73	Depo33	0,89
Depo113	0,89	Depo74	0,92	Depo20	1,00	Depo79	0,73	Depo95	0,89
Depo67	0,89	Depo92	0,92	Depo21	1,00	Depo4	0,73	Depo5	0,89
Depo91	0,89	Depo3	0,92	Depo22	1,00	Depo11	0,73	Depo116	0,89
Depo129	0,89	Depo57	0,92	Depo23	1,00	Depo90	0,73	Depo99	0,89
Depo102	0,89	Depo96	0,93	Depo24	1,00	Depo52	0,73	Depo107	0,89
Depo25	0,90	Depo60	0,93	Depo25	1,00	Depo120	0,73	Depo51	0,89
Depo42	0,90	Depo104	0,94	Depo26	1,00	Depo119	0,73	Depo83	0,89
Depo34	0,90	Depo76	0,94	Depo28	1,00	Depo55	0,73	Depo26	0,89
Depo50	0,90	Depo79	0,94	Depo29	1,00	Depo78	0,73	Depo80	0,89
Depo70	0,90	Depo10	0,94	Depo30	1,00	Depo40	0,73	Depo16	0,89

Depo71	0,90	Depo8	0,95	Depo32	1,00	Depo71	0,73	Depo101	0,90
Depo120	0,90	Depo18	0,95	Depo33	1,00	Depo30	0,73	Depo37	0,90
Depo14	0,91	Depo98	0,95	Depo35	1,00	Depo21	0,73	Depo111	0,90
Depo33	0,91	Depo52	0,96	Depo36	1,00	Depo76	0,74	Depo84	0,90
Depo72	0,91	Depo51	0,96	Depo37	1,00	Depo8	0,74	Depo74	0,90
Depo96	0,91	Depo48	0,96	Depo38	1,00	Depo53	0,74	Depo65	0,90
Depo123	0,91	Depo56	0,96	Depo39	1,00	Depo126	0,74	Depo55	0,90
Depo74	0,91	Depo73	0,97	Depo40	1,00	Depo15	0,74	Depo78	0,90
Depo107	0,91	Depo89	0,97	Depo41	1,00	Depo63	0,74	Depo127	0,90
Depo57	0,91	Depo82	0,97	Depo42	1,00	Depo67	0,74	Depo86	0,90
Depo3	0,91	Depo23	0,97	Depo43	1,00	Depo81	0,74	Depo79	0,90
Depo17	0,92	Depo83	0,97	Depo44	1,00	Depo7	0,74	Depo56	0,90
Depo104	0,92	Depo81	0,98	Depo45	1,00	Depo69	0,74	Depo42	0,90
Depo76	0,92	Depo43	0,98	Depo47	1,00	Depo59	0,74	Depo70	0,90
Depo79	0,92	Depo1	0,98	Depo48	1,00	Depo22	0,74	Depo68	0,90
Depo10	0,92	Depo7	0,98	Depo49	1,00	Depo130	0,74	Depo121	0,90
Depo15	0,92	Depo93	0,99	Depo50	1,00	Depo89	0,74	Depo113	0,90
Depo8	0,93	Depo35	0,99	Depo51	1,00	Depo45	0,74	Depo48	0,90
Depo18	0,93	Depo124	0,99	Depo52	1,00	Depo108	0,74	Depo93	0,90
Depo98	0,93	Depo115	0,99	Depo54	1,00	Depo92	0,74	Depo67	0,90
Depo52	0,93	Depo27	0,99	Depo55	1,00	Depo93	0,74	Depo23	0,90
Depo51	0,93	Depo69	0,99	Depo56	1,00	Depo104	0,74	Depo77	0,90
Depo22	0,93	Depo17	0,99	Depo57	1,00	Depo96	0,74	Depo31	0,91
Depo48	0,93	Depo16	1,00	Depo58	1,00	Depo19	0,74	Depo10	0,91
Depo56	0,93	Depo2	1,00	Depo59	1,00	Depo103	0,74	Depo8	0,91
Depo83	0,93	Depo4	1,00	Depo61	1,00	Depo56	0,74	Depo104	0,91
Depo82	0,93	Depo5	1,00	Depo62	1,00	Depo3	0,74	Depo108	0,91
Depo89	0,93	Depo9	1,00	Depo63	1,00	Depo73	0,74	Depo44	0,91
Depo23	0,93	Depo11	1,00	Depo64	1,00	Depo58	0,74	Depo122	0,91
Depo73	0,93	Depo12	1,00	Depo65	1,00	Depo6	0,74	Depo20	0,91
Depo125	0,94	Depo15	1,00	Depo66	1,00	Depo74	0,74	Depo128	0,91
Depo27	0,94	Depo20	1,00	Depo67	1,00	Depo66	0,74	Depo115	0,91
Depo39	0,94	Depo21	1,00	Depo68	1,00	Depo122	0,74	Depo53	0,91
Depo5	0,94	Depo22	1,00	Depo69	1,00	Depo88	0,74	Depo35	0,91
Depo84	0,94	Depo24	1,00	Depo70	1,00	Depo124	0,74	Depo89	0,91
Depo81	0,94	Depo26	1,00	Depo71	1,00	Depo100	0,74	Depo124	0,91
Depo93	0,94	Depo31	1,00	Depo72	1,00	Depo57	0,74	Depo71	0,91
Depo95	0,94	Depo32	1,00	Depo73	1,00	Depo35	0,74	Depo57	0,91
Depo44	0,94	Depo33	1,00	Depo74	1,00	Depo20	0,74	Depo90	0,91
Depo110	0,94	Depo34	1,00	Depo75	1,00	Depo117	0,74	Depo75	0,92
Depo66	0,94	Depo36	1,00	Depo76	1,00	Depo118	0,74	Depo114	0,92
Depo65	0,94	Depo37	1,00	Depo77	1,00	Depo75	0,74	Depo13	0,92
Depo103	0,94	Depo39	1,00	Depo78	1,00	Depo87	0,74	Depo54	0,92
Depo2	0,94	Depo40	1,00	Depo79	1,00	Depo1	0,74	Depo64	0,92
Depo54	0,94	Depo42	1,00	Depo80	1,00	Depo48	0,74	Depo126	0,92
Depo7	0,94	Depo44	1,00	Depo81	1,00	Depo99	0,74	Depo69	0,92
Depo12	0,94	Depo45	1,00	Depo82	1,00	Depo12	0,74	Depo118	0,92
Depo1	0,94	Depo53	1,00	Depo83	1,00	Depo34	0,74	Depo120	0,92
Depo77	0,94	Depo54	1,00	Depo84	1,00	Depo113	0,74	Depo24	0,92
Depo112	0,94	Depo55	1,00	Depo85	1,00	Depo18	0,74	Depo85	0,92

Depo9	0,94	Depo58	1,00	Depo86	1,00	Depo98	0,74	Depo97	0,92
Depo35	0,94	Depo59	1,00	Depo87	1,00	Depo9	0,74	Depo62	0,92
Depo55	0,94	Depo62	1,00	Depo88	1,00	Depo36	0,74	Depo130	0,92
Depo124	0,94	Depo65	1,00	Depo89	1,00	Depo32	0,74	Depo30	0,92
Depo78	0,94	Depo66	1,00	Depo90	1,00	Depo62	0,74	Depo87	0,92
Depo115	0,94	Depo75	1,00	Depo91	1,00	Depo37	0,74	Depo119	0,92
Depo90	0,94	Depo77	1,00	Depo92	1,00	Depo97	0,74	Depo59	0,92
Depo37	0,94	Depo78	1,00	Depo95	1,00	Depo109	0,74	Depo100	0,92
Depo69	0,94	Depo80	1,00	Depo96	1,00	Depo10	0,74	Depo38	0,93
Depo126	0,94	Depo84	1,00	Depo97	1,00	Depo110	0,74	Depo2	0,93
Depo119	0,94	Depo86	1,00	Depo101	1,00	Depo23	0,74	Depo88	0,93
Depo20	0,94	Depo87	1,00	Depo102	1,00	Depo101	0,74	Depo41	0,93
Depo130	0,94	Depo88	1,00	Depo103	1,00	Depo112	0,74	Depo117	0,93
Depo75	0,94	Depo90	1,00	Depo104	1,00	Depo128	0,74	Depo45	0,93
Depo59	0,94	Depo95	1,00	Depo108	1,00	Depo85	0,74	Depo61	0,93
Depo21	0,94	Depo97	1,00	Depo109	1,00	Depo105	0,74	Depo36	0,93
Depo4	0,94	Depo99	1,00	Depo110	1,00	Depo115	0,74	Depo129	0,93
Depo45	0,94	Depo100	1,00	Depo111	1,00	Depo125	0,74	Depo32	0,93
Depo97	0,94	Depo103	1,00	Depo112	1,00	Depo129	0,74	Depo58	0,93
Depo87	0,94	Depo105	1,00	Depo113	1,00	Depo127	0,74	Depo21	0,93
Depo62	0,94	Depo106	1,00	Depo114	1,00	Depo24	0,75	Depo1	0,93
Depo88	0,94	Depo107	1,00	Depo115	1,00	Depo47	0,76	Depo18	0,93
Depo58	0,94	Depo109	1,00	Depo116	1,00	Depo116	0,76	Depo98	0,93
Depo36	0,94	Depo110	1,00	Depo117	1,00	Depo111	0,76	Depo14	0,93
Depo32	0,94	Depo111	1,00	Depo118	1,00	Depo107	0,76	Depo109	0,94
Depo40	0,94	Depo112	1,00	Depo119	1,00	Depo50	0,76	Depo82	0,94
Depo109	0,94	Depo116	1,00	Depo120	1,00	Depo26	0,77	Depo19	0,94
Depo127	0,94	Depo119	1,00	Depo123	1,00	Depo80	0,77	Depo7	0,94
Depo111	0,94	Depo121	1,00	Depo124	1,00	Depo86	0,78	Depo73	0,94
Depo116	0,94	Depo122	1,00	Depo125	1,00	Depo25	0,78	Depo4	0,95
Depo24	0,94	Depo123	1,00	Depo126	1,00	Depo43	0,78	Depo81	0,95
Depo43	0,95	Depo125	1,00	Depo127	1,00	Depo17	0,79	Depo3	0,95
Depo26	0,95	Depo126	1,00	Depo128	1,00	Depo72	0,81	Depo11	0,96
Depo80	0,95	Depo127	1,00	Depo129	1,00	Depo91	0,84	Depo40	0,96
Depo86	0,95	Depo130	1,00	Depo130	1,00	Depo60	0,91	Depo34	0,97

Ek 2: TOPSIS Yöntemiyle Hesaplanan Genel C_i ve Ana Kriter C_i Sonuçları

Depo	TOPSIS yöntemine göre yapılan genel ve ana kriter bazlı değerlendirmeler								
	Genel C _i	C1.C _i	C2.C _i	C3.C _i	C4.C _i	C5.C _i	C6.C _i	C7.C _i	C8.C _i
Depo1	0,938	0,985	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,933
Depo2	0,938	1,000	1,000	0,727	1,000	1,000	1,000	1,000	0,926
Depo3	0,914	0,922	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950
Depo4	0,939	1,000	1,000	0,733	1,000	1,000	1,000	1,000	0,946
Depo5	0,937	1,000	1,000	0,727	1,000	1,000	1,000	1,000	0,890
Depo6	0,796	0,753	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,825
Depo7	0,938	0,985	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,941
Depo8	0,926	0,946	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,906
Depo9	0,938	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,883
Depo10	0,923	0,940	1,000	0,739	1,000	1,000	1,000	1,000	0,906
Depo11	0,875	1,000	0,788	0,733	1,000	1,000	1,000	1,000	0,960
Depo12	0,938	1,000	0,991	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,886
Depo13	0,882	0,902	0,880	0,730	1,000	1,000	1,000	1,000	0,916
Depo14	0,907	0,911	1,000	0,733	1,000	1,000	1,000	1,000	0,934
Depo15	0,924	1,000	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,619
Depo16	0,848	0,998	0,750	0,638	1,000	1,000	1,000	1,000	0,895
Depo17	0,917	0,993	0,868	0,794	1,000	1,000	1,000	1,000	0,884
Depo18	0,928	0,951	0,989	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,933
Depo19	0,880	0,870	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,938
Depo20	0,939	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,910
Depo21	0,939	1,000	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,932
Depo22	0,931	1,000	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,712
Depo23	0,935	0,970	1,000	0,739	1,000	1,000	1,000	1,000	0,905
Depo24	0,945	1,000	1,000	0,754	1,000	1,000	1,000	1,000	0,919
Depo25	0,899	0,890	1,000	0,778	1,000	1,000	1,000	1,000	0,815
Depo26	0,947	1,000	1,000	0,766	1,000	1,000	1,000	1,000	0,895
Depo27	0,936	0,992	0,987	0,724	1,000	1,000	1,000	1,000	0,887
Depo28	0,786	0,752	1,000	0,600	1,000	1,000	1,000	1,000	0,840
Depo29	0,843	0,834	1,000	0,617	1,000	1,000	1,000	1,000	0,836
Depo30	0,787	0,743	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,923
Depo31	0,879	1,000	0,796	0,726	1,000	1,000	1,000	1,000	0,906
Depo32	0,939	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,931
Depo33	0,907	1,000	1,000	0,600	1,000	1,000	1,000	1,000	0,889
Depo34	0,900	1,000	0,856	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,973
Depo35	0,938	0,989	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,912
Depo36	0,939	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,930
Depo37	0,939	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,897
Depo38	0,878	0,874	1,000	0,682	1,000	1,000	1,000	1,000	0,926
Depo39	0,936	1,000	1,000	0,713	1,000	1,000	1,000	1,000	0,884
Depo40	0,939	1,000	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,961
Depo41	0,828	0,794	1,000	0,725	1,000	1,000	1,000	1,000	0,928
Depo42	0,899	1,000	1,000	0,575	1,000	1,000	1,000	1,000	0,901
Depo43	0,946	0,983	1,000	0,778	1,000	1,000	1,000	1,000	0,853
Depo44	0,937	1,000	1,000	0,727	1,000	1,000	1,000	1,000	0,907
Depo45	0,939	1,000	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,929
Depo46	0,813	0,808	0,842	0,697	1,000	1,000	1,000	1,000	0,845

Depo47	0,888	0,877	1,000	0,756	1,000	1,000	1,000	1,000	0,886
Depo48	0,931	0,960	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,905
Depo49	0,850	0,834	1,000	0,708	1,000	1,000	1,000	1,000	0,704
Depo50	0,900	0,894	1,000	0,763	1,000	1,000	1,000	1,000	0,881
Depo51	0,929	0,956	1,000	0,719	1,000	1,000	1,000	1,000	0,894
Depo52	0,929	0,955	1,000	0,733	1,000	1,000	1,000	1,000	0,880
Depo53	0,869	1,000	0,774	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,912
Depo54	0,938	1,000	1,000	0,729	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917
Depo55	0,938	1,000	1,000	0,734	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900
Depo56	0,932	0,964	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,901
Depo57	0,914	0,922	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,915
Depo58	0,939	1,000	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,932
Depo59	0,939	1,000	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,924
Depo60	0,832	0,932	0,695	0,910	1,000	1,000	1,000	1,000	0,880
Depo61	0,874	0,860	1,000	0,731	1,000	1,000	1,000	1,000	0,930
Depo62	0,939	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,921
Depo63	0,664	0,586	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,859
Depo64	0,455	0,148	1,000	0,728	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917
Depo65	0,938	1,000	1,000	0,730	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900
Depo66	0,938	1,000	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,869
Depo67	0,892	0,887	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,905
Depo68	0,673	0,604	1,000	0,726	1,000	1,000	1,000	1,000	0,903
Depo69	0,939	0,993	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,918
Depo70	0,903	0,905	1,000	0,729	1,000	1,000	1,000	1,000	0,903
Depo71	0,903	0,905	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,915
Depo72	0,910	0,901	1,000	0,809	1,000	1,000	1,000	1,000	0,880
Depo73	0,935	0,969	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,944
Depo74	0,912	0,919	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,899
Depo75	0,939	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,915
Depo76	0,921	0,937	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,886
Depo77	0,938	1,000	1,000	0,732	1,000	1,000	1,000	1,000	0,905
Depo78	0,938	1,000	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900
Depo79	0,921	0,937	1,000	0,733	1,000	1,000	1,000	1,000	0,901
Depo80	0,947	1,000	1,000	0,766	1,000	1,000	1,000	1,000	0,895
Depo81	0,937	0,980	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,946
Depo82	0,934	0,969	1,000	0,733	1,000	1,000	1,000	1,000	0,938
Depo83	0,934	0,970	1,000	0,731	1,000	1,000	1,000	1,000	0,894
Depo84	0,937	1,000	1,000	0,726	1,000	1,000	1,000	1,000	0,899
Depo85	0,886	0,877	1,000	0,740	1,000	1,000	1,000	1,000	0,920
Depo86	0,950	1,000	1,000	0,776	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900
Depo87	0,939	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,923
Depo88	0,939	1,000	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,928
Depo89	0,934	0,969	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,913
Depo90	0,939	1,000	1,000	0,733	1,000	1,000	1,000	1,000	0,915
Depo91	0,892	0,874	1,000	0,836	1,000	1,000	1,000	1,000	0,840
Depo92	0,864	0,919	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,171
Depo93	0,937	0,988	0,984	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,905
Depo94	0,575	0,507	0,732	0,721	1,000	1,000	1,000	1,000	0,480
Depo95	0,937	1,000	1,000	0,717	1,000	1,000	1,000	1,000	0,889
Depo96	0,910	0,927	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,731

Depo97	0,939	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,920
Depo98	0,928	0,951	0,989	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,933
Depo99	0,843	1,000	0,717	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,893
Depo100	0,826	1,000	0,674	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,925
Depo101	0,598	0,497	1,000	0,739	1,000	1,000	1,000	1,000	0,896
Depo102	0,895	0,894	1,000	0,719	1,000	1,000	1,000	1,000	0,886
Depo103	0,938	1,000	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,868
Depo104	0,920	0,936	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,907
Depo105	0,612	1,000	0,204	0,740	1,000	1,000	1,000	1,000	0,826
Depo106	0,757	1,000	0,567	0,436	1,000	1,000	1,000	1,000	0,777
Depo107	0,912	1,000	0,877	0,761	1,000	1,000	1,000	1,000	0,893
Depo108	0,613	0,527	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,907
Depo109	0,939	1,000	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,936
Depo110	0,938	1,000	1,000	0,739	1,000	1,000	1,000	1,000	0,856
Depo111	0,945	1,000	1,000	0,760	1,000	1,000	1,000	1,000	0,897
Depo112	0,938	1,000	1,000	0,739	1,000	1,000	1,000	1,000	0,879
Depo113	0,891	0,885	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,903
Depo114	0,420	0,000	1,000	0,731	1,000	1,000	1,000	1,000	0,916
Depo115	0,939	0,991	1,000	0,740	1,000	1,000	1,000	1,000	0,912
Depo116	0,945	1,000	1,000	0,760	1,000	1,000	1,000	1,000	0,890
Depo117	0,787	0,734	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,929
Depo118	0,617	0,536	1,000	0,738	1,000	1,000	1,000	1,000	0,919
Depo119	0,939	1,000	1,000	0,734	1,000	1,000	1,000	1,000	0,924
Depo120	0,903	0,905	1,000	0,734	1,000	1,000	1,000	1,000	0,919
Depo121	0,800	1,000	0,615	0,717	1,000	1,000	1,000	1,000	0,903
Depo122	0,838	1,000	0,702	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,908
Depo123	0,911	1,000	1,000	0,621	1,000	1,000	1,000	1,000	0,886
Depo124	0,938	0,990	1,000	0,737	1,000	1,000	1,000	1,000	0,913
Depo125	0,936	1,000	1,000	0,740	1,000	1,000	1,000	1,000	0,806
Depo126	0,939	1,000	1,000	0,735	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917
Depo127	0,943	1,000	1,000	0,742	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900
Depo128	0,811	0,772	1,000	0,739	1,000	1,000	1,000	1,000	0,910
Depo129	0,893	0,889	1,000	0,740	1,000	1,000	1,000	1,000	0,931
Depo130	0,939	1,000	1,000	0,736	1,000	1,000	1,000	1,000	0,922

Ek 3: Veri Kullanım İzni Belgesi



T.C.
BAYBURT İL ÖZEL İDARESİ
Su ve Kanal Hizmetleri Müdürlüğü

Sayı : E-46828376-000-15879
Konu : TALEP

07.01.2025

Sayın SN: ÖZLEM SUIÇMEZ
BAYBURT

İlgi : 31.12.2024 tarihli ve sayılı yazınız.

İlgi yazınızda bahse konu olan yüksek lisans çalışmanız için gerekli bilgilerin, İlimiz Merkez ve İlçelerine bağlı köylerimizin su analiz sonuçları (talep edilen verilerin köy adı ve kaynak adı belirtilmeden) yazımız ekinde gönderilmiştir.
Bilgilerinize rica ederim.

Hayrettin KOÇYİĞİT
Genel Sekreter

Ek: CD (1 adet)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile onaylanmıştır.
Doğrulama Kodu: 8002H0s-19vFku-gdqtoA-1+800XB-11rWc86g Doğrulama Linki: <https://www.turkiye.gov.tr/icsileri-ebys>

Telefon No: Faks No:
e-Posta: İnternet Adresi: www.icsileri.gov.tr
Kep Adresi: icsileribakanligi@hs01.kep.tr

Bilgi için: Melek YILMAZOĞLU
Büro Memuru
Telefon No:



ÖZ GEÇMİŞ

İlkokul, ortaokul ve liseyi Araklı, Trabzon’da tamamladı. 2011 yılında Rize Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünden mezun oldu. 2022 yılında Bayburt Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun olduktan sonra, 2023 yılında Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

