

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SU KALİTESİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİN
İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER İLE ANALİZ EDİLMESİ:
ACISU DERESİ UYGULAMASI**

Duygu POYRAZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SU KALİTESİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİN
İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER İLE ANALİZ EDİLMESİ:
ACISU DERESİ UYGULAMASI**

Duygu POYRAZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU KALİTESİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİN
İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER İLE ANALİZ EDİLMESİ:
ACISU DERESİ UYGULAMASI**

Duygu POYRAZ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez TÜBİTAK tarafından 119Y267 nolu proje ile desteklenmiştir.

ŞUBAT 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU KALİTESİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİN
İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER İLE ANALİZ EDİLMESİ:
ACISU DERESİ UYGULAMASI

Duygu POYRAZ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez/...../2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Prof. Dr. Nevzat Özgü YİĞİT

Doç. Dr. Güray DOĞAN

ÖZET

SU KALİTESİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER İLE ANALİZ EDİLMESİ: ACISU DERESİ UYGULAMASI

Duygu POYRAZ

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Şubat 2023; 142 sayfa

Bu çalışmanın amacı, Acısu Deresi'nde 2020-2021 yılları arasında yürütülen su kalitesi izleme çalışması sonuçları kullanılarak su kalitesindeki mekânsal ve zamansal değişimleri ve değişimlere neden olan temel etmenleri ortaya çıkarmaktır. Acısu Deresi'nde 12 ay boyunca 12 farklı örnekleme noktasından 37 su kalite parametresi için elde edilen ölçüm ve analiz sonuçları kullanılarak hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) ve temel bileşenler analizi (TBA) gerçekleştirilmiştir. Ek olarak 30 su kalite parametresinin izleme sonuçları kullanılarak Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar (Kohonen Ağları-SOM) uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

Kümeleme analizi sonucunda hem örnekleme noktaları hem de örnekleme tarihleri, benzerliklerine göre gruplandırılmıştır. HCA, örnekleme noktalarını, su kirliliği tipi ve derecesi benzer olan iki farklı kümeye ayırmıştır. HCA, örnekleme zamanlarında gözlenen su kalitesi heterojenitesini ortaya çıkarmış ve örnekleme tarihlerini iki ana kümeye gruplandırmıştır. TBA, Acısu Deresi su kalitesinde ortaya çıkan toplam varyansın %69,74'ünü ilk 3 eksenle ve toplam varyansın %91,22'sini ilk 8 eksenle açıklarken, TBA ile bu faktörlerin varyansa etki büyüklüğü de bulunmuştur. Kohonen Analizi su kalite parametrelerini kendi içlerinde fizikokimyasal ve bakteriyolojik özellikler ile anyon-katyon gruplarına göre kümelere ayırmıştır. Sonuç olarak, SOM analizi sonuçları, TBA sonuçları ile de doğrulanmıştır.

Bu çalışma ile su kalitesinin zamana ve mekâna bağlı değişimini ve buna neden olan temel etmenleri belirlemek için çok değişkenli istatistiksel yöntemler ve yapay sinir ağlarının faydalı yöntemler olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: hiyerarşik kümeleme analizi, istatistiksel analiz, Kohonen Ağları, su kalitesi, temel bileşenler analizi

JÜRİ: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Prof. Dr. Nevzat Özgü YİĞİT

Doç. Dr. Güray DOĞAN

ABSTRACT
EVALUATION OF SPATIOTEMPORAL CHANGES IN WATER QUALITY
USING STATISTICAL METHODS:
ACISU CREEK APPLICATION

Duygu POYRAZ

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

February 2023; 142 pages

The aim of this study was to reveal the spatiotemporal changes in water quality and the main factors causing these changes by using the results of water quality monitoring studies carried out in the Acisu Creek between 2020-2021. Hierarchical Cluster Analysis (HCA) and Principal Component Analysis (PCA) were performed using the measurement and analysis results of 37 water quality parameters obtained from 12 different monitoring points for 12 months in the Acisu Creek. In addition, Self-Organizing Maps (Kohonen Networks-SOM) applications were performed using the data sets of 30 water quality parameters.

As a result of the HCA, both sampling points and sampling dates were grouped according to their similarity. HCA clustered the sampling points into two different clusters with similar type and degree of water pollution. HCA revealed the water quality heterogeneity in the monitoring results and grouped the sampling dates into two main clusters. According to the PCA results, 69.74% of the total variance in the Acisu Creek water quality was explained by the first 3 axes and 91.22% of the total variance was explained by the first 8 axes. Kohonen Networks-SOM analysis was effective to form clusters according to the physicochemical and bacteriological water quality and anion-cation groups. As a result, the SOM analysis results were confirmed by the PCA results.

This study demonstrated that multivariate statistical methods and artificial neural networks are powerful tools to evaluate spatiotemporal variation of water quality and the main factors for the changes.

KEYWORDS: hierarchical cluster analysis, kohonen networks, principal component analysis, statistical analysis, water quality

COMMITTEE: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Prof. Dr. Nevzat Özgü YİĞİT

Doç. Dr. Güray DOĞAN

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, TÜBİTAK tarafından desteklenen 119Y267 nolu proje kapsamında Antalya’da yer alan Acısu Deresi su kalitesinin zamansal ve mekânsal değişiminin değerlendirilmesinde istatistiksel analiz yöntemleri ve yapay sinir ağları tekniklerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler, 119Y267 nolu proje kapsamında çalışma sahasında gerçekleştirilen ölçümler ve Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretim ve Eğitim Enstitüsü’nde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları ile elde edilmiştir. Bu çalışmalarda bize destek olan kurum çalışanlarına ve tez çalışmasının yürütülmesine destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu TÜBİTAK (Proje No: 119Y267)’a teşekkür ederim.

Öncelikle tez çalışmamın planlama ve yürütülme aşamaları boyunca yardımlarını esirgemeyerek beni destekleyen, kendisini örnek aldığım, bilgileri, önerileri ve tecrübelerini paylaşarak çalışmamı yönlendiren, hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU’na, değerli destekleri için teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca katkılarını benden hiç esirgemeyen, bana hep destek olan ve bana olan inancını hiç kaybetmeyen Sayın Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU hocama teşekkür ederim.

Tez çalışmamla yakından ilgilenen, laboratuvar çalışmaları ve özellikle istatistiksel çalışmalar konusunda desteğini ve bilgi birikimini esirgemeyen Sayın Dr. Mehmet Ali Turan KOÇER’e teşekkür ederim. Çalışmalarımı yürütürken sabırla bana destek olan, ihtiyacım olan desteği bana her zaman gösteren ve gerekli teşviki sağlayan arkadaşım Zeynep ÜNSAL’a teşekkür ederim.

Ayrıca hayatım boyunca her zaman yanımda olan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Çalışmaları	4
2.2. Yapay Sinir Ağları-SOM Çalışmaları.....	7
2.3. İnceleme Alanına Ait Çalışmalar	9
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1. Çalışma Sahasının Tanıtımı	11
3.1.1. Su Kalitesi İzleme Çalışmaları	13
3.1.2. Numune Alımı ve Korunması.....	18
3.1.2.1. Örnekleme ve analiz	18
3.2. İstatistiksel Yöntemler	19
3.2.1. Kümeleme Analizi	19
3.2.1.1. Hiyerarşik Kümeleme Teknikleri	21
3.1.1.2. Hiyerarşik Olmayan Kümeleme Teknikleri.....	24
3.2.1.3. Uzaklık Ölçütleri.....	25
3.2.2. Temel Bileşen Analizi (TBA).....	25
3.2.3. Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar- Kohonen Ağları (SOM).....	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. Acısu Deresi’ndeki Su Kalitesinin Ön Değerlendirilmesi	30
4.1.1. Tanımlayıcı İstatistikler	30
4.1.2. Tek Yönlü ANOVA Analizi Sonuçları.....	60
4.1.2.1. Sıcaklık	60
4.1.2.2. pH.....	61
4.1.2.3. Elektriksel İletkenlik.....	62
4.1.2.4. Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonu ve Doygunluğu	63

4.1.2.5. Tuzluluk	65
4.1.2.6. Bulanıklık.....	65
4.1.2.7. Askıda Katı Madde (AKM)	66
4.1.2.8. Klorofil-a.....	67
4.1.2.9. Toplam Alkalinite ve Bikarbonat.....	68
4.1.2.10. Kalsiyum	70
4.1.2.11. Magnezyum.....	70
4.1.2.12. Klorür ve Florür	71
4.1.2.13. Bromür	73
4.1.2.14. Lityum.....	73
4.1.2.15. Sodyum ve Potasyum.....	74
4.1.2.16. Sülfat	76
4.1.2.17. 5 günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅).....	77
4.1.2.18. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	78
4.1.2.19. Toplam Organik Karbon (TOK)	79
4.1.2.20. Amonyum Azotu.....	80
4.1.2.21. Nitrit Azotu	81
4.1.2.22. Nitrat Azotu	82
4.1.2.23. Toplam Azot	83
4.1.2.24. Fosfat.....	83
4.1.2.25. Toplam Fosfor.....	84
4.1.2.26. Renk	85
4.1.2.27. Bakteriyolojik Kalite Değişimi	87
4.2. Acısu Deresi Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Yöntemleriyle Test Edilmesi	91
4.2.1. Acısu Deresi Su Kalitesinin Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA) Sonuçları.....	94
4.2.1.1. Mekânsal Benzerlikler/Farlılıklar ve Kümeleme.....	94
4.2.1.2. Zamansal Benzerlikler/Farklılıklar ve Kümeleme.....	96
4.2.2. Acısu Deresi Su Kalitesinin Temel Bileşen Analizi (TBA) Sonuçları.....	98
4.3. Acısu Deresi Su Kalitesinin SOM Analizi Sonuçları-MATLAB	104
4.3.1. Uygun Harita Boyutu Seçimi	104

4.3.2. Acısu Deresi için Range Normalizasyonu ile Elde Edilen SOM Analizi Sonuçları	105
4.4. Acısu Deresi Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Yöntemleriyle Test Edilmesi- Mevsimsel Analiz.....	111
4.4.1. Acısu Deresi Su Kalitesinin Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA) Sonuçları-Mevsimsel Analiz	114
4.4.1.1. Mekânsal Benzerlikler/Farlılıklar ve Kümeleme.....	114
4.4.1.2. Zamansal Benzerlikler/Farlılıklar ve Kümeleme.....	116
4.4.2. Acısu Deresi Su Kalitesinin Temel Bileşen Analizi (TBA) Sonuçları-Mevsimsel Analiz	117
4.5. Acısu Deresi Su Kalitesinin SOM Analizi Sonuçları-MATLAB- Mevsimsel Analiz.....	123
4.5.1. Uygun Harita Boyutu Seçimi	123
4.5.2. Acısu Deresi için Range Normalizasyonu ile Elde Edilen SOM Analizi Sonuçları	123
5. SONUÇLAR	129
6. KAYNAKLAR	133
7. EKLER.....	137

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Su Kalitesinin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin İstatistiksel Yöntemler ile Analiz Edilmesi: Acısu Deresi Uygulaması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

...../...../2023

Duygu POYRAZ

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
%	: Yüzde
°C	: Derece santigrat
μS	: Mikrosiemens
Ca	: Kalsiyum
cm	: Santimetre
ha	: Hektar
K	: Potasyum
km	: Kilometre
L	: Litre
m	: Metre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
m ³	: Metreküp
μg	: Mikrogram
Na	: Sodyum
NH ₄	: Amonyum
NH ₄ -N	: Amonyum Azotu
NO ₂	: Nitrit
NO ₂ -N	: Nitrit Azotu
NO ₃	: Nitrat
NO ₃ -N	: Nitrat Azotu

OA	: Organik Azot
pH	: Hidrojen iyonu potansiyeli
Q	: Debi
s	: Saniye
SiO ₂	: Silika
SO ₄	: Sülfat
T	: Sıcaklık

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
AKM	: Askıda Katı Madde
BMU	: Best Matching Unit- Kazanan Nöron
BOİ ₅	: 5 günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CA	: Kümeleme Analizi
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel İletkenlik
FA	: Faktör Analizi
FCM	: Bulanık C- Ortalamaları Kümeleme
K-S	: Kolmogorov-Smirnov
KMO	: Kaiser-Meyer-Olkin
PCA	: Temel Bileşen Analizi (TBA)
QE	: Nicel Hata
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SOM	: The Self-Organizing Map (Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar)
TA	: Toplam Alkalinite

TE	: Nitel Hata
TH	: Toplam Sertlik
TÇS	: Toplam Çözünmüş Katılar
TKN	: Toplam Kjeldahl Azotu
TP	: Toplam Fosfor
TAKM	: Toplam Askıda Katı Maddeler
VF	: Değişken Yükler
WT	: Su Sıcaklığı
YSKY	: Yerüstü Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Acısu Deresi havza sınırı ve havzanın ülkemiz ve Antalya ili içindeki konumu.....	11
Şekil 3.2. Acısu Deresi'nin havza sınırı, nehir ağı ve havza içindeki yerleşim alanları.....	12
Şekil 3.3. Acısu Deresi'nde ölçüm/örnekleme yapılan istasyonlar	14
Şekil 3.4. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-8; b) Acısu-7 izleme noktaları	16
Şekil 3.5. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-6; b) Acısu-5 izleme noktaları	16
Şekil 3.6. 3 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-4; b) Acısu-3 izleme noktaları	16
Şekil 3.7. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-2; b) Acısu-1 izleme noktaları	17
Şekil 3.8. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-0; b) Acısu-YK 3 izleme noktaları	17
Şekil 3.9. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-YK 2; b) Acısu-YK 1 izleme noktaları.....	17
Şekil 3.10. Kümeleme Analizi İşlem Sırası	20
Şekil 3.11. Kümeleme Tekniklerinin Genel Görünümü	21
Şekil 3.12. Örnek bir dendrogram	22
Şekil 3.13. Tek Bağlantı Tekniği	22
Şekil 3.14. Ortalama Bağlantı Tekniği	23
Şekil 3.15. Tam Bağlantı Tekniği	23
Şekil 3.16. SOM girdi ve çıktı katmanları	27
Şekil 3.17. Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar (SOM) akış diyagramı	29
Şekil 4.1. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre su sıcaklığının (°C) değişimi.....	61
Şekil 4.2. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre pH değişimi	62
Şekil 4.3. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre elektriksel iletkenlik değerlerinin (mS/cm) değişimi.....	63
Şekil 4.4. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre ÇO doymunluğu (%) ve ÇO konsantrasyon değerlerinin (mg/L) değişimi	64
Şekil 4.5. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre tuzluluğun (ppt) değişimi	65
Şekil 4.6. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre bulanıklık (FNU) değişimi	66
Şekil 4.7. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre AKM (mg/L) değişimi	67
Şekil 4.8. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre klorofil-a (µg/L) değişimi	68
Şekil 4.9. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre toplam alkalinite (mg CaCO ₃ /L) ve bikarbonat (mg HCO ₃ ⁻ /L) miktarlarının değişimi	69
Şekil 4.10. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre kalsiyum (mg Ca ²⁺ /L) miktarının değişimi.....	70
Şekil 4.11. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre magnezyum miktarının (mg Mg ²⁺ /L) değişimi.....	71
Şekil 4.12. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre klorür ve florür (mg/L) değişimi.....	72

Şekil 4.13. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre bromür (mg/L) değişimi	73
Şekil 4.14. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre lityum (mg/L) değişimi	74
Şekil 4.15. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre sodyum ve potasyum (mg/L) değişimi	76
Şekil 4.16. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre sülfat (mg/L) değişimi	77
Şekil 4.17. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre BOI_5 (mg O_2 /L) değişimi	78
Şekil 4.18. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre KOI değerlerinin (mg/L) değişimi	79
Şekil 4.19. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre TOK değerlerinin (mg/L) değişimi	80
Şekil 4.20. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre amonyum azotu (mg NH_4^+ -N/L) değişimi	80
Şekil 4.21. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre nitrit azotu miktarlarının (mg NO_2^- -N/L) değişimi.....	81
Şekil 4.22. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre nitrat azotu miktarlarının (mg NO_3^- -N/L) değişimi.....	82
Şekil 4.23. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre toplam azot miktarlarının (mg N/L) değişimi.....	83
Şekil 4.24. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre fosfat miktarlarının (mg PO_4^{3-} /L) değişimi	84
Şekil 4.25. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre toplam fosfor miktarlarının (mg P/L) değişimi.....	85
Şekil 4.26. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre renk parametresinin (1/m) değişimi	86
Şekil 4.27. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre toplam koliform bakteri sayılarının (koloni/100 mL) değişimi	88
Şekil 4.28. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre fekal koliform bakteri sayılarının (koloni/100 mL) değişimi	89
Şekil 4.29. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre <i>Escherichia coli</i> sayılarının (koloni/100 mL) değişimi	89
Şekil 4.30. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre fekal streptokok sayılarının (koloni/100 mL) değişimi.....	90
Şekil 4.31. Acısu Deresi'ndeki örnekleme noktalarının su kalitesi parametrelerine dayalı HCA dendrogram grafiği	94
Şekil 4.32. Acısu Deresi'ndeki örnekleme tarihlerinin su kalitesi parametrelerine dayalı HCA dendrogram grafiği	97
Şekil 4.33. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin TBA ile elde edilen özdeğer korelasyon grafiği.....	100
Şekil 4.34. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin TBA grafiği (a) parametrelerin Eksen 1 ve Eksen 2 grafiği, (b) ölçümlerin Eksen 1 ve Eksen 2	

grafiği (c) parametrelerin Eksen 1 ve Eksen 3 grafiği ve (d) ölçümlerin Eksen 1 ve Eksen 3 grafiği	101
Şekil 4.35. Nicel ve topolojik hata oranları	105
Şekil 4.36. Nöronların örnek sayılarına göre kümelerine ayrılması	106
Şekil 4.37. Nöron başına düşen örnek sayısı	106
Şekil 4.38. Su kalitesi parametrelerinin oluşturduğu dendrogram grafiği	107
Şekil 4.39. 30 adet nöron için oluşturulan dendrogram grafiği	107
Şekil 4.40. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin TBA grafiği (a) parametrelerin PC-1 ve PC-2 grafiği, (b) ölçümlerin PC-1 ve PC-2 grafiği, (c) parametrelerin PC-1 ve PC-3 grafiği ve (d) ölçümlerin PC-1 ve PC-3 grafiği.....	108
Şekil 4.41. Acısu Deresi verilerine göre oluşturulan U-Matris	109
Şekil 4.42. Acısu Deresi'ne ait su kalitesi parametreleri için oluşturulan SOM haritaları	110
Şekil 4.43. Acısu Deresi'ndeki örnekleme noktalarının su kalitesi parametrelerine dayalı HCA dendrogram grafiği	114
Şekil 4.44. Acısu Deresi'ndeki örnekleme tarihlerinin su kalitesi parametrelerine dayalı HCA dendrogram grafiği	116
Şekil 4.45. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin TBA ile elde edilen özdeğer korelasyon grafiği.....	118
Şekil 4.46. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin temel bileşenler analizi grafiği (a) parametrelerin Eksen 1 ve Eksen 2 grafiği, (b) ölçümlerin Eksen 1 ve Eksen 2 grafiği (c) parametrelerin Eksen 1 ve Eksen 3 grafiği ve (d) ölçümlerin Eksen 1 ve Eksen 3 grafiği.....	120
Şekil 4.47. Nöronların örnek sayılarına göre kümelerine ayrılması	124
Şekil 4.48. Nöron başına düşen örnek sayısı	124
Şekil 4.49. Su kalitesi parametrelerinin oluşturduğu dendrogram grafiği	125
Şekil 4.50. 30 adet nöron için oluşturulan dendrogram grafiği	125
Şekil 4.51. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin temel bileşenler analizi grafiği (a) parametrelerin PC-1 ve PC-2 grafiği, (b) ölçümlerin PC-1 ve PC-2 grafiği, (c) parametrelerin PC-1 ve PC-3 grafiği ve (d) ölçümlerin PC-1 ve PC-3 grafiği	126
Şekil 4.52. Acısu Deresi verilerine göre oluşturulan U-Matris	127
Şekil 4.53. Acısu Deresi'ne ait su kalitesi parametreleri için oluşturulan SOM haritaları	128

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. Acısu Deresi havzasına ait özet bilgiler	13
Çizelge 3.2. Acısu Deresi su kalitesi izleme istasyonlarına ait bilgiler	13
Çizelge 3.3. Acısu Deresi'nde izleme çalışmasına ait özet bilgiler	15
Çizelge 3.4. Bakteriyolojik parametrelerin analizine ait özet bilgiler	19
Çizelge 4.1. Acısu Deresi su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait 12 aylık ölçüm ve analiz sonuçlarının istatistiksel özeti (iyonlar).....	34
Çizelge 4.2. Acısu Deresi su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait 12 aylık ölçüm ve analiz sonuçlarının istatistiksel özeti (diğer fizikokimyasal parametreler)	39
Çizelge 4.3. Acısu Deresi su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait 12 aylık ölçüm ve analiz sonuçlarının istatistiksel özeti (saha ölçümleri ve renk parametresi)	41
Çizelge 4.4. Acısu Deresi su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait 12 aylık ölçüm ve analiz sonuçlarının istatistiksel özeti (bakteriyolojik parametreler)	44
Çizelge 4.5. 1.Dönem (Eylül 2020) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	47
Çizelge 4.6. 2.Dönem (Ekim 2020) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	48
Çizelge 4.7. 3.Dönem (Aralık 2020) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	49
Çizelge 4.8. 4.Dönem (Ocak 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	50
Çizelge 4.9. 5.Dönem (Şubat 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	51
Çizelge 4.10. 6. Dönem (Mart 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	52
Çizelge 4.11. 7. Dönem (Nisan 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	53
Çizelge 4.12. 8. Dönem (Mayıs 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	54
Çizelge 4.13. 9. Dönem (Temmuz 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	55
Çizelge 4.14. 10. Dönem (Ağustos 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	56
Çizelge 4.15. 11. Dönem (Eylül 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	57
Çizelge 4.16. 12. Dönem (Ekim 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi.....	58
Çizelge 4.17. Acısu Deresi için yıllık ortalama izleme verileri ile belirlenen nihai su kalite sınıfları	59
Çizelge 4.18. Araştırma döneminde su sıcaklığının (°C) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	61

Çizelge 4.19. Araştırma döneminde pH'ın istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	62
Çizelge 4.20. Araştırma döneminde elektriksel iletkenliğin (mS/cm) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	63
Çizelge 4.21. Araştırma döneminde ÇO doygunluğu (%) ve ÇO konsantrasyonu (mg/L) değerlerinin istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	64
Çizelge 4.22. Araştırma döneminde tuzluluk (ppt) değerlerinin istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	65
Çizelge 4.23. Araştırma döneminde bulanıklık değerlerinin (FNU) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	66
Çizelge 4.24. Araştırma döneminde AKM değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	67
Çizelge 4.25. Araştırma döneminde klorofil-a değerlerinin (µg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	68
Çizelge 4.26. Araştırma döneminde Toplam Alkalinite (mg CaCO ₃ /L) ve Bikarbonatın (mg HCO ₃ ⁻ /L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	69
Çizelge 4.27. Araştırma döneminde kalsiyum değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	70
Çizelge 4.28. Araştırma döneminde magnezyumun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	71
Çizelge 4.29. Araştırma döneminde klorür ve florür değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	72
Çizelge 4.30. Araştırma döneminde bromürün (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	73
Çizelge 4.31. Araştırma döneminde lityum değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	74
Çizelge 4.32. Araştırma döneminde sodyum ve potasyum değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	75
Çizelge 4.33. Araştırma döneminde sülfatın (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	77
Çizelge 4.34. Araştırma döneminde BOİ ₅ değerlerinin (mg O ₂ /L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	78
Çizelge 4.35. Araştırma döneminde KOİ değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	78
Çizelge 4.36. Araştırma döneminde TOK değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	79
Çizelge 4.37. Araştırma döneminde amonyum azotunun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	81
Çizelge 4.38. Araştırma döneminde nitrit azotunun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	82
Çizelge 4.39. Araştırma döneminde nitrat azotunun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	82
Çizelge 4.40. Araştırma döneminde toplam azotun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	83

Çizelge 4.41. Araştırma döneminde fosfatın (mg PO ₄ ⁻³ /L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	84
Çizelge 4.42. Araştırma döneminde toplam fosforun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	85
Çizelge 4.43. Araştırma döneminde renk parametresinin (1/m) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	87
Çizelge 4.44. Araştırma döneminde toplam koliform bakteri sayısının (koloni/100 ml) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi.....	87
Çizelge 4.45. Araştırma döneminde fekal koliform bakteri sayısının (koloni/100 mL) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi.....	88
Çizelge 4.46. Araştırma döneminde <i>Escherichia coli</i> sayısının (koloni/100 mL) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi.....	90
Çizelge 4.47. Araştırma döneminde fekal streptokok bakteri sayısının (koloni/100 mL) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi	90
Çizelge 4.48. Acısu Deresi'nde gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışması ile elde edilen veriler için korelasyon matrisi.....	92
Çizelge 4.49. Acısu Deresi'nde izlenen örnekleme noktalarının su kalitesi parametrelerine dayalı HCA Öklid mesafeleri (Euclidean distances)	95
Çizelge 4.50. Acısu Deresi'nde izlenen örnekleme tarihlerinin su kalitesi parametrelerine dayalı hiyerarşik kümeleme analizi Öklid mesafeleri (Euclidean distances).....	98
Çizelge 4.51. Acısu Deresi'nde su kalitesine dayalı TBA istatistik özeti	99
Çizelge 4.52. İzlenen su kalitesi parametrelerinin eksen özdeğerlerine oransal katkısı	102
Çizelge 4.53. Faktör-Değişken korelasyonları (korelasyonlara bağlı faktör yükleri, güçlü (mavi), orta (yeşil) ve zayıf (sarı) gösterimleri)	103
Çizelge 4.54. Vesanto ve Alhoniemi'ye (2000) göre hesaplanan harita boyutlarına ait hata analizi sonuçları.....	104
Çizelge 4.55. Deneme-yanılma yöntemi ile belirlenen harita boyutlarına ait hata analizi sonuçları	104
Çizelge 4.56. Acısu Deresi için mevsim ortalamalı su kalite izleme verileri için korelasyon matrisi	112
Çizelge 4.57. Acısu Deresi'nde izlenen örnekleme noktalarının su kalitesi parametrelerine dayalı HCA Öklid mesafeleri (Euclidean distances)	115
Çizelge 4.58. Acısu Deresi'nde izlenen örnekleme tarihlerinin su kalitesi parametrelerine dayalı hiyerarşik kümeleme analizi Öklid mesafeleri (Euclidean distances).....	117
Çizelge 4.59. Acısu Deresi'nde su kalitesine dayalı TBA istatistik özeti	118
Çizelge 4.60. İzlenen su kalitesi parametrelerinin eksen özdeğerlerine oransal katkısı	121
Çizelge 4.61. Faktör-Değişken korelasyonları (korelasyonlara bağlı faktör yükleri) ..	122
Çizelge 4.62. Vesanto (2000) ve deneme-yanılma yöntemi ile belirlenen harita boyutlarına ait hata analizleri	123

1. GİRİŞ

Dünyamızın dörtte üçünü oluşturan su kaynaklarının çok az bir bölümü içme, kullanma ve sulamada kullanılabilir. Artan dünya nüfusu ve buna bağlı olarak gelişen sanayi, su ihtiyacını sürekli artırmaktadır. Türkiye’de yıllık ortalama yağış yaklaşık 574 mm olmakla birlikte yılda ortalama 450 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Günümüzde teknik ve ekonomik şartlara göre, çeşitli amaçlara yönelik olarak kullanılabilir yerüstü suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 94 milyar m³’tür, 18 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeliyle birlikte ülkemizin kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup, 57 milyar m³’ü kullanılmaktadır. Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1652 m³, 2020 yılında ise 1346 m³ olmuştur (DSİ 2022). Türkiye, kişi başına kullanılabilir su potansiyeline bakıldığında, su baskısı yaşayan ülkeler arasında yer almaktadır. Bu durum, su kaynaklarının miktar açısından çok dikkatli yönetilmesini gerektirmektedir. Ancak su kaynaklarının miktarı kadar su kalitesinin de önemi büyüktür.

Yerüstü suları içme suyu bakımından temel kaynak olması ve bu kaynakların kısıtlı olması nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Buna ek olarak, yerüstü suları için günümüzde çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. İçme suyu temininde, tarımsal sulamada ve endüstrilerde kullanmak yaygın kullanım alanları arasındadır (İşcen 2008). İnsan kaynaklı birçok faaliyet yerüstü su kalitesinin değişimine sebep olmaktadır. Kullanım sonucu ortaya çıkan atıksular yerüstü ve yeraltı su kaynaklarını kirleterek kullanımlarını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarının sürekli izlenmesi ve gerekli koruma tedbirlerinin alınması büyük önem gerektirmektedir. Ek olarak, su kirliliğini kontrol etmek, akarsu havzasındaki su kalitesini izlemek ve su kalitesindeki zamansal ve mekânsal değişiklikleri yorumlamak önemlidir (Varol 2009).

Yerüstü sularının korunması ve sürdürülebilir yönetim çalışmalarının geliştirilebilmesi için su kalitesi ve kirleticiler hakkında bilgi sahibi olmak önem taşımaktadır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) kapsamında su kalitesinin belirlenmesinde birçok parametrenin kullanılması gerekmektedir. Su kalitesinin belirlenmesinde her parametre için ayrı bir standart ve maksimum değer tanımlanmıştır. Ölçülen parametre değerinin standart ile karşılaştırılması sonucu kabul edilebilir değerin dışında bir sonuç ortaya çıktığı takdirde, su kaynağının söz konusu amaç için kullanıma uygun olmadığı sonucuna varılmaktadır (YSKY 2021). Çok sayıda fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrenin çok sayıda ölçüm noktasında incelenmesi ile oldukça fazla sayıda veri grupları oluşmakta ve elde edilen verilerin yorumlanması da zorlaşmaktadır (Boyacıoğlu 2006). Bu noktadan hareketle, su kalitesinin değerlendirilmesinde parametrelerin tek tek dikkate alınması yerine birçok parametrenin aynı anda değerlendirilebildiği çoklu parametre değerlendirilmeleri çoğu zaman daha uygun sonuçlar verebilmektedir. Buna karşılık, çoklu parametrelerin bir arada değerlendirilmesi ve kullanılacak parametrelerin seçimi ise başka bir süreci gerekli kılmaktadır. İzleme çalışmaları sayesinde su kalitesinde meydana gelen zamansal ve mekânsal değişiklikler ortaya konulabilse dahi, karmaşık veri setlerinde buna sebep olan etmenler net olarak belirlenememektedir. Su kalitesinde değişime sebep olan ana etmenleri belirlemek için istatistiksel yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhang 2009).

Bu tez çalışmasında su kalitesi izleme çalışmalarından elde edilen karmaşık verilerin anlamlı hale getirilmesinde çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleri

(Hiyerarşik Kümeleme Analizi ve Temel Bileşen Analizi) ve yapay sinir ağları tekniklerinden birisi olan Kohonen ağları kullanılmıştır. Belirtilen yöntemler, su kalitesi izleme çalışmaları ile elde edilen karmaşık veri setlerinin yorumlanmasında ve değerlendirilmesinde, su kalitesi hakkında en iyi bilgiyi elde etmek için kirlilik kaynaklarının gruplandırılmasında ve su kaynaklarının daha etkili yönetimi için izleme ağının düzenlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Shrestha ve Kazama, 2007).

Tez kapsamında Acısu Deresi'nin su kalitesinin mekânsal ve zamansal değişimleri istatistiksel yöntemler ile analiz edilmiştir. Antalya şehir merkezine yaklaşık 40 km uzaklıkta olan, Aksu Çayı ve Köprüçay Nehri arasında konumlanan ve Akdeniz'e dökülen Acısu Deresi, tez çalışmasında incelenen çalışma bölgesidir. Acısu Deresi havzasında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı olarak tipik Akdeniz iklimi görülmektedir. Ayrıca yıllık ortalama yağış 1150 mm/yıl ve yıllık ortalama buharlaşma yaklaşık olarak 1300 mm/yıl'dır (Kaman vd., 2011).

Bu çalışmanın temel amacı; Acısu Deresi su kalitesindeki mekânsal ve zamansal değişimleri Hiyerarşik Kümeleme, Temel Bileşen Analizi ve Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar (Kohonen Ağları) olmak üzere üç farklı istatistiksel yöntem ile ortaya koymaktır. Belirtilen çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 119Y267 numaralı ve “*Deterministik Modelleme, Su Kalitesi İndeksleri ve İstatistiksel Analiz Kullanılarak Nehir Suyu Kalitesi Değerlendirmesi ve Yönetimi*” başlıklı proje çalışmasının da bir kısmını oluşturmaktadır. Ek olarak tez çalışmasında tanımlayıcı istatistiksel parametreler ile veriler arasındaki ilişki de açıklanmaktadır. Bu değerlendirmeler sonucunda su kalitesindeki zamansal ve mekânsal değişimler belirlenmiş olup çalışma alanları için iyileştirme önerileri sunulmaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

Su kirliliğinin giderek artan bir sorun haline gelmesi nedeniyle su kaynakları üzerindeki baskı daha çok artmakta ve dünya genelinde birçok farklı ülkeyi çözüm arayışına yöneltmektedir. Su kaynaklarının kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi yönünde farklı yaklaşımlar uygulanmaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için, havza bazlı yönetim ilkelerinin değerlendirilmesi ve havza ölçeğinde planlanması gerekmektedir. Havza yönetimi kavramının gelişimi ile su kaynaklarını ve kalitesini korumaya, etkinliğini, verimliliğini arttırmaya yönelik hedefler ve bu hedeflerin uygulama aracı olarak da havza yönetim planları oluşturulmaktadır (Öztürk 2011).

Su kaynaklarının korunması, Avrupa Birliği'nin (AB) önem verdiği konulardan birisidir. Bu kapsamda, AB'de 1970 yılından itibaren suların korunmasına yönelik direktifler yayınlanmıştır. Günümüze kadar gerçekleşen bu direktifler tek bir direktif halinde toplanarak AB Su Çerçeve Direktifi (SÇD) (2000/60/EC) ile suların korunmasında bütüncül bir yaklaşımın uygulanmasını hedeflenmektedir. Böylece 2000 yılında yayınlanan bu direktif ile nehir havza yönetimi önem kazanmıştır. SÇD, yerüstü su kaynaklarının kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi amacıyla çevre koruma ve yönetimi konusunda bütüncül bir yaklaşım getirmektedir. Bu gereklilikle birlikte ülkemizde, yerüstü ve yeraltı sularının bütüncül bir yaklaşımla miktar, fiziksel, kimyasal ve ekolojik kalite açısından korunması ve su havzaları yönetim planlarının hazırlanmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemek amacıyla 11 Ekim 2012 tarihinde 28444 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan "Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik ile Nehir Havza Yönetim Planı (NHYP) hazırlanması ve böylece havzadaki baskı ve etkilerin uzun vadeli değerlendirilmesi, havza içinde yapılan bir müdahalenin olumlu ve olumsuz etkilerinin izlenmesi sağlanmaktadır.

Son yıllarda yerüstü su kaynaklarının kalite ve miktar olarak sürdürülebilir yönetimi büyük önem kazanmıştır ve ülkemizde yerüstü sularının yönetimi için birçok farklı yönetmelik ve tebliğ mevcuttur. Bunlardan bir tanesi olan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)"nin amacı, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarımızın potansiyelinin korunması ve en iyi biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemektir. Ek olarak, AB mevzuatının uyumlaştırılması yönünde çalışmalar gerçekleştirilmiş ve bu kapsamda Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) hazırlanarak 30.11.2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Böylelikle, su kalitesi, sınıflandırma ve kirleticiler gruplarına ilişkin kısımlar büyük ölçüde ulusal mevzuatımıza aktarılmıştır.

Su kalitesi hakkında veri toplamak için gerçekleştirilen izleme çalışmaları, su kalitesinin belirlenmesinde ve yönetiminde oldukça etkilidir. Özellikle su kalitesinde meydana gelen zamansal ve mekânsal değişiklikler hakkında bilgi vermektedir. Ancak, izleme çalışmaları sonucunda elde edilen veriler izleme dönemlerinin ve örnekleme noktalarının çok fazla olması sebebiyle oldukça büyük ve karmaşık veri setleri oluşturmaktadır. Karmaşık veri setlerinde bu değişikliğe sebep olan etmenler ise net olarak belirlenmemektedir.

Bu nedenle, su kalitesi izleme çalışmalarından elde edilen karmaşık verilerin anlamlı hale getirilmesinde istatistiksel yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Acısu Deresi için gerçekleştirilen bu çalışmada, su kalitesi parametrelerinin çok değişkenli istatistiksel

analiz ve Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar (Self Organizing Maps-SOM) yöntemleriyle değerlendirilmesi amaçlanmış olduğundan Kaynak Taraması bölümünde seçilen üç yöntemin birlikte veya ayrı ayrı olarak su kalitesi verilerine uygulanmasını içeren örnek bilimsel çalışmalar sunulmuştur.

2.1. Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Çalışmaları

Varol ve Şen (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, Behrimaz Çayı Havzası'nın bir yıllık izleme programı sırasında elde edilen veri setleri ile su kalitesi parametreleri üzerindeki olası kaynak etkilerini, izleme dönemleri veya noktaları arasındaki benzerlikler veya farklılıkları, nehir suyundaki mekânsal ve zamansal değişimlerden sorumlu su kalitesi değişkenlerini belirlemek için çok değişkenli istatistiksel teknikler içinde yer alan Kümeleme Analizi (CA), Temel Bileşen Analizi (TBA) ve Faktör Analizi (FA) kullanılmıştır. Bu çalışmada, 20 su kalitesi parametresi için dört su kalitesi izleme istasyonundan elde edilen veriler kullanılmıştır. Hiyerarşik CA, bir yıllık izleme süresini iki döneme (birinci ve ikinci dönemler) ve dört izleme bölgesini iki gruba (grup A ve grup B) ayırmıştır. Kümeleme analizinden elde edilen iki farklı grubun veri setlerine uygulanan FA/TBA, az kirli ve orta kirli alanlara ait su kalitesi veri setlerinde toplam varyansın sırasıyla %88,32 ve %88,93'ünü karşılayan beş faktör ile sonuçlanmıştır. Faktör analizinden elde edilen değişkenler, su kalitesi değişimlerinden sorumlu parametrelerin, daha az kirli alanlarda temel olarak deşarj, sıcaklık ve çözünmüş mineraller (doğal), havzadaki orta derecede kirli alanlarda organik kirlilik (noktasal kaynak olan evsel atıksular) ve besinler (noktasal olmayan kaynaklar olan tarımsal faaliyetler) ile ilgili olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, bu çalışma, veri setlerinin analizi ve yorumlanması ve su kalitesi değerlendirmesinde, kirlilik kaynaklarının/faktörlerinin tanımlanması ve etkin akarsu kalitesi yönetimi için su kalitesindeki zamansal/mekânsal değişimlerin anlaşılması için çok değişkenli istatistiksel tekniklerin faydalı olduğunu göstermektedir.

Yılmaz (2009) tarafından yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında, Türkiye genelinde seçilen 67 istasyon için 1992-2008 yıllarını kapsayan dönemde 12 parametreden (akım, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum, klor, karbonat, sülfat, SAR ve bor) oluşan veri setine çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden TBA, FA ve CA uygulanmıştır. Çalışmada özellikle birinci faktörün toplam varyansı açıklama ve içerdiği tanımlayıcı parametrelerin karakterleriyle su kalitesini tanımlamada önemli bir yer tuttuğu sonucuna varılmıştır. Özellikle Kızılırmak Havzası'ndan seçilen istasyonlar, birinci faktöre ait skor değerleri sıralamasında en üst sıralarda yer almıştır. Bu sonuçtan hareketle özellikle karar verici mercilerin örnek olarak Kızılırmak Havzası için etkili önlemler alması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Zhang vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, Xiangjiang Havzası'ndan elde edilen yerüstü su kalitesi veri setlerini analiz etmek için FA, TBA ve CA içeren çok değişkenli istatistiksel yöntemler uygulanmıştır. İncelenen veri seti 34 farklı örnekleme dönemi için 12 su kalite parametresinin 7 yıl (1994-2000) süre ile izlenmesi ile üretilmiştir. Hiyerarşik kümeleme analizi, 34 örnekleme alanını, daha az kirli (LP), orta kirli (MP) ve yüksek derecede kirli (HP) alanlar olmak üzere üç kümede gruplandırmış ve su kalitesi özelliklerinin benzerliğine dayanarak, su havzası üç bölgeye ayrılmıştır. Kümeleme analizinden elde edilen üç farklı grubun veri setlerini analiz etmek için

uygulan FA/TBA yöntemi LP, MP ve HP alanlarını, su kalitesi veri setlerindeki toplam varyansın sırasıyla %71,62, %71,77 ve %72,01'ini oluşturan dört faktör ile tanımlamıştır. Faktör analizinden elde edilen temel bileşenler, su kalitesi değişim parametrelerinin esas olarak çözünmüş ağır metallerle ilgili olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, bu yöntemlerin, su kaynakları yöneticilerinin su kalitesi sorunlarının karmaşık doğasını anlamalarına ve su kalitesini iyileştirme önceliklerini belirlemelerine yardımcı olduğu görülmektedir.

Aksoy vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, sıcaklık, yağış, günlük güneşlenme şiddeti, rüzgâr gibi meteorolojik değişkenler ile su kalitesi parametrelerinin arasındaki ilişkiler Mogan Gölü için incelenmiştir. Çözünmüş oksijen, pH, toplam azot, toplam fosfor ve diğer su kalitesi parametreleri dikkate alınmıştır. Çalışmada 2007-2008 periyoduna ait veriler kullanılmıştır. Su kalite parametrelerinin birbiriyle ve de meteorolojik değişkenlerle olan ilişkileri korelasyon analizi ve TBA ile incelenmiştir. Sonuçlar, meteorolojik koşulların Mogan Gölü'ndeki su kalitesini etkilediğine işaret etmiştir.

Bhuiyan vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, çok değişkenli istatistiksel teknikler kullanılarak Bangladeş'in merkezindeki yerüstü su kalitesini etkileyen doğal ve antropojenik süreçler ele alınmıştır. Araştırma, Toplam Askıda Katı Maddeler (TAKM), Toplam Çözünmüş Katılar (TÇK), bulanıklık, EC, Çözünmüş Oksijen (ÇO), Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} ve mikrobiyal yüklerin Bangladeş standartlarından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Kümeleme analizi, 10 örnekleme alanının tümünü, alanların farklı fizikokimyasal özelliklerini ve kirlilik seviyelerini yansıtan istatistiksel olarak anlamlı 3 kümede gruplandırmıştır. Kümeleme analizi, TAKM, EC, bulanıklık, sıcaklık, KOİ, PO_4^{3-} , SO_4^{2-} ve Fekal Koliform (FC) için ortak kaynakları (endüstriyel, tarım ve kentsel kanalizasyon) öne sürmektedir. TBA/FA, veri yapısından sorumlu olan 5 baskın faktörü tanımlamış ve veri kümesindeki toplam varyansın %88,3'ünü açıklamıştır. Su kalitesi parametrelerinin çoklu antropojenik (endüstriyel, tarımsal, kentsel kanalizasyon) ve doğal kaynakları (toprak erozyonu, su sümbülleri ve yabani otlar) TBA tarafından tanımlanmıştır. Bu çalışmanın, Turag Nehri sistemindeki ileri çalışmalar için temel bir veri olarak hizmet edeceğine ve karar vericileri, havzadaki yerüstü su kalitesinin etkin kirlilik yönetimi için uygun örnekleme tasarımı ve analitik protokoller hakkında bilgilendireceğine inanılmaktadır.

Bhatrai vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışma, 2010-2013 yılları arasında 8 farklı istasyonda çoklu fizikokimyasal parametrelerle izlenen Doam Gölü Havzası'nın su kalitesi verilerine dayanmaktadır. Veri seti, yağışsız ve yağışlı olmak üzere iki alt veri setine ayrılmıştır. Su kalitesi parametrelerinin mevsimsel korelasyonlarını değerlendirmek ve akarsuda su kalitesini etkileyen en önemli parametreleri belirlemek için TBA ve FA uygulanmıştır. TBA teknikleriyle tanımlanan ilk beş temel bileşen, her iki veri seti için toplam varyansın %80'inden fazlasını açıklamaktadır. TBA ve FA sonuçları, yağışsız koşullar altında toplam azot, nitrat azotu, toplam fosfor ve çözünmüş inorganik fosforun en önemli parametreler olduğunu göstermiştir. Bu, akarsulardaki organik ve inorganik kirletici yüklerin noktasal kaynaklardan (evsel deşarjlar) ve noktasal olmayan kirlilik kaynaklarından (tarım, orman) yapılan deşarjlarla ilgili olabileceğini göstermiştir. Yağışlı dönemde bulanıklık, askıda katı madde, nitrat azotu ve çözünmüş inorganik fosfor en önemli kirletici parametreler olarak belirlenmiş olup toprak erozyonu ve yağışa bağlı olarak kirliliğin arttığı saptanmıştır.

Zheng vd. (2016) İkinci Songhua Nehri'nin yerüstü su kalitesini değerlendirmek ve yorumlamak için CA, diskriminant analizi (DA), TBA ve FA gibi çok değişkenli istatistiksel teknikler uygulamışlardır. Veri setleri, iki yıl boyunca (2012-2013) 15 farklı bölgede 10 fizikokimyasal parametrenin izlenmesi ile elde edilmiştir. Sonuçlar, fizikokimyasal parametrelerin çoğunun numune alma bölgeleri arasında önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. Kümeleme analizi, nehirdeki istasyonları kirlilik derecesine göre az, orta ve çok kirli olarak üç ana grupta toplamıştır. DA ile nehirdeki kirlilik açısından en önemli parametrelerin pH, florür, ÇO, amonyum, KOİ ve uçucu fenoller olduğu belirlenmiştir. Ancak DA yöntemi önemli bir veri azalması (%40 azalma) sağlamamıştır. TBA/FA, az kirli, orta kirli ve çok kirli bölgelerde su kalitesi veri setlerindeki toplam varyansın sırasıyla %70, %62 ve %71'ini açıklamıştır.

Kılıç (2017) tarafından yapılan çalışmada Devlet Su İşlerinin 2004-2014 yılları arasında Asi Nehri'nde yürüttüğü izleme çalışmalarının sonuçları kullanılarak Asi Nehri'nin su kalitesindeki mekânsal ve zamansal değişimlerini ve değişimlere neden olan temel etmenlerin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Asi Nehri boyunca 5 farklı istasyonda mevsimlik olarak izlenen BOİ₅, KOİ, ÇO, nitrit, nitrat, amonyum, ortofosfat, SO₄²⁻, EC, AKM, toplam çözünmüş katılar, sıcaklık, Na⁺, Mg⁺² ve Ca⁺² parametrelerine ait sonuçlar CA, DA ve FA/TBA kullanılarak değerlendirilmiştir. Kümeleme analizi sonucunda istasyonlar, su kalitesindeki benzerliklere göre az kirli alan ve kirli alan olmak üzere iki ayrı kümeye ayrılmışlardır. CA tarafından yapılan dönemsel gruplandırmada ise kurak ve yağışlı sezonlar iki ayrı dönem olarak belirlenmiştir. DA sonucunda mekânsal değişimde etkili olan parametreler %92,2 doğruluk oranı ile Na⁺, Mg⁺², Ca⁺², Qanlık, BOİ₅, NH₄ ve AKM olarak; dönemsel değişimde etkili olan parametreler ise %90,2 doğruluk oranı ile SO₄²⁻, ÇO ve sıcaklık olarak belirlenmiştir. FA/TBA sonucunda nehirdeki temel kirlilik kaynakları mineral, besin, tarımsal ve organik kökenli kirlilik olarak belirlenmiştir. Kirliliğe sebep olan temel etmenler erozyon, tarımsal faaliyetler, evsel ve endüstriyel deşarjlar olarak tanımlanmıştır. Ek olarak, bölgede yayılı kirliliğin daha etkin olduğu gözlemlenmiş olup şehir merkezlerine yaklaştıkça antropojenik aktivitelere bağlı kirliliğin arttığı ifade edilmiştir.

Tokatlı (2020) tarafından yapılan çalışmada bazı istatistiksel teknikler kullanılarak, Ergene Nehir Havzası'nın su kalitesinin değerlendirilmesi ve Ergene Nehri'nin, Meriç Nehri üzerindeki baskısının ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, havzada belirlenen toplam 21 istasyondan su numuneleri toplanmıştır. Su numunelerinde sıcaklık, ÇO, oksijen doygunluğu, pH, EC, TÇKM, tuzluluk, bulanıklık, nitrat, nitrit, fosfat, sülfat, florür, KOİ ve BOİ₅ parametreleri için ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, FA, CA ve Pearson Korelasyon İndeksi (PCI) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından bildirilen limit değerler ile karşılaştırılmıştır. FA sonuçlarına göre, üç faktör toplam varyansın %87'sini açıklamıştır. CA sonuçlarına göre, istatistiksel olarak anlamlı üç küme tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre, Ergene Nehri'nin yüksek miktarda kirliliğe maruz kaldığı ve genel olarak 3. ve 4. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Çorlu Çayı'nın birçok parametre açısından 4. sınıf su kalitesine sahip olduğu ve havza için çok büyük risk teşkil ettiği belirlenmiştir.

Kar ve Leblebici (2020) tarafından yapılan çalışmanın amacı, Kayseri Yamula Baraj Gölü'nün su kalite parametrelerinde meydana gelen değişimleri CA ve TBA vb. çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanarak belirlemektir. Çalışmada kullanılan veriler,

Devlet Su İşleri (DSİ) Ankara İşletme ve Bakım Daire Başkanlığı tarafından, Eylül 2008 ile Nisan 2009 tarihleri arasında Yamula Baraj Gölü'nden belirlenen beş ayrı noktadan mevsimsel olarak 125 adet örnekleme yapılarak elde edilmiştir. Çalışma alanındaki su kalitesini belirlemek için 16 parametre (pH, EC, amonyak azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$), toplam fosfor (TP), Sülfat (SO_4), klorür (Cl), bikarbonat (HCO_3), toplam sertlik (TH), magnezyum (Mg), organik madde (pV), Sodyum (Na), potasyum (K), ortofosfat (PO_4^{3-}) ve kalsiyum (Ca)) seçilmiştir. Kümeleme analizine göre, kirlilik oranına bağlı olarak iki ana küme bulunmuştur. TBA farklı faktörler ile toplam varyansın %100'ünü açıklamaktadır. Bu çalışmada, Yamula Baraj Gölü'nün su kalitesini değerlendirmek için en önemli parametrelerin amonyak azotu, nitrit azotu, sülfat, klorür, sodyum, ortofosfat, potasyum, pH, organik madde, toplam fosfor ve nitrat azotu olduğu belirlenmiştir.

Grzywna (2020) tarafından yapılan çalışmanın amacı, Bystrzyca Nehir Havzası'nda gerçekleştirilen yerüstü su kalitesi izleme çalışmalarının sonuçlarını analiz etmektir. Çalışmada dört mevsimde dört yıl boyunca yürütülen su kalite izleme sonuçları kullanılmıştır. İstatistiksel analizler için FA/TBA, hiyerarşik küme analizi (HCA) ve DA uygulanmıştır. İstatistiksel analizler, mevsimler arasında su kalitesindeki zamansal değişkenliğin belirlenmesine izin vermiştir. En iyi su kalitesi yaz, en kötü ise sonbahar mevsimi için kaydedilmiştir. İstatistiksel analizler, nehir havzasındaki su kalitesinin mekânsal değişkenliğinin net bir şekilde değerlendirmesini sağlamamıştır. Atıksu arıtma tesislerinden ve toprak işlemeden kaynaklanan kirlilik, su kalitesi üzerinde benzer bir etki oluşturmuştur. Su kalitesi, çok yüksek EC, AKM ve $\text{PO}_4\text{-P}$ konsantrasyonları ile karakterize edilmiş olup iyi ekolojik durum standartlarını karşılamamıştır.

Ustaoglu vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin Giresun ilinde yer alan Çömlekçi Deresi, 12 aylık çalışma boyunca üç farklı istasyondan aylık su numuneleri için 21 farklı fizikokimyasal parametre ile izlenmiştir. Öncelikle su kalitesi verilerinin ortalama ve standart sapma değerleri belirlenmiş ve sonuçlar detaylı olarak paylaşılmıştır. Derenin su kalitesini değerlendirmek için Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün içme suyu kalite standartları, su kalite indeksi (Water Quality Index-WQI) ve Türkiye'ye ait olan YSKY kullanılmıştır. Tek Yönlü ANOVA, TBA, CA, PCI vb. istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak akarsu kirliliğinin kaynakları ve parametreler arasındaki ilişki, mekânsal ve zamansal varyasyonlar ve benzerlikler için incelenmiştir. Her ikisi de YSKY'ye göre sınıf III olarak sınıflandırılan TP ve klorür hariç, izlenen tüm su kalite parametreleri önerilen eşik sınır değerlerinin altında kalmıştır. Çömlekçi Deresi'nin WQI değerleri 33,52 ile 43,3 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 38,46 olarak bulunmuştur. WQI değerlerine göre akarsuyun su kalitesi tüm aylar ve istasyonlar için "iyi su" olarak sınıflandırılmıştır.

2.2. Yapay Sinir Ağları-SOM Çalışmaları

Ahmadmoazzam vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, Karun Nehri'nin su kalitesi, EC, TÇK, bulanıklık, ÇO, TA, sıcaklık, BOI_5 , katı maddeler, KOI , nitrit, nitrat, amonyum, PO_3^{4-} , *Escherichia coli* (E-coli) ve toplam koliform gibi 15 tipik su kalitesi parametresine ait izleme verileriyle incelenmiştir. Su kalitesi izleme verileri, varyasyon paternine dayalı olarak Self-Organizing Map (SOM) ile 2013 ve 2018 yılları arasındaki 6 yıllık bir süre için kategorize edilmiştir. Bu süre boyunca 10 izleme istasyonundan elde edilen su kalitesi verileri için benzer değişim eğilimlerinin yayılması amacı ile çok sayıda

verinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesinde etkili bir yöntem olarak SOM kullanılmıştır. Daha sonra veriler, Karun Nehri'nin su kalitesinin mekânsal-mevsimsel modelinin belirlenmesi ve Karun Nehri Havzası boyunca su kirliliği kaynaklarının ayrımı için k-ortalamar hiyerarşik olmayan algoritma kullanılarak kümelendirilmiştir. Sonuçlar, Karun Nehri Havzası çevresindeki farklı kirlilik unsurlarından kaynaklanabilecek bazı su kalitesi parametrelerinin farklı varyasyon modellerini göstermiştir. K-ortalamarla veri kümeleme yöntemi, toplanan verileri 5 farklı gruba belirlemiştir. Mekânsal-mevsimsel değerlendirme ile 6 yıllık süre boyunca Karun Nehri'ndeki kritik istasyonlar belirlenmiştir. Uygulanan metodoloji, SOM ve k-ortalamar algoritmalarının entegrasyonunu göstermiş ve su kalitesi parametrelerinin benzerlikleri ve kritik konumlardaki su kalitesi koşullarının analizi hakkında fikir vermiştir. Bu nedenle, uygulanan yöntemler, çevre yönetiminde etkin karar vermek için araç olarak kullanılabilir.

Orak vd. (2020), Ergene Nehri'nde yüzey suyu kalitesini değerlendirmek için kendi kendini düzenleyen haritalar (SOM'lar) ve bulanık C-ortalama kümeleme (FCM) yöntemlerini kullanmıştır. Nehirde yer alan 7 gözlem noktasında su kalitesi durumunu değerlendirmek için 1985'ten 2013'e kadar olan dönem için yedi su kalite parametresi önemli göstergeler olarak kabul edilmiştir. SOM sonuçlarına göre, Ergene Nehri Çorlu Köprüsü ve Ergene Nehri Uzunköprü mevkileri için su kalite sınıfları diğer istasyonlardan biraz daha iyidir. En kirli istasyonlar Çorlusuyu Çerkezköy Çıkışı ve Ergene Nehri Lüleburgaz'dır. FCM sonuçları, Ergene Nehri su kalitesinin zamanla kötüleştiğini göstermektedir. Her iki yöntemle göre, Ergene Nehri noktasal ve yayılı kirlenici kaynaklardan dolayı çok kirlidir. Bu çalışmada iki yöntemin korelasyonu % 61,2 olarak bulunmuştur.

Abdallaoui vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, klasik sıralama yöntemleriyle elde edilemeyen doğrusal olmayan ilişkileri vurgulayarak bireyleri (ölçüm noktaları) daha iyi ayırt etmek için SOM tipi yapay nöronlardan oluşan bir ağa dayalı bir sınıflandırma yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, bir yapay sinir ağının denetimsiz bir şekilde öğrenilmesini içeren algoritma, gözlemlenen veriler arasındaki benzerlikleri yinelemeli olarak arar ve bunları bir harita çıktısında (Kohonen haritası) temsil etmektedir. Bu çalışmada, Sidi Chahed Barajı (Fas-Meknes bölgesi) üzerinde, 2010-2011 tarım yılının dört mevsiminde 22 istasyondan 88 yüzey sediman numunesi toplanmıştır. Her numune 14 fizikokimyasal parametre ile temsil edilmiş ve SOM haritası giriş katmanı, 88 örneğin normalleştirilmiş değerlerinden oluşmuştur. Elde edilen sonuçlar, jeolojik oluşumların doğası, antropojenik aktivite ve özellikle güçlü bir bitişik tarımsal aktivite ile ilgili olabilecek fizikokimyasal parametrelerin genel olarak mevcut hafif mekânsal ve zamansal sapmasını göstermiştir.

Yotova vd. (2021) nehir havza yönetimini, analitik, mekânsal ve zamansal düzeyde büyük miktarlarda zorunlu izleme verilerinin analizini gerektiren karmaşık bir süreç olarak tanımlamıştır. Bu çalışma, Kanada Çevre Bakanlar Konseyi (CCME) tarafından geliştirilen su kalitesi indeksini (WQI) ve Kohonen'in (SOM) kendi kendini organize eden haritalarını birleştiren yeni bir su kalitesi değerlendirme yaklaşımının uygulanması ile ilgilidir. Çalışma, Bulgaristan'ın Mesta Nehri Havzası'nda yer alan 10 örnekleme istasyonundan toplanan uzun vadeli su kalitesi izleme verileri (2008–2018) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk adımda, her bir örnekleme istasyonunun yıllık su kalitesi kategorilerinin değerlendirmesi, Bulgar mevzuatına göre değiştirilmiş CCME

WQI'nin hesaplanmasıyla tahmin edilmiştir. Bir sonraki adımda, CCME-WQI hesaplaması için kullanılan faktörlerle (kapsam, frekans, genlik) karakterize edilen tüm yıllık su kalitesi kategorileri (n=105) SOM analizine tabi tutulmuştur. SOM hesaplamalarında WQI faktörleri uygulanmasının sonuçları, tüm nehir havzasında WQI modelleriyle benzer yıllık su kalite kategori gruplarını ortaya koymuştur. Elde edilen modeller, farklı yönetim faaliyetleri ile iyileştirilebilecek farklı su kalitesi durumlarını temsil etmektedir. Ek olarak, SOM algoritmasının görselleştirme avantajları, nehir havzasındaki örnekleme istasyonları arasındaki su kalitesi zamansal değişikliklerinin ve benzerliğinin tespit edilmesine olanak sağlamıştır. Böylece, entegre WQI değerlendirmesi ile çok değişkenli SOM yöntemi arasındaki kombinasyon, hassas bir nehir havza suyu kalitesi değerlendirmesinin elde edilmesini mümkün kılmıştır.

2.3. İnceleme Alanına Ait Çalışmalar

Acısu Deresi tez çalışmasında incelenen çalışma bölgesidir. Bu nedenle Acısu Deresi'nde daha önceden tamamlanmış olan çalışmalar da incelenmiştir.

Fural (2018) tarafından yapılan çalışmada, Acısu Çayı'nın drenaj özellikleri, 1:25.000 ölçekli topografik haritaların Arc Map 10.5 yazılımıyla sayısallaştırılması sonrası morfometrik yöntemler kullanılarak analiz edilmiş ve akarsuyun günümüzdeki jeomorfometrik özelliklerini kazanmasına neden olan coğrafi faktörler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda dantritik ve bozuk drenaj ağına sahip ve 5 evre çatallanma gösteren Acısu Çayı'nın drenaj yoğunluğu 1,13 ve drenaj sıklığı 0,88 olarak tespit edilmiştir. İnceleme alanındaki arazi çalışmaları ve harita analizlerinden elde edilen bulgulara göre Acısu Çayı'nın boyuna profili ve diğer morfometrik indis değerleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede, akarsuyun denge profilinden uzak genç bir yapıda olduğu, aşındırma ve biriktirme faaliyetleri ile havzasını jeomorfolojik olarak biçimlendirmeye devam ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

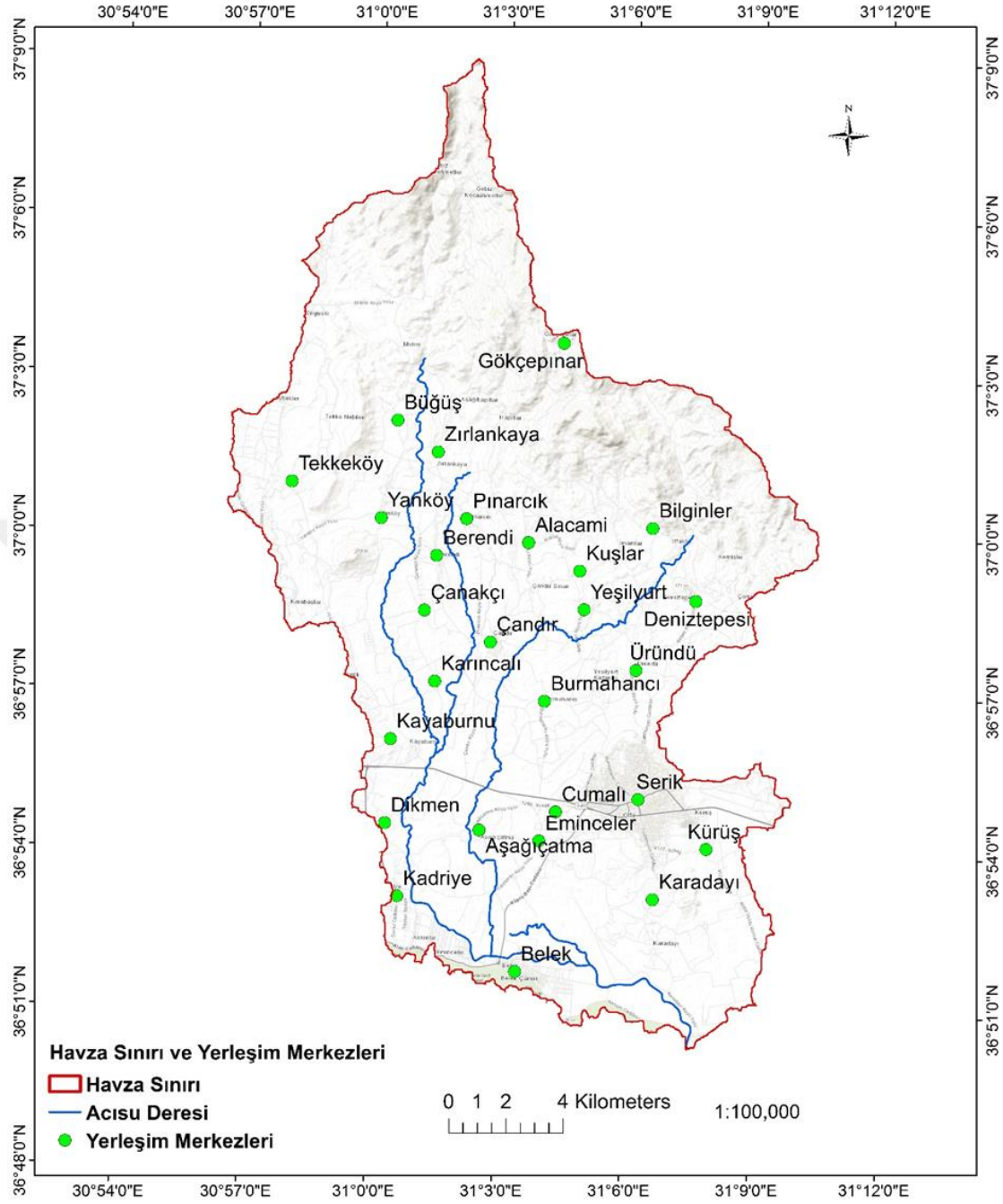
Özçelik (2017) tarafından yapılan çalışmada ise Acısu Deresi ile Akdeniz sahili arasında kalan kara parçasının kıyı kullanımı araştırılmış ve kıyı kenar çizgisinin özel konumu ortaya konmuştur. Bu çalışma kapsamında arazi gözlemleri de yapılmıştır. Gerçekleştirilen ofis çalışmalarında; birçok parametre göz önüne alınarak (litolojik incelemeler, topoğrafya haritaları, Google Earth görüntülerinin değerlendirilmesi vb.) kıyı kenar çizgisinin konumu araştırılmıştır. Acısu Deresi ve etrafında bulunan sahilin yataya yakın eğimde olduğu sonucuna varılmıştır.

Son olarak, Kaman vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada Acısu Deresi boyunca denizden iç kısımlara doğru olası deniz suyu girişiminin irdelenmesi; elektriksel iletkenlik (EC), pH ve nitratın (NO_3) denizden uzaklaştıkça değişkenliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 2010 yılı Haziran ayında, Acısu Deresinin denize mansaplandığı noktadan membaya doğru ortalama 200 m aralıklarla 10 km'lik bir akarsu kesitinde örnekleme yapılmıştır. Su örnekleri; dere ekseninden ve su yüzünden itibaren yaklaşık 50 cm derinlikten ve 48 noktadan alınmıştır. Alınan su örneklerinde EC, pH ve NO_3 analizleri yapılmıştır. Acısu Deresi'nin mansaptan membaya doğru 10 km'lik kesimi için ortalama EC değeri 4,70 dS/m bulunmuştur. Minimum ve maksimum tuzluluk değerleri sırasıyla 1,18 ve 9,37 dS/m olarak belirlenmiştir. Ortalama pH değeri 7,98 olup, 7,89 – 8,09 değerleri arasında bir değişim göstermiştir. Benzer şekilde, minimum ve maksimum NO_3 değerleri 2,20 – 9,24 mg/L arasında olup ortalama değer 3,01 mg/L

hesaplanmıştır. Dere eksenini boyunca, mansaptan membaya doğru gidildikçe EC değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Acısu Deresi'nin Akdeniz'e döküldüğü noktada tuzluluk 44,20 dS/m iken, denizden yaklaşık 6,5 km'lik mesafeden sonra tuzluluğun 3 dS/m'den daha küçük değerler aldığı saptanmıştır. Dereye atıkların karıştığı noktalarda NO_3 konsantrasyonlarında artışlar gözlenmiştir. Elde edilen bulgular, Acısu Deresi aracılığıyla denizden içeri doğru önemli oranda tuzlu su girişinin varlığını ortaya koymaktadır.

Literatür incelemesinde de görüldüğü üzere özellikle son yıllarda SOM yönteminin uygulanması ile zamansal ve mekânsal veri analizi açısından daha nitelikli ve görsel değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu sebeple, tez çalışmasında çok değişkenli istatistiksel yöntemler içinde yer alan hiyerarşik kümeleme ve TBA yöntemlerine ek olarak SOM yöntemi de uygulanmaktadır.





Şekil 3.2. Acısu Deresi'nin havza sınırı, nehir ağı ve havza içindeki yerleşim alanları (Muhammetoğlu 2022)

Çizelge 3.1. Acısu Deresi havzasına ait özet bilgiler (Muhammetoğlu 2022)

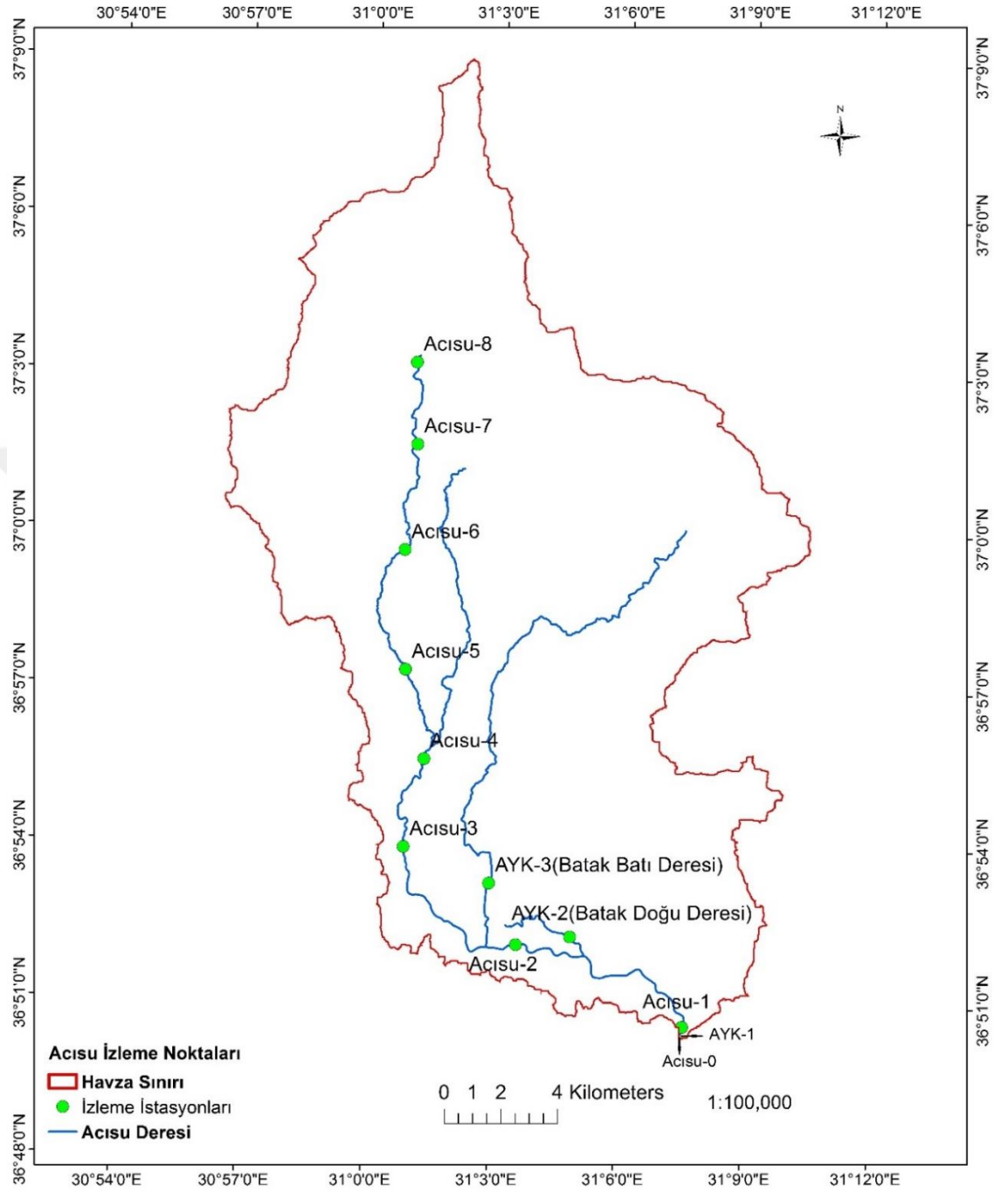
	Acısu Deresi Havzası
Toplam alan	37818 ha
Arazi kullanımı	orman (7891 ha) tarımsal alan (26710 ha) bozuk/açık alan (311 ha) otlak/mera (1278 ha) yerleşim bölgeleri (1628 ha)
İklim	Akdeniz iklimi, yüksek yağış ve buharlaşma oranları etkili
Sıcaklık	2020 yılı ortalaması 19,32 °C 2021 yılı ortalaması 19,60 °C
Yağış	2020 yılı toplamı 819 mm 2021 yılı toplamı 745 mm
Buharlaşma	2021 yılı için Antalya Bölge meteoroloji istasyonundan elde edilen yıllık toplam açık yüzey buharlaşma miktarı 1392,5 mm

3.1.1. Su Kalitesi İzleme Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında, Acısu Deresi'nin memba noktasından denize döküldüğü mansap noktasına kadar yaklaşık 40 km'lik nehir kesiti üzerinde 9 adet izleme istasyonu ve 3 adet yan kol giriş noktasında su kalite izleme çalışmaları aylık olarak 1 yıl boyunca gerçekleştirilmiştir. Acısu Deresi üzerinde seçilen tüm istasyonlara ait bilgiler Çizelge 3.2'de verilmiş ve izleme noktaları Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Acısu Deresi su kalitesi izleme istasyonlarına ait bilgiler

İstasyon No	Açıklama	Enlem	Boylam
Acısu-0 (mansap)	Denize yakın bir konumda	36°50'19" N	31°07'16"E
AYK-1 (Kanal girişi)	Köprü üstü	36°50'18" N	31°07'40"E
Acısu-1	Köprü üstü	36°50'35" N	31°07'35"E
AYK-2 (Batak Doğu Deresi)	Nehir kenarı	36°52'16" N	31°04'53"E
Acısu-2	Köprü üstü	36°52'06" N	31°03'36"E
AYK-3 (Batak Batı Deresi)	Nehir kenarı	36°53'16" N	31°02'56"E
Acısu-3	Köprü üstü	36°53'56" N	31°00'53"E
Acısu-4	Köprü üstü	36°55'37" N	31°01'20"E
Acısu-5	Köprü üstü	36°57'19" N	31°00'51"E
Acısu-6	Köprü üstü	36°59'36" N	31°00'47"E
Acısu-7	Köprü üstü	37°01'37" N	31°01'02"E
Acısu-8 (memba)	Köprü üstü	37°03'11" N	31°00'59"E



Şekil 3.3. Acisu Deresi'nde ölçüm/örnekleme yapılan istasyonlar (Muhammetoğlu 2022)

Acisu Deresi'nde izleme yapılan istasyonlar için izlenen parametreler ve bu parametrelerin izleme sıklığı, parametrelerin ölçüm ve analiz çalışmalarının gerçekleştirildiği kurum/kuruluşa ait bilgiler Çizelge 3.3'te sunulmuştur.

Çizelge 3.3. Acısu Deresi’nde izleme çalışmasına ait özet bilgiler

	Genel fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametreler	Pestisitler	Debi
Gerçekleştiren kurum/kuruluş	Proje ekibi	Özel bir akredite laboratuvar	DSİ 13. Bölge Müdürlüğü ekibi
İzleme sıklığı	Aylık	2-3 aylık periyotlarda	Aylık
Acısu-0 (mansap)	✓		
AYK-1	✓		
Acısu-1	✓	✓	✓
AYK-2	✓		✓
Acısu-2	✓	✓	
AYK-3	✓		✓
Acısu-3	✓	✓	✓
Acısu-4	✓		
Acısu-5	✓		
Acısu-6	✓	✓	✓
Acısu-7	✓		
Acısu-8 (memba)	✓		

Acısu Deresi’nin su kalitesinin izlenmesinde kullanılan genel fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin analizleri bir yıl boyunca aylık olarak, ağır metal analizleri ise yılda sadece bir kez yapılmıştır. Ayrıca seçilen istasyonlar için debi ölçümleri Antalya’da DSİ 13. Bölge Müdürlüğü saha ekipleri tarafından bir yıl boyunca aylık olarak gerçekleştirilmiştir.

Su kalitesi izleme çalışmalarında Acısu Deresi’nde yer alan bazı istasyonlarda akış olmaması (durgun su hali) veya kuru olması gibi nedenlerden dolayı o dönem için numune alınamamıştır. Dolayısıyla tüm izleme noktalarında ölçüm ve örneklemenin yapıldığı beşinci su kalitesi izleme çalışması, Acısu Deresi için 4 Şubat 2021 tarihinde gerçekleştirilmiş olup tüm izleme noktalarına ait görseller Şekiller 3.4-3.9’da sunulmuştur.



Şekil 3.4. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-8; b) Acısu-7 izleme noktaları



Şekil 3.5. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-6; b) Acısu-5 izleme noktaları



Şekil 3.6. 3 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-4; b) Acısu-3 izleme noktaları



Şekil 3.7. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-2; b) Acısu-1 izleme noktaları



Şekil 3.8. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-0; b) Acısu-YK 3 izleme noktaları



Şekil 3.9. 4 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-YK 2; b) Acısu-YK 1 izleme noktaları

3.1.2. Numune Alımı ve Korunması

Su numuneleri fizikokimyasal parametreler için izleme istasyonlarından, tüm dere yatağı genişliğini kapsayacak şekilde ve 3 farklı derinlikte (yüzey, orta ve dip) yaklaşık 10 L hacimde manuel olarak toplanmıştır. Kompozit su numunelerinin saklanması 2,5 L hacme sahip polipropilen örnek kapları kullanılmış ve sahada soğutmalı taşıma çantasına konulmuştur. Bakteriyolojik analizler için su numuneleri önceden sterilize edilmiş 100 ml hacme sahip amber renkli cam şişeler kullanılarak dere yatağının orta kısmında doğrudan suya daldırılarak toplanmıştır. Bazı izleme noktalarında suya doğrudan erişim sağlanamadığı için numuneler örnekleme cihazı ile alınmış ve steril şişelere doldurulmuştur. Su numunelerinden alınan 2 ml hacimdeki su numunesi konsantre hidroklorik asit ile pH=2 koşulunda saklamaya alınmıştır. Acısu Deresi su kalite izleme çalışmaları sabah erken saatlerde başlayıp aynı gün içinde gerçekleştirilmiştir. Toplanan su numuneleri, analizleri gerçekleştirmek üzere Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü Kepez Birimi laboratuvarına taşınmıştır. Su numunesi alımı ve taşınması ulusal ve uluslararası standart (ISO 5667-6 (1990); ISO 5667-2 (1991); ISO 5667-3 (1994)) ve tebliğlere uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

3.1.2.1. Örnekleme ve analiz

Sıcaklık, pH, EC, ÇO konsantrasyonu ve doygunluk yüzdesi parametreleri, izleme çalışması öncesinde standart çözeltileri ile kalibre edilen YSI EXO2 model multiparametrik ölçüm sondası kullanılarak sahada yerinde ölçülmüştür. Diğer parametrelerin analizleri (ağır metaller hariç) Antalya’da yer alan Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü Kepez Birimi’nde gerçekleştirilmiştir. Renk parametresi, gerçek renk olarak 436, 525 ve 620 nm dalga boylarında UV/Vis spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür (ISO 7887, 2011). Su numuneleri önceden sabit tartımları yapılmış olan cam fiber filtre kağıtlarından süzölmüş ve 103-105 °C aralığındaki etüvde kurutulmuş ve 4 saat sonunda son tartımları yapılarak AKM analizi tamamlanmıştır. KOİ ve BOİ₅ analizleri için standart metotlar uygulanmıştır (APHA 1998).

Su numunelerindeki anyon (florür, klorür, NO₂⁻, bromür, sülfat, nitrat ve fosfat) ve katyon (Na, NH₄⁺, potasyum) grupları Thermo Scientific Dionex ICS-3000 Reagent-Free İyon Kromatografi (IC) sistemi ile analiz edilmiştir. Bu cihazın Dionex IonPac AS18 anyon değişim, Dionex IonPac CS12A katyon değişim kolonları, Dionex CSRS 300 katyon supresör ve 300 anyon supresörü olan iletkenlik dedektörü bulunmaktadır (Basumallick ve Rohrer, 2019). Toplam organik karbon (TOK) ve toplam azot (TN) parametreleri eş zamanlı olarak dört kanallı NDIR ve CLD dedektörü olan HACH IL550 TOC/TN cihazı ile yüksek sıcaklıkta katalitik yakma yöntemi ve cihaz kullanım yönergelerine göre analiz edilmiştir. TP, askorbik asit metodu ve persülfat parçalaması uygulanarak spektrofotometrik olarak tayin edilmektedir (APHA 1998).

Su numuneleri steril membran filtrelerden geçirildikten sonra uygun besi yer içeren petri kutularına yerleştirilerek inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılarak bakteriyolojik parametrelerin analizleri tamamlanmıştır. Bakteriyolojik parametrelerin analizlerinde kullanılan besi yeri türü, inkübasyon süreleri,

sıcaklıkları ve son olarak sayımda dikkate alınan kolonilerin renkleri Çizelge 3.4'te özetlenmiştir.

Çizelge 3.4. Bakteriyolojik parametrelerin analizine ait özet bilgiler (APHA 1998; Myers ve Sylvester 1997).

Parametre	Besiyeri türü	İnkübasyon sıcaklığı	İnkübasyon süresi	Koloni Rengi
Toplam Koliform	m-Endo besi yeri	35,0±0,5 °C	24±2 saat	altın yeşil metalik parlaklık veren kırmızı koloniler
Escherichia coli (E.Coli)	toplam koliform inkübasyonundan sonra NA-MUG besi yeri	35,0±0,5 °C sıcaklık	4 saatlik ek inkübasyon	uzun dalga UV ışık altında mavi parlaklık veren ve merkezi koyu renkli koloniler
Fekal Koliform	m-FC besi yeri	44,5±0,2 °C	24±2 saat	altın mavi renkli koloniler
Fekal Streptokok	KF streptokok besi yeri	35,0±0,5 °C	46±2 saat	koyu kırmızı koloniler

3.2. İstatistiksel Yöntemler

Su kalitesinin hesaplanması için matematiksel modelleme, istatistiksel teknikler ve yumuşak hesaplama yöntemleri gibi çeşitli yöntemler uygulanmaktadır.

Kümeleme analizi (CA) ve Temel Bileşen Analizi (TBA) gibi çok değişkenli istatistiksel tekniklerin uygulanması, incelenen su kalitesi ve ekolojik durumun daha anlaşılabilir olması için karmaşık veri setlerinin yorumlanmasına yardımcı olmaktadır. Su kalitesini etkileyen faktörlerin/kaynakların tanımlanmasına izin vermekle birlikte su kaynaklarının güvenilir yönetimi ve kirlilik sorunlarına hızlı çözüm için bir araç olarak görülebilmektedir. Mevsimselliğe bağlı doğal ve antropojenik faktörlerin sebep olduğu zamansal ve mekânsal değişimlerin izlenmesinde ve doğrulanmasında faydalı olduklarından, yerüstü ve tatlı su kalitesini karakterize etmek ve değerlendirmek için çok değişkenli istatistiksel teknikler uygulanmaktadır (Varol, 2008).

Ek olarak, son yıllarda; deterministik modellerin sınırlamalarını ele almak için çeşitli yumuşak hesaplama yöntemlerinin benimsenmesi vurgulanmaktadır. Kendi kendini düzenleyen haritalar (SOM'lar) su kalitesi modellemesine uygulanan en yaygın kullanılan yumuşak hesaplama yöntemlerindendir (Orak, 2020).

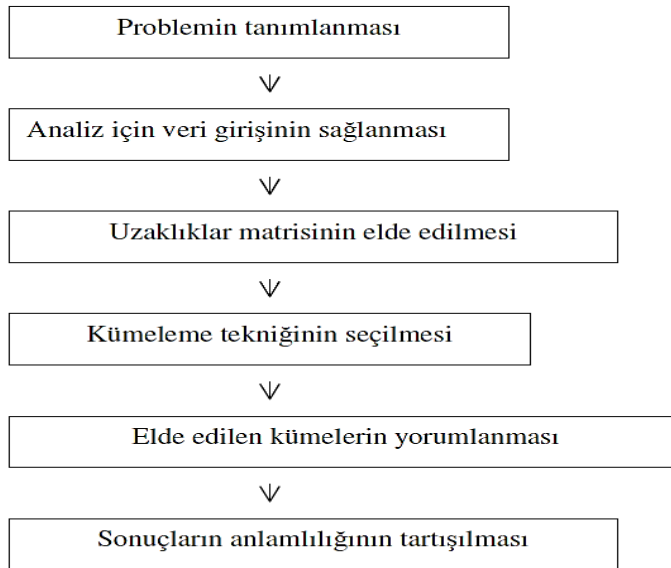
3.2.1. Kümeleme Analizi

Çok değişkenli istatistiksel tekniklerden birisi olan Kümeleme Analizi, grup sayısı bilinmeyen ve gruplandırılmamış verilerin benzerliklerine göre sınıflandırılması ve veriler hakkında özet bilgiler elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Bilgin ve Konanç 2016).

Kümeleme analizi, araştırmacıların incelenen her bir veri seti içerisinde benzer (homojen) veri gruplarını belirlemesine olanak sağlayan, sınıflandırma konusunda yetersiz bilgi bulunan veri toplulukları hakkında tahminlerde bulunmak için kullanılan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Kendi içinde benzer nitelikte ancak diğer gruplardan farklı kümelere ayıran bir analiz tekniğidir (Koltan Yılmaz, 2011).

Kümeleme analizi, temel amacı nesneleri (birimleri) özelliklerine göre gruplandırmak olan bir grup çok değişkenli tekniktir. Kümeleme analizi, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin farklılığına veya baskınlığına bakmaksızın tüm karşılıklı ilişkileri inceler. Kümeleme analizi, değişkenler arasındaki benzerlikler ve farklılıklar temelinde hesaplanan kriterlere dayalı olarak nispeten homojen gruplara ayırır. Aynı grup içindeki nesneler; değişkenler açısından görece birbirlerine benzer olsalar da diğer gruptaki nesneler ile farklılık gösterirler (Yorulmaz, 2013).

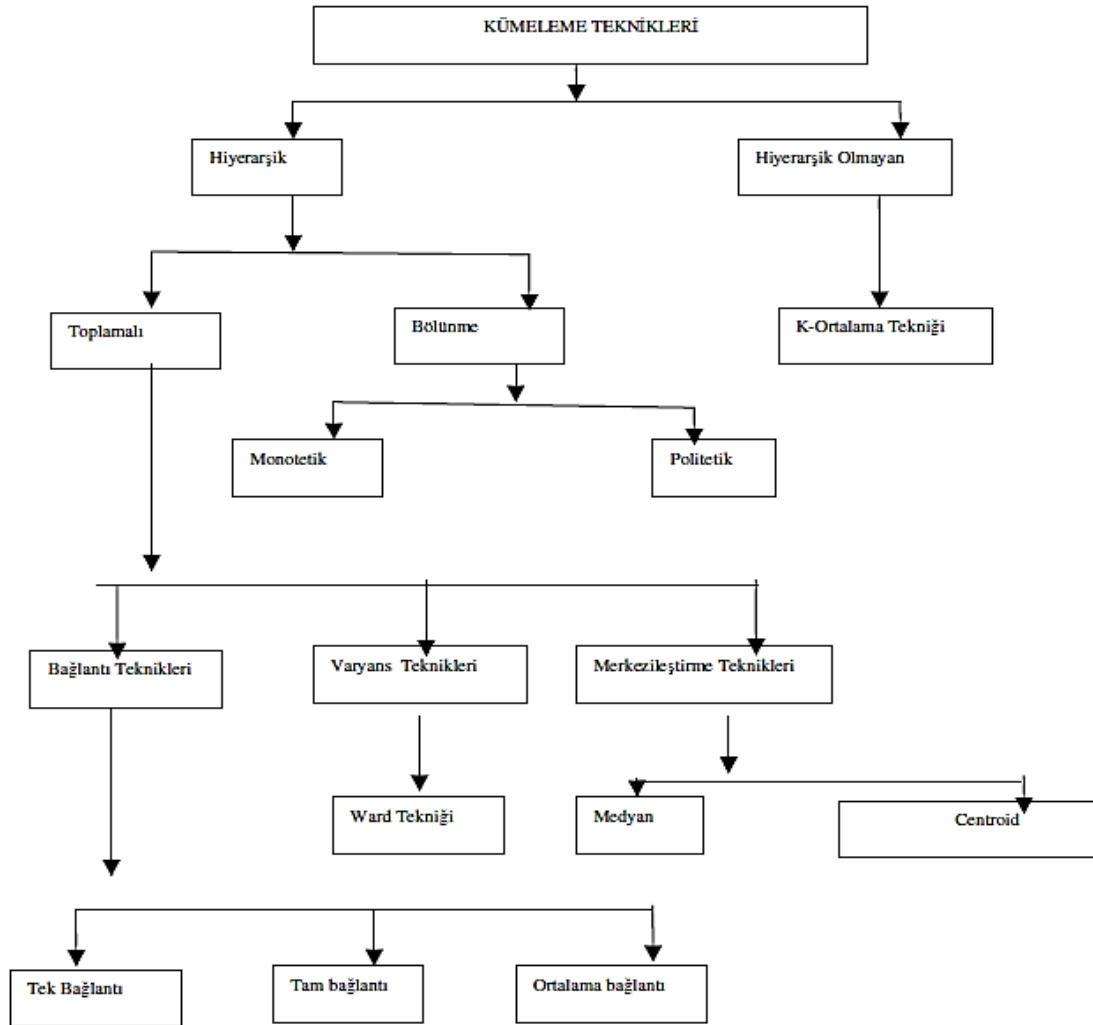
Kümeleme Analizi; genel olarak üç aşamadan oluşan bir çözüm sürecidir. İlk aşamada veri matrisi hazırlanır (veri girişi). Buna göre ilk olarak veriler, kümelemeye uygun biçimde girilir ve uzaklıklar matrisi elde edilir. Uygun bir kümeleme yöntemi seçilir ve uygulanır. Bu tekniğin uygulanması sonucunda nesneler kümelere ayrılır. Kümeleme sonuçlarının anlamlılığının yorumlandığı aşama, analizin son aşamasıdır (Akın 2008). Şekil 3.10, işlem sırasına göre kümeleme analizinin aşamaları detaylı olarak göstermektedir.



Şekil 3.10. Kümeleme Analizi İşlem Sırası (Akın 2008)

Kümeleme teknikleri; nesnelerin veya değişkenlerin uzaklık matrisinin kullanılarak kendi aralarındaki homojen ve heterojen gruplar oluşturmasını sağlamaktadır. Kümeleme analizi için birçok algoritma önerilmektedir. Ancak bu algoritmalar literatürde iki başlık altında toplanmıştır. Bunlardan ilki, dendrogram oluşturan hiyerarşik kümeleme teknikleri, diğeri ise hiyerarşik olmayan kümeleme tekniği olarak adlandırılmaktadır. Her iki tekniğin ortak amacı, kümeler arası farklılıkları ve küme içi benzerlikleri en üst düzeye çıkarmaktır. Küme içi homojenlik arttıkça

kümeler arası homojenlik ise azaltılmaktadır. Kullanılması planlanan teknik küme sayısına bağlıdır, ancak iki tekniği birlikte kullanmak çok daha faydalıdır. Böylece iki tekniğin hangisinin daha iyi sonuç verdiğini belirlemek için her ikisinin sonuçları karşılaştırılabilmektedir. Kümeleme tekniklerinin genel yapısı Şekil 3.11’de verilmiştir (Akın 2008).



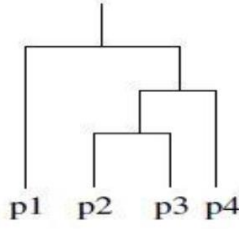
Şekil 3.11. Kümeleme Tekniklerinin Genel Görünümü (Akın 2008)

3.2.1.1. Hiyerarşik Kümeleme Teknikleri

Hiyerarşik kümeleme yöntemleri, birimleri farklı aşamalarda birbirleriyle birleştirerek kümeler belirlemeyi ve bu kümelere girecek olan elemanların hangi uzaklık (veya benzerlik) seviyesinde küme elemanı olduğunu belirleme yöntemidir (Yaz 2014).

Hiyerarşik teknikler, nesneler arasındaki uzaklıkların matrisi ile başlar. Kümeleme işlemi dört adımda gerçekleştirilir. Analiz başlangıcında her nesne ayrı bir küme olarak ele alınır, en yakın iki küme birleştirilir ve birleştirilme işlemi tekrar tekrar yapılır (Akın 2008).

Hiyerarşik kümeleme yöntemleri için en etkili görselleştirme aracı dendrogramdır. Yunancada dendrogramma (dendron “ağaç”, -grama “çizim”) kelimelerinden gelir ve ağaç çizimi anlamına gelir (Akpınar 2017). Bir dendrogramın yapısı kökler, iç düğümler ve yapraklardan oluşur. Dendrogram kökü tüm birimlerin bir araya gelmesiyle oluşan bir ana küme içerir. Öte yanda, dendrogramın yaprakları birbirine bağlı olmayan tekil birimlerin kümelerini içerir. Dendrogram içindeki düğümler, bir araya gelen birimlerin kümelerini gösterir (Yorulmaz 2013). Şekil 3.12’de örnek bir dendrogram görülmektedir.



Şekil 3.12. Örnek bir dendrogram (Yaz 2014)

Hiyerarşik kümeleme teknikleri, toplamalı ve bölünme teknikleri olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Aşağıda toplamalı tekniklerin kısaca açıklamaları verilmektedir.

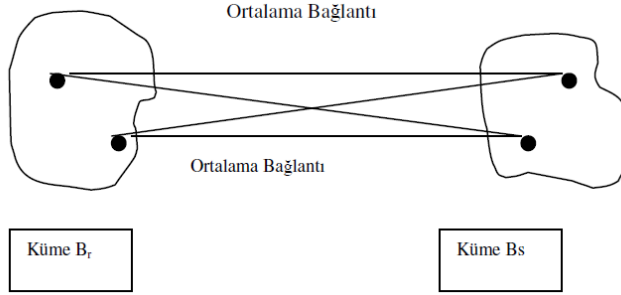
Toplamalı Teknikler: Toplamalı teknikler, benzerlik veya uzaklık matrisinin hesaplayarak başlar. Başlangıçta, her gözlem bir kümeyi ifade etmektedir. Benzerlik veya uzaklık matrisine göre en yakın iki küme birlikte gruplandırılır. Daha sonra küme sayısı bir azaltılarak benzerlik matrisi yeniden oluşturulur ve n birim aşamalı olarak sırasıyla n , $(n-1)$, $(n-2)$...3,2,1 kümeye yerleştirilir. Bu teknikler içerisinde tek bağlantı tekniği, tam bağlantı tekniği, ortalama bağlantı tekniği, Ward’s tekniği, merkezi bağlantı tekniği ve medyan bağlantı tekniği yer almaktadır.

Tek Bağlantı Kümeleme Yöntemi; en yakın komşular, minimum uzaklığa veya maksimum benzerlik kümeleri oluşturmaya dayanır. İlk olarak birbirine en yakın olan iki küme birleştirilir (Yorulmaz 2013). Şekil 3.13’te örnek bir tek bağlantı tekniği görülebilmektedir.



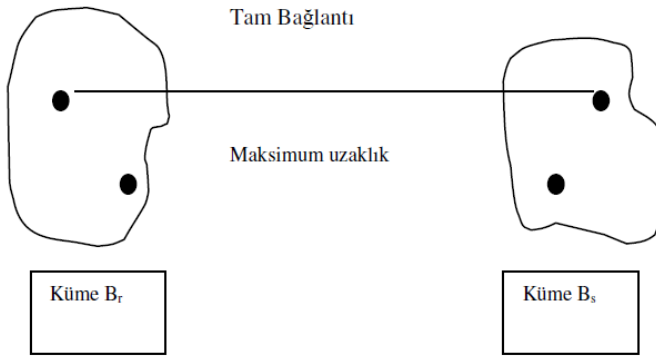
Şekil 3.13. Tek Bağlantı Tekniği (Akın 2008)

Ortalama Bağlantı Kümeleme Yöntemi (ORTBKY); ortalama bağlantı tekniğinde, algoritma bir kümenin ortasına düşen değerle başlar (Yorulmaz 2013). İki grup eğer aralarındaki uzaklık kısa ise birleşmektedir. Ortalama bağlantı tekniğinde iki küme arasındaki fark, bir kümedeki bir çift nesne ile başka bir kümedeki nesne çiftleri arasındaki ortalama fark olarak kabul edilir. Tek bağlantı ve tam bağlantı tekniklerine paralel olarak kümeler arasındaki minimum ortalama uzaklığı temel alır. Şekil 3.14'te örnek bir ortalama bağlantı tekniği görülebilmektedir (Akın 2008).



Şekil 3.14. Ortalama Bağlantı Tekniği (Akın 2008)

Tam Bağlantı Kümeleme Yöntemi (TAMBKY); ‘En Uzak Komşuluk’ tekniği olarak da bilinen tek bağlantı tekniklerine benzer özelliklere sahiptir. İki tekniği birbirinden ayıran en önemli fark, tam bağlantı tekniğinin tek bağlantı tekniğindeki minimum uzaklık yerine iki nesne arasındaki maksimum uzaklığı kullanmasıdır (Yorulmaz 2013). Şekil 3.16’da örnek bir tam bağlantı tekniği görebiliriz.



Şekil 3.15. Tam Bağlantı Tekniği (Akın 2008)

Ward Bağlantı Kümeleme Yöntemi (WBKY); 1963’te Joe Henry Ward, kısmi problemler için yararlı olan genel bir hiyerarşik kümeleme tekniği geliştirmeye çalışmıştır. Bu teknik, minimum varyans metodu olarak da adlandırılmaktadır. Bu yaklaşım, bir kümenin ortasına düşen gözlemin, aynı kümenin için kümenin merkezine olan ortalama gözlem uzaklığını dikkate alır ve toplam sapma karelerini kullanır. Bu yaygın olarak kullanılan hiyerarşik kümeleme tekniğidir. Küme uzaklıklarını belirlenmek

için varyans analizi yaklaşımı kullanılır. İki küme tek bir kümede birleştirildiğinde toplam hata karesi artışı hesaplanır. Ward yöntemi her adımda bu artışı en aza indiren bağlantıları seçerek bir kümeleme işlemi gerçekleştirir (Yorulmaz 2013; Akın 2008).

Merkezi bağlantı yöntemi; kümeyi oluşturan gözlemlerin ortalamasına dayanır. Kümede sadece bir merkez varsa onun değeri merkez olarak kabul edilir. İki küme arasındaki uzaklık, kümelerin merkezleri arasındaki uzaklık olarak alınır (Yorulmaz 2013).

Medyan bağlantı yöntemi; iki küme arasındaki uzaklık, iki küme merkezi arasındaki uzaklığın eşit ağırlıklarla hesaplanmasıyla elde edilir (Yorulmaz 2013).

3.1.1.2. Hiyerarşik Olmayan Kümeleme Teknikleri

Hiyerarşik olmayan kümeleme tekniklerinin, küme sayısı hakkında önceden biliniyorsa veya küme sayısı araştırmacı tarafından belirlenmişse kullanılması gerekmektedir. Bu kümeleme yöntemi, birimlerin rastgele kümelere bölünmesine izin vermektedir. Birimlerin ayrılacakları küme sayısını belirledikten sonra küme karar kriterlerini takip ederek birimlerin hangi kümeye ait olduğunu belirler ve atama işlemleri gerçekleştirilir. Hiyerarşik olmayan birçok teknik, küme merkezlerini k küme sayısı olarak kabul etmektedir. Küme sayısı (k) belirli bir değer olarak verilebilmektedir. Çünkü uzaklık (benzerlik) matrisinin belirlenmiş olması zorunlu değildir. Bu teknikler, hiyerarşik tekniklere göre daha büyük veri setlerine uygulanabilmektedir (Yorulmaz 2013).

Hiyerarşik olmayan kümeleme tekniklerinin bir dezavantajı, küme sayısının önceden belirlenmiş olması ve küme sayısı seçiminin isteğe bağlı olmasıdır. Hiyerarşik olmayan kümeleme teknikleri, hiyerarşik tekniklerden daha hızlıdır. Ayrıca daha fazla sayıda nesne daha anlamlı sonuçlar ortaya koymaktadır. Ancak bütün bu avantaj ve dezavantajlara rağmen her iki tekniğin beraber kullanılması tavsiye edilmektedir (Akın 2008).

Hiyerarşik olmayan kümeleme başlığı altında birçok teknikten bahsedilmektedir. En önemlileri k -ortalama tekniği ve en çok olabilirlik tekniğidir.

K-Ortalama Tekniği, Mac Queen tarafından geliştirilmiştir. K-ortalama tekniği büyük veri setlerine uygulanabilirliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde öncelikle küme sayısı belirlenir. Daha sonra her küme için temsili bir gözlem seçilir ve benzer gözlemler, temsili gözlem etrafında birer birer kümelenir. Burada bazı istatistiksel testler kullanılarak, her bir kümeyi oluşturan gözlemlerin değişkenlere göre ortalaması kontrol edilir. Güvenilirlik en belirgin avantajıdır (Yorulmaz 2013).

En Çok Olabilirlik Tekniği; her gözlem, en yüksek olasılık değerini elde etmek için belirli bir kümeye atanmaktadır. Bu yöntem, kuramsal dayanağı güçlü bir yöntemdir (Yorulmaz 2013).

3.2.1.3. Uzaklık Ölçütleri

Kümeleme analizinin temel amacı, değişken türüne bağlı olarak nesneler arasındaki benzerlikleri veya uzaklıkları tespit etmektir. Benzerlik, iki nesne veya özellik arasındaki ilişkinin gücü olarak açıklanır. Bu nicel değer, alınan verinin ölçeğine veya türüne bağlı olarak çeşitli şekillerde belirlenir. Uzaklık, iki nesne arasındaki farkı, zıtlık veya uyumsuzluğu ölçer. Benzerlik ve uzaklık ölçümleri gözlemlerin birbirinden ayırmayı ve gözlemleri gruplara ayırmayı mümkün kılar (Yaz 2014).

Kümeleme analizinde küme, birbirine yakın nesnelerin oluşturdukları grup olarak tanımlanabilir. Öklid uzaklığı, kümeleme analizinde nesneler arasındaki uzaklıkları hesaplamak için en yaygın kullanılan uzaklık ölçüsüdür. Bu uzaklık ölçüsü dışında uzaklık değerlerinden yararlanılarak birey ya da nesnelerin kümelere dâhil edilmesi işlemini gerçekleştirmede kullanılan diğer uzaklık ölçüleri: Minkowski Uzaklığı, Pearson Uzaklığı, Manhattan (City Blok) Uzaklığı, Mahalanobis Uzaklığı, Hotelling T2 Uzaklığı, Canberra Uzaklığı'dır (Ünlükaplan 2008).

Öklid uzaklığı iki nesne arasındaki benzerliği ölçmek için en yaygın kullanılan uzaklık ölçüsü olup iki nesne arasında çizilmesi gereken düz bir çizginin uzunluğuna dayanır. Öklid uzunluğu, gerçek bir üçgenin hipotenüs uzunluğudur (Yaz 2014).

Öklid uzaklık ölçüsü, değişkenlerin birbirinden bağımsız olduğunu varsayar. Ayrıca, Öklid uzaklık ölçüsünün teorik bir uygulaması için değişkenlerin en azından aralıklı olarak ölçülmesi koşulunun sağlanması gerekir (Akın 2008).

3.2.2. Temel Bileşen Analizi (TBA)

Temel Bileşenler Analizi, varyans-kovaryans ve korelasyon matrisinin analiz edilebilmesi için ilk defa Pearson'ın (1901) bir eliopsidin eksenlerini kullanma fikrini önermesi ile Hottelling (1933) tarafından geliştirilen çok değişkenli analiz yöntemlerindendir. TBA çok sayıda birbiri ile ilişkili değişkenler içeren veri setinin boyutlarını veri içerisinde var olan değişimlerin mümkün olduğunca korunarak daha az boyuta indirgenmesini sağlayan bir dönüşüm tekniğidir (Alkan 2008).

TBA, orijinal p değişkenlerinden oluşan bir veri setini, bu değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan daha az sayıda yeni değişkenlerle temsil etmenin bir yoludur. Yani, aralarında korelasyon bulunan p sayıda değişkenin açıkladığı yapıyı, aralarında korelasyon söz konusu olmayan ve orijinal değişken sayısından daha az sayıda ($k < p$) doğrusal bileşenleri, k tane değişkenle ifade etme yöntemi TBA olarak adlandırılır (Şengöz 2016).

TBA, veri setiyle ifade edilmiş olan bilgiyi farklı bir biçimde açıklamak amacıyla uygulanan bir yöntemdir. TBA bağımlı değişken içermemektedir. TBA sadece veri setini yeniden ifade etmeye yarayan bir teknik değildir, ek olarak bir boyut indirgeme yöntemi olarak bilinir. Çünkü veri setini yeniden ifade etmek genellikle boyut indirgemeye izin vermektedir. TBA, veri sayısını azaltmak, şekilleri sıkıştırmak ve özellikleri çıkarmak için önemli bir tekniktir. TBA, bir veri setinin varyans-kovaryans yapısını açıklamak için bu değişkenlerin doğrusal birleşimlerini kullanarak boyut indirgenme ve yorumlama sağlayan istatistiksel bir yöntemdir (Alkan 2008).

Bu analizin temel amacı, veri setlerinde fazla bilgi kaybı olmaksızın verinin büyük bir kısmını açıklayacak şekilde, daha az sayıdaki birbirinden bağımsız doğrusal bileşenleri olan yeni değişkenlerin belirlenmesidir (Yılmaz 2009).

TBA ile, orijinal değişkenlerden elde edilen olan sonuçlardan fazla bir bilgi kaybetmeden, orijinal değişken sayısından az temel bileşen olması beklenmektedir. Dolayısıyla TBA, az sayıda yapay değişken oluşturan ve bilgi kaybını en aza indirmeye çalışan bir araştırma tekniğidir (Yolcu 2012).

Tarım, sağlık bilimleri, iklim bilimi, meteoroloji gibi birçok bilim dalında oldukça fazla yararlanılan TBA, değişkenler arasındaki bağımlılığı ortadan kaldırmak, boyut indirgemek ve çeşitli ölçütler açısından sıralama oluşturmada kullanılmaktadır. TBA, sıklıkla boyut indirme için kullanılmasının yanı sıra büyük veya karmaşık veri kümelerindeki değişkenler arasındaki ilişkilerin kolay görselleştirilmesini sağlamaktadır (Alkan 2008).

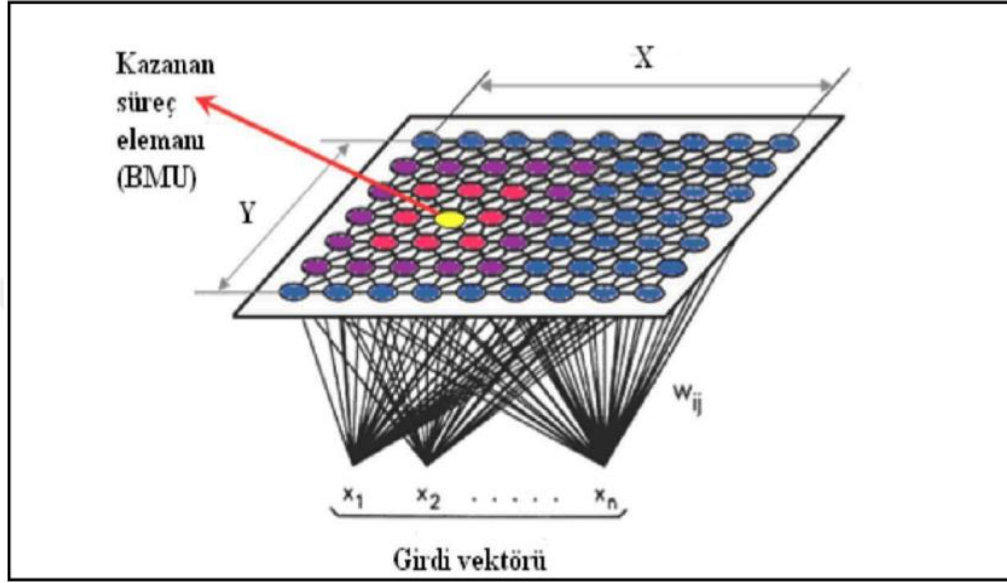
3.2.3. Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar- Kohonen Ağları (SOM)

Yapay sinir ağlarının özel bir türü olan ve ilk olarak 1981 yılında Finlandiya’da Teuvo Kohonen tarafından ortaya konan kendi kendini düzenleyen haritalar (SOM), çok boyutlu veri kümeleri için etkin bir görselleştirme ve kümeleme yöntemidir. SOM, çok boyutlu veri kümesindeki karmaşık ilişkileri, düşük boyutlu topolojik uzayda (genellikle 1 veya 2 boyutlu) basit geometrik ilişkilere dönüştürerek görselleştirir (Kohonen 1995).

Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar metodu, ilk defa 1990 yılında Kohonen tarafından yayınlanan “The Self-Organizing Map” isimli makale ile tanınmıştır. Bu tarihten sonra, başta Kohonen olmak üzere, birçok gelişim ve adaptasyonlar görmüş ve çeşitli uygulamalarda kullanılmıştır. Birçok sinirsel ağ uygulamalarında diğer metotlardan üstünlüğünü kanıtlamış ve üzerinde en çok çalışılan yöntemlerden biri olmuştur. Bu yeni yöntemin en büyük avantajlarından biri zaman geçmiş değerlerini tutmak için bir hafızaya ihtiyaç duymamasıdır. Çünkü sistem her yeni gelen örnek ile kendini tamamen yenilemektedir (Yürüklü ve Koçal 2012).

Bir SOM iki katmandan oluşur: girdi ve çıktı. Kohonen katmanı olarak isimlendirilen çıktı katmanı genellikle iki boyutlu bir düzlemdir, veri setindeki kümelenebilir gözlenmesini sağlayan haritanın olduğu katmandır (Atasoy 2019). SOM ağlarında, giriş nöronlarının sayısı, ağdaki değişkenlerin sayısına bağlıdır. Çıkış katmanındaki her birim bir kümeyi temsil etmektedir. Çıkış katmanı dizilimleri doğrusal, dikdörtgen, altıgen veya kübik olabilmektedir. Dizilimin topolojik komşuluk öneminden dolayı genellikle dikdörtgensel ve altıgen şeklinde dizilimler tercih edilmekte ve dizilimdeki her bir birime nöron adı verilmektedir. Bu topolojinin korunması, benzer özelliklere sahip değişkenlerin harita üzerinde bir araya getirilmesine izin verir. Topoloji korumasındaki doğruluk haritası, ortalama niceleme hatası (QE) ve topolojik hata (TE) ile değerlendirilir (Kohonen 2001; Kohonen 2014). SOM hücrelerinin miktarını seçmek, belirlemek ve harita boyutunu hesaplamak için topolojik değerler dikkate alınır: Çıktı sonuçları niceleme hatasının (QE) ve topolojik hatanın (TE) minimum değerlerine dayalıdır. QE, orijinal girdi verilerini ayırt etmede kurulan sinir ağına kapasitesini belirlemek için kullanılırken, TE, sinir ağı kalitesini ölçmek (ağın eğitim için uygun olup olmadığını değerlendirmek) için kullanılır (Kohonen 2001).

SOM'un girdi ve çıktı katmanlarının görselleştirilmiş temel durumlarının görselleştirilmesi Şekil 3.16'da verilmektedir. Şekil 3.16, 9x7 nörondan oluşan bir çıktı (Kohonen) katmanı göstermektedir. Her çalışmada kullanılan verilerin girdi vektörü x ve ağırlık vektörü w ile temsil edilir. Girdi modeli ve ağırlık vektörü ile en iyi eşleşen hücre, kazanan veya en iyi eşleşen hücre olarak seçilmektedir. BMU (best matching unit) kazanan nöronu, çevresindeki nöronlar ise BMU'nun komşu nöronlarını temsil etmektedir (Akpınar 2017).



Şekil 3.16. SOM girdi ve çıktı katmanları (Akpınar 2017)

SOM algoritması başlamadan önce veri setinin durumuna göre normalize edilmesi gerekmektedir. Algoritma daha sonra üç aşamalı bir süreçten geçer. Bunlar rekabet, işbirliği ve adaptasyondur (Atasoy 2019).

Rekabet süreci, veri setinde rastgele bir gözlem seçilir. Bu gözlem $x = (x_1, x_2, \dots, x_d)$ şeklinde ifade edilebilir. Kohonen katmanında ise j nöronun ağırlığını şu şekilde ifade etmek mümkündür.

$$w_j = (w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jd}), \quad j=1, 2, \dots, d \quad (3.1)$$

Formüldeki d terimi, Kohonen katmanındaki toplam nöron sayısını temsil eder. Ağırlık vektörü $w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jd}$ n'in x girdi gözlemleri arasındaki en iyi eşleşmeyi bulmak için $w_{1x}, w_{2x}, \dots, w_{dx}$ iç çarpımları hesaplanır ve en büyük değer seçilir. Bu çıktı değerlerinden en yüksek olan hücreye kazanan nöron (hücre) adı verilir. Modeldeki nöronlar, rekabet sürecine her girdi için birbirleriyle rekabet ederler. Öklid uzaklığı formülüne ek olarak kazanan hücrenin indeksleri şu şekilde de hesaplanır:

$$i(x) = \operatorname{argmin}_{1 \leq j \leq d} \|x - w_j\| \quad (3.2)$$

İşbirliği sürecinde hücreler arasındaki topolojik komşular belirlenir, işbirliği yapan hücreler bu topolojik komşulara göre düzenlenir ve kazanan hücre merkeze yerleştirilir. Kazanan hücre belirlendikten sonra ağırlıkları güncellemek için kazanan hücre ve komşuları birlikte işbirliği için ele alınır.

Adaptasyon süreci, rekabetten etkilenen nöronlar numuneye göre sinaptik ağırlıklarını düzenlerler. Nöron j 'nin, $(s+1)$ devrinde yeni ağırlık vektörü şu şekilde hesaplanır:

$$w_j^{(s+1)} = w_j^{(s)} + n(s) h_{j,i(x)}(s) (x - w_j^{(s)}) \quad (3.3)$$

Burada $n(s)$ öğrenme parametresidir ve şu şekilde tanımlanır;

$$n(s) = n_0 \exp\left(-\frac{s}{\tau_2}\right) \quad s=0,1,2,\dots \quad (3.4)$$

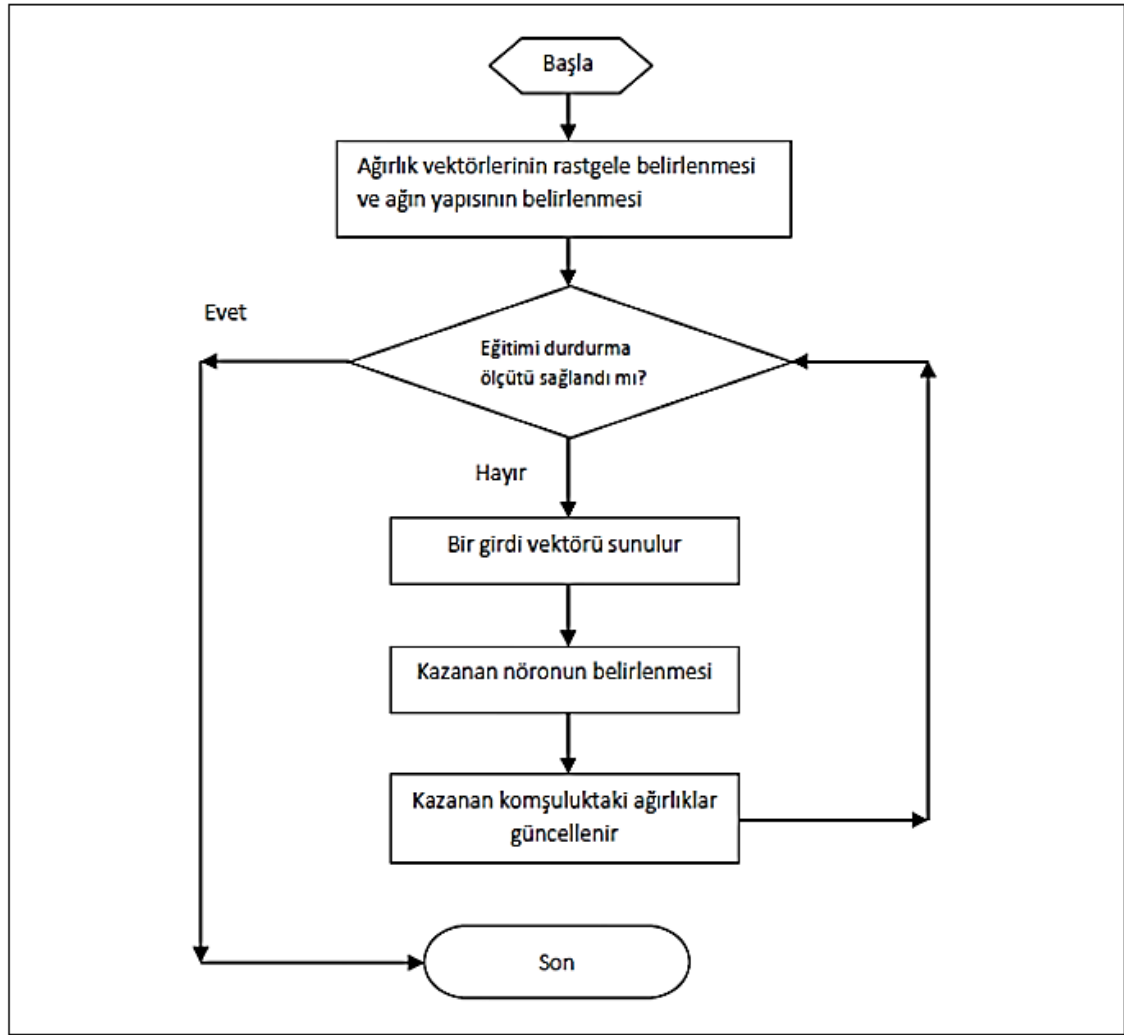
ve $h_{j,i(x)}(s)$ ile gösterilen komşuluk fonksiyonu Gauss komşuluk fonksiyonuna göre şu şekildedir:

$$h_{i,j(x)} = \exp\left(-\frac{d_{i,j(x)}^2}{2\sigma^2(s)}\right), \quad s=0,1,2,\dots \quad (3.5)$$

Bu formüldeki $\sigma(s)$ ise şu şekilde hesaplanır;

$$\sigma(s) = \sigma_0 \exp\left(-\frac{s}{\tau_1}\right) \quad (3.6)$$

SOM modellerinin kümelenmesini etkileyen faktörler; çıkış katmanındaki nöron sayısı, veri normalleştirme, referans vektörleri için ilk değer atanması, uzaklık ölçüsü, öğrenme katsayıları ve komşuluk değişkenleri olarak ifade edilebilmektedir. SOM algoritmasının akış diyagramı Şekil 3.17'de görülmektedir (Özçalıcı 2011).



Şekil 3.17. Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar (SOM) akış diyagramı (Özçalıcı 2011)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Su kalitesi kavramı, ilk olarak suyun atmosferde oluşumu ve yeryüzüne yağmur ve kar şeklinde düşmesiyle oluşur. Hidrolojik çevrim ile birlikte su dolaşımı esnasında çevresel etkiler neticesinde su kirliliği oluşmakta ve bu kirlilik bir yerden bir başka bölgeye taşınabilmektedir. Sulardaki doğal kirlenme yanında insanlar tarafından özellikle endüstriyel faaliyetler ile birlikte kimyasal, fiziksel, biyolojik ve radyoaktif kirlilikler meydana gelmektedir (MEGEP Yayınları, 2011). Su kalitesi parametrelerinin her biri ayrı bir öneme sahiptir ve belirli periyotlarla değişiminin izlenmesi gerekmektedir.

Acısu Deresi'nde seçilen on iki istasyonda gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışması ile elde edilen veriler hakkında genel bilgi edinmek amacı ile önce tanımlayıcı istatistikler uygulanmış, ardından kümeleme analizi, TBA ve Kohonen ağları yöntemleri kullanılarak su kalitesinin zamansal ve mekânsal değişimleri incelenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

4.1. Acısu Deresi'ndeki Su Kalitesinin Ön Değerlendirilmesi

Acısu Deresi su kalitesinin ön değerlendirilmesi için veri setini tanımlayıcı istatistik teknikleri, YSKY'ye göre değerlendirilme ve tek yönlü ANOVA analizi uygulanmıştır. Su kalitesi istatistikleri, nehir, göl, kıyı ve geçiş sularının biyolojik, kimyasal, fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, bu suların kullanım amaçlarına uygun bir şekilde ortaya konulması, korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik bilgi altyapısının elde edilmesi amacıyla üretilmektedir.

4.1.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Acısu Deresi üzerinde on iki farklı istasyonda gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışması kapsamında örnekleme noktalarındaki ölçümler ve Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait laboratuvarlarda yapılan analizler ile su kalitesi verileri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında örnekleme noktalarında (Acısu 8, 7, 6, 5, 4, 3, YK3, 2, YK2, 1, YK1 ve 0) sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC), tuzluluk (S), çözünmüş oksijen konsantrasyonu (ÇO), çözünmüş oksijen doygunluk yüzdesi (%ÇO), bulanıklık (FNU), askıda katı madde (AKM), renk (R-436, R-525, R-620), HCO_3 , CO_3 , alkalinite (Alk), florür (F), klorür (Cl), bromür (Br), $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, oPO_4^{3-} , SO_4^{2-} , lityum (Li), $\text{NH}_4^+\text{-N}$, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , toplam organik karbon (TOK), toplam azot (TN), toplam organik azot (TON), toplam fosfor (TP), KOİ, BOİ, klorofil-a (Chl-a), toplam koliform (T.K.), fekal koliform (F.K.), fekal streptokok (F.S.), E.coli ve pH parametrelerine ait ölçüm ve analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Acısu-8 ve Acısu-7 izleme noktalarının sonbahar ve yaz aylarında kuruduğu ve bu nedenle de numune alınamadığı için ölçüm ve örnekleme yapılmamıştır.

Acısu Deresi izleme noktaları için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) iyon parametrelerinin tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Su kalitesi, yayılı ve noktasal kirlilik kaynakları nedeniyle mansaba doğru kademeli olarak bozulmuştur. Alt akarsu bölgesinde, akarsu ve deniz suyunun karışması iyonlarda önemli artışlara neden olmuştur. İyon gruplarında; florür, klorür, bromür, fosfat ve sülfat için

özellikle atıksu deşarjı alan YK 2 örnekleme noktası ile ölçüm değerlerinde artış görülmektedir.

Suda bulunan florür, miktarına bağlı olarak faydalı veya zararlı olabilmektedir. İçme suyu için tavsiye edilen değer 0,5-1,5 mg/L'dir. Bu değerın dişler için faydalı olduğu ve diş çürümelerini azalttığı bilinmektedir. Bunun yanında yüksek miktarlarda florür içeren suların insan sağlığına verdiği zararlar daha önceden yapılan çalışma ve araştırmalarla ispatlanmıştır (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle 1,5 mg/L'nin altında olan sonuçlarla florür, insan sağlığı için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır.

Klorür, tüm doğal veya kullanılmış sularda çok yaygın bir şekilde bulunan iyon türüdür. İçme suyu için tavsiye edilen değer en çok 30 mg/L'dir. Klorür suya başlıca iki kaynaktan karışır. Bunlardan birincisi topraktan veya yeraltı formasyonlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su-tatlı su karışımları sonucu katılabilir. İkincisi ise temizlik sularıdır. Toprakten karışan klorürün sağlık açısından bir sakıncası yoktur (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 30 mg/L'nin altında olan sonuçlarla klorür, insan sağlığı için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Alt akarsu bölgesinde ise deniz suyu girişinden dolayı artış görülmekle birlikte bu artışın sebebinin tuzlu su olduğu değerlendirilmektedir.

Nitrit, suda mikrobiyolojik kirlenmenin bir göstergesi olması nedeniyle içme ve kullanma sularında bulunması istenmez. Nitratlara benzer etki gösterir; ancak çok daha tehlikelidir. Sularda bulunması evsel ve endüstriyel su kullanımı açısından sıkıntılara yol açabilmektedir. Nitrit insan vücuduna girdiğinde kanda bulunan oksijeni kısmen tüketerek insana, özellikle bebeklere zarar verir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından 0,5 mg/L'yi geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 0,5 mg/L'nin altında olan sonuçlarla nitrit, insan sağlığı için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktasında AAT deşarjları ile nitrit değerlerinde artış görülmektedir.

Bromür deniz kenarına yakın yerlerde yeraltı sularına karışarak farklı oranlarda bulunabilir. Bazı yerüstü suları da endüstriyel atıklar nedeniyle bromür içerebilmektedir. Suda bromür fazlalığı, merkezi sinir sistemi bozuklukları yapabilmektedir. Bromür miktarı ile ilgili kabul edilebilir maksimum bir değer olmamakla birlikte suda 1 mg/L'yi geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 1 mg/L'nin altında olan sonuçlarla bromür, insan sağlığı için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktasında AAT deşarjları ile bromür değerlerinde artış görülmektedir.

Nitrat, azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Nitrat azotu suda kolay çözünür ve su için bir tehlike sinyalıdır. Suda nitrat konsantrasyonunun artmasına tarımda kullanılan gübreler ile evsel ve endüstriyel atıksular sebep olmaktadır. Sularda yüksek konsantrasyonda nitrat bulunması evsel ve endüstriyel su kullanımı açısından sıkıntılara yol açabilmektedir. Suda nitrat fazlalığı kandaki oksijeni azalttığı için

bebeklerin oksijensiz kalmasına neden olabilir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından 50 mg/L'yi; ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından ise 45 mg/L'yi geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre 50 mg/L'nin altında olan sonuçlarla nitrat, insan sağlığı için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır.

Fosfatların çoğu, yüzey sularına, topraktan suya karışan gübre, insan ve hayvan dışkıları ve deterjan-temizlik maddeleri yolu ile karışır. Organik atıkların parçalanması ile de su çevrimine girebilir. Kireç önleyici kimyasal formüllerde fosfatlar kullanılır. Su kaynaklarının çoğundaki fosfat düzeyi ultra saf su gerekmiyorsa bir sorun yaratmaz. Fosfatlar yerüstü sularında ya da açık su depolarında alg büyümesine (ötrofikasyon) neden olur. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise 0,4-0,5 mg/L arasında olması önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 0,5 mg/L'nin altında olan sonuçlarla fosfat, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktasında AAT deşarjları ile fosfat değerinde artış görülmektedir.

Sülfat, bütün doğal sularda değişen miktarlarda rastlanan bir tuz bileşiğidir. Bazı endüstriyel atık suların sülfat konsantrasyonu fazladır ve doğal sulara karıştıklarında onların da sülfat miktarını artırır. Suda yüksek sülfatın anlamı; yüksek sertlik, yüksek sodyum tuzu ve yüksek asiditedir. Fazla sülfat suyun tadını acılaştırarak mide ve bağırsak sorunlarına yol açabilir. Ayrıca kullanma sularında leke ve korozyona neden olmaktadır. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise 250 mg/l'yi geçmemesi önerilmektedir. Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 250 mg/L'nin altında olan sonuçlarla sülfat, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile sülfat değerinde artış görülmektedir.

Lityum, içme suyunda doğal olarak bulunur. Çok düşük oranda bulunmasına rağmen aslında sinir sistemini olumlu yönde etkileyen bir bileşendir. Daha önce yapılan çalışmalara göre insan sağlığı açısından hiçbir zararlı etki göstermemiştir. Lityum tuzlu ve jeotermal sularda bulunabilir. Ülkemizde herhangi bir yönetmelikte sınır değeri bulunmamakla birlikte nehir üzerinde etkisi bakımından çok fazla bilgi bulunmamaktadır. Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında belirli düzeyde olduğu, alt akarsu bölgesinde ise deniz suyu girişinden dolayı artış görülmekle birlikte bu artışın sebebinin tuzlu su olduğu değerlendirilmektedir.

Sodyum, gıdalarda ve içme suyunda bulunur. Sağlıkla ilgili önerilen bir sınır değeri yoktur. Suda sodyum fazlalığı tuzluluk hissi vererek tat problemi oluşturur. Sodyumun sudaki varlığı evsel ve endüstriyel kirlenme, toprak yapısı veya deniz katkısından ileri gelmektedir. Ancak insan sağlığı ve tat eşiği açısından önerilen sodyum miktarı 200 mg/L'dir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise 200 mg/L'yi geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 200 mg/L'nin altında olan sonuçlarla sodyum, insan sağlığı için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Alt akarsu bölgesinde

ise deniz suyu girişinden dolayı artış görülmekle birlikte bu artışın sebebinin tuzlu su olduğu değerlendirilmektedir.

Amonyum, sularda tat ve koku problemi oluşturur. İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi vardır. Suda amonyum varlığı, suya evsel, endüstriyel atıklar ve gübre karıştığını gösterir. Ayrıca dezenfeksiyon etkinliğini azaltır ve nitrit oluşumuna sebep olabilir. Bu sebeple mikrobiyolojik kirliliğin de oluşmasına ve artmasına neden olabilmektedir (MEGEP 2011). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 1,5 mg/L olması önerilmektedir. Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 1,5 mg/L'nin altında olan sonuçlarla amonyum, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile amonyum değerinde artış görülmektedir.

Potasyumun etkisi sodyuma benzerdir. Sulardaki potasyumun kaynağı, sanayilerin neden olduğu kirlenme, gübreleme veya toprak yapısından ileri gelmektedir. Sudaki fazlalığı böbrek hastalıklarına neden olmaktadır. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise 12 mg/L'yi geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 12 mg/L'nin altında olan sonuçlarla potasyum, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile potasyum değerinde artış görülmektedir.

Magnezyum suyun sertliğini meydana getiren iyonlardan biridir. Sudaki magnezyum miktarı suyun geçtiği toprak yapısına bağlı olarak değişmektedir. Magnezyumun sudaki fazlalığı evsel ve endüstriyel su kullanımı açısından sıkıntılara yol açabilmektedir. Ayrıca suda fazla bulunması durumunda gözlerde tahribata yol açar. Suyu acılık etkisi verir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise 30-50 mg/L'yi geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 50 mg/L'nin altında olan sonuçlarla magnezyum, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile magnezyum değerinde artış görülmektedir.

Kalsiyum, suyun sertliğini meydana getiren iyonlardan biridir. Kalsiyumun sudaki fazlalığı evsel ve endüstriyel su kullanımı açısından sıkıntılara yol açabilmektedir. Kalsiyumun vücutta doğrudan zararlı etkisi yoktur. Hatta, kemik ve diş yapısı için yararlıdır. Ancak içilebilir su bakımından problem teşkil eder. Öte yandan, suyun taş yapma potansiyeli de artar. Çok düşük olması aşındırıcı etki yaratabilir. Sudaki kalsiyum, suyun geçtiği toprak yapısına bağlıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 300 mg/L'yi geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle 300 mg/L'nin altında olan sonuçlarla kalsiyum, insan sağlığı için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır.

Çizelge 4.1. Acısu Deresi su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait 12 aylık ölçüm ve analiz sonuçlarının istatistiksel özeti (iyonlar)

Parametre		İzleme İstasyonları											
		Acısu-8	Acısu-7	Acısu-6	Acısu-5	Acısu-4	Acısu-3	YK-3	Acısu-2	YK-2	Acısu-1	YK-1	Acısu-0
Florür (mg/L)	min	0,020	0,043	0,065	0,084	0,097	0,094	0,105	0,094	0,108	0,154	0,010	0,110
	max	0,053	0,121	0,318	0,363	0,363	0,287	0,287	0,321	0,603	2,921	1,035	1,231
	ort	0,037	0,079	0,171	0,170	0,180	0,181	0,176	0,170	0,233	0,763	0,328	0,569
	Sd	0,013	0,034	0,100	0,077	0,072	0,058	0,056	0,070	0,157	0,837	0,382	0,416
Klorür (mg/L)	min	11,67	20,92	5,51	4,64	6,05	6,45	6,11	20,71	0,19	573,12	224,34	927,61
	max	18,83	24,09	27,56	22,94	27,18	23,03	28,00	567,52	138,57	3363,21	2558,72	4714,86
	ort	16,45	22,71	12,77	10,13	11,53	12,31	12,09	225,02	68,18	2056,38	1020,87	2444,23
	Sd	3,24	1,35	8,88	5,65	6,80	5,98	6,81	211,82	41,49	872,58	876,92	1114,89
Nitrit (mg/L)	min	0,010	0,010	0,010	0,010	0,017	0,010	0,022	0,010	0,034	0,010	0,010	0,010
	max	0,108	0,091	0,133	0,171	0,150	0,147	0,158	0,144	1,837	0,697	1,378	0,782
	ort	0,043	0,049	0,047	0,053	0,063	0,062	0,058	0,076	0,846	0,314	0,299	0,308
	Sd	0,046	0,043	0,038	0,050	0,037	0,042	0,036	0,048	0,591	0,255	0,532	0,282
Bromür (mg/L)	min	0,007	0,027	0,006	0,002	0,011	0,013	0,012	0,087	0,000	1,387	0,409	2,264
	max	0,034	0,070	0,119	0,238	0,220	0,182	0,237	1,445	0,960	8,286	5,469	11,885
	ort	0,016	0,048	0,052	0,062	0,075	0,065	0,079	0,609	0,246	5,692	2,161	6,843
	Sd	0,012	0,024	0,046	0,067	0,066	0,059	0,075	0,548	0,300	2,005	2,051	2,624
Nitrat (mg/L)	min	0,033	7,883	2,237	2,704	2,948	2,539	2,879	3,108	3,158	2,962	1,136	2,514
	max	2,030	25,141	28,599	23,773	22,119	15,517	23,397	16,359	19,040	21,488	8,177	19,521
	ort	0,768	15,119	9,872	7,549	8,843	5,715	8,101	5,638	9,720	8,786	4,608	8,537
	Sd	0,923	7,399	10,388	6,526	6,736	3,852	6,332	3,717	5,040	5,600	3,136	4,972
Fosfat (mg/L)	min	0,005	0,006	0,012	0,012	0,034	0,003	0,034	0,040	0,484	0,205	0,006	0,227
	max	0,012	0,025	0,111	0,417	0,175	0,198	0,544	0,169	6,867	1,640	0,237	1,091
	ort	0,009	0,014	0,034	0,088	0,108	0,101	0,160	0,104	2,903	0,657	0,124	0,553
	Sd	0,004	0,008	0,035	0,114	0,045	0,056	0,157	0,045	2,067	0,452	0,098	0,274
Sülfat (mg/L)	min	14,9	39,7	12,6	10,5	12,2	12,0	12,1	16,7	40,5	129,8	64,7	202,4
	max	46,7	50,0	63,5	46,8	51,5	45,4	60,8	101,8	252,4	532,2	391,4	508,7
	ort	29,3	44,0	29,4	22,1	22,5	20,8	23,8	50,7	95,1	303,8	179,6	362,1
	Sd	13,1	4,5	19,8	12,1	12,8	11,8	14,4	30,6	68,1	119,3	129,1	113,5

Çizelge 4.1.'in devamı

Parametre		İzleme İstasyonları											
		Acısu-8	Acısu-7	Acısu-6	Acısu-5	Acısu-4	Acısu-3	YK-3	Acısu-2	YK-2	Acısu-1	YK-1	Acısu-0
Lityum (mg/L)	min	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,007	0,012	0,005	0,016
	max	0,022	0,005	0,046	0,045	0,046	0,046	0,046	0,088	0,087	0,228	0,132	0,293
	ort	0,007	0,004	0,016	0,016	0,015	0,016	0,016	0,022	0,032	0,089	0,049	0,070
	Sd	0,009	0,001	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018	0,027	0,028	0,095	0,051	0,097
Sodyum (mg/L)	min	12,3	19,2	7,9	7,2	7,9	6,9	8,0	17,8	19,1	212,6	107,9	301,2
	max	16,0	22,6	24,2	21,6	24,5	22,7	24,3	147,6	70,1	977,2	812,5	1083,8
	ort	14,5	20,6	14,6	12,7	13,3	13,1	13,1	70,9	45,9	647,4	302,1	713,5
	Sd	1,6	1,5	7,0	5,2	5,6	4,6	4,9	53,8	15,8	243,7	257,5	234,0
Amonyum (mg/L)	min	0,001	0,001	0,002	0,008	0,019	0,012	0,002	0,002	0,268	0,002	0,002	0,002
	max	0,110	0,039	0,318	0,124	0,153	0,274	2,229	0,133	25,012	5,785	13,092	5,638
	ort	0,030	0,016	0,055	0,031	0,052	0,081	0,240	0,051	4,742	1,065	2,230	0,933
	Sd	0,053	0,016	0,107	0,032	0,040	0,090	0,634	0,051	7,972	1,666	5,321	1,550
Potasyum (mg/L)	min	0,93	1,23	1,33	1,24	1,20	1,37	1,63	1,81	6,04	11,19	4,73	17,62
	max	1,02	1,59	2,69	2,84	3,41	3,29	3,77	15,72	52,44	61,03	40,57	69,65
	ort	0,97	1,34	1,95	1,92	2,03	2,03	2,24	5,89	12,76	41,85	20,18	49,72
	Sd	0,04	0,17	0,51	0,49	0,69	0,60	0,67	4,91	14,97	16,43	12,77	17,68
Magnezyum (mg/L)	min	19,0	25,3	22,5	16,9	19,5	17,9	22,3	23,8	22,9	59,8	28,2	87,6
	max	22,6	33,1	33,9	39,2	38,0	33,1	37,1	56,4	36,1	216,0	174,4	220,2
	ort	21,2	27,7	27,2	27,2	27,0	25,2	26,3	37,0	26,4	140,3	77,8	157,3
	Sd	1,6	3,7	4,8	6,0	5,6	3,8	4,3	12,3	4,9	50,2	53,4	47,5
Kalsiyum (mg/L)	min	62,8	61,9	53,3	52,7	50,3	48,7	58,2	45,5	50,1	80,5	64,3	69,8
	max	77,8	75,0	75,3	72,7	72,5	71,6	80,6	80,4	116,4	125,7	121,8	224,5
	ort	68,0	67,4	63,4	61,8	61,5	61,7	64,7	64,8	82,9	105,0	92,0	117,0
	Sd	6,7	5,7	7,6	5,6	6,4	5,9	6,5	9,4	19,4	15,7	19,2	36,9

Acısu Deresi izleme noktaları için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) fizikokimyasal parametrelerinin tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Su kalitesi, yayılı ve noktasal kirlilik kaynakları nedeniyle mansaba doğru kademeli olarak bozulmuştur. Alt akarsu bölgesinde, akarsu ve deniz suyunun karışması özellikle azot, fosfor ve organik madde gruplarında önemli artışlara neden olmuştur.

TOK, suda çözünmüş ya da asılı halde bulunan organik (karbon bazlı) maddeleri ifade eder. Sularda doğal olarak bulunmazlar. Organik maddeler sulara bitkilerden, insan ve hayvanlardan olmak üzere çeşitli kaynaklardan karışabilmektedir. TOK tayini yapılırken sudaki organik maddeler yüksek sıcaklıkta yakılarak karbondioksit haline getirilir. Açığa çıkan karbondioksit miktarı ölçülerek TOK miktarı belirlenir. Sudaki organiklerin toplam miktarı TOK parametresi ile belirtilebilir. Yerüstü sularında tipik TOK değerleri 1-20 mg/L’dir (YKSY 2021). Acısu Deresi’nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 20 mg/L’nin altında olan sonuçlarla TOK, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile TOK değerinde artış görülmektedir.

Toplam azot, organik azot, amonyum, nitrat ve nitritin toplamıdır. Canlılar için önemli olan azot; atmosferde, suda ve toprakta bulunmaktadır. Toprakta azot bitki besin maddesi olarak bulunur. Azot gübre, hayvan dışkısı, hayvan ve bitki ölümleri ile toprağa ve suya geçmektedir. Suda ve topraktaki azotun yüksek oranda bulunması bu ortamlarda kirliliğe neden olmaktadır. Bu azot türleri, alıcı ortama aşırı miktarda verildiğinde, organizmalar tarafından kullanılarak ötrofikasyona (alg patlaması sonucu oksijen azlığı) sebep olur. İçme ve kullanma suyu potansiyeli olan yerüstü suları sınıfı için 11,5 mg/L’nin altında olma standardını sağlamalıdır (YKSY 2021). Acısu Deresi’nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 11,5 mg/L’nin altında olan sonuçlarla TN, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile TN değerinde artış görülmektedir.

Toplam fosforun formları, orto-fosfat ve organik fosfordur. Toplam fosfor, evsel atıksulardan, gübrelemeden, endüstriyel atıksulardan kaynaklanır. Yerüstü sularında ya da açık su depolarında alg büyümesine (ötrofikasyon) neden olur. İçme ve kullanma suyu potansiyeli olan yerüstü suları için 0,2 mg/L’nin altında olma standardını sağlamalıdır (YKSY 2021). Acısu Deresi’nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 0,2 mg/L’nin altında olan sonuçlarla TP, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile TP değerinde artış görülmektedir.

KOİ; su numunesinin asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyici ile oksitlenebilen organik madde miktarının, oksijen eşdeğeri cinsinden ifadesidir. KOİ organik maddelerin türleri arasında ayırım yapmadığı için kolektif bir parametredir. KOİ, yerüstü sularda organik kirliliğin önemli bir göstergesidir. Yerüstü sularında; kirlenmemiş sularda KOİ konsantrasyonu 20 mg/L civarında iken, atıksu deşarjı yapılan

sularda 200 mg/L ve üzerindedir. Endüstriyel atık sularda ise 100-10000 mg/L olabilmektedir. İçme ve kullanma suyu potansiyeli olan yerüstü suları için 50 mg/L'nin altında olma standardını sağlamalıdır (YKSY 2021). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 50 mg/L'nin altında olan sonuçlarla KOİ, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile KOİ değerinde artış görülmektedir.

KOİ değeri BOİ'den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerebilmektedir. Bu sebeple KOİ değeri her zaman BOİ'den büyüktür. Oksijenin yeterli düzeyde bulunduğu aerobik koşullarda, suya katılmış olan ayrışabilir organik maddelerin parçalanarak kararlı bir duruma geçmelerinde mikroorganizmalar tarafından gereksinilen oksijen miktarı BOİ olarak tanımlanır. İçme ve kullanma suyu potansiyeli olan yerüstü suları sınıfı için 8 mg/L'nin altında olma standardını sağlamalıdır (YKSY 2021). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 8 mg/L'nin altında olan sonuçlarla BOİ, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile BOİ değerinde artış görülmektedir.

AKM, belli bir miktardan sonra genellikle suyun fiziksel olarak kirlenmesine sebep olur. Dolayısıyla suyun bulanıklaşmasını, yoğunlaşmasını, toksisitesini artırabileceği gibi ışık geçirgenliğini ve oksijen miktarını azaltarak fauna ve flora üzerine çökeler su canlılarına zarar verir. Askıda katı maddelerin etki derecesi bu maddelerin türüne, miktarına, su canlılarının cinsi ve büyüklüğüne göre değişmektedir. AKM, çökebilen ve çökemeyen katı maddeler olarak iki şekilde bulunmaktadır. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu olarak yerüstü sularında, askıda katı maddelerin miktarı yükselmektedir. Ayrıca tarım alanlarında meydana gelen toprak erozyonu da AKM miktarını yükseltmektedir (MEGEP 2011). AKM parametresi için ülkemizdeki yönetmeliklerde nehirler için sınır değeri bulunmamaktadır. Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle akarsu bölgesindeki tüm örnekleme noktalarında benzer sonuçlarla belirli düzeyde olduğu görülmektedir.

Alkalinite, su kaynağının sulama ve endüstriyel kullanıma uygunluğunu belirlemede, suyun özelliklerini belirlemede ve atıksu takibinde kullanılır. Yüksek alkaliniteye sahip sular, genellikle tatsızdır. Alkalinite, suyun asidi nötralize edebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Alkalinite su içerisinde bulunan karbonat, bikarbonat ve hidroksil iyonlarının mg/L CaCO_3 cinsinden ifadesi demektir. Toplam alkalinite parametresi için ülkemizdeki yönetmeliklerde nehirler açısından sınır değeri bulunmamaktadır. Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre toplam alkalinitenin genellikle akarsu bölgesindeki tüm örnekleme noktalarında benzer sonuçlarla belirli düzeyde olduğu görülmektedir.

Doğal sularda bikarbonat ve karbonat alkalinitenin belirlenmesini sağlar. Ortamın pH değeri arttıkça bikarbonat artış gösterir, ancak pH 8,2'den sonra ortamda bikarbonatla birlikte karbonat da görülür. Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre karbonat ve bikarbonat parametrelerinin genellikle akarsu

bölgesindeki tüm örnekleme noktalarında benzer sonuçlarla belirli düzeyde olduğu görülmektedir.

Acısu Deresi izleme noktaları için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) saha ölçüm ve renk parametrelerinin tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Su kalitesi, yayılı ve noktasal kirlilik kaynakları nedeniyle mansaba doğru kademeli olarak bozulmuştur.

pH, içme suyunun güvenliği hakkında doğrudan bilgi vermez; ancak ekolojik kalitenin belirlenmesinde önemli bir faktördür. pH değeri; su temininde, kimyasal koagülasyon, dezenfeksiyon, sertlik giderme ve korozyon kontrolü gibi işlemlerde önem taşır. pH, suyun asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçüdür. Ölçüm skalası 0 ile 14 arasında değişir. pH, 7'nin altında iken su asidik; pH 7'nin üstünde iken su bazik özellik gösterir. Ayrıca pH, arıtma sistemlerinin tasarımında önemli bir kriterdir. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 6,5-8,5; Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise 6,5-9,5 arasında olması önerilmektedir. Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle pH'nın 7,5-8,5 arasında olan sonuçlarla standartları sağladığı görülmektedir.

Suyun sıcaklığı biyolojik olarak mikroorganizma gelişim hızını etkiler. Sıcaklık arttıkça suda oluşan reaksiyonların hızı artar ve sudaki çözünmüş oksijen miktarı azalır. Endüstriyel amaçlı olarak kullanılan sularda sıcaklık tayini istenmese de içme sularında oldukça önemlidir. İçme sularında 20 °C'nin üzerindeki ısı değeri olan sular lezzetsiz olabilmektedir. En uygun sıcaklık 10-12°C civarındaki sulardır (MEGEP 2011). Bu kapsamda Acısu Deresi'nde yapılan ölçüm ve analizlerde üst akarsu bölgesinin yaz mevsiminde yapılan izleme çalışmalarında kurak olmasından dolayı bu örnekleme noktalarında düşük değerler elde edilmiştir.

Su kirlenmesi ile ilgili en önemli parametrelerden birisi çözünmüş oksijendir. ÇO, sudaki canlı yaşam için hayati bir öneme sahiptir. Oksijenin sudaki çözünürlüğü, suyun sıcaklığı ve sudaki minerallerin derişimlerine bağlıdır. Sudaki aerobik canlı yaşamı için çözünmüş oksijene gereksinim vardır. Su içerisinde oksijenin miktarının azalması ile beraber anaerobik çürüme meydana gelir, suyun kokusunda değişimler ortaya çıkar. Acısu Deresi'nde yapılan ölçüm ve analizlerde YK2 noktasında ÇO konsantrasyonlarının en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

İletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kapasitesi veya çözeltinin elektrik akımını geçirmeye karşı gösterdiği dirençtir. İletkenlik, sudaki çözünmüş maddelerin bir göstergesidir. Bu sebeple izleyici bir parametredir. Bu durum, iyonize olmuş maddenin toplam konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlıdır. İçme suyunda iletkenlik artışı, suyun kirlendiğini ya da suya deniz suyunun karıştığını gösterir. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından 1,5 mS/cm'yi, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise 2,5 mS/cm'yi geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında 2,5 mS/cm'nin altında olan sonuçlarla iletkenlik, herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır. Alt akarsu bölgesinde ise deniz suyu girişinden dolayı artış görülmekle birlikte bu artışın sebebinin tuzlu su olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.2. Acısu Deresi su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait 12 aylık ölçüm ve analiz sonuçlarının istatistiksel özeti (diğer fizikokimyasal parametreler)

Parametre		İzleme İstasyonları											
		Acısu-8	Acısu-7	Acısu-6	Acısu-5	Acısu-4	Acısu-3	YK-3	Acısu-2	YK-2	Acısu-1	YK-1	Acısu-0
TOK (mg/L)	min	0,92	1,40	1,41	0,88	0,89	1,11	1,02	0,72	2,50	3,15	2,50	3,37
	max	2,19	2,28	2,53	2,74	2,73	3,56	3,77	7,95	4,98	37,70	19,63	52,70
	ort	1,67	1,79	1,98	1,70	1,87	1,99	1,99	2,49	4,09	11,96	8,74	15,13
	Sd	0,59	0,44	0,39	0,79	0,61	0,75	0,85	2,01	0,82	9,59	6,61	13,80
TN (mg/L)	min	0,023	1,880	0,656	0,650	0,715	0,730	0,670	0,890	1,983	0,909	0,455	1,060
	max	0,529	6,069	6,905	5,771	5,884	4,547	5,685	4,808	24,752	12,810	12,877	8,145
	ort	0,243	3,819	2,621	1,938	2,329	1,600	2,279	1,887	7,078	4,039	3,376	3,516
	Sd	0,220	1,874	2,551	1,601	1,777	1,103	1,644	1,361	7,406	3,769	4,708	2,242
TP (mg/L)	min	0,012	0,010	0,025	0,026	0,024	0,025	0,052	0,038	0,317	0,001	0,062	0,001
	max	0,581	1,059	0,074	0,178	0,170	0,126	0,198	0,108	5,335	0,552	0,186	0,465
	ort	0,163	0,280	0,043	0,074	0,073	0,069	0,104	0,081	1,500	0,215	0,112	0,208
	Sd	0,279	0,520	0,018	0,051	0,036	0,032	0,049	0,023	1,538	0,155	0,046	0,123
KOİ (mg/L)	min	1,92	4,55	6,28	3,63	5,20	4,65	6,34	2,69	5,02	8,46	13,97	10,76
	max	7,31	8,36	15,98	19,44	22,18	15,06	30,11	25,24	29,79	83,00	99,91	89,73
	ort	4,47	7,00	10,54	9,26	11,15	9,54	12,75	9,68	16,46	28,02	36,08	32,91
	Sd	2,26	1,68	3,68	4,83	5,45	2,96	6,37	7,25	7,68	21,36	36,01	23,95
BOİ ₅ (mg/L)	min	1,82	1,67	1,39	2,48	2,33	3,36	2,18	1,20	3,80	4,15	6,48	4,18
	max	3,55	4,06	11,50	7,42	6,55	6,15	8,61	6,00	16,12	9,52	13,15	11,09
	ort	2,79	2,65	5,87	5,09	4,25	4,25	4,43	4,12	9,62	7,14	9,57	7,31
	Sd	0,88	1,25	3,20	1,73	1,49	0,98	1,74	1,67	4,05	2,03	3,54	2,08
AKM (mg/L)	min	1,5	0,4	1,2	2,0	6,4	7,7	1,2	4,4	4,8	7,6	6,8	6,8
	max	2,3	7,7	22,7	45,7	81,3	58,7	105,2	23,0	49,7	20,5	42,7	27,5
	ort	1,9	4,1	11,1	14,4	39,1	27,4	26,0	14,7	22,6	14,8	23,9	17,5
	Sd	0,3	3,9	7,9	13,8	21,0	18,5	30,1	6,2	15,7	4,4	12,6	6,2
Toplam alkalinite (mg/L)	min	124,4	125,0	128,3	110,8	124,5	123,6	117,4	109,2	132,2	122,8	115,4	115,6
	max	255,4	256,0	282,8	300,6	277,4	305,1	284,4	286,1	320,1	305,8	301,8	273,4
	ort	217,9	222,4	206,0	206,8	205,4	205,7	203,7	196,2	216,9	205,2	201,8	200,8
	Sd	62,5	65,0	63,4	66,4	57,7	63,1	56,2	58,6	72,7	65,1	73,9	56,4
Karbonat (mg/L)	min	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	max	7,0	6,5	7,4	9,6	10,1	9,4	7,9	10,8	2,2	7,2	6,1	5,3
	ort	4,8	4,6	2,2	4,0	2,7	3,0	2,9	2,4	0,2	0,7	2,4	0,4
	Sd	2,6	3,1	2,5	3,3	2,7	3,2	2,5	3,2	0,7	2,1	2,6	1,5
Bikarbonat (mg/L)	min	150,8	152,5	151,1	137,4	145,5	150,8	145,5	135,5	161,3	149,9	138,4	141,1
	max	299,7	299,0	340,5	352,7	317,8	352,9	338,6	343,4	390,3	370,9	355,5	322,7
	ort	256,1	261,8	246,7	244,6	245,6	244,8	243,1	235,0	263,4	248,9	241,2	244,0
	Sd	70,5	72,9	74,9	76,0	66,7	71,4	65,9	66,7	87,8	77,3	87,5	67,6

Bulanıklık, askıda katı maddeler içeren suların ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. İçme ve kullanma suları berrak olmalı, bulanık sular kesinlikle içilmemelidir. Sızdırmalı kuyulardan kentlere su verilen bölgelerde ve sistemde bir onarım olduğunda sular çok bulanık akar. Suyun bulanıklığının nedeni, içindeki askıda katı maddeler ve gözle görülebilecek büyük tortular olabilir. Özellikle nehir sularında yüksek olan bulanıklık, yağmurlarla taşınan topraktan veya nehre karışan evsel-endüstriyel atıksulardan kaynaklanır. Ayrıca bu kirlenme sırasında organik maddeler kadar inorganik maddeler de suya karışır. Bu maddelerin bulunması suda bakteri oluşumunu destekler. Bakteri oluşumu da suda bulanıklığı artırır. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından 1 NTU ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 5 NTU'yu geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle bulanıklığın 3-41 FNU arasında olan sonuçlarla belirli bir düzeyde olduğu görülmektedir.

Suyun rengi, içinde çözünmüş halde bulunan organik ve inorganik maddelerden veya endüstri alanlarındaki erimiş kimyasal maddelerden ve boyalardan ileri gelmektedir. İçilebilir nitelikte bir su renksiz olmalıdır. Estetik açıdan ve sudaki ışık geçirgenliğini azaltması bakımından renk, istenmeyen bir parametredir. Sudaki renk; bitkilerin bozulması, toprak yapısı, evsel ve endüstriyel kirlenme sonucu olabilir. Sudaki renk, içme, kullanma ve endüstriyel amaçla tüketime sunulmadan önce giderilmelidir. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 15 birimi, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise 20 birimi geçmemesi önerilmektedir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan ölçüm ve analizler ile elde edilen ortalama değerlere göre genellikle renk parametrelerinin standartları sağladığı görülmektedir.

Çizelge 4.3. Acısu Deresi su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait 12 aylık ölçüm ve analiz sonuçlarının istatistiksel özeti (saha ölçümleri ve renk parametresi)

Parametre		İzleme İstasyonları											
		Acısu-8	Acısu-7	Acısu-6	Acısu-5	Acısu-4	Acısu-3	YK-3	Acısu-2	YK-2	Acısu-1	YK-1	Acısu-0
pH	min	8,32	8,25	7,96	8,00	8,02	8,05	7,59	8,12	7,58	7,87	8,19	8,00
	max	8,52	8,47	8,43	8,60	8,64	8,57	8,51	8,70	8,24	8,44	8,50	8,43
	ort	8,40	8,40	8,28	8,37	8,33	8,30	8,31	8,32	7,94	8,17	8,36	8,21
	Sd	0,09	0,10	0,17	0,18	0,17	0,16	0,26	0,16	0,18	0,16	0,15	0,13
Sıcaklık (°C)	min	11,81	12,74	13,70	12,71	12,98	13,23	13,53	14,18	15,73	14,45	15,95	14,52
	max	14,25	15,75	22,50	25,40	23,10	24,00	23,80	27,80	27,00	33,30	29,00	28,80
	ort	12,79	14,38	18,13	18,13	17,29	17,73	17,77	19,78	20,38	22,26	21,29	21,45
	Sd	1,11	1,25	3,85	4,59	3,86	4,06	3,91	5,22	4,58	6,22	5,95	5,61
ÇO doyunluk (%)	min	93,6	98,8	89,8	94,2	86,6	82,3	89,3	77,7	13,5	63,5	72,5	66,2
	max	99,1	106,5	105,0	112,0	100,8	102,1	197,3	103,0	53,9	106,4	119,1	109,1
	ort	96,2	102,0	95,1	100,3	92,7	93,8	112,2	89,6	34,0	88,2	95,6	88,8
	Sd	2,6	3,3	4,9	4,9	4,2	5,8	29,1	8,6	13,9	12,5	16,3	13,2
ÇO (mg/L)	min	9,58	10,18	7,77	7,87	7,53	6,93	7,55	6,66	1,33	6,26	6,61	6,02
	max	10,50	10,55	9,87	10,55	9,95	9,86	17,62	10,39	4,61	9,79	10,59	9,83
	ort	10,18	10,41	9,02	9,53	8,94	8,99	10,68	8,35	3,04	7,42	8,53	7,68
	Sd	0,42	0,16	0,81	0,94	0,77	0,91	2,55	1,29	1,24	1,09	1,83	1,10
İletkenlik (mS/cm)	min	0,465	0,511	0,416	0,426	0,436	0,433	0,429	0,535	0,648	2,416	1,062	2,770
	max	0,500	0,569	0,641	0,719	0,652	0,617	0,663	2,099	1,142	8,771	7,290	33,620
	ort	0,486	0,542	0,517	0,502	0,506	0,489	0,500	1,113	0,858	5,570	3,164	9,237
	Sd	0,016	0,024	0,089	0,101	0,067	0,052	0,067	0,632	0,175	1,843	2,301	7,995
Tuzluluk (ppt)	min	0,23	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,26	0,32	1,25	0,53	1,45
	max	0,24	0,28	0,31	0,35	0,48	0,45	0,32	1,08	0,84	4,92	3,70	21,04
	ort	0,24	0,26	0,25	0,23	0,26	0,25	0,23	0,57	0,47	3,05	1,62	5,57
	Sd	0,01	0,01	0,05	0,05	0,08	0,07	0,04	0,31	0,17	1,08	1,19	5,23
Klorofil-a (µg/L)	min	0,05	0,02	0,04	0,09	0,04	0,03	0,02	0,02	0,10	0,03	0,50	0,09
	max	0,12	0,44	1,86	3,21	1,15	0,21	1,12	0,30	1,17	14,14	30,92	12,43
	ort	0,07	0,15	0,67	1,06	0,30	0,10	0,21	0,15	0,51	2,55	9,13	1,66
	Sd	0,03	0,20	0,73	0,86	0,39	0,06	0,30	0,10	0,40	4,48	11,38	3,64

Çizelge 4.3.'ün devamı

Parametre		İzleme İstasyonları											
		Acısu-8	Acısu-7	Acısu-6	Acısu-5	Acısu-4	Acısu-3	YK-3	Acısu-2	YK-2	Acısu-1	YK-1	Acısu-0
Bulanıklık (FNU)	min	0,52	1,69	3,92	0,68	2,17	1,04	0,97	1,01	4,99	1,11	1,02	1,83
	max	6,02	10,30	23,90	55,80	81,00	63,60	63,90	29,30	54,80	23,90	35,30	26,10
	ort	3,20	4,79	10,37	16,40	41,14	34,93	19,43	18,86	19,62	11,47	19,92	11,25
	Sd	2,27	3,98	8,14	15,42	24,55	19,90	19,42	8,76	16,89	6,77	12,60	6,56
Renk-436 nm (m ⁻¹)	min	0,002	0,005	0,010	0,002	0,007	0,016	0,013	0,006	0,018	0,002	0,007	0,001
	max	0,009	0,022	0,042	0,078	0,113	0,102	0,080	0,069	0,087	0,092	0,072	0,099
	ort	0,006	0,012	0,022	0,028	0,054	0,053	0,033	0,034	0,039	0,032	0,040	0,032
	Sd	0,003	0,007	0,011	0,021	0,034	0,027	0,020	0,023	0,021	0,024	0,022	0,027
Renk-525 nm (m ⁻¹)	min	0,003	0,006	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
	max	0,008	0,021	0,034	0,069	0,103	0,093	0,073	0,063	0,076	0,082	0,058	0,087
	ort	0,006	0,011	0,017	0,021	0,047	0,044	0,025	0,028	0,027	0,026	0,028	0,026
	Sd	0,002	0,007	0,011	0,020	0,033	0,029	0,022	0,022	0,024	0,022	0,024	0,024
Renk-620 nm (m ⁻¹)	min	0,004	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	max	0,009	0,020	0,031	0,063	0,097	0,086	0,080	0,059	0,069	0,077	0,051	0,081
	ort	0,007	0,012	0,016	0,019	0,043	0,041	0,030	0,025	0,024	0,023	0,025	0,024
	Sd	0,002	0,006	0,011	0,019	0,030	0,028	0,025	0,021	0,022	0,021	0,021	0,022

İçme ve kullanma suyunun mikrobiyolojik açıdan güvenilir olup olmadığını kalite kriterini sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek için mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Sularda bulunabilecek tek hücreli veya çok hücreli patojenik organizmaların varlığı, miktarı ve özellikleri bu testlerle belirlenir. Tüm mikrobiyolojik analizlerin temel prensibi; numunedeki mikroorganizma varlığı ve sayısını doğru olarak belirlemek, mikroorganizmanın çeşitli özelliklerini doğru olarak saptamaktır. Acısu Deresi izleme noktaları için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) bakteriyolojik parametrelerin tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Su kalitesi, yayılı ve noktasal kirlilik kaynakları nedeniyle mansaba doğru kademeli olarak bozulmuştur. Alt akarsu bölgesinde, AAT deşarjı ile özellikle toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* parametrelerinde önemli artışlar gözlemlenmiştir.

Toplam Koliform, koliform gurubu içindeki birkaç mikroorganizma tipi patojenlerin göstergesidir. Koliformun analizinin kolay olması açısından global bir parametredir. Suyun içine kanalizasyon karışabileceğinin bir göstergesidir. İçme ve kullanma sularında yönetmeliğe göre bakteriyolojik parametre değerleri 0 koloni/100 mL şeklinde belirlenmiştir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan analizler ile elde edilen değerler genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında ortalama 53 ila 5365 koloni/100 mL olarak belirlenmiştir. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile TK değerinde artış görülmektedir.

Fekal koliformlar, sıcak kanlı hayvanların fiziksel atıklarında bulunurlar ve pek çok türü, hayvan vücudu dışındaki ortamlarda, uzun süre boyunca canlılığını koruyamaz. Fekal koliformların varlığı, genelde, kaynak sularının insan veya hayvan dışkısı ile kirlendiğini gösterir. Acısu Deresi'nde ise yapılan analizler ile elde edilen değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında ortalama 5 ila 712 koloni/100 mL olarak belirlenmiştir. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile FK değerinde artış görülmektedir.

Fekal streptokoklar, genellikle insan ve hayvanların dışkısında bulunur. Kirli sularda nadiren çoğalırlar; ancak *E. coli* ve koliform bakterilerden daha dayanıklıdır. Dolayısıyla su kalitesi kontrolündeki primer değerleri, arıtma işlemlerinin etkinliğini ölçmede sekonder indikatör mikroorganizma olmalarıdır. Acısu Deresi'nde ise yapılan analizler ile elde edilen değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında ortalama 0 ila 913 koloni/100 mL olarak belirlenmiştir. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile FS değerinde artış görülmektedir.

E-coli sularda bulunması, zararlı mikroorganizmaların varlığının bir işaretidir. *Escherichia coli*, insan ve hayvan dışkısında son derece fazla miktarda bulunur. Herhangi bir şekilde fekal kontaminasyona maruz kalmış atıksu, doğal sular, toprak gibi kaynaklarda bulunabilir. İçme ve kullanma sularında yönetmeliğe göre mikrobiyolojik değerleri 0 koloni/100 mL şeklinde belirlenmiştir (MEGEP 2011). Acısu Deresi'nde ise yapılan analizler ile elde edilen değerlere göre genellikle üst ve orta akarsu bölgesindeki örnekleme noktalarında ortalama 0 ila 465 koloni/100 mL olarak belirlenmiştir. Ancak alt akarsu bölgesinde özellikle YK2 örnekleme noktası ile birlikte AAT deşarjları ile *E-coli* değerinde artış görülmektedir.

Çizelge 4.4. Acısu Deresi su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait 12 aylık ölçüm ve analiz sonuçlarının istatistiksel özeti (bakteriyolojik parametreler)

Parametre		İzleme İstasyonları											
		Acısu-8	Acısu-7	Acısu-6	Acısu-5	Acısu-4	Acısu-3	YK-3	Acısu-2	YK-2	Acısu-1	YK-1	Acısu-0
Toplam koliform (koloni/100 mL)	min	0	67	15	10	80	10	60	130	600	333	0	147
	max	187	6347	6240	12000	29280	21813	9013	27867	18240	20480	48000	24267
	ort	53	1703	1760	3256	4016	4030	1983	5365	8659	5116	9665	5097
	Sd	90	3096	2074	4103	8121	6360	2756	8293	7858	6343	17605	7517
Fekal koliform (koloni/100 mL)	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	13	60	1260	6000	2300	1513	1227	3627	6000	6000	10613	6000
	ort	5	23	317	712	452	487	240	449	1535	915	1697	697
	Sd	6	29	400	1692	634	436	355	1061	2180	1775	3944	1682
Fekal streptokok (koloni/100 mL)	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	0	0	113	44	218	609	230	102	880	238	80	383
	ort	0	0	31	17	26	93	28	17	292	59	35	41
	Sd	0	0	43	20	65	181	68	33	369	90	34	115
E-coli (koloni/100 mL)	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	0	0	80	5320	365	140	60	740	5640	5700	4480	5767
	ort	0	0	20	465	39	34	14	95	764	495	768	493
	Sd	0	0	33	1530	104	44	20	219	1845	1639	1819	1661

Acısu Deresi su kalitesi izleme verileri YSKY’de yer alan fizikokimyasal parametreler temelinde su kalite sınıflandırması tanımına göre değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelgeler 4.5-4.17’de her izleme dönemi ve yıllık ortalama değerler için sunulmaktadır. Bu tanımlamaya renk (RES 436 nm, RES 525 nm, RES 620 nm), pH, EC, ÇÖ, KOİ, BOİ₅, NH₄⁺-N, NO₃-N, TN, PO₄-P, TP, F parametreleri dahil edilmiştir. YSKY ülkemizdeki yerüstü sularının kalitesini 3 temel kategoride toplamıştır (YKSY, 2021). Acısu Deresi’nde alt akarsu bölgesindeki örnekleme noktaları ve yan kol akarsular için yıl boyunca neredeyse tamamen III. sınıf su kalitesi tanımlanmaktadır. Çizelge 4.17’ye göre orta akarsu bölgesindeki su kalitesi II. sınıf olarak değerlendirilmektedir. Üst akarsuda ise belirli dönemlerdeki değişimlerle birlikte genellikle II. sınıf su kalitesi belirlenmiştir. Yıllık ortalama su kalitesi verileri ile değerlendirme yapıldığında Acısu Deresi’nin üst akarsu bölgesindeki 7. örnekleme noktasında yüksek fosfor konsantrasyonu nedeniyle III. sınıf su kalitesi elde edilmiş olsa da üst ve orta akarsu bölgesinin II. sınıf su kalitesinde ve orta akarsu bölgesinden itibaren yan kollar ile alt akarsu bölgesi için III. sınıf su kalitesi belirlenmiştir. Yan kollar ve alt akarsu bölgesinde özellikle TP, PO₄-P, NH₄-N, BOİ₅ ve EC parametreleri su kalitesinin III. sınıf olmasında oldukça etkilidir (Çizelgeler 4.5-4.17).

Acısu Deresi’nde izleme noktalarındaki BOİ₅ konsantrasyonu 1,20 ile 16,12 mg/L arasında değişim göstermektedir. Acısu Deresi’nde akış yönünde ilerledikçe ortalama BOİ₅ konsantrasyonunun arttığı, bunun nedeninin insan kaynaklı aktivitelere bağlı olarak deşarj edilen ya da yüzey akış ile Acısu Deresi’ne ulaşan organik kirleticilerden kaynaklandığı düşünülmektedir. KOİ konsantrasyonu ise 1,92 ile 99,91 mg/L arasında değişmektedir. Yönetmeliklerde KOİ için tanımlanan su kalite sınıflandırması değerleri dikkate alındığında su kalitesi I. sınıf ile III. sınıf arasında değişmekte olup, yıllık ortalama değerler için su kalitesinin genellikle I. sınıf olduğu belirlenmiştir (Çizelgeler 4.5- 4.17).

Acısu Deresi’nde ortalama renk ölçümleri (RES 436 nm, RES 525 nm ve RES 620 nm) istasyonlar bakımından bir patern göstermekte olup Acısu 1 istasyonu için su kalitesi, tüm istasyon ve ölçüm dönemlerinde I. sınıf olarak belirlenmiştir. Fizikokimyasal parametreler içinde yer alan pH için ölçüm verileri istasyonlara bağlı olarak fazla değişim göstermemekte ve genel olarak yakın ölçüm değerleri elde edilmektedir (Çizelgeler 4.5- 4.17).

Acısu Deresi’nde elektriksel iletkenlik (EC) ölçümleri 416 ile 33620 µS/cm değerleri arasında değişim göstermekte olup genel olarak su kalitesi II. ve III. sınıf olarak belirlenmiştir (Çizelgeler 4.5-4.17). Acısu Deresi’nde mansap bölümünde akışın ters yönünde oluşan deniz suyu girişimi nedeniyle alt akarsu bölgesinde tuzlanma etkisi görülmekte ve buna bağlı olarak alt akarsu bölgesinde oldukça yüksek EC değerleri ölçülmektedir.

Acısu Deresi’nde izlenen ÇÖ konsantrasyonu değerleri 1,33 ile 17,62 mg/L değerleri arasında değişim göstermekte olup su kalitesi Acısu YK2 istasyonunda III. sınıf olarak belirlenirken diğer ölçüm istasyonları ve dönemlerinde genellikle I. ve II. sınıf olarak belirlenmektedir (Çizelgeler 4.5-4.17).

Acısu Deresi’nde izlenen NH₄-N ve NO₃-N konsantrasyonları sırasıyla 0,0008-19,42 mg/L ile 0,007-6,46 mg/L arasında değişmektedir. Yıllık ortalama değerler göz

önüne alındığında, su kalitesi I. ve II. sınıf olarak belirlenmektedir. Toplam azot konsantrasyonu 0,023 ile 24,752 mg/L arasında değişmekte olup su kalitesi TN bakımından II. ve III. sınıf olarak nitelendirilmektedir (Çizelgeler 4.5-4.17).

Acısu Deresi'nde izlenen PO₄-P konsantrasyonu değerleri 0,001 ile 2,239 mg/L arasında değişim göstermekte olup genel olarak bu parametre açısından su kalitesi II. sınıf ve III. sınıf olarak değerlendirilmektedir. Toplam fosfor konsantrasyonu ise 0,010 ile 5,335 mg/L arasında değişmektedir ve su kalitesi sınıfı TP bakımından II. ve III. sınıf olarak nitelendirilmektedir (Çizelgeler 4.5-4.17).

Acısu Deresi'nde izlenen florür konsantrasyonu değerleri 10 ile 2921 µg/L arasında değişmekte olup su kalitesi sadece 11 ve 12. ölçüm dönemlerinde III. sınıf olarak belirlenirken diğer ölçüm dönemlerindeki su kalitesi genellikle I. sınıf olarak belirlenmektedir (Çizelgeler 4.5-4.17).



Çizelge 4.5. 1.Dönem (Eylül 2020) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ ⁻ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	Kuru											
Acısu 7												
Acısu 6	7,96	495	7,98	15,98	11,50	0,2467	0,6314	0,947		0,054	317,9	III
Acısu 5	8,00	484	9,25	3,63		0,0301	0,7584	0,840		0,060	362,5	II
Acısu 4	8,02	480	8,56	8,07	2,70	0,0214	0,8950	0,986		0,070	363,3	II
Acısu 3	8,09	489	8,44	5,53		0,0245	0,9106	1,021		0,088	286,7	II
Acısu YK3	8,07	480	9,02	12,81	3,80	0,2741	0,8446	1,204		0,126	264,1	II
Acısu 2	8,17	535	7,6	12,85	1,20	0,0061	0,9649	0,993		0,100	279,5	II
Acısu YK2	7,91	700	4,61	5,02	3,80	0,2323	1,3529	1,983	0,2828	0,530	206,8	III
Acısu 1	7,97	4824	6,88			0,2054	0,9328	1,211		0,001	976,7	III
Acısu YK1	Kuru											
Acısu 0	8,00	33620	7,86		8,84	0,3237	2,3617	2,853		0,001	1133	III

Çizelge 4.6. 2.Dönem (Ekim 2020) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ ⁻ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	Kuru														
Acısu 7															
Acısu 6	0,020	0,003	0,000	8,37	474	9,39	13,70	5,01	0,0050	0,7969	0,923	0,0363	0,049	185,0	II
Acısu 5	0,031	0,002	0,000	8,49	467	9,9	16,07		0,0108	0,9392	1,093	0,0360	0,058	175,2	II
Acısu 4	0,007	0,000	0,000	8,54	487	9,17	6,18	2,66	0,0294	1,2064	1,432	0,0369	0,038	178	II
Acısu 3	0,029	0,000	0,000	8,31	485	9,05	15,06		0,0193	1,0156	1,190	0,0322	0,040	195,0	II
Acısu YK3	0,031	0,000	0,003	8,51	482	10,75	30,11	4,01	0,0119	1,0459	1,227	0,0508	0,066	197,0	II
Acısu 2	0,013	0,000	0,000	8,25	1827	8,32		2,42	0,0016	1,1009	1,305	0,0551	0,072	169,2	III
Acısu YK2	0,034	0,001	0,001	8,07	648	3,53	29,79	4,90	0,5475	1,8770	2,888	1,1903	1,555	177,1	III
Acısu 1	0,01	0,000	0,000	8,24	5610	6,82			0,0016	0,7471	1,060	0,2564	0,335	384,8	III
Acısu YK1	0,03	0,000	0,000	8,50	2334	10,59			0,0016	0,7826	1,380	0,0760	0,099	175,4	III
Acısu 0	0,001	0,000	0,000	8,23	8295	7,56		9,80	0,0016	0,9714	1,119	0,3558	0,465	446,0	III

Çizelge 4.7. 3.Dönem (Aralık 2020) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	Kuru														
Acısu 7															
Acısu 6	Akış yok														
Acısu 5	0,002	0,000	0,000	8,39	464	10,26	4,55		0,0964	1,1639	1,458	0,0242	0,076	171,9	II
Acısu 4	0,011	0,000	0,000	8,34	550	9,33	13,12	3,09	0,1186	4,9947	5,884	0,0570	0,092	170,8	II
Acısu 3	0,016	0,003	0,001	8,21	490	9,51	12,21		0,2130	1,0086	1,423	0,0405	0,072	176,7	II
Acısu YK3	0,015	0,000	0,000	8,36	502	10,56	9,33	8,61	0,0617	1,7526	2,108	0,0706	0,073	193,9	III
Acısu 2	0,006	0,005	0,000	8,34	2096	10,39	2,69		0,0016	0,7356	0,890	0,0267	0,038	179,7	III
Acısu YK2	0,018	0,003	0,000	7,93	760	3,99	10,70	9,91	0,6881	3,0421	4,752	2,2394	5,335	107,8	III
Acısu 1	0,002	0,000	0,000	8,09	8771	7,88	13,64		0,0016	1,2945	1,729	0,3195		163,5	III
Acısu YK1	0,007	0,000	0,000	8,19	4364	9,73	25,48		0,0016	1,7545	2,072	0,0772	0,186	9,7	III
Acısu 0	0,001	0,001	0,000	8,08	9503	7,80	15,25	6,45	0,0016	1,4803	1,972	0,2807		248,4	III

Çizelge 4.8. 4.Dönem (Ocak 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ ⁻ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	0,009	0,008	0,009	8,32	496	10,42	3,77		0,0068	0,4529	0,529	0,0040	0,034	37,2	II
Acısu 7	0,008	0,007	0,008	8,25	569	10,18	7,36		0,0127	5,6770	6,069	0,0050	0,023	121	II
Acısu 6	0,014	0,012	0,012	8,11	641	9,83	6,28	1,39	0,0069	6,4577	6,905	0,0060	0,025	168	II
Acısu 5	0,022	0,019	0,018	8,09	719	9,66	7,72		0,0280	5,3681	5,771	0,0210	0,035	201,7	II
Acısu 4	0,032	0,027	0,025	8,03	652	9,49	15,43	2,33	0,0548	4,4159	4,793	0,0370	0,060	221,6	II
Acısu 3	0,084	0,076	0,073	8,05	557	9,68	10,59		0,1976	2,6533	3,073	0,0240	0,045	262,5	II
Acısu YK3	0,027	0,023	0,021	8,25	663	9,93	9,15	3,27	0,0251	5,2832	5,685	0,0310	0,065	286,6	II
Acısu 2	0,007	0,006	0,005	8,12	800	8,33	6,64		0,1031	1,0747	4,327	0,0540	0,108	93,8	II
Acısu YK2	0,021	0,016	0,014	7,96	1137	1,36	11,49	7,21	2,3688	4,2993	7,444	0,7005	0,784	362,2	III
Acısu 1	0,092	0,082	0,077	8,04	2780	6,38	25,13		0,2774	3,5404	4,133	0,1279	0,174	159,8	III
Acısu YK1	Akış yok														
Acısu 0	0,099	0,087	0,081	8,12	3576	6,59	39,48	6,79	0,3488	4,4080	5,140	0,1549	0,185	202,8	III

Çizelge 4.9. 5.Dönem (Şubat 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ ⁻ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	0,008	0,008	0,009	8,41	465	10,5	7,31	3,55	0,0016	0,1989	0,288	0,0040	0,581	53	III
Acısu 7	0,022	0,021	0,020	8,47	511	10,46	4,55	2,21	0,0300	3,5381	4,575	0,0080	1,059	89,4	III
Acısu 6	0,010	0,009	0,009	8,43	583	9,87	6,92	3,36	0,0016	3,8808	4,961	0,0040	0,028	65,1	II
Acısu 5	0,078	0,069	0,063	8,60	441	10,39	7,86	3,82	0,0133	2,8328	3,645	0,0380	0,055	83,7	II
Acısu 4	0,063	0,056	0,053	8,64	595	9,86	5,20	3,79	0,0162	3,6526	4,702	0,0470	0,058	96,9	II
Acısu 3	0,061	0,054	0,050	8,57	617	9,63	6,28	3,36	0,0383	3,5037	4,547	0,0580	0,070	101,5	II
Acısu YK3	0,056	0,049	0,045	7,59	609	10	8,61	2,18	0,0253	3,9820	5,130	0,0490	0,161	104,7	II
Acısu 2	0,053	0,046	0,042	8,70	656	9,1	4,12	3,06	0,0518	3,6940	4,808	0,0470	0,067	115,6	II
Acısu YK2	0,033	0,027	0,024	7,58	1142	1,33	11,83	11,24	6,2448	3,3206	12,483	0,7725	0,935	178,4	III
Acısu 1	0,050	0,042	0,038	8,44	2416	7,57	23,59	4,15	0,6694	2,5634	4,120	0,1579	0,185	154,3	III
Acısu YK1	0,072	0,058	0,051	8,48	1062	6,98	16,85	6,58	0,1033	1,8464	2,427	0,0490	0,093	15,3	III
Acısu 0	0,051	0,043	0,040	8,43	2770	7,63	27,97	4,18	0,6562	3,3784	5,296	0,1449	0,279	110,4	III

Çizelge 4.10. 6. Dönem (Mart 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	0,002	0,003	0,004	8,36	483	10,21	1,92	1,82	0,0855	0,0288	0,131	0,0016	0,023	38,2	II
Acısu 7	0,005	0,006	0,007	8,40	542	10,44	8,36	1,67	0,0056	2,6607	2,750	0,0020	0,027	61,6	II
Acısu 6	0,015	0,014	0,015	8,32	633	9,46	11,32	8,15	0,0016	4,4235	4,972	0,0055	0,031	66,2	III
Acısu 5	0,015	0,014	0,014	8,33	426	10,55	6,44	2,48	0,0063	3,0669	3,170	0,0120	0,039	125,9	II
Acısu 4	0,035	0,033	0,031	8,36	559	9,42	14,10	5,61	0,0168	2,4221	2,590	0,0175	0,065	139,9	II
Acısu 3	0,032	0,030	0,029	8,40	495	9,3	11,49	6,15	0,0094	1,2565	1,610	0,0010	0,049	139,6	II
Acısu YK3	0,025	0,023	0,023	8,50	455	10,74	17,24	3,39	1,7305	1,2441	3,339	0,0195	0,052	157,2	III
Acısu 2	0,027	0,024	0,023	8,41	592	9,84	4,70	3,67	0,0891	1,1814	1,560	0,0223	0,059	151,2	II
Acısu YK2	0,039	0,033	0,030	7,81	867	4,19	21,27	16,12	19,4222	2,1174	24,752	0,3728	0,549	603	III
Acısu 1	0,024	0,021	0,019	8,19	7527	9,25	17,93	4,67	4,4919	4,8521	10,471	0,0670	0,088	259,7	III
Acısu YK1	0,051	0,044	0,040	8,19	2086	10,23	24,19	13,15	10,1658	1,3277	12,877	0,0018	0,084	324	III
Acısu 0	0,028	0,024	0,023	8,36	10039	9,28	10,76	4,94	4,3776	1,4401	6,520	0,1059	0,147	302	III

Çizelge 4.11. 7. Dönem (Nisan 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	0,005	0,006	0,007	8,52	500	9,58	4,90	3,00	0,0008	0,0074	0,023	0,0025	0,012	20,3	II
Acısu 7	0,011	0,011	0,011	8,46	544	10,55	7,73	4,06	0,0008	1,7801	1,880	0,0030	0,010	43,4	II
Acısu 6	Akış yok														
Acısu 5	0,020	0,019	0,019	8,43	434	10,15	9,43	3,61	0,0064	0,6106	0,695	0,0070	0,026	91,7	II
Acısu 4	0,057	0,051	0,048	8,33	467	9,16	22,18	5,94	0,0231	1,5116	1,780	0,0360	0,059	108,3	II
Acısu 3	0,039	0,036	0,034	8,36	433	9,86	9,37	4,85	0,0167	0,8992	1,080	0,0233	0,025	93,6	II
Acısu YK3	0,015	0,013	0,013	8,51	487	12,29	7,46	5,91	0,0012	2,1820	2,310	0,1099	0,174	111,2	II
Acısu 2	0,069	0,063	0,059	8,38	626	9,80	9,80	6,00	0,0123	1,6250	1,850	0,0410	0,074	119,1	II
Acısu YK2	Akış yok														
Acısu 1	0,026	0,023	0,021	8,26	6719	9,79	13,39	6,91	1,7982	1,7057	4,008	0,0869	0,128	304,2	III
Acısu YK1	Akış yok														
Acısu 0	0,030	0,026	0,023	8,25	7066	9,83	19,12	4,88	0,7866	1,7882	2,917	0,0740	0,098	294	III

Çizelge 4.12. 8. Dönem (Mayıs 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ ⁻ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	Kuru														
Acısu 7															
Acısu 6	0,042	0,034	0,031	8,23	442	9,23	6,43	6,30	0,0186	0,613	0,932	0,0116	0,054	111,5	II
Acısu 5	0,024	0,017	0,014	8,45	705	8,53		5,94	0,0342			0,1359	0,178	138,4	II
Acısu 4	0,074	0,063	0,056	8,35	476	8,31	6,34	6,21	0,0163	1,389	1,650	0,0350	0,090	138,5	II
Acısu 3	0,032	0,026	0,023	8,34	445	9,22	4,65	4,42	0,0209	0,573	0,730	0,0160	0,062	149,3	II
Acısu YK3	0,013	0,010	0,080	8,21	465	17,62	6,34	6,30	0,0084	2,133	2,290	0,1775	0,198	127,7	III
Acısu 2	0,025	0,019	0,016	8,36	625	7,95	6,34	5,94	0,0861	0,702	0,946	0,0265	0,104	125,7	II
Acısu YK2	0,038	0,028	0,023	7,88	845	2,67	16,91	13,27	1,6641	0,713	2,440	1,3338	1,630	111,7	III
Acısu 1	0,038	0,032	0,029	8,25	6390	6,89	8,46	7,79	0,0085	0,669	0,909	0,1119	0,145	280,4	III
Acısu YK1	Akış yok														
Acısu 0	0,035	0,027	0,023	8,24	8625	7,53	16,06	7,52	0,0140	0,568	1,060	0,1249	0,152	212	III

Çizelge 4.13. 9. Dönem (Temmuz 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ ⁻ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	Kuru														
Acısu 7															
Acısu 6															
Acısu 5	0,021	0,015	0,011	8,26	492	9,27	8,05	4,79	0,0241	1,246	1,510	0,0124	0,166	130,7	II
Acısu 4	0,075	0,065	0,057	8,30	456	8,64	7,28	6,55	0,0567	1,111	1,330	0,0196	0,084	177,9	II
Acısu 3	0,072	0,063	0,058	8,12	458	8,72	10,73	3,52	0,0800	1,058	1,370	0,0440	0,120	179,2	II
Acısu YK3	0,034	0,027	0,022	8,42	468	10,68	11,50	4,79	0,0163	0,868	1,140	0,0121	0,096	151,8	II
Acısu 2	0,037	0,030	0,026	8,18	917	6,93	5,75	5,00	0,0272	0,926	1,220	0,0130	0,105	170,3	II
Acısu YK2	0,045	0,035	0,029	8,04	853	2,01	16,87	12,36	1,7619	1,599	4,080	0,1578	0,317	169,8	III
Acısu 1	0,028	0,020	0,015	8,15	5320	7,41	34,50	9,03	0,9955	1,858	2,983	0,0871	0,136	1080,0	III
Acısu YK1	Akış yok														
Acısu 0	0,027	0,020	0,016	8,21	6320	7,64	26,84	8,67	0,8301	1,820	2,823	0,0939	0,158	1145,1	III

Çizelge 4.14. 10. Dönem (Ağustos 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ ⁻ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	Kuru														
Acısu 7															
Acısu 6	0,026	0,023	0,023	8,40	455	7,77	10,64	3,70	0,0269	0,526	0,656	0,0040	0,074	134,5	II
Acısu 5	0,031	0,027	0,025	8,36	489	7,87	19,44	7,03	0,0064	0,996	1,250	0,0105	0,110	126	II
Acısu 4	0,093	0,085	0,081	8,39	444,1	7,53	18,35	4,27	0,0461	0,666	0,879	0,0330	0,170	134,5	II
Acısu 3	0,072	0,066	0,061	8,44	488	6,93	9,88	3,58	0,0413	0,828	1,123	0,0350	0,126	162,7	II
Acısu YK3	0,039	0,036	0,034	8,42	478	7,55	10,75	4,03	0,0214	0,858	1,050	0,0130	0,078	150,1	II
Acısu 2	0,036	0,031	0,028	8,19	2099	6,93	25,24	4,30	0,0018	0,962	1,290	0,0205	0,101	149	III
Acısu YK2	Akış yok														
Acısu 1	0,026	0,022	0,020	8,18	6510	7,10	83,00	8,88	0,0018	1,582	2,227	0,3768	0,384	717,9	III
Acısu YK1	0,034	0,030	0,028	8,31	7290	6,61	99,91	6,48	0,0155	0,257	0,455	0,0270	0,149	405,5	III
Acısu 0	0,019	0,015	0,014	8,20	8280	6,02	89,73	6,85	0,0016	1,236	2,195	0,2468	0,302	689,2	III

Çizelge 4.15. 11. Dönem (Eylül 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ ⁻ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	Kuru														
Acısu 7															
Acısu 6	0,030	0,027	0,025	8,40	415,9	8,60	13,04	7,52	0,0370	0,505	0,671	0,0101	0,027	316,5	II
Acısu 5	0,050	0,045	0,042	8,56	474,7	8,10	6,52	5,61	0,0221	1,148	1,240	0,0150	0,039	258,2	II
Acısu 4	0,113	0,103	0,097	8,34	468	7,80	7,45	4,18	0,0726	1,016	1,210	0,08560	0,064	249,8	II
Acısu 3	0,102	0,093	0,086	8,41	466	7,65	8,38	4,73	0,0687	0,827	0,999	0,0645	0,084	226,4	II
Acısu YK3	0,080	0,073	0,068	8,47	479	8,04	14,90	3,42	0,0502	1,109	1,190	0,0285	0,081	201,8	II
Acısu 2	0,066	0,057	0,052	8,39	1467	6,66	18,63	5,48	0,0551	1,037	1,571	0,0343	0,068	321,4	III
Acısu YK2	0,087	0,076	0,069	8,24	766	3,63	24,22	7,76	0,2077	1,431	2,880	1,4690	1,866	178,0	III
Acısu 1	0,035	0,028	0,025	8,32	4154	6,26	37,26	6,15	0,2074	1,164	2,807	0,2313	0,233	1747,5	III
Acısu YK1	0,046	0,037	0,032	8,48	1845	7,06	13,97	12,06	0,1020	0,276	1,044	0,0123	0,062	1035,3	III
Acısu 0	0,033	0,027	0,023	8,30	5340	6,30	55,89	7,70	0,9929	0,921	2,158	0,2488	0,282	816,4	III

Çizelge 4.16. 12. Dönem (Ekim 2021) izleme sonuçlarının YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre değerlendirilmesi

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ ⁻ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Nihai Sınıf
Acısu 8	Kuru														
Acısu 7															
Acısu 6															
Acısu 5	0,010	0,008	0,007	8,49	431	10,45	12,11	7,42	0,0121	0,622	0,650	0,0040	0,045	258,2	II
Acısu 4	0,033	0,029	0,027	8,36	436	9,95	10,06	3,61	0,0151	0,682	0,715	0,0110	0,024	249,8	II
Acısu 3	0,045	0,040	0,036	8,33	440	9,84	10,25	3,36	0,0204	0,951	1,030	0,0250	0,042	226,4	II
Acısu YK3	0,026	0,023	0,022	8,36	429	10,94	14,81	3,42	0,0076	0,650	0,670	0,0110	0,074	201,8	II
Acısu 2	Akış yok														
Acısu YK2															
Acısu 1	0,019	0,015	0,012	7,87	5823	6,86	23,29	9,52	1,2618	2,900	12,810	0,5346	0,552	1747,5	III
Acısu YK1	Akış yok														
Acısu 0	0,023	0,018	0,016	8,04	7408	8,15	27,94	11,09	0,3592	2,760	8,145	0,1519	0,221	816,4	III

Çizelge 4.17. Acısu Deresi için yıllık ortalama izleme verileri ile belirlenen nihai su kalite sınıfları

İzleme istasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	EC (µS/cm)	ÇO (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	TP (mg/L)	F (µg/L)	Yıllık Ortalama Nihai Sınıf
Acısu 8	0,006	0,006	0,007	8,40	486	10,18	4,47	2,788	0,024	0,173	0,243	0,003	0,163	37,175	II
Acısu 7	0,012	0,011	0,012	8,40	542	10,41	7,00	2,646	0,012	3,414	3,819	0,004	0,280	78,925	III
Acısu 6	0,022	0,017	0,016	8,28	517	9,02	10,54	5,867	0,043	2,229	2,621	0,011	0,043	170,588	II
Acısu 5	0,028	0,021	0,019	8,37	502	9,53	9,26	5,087	0,024	1,705	1,938	0,029	0,074	177,008	II
Acısu 4	0,054	0,047	0,043	8,33	506	8,94	11,15	4,245	0,041	1,997	2,329	0,035	0,073	185,767	II
Acısu 3	0,053	0,044	0,041	8,30	489	8,99	9,54	4,247	0,063	1,290	1,600	0,033	0,069	183,300	II
Acısu YK3	0,033	0,025	0,030	8,31	500	10,68	12,75	4,429	0,186	1,829	2,279	0,052	0,104	178,992	II
Acısu 2	0,034	0,028	0,025	8,32	1113	8,35	9,68	4,119	0,040	1,273	1,887	0,034	0,081	170,409	III
Acısu YK2	0,039	0,027	0,024	7,94	858	3,04	16,46	9,619	3,682	2,195	7,078	0,947	1,500	232,756	III
Acısu 1	0,032	0,026	0,023	8,17	5570	7,42	28,02	7,136	0,827	1,984	4,039	0,214	0,215	664,693	III
Acısu YK1	0,040	0,028	0,025	8,36	3164	8,53	36,08	9,568	1,732	1,041	3,376	0,041	0,112	327,533	III
Acısu 0	0,032	0,026	0,024	8,21	9237	7,68	32,91	7,309	0,724	1,928	3,516	0,180	0,208	534,640	III

4.1.2. Tek Yönlü ANOVA Analizi Sonuçları

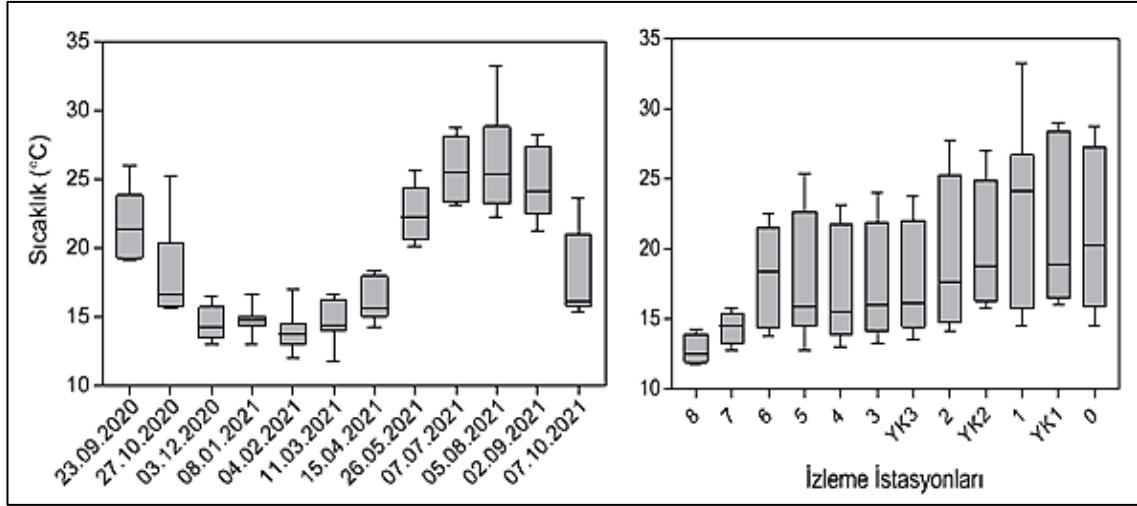
Çalışma kapsamında su kalitesi izleme çalışması ile elde edilen ham veri setine varyans analizi (tek yönlü ANOVA) uygulanarak nehirdeki mekânsal ve zamansal değişimlerin su kalitesi üzerine etkisi olup olmadığı test edilmiştir. Normal dağılım göstermeyen veri setlerinin varyansı parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi ile, normal dağılımlı veri setlerinin varyansı ise tek yönlü ANOVA testi kullanılarak belirlenmiştir. Kruskal-Wallis testi istatistiksel sonuçları ki-kare (x^2), anlamlılık (p) ve serbestlik derecesi (df) kullanılarak gösterilmektedir. Varyans analizinde önemli sonuçlar elde edilirse, farkın kaynağı Kruskal Wallis testi ile analiz edilen veri setleri için Dunn çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir. Tek yönlü ANOVA testi ile analiz edilen veri setleri için Tukey testi benimsenmektedir. Mekânsal ve zamansal su kalitesi değişimlerindeki farklılıkları gözlemlemek için Post-Hoc testlerinden faydalanılmıştır. Varyansın eşitliğinin sağlandığı parametreler için Tukey, sağlanmadığı parametreler için ise Dunn testi kullanılmıştır.

Tek yönlü ANOVA analizi sonucunda su kalitesi izleme verilerinin zamansal ve mekânsal olarak anlamlı oranda değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. İncelenen parametreler içerisinde T, pH, ÇÖ, %ÇÖ, FNU, AKM, Ca^{2+} , F, K, $BOİ$, $KOİ$, NH_4^+-N , NO_2-N , NO_3-N , TN, TP parametrelerine ait sonuçlar hem mekânsal hem de zamansal olarak değişim gösterirken ($p<0,05$); EC, S, Mg^{2+} , Cl, Br, Na^+ , SO_4^{2-} , TOK, PO_4^{3-} parametrelerine ait sonuçlar sadece mekânsal; Chl-a, Alk., HCO_3 , T.K., F.K., F.S., E.coli parametrelerine ait sonuçlar ise sadece zamansal olarak değişim göstermiştir ($p<0,05$).

Sonuç olarak, Acısu Deresi'ndeki su kalitesi izleme verilerinin mekânsal ve zamansal olarak değişim gösterdiği ve parametrelerin varyans değerleri dikkate alınarak benzer istasyonların gruplandırılabilceği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, çalışma kapsamında faydalanılan tek değişkenli istatistiksel teknikler; parametreler arasında korelasyonlar bulunan çok değişkenli veri setlerini değerlendirmek için yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle Acısu Deresi'ndeki su kalitesinin zamansal ve mekânsal değişiminin incelenmesinde çok değişkenli istatistiksel yöntemler olan CA ve TBA yöntemleri de kullanılmış olup tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarından araştırmaya yol göstermesi ve ön değerlendirme yapılması için faydalanılmıştır.

4.1.2.1. Sıcaklık

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük su sıcaklığı Mart 2021 döneminde ($11,81\text{ }^{\circ}\text{C}$) İst-8'de ölçülmüştür. En yüksek su sıcaklığı ise ($33,30\text{ }^{\circ}\text{C}$) İst-1'de hava sıcaklıklarının da yüksek olduğu Ağustos 2021 döneminde ölçülmüştür. İstasyonlardaki ortalama su sıcaklıkları $12,79 \pm 1,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $22,27 \pm 6,22\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.1 ve Çizelge 4.18). Çizelge 4.18'de sıcaklık için minimum (Min), maksimum (Max), ortalama (Ort) ve standart sapma (SS) değerleri sunulmaktadır. Acısu Deresi'nde su sıcaklığının aylara ve istasyonlara göre sergilediği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $F_{(11, 102)} = 41,20$ ve $2,40$; $p<0,0001$ ve $p=0,0108$).



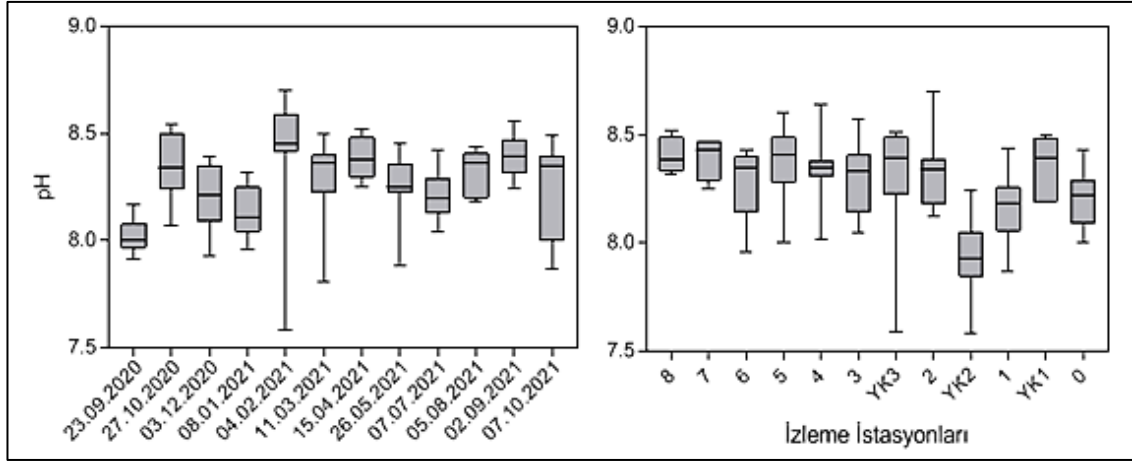
Şekil 4.1. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre su sıcaklığının (°C) değişimi

Çizelge 4.18. Araştırma döneminde su sıcaklığının (°C) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	11,8 1	12,7 4	13,7 0	12,7 1	12,9 8	13,2 3	13,53	14,1 8	15,73	14,4 5	15,95	14,5 2
Ma x	14,2 5	15,7 5	22,5 0	25,4 0	23,1 0	24,0 0	23,80	27,8 0	27,00	33,3 0	29,00	28,8 0
Ort	12,7 9	14,3 8	18,1 3	18,1 3	17,2 9	17,7 3	17,77	19,7 8	20,38	22,2 6	21,29	21,4 5
Sd	1,11	1,25	3,85	4,59	3,86	4,06	3,91	5,22	4,58	6,22	5,95	5,61

4.1.2.2. pH

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020-Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük pH değeri 7,58 olarak İst-YK2'de Şubat 2021 döneminde ve en yüksek pH değeri 8,70 olarak İst-2'de Şubat 2021 döneminde ölçülmüştür. İstasyonlarda ortalama pH değerleri $7,94 \pm 0,18$ ile $8,40 \pm 0,10$ arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.2 ve Çizelge 4.19). Acısu Deresi'nde pH değerinin aylara ve istasyonlara göre sergilediği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $F_{(11, 102)} = 3,750$ ve $4,81$; $p = 0,0002$ ve $p < 0,0001$).



Şekil 4.2. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre pH değişimi

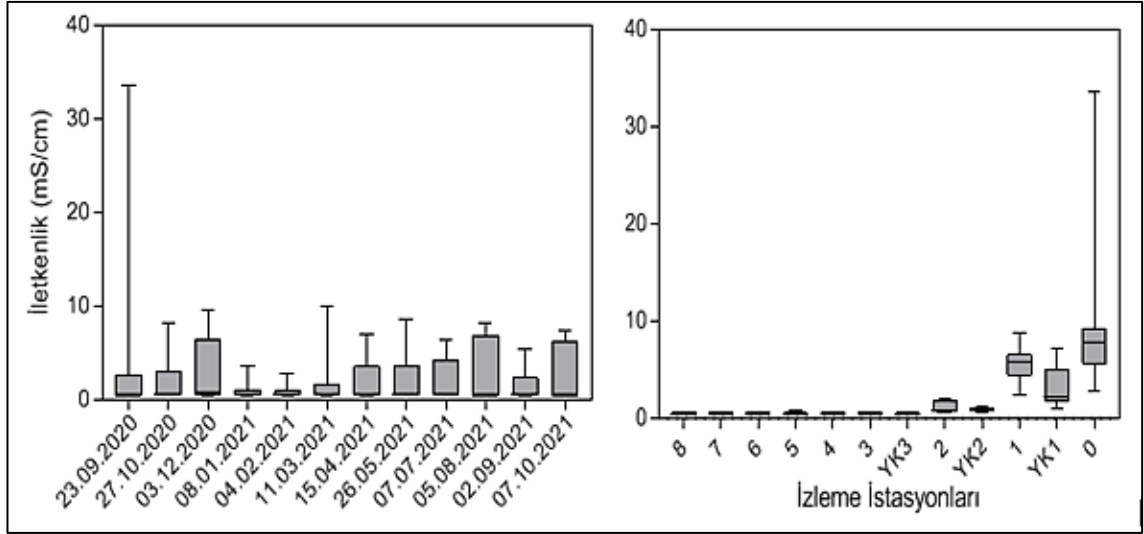
Çizelge 4.19. Araştırma döneminde pH'ın istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	8,32	8,25	7,96	8,00	8,02	8,05	7,59	8,12	7,58	7,87	8,19	8,00
Max	8,52	8,47	8,43	8,60	8,64	8,57	8,51	8,70	8,24	8,44	8,50	8,43
Ort	8,40	8,40	8,28	8,37	8,33	8,30	8,31	8,32	7,94	8,17	8,36	8,21
Sd	0,09	0,10	0,17	0,18	0,17	0,16	0,26	0,16	0,18	0,16	0,15	0,13

4.1.2.3. Elektriksel İletkenlik

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük elektriksel iletkenlik değeri 0,416 mS/cm olarak İst-6'da Eylül 2021 döneminde ve en yüksek elektriksel iletkenlik değeri 33,62 mS/cm değeri ile İst-0'da Eylül 2020 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarında ortalama elektriksel iletkenlik değerleri $0,486 \pm 0,016$ mS/cm ile $9,237 \pm 7,995$ mS/cm arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.3 ve Çizelge 4.20).

Acısu Deresi'nde elektriksel iletkenliğin aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=5,929$; $p=0,878$). Bununla birlikte elektriksel iletkenliğin istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=88,85$; $p<0,0001$).



Şekil 4.3. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre elektriksel iletkenlik değerlerinin (mS/cm) değişimi

Çizelge 4.20. Araştırma döneminde elektriksel iletkenliğin (mS/cm) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

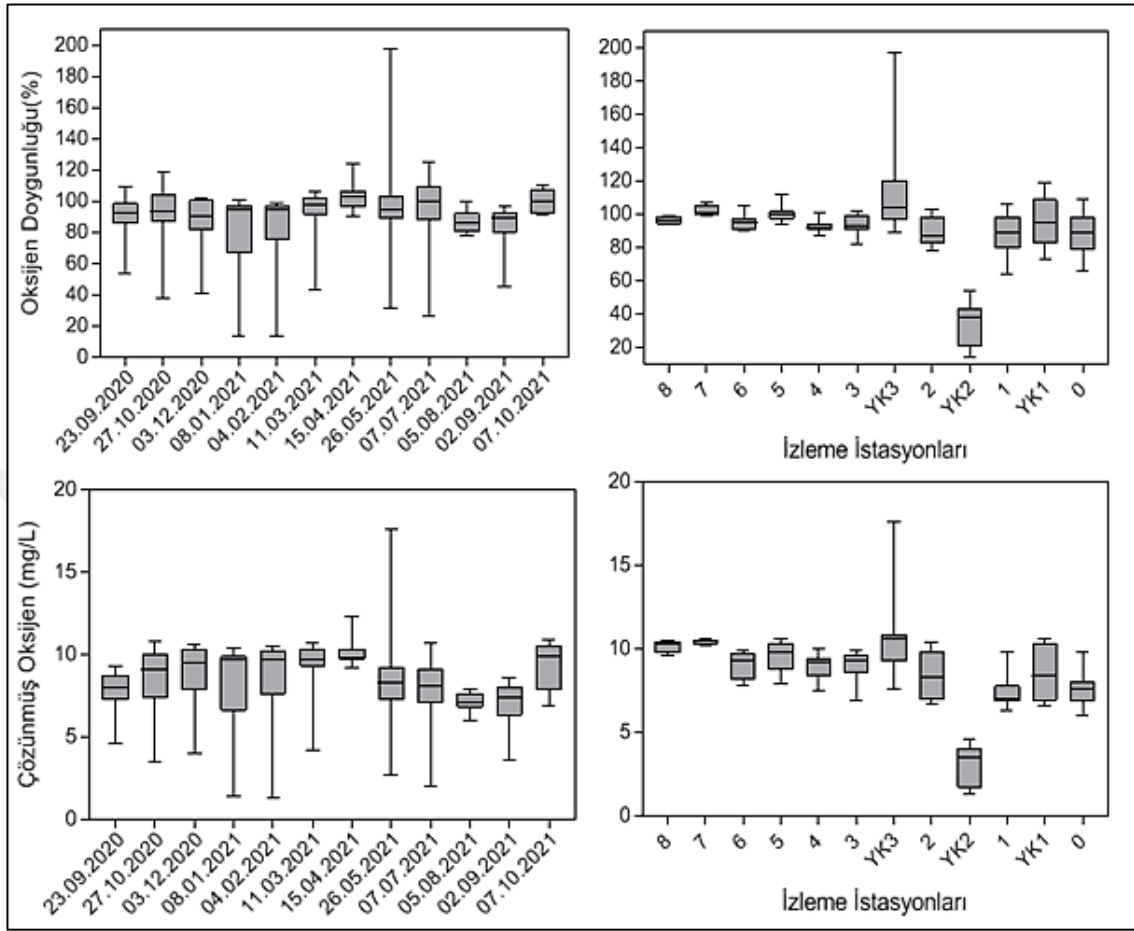
	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,465	0,511	0,416	0,426	0,436	0,433	0,429	0,535	0,648	2,416	1,062	2,770
Max	0,500	0,569	0,641	0,719	0,652	0,617	0,663	2,099	1,142	8,771	7,290	33,620
Ort	0,486	0,542	0,517	0,502	0,506	0,489	0,500	1,113	0,858	5,570	3,164	9,237
Sd	0,016	0,024	0,089	0,101	0,067	0,052	0,067	0,632	0,175	1,843	2,301	7,995

4.1.2.4. Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonu ve Doygunluğu

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu 1,33 mg/L olarak İst-YK2'de Şubat 2021 döneminde ve en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu 17,62 mg/L olarak İst-YK3'te Mayıs 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarında ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonu değerleri $3,04 \pm 1,24$ mg/L ile $10,68 \pm 2,55$ mg/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.4 ve Çizelge 4.21).

Acısu Deresi'nde Eylül 2020 ve Eylül 2021 ayları arasında 12 örnekleme noktasında yürütülen izleme çalışması süresince en düşük ÇO doygunluğu %13,50 olarak İst-YK2'de Şubat 2021 döneminde ve en yüksek oksijen doygunluğu %197,30 olarak İst-YK3'te Mayıs 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarında ortalama ÇO doygunluğu değerleri $\%33,97 \pm 13,88$ ile $\%112,24 \pm 29,09$ arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.4 ve Çizelge 4.21). Acısu Deresi'nde çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının ve doygunluğunun aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=35,05$ ve $24,34$; $p=0,0002$ ve $0,0114$). Çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve doygunluğunun istasyonlar arasında gösterdiği

farklılıklar istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=64,82$ ve 48,53; $p<0,0001$).



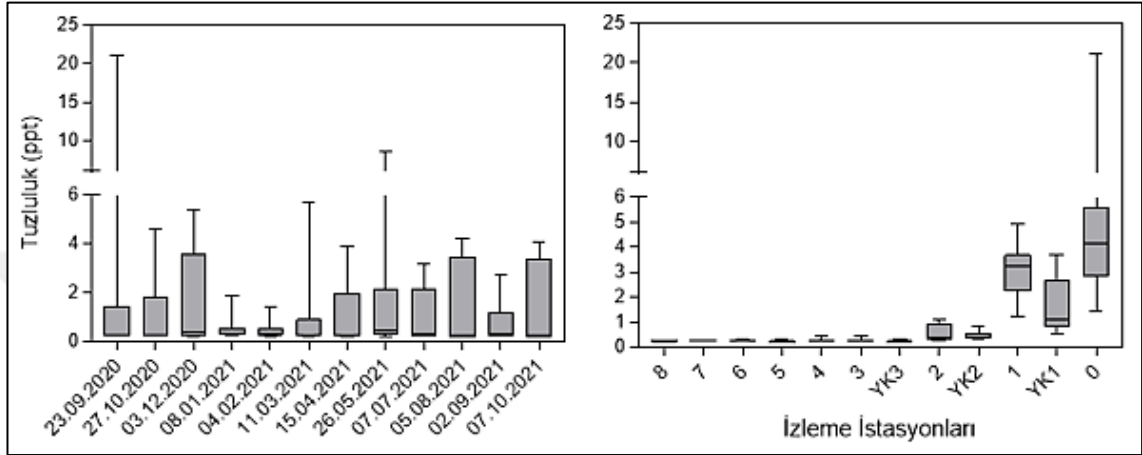
Şekil 4.4. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre ÇO doygunluğu (%) ve ÇO konsantrasyon değerlerinin (mg/L) değişimi

Çizelge 4.21. Araştırma döneminde ÇO doygunluğu (%) ve ÇO konsantrasyonu (mg/L) değerlerinin istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

ÇO Doyg.	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	93,60	98,80	89,80	94,20	86,60	82,30	89,30	77,70	13,50	63,50	72,50	66,20
Max	99,10	106,50	105,00	112,00	100,80	102,10	197,30	103,00	53,90	106,40	119,10	109,10
Ort	96,20	101,98	95,13	100,34	92,66	93,81	112,24	89,61	33,97	88,22	95,58	88,83
Sd	2,58	3,30	4,87	4,89	4,16	5,78	29,09	8,59	13,88	12,53	16,32	13,24
ÇO												
Min	9,58	10,18	7,77	7,87	7,53	6,93	7,55	6,66	1,33	6,26	6,61	6,02
Max	10,50	10,55	9,87	10,55	9,95	9,86	17,62	10,39	4,61	9,79	10,59	9,83
Ort	10,18	10,41	9,02	9,53	8,94	8,99	10,68	8,35	3,04	7,42	8,53	7,68
Sd	0,42	0,16	0,81	0,94	0,77	0,91	2,55	1,29	1,24	1,09	1,83	1,10

4.1.2.5. Tuzluluk

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük tuzluluk değeri 0,20 ppt olarak orta akarsu bölümü örnekleme noktalarında (İst-3, İst-4, İst-5, İst-6 ve İst-YK3) yaz aylarında (Temmuz ve Ağustos 2021) ve en yüksek tuzluluk değeri akarsuyun mansap noktasında (İst-0) Eylül 2020 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama tuzluluk değerleri $0,23 \pm 0,038$ ppt ile $5,85 \pm 9,949$ ppt arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.5 ve Çizelge 4.22).



Şekil 4.5. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre tuzluluğun (ppt) değişimi

Çizelge 4.22. Araştırma döneminde tuzluluk (ppt) değerlerinin istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

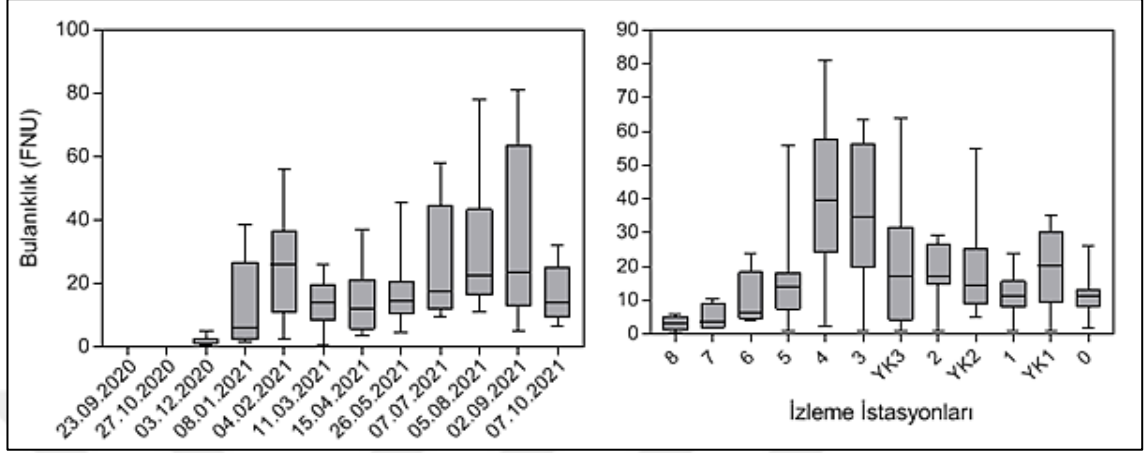
	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,23	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,26	0,32	1,25	0,53	1,45
Max	0,24	0,28	0,31	0,35	0,48	0,45	0,32	1,08	0,84	4,92	3,70	21,04
Ort	0,24	0,26	0,25	0,23	0,26	0,25	0,23	0,57	0,47	3,05	1,62	5,57
Sd	0,006	0,013	0,047	0,053	0,078	0,069	0,038	0,310	0,166	1,082	1,186	5,229

Acısu Deresi'nde tuzluluğun aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=7,609$; $p=0,7478$). Bununla birlikte tuzluluğun istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=88,33$; $p<0,0001$).

4.1.2.6. Bulanıklık

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük bulanıklık değeri 0,52 FNU olarak İst-8'de Mart 2021 döneminde ve en yüksek bulanıklık değeri İst-4'te 81,00 FNU olarak Eylül 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama bulanıklık değerleri $3,20 \pm$

2,27 FNU ile $41,14 \pm 24,55$ FNU arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.6 ve Çizelge 4.23). Acısu Deresi’nde bulanıklığın aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(10)=33,10$; $p=0,0001$ ve $F_{(11, 83)}= 4,41$; $p<0.0001$).



Şekil 4.6. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre bulanıklık (FNU) değişimi

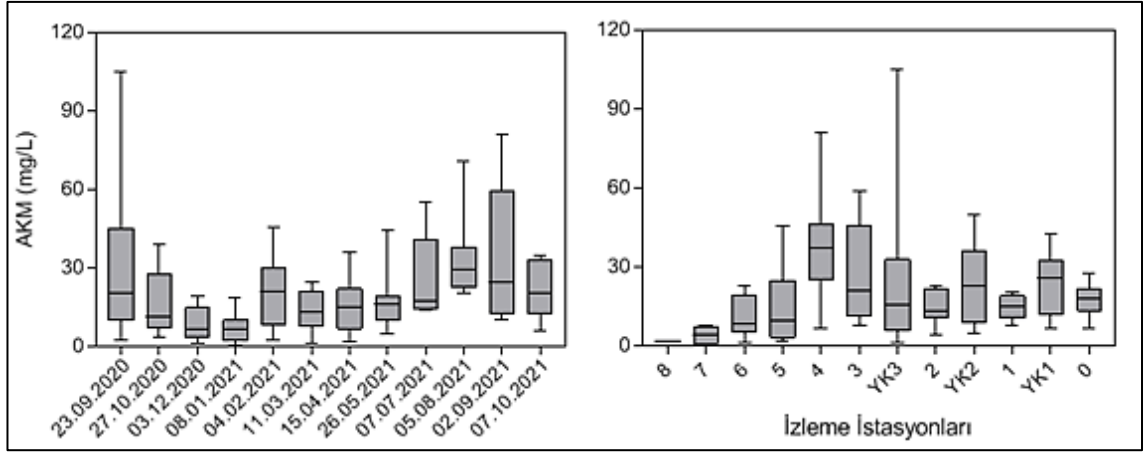
Çizelge 4.23. Araştırma döneminde bulanıklık değerlerinin (FNU) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,52	1,69	3,92	0,68	2,17	1,04	0,97	1,01	4,99	1,11	1,02	1,83
Max	6,02	10,30	23,90	55,80	81,00	63,60	63,90	29,30	54,80	23,90	35,30	26,10
Ort	3,20	4,79	10,37	16,40	41,14	34,93	19,43	18,86	19,62	11,47	19,92	11,25
Sd	2,27	3,98	8,14	15,42	24,55	19,90	19,42	8,76	16,89	6,77	12,60	6,56

4.1.2.7. Askıda Katı Madde (AKM)

Acısu Deresi’nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük AKM değeri 0,4 mg/L olarak İst-7’de Ocak 2021 döneminde ve en yüksek AKM değeri İst-YK3’te 105,2 mg/L olarak Eylül 2020 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama AKM değerleri $1,9 \pm 0,33$ mg/L ile $39,1 \pm 21,00$ mg/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.7 ve Çizelge 4.24).

Acısu Deresi’nde askıda katı maddenin aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=35,16$; $p=0,0002$ ve $F_{(11, 102)}= 3,592$; $p=0.0003$).



Şekil 4.7. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre AKM (mg/L) değişimi

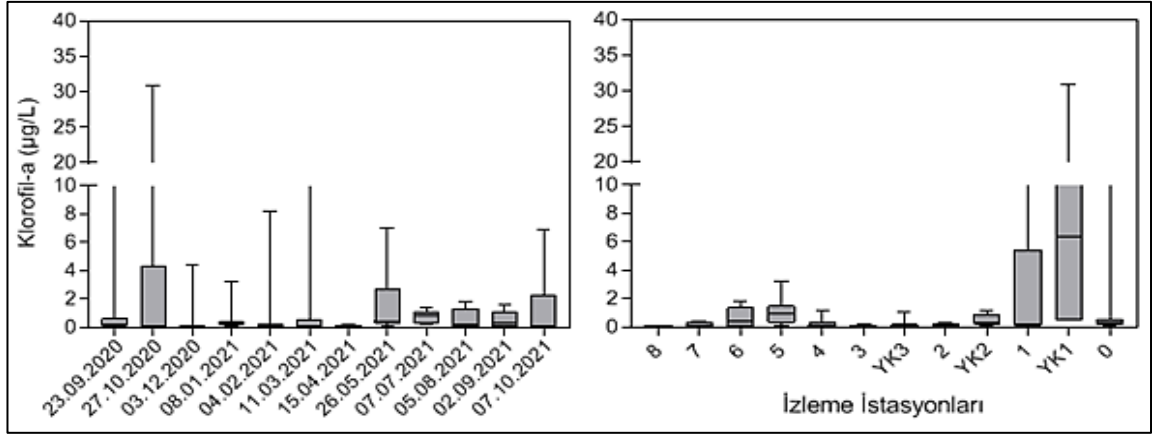
Çizelge 4.24. Araştırma döneminde AKM değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	1,5	0,4	1,2	2,0	6,4	7,7	1,2	4,4	4,8	7,6	6,8	6,8
Max	2,3	7,7	22,7	45,7	81,3	58,7	105,2	23,0	49,7	20,5	42,7	27,5
Ort	1,9	4,1	11,1	14,4	39,1	27,4	26,0	14,7	22,6	14,8	23,9	17,5
Sd	0,33	3,94	7,89	13,77	21,00	18,49	30,14	6,17	15,66	4,45	12,62	6,22

4.1.2.8. Klorofil-a

Araştırma süresince en yüksek klorofil-a miktarı 30,92 µg/L olarak İst-YK1’de ve en düşük miktar ise birkaç istasyonda (İst-2, İst-YK7, İst-YK3) 0,02 µg/L olarak tayin edilmiştir (Çizelge 4.25). Aralık 2020–Nisan 2021 ayları arasındaki 3 aylık dönemde klorofil-a miktarlarındaki değişimlerin genel olarak azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Örneklem noktalarındaki ortalama klorofil-a değerleri $0,07 \pm 0,032$ µg/L ile $9,13 \pm 11,379$ µg/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.8 ve Çizelge 4.25).

Acısu Deresi’nde aylara göre klorofil-a değerlerinin değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=18,29$; $p=0,0751$). Bununla birlikte istasyonlar arasındaki farklılıklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=43,27$; $p<0,0001$).



Şekil 4.8. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre klorofil-a (µg/L) değişimi

Çizelge 4.25. Araştırma döneminde klorofil-a değerlerinin (µg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,05	0,02	0,04	0,09	0,04	0,03	0,02	0,02	0,10	0,030	0,50	0,09
Max	0,12	0,44	1,86	3,21	1,15	0,21	1,12	0,30	1,17	14,14	30,92	12,43
Ort	0,07	0,15	0,67	1,06	0,30	0,10	0,21	0,15	0,51	2,55	9,13	1,66
Sd	0,032	0,195	0,726	0,861	0,387	0,062	0,298	0,095	0,397	4,476	11,379	3,635

4.1.2.9. Toplam Alkalinite ve Bikarbonat

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük toplam alkalinite miktarı 109,2 mg CaCO₃/L olarak İst-2'de Aralık 2020 döneminde ve en yüksek toplam alkalinite miktarı 320,1 mg CaCO₃/L olarak İst-YK2'de Mart 2021 döneminde ölçülmüştür. İstasyonlardaki ortalama toplam alkalinite miktarı 196,2 ± 58,62 mg CaCO₃/L ile 222,4 ± 64,95 mg CaCO₃/L arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.26).

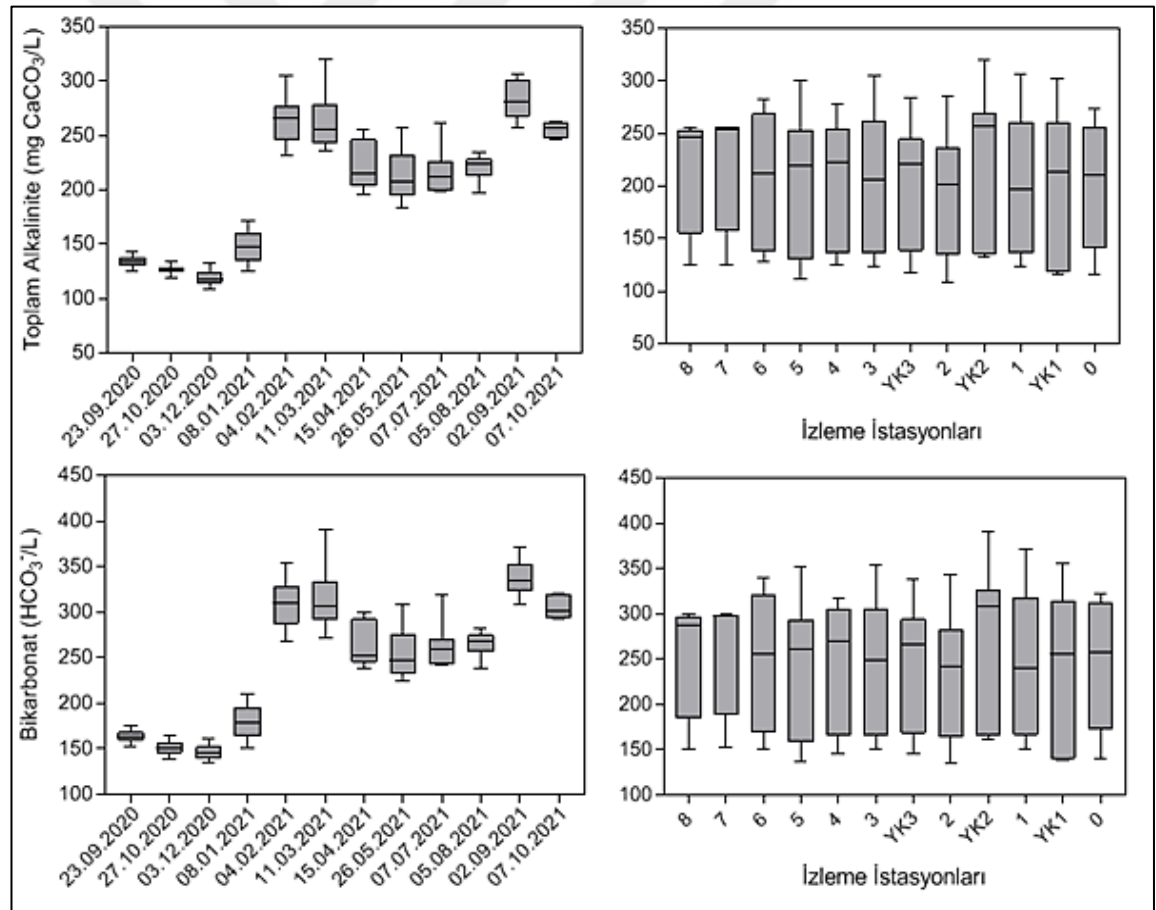
Aynı dönemde en düşük bikarbonat miktarı 135,5 mg HCO₃⁻/L olarak İst-2'de Aralık 2020 döneminde ve en yüksek bikarbonat miktarı 390,3 mg HCO₃⁻/L olarak İst-YK2'de Mart 2021 döneminde ölçülmüştür. İstasyonlardaki ortalama bikarbonat miktarı 235,0 ± 66,67 mg HCO₃⁻/L ile 263,4 ± 87,83 mg HCO₃⁻/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.9 ve Çizelge 4.26).

Acısu Deresi'nde toplam alkalinite miktarının aylara göre sergilediği farklılıklar istatistiksel olarak önemli iken ($F_{(11, 102)} = 105,9$; $p < 0.0001$), istasyonlara göre gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($F_{(11, 102)} = 0,0987$; $p > 0.9999$). Benzer şekilde, Acısu Deresi'nde bikarbonat miktarının aylara göre sergilediği farklılıklar istatistiksel olarak önemli iken ($F_{(11, 102)} = 101,0$; $p < 0.0001$), istasyonlara göre

değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=2,264$; $p=0,9973$).

Çizelge 4.26. Araştırma döneminde Toplam Alkalinite (mg CaCO₃/L) ve Bikarbonatın (mg HCO₃⁻/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

Toplam Alkalinite	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	124,4	125,0	128,3	110,8	124,5	123,6	117,4	109,2	132,2	122,8	115,4	115,6
Max	255,4	256,0	282,8	300,6	277,4	305,1	284,4	286,1	320,1	305,8	301,8	273,4
Ort	217,9	222,4	206,0	206,8	205,4	205,7	203,7	196,2	216,9	205,2	201,8	200,8
Sd	62,49	64,95	63,40	66,43	57,66	63,07	56,20	58,62	72,71	65,15	73,87	56,42
Bikarbonat												
Min	150,8	152,5	151,1	137,4	145,5	150,8	145,5	135,5	161,3	149,9	138,4	141,1
Max	299,7	299,0	340,5	352,7	317,8	352,9	338,6	343,4	390,3	370,9	355,5	322,7
Ort	256,1	261,8	246,7	244,6	245,6	244,8	243,1	235,0	263,4	248,9	241,2	244,0
Sd	70,52	72,86	74,85	76,00	66,73	71,38	65,93	66,67	87,83	77,32	87,50	67,56



Şekil 4.9. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre toplam alkalinite (mg CaCO₃/L) ve bikarbonat (mg HCO₃⁻/L) miktarlarının değişimi

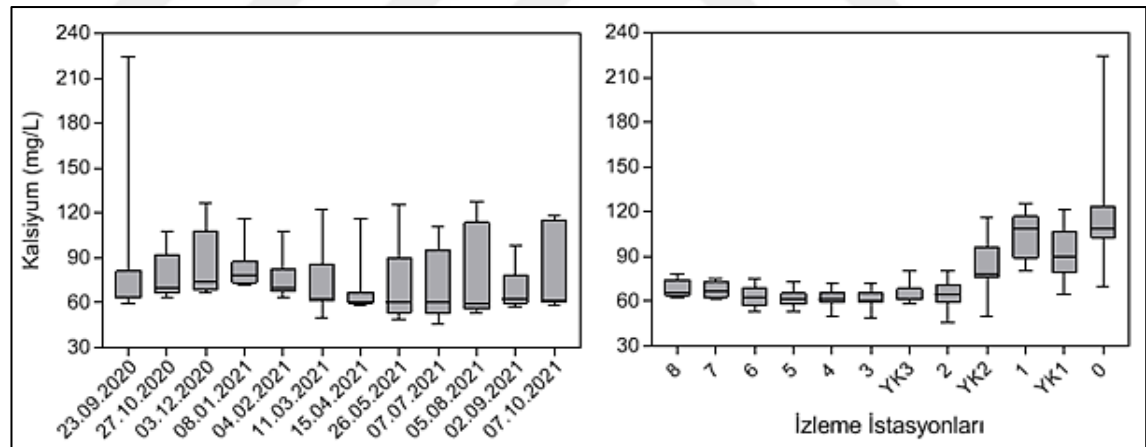
4.1.2.10. Kalsiyum

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük kalsiyum miktarı 45,5 mg Ca²⁺/L olarak İst-2'de Temmuz 2021 döneminde ve en yüksek kalsiyum miktarı İst-0'da 224,5 mg Ca²⁺/L olarak Eylül 2020 döneminde ölçülmüştür (Şekil 4.10 ve Çizelge 4.27). Örnekleme noktalarındaki ortalama kalsiyum miktarı değerleri 61,53 ± 6,43 mg Ca²⁺/L ile 117,04 ± 36,89 mg Ca²⁺/L arasında hesaplanmıştır.

Acısu Deresi'nde kalsiyum miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=21,93$; $p=0,0249$ ve $F(11, 102)= 16,00$; $p<0.0001$).

Çizelge 4.27. Araştırma döneminde kalsiyum değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	62,8	61,9	53,3	52,7	50,3	48,7	58,2	45,5	50,1	80,5	64,3	69,8
Max	77,8	75,0	75,3	72,7	72,5	71,6	80,6	80,4	116,4	125,7	121,8	224,5
Ort	67,96	67,36	63,43	61,84	61,53	61,73	64,75	64,81	82,88	105,04	92,05	117,04
Sd	6,70	5,71	7,58	5,56	6,43	5,85	6,52	9,43	19,41	15,71	19,19	36,89



Şekil 4.10. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre kalsiyum (mg Ca²⁺/L) miktarının değişimi

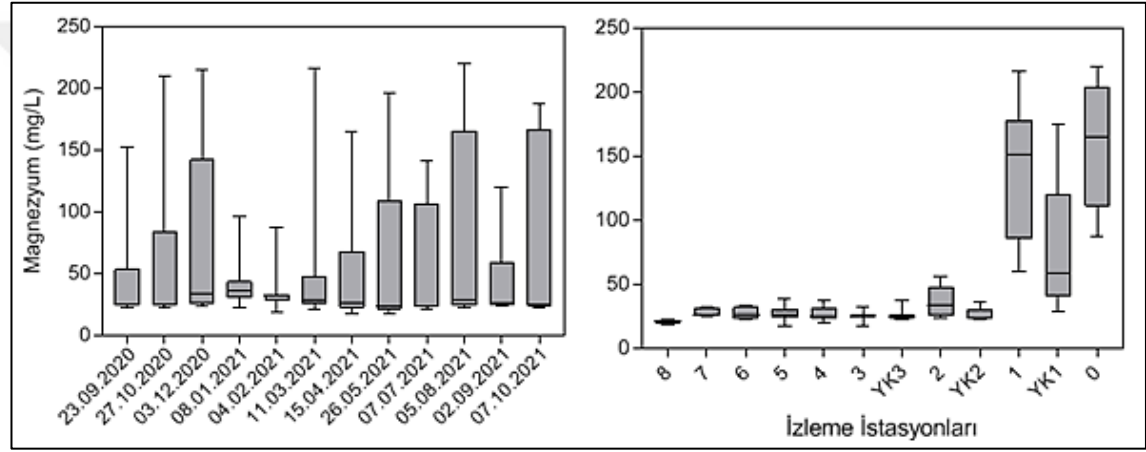
4.1.2.11. Magnezyum

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük magnezyum miktarı 16,9 mg Mg²⁺/L olarak İst-5'te Nisan 2021 döneminde ve en yüksek magnezyum miktarı 220,2 mg Mg²⁺/L olarak İst-0'da Ağustos 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama magnezyum miktarları 21,23 ± 1,59 mg Mg²⁺/L ile 157,26 ± 47,54 mg Mg²⁺/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.11 ve Çizelge 4.28).

Acısu Deresi'nde magnezyum miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (sırasıyla $\chi^2(12)=8,443$ ve $74,26$; $p=0,6732$ ve $p<0,0001$).

Çizelge 4.28. Araştırma döneminde magnezyumun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	19,0	25,3	22,5	16,9	19,5	17,9	22,3	23,8	22,9	59,8	28,2	87,6
Max	22,6	33,1	33,9	39,2	38,0	33,1	37,1	56,4	36,1	216,0	174,4	220,2
Ort	21,23	27,66	27,24	27,21	26,97	25,20	26,26	36,96	26,43	140,27	77,76	157,26
Sd	1,59	3,68	4,76	5,98	5,56	3,84	4,27	12,34	4,89	50,18	53,44	47,54



Şekil 4.11. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre magnezyum miktarının (mg Mg^{+2}/L) değişimi

4.1.2.12. Klorür ve Florür

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük klorür miktarı $0,19$ mg Cl^-/L olarak İst-YK2'de Mayıs 2021 döneminde ve en yüksek klorür miktarı 4715 mg Cl^-/L olarak İst-0'da Ekim 2020 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama klorür miktarları $10,13 \pm 5,65$ mg Cl^-/L ile $2444,23 \pm 1114,89$ mg Cl^-/L arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.29).

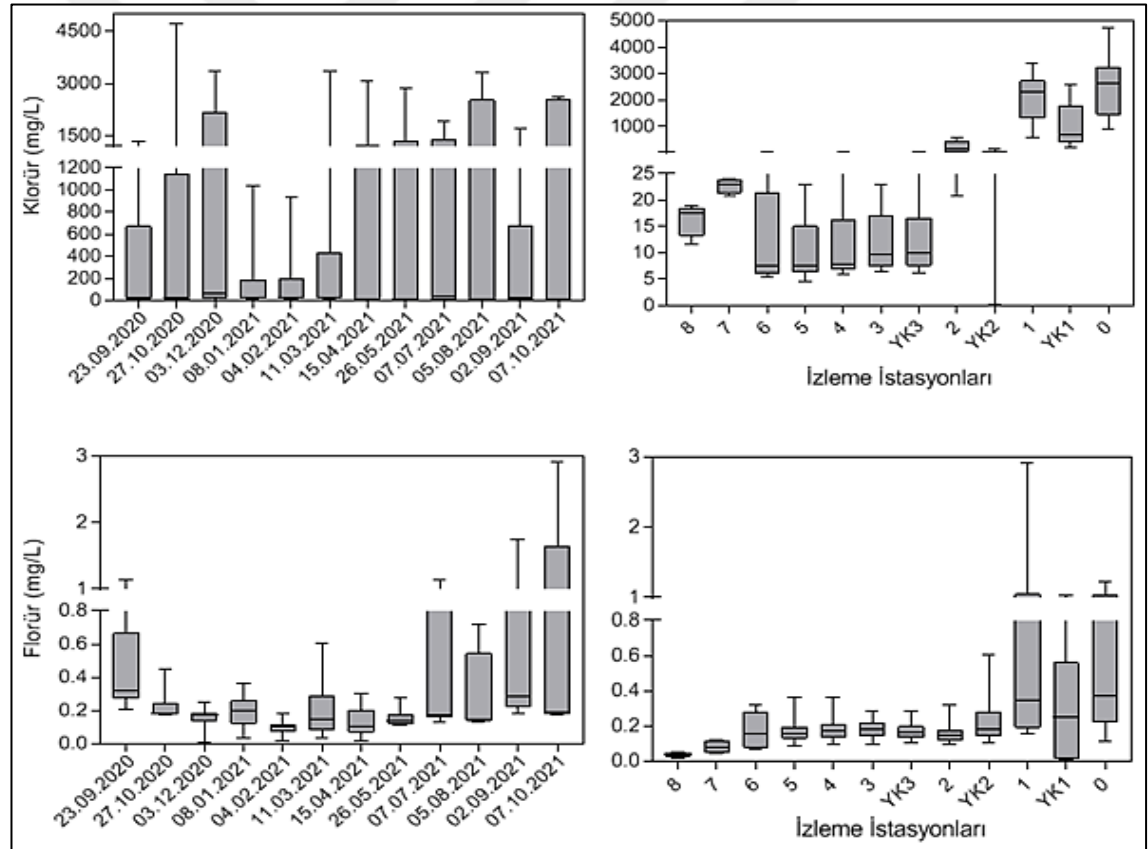
Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasındaki dönemde en düşük florür miktarı $0,010$ mg F^-/L olarak İst-YK1'de Aralık 2020 döneminde ve en yüksek florür miktarı $2,921$ mg F^-/L olarak İst-1'de Ekim 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama florür miktarları $0,037 \pm 0,013$ mg F^-/L ile $0,763 \pm 0,837$ mg F^-/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.12 ve Çizelge 4.29).

Acısu Deresi'nde klorür miktarının aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=6,289$; $p=0,8534$). Bununla birlikte klorür miktarının istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=89,76$; $p<0,0001$).

Florür miktarının ise aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=48,45$ ve $41,83$; $p<0,0001$).

Çizelge 4.29. Araştırma döneminde klorür ve florür değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

Klorür	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	11,67	20,92	5,51	4,64	6,05	6,45	6,11	20,71	0,19	573,12	224,34	927,61
Max	18,83	24,09	27,56	22,94	27,18	23,03	28,00	567,52	138,57	3363,21	2558,72	4714,86
Ort	16,45	22,71	12,77	10,13	11,53	12,31	12,09	225,02	68,18	2056,38	1020,87	2444,23
Sd	3,24	1,35	8,88	5,65	6,80	5,98	6,81	211,82	41,49	872,58	876,92	1114,89
Florür	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,020	0,043	0,065	0,084	0,097	0,094	0,105	0,094	0,108	0,154	0,010	0,110
Max	0,053	0,121	0,318	0,363	0,363	0,287	0,287	0,321	0,603	2,921	1,035	1,231
Ort	0,037	0,079	0,171	0,170	0,180	0,181	0,176	0,170	0,233	0,763	0,328	0,569
Sd	0,013	0,034	0,100	0,077	0,072	0,058	0,056	0,070	0,157	0,837	0,382	0,416



Şekil 4.12. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre klorür ve florür (mg/L) değişimi

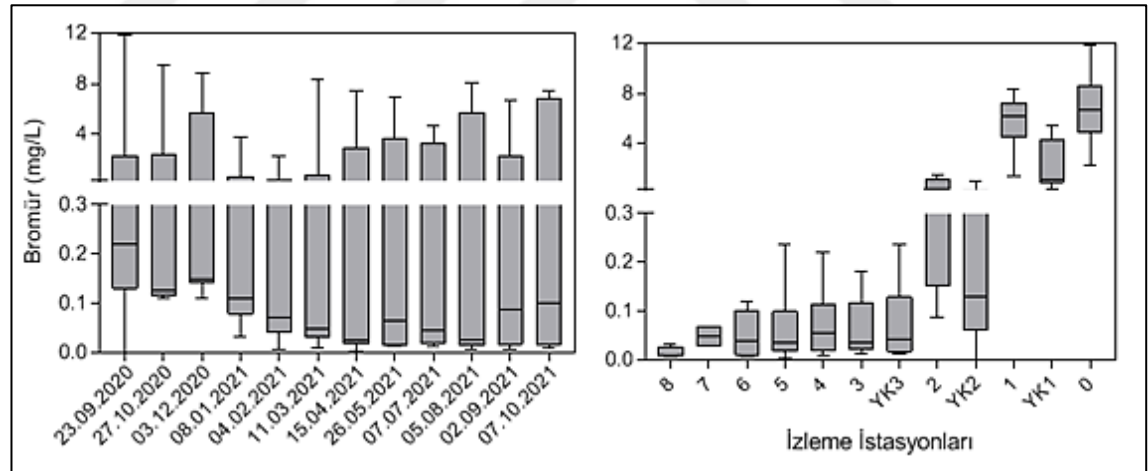
4.1.2.13. Bromür

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük bromür değeri $<0,001$ mg Br/L olarak Eylül 2020 döneminde İst-YK2'de ölçülmüştür. Bununla birlikte en yüksek bromür değeri 11,885 mg Br/L değeri ile İst-0'da belirlenmiştir. Örnekleme noktalarında ortalama bromür miktarları $0,016 \pm 0,012$ mg Br/L ile $6,843 \pm 2,624$ mg Br/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.13 ve Çizelge 4.30). Şekil 4.13'te görüldüğü gibi bromür konsantrasyonları İst-1 ve İst-0 dışında diğer tüm istasyonlarda benzer değerlerde belirlenmiştir.

Acısu Deresi'nde bromürün aylara ve istasyonlara göre farklılıkları istatistiksel olarak önemli (sırasıyla $\chi^2(12)=11,60$ ve 481,86; $p=0,03944$ ve $p<0,0001$) bulunmuştur.

Çizelge 4.30. Araştırma döneminde bromürün (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,007	0,027	0,006	0,002	0,011	0,013	0,012	0,087	0,000	1,387	0,409	2,264
Max	0,034	0,070	0,119	0,238	0,220	0,182	0,237	1,445	0,960	8,286	5,469	11,885
Ort	0,016	0,048	0,052	0,062	0,075	0,065	0,079	0,609	0,246	5,692	2,161	6,843
Sd	0,012	0,024	0,046	0,067	0,066	0,059	0,075	0,548	0,300	2,005	2,051	2,624

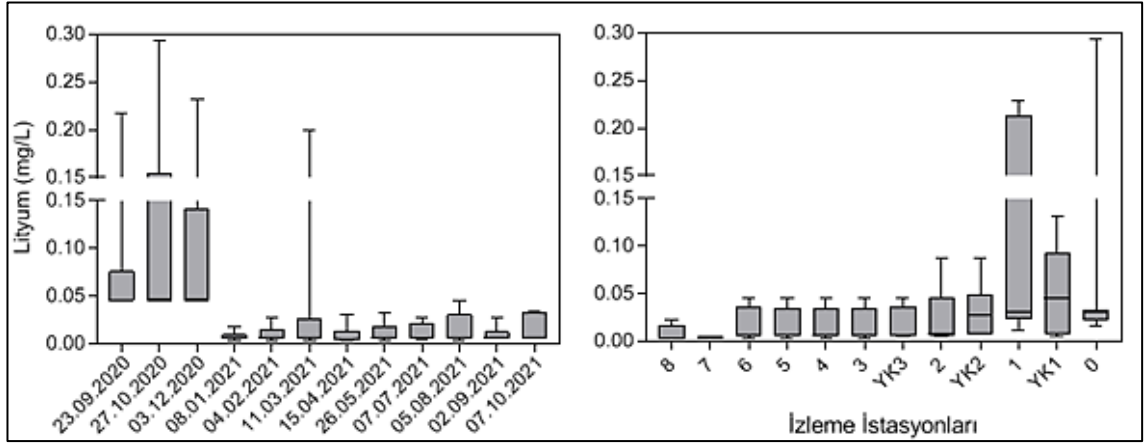


Şekil 4.13. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre bromür (mg/L) değişimi

4.1.2.14. Lityum

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük lityum miktarı 0,003 mg Li/L olarak İst-8'de Ocak 2021 döneminde, en yüksek lityum miktarı ise 0,293 mg/L olarak İst-0'da (derenin denize ulaştığı nokta) tayin edilmiştir (Şekil 4.14 ve Çizelge 4.31). Örnekleme noktalarındaki ortalama lityum miktarları $0,004 \pm 0,001$ mg Li/L ile $0,089 \pm 0,095$ mg Li/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.14 ve Çizelge 4.31).

Acısu Deresi'nde lityumun aylara ve istasyonlara göre farklılıkları istatistiksel olarak önemli (sırasıyla $\chi^2(12)=60,08$ ve $40,78$; $p<0,0001$) bulunmuştur.



Şekil 4.14. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre lityum (mg/L) değişimi

Çizelge 4.31. Araştırma döneminde lityum değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,007	0,012	0,005	0,016
Max	0,022	0,005	0,046	0,045	0,046	0,046	0,046	0,088	0,087	0,228	0,132	0,293
Ort	0,007	0,004	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,022	0,032	0,089	0,049	0,070
Sd	0,009	0,001	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018	0,027	0,028	0,095	0,051	0,097

4.1.2.15. Sodyum ve Potasyum

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük sodyum miktarı $6,9 \text{ mg Na}^+/\text{L}$ olarak İst-3'te Mayıs 2021 döneminde ve en yüksek sodyum miktarı $1083,8 \text{ mg Na}^+/\text{L}$ olarak İst-0'da Ekim 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama sodyum miktarları $12,72 \pm 5,25 \text{ mg Na}^+/\text{L}$ ile $713,47 \pm 234,03 \text{ mg Na}^+/\text{L}$ arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.32, Şekil 4.15).

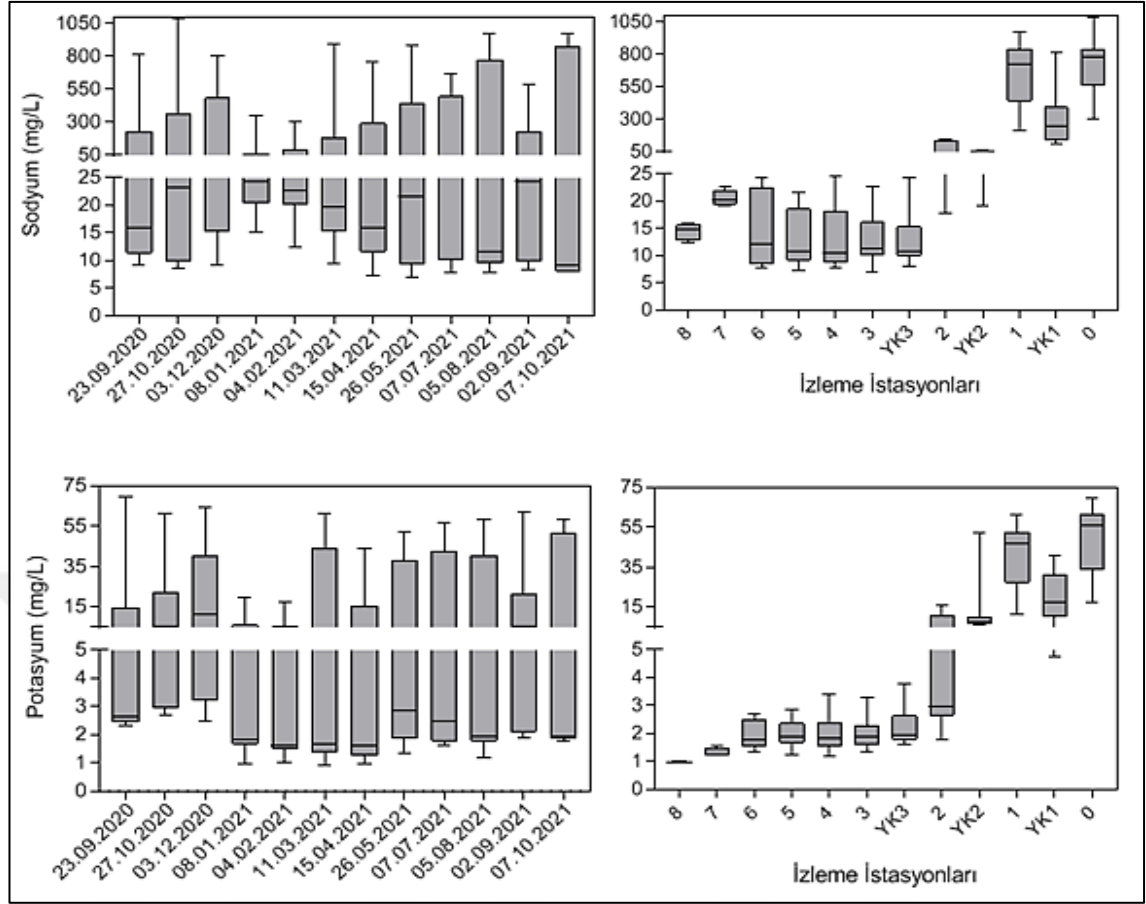
Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük potasyum miktarı $0,93 \text{ mg K}^+/\text{L}$ olarak İst-8'de Mart 2021 döneminde ve en yüksek potasyum miktarı $69,65 \text{ mg K}^+/\text{L}$ olarak İst-0'da Eylül 2020 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama potasyum miktarları $0,97 \pm 0,04 \text{ mg K}^+/\text{L}$ ile $49,72 \pm 17,68 \text{ mg K}^+/\text{L}$ arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.15 ve Çizelge 4.32).

Acısu Deresi'nde sodyum miktarının aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=4,376$; $p<0,9576$). Bununla birlikte sodyum miktarının istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=90,63$; $p<0,0001$).

Acısu Deresi'nde potasyum miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=21,85$ ve $91,02$; $p<0,0256$ ve $p<0,0001$).

Çizelge 4.32. Araştırma döneminde sodyum ve potasyum değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

Sodyum	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	12,3	19,2	7,9	7,2	7,9	6,9	8,0	17,8	19,1	212,6	107,9	301,2
Max	16,0	22,6	24,2	21,6	24,5	22,7	24,3	147,6	70,1	977,2	812,5	1083,8
Ort	14,47	20,59	14,61	12,72	13,25	13,10	13,12	70,88	45,95	647,41	302,06	713,47
Sd	1,60	1,46	7,01	5,25	5,64	4,56	4,87	53,81	15,83	243,71	257,47	234,03
Potasyum												
Min	0,93	1,23	1,33	1,24	1,20	1,37	1,63	1,81	6,04	11,19	4,73	17,62
Max	1,02	1,59	2,69	2,84	3,41	3,29	3,77	15,72	52,44	61,03	40,57	69,65
Ort	0,97	1,34	1,95	1,92	2,03	2,03	2,24	5,89	12,76	41,85	20,18	49,72
Sd	0,04	0,17	0,51	0,49	0,69	0,60	0,67	4,91	14,97	16,43	12,77	17,68

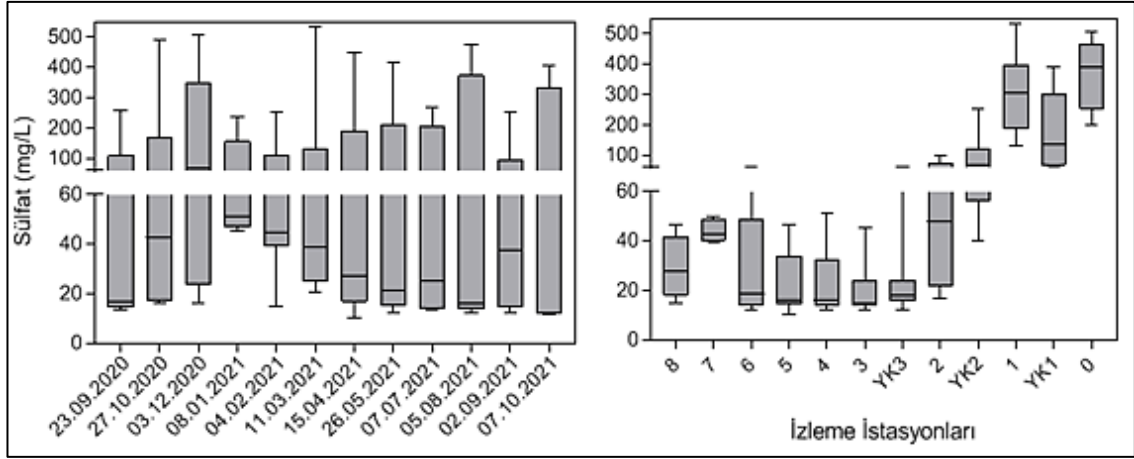


Şekil 4.15. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre sodyum ve potasyum (mg/L) değişimi

4.1.2.16. Sülfat

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük sülfat miktarı 10,5 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$ olarak İst-5'te Nisan 2021 döneminde ve en yüksek sülfat miktarı 532,2 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$ olarak İst-1'de Mart 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama sülfat miktarları $20,81 \pm 11,83$ mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$ ile $362,11 \pm 113,49$ mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$ arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.16 ve Çizelge 4.33).

Acısu Deresi'nde sülfat miktarının aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=12,09$; $p<0,3567$). Bununla birlikte sülfat miktarının istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=84,80$; $p<0,0001$).



Şekil 4.16. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre sülfat (mg/L) değişimi

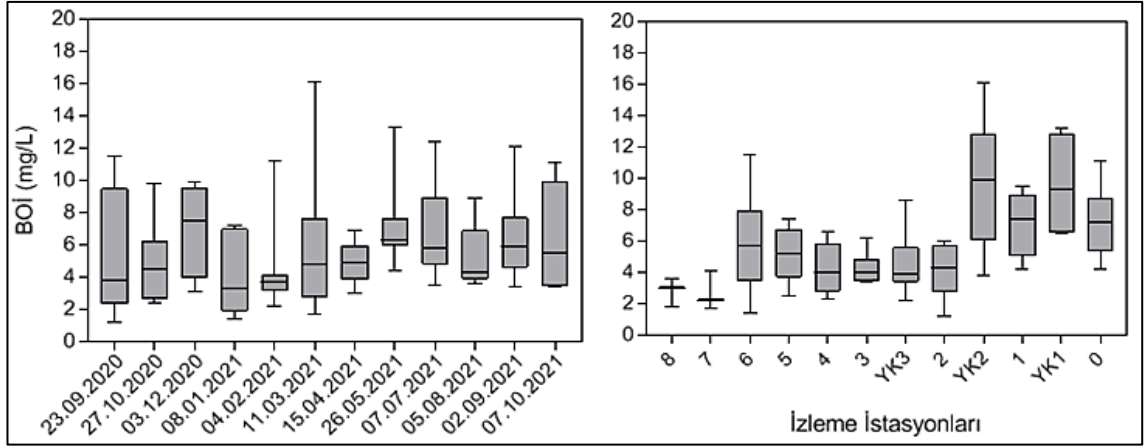
Çizelge 4.33. Araştırma döneminde sülfatın (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	14,9	39,7	12,6	10,5	12,2	12,0	12,1	16,7	40,5	129,8	64,7	202,4
Max	46,7	50,0	63,5	46,8	51,5	45,4	60,8	101,8	252,4	532,2	391,4	508,7
Ort	29,27	43,96	29,44	22,12	22,49	20,81	23,80	50,75	95,08	303,78	179,64	362,11
Sd	13,11	4,52	19,84	12,09	12,85	11,83	14,41	30,64	68,08	119,29	129,08	113,49

4.1.2.17. 5 günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅)

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük BOİ₅ konsantrasyonu 1,20 mg O₂/L olarak İst-2'de Eylül 2020 döneminde ve en yüksek BOİ₅ konsantrasyonu İst-YK2'de 16,12 mg O₂/L olarak Mart 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama BOİ₅ konsantrasyonu $2,65 \pm 1,25$ mg O₂/L ile $9,62 \pm 4,05$ mg O₂/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4. 17 ve Çizelge 4. 34).

Acısu Deresi'nde biyokimyasal oksijen ihtiyacı miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=20,49$; $p=0,0390$ ve $F_{(11, 84)}= 5,437$; $p<0.0001$).



Şekil 4.17. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre BOİ₅ (mg O₂/L) değişimi

Çizelge 4.34. Araştırma döneminde BOİ₅ değerlerinin (mg O₂/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	1,82	1,67	1,39	2,48	2,33	3,36	2,18	1,20	3,80	4,150	6,48	4,18
Max	3,55	4,06	11,50	7,42	6,55	6,15	8,61	6,00	16,12	9,52	13,15	11,09
Ort	2,79	2,65	5,87	5,09	4,25	4,25	4,43	4,12	9,62	7,14	9,57	7,31
Sd	0,88	1,25	3,20	1,73	1,49	0,98	1,74	1,67	4,05	2,03	3,54	2,08

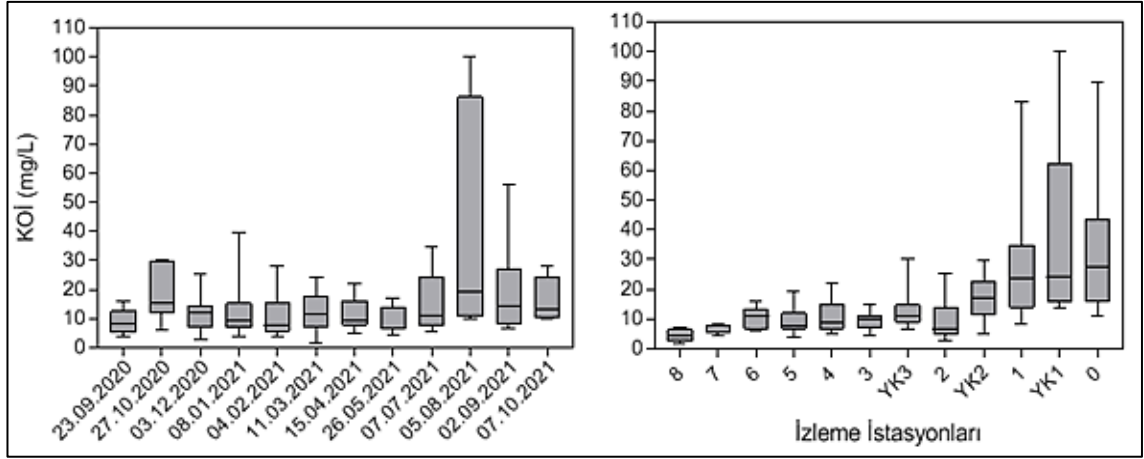
4.1.2.18. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük KOİ değeri 1,92 mg O₂/L olarak İst-8'de Mart 2021 döneminde ve en yüksek KOİ değeri 99,91 mg O₂/L olarak İst-YK1'de Ağustos 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama KOİ konsantrasyonu $4,47 \pm 2,26$ mg O₂/L ile $36,08 \pm 36,01$ mg O₂/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.18 ve Çizelge 4.35).

Acısu Deresi'nde KOİ konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=19,99$ ve 50,16; $p<0,0455$ ve $p<0,0001$).

Çizelge 4.35. Araştırma döneminde KOİ değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	1,92	4,55	6,28	3,63	5,20	4,65	6,34	2,69	5,02	8,46	13,97	10,76
Max	7,31	8,36	15,98	19,44	22,18	15,06	30,11	25,24	29,79	83,00	99,91	89,73
Ort	4,47	7,00	10,54	9,26	11,15	9,54	12,75	9,68	16,46	28,02	36,08	32,91
Sd	2,26	1,68	3,68	4,83	5,45	2,96	6,37	7,25	7,68	21,36	36,01	23,95



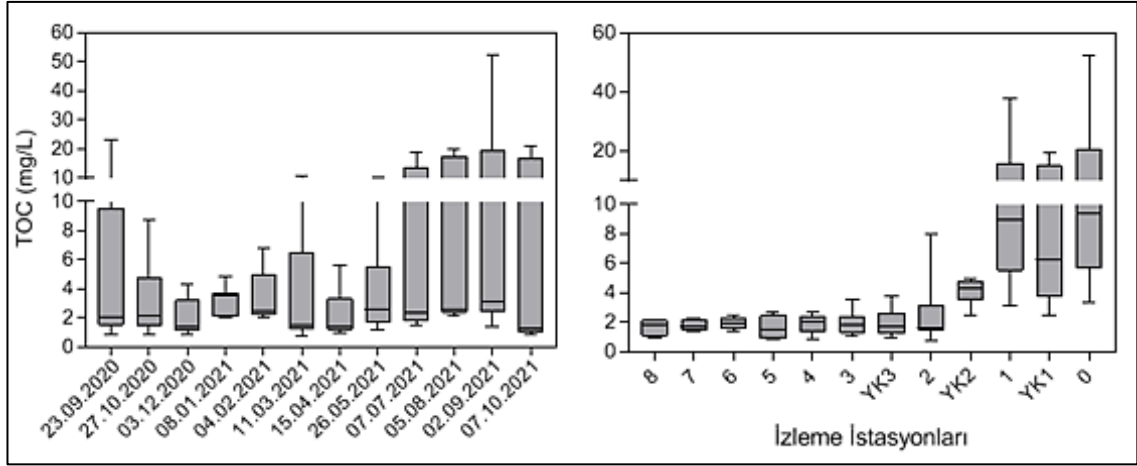
Şekil 4.18. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre KOİ değerlerinin (mg/L) değişimi

4.1.2.19. Toplam Organik Karbon (TOK)

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük TOK miktarı 0,72 mg/L olarak İst-2'de, en yüksek TOK miktarı ise 52,70 mg/L olarak İst-0'da tayin edilmiştir. Örnekleme noktalarında ortalama TOK miktarları 1,67-15,13 mg/L arasında kaydedilmiştir (Şekil 4.19 ve Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. Araştırma döneminde TOK değerlerinin (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirilmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,92	1,40	1,41	0,88	0,89	1,11	1,02	0,72	2,50	3,15	2,50	3,37
Max	2,19	2,28	2,53	2,74	2,73	3,56	3,77	7,95	4,98	37,70	19,63	52,70
Ort	1,67	1,79	1,98	1,70	1,87	1,99	1,99	2,49	4,09	11,96	8,74	15,13
Sd	0,59	0,44	0,39	0,79	0,61	0,75	0,85	2,01	0,82	9,59	6,61	13,80



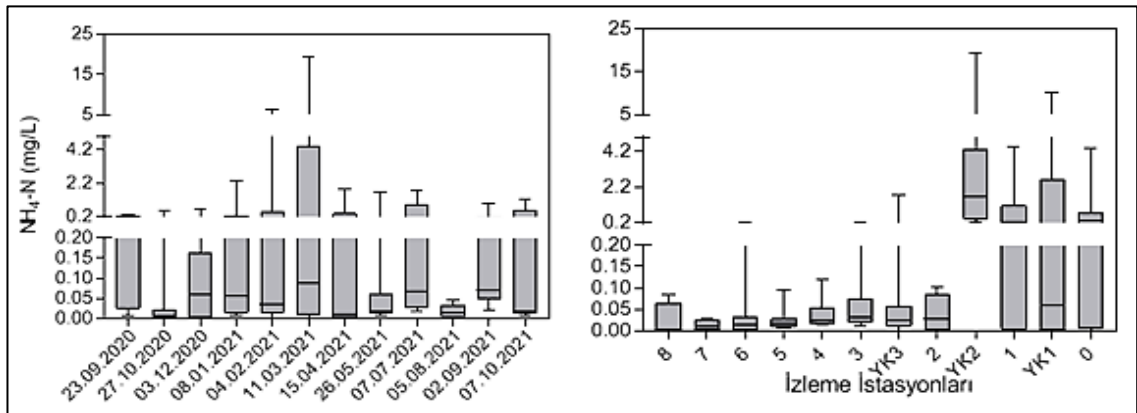
Şekil 4.19. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre TOK değerlerinin (mg/L) değişimi

TOK parametresinin aylara göre değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=17,69$; $p=0,0891$). Bununla birlikte Acısu Deresi'ne ait TOK değerlerinin istasyonlara göre değişimi istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=72,35$; $p<0,0001$).

4.1.2.20. Amonyum Azotu

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük amonyum azotu miktarı $0,001 \text{ mg NH}_4^+-\text{N/L}$ olarak İst-7 ve İst-8'de Nisan 2021 döneminde ve en yüksek amonyum azotu miktarı $19,422 \text{ mg NH}_4^+-\text{N/L}$ olarak İst-YK2'de Mart 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama amonyum azotu miktarları $0,012 \pm 0,013 \text{ mg NH}_4^+-\text{N/L}$ ile $3,682 \pm 6,190 \text{ mg NH}_4^+-\text{N/L}$ arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.20 ve Çizelge 4.37).

Acısu Deresi'nde amonyum azotu miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=21,36$ ve $32,70$; $p<0,0299$ ve $p=0,0006$).



Şekil 4.20. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre amonyum azotu ($\text{mg NH}_4^+-\text{N/L}$) değişimi

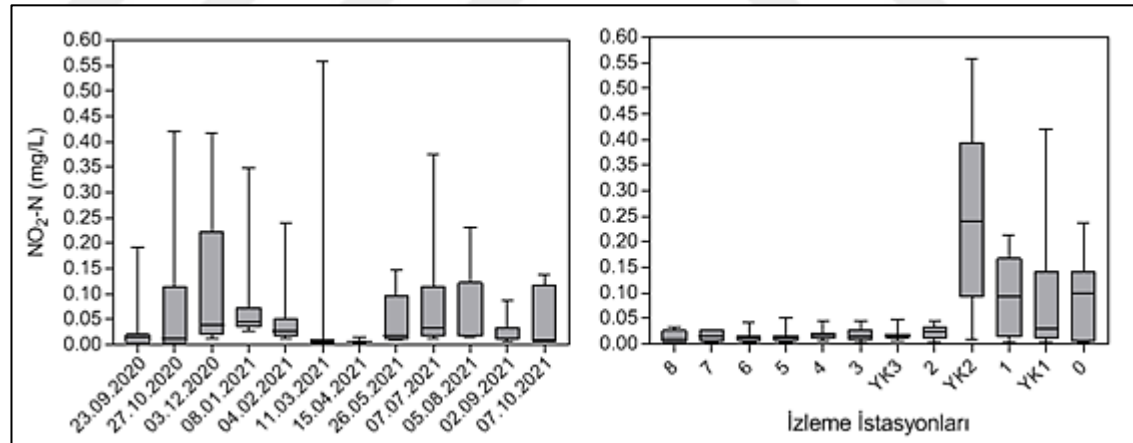
Çizelge 4.37. Araştırma döneminde amonyum azotunun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,001	0,001	0,002	0,006	0,015	0,009	0,001	0,002	0,208	0,002	0,002	0,002
Max	0,085	0,030	0,247	0,096	0,119	0,213	1,730	0,103	19,422	4,492	10,166	4,378
Ort	0,024	0,012	0,043	0,024	0,041	0,063	0,186	0,040	3,682	0,827	1,732	0,724
Sd	0,041	0,013	0,083	0,025	0,031	0,070	0,492	0,039	6,190	1,293	4,132	1,204

4.1.2.21. Nitrit Azotu

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük nitrit azotu miktarı 0,003 mg NO₂⁻-N/L olarak pek çok örnekleme noktasında Eylül, Ekim 2020 ve Mart, Nisan 2021 dönemlerinde; ayrıca en yüksek nitrit azotu miktarı ise 0,559 mg NO₂⁻-N/L olarak İst-YK2'de Mart 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama nitrit azotu miktarları 0,0073 ± 0,0032 mg NO₂⁻-N/L ile 0,09 ± 0,123 mg NO₂⁻-N/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.21 ve Çizelge 4.38).

Acısu Deresi'nde nitrit azotu miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=40,95$ ve 28,28; $p<0,0001$ ve $p=0,0029$).



Şekil 4.21. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre nitrit azotu miktarlarının (mg NO₂⁻-N/L) değişimi

Çizelge 4.38. Araştırma döneminde nitrit azotunun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

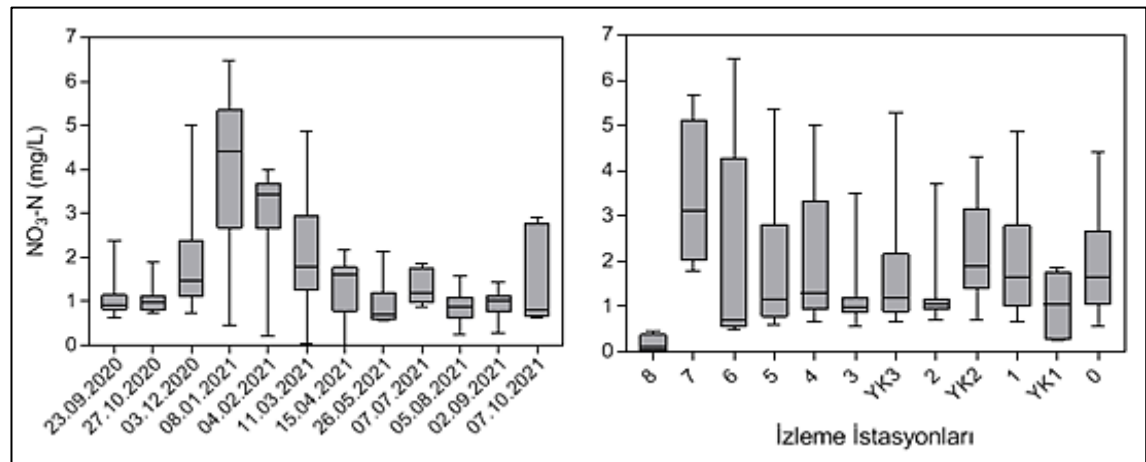
	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,007	0,003	0,010	0,003	0,003	0,003
Max	0,033	0,028	0,041	0,052	0,046	0,045	0,048	0,044	0,559	0,212	0,420	0,238
Ort	0,013	0,015	0,014	0,016	0,019	0,019	0,018	0,023	0,258	0,096	0,091	0,094
Sd	0,014	0,013	0,012	0,015	0,011	0,013	0,011	0,015	0,180	0,078	0,162	0,086

4.1.2.22. Nitrat Azotu

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük nitrat azotu miktarı 0,007 mg NO₃⁻-N/L olarak İst-8'de Nisan 2021 döneminde ve en yüksek nitrat azotu miktarı 6,460 mg NO₃⁻-N/L olarak İst-6'da Ocak 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama nitrat azotu miktarları 0,173 ± 0,209 mg NO₃⁻-N/L ile 3,415 ± 1,671 mg NO₃⁻-N/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.22 ve Çizelge 4.39). Acısu Deresi'nde nitrat azotu miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=45,26$ ve 25,60; $p<0,0001$ ve $p=0,0075$).

Çizelge 4.39. Araştırma döneminde nitrat azotunun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

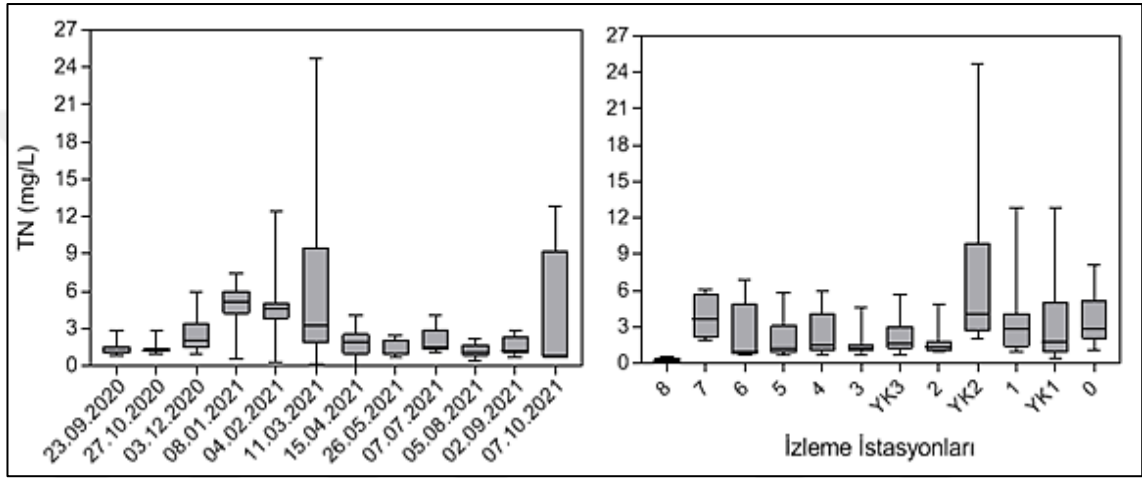
	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,007	1,781	0,505	0,611	0,666	0,574	0,650	0,702	0,713	0,669	0,257	0,568
Max	0,459	5,679	6,460	5,370	4,997	3,505	5,285	3,696	4,301	4,854	1,847	4,410
Ort	0,173	3,415	2,230	1,705	1,998	1,291	1,830	1,274	2,196	1,985	1,041	1,929
SS	0,209	1,671	2,347	1,474	1,522	0,870	1,430	0,840	1,139	1,265	0,709	1,123

**Şekil 4.22.** Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre nitrat azotu miktarlarının (mg NO₃⁻-N/L) değişimi

4.1.2.23. Toplam Azot

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük toplam azot miktarı 0,023 mg N/L olarak İst-8'de Nisan 2021 döneminde ve en yüksek toplam azot miktarı 24,752 mg N/L olarak İst-YK2'de Mart 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama toplam azot miktarları $1,236 \pm 0,615$ mg N/L ile $6,229 \pm 6,943$ mg N/L arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.23 ve Çizelge 4.40).

Acısu Deresi'nde toplam azot miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12)=41,87$ ve 32,28; $p<0,0001$ ve $p=0,0007$).



Şekil 4.23. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre toplam azot miktarlarının (mg N/L) değişimi

Çizelge 4.40. Araştırma döneminde toplam azotun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,023	1,880	0,656	0,650	0,715	0,730	0,670	0,890	1,983	0,909	0,455	1,060
Max	0,529	6,069	6,905	5,771	5,884	4,547	5,685	4,808	24,752	12,810	12,877	8,145
Ort	0,243	3,819	2,621	1,938	2,329	1,600	2,279	1,887	7,078	4,039	3,376	3,516
SS	0,220	1,874	2,551	1,601	1,777	1,103	1,644	1,361	7,406	3,769	4,708	2,242

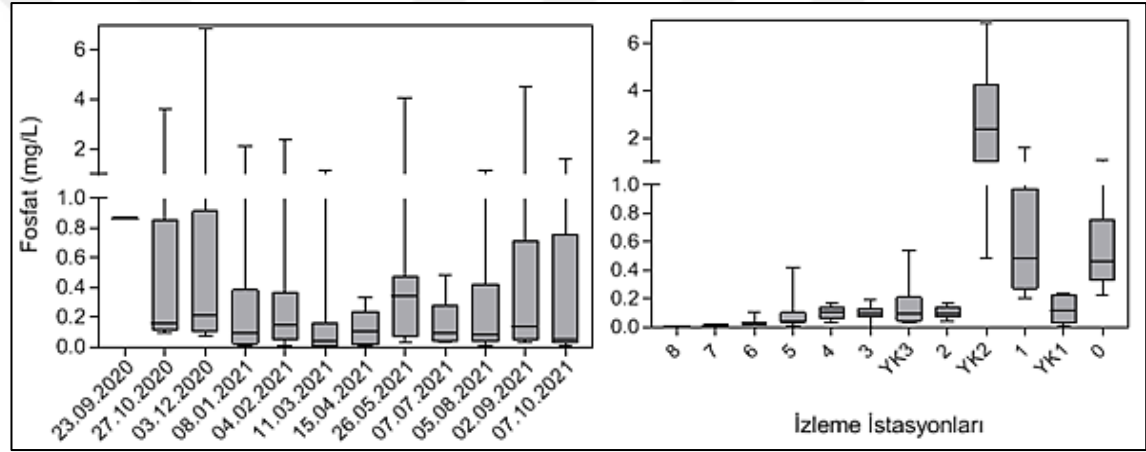
4.1.2.24. Fosfat

12 aylık izleme süresince en düşük fosfat miktarı 0,003 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{L}$ olarak İst-3'te, en yüksek fosfat miktarı 6,867 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{L}$ olarak İst-YK2'de tayin edilmiştir (Şekil 4.24). Örnekleme noktalarındaki ortalama fosfat miktarları 0,009-2,903 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{L}$ arasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.41, Şekil 4.24).

Acısu Deresi'nde yapılan ölçümlerde fosfat değerinin aylara göre değişimi istatistiksel olarak ($\chi^2(12)=16,79; p=0,1142$) önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte fosfat miktarının istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=77,86; p<0,0001$).

Çizelge 4.41. Araştırma döneminde fosfatın ($\text{mg PO}_4^{-3}/\text{L}$) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

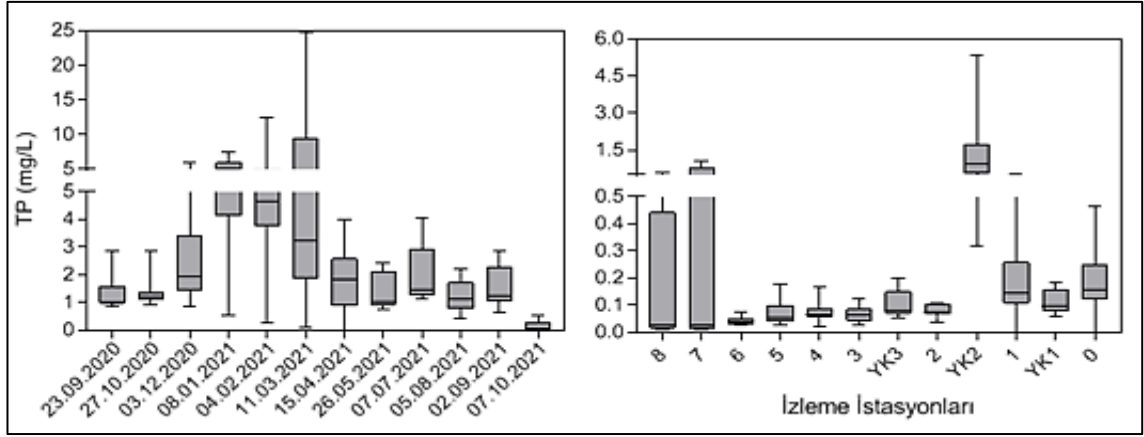
	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,005	0,006	0,012	0,012	0,034	0,003	0,034	0,040	0,484	0,205	0,006	0,227
Max	0,012	0,025	0,111	0,417	0,175	0,198	0,544	0,169	6,867	1,640	0,237	1,091
Ort	0,009	0,014	0,034	0,088	0,108	0,101	0,160	0,104	2,903	0,657	0,124	0,553
Sd	0,004	0,008	0,035	0,114	0,045	0,056	0,157	0,045	2,067	0,452	0,098	0,274



Şekil 4.24. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre fosfat miktarlarının ($\text{mg PO}_4^{-3}/\text{L}$) değişimi

4.1.2.25. Toplam Fosfor

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük toplam fosfor miktarı $0,001 \text{ mg P/L}$ olarak İst-0 ve İst-1'de Eylül 2020 döneminde ve en yüksek toplam fosfor miktarı $5,335 \text{ mg P/L}$ olarak İst-YK2'de Aralık 2021 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama toplam fosfor miktarları $0,043 \pm 0,018 \text{ mg P/L}$ ile $1,500 \pm 1,538 \text{ mg P/L}$ arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.25 ve Çizelge 4.42).



Şekil 4.25. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre toplam fosfor miktarlarının (mg P/L) değişimi

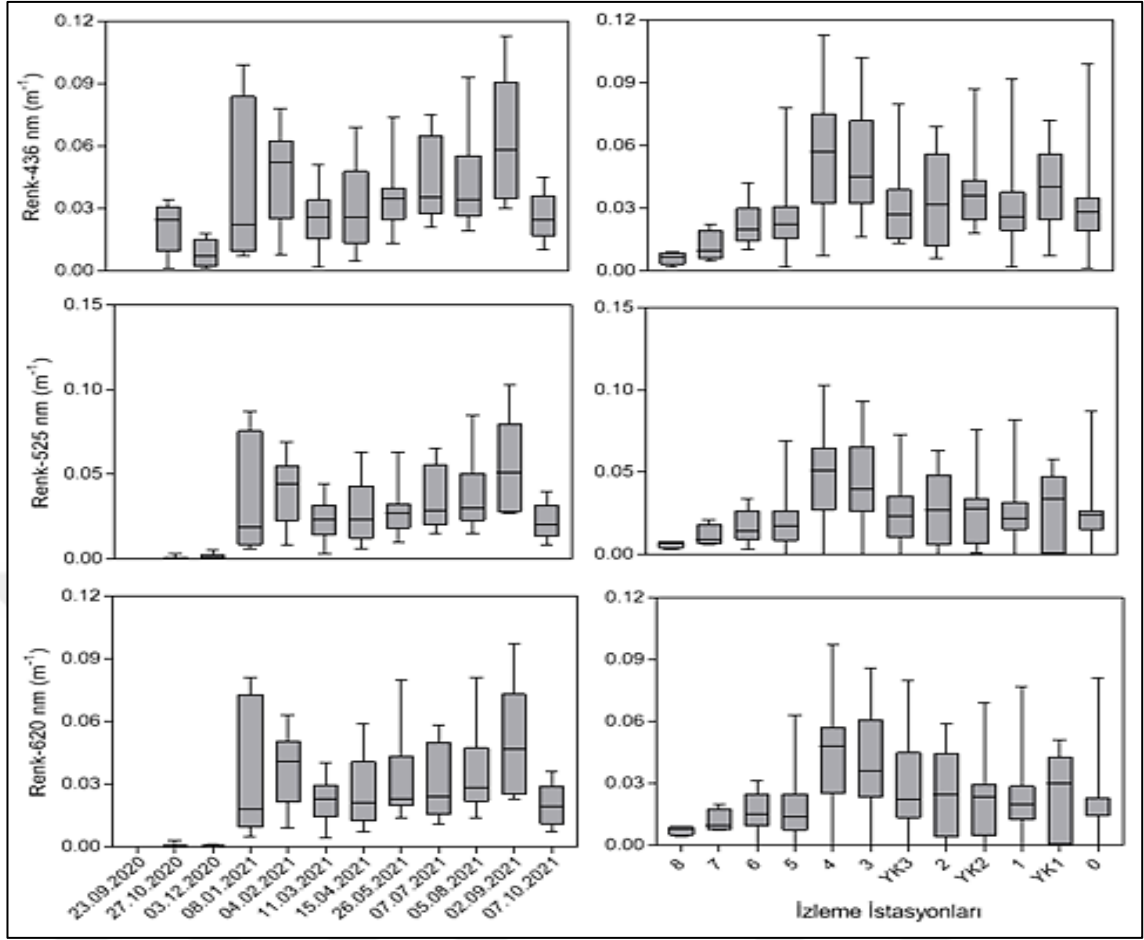
Çizelge 4.42. Araştırma döneminde toplam fosforun (mg/L) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,012	0,010	0,025	0,026	0,024	0,025	0,052	0,038	0,317	0,001	0,062	0,001
Max	0,581	1,059	0,074	0,178	0,170	0,126	0,198	0,108	5,335	0,552	0,186	0,465
Ort	0,163	0,280	0,043	0,074	0,073	0,069	0,104	0,081	1,500	0,215	0,112	0,208
Sd	0,279	0,520	0,018	0,051	0,036	0,032	0,049	0,023	1,538	0,155	0,046	0,123

Acısu Deresi'nde toplam fosfor miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla $\chi^2(12) = 56,13$ ve $48,95$; $p < 0,0001$).

4.1.2.26. Renk

Örnekleme noktalarında 3 farklı dalga boyunda (436, 525 ve 640 nm) ölçülen renk parametresi için 525 ve 640 nm dalga boylarında en düşük değer $< 0,001$ 1/m olurken en yüksek renk değerleri farklı dalga boyları için 0,113 1/m, 0,103 1/m ve 0,097 1/m olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.43). Eylül 2021 örneklemeğinde İst-4'te tüm dalga boylarında en yüksek değerler ölçülmüştür (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre renk parametresinin (1/m) değişimi

Acısu Deresi’nden yıl boyunca alınan su örneklerinde 3 ayrı dalga boyunda (436-525-620 nm) ölçülen renk parametresi açısından aylara göre değişiminin farklılığı (sırasıyla $\chi^2(12)=637,23; p<0,0001$, $\chi^2(11)=57,07; p<0,0001$ ve $\chi^2(11)=56,57; p<0,0001$) istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur.

İstasyonlar arasındaki karşılaştırma açısından 436 nm dalga boyunda ölçülen renk parametresi değerlerinin gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak ($\chi^2(12)=28,61; p=0,0026$) önemli bulunmuştur. Ancak 525 ve 620 nm dalga boylarında yapılan ölçüm sonuçlarındaki farklılıklar anlamlı bulunmamıştır (sırasıyla $\chi^2(12)=16,46; p=0,1248$ ve $\chi^2(12)=16,54; p=0,1224$).

Çizelge 4.43. Araştırma döneminde renk parametresinin (1/m) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

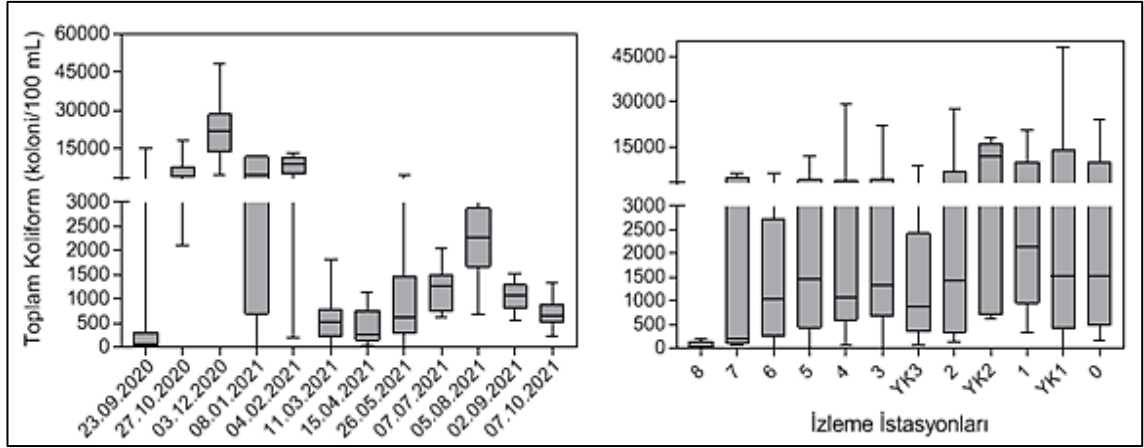
436 nm	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0,002	0,005	0,010	0,002	0,007	0,016	0,013	0,006	0,018	0,002	0,007	0,001
Max	0,009	0,022	0,042	0,078	0,113	0,102	0,080	0,069	0,087	0,092	0,072	0,099
Ort	0,006	0,012	0,022	0,028	0,054	0,053	0,033	0,034	0,039	0,032	0,040	0,032
Sd	0,003	0,007	0,011	0,021	0,034	0,027	0,020	0,023	0,021	0,024	0,022	0,027
525 nm												
Min	0,003	0,006	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Max	0,008	0,021	0,034	0,069	0,103	0,093	0,073	0,063	0,076	0,082	0,058	0,087
Ort	0,006	0,011	0,017	0,021	0,047	0,044	0,025	0,028	0,027	0,026	0,028	0,026
Sd	0,002	0,007	0,011	0,020	0,033	0,029	0,022	0,022	0,024	0,022	0,024	0,024
620 nm												
Min	0,004	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Max	0,009	0,020	0,031	0,063	0,097	0,086	0,080	0,059	0,069	0,077	0,051	0,081
Ort	0,007	0,012	0,016	0,019	0,043	0,041	0,030	0,025	0,024	0,023	0,025	0,024
Sd	0,002	0,006	0,011	0,019	0,030	0,028	0,025	0,021	0,022	0,021	0,021	0,022

4.1.2.27. Bakteriyolojik Kalite Değişimi

Acısu Deresi'nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük toplam koliform bakteri sayısı 0 koloni/100 mL olarak İst-8 için Ocak ve Mart 2021 dönemlerinde, İst-YK1 için Mayıs 2021 dönemi ölçülmüştür. En yüksek toplam koliform bakteri sayısı ise 48.000 koloni/100 mL olarak İst-YK1'de Aralık 2020 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama toplam koliform bakteri sayısı 53 ± 90 koloni/100 mL ile 9.665 ± 17.605 koloni/100 mL arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.27 ve Çizelge 4.44). Acısu Deresi'nde toplam koliform bakteri sayısının aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli iken ($\chi^2(12)=67,64$; $p<0,0001$), istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=17,65$; $p=0,0901$).

Çizelge 4.44. Araştırma döneminde toplam koliform bakteri sayısının (koloni/100 ml) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0	67	15	10	80	10	60	130	600	333	0	147
Max	187	6347	6240	12000	29280	21813	9013	27867	18240	20480	48000	24267
Ort	53	1703	1760	3256	4016	4030	1983	5365	8659	5116	9665	5097
Sd	90	3096	2074	4103	8121	6360	2756	8293	7858	6343	17605	7517



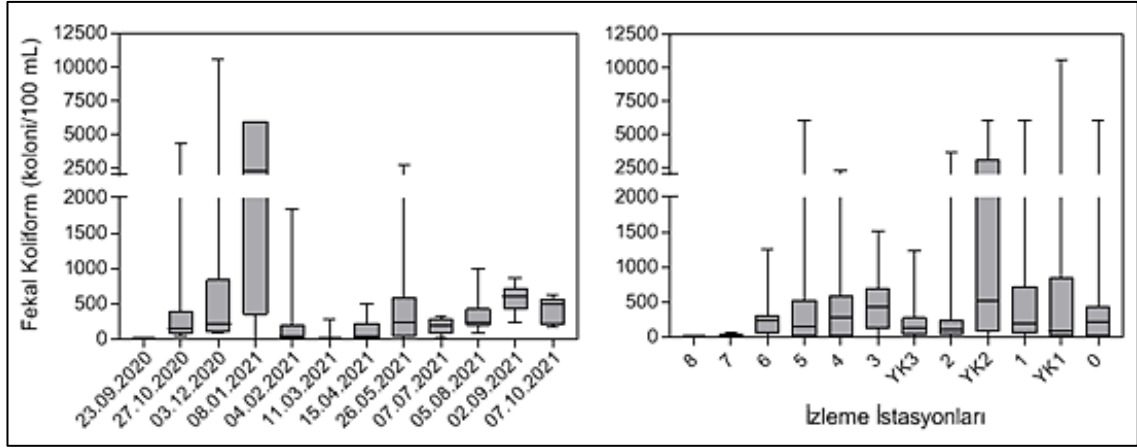
Şekil 4.27. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre toplam koliform bakteri sayılarının (koloni/100 mL) değişimi

Örnekleme noktalarında fekal koliform bakteriler, genel olarak toplam koliform bakteri sayılarının yüksek olduğu izleme noktalarında yüksek sayılarda tayin edilmiştir. En düşük fekal koliform bakteri sayısı 0 koloni/100 mL olarak pek çok örnekleme noktasında ve en yüksek fekal koliform bakteri sayısı ise 10.613 koloni/100 mL olarak İst-YK1’de Aralık 2020 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama fekal koliform bakteri sayısı 5 ± 6 koloni/100 mL ile 1.697 ± 3.944 koloni/100 mL arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.28 ve Çizelge 4.45).

Acısu Deresi’nde fekal koliform bakteri sayısının aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=61,57$; $p<0,0001$). Bununla birlikte fekal koliform bakteri sayısının istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=14,50$; $p=0,2066$).

Çizelge 4.45. Araştırma döneminde fekal koliform bakteri sayısının (koloni/100 mL) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

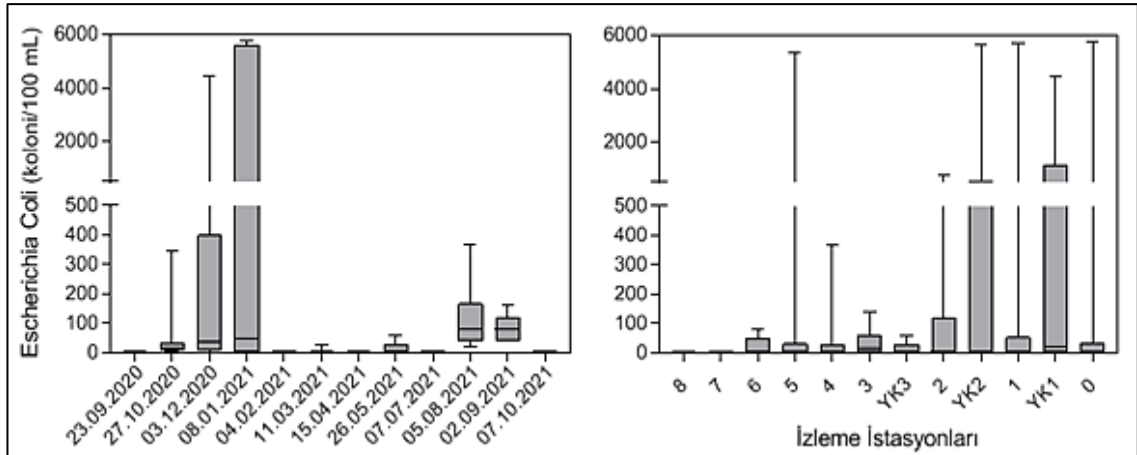
	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	13	60	1260	6000	2300	1513	1227	3627	6000	6000	10613	6000
Ort	5	23	317	712	452	487	240	449	1535	915	1697	697
Sd	6	29	400	1692	634	436	355	1061	2180	1775	3944	1682



Şekil 4.28. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre fekal koliform bakteri sayılarının (koloni/100 mL) değişimi

Tespit edilen *Escherichia coli* sayıları fekal koliform bakteri sayılarıyla uyumluluk göstermekle birlikte en düşük *Escherichia coli* sayısı 0 koloni/100 mL olarak pek çok örnekleme noktasında ve en yüksek *Escherichia coli* sayısı ise 5.767 koloni/100 mL olarak İst-0'da Aralık 2020 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarındaki ortalama *Escherichia coli* sayısı 0 ± 0 koloni/100 mL ile 768 ± 1.819 koloni/100 mL arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.29 ve Çizelge 4.46).

Acısu Deresi'nde *Escherichia coli* sayısının aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=77,73$; $p<0,0001$). Bununla birlikte *Escherichia coli* sayısının istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=8,887$; $p=0,6323$).



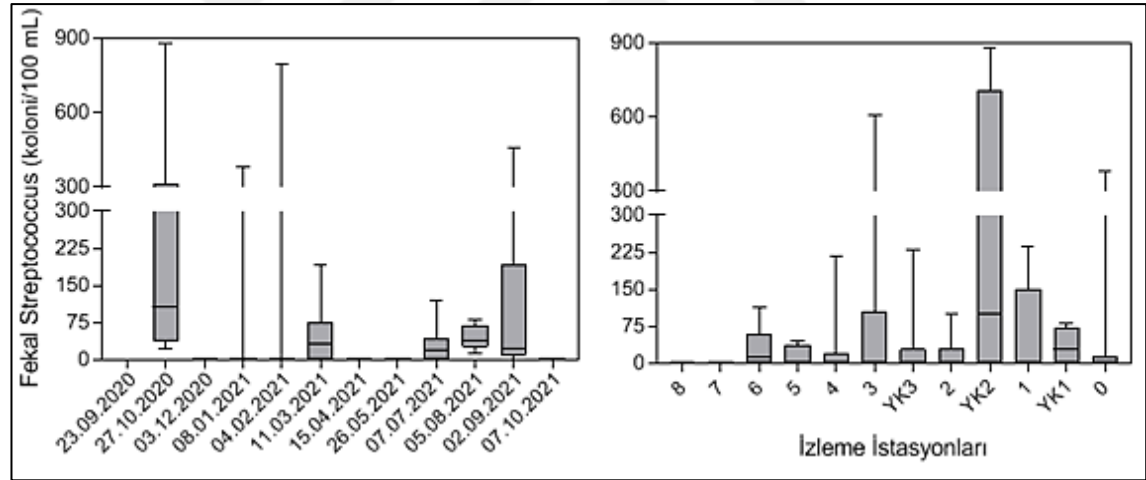
Şekil 4.29. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre *Escherichia coli* sayılarının (koloni/100 mL) değişimi

Çizelge 4.46. Araştırma döneminde *Escherichia coli* sayısının (koloni/100 mL) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	0	0	80	5320	365	140	60	740	5640	5700	4480	5767
Ort	0	0	20	465	39	34	14	95	764	495	768	493
Sd	0	0	33	1530	104	44	20	219	1845	1639	1819	1661

Acısu Deresi’nde Ağustos 2020 ve Ekim 2021 ayları arasında yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük fekal streptokok sayısı 0 koloni/100 mL olarak pek çok örnekleme noktasında ve en yüksek fekal streptokok sayısı ise 880 koloni/100 mL olarak İst-YK2’de Ekim 2020 döneminde ölçülmüştür. Örnekleme noktalarında ortalama fekal streptokok sayısı 0 ± 0 koloni/100 mL ile 292 ± 369 koloni/100 mL arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.30 ve Çizelge 4.47).

Acısu Deresi’nde fekal streptokok sayısının aylara göre değişimi bakımından gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\chi^2(12)=62,16$; $p<0,0001$). Bununla birlikte fekal streptokok sayısının istasyonlar arasında gösterdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(12)=13,85$; $p=0,2413$).



Şekil 4.30. Araştırma döneminde izleme istasyonları ve aylara göre fekal streptokok sayılarının (koloni/100 mL) değişimi

Çizelge 4.47. Araştırma döneminde fekal streptokok bakteri sayısının (koloni/100 mL) istasyonlara göre istatistiksel değerlendirmesi

	İst 8	İst 7	İst 6	İst 5	İst 4	İst 3	İst YK3	İst 2	İst YK2	İst 1	İst YK1	İst 0
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	0	0	113	44	218	609	230	102	880	238	80	383
Ort	0	0	31	17	26	93	28	17	292	59	35	41
Sd	0	0	43	20	65	181	68	33	369	90	34	115

4.2. Acısu Deresi Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Yöntemleriyle Test Edilmesi

Acısu Deresi'nde araştırma periyodunda örnekleme noktalarında gerçekleştirilen izleme çalışması ile elde edilen veriler arasındaki ilişkiyi daha kolay açıklayabilmek amacıyla korelasyon katsayıları elde edilmiş ve Çizelge 4.48'de verilmiştir. Korelasyon katsayısı hesaplamalarında karşılaştırılan grupların herhangi birisinin fazla olabileceği durumu göz önüne alınarak iki yönlü hipotez kullanılmıştır. Korelasyon katsayıları sıfırdan büyük ya da küçük olmalarına göre pozitif ya da negatif olarak nitelendirilirken sıfıra eşit olma durumlarında yok olarak kabul edilirler. Ayrıca +1 ya da -1'e eşit olmaları tam olarak kabul edilirken işaretler yine pozitif- negatif (doğru-ters yönlü) olarak ifade edilirler. Kuvvetli veya zayıf olarak yorumlanmaları ise 0,5 ve -0,5 göre büyüklük ve küçüklükleri dikkate alınarak yapılır. Çizelge 4.48'de yer alan ve kırmızı renkle gösterilen değerler, korelasyon sonucu -0,5'ten küçük ve 0,5'ten büyük olan değerleri göstermektedir.

Çizelge 4.48'e göre; EC ve tuzluluk parametreleri, anyon-kasyon gruplarıyla (klorür, bromür, lityum, sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum) > %75 oranında çok güçlü pozitif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. Sıcaklık parametresi, ÇO ile %79,9 ve CO₃ ile %59,6 oranında güçlü ve negatif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. Askıda katı madde ve bulanıklık parametreleri ile renk parametreleri > %75 oranında çok güçlü pozitif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. AKM ve FNU kendi aralarında ise %94 oranında çok güçlü pozitif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. Toplam organik karbon parametresi ise elektriksel iletkenlik, tuzluluk, sülfat, amonyum ve anyon-kasyon grupları (florür, klorür, bromür, lityum, sodyum, potasyum ve magnezyum) ile %63-91 oranında orta ve yüksek düzeylerde pozitif korelasyon sonuçları sergilemiştir. Bikarbonat ve toplam alkalinite %99,4 oranında çok güçlü pozitif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. Buna karşılık NO₂ ve NO₃ %31,9 oranı ile zayıf ve pozitif yönlü bir korelasyon göstermektedir. ÇO ve %ÇO %81,2 oranı ile güçlü ve pozitif yönlü bir korelasyon, renk parametreleri de kendi aralarında >%99 oranı ile çok güçlü pozitif bir korelasyon sergilemiştir. FK, FS ve E.coli parametreleri kendi aralarında %10-%31 ile zayıf ve pozitif bir korelasyon göstermiştir. Ek olarak klorofil-a parametresi tüm parametrelerle <%50 oranı ile zayıf bir korelasyon sergilerken, pH, çözünmüş oksijen, bulanıklık, askıda katı madde, karbonat, bikarbonat ve toplam alkalinite parametreleri ile negatif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur.

Çizelge 4.48. Acısu Deresi’nde gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışması ile elde edilen veriler için korelasyon matrisi

Parametre	T	pH	EC	S%	ÇO	ÇO%	FNU	AKM	F	Cl	Br	NO2	NO3	PO4	SO4	Li	Na	K	NH4	Ca	Mg	T.Alk	HCO3	CO3	TOK	TN	TP	KOI	BOI5	Chl-a	R436	R525	R620	TC	FK	FS	E.coli	
T	1																																					
pH	-0,474	1																																				
EC	0,394	-0,579	1																																			
S%	0,389	-0,568	0,995	1																																		
ÇO	-0,799	0,407	-0,279	-0,267	1																																	
ÇO%	-0,328	0,184	-0,016	0,009	0,812	1																																
FNU	0,441	0,020	-0,132	-0,141	-0,465	-0,315	1																															
AKM	0,450	-0,033	0,039	0,034	-0,453	-0,275	0,940	1																														
F	0,483	-0,619	0,757	0,753	-0,407	-0,096	0,024	0,171	1																													
Cl	0,410	-0,564	0,954	0,952	-0,317	-0,088	-0,197	-0,056	0,672	1																												
Br	0,403	-0,579	0,997	0,993	-0,267	0,010	-0,115	0,058	0,755	0,948	1																											
NO2	0,533	-0,645	0,584	0,567	-0,524	-0,281	0,032	0,113	0,888	0,552	0,569	1																										
NO3	-0,075	-0,159	0,259	0,243	0,078	0,069	-0,050	-0,159	0,220	0,288	0,226	0,319	1																									
PO4	0,409	-0,332	0,697	0,701	-0,191	0,159	0,129	0,270	0,709	0,628	0,694	0,587	0,289	1																								
SO4	0,261	-0,548	0,944	0,933	-0,208	-0,045	-0,299	-0,173	0,652	0,956	0,928	0,564	0,444	0,619	1																							
Li	0,400	-0,580	0,966	0,966	-0,266	0,033	-0,074	0,102	0,853	0,891	0,962	0,651	0,238	0,758	0,870	1																						
Na	0,393	-0,566	0,971	0,967	-0,307	-0,075	-0,191	-0,045	0,722	0,994	0,961	0,591	0,324	0,667	0,966	0,927	1																					
K	0,514	-0,607	0,979	0,974	-0,368	-0,049	-0,054	0,112	0,824	0,943	0,978	0,656	0,220	0,727	0,896	0,976	0,961	1																				
NH4	0,329	-0,417	0,867	0,871	-0,160	0,151	-0,100	0,047	0,589	0,798	0,862	0,329	0,127	0,589	0,781	0,875	0,828	0,854	1																			
Ca	0,218	-0,542	0,852	0,842	-0,196	-0,035	-0,257	-0,118	0,787	0,799	0,825	0,676	0,390	0,635	0,849	0,900	0,854	0,859	0,790	1																		
Mg	0,383	-0,585	0,979	0,969	-0,301	-0,061	-0,121	0,027	0,794	0,943	0,968	0,648	0,361	0,717	0,949	0,967	0,970	0,974	0,845	0,912	1																	

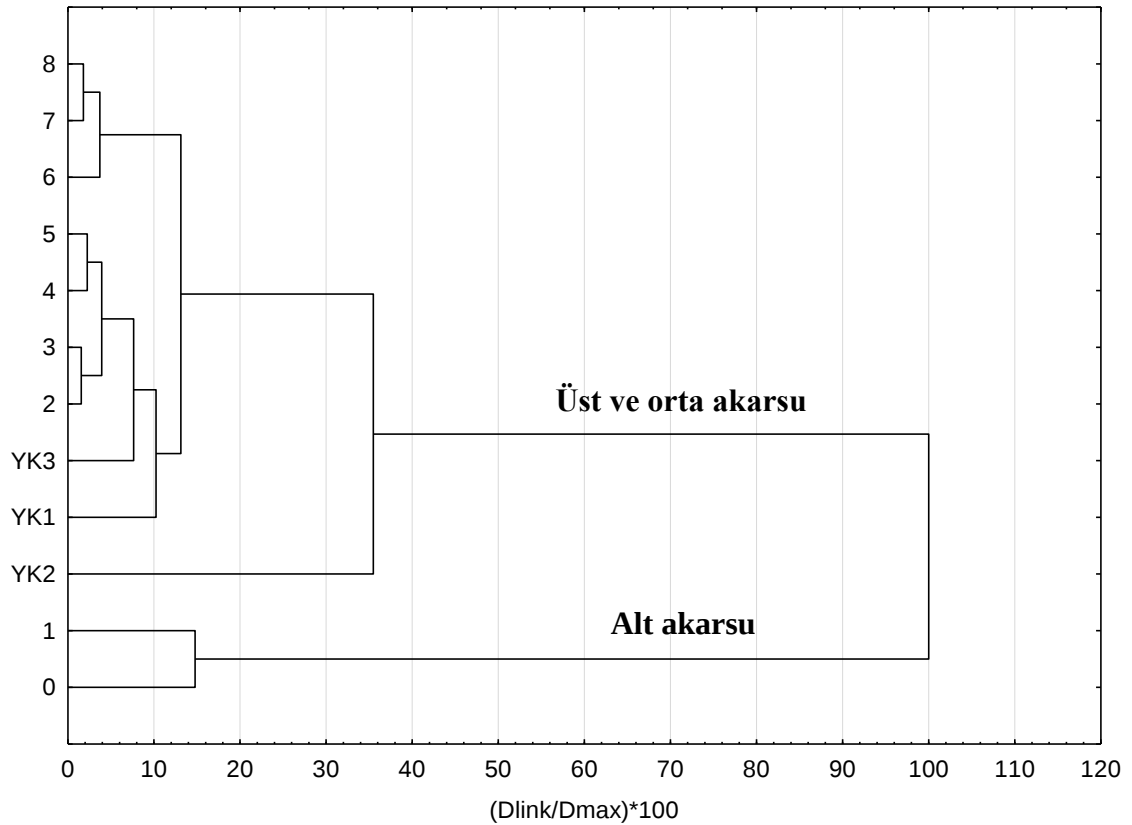
T.AIk	-0.283	0.523	-0.244	-0.249	0.061	-0.153	0.137	0.237	-0.070	-0.312	-0.241	-0.157	-0.238	-0.074	-0.300	-0.185	-0.287	-0.243	-0.297	-0.219	-0.224	1															
HCO3	-0.228	0.441	-0.184	-0.192	0.009	-0.181	0.176	0.289	-0.007	-0.260	-0.179	-0.105	-0.237	-0.028	-0.262	-0.123	-0.234	-0.180	-0.250	-0.177	-0.165	0.994	1														
CO3	-0.596	0.882	-0.665	-0.645	0.411	0.084	-0.156	-0.208	-0.553	-0.639	-0.666	-0.563	-0.219	-0.444	-0.617	-0.634	-0.635	-0.680	-0.570	-0.515	-0.648	0.612	0.525	1													
TOK	0.496	-0.620	0.855	0.842	-0.451	-0.149	0.019	0.151	0.917	0.776	0.841	0.847	0.390	0.766	0.813	0.891	0.824	0.877	0.703	0.855	0.893	-0.145	-0.082	-0.635	1												
TN	-0.025	-0.327	0.522	0.510	-0.012	0.010	-0.159	-0.182	0.444	0.528	0.484	0.506	0.921	0.480	0.680	0.508	0.572	0.469	0.356	0.656	0.614	-0.230	-0.213	-0.355	0.624	1											
TP	0.624	-0.393	0.604	0.610	-0.384	0.024	0.187	0.273	0.661	0.565	0.604	0.636	0.169	0.871	0.506	0.662	0.588	0.665	0.465	0.500	0.626	-0.081	-0.031	-0.484	0.690	0.341	1										
KOI	0.486	-0.511	0.605	0.584	-0.390	-0.178	0.283	0.354	0.642	0.529	0.624	0.543	0.226	0.447	0.479	0.626	0.551	0.670	0.409	0.483	0.620	-0.051	0.014	-0.515	0.608	0.263	0.483	1									
BOI5	0.424	-0.147	0.482	0.499	-0.280	0.012	0.318	0.441	0.597	0.428	0.490	0.443	0.047	0.610	0.314	0.583	0.452	0.567	0.416	0.384	0.494	0.140	0.177	-0.254	0.511	0.153	0.631	0.601	1								
Chi-a	0.352	-0.353	0.277	0.283	-0.148	0.155	-0.131	-0.155	0.469	0.257	0.274	0.447	0.172	0.110	0.257	0.327	0.275	0.342	0.355	0.361	0.303	-0.495	-0.487	-0.409	0.382	0.187	0.122	0.228	0.277	1							
R436	0.444	0.051	-0.176	-0.194	-0.480	-0.311	0.864	0.790	-0.033	-0.201	-0.166	0.009	-0.052	0.174	-0.272	-0.143	-0.203	-0.110	-0.112	-0.285	-0.161	0.140	0.177	-0.132	0.041	-0.140	0.176	0.082	0.193	-0.137	1						
R525	0.395	0.087	-0.211	-0.230	-0.450	-0.312	0.853	0.772	-0.080	-0.236	-0.201	-0.040	-0.061	0.141	-0.301	-0.181	-0.239	-0.152	-0.142	-0.316	-0.197	0.164	0.198	-0.091	-0.001	-0.156	0.137	0.051	0.156	-0.184	0.997	1					
R620	0.351	0.116	-0.241	-0.261	-0.419	-0.308	0.843	0.756	-0.117	-0.265	-0.232	-0.072	-0.058	0.121	-0.323	-0.213	-0.267	-0.188	-0.172	-0.337	-0.226	0.180	0.210	-0.055	-0.034	-0.159	0.110	0.024	0.125	-0.223	0.992	0.998	1				
TC	0.404	0.008	0.021	-0.003	-0.338	-0.192	0.532	0.431	0.177	0.012	0.005	0.300	0.560	0.211	0.017	0.057	0.039	0.102	-0.063	0.090	0.117	0.001	0.008	-0.120	0.230	0.408	0.263	0.370	0.313	0.148	0.386	0.361	0.346	1			
FK	0.473	-0.347	0.036	0.033	-0.300	-0.055	0.349	0.330	0.331	-0.045	0.053	0.335	-0.128	0.294	-0.111	0.143	-0.024	0.165	-0.009	0.122	0.080	-0.260	-0.231	-0.292	0.188	-0.136	0.309	0.403	0.237	0.238	0.276	0.251	0.234	0.306	1		
FS	0.553	-0.213	0.031	0.002	-0.524	-0.274	0.263	0.229	0.190	-0.004	0.021	0.358	0.039	0.045	-0.008	0.042	0.013	0.086	0.092	0.051	0.047	-0.108	-0.090	-0.254	0.286	0.035	0.272	0.138	0.042	0.234	0.311	0.287	0.261	0.427	0.105	1	
E.coli	0.600	0.027	-0.043	-0.050	-0.735	-0.647	0.350	0.270	-0.068	0.022	-0.047	0.050	-0.239	0.024	-0.080	-0.105	-0.013	0.020	-0.129	-0.166	-0.042	0.031	0.041	-0.020	0.002	-0.247	0.239	0.070	-0.015	-0.189	0.409	0.409	0.402	0.235	0.313	0.262	1

4.2.1. Acısu Deresi Su Kalitesinin Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA) Sonuçları

Acısu Deresi'ndeki su kalitesinin zamansal ve mekânsal değişimlerdeki benzerlikleri ve farklılıkları anlamak için hiyerarşik kümeleme analizi uygulanmıştır. Bağlantı mesafelerinin Dlink/Dmax olarak ifade edileceği kümeleme için Wards yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizde uzaklık katsayısı olarak Öklid mesafesi belirlenmiştir. İncelenen parametreler için ölçüm sonuçları olan ham veri setlerine GraphPad Prism 8 programı kullanılarak aykırı değerlerin çıkarılması işlemi uygulanmıştır. Bu işlem “outlier removed” olarak tanımlanmakta olup izleme çalışması ile elde edilmiş tüm veri setine aykırı olan veriler, veri setine dahil edilmemiştir. GraphPad Prism 8 programı aracılığı ile elde edilen nihai ham veri setleri ile Statistica StatSoft 12 Programında HCA uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

4.2.1.1. Mekânsal Benzerlikler/Farlılıklar ve Kümeleme

Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA) Acısu Deresi'nde ölçüm ve analizleri gerçekleştirilen su kalitesi parametrelerine bağlı olarak örnekleme noktalarının sergilediği heterojeniteyi ortaya çıkarmıştır. HCA sonuçlarına Şekil 4.31'de yer verilmiştir.



Şekil 4.31. Acısu Deresi'ndeki örnekleme noktalarının su kalitesi parametrelerine dayalı HCA dendrogram grafiği

HCA, örnekleme noktalarını $Dlink/Dmax \cdot 100 < 40$ istatistiksel anlamlılık düzeyinde, birincisi üst, orta ve alt bölgenin bir kısmındaki örnekleme noktalarını ve ikincisi alt örnekleme noktalarını kapsayan 2 ana kümeye gruplandırmıştır (Şekil 4.31). Birinci ana küme akarsu kaynağına yakın örnekleme noktası (8) ile diğer üst akarsu örnekleme noktalarını (6 ve 7) aynı alt kümede gruplandırarak üst akarsu bölgesinin benzerliğini göstermiştir. Birinci ana küme içerisindeki diğer alt küme ise orta ve alt akarsu bölgesinden ana akarsuya boşalan kol akarsu örnekleme noktaları ile orta akarsu örnekleme noktalarını bir arada gruplandırmıştır. Bu grup içerisinde alt ve orta akarsu bölgesinde ana akarsuya boşalan yan kollar (YK1 ve YK3) ile orta akarsu bölgesi örnekleme noktaları (2, 3, 4 ve 5) bir alt küme içerisinde gruplandırılırken, orta akarsu bölgesinde ana akarsuya boşalan yan kol (YK2), su kalitesindeki farklılığı açığa çıkararak, diğer yan kol ve ana akarsu örnekleme noktalarından ayrı konumlanmıştır.

İkinci ana küme ise alt bölge örnekleme noktalarını kapsamaktadır. Akarsu ağzı noktası (0) ile hemen öncesinde yer alan örnekleme noktası (1), su kalitesi bakımından sergilediği benzerlikle ikinci ana kümeyi oluşturmuştur.

Acısu Deresi'nde gerçekleştirilen mekânsal analizde uzaklık katsayısı olarak Öklid mesafesi kullanılmıştır. Buna göre HCA'da belirlenen istasyonlar arasındaki mesafeler Çizelge 4.49'da verilmiştir.

Çizelge 4.49. Acısu Deresi'nde izlenen örnekleme noktalarının su kalitesi parametrelerine dayalı HCA Öklid mesafeleri (Euclidean distances)

Değişken (İzleme noktaları)	8	7	6	5	4	3	YK3	2	YK2	1	YK1	0
8	0	164	308	321	499	511	955	587	2135	3646	942	3551
7		0	282	171	339	380	795	440	2095	3605	825	3465
6			0	338	467	494	879	554	2121	3619	893	3493
5				0	205	299	656	330	2059	3589	751	3406
4					0	238	466	195	2028	3565	676	3325
3						0	547	141	1831	3576	720	3313
YK3							0	424	2006	3566	713	3177
2								0	1866	3530	642	3245
YK2									0	3968	2044	3439
1										0	2934	1346
YK1											0	2673
0												0

Çizelge 4.49'a göre istasyonların kendileri arasındaki değer 0 olması, katsayının düştükçe (sıfıra yaklaştıkça) birbirine yakın olduğunu, katsayıların büyüdükçe mesafenin arttığını (uzaklaştığını) göstermektedir. Buna göre birbirine en yakın benzerlik 2 ve 3 numaralı ana akarsu üzerindeki örnekleme noktaları (Öklid mesafesi: 141) ve en uzak benzerlik ise bazı su kalitesi parametreleri bakımından diğer noktalardan farklılık

gösteren yan kol örnekleme noktası (YK2) ile akarsu ağzı öncesindeki 1 numaralı örnekleme noktası arasında gözlenmiştir.

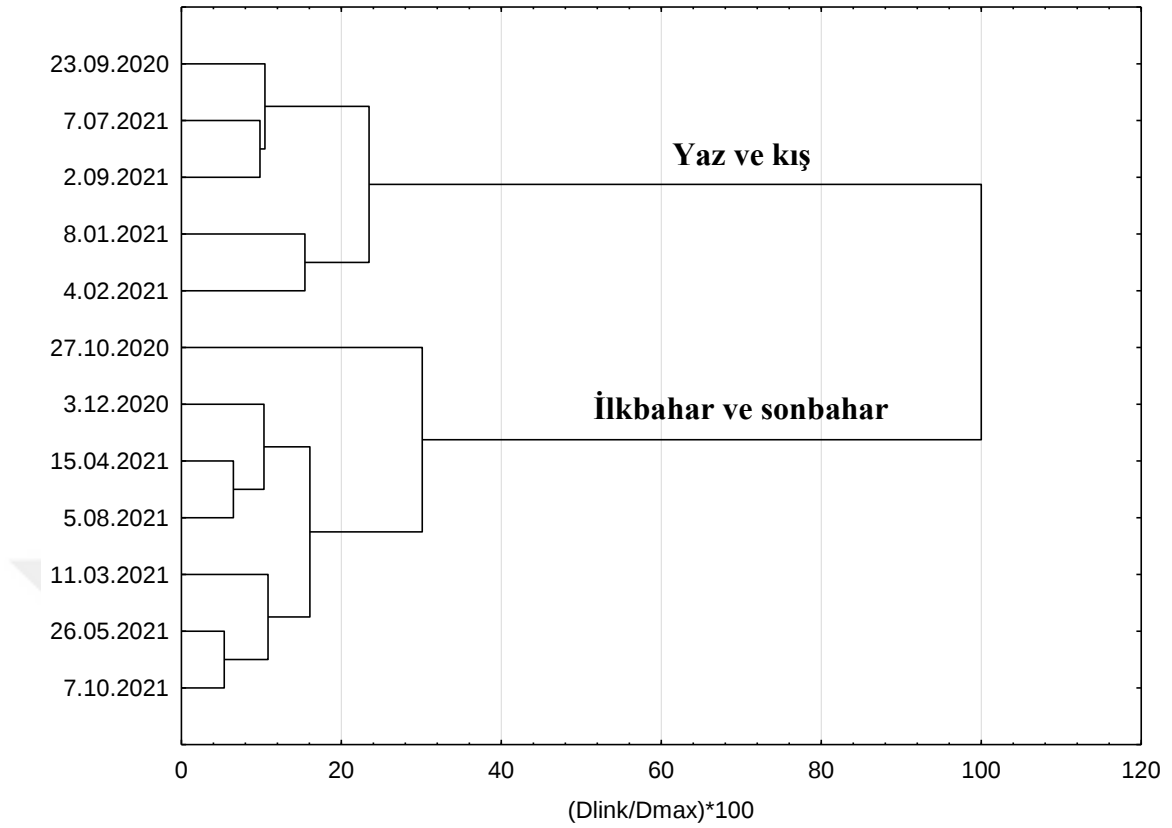
Şekil 4.31'deki dendrogram Acısu Deresi boyunca gözlemlenen doğal benzerlikler ve mevcut antropojenik aktiviteler dikkate alınarak incelendiğinde, su kirliliği tipi ve derecesi benzer olan iki farklı küme oluştuğu görülmüştür.

HCA sonuçları su kalitesi ön değerlendirmesi sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Tanımlayıcı istatistikler ile ortaya konulduğu şekilde, Acısu Deresi kaynağı ve yakın örnekleme noktaları ile oluşan birinci küme, su kalitesi bakımından akarsu ağzı ve yakın örnekleme noktalarından daha iyi durumdadır. Bu nedenle ilk kümenin az kirli alanlardan, ikinci kümenin ise orta veya çok kirli alanlardan oluştuğu söylenebilir. Ayrıca elde edilen küme sayısı tek yönlü ANOVA analizi sonuçları ile de uyum göstermektedir.

HCA sonuçları, kümeleme analizinin su kalitesi veri setine uygulanabildiğini ve analiz sonucunda güvenilir sonuçlara ulaşılabildiğini göstermektedir. Kümeleme analizi havzadaki su kalitesinde bölgesel benzerlikleri anlamak için kullanılabileceği gibi (Zheng vd. 2016), izleme çalışmalarının verdiği sonuçları değerlendirmek ya da izleme çalışmalarının yapılması gereken örnekleme noktaları ve sayılarını belirleyebilmek için kullanılabileceğini ortaya koymaktadır (Shresta ve Kazama 2007).

4.2.1.2. Zamansal Benzerlikler/Farklılıklar ve Kümeleme

Acısu Deresi'ndeki örnekleme noktalarında izlenen su kalitesi parametrelerine dayalı zamansal benzerlik ve farklılıkları saptamak için yine kümeleme analizinden faydalanılmıştır. HCA, örnekleme noktalarından bağımsız olarak örnekleme zamanlarında gözlenen su kalitesi heterojenitesini ortaya çıkarmış ve örnekleme tarihlerini $D_{link}/D_{max} \cdot 100 < 40$ istatistiksel anlamlılık düzeyinde iki ana kümeye gruplandırmıştır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Acısu Deresi'ndeki örnekleme tarihlerinin su kalitesi parametrelerine dayalı HCA dendrogram grafiği

Birinci ana küme yaz ve yaz sonu mevsimi (Temmuz ve Ağustos, 2021 ve Eylül, 2020) ile kış mevsimi (Ocak ve Şubat, 2021) örneklerini aynı alt kümede gruplandırmıştır. Yaz örneklerinden birisi (Ağustos, 2021) ikinci alt küme içerisinde gruplanmış olmakla birlikte, ikinci ana küme ise ilkbahar (Mart, Nisan ve Mayıs, 2021) ile sonbahar ve sonbahar sonu (Ekim, 2020, 2021 ve Aralık 2020) örneklerini aynı alt kümede toplamıştır.

Bölgenin iklimine paralel olarak HCA sonucunda ilkbahar ve sonbahar aylarının bir kümede; yaz ve kış aylarının diğer bir kümede toplandığı saptanmıştır. Dolayısıyla genel olarak birinci ana küme yaz ve kış mevsimlerindeki kurak periyodu ve sıcaklık homojenliğini, ikinci ana küme ise ilkbahar ve sonbahar mevsimlerindeki yağışlı periyodu ve sıcaklık heterojenliğini temsil ederek akarsuda zamansal değişimleri göstermiştir. Bu durum Acısu Deresi Havzası'ndaki su kalitesinin zamana bağlı değişiminde sıcaklık ve yağış parametrelerinin belirleyici meteorolojik unsurlar olduğunu ortaya koymaktadır.

Acısu Deresi'nde gerçekleştirilen mekânsal analizde uzaklık katsayısı olarak Öklid mesafesi kullanılmıştır. Buna göre HCA'da belirlenen örnekleme tarihleri arasındaki mesafeler Çizelge 4.50'de verilmiştir.

Çizelge 4.50. Acısu Deresi’nde izlenen örnekleme tarihlerinin su kalitesi parametrelerine dayalı hiyerarşik kümeleme analizi Öklid mesafeleri (Euclidean distances)

Değişken (Tarihler)	Eylül 2020	Ekim 2020	Aralık 2020	Ocak 2021	Şubat 2021	Mart 2021	Nisan 2021	Mayıs 2021	Temmuz 2021	Ağustos 2021	Eylül 2021	Ekim 2021
Eylül 2020	0	3606	2762	1682	1158	2611	2160	2172	922	2426	951	2000
Ekim 2020		0	1519	4108	4322	2501	1803	2246	3042	1542	3240	2211
Aralık 2020			0	3214	3564	1394	862	1021	2057	843	2400	1092
Ocak 2021				0	1406	3522	2798	2968	2051	3206	1388	2678
Şubat 2021					0	3466	2893	3041	1766	3239	1245	2783
Mart 2021						0	1225	666	1749	1148	2433	1057
Nisan 2021							0	750	1394	591	1761	630
Mayıs 2021								0	1331	814	1929	488
Tem. 2021									0	1688	894	1177
Ağu. 2021										0	2102	819
Eylül 2021											0	1614
Ekim 2021												0

Çizelge 4.50’ye göre uzaklık değeri ne kadar küçükse benzerlik/yakınlık o kadar büyüktür. Buna göre birbirine en yakın benzerlik Nisan 2021 ve Ağustos 2021 örnekleme tarihleri (Öklid mesafesi: 591) ve en uzak benzerlik ise Ekim 2020 ile Şubat 2021 örnekleme tarihleri arasında gözlenmiştir.

Genel bir sonuç olarak HCA, Acısu Deresi’nde yürütülen çalışma periyodunda örnekleme noktalarında ortaya çıkan değişimlerin mevsimselliğini kısmen ortaya çıkarmıştır. Bu durumu bildiren dendrogram grafiği Şekil 4.32’de verilmiştir.

Sonuçlar kümeleme analizinin su kalitesindeki zamansal değişimleri sınıflandırmak amacı ile kullanılabileceğini ve veri setindeki benzerlikleri ve farklılıkları ortaya koymakta başarılı olduğunu göstermektedir.

4.2.2. Acısu Deresi Su Kalitesinin Temel Bileşen Analizi (TBA) Sonuçları

Yerüstü sularının kalitesini belirleyen kirlilik kaynaklarının belirlenmesi, parametrelerin birbirleri ile olan ilişkisinin karmaşık olması nedeni ile oldukça zordur. Bu nedenle TBA gruplar arasındaki farklılıkları incelemek amacı ile kullanılmaktadır. TBA analizi, GraphPad Prism 8 programında aykırı olan izleme verilerinin, veri setinden çıkarılarak oluşturulan nihai ham veri setleri kullanılarak Statistica StatSoft 12 Programında gerçekleştirilmiştir. İncelenen parametrelerin birimlerinin ve ölçüm/analiz

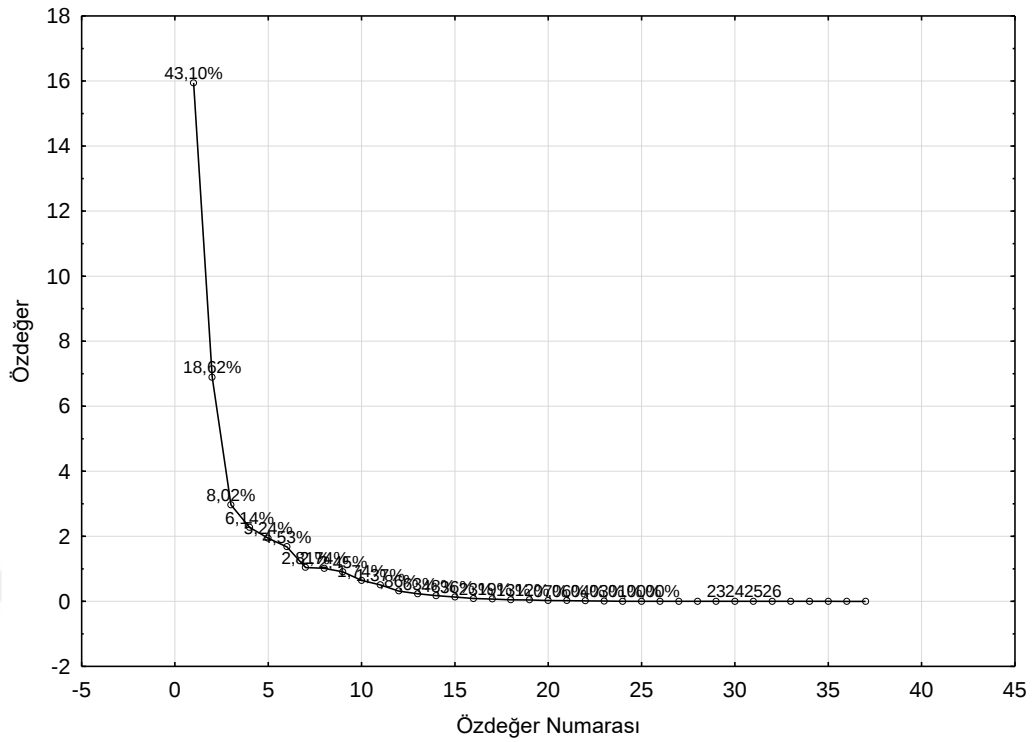
sonuçlarının boyutsal olarak farklı olmasından dolayı ortaya çıkabilecek karışıklıkları önlemek için nihai ham veri seti logaritmik dönüşüm uygulanarak standartlaştırılmıştır.

TBA, Acısu Deresi su kalitesinde ortaya çıkan toplam varyansın %69,74'ünü >1 özdeğere sahip ilk 3 eksenle ve toplam varyansın %91,22'sini >1 özdeğere sahip ilk 8 eksenle açıklamıştır (Çizelge 4.51, Şekil 4.33, Çizelge 4.52). Acısu Deresi'nde araştırma periyodunda örnekleme noktalarında izlenen su sıcaklığı, toplam alkalinite, bikarbonat, nitrat, klorofil-a, toplam koliform, fekal koliform ve E. coli değişiminin toplam varyansın %50'den fazlasını açıklayan ilk 3 eksen üzerine etkisinin zayıf ($-0,5 < \text{faktör koordinatı} < 0,5$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.34a ve 4.34c).

Çizelge 4.51. Acısu Deresi'nde su kalitesine dayalı TBA istatistik özeti

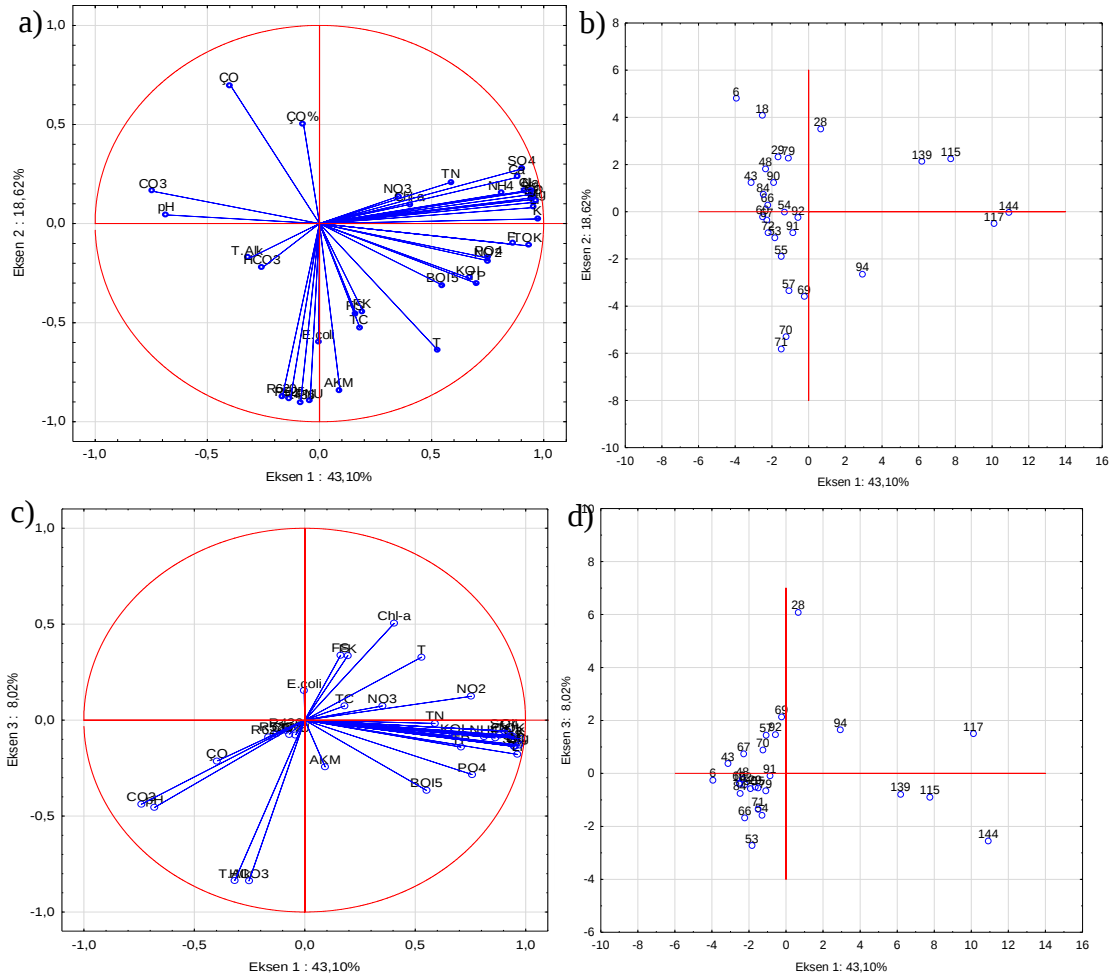
Eksen No	Özdeğer	Toplam özdeğer	Toplam varyansa katkı (%)	Toplam varyans (%)
1	15,95	43,10	15,95	43,10
2	6,89	18,62	22,84	61,72
3	2,97	8,02	25,80	69,74
4	2,27	6,14	28,08	75,89
5	1,94	5,24	30,02	81,13
6	1,68	4,53	31,69	85,66
7	1,04	2,81	32,73	88,47
8	1,01	2,74	33,75	91,22

Temel bileşenleri belirlemek için analiz sonucunda ortaya çıkan özdeğer korelasyon grafiği kullanılmaktadır (Şekil 4.33). Grafiğin dikey eksen, faktörleri (özdeğerleri) sembolize ederken, yatay eksen temel bileşenleri göstermektedir. Grafikteki keskin düşüşler, önemli faktörlerin sayısını vermektedir. Yatay çizgiler, faktörlerin getirdiği ek değişikliklerin bireysel katkılarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Özdeğer, faktörün önemini belirtir ve özdeğerin değeri yükseldikçe önemi artar. Sayısal değeri 1,0'dan büyük olan özdeğerler önemli olarak düşünülmektedir. Buna göre elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak ilk 8 eksen için özdeğerlerin önemli olduğu söylenebilmektedir (Çizelge 4.51 ve Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin TBA ile elde edilen özdeğer korelasyon grafiği

Toplam varyansın önemli bir kısmını açıklayan ilk Eksen 1 (%43,10), yüksek çözünmüş anyon ve katyon karakteristiği sergileyen akarsu ağzı ve alt akarsu bölgesi örnekleme noktalarıyla (0 ve 1) ilişkili olarak, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, klorür, bromür, nitrit, fosfat, sülfat, lityum, sodyum, potasyum, amonyum, kalsiyum, magnezyum ve toplam organik karbon (faktör koordinatı $\geq 0,75$) ile güçlü; pH, karbonat, florür, nitrit, o-fosfat, lityum, amonyum, toplam azot, KOİ ve BOİ₅ ($0,75 < \text{faktör koordinatı} < 0,50$) değişimi ile orta şekilde yüklenmiştir. Elektriksel iletkenlik, tuzluluk, klorür, bromür, sülfat, lityum, sodyum, potasyum, magnezyum ve toplam organik karbon değişimlerinin ise Faktör 1 özdeğerine katkısı daha büyük ($> \%5$) olmuştur (Çizelge 4.52). Toplam varyansı %18,62 oranında açıklayan Eksen 2, yaz (7.07.2021, 5.08.2021 ve 2.09.2021) örnekleme süresince orta bölge örnekleme noktalarında (3 ve 4) gözlenen uç değerlerle ilişkili olarak, renk ölçümleri, bulanıklık ve askıda katı madde (faktör koordinatı $\geq 0,75$) değişimiyle yüklenmiştir. Renk ölçümleri, askıda katı madde ve bulanıklık değişimlerinin Faktör 2 özdeğerine katkısı daha büyük ($> \%10$) olmuştur (Çizelge 4.52). Toplam varyansı daha az oranda açıklayan Eksen 3 (%8,02) ise, izlenen örnekleme noktaları arasından en yüksek parametre değerlerinin gözlemlendiği yan kol (YK2) ve orta akarsu (3 ve 4) örnekleme noktaları ile ilişkili olarak, güçlü şekilde toplam alkalinite ve bikarbonat (faktör koordinatı $\geq 0,75$) ile negatif bölgede yüklenmiştir. Toplam alkalinite ve bikarbonat değişimlerinin Faktör 3 özdeğerine katkısı oldukça büyük ($> \%20$) olmuştur (Çizelge 4.52). Ayrıca Eksen 3 alt bölge örnekleme noktalarına kıyasla nispeten daha yüksek değerlerin kaydedildiği orta bölge ve akışın olduğu dönemlerde üst bölge örnekleme noktalarıyla ilişkili olarak, orta seviyede klorofil-a (faktör koordinatı $\geq 0,5$) parametresiyle yüklenmiştir (Çizelge 4.53 ve Şekil 4.34a, b, c ve d).



Şekil 4.34. Acısu Deresi’nde su kalitesi parametrelerinin TBA grafiği (a) parametrelerin Eksen 1 ve Eksen 2 grafiği, (b) ölçümlerin Eksen 1 ve Eksen 2 grafiği (c) parametrelerin Eksen 1 ve Eksen 3 grafiği ve (d) ölçümlerin Eksen 1 ve Eksen 3 grafiği (Şekil 4.34-b ve d’de yer alan sayılar farklı örnekleme noktası ve dönemini ifade eder), (T: sıcaklık, EC: elektriksel iletkenlik, S: tuzluluk, ÇO: çözülmüş oksijen, %ÇO: ÇO doymunluğu, FNU: bulanıklık, AKM: askıda katı madde, R-436: RES 436 nm, R-525: RES 525 nm, R-620: RES 620 nm, HCO₃: bikarbonat, CO₃: karbonat, Alk: toplam alkalinite, F: florür, Cl: klorür, Br: bromür, NO₂: nitrit, NO₃: nitrat, PO₄: o-fosfat, SO₄: sülfat, Li: lityum, NH₄: amonyum, Na: sodyum, K potasyum, Ca: kalsiyum, Mg: magnezyum, TOK: toplam organik karbon, TN: toplam azot, TP: toplam fosfor, KOİ: kimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ₅: 5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, Chl-a: klorofil-a, TC: toplam koliform bakteriler, FK: fekal koliform bakteriler, FS: fekal streptokok bakteriler, Ecoli: *Escherichia coli*)

Çizelge 4.52, 37 adet su kalitesi parametresinin TBA’daki katkılarına ait yüzde değerlerini göstermektedir. Çizelge 4.53’te korelasyonlara bağlı faktör yükleri yer almaktadır. Liu ve ark. (2003), faktör yüklerini sırasıyla 0,75’ten büyük değerler için “güçlü”, 0,75-0,50 aralığındaki değerler için “orta” ve 0,50-0,30 arasındaki değerler için de “zayıf” olarak sınıflandırmıştır. Bu aralık değerlerine bağlı kalınarak, Çizelge 4.53’te yer alan değerler güçlü için mavi, orta için yeşil ve zayıf için sarı renklere boyanmıştır.

Çizelge 4.52. İzlenen su kalitesi parametrelerinin eksen özdeğerlerine oransal katkısı

Parametre	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5	Faktör 6	Faktör 7	Faktör 8
T	0,0175	0,0595	0,0363	0,0240	0,0002	0,0053	0,0575	0,0064
pH	0,0290	0,0003	0,0696	0,0064	0,0001	0,0005	0,1402	0,0127
EC	0,0574	0,0025	0,0058	0,0058	0,0002	0,0130	0,0001	0,0001
S‰	0,0566	0,0032	0,0064	0,0071	0,0012	0,0120	0,0001	0,0000
ÇO	0,0099	0,0706	0,0154	0,0476	0,0890	0,0002	0,0000	0,0019
ÇO%	0,0003	0,0360	0,0019	0,0460	0,2539	0,0020	0,0520	0,0130
FNU	0,0001	0,1174	0,0021	0,0120	0,0189	0,0103	0,0262	0,0008
AKM	0,0005	0,1036	0,0200	0,0007	0,0352	0,0047	0,0419	0,0002
F	0,0466	0,0016	0,0029	0,0000	0,0001	0,0856	0,0175	0,0031
Cl	0,0529	0,0040	0,0011	0,0087	0,0034	0,0301	0,0029	0,0009
Br	0,0564	0,0021	0,0063	0,0080	0,0022	0,0121	0,0004	0,0000
NO ₂	0,0356	0,0051	0,0052	0,0040	0,0265	0,1072	0,0087	0,0005
NO ₃	0,0077	0,0027	0,0018	0,3044	0,0542	0,0096	0,0001	0,0140
PO ₄	0,0359	0,0044	0,0271	0,0143	0,0297	0,0001	0,0955	0,0150
SO ₄	0,0513	0,0111	0,0011	0,0000	0,0143	0,0334	0,0004	0,0003
Li	0,0581	0,0010	0,0108	0,0019	0,0061	0,0000	0,0010	0,0007
Na	0,0560	0,0040	0,0025	0,0039	0,0034	0,0198	0,0016	0,0002
K	0,0599	0,0001	0,0031	0,0076	0,0015	0,0008	0,0001	0,0000
NH ₄	0,0413	0,0033	0,0025	0,0069	0,0268	0,0369	0,0028	0,0659
Ca	0,0488	0,0079	0,0020	0,0020	0,0059	0,0027	0,0029	0,0000
Mg	0,0592	0,0017	0,0057	0,0001	0,0014	0,0049	0,0002	0,0006
T.Alk	0,0063	0,0046	0,2355	0,0036	0,0269	0,0375	0,0064	0,0075
HCO ₃	0,0040	0,0070	0,2365	0,0051	0,0240	0,0339	0,0163	0,0067
CO ₃	0,0344	0,0038	0,0648	0,0002	0,0148	0,0229	0,0531	0,0000
TOK	0,0546	0,0018	0,0021	0,0039	0,0070	0,0063	0,0020	0,0125
TN	0,0218	0,0064	0,0001	0,1932	0,0616	0,0110	0,0000	0,0064
TP	0,0313	0,0134	0,0067	0,0004	0,0081	0,0140	0,1784	0,0054
KOI	0,0280	0,0110	0,0023	0,0001	0,0017	0,0363	0,0699	0,0579
BOI ₅	0,0191	0,0142	0,0452	0,0011	0,0443	0,0583	0,0054	0,0011
Chl-a	0,0103	0,0014	0,0855	0,0067	0,0191	0,0808	0,0023	0,1331
R436	0,0004	0,1182	0,0009	0,0102	0,0093	0,0459	0,0016	0,0092
R525	0,0011	0,1144	0,0018	0,0099	0,0079	0,0546	0,0019	0,0068
R620	0,0017	0,1105	0,0026	0,0113	0,0067	0,0605	0,0020	0,0039
TC	0,0020	0,0399	0,0018	0,1625	0,0255	0,0206	0,0209	0,0048
FK	0,0024	0,0287	0,0381	0,0006	0,0609	0,0999	0,0006	0,2193
FS	0,0017	0,0299	0,0383	0,0011	0,0363	0,0199	0,0261	0,3201
E.coli	0,0000	0,0527	0,0080	0,0787	0,0717	0,0064	0,1611	0,0690

Çizelge 4.53. Faktör-Değişken korelasyonları (korelasyonlara bağlı faktör yükleri, güçlü (mavi), orta (yeşil) ve zayıf (sarı) gösterimleri)

Parametre	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5	Faktör 6	Faktör 7	Faktör 8
T	0,529	-0,641	0,328	0,233	0,019	-0,094	0,245	-0,081
pH	-0,680	0,044	-0,455	-0,120	-0,016	0,028	0,382	-0,114
EC	0,956	0,131	-0,132	0,115	0,021	0,148	-0,012	-0,009
S‰	0,950	0,148	-0,138	0,127	0,049	0,142	0,010	-0,004
ÇO	-0,397	0,697	-0,214	-0,329	0,416	0,020	0,005	0,044
ÇO%	-0,071	0,498	-0,075	-0,323	0,702	-0,059	0,233	-0,115
FNU	-0,042	-0,899	-0,079	-0,165	0,192	0,131	-0,165	0,029
AKM	0,092	-0,845	-0,244	-0,041	0,261	0,089	-0,209	-0,016
F	0,862	-0,105	-0,093	-0,003	0,014	-0,379	-0,135	-0,056
Cl	0,918	0,165	-0,057	0,141	-0,081	0,224	0,055	0,029
Br	0,948	0,121	-0,137	0,135	0,065	0,142	-0,021	-0,002
NO ₂	0,754	-0,188	0,124	-0,095	-0,227	-0,424	-0,095	-0,023
NO ₃	0,351	0,137	0,074	-0,832	-0,324	0,127	0,011	0,119
PO ₄	0,757	-0,175	-0,284	-0,180	0,240	-0,015	0,315	0,123
SO ₄	0,904	0,277	-0,058	-0,007	-0,167	0,236	0,020	0,017
Li	0,962	0,082	-0,179	0,065	0,109	-0,003	-0,033	-0,027
Na	0,945	0,165	-0,087	0,094	-0,081	0,182	0,041	0,014
K	0,977	0,024	-0,097	0,131	0,054	0,036	0,009	0,005
NH ₄	0,812	0,151	-0,087	0,125	0,228	0,249	0,054	-0,259
Ca	0,883	0,234	-0,078	-0,067	-0,107	-0,067	-0,055	-0,007
Mg	0,972	0,109	-0,130	0,016	-0,052	0,090	-0,015	0,024
T.Alk	-0,317	-0,178	-0,836	0,090	-0,229	-0,251	-0,081	-0,087
HCO ₃	-0,252	-0,220	-0,838	0,108	-0,216	-0,238	-0,130	-0,082
CO ₃	-0,740	0,162	-0,439	-0,021	-0,169	-0,196	0,235	-0,001
TOK	0,933	-0,112	-0,079	-0,094	-0,117	-0,103	-0,046	-0,113
TN	0,589	0,209	-0,017	-0,663	-0,346	0,135	0,000	0,080
TP	0,707	-0,304	-0,141	-0,029	0,126	-0,153	0,431	0,074
KOI	0,668	-0,276	-0,083	-0,016	0,057	-0,247	-0,270	0,242
BOI ₅	0,551	-0,312	-0,366	-0,049	0,293	-0,313	0,075	-0,034
Chl-a	0,405	0,097	0,504	-0,123	0,193	-0,368	-0,049	-0,367
R436	-0,084	-0,902	-0,053	-0,152	0,135	0,277	-0,040	-0,097
R525	-0,130	-0,888	-0,072	-0,150	0,124	0,302	-0,045	-0,083
R620	-0,165	-0,872	-0,087	-0,161	0,114	0,318	-0,045	-0,063
TC	0,180	-0,525	0,074	-0,608	-0,222	-0,186	0,147	0,069
FK	0,195	-0,444	0,336	0,037	0,344	-0,409	0,025	0,472
FS	0,162	-0,454	0,337	-0,050	-0,265	-0,183	0,165	-0,570
E.coli	-0,003	-0,603	0,154	0,423	-0,373	0,103	0,409	0,265

4.3. Acısu Deresi Su Kalitesinin SOM Analizi Sonuçları-MATLAB

Acısu Deresi su kalitesinin SOM Analizi, 30 adet su kalitesi parametresi (sıcaklık, pH, Chl-a, TC, FS, R436 ve CO₃ dahil edilmemiştir) için doldurulmuş outlier veri seti kullanılarak MATLAB 2021 programında range normalizasyonu ile ön işlem yapıldıktan sonra Kohonen analizi için yazılmış özel bir program kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matlab 2021 programının boş hücreleri kabul etmemesi nedeniyle veri setinde kurak dönemlerden dolayı oluşan boş hücreler, XLSTAT programı aracılığı ile doldurulmuştur. Bu aşamada XLSTAT programı içerisinde “nearest neighbor” seçeneği kullanılmış ve veri seti Kohonen analizi için hazırlanmıştır.

4.3.1. Uygun Harita Boyutu Seçimi

Vesanto ve Alhoniemi (2000), optimal nöron sayısının hesaplanması için $5\sqrt{n}$ 'in uygun bir yöntem olduğunu öne sürmüştür (n, analiz edilen örnek sayısını ifade eder ve bu çalışma için n=144'tür). Bu yöntemin doğru olabileceği varsayılarak hesaplama yapılmış ve 60 adet nöron sayısına ulaşılmıştır. Li vd. (2018) tarafından yapılan çalışma referans alınarak uygun harita boyutu için 60 ile 100 nöron sayılarını kapsayan harita boyutları MATLAB R2021a programında denenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen QE ve TE değerleri Çizelge 4.54'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.54. Vesanto ve Alhoniemi'ye (2000) göre hesaplanan harita boyutlarına ait hata analizi sonuçları

	60 (6X10)	64 (8X8)	72 (8X9)	81 (9X9)	90 (9X10)	100 (10X10)
QE	0,4182	0,4022	0,4062	0,3822	0,3729	0,3604
TE	0	0,0069	0,0208	0,0347	0,0069	0,0069

Ayrıca Li vd. (2018) tarafından yapılan çalışmaya ek olarak deneme-yanılma yöntemi ile de harita boyutları için MATLAB R2021a programında denemeler yapılmıştır. Elde edilen deneme-yanılma yöntemine ait QE ve TE değerleri Çizelge 4.55'te sunulmaktadır.

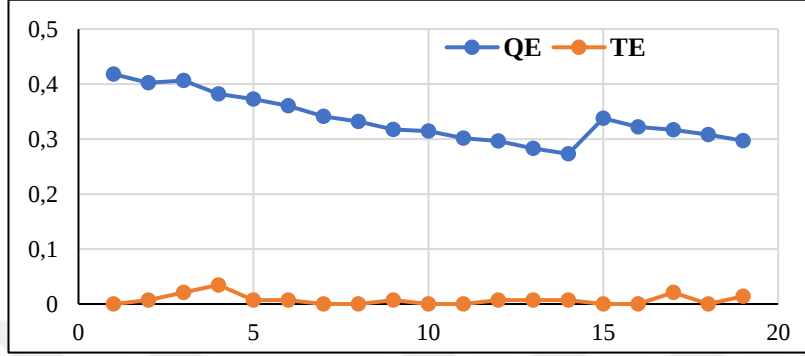
Çizelge 4.55. Deneme-yanılma yöntemi ile belirlenen harita boyutlarına ait hata analizi sonuçları

	110 (10X11)	121 (11X11)	132 (11X12)	144 (12X12)	156 (12X13)	169 (13X13)	182 (13X14)	196 (14X14)
QE	0,3415	0,3319	0,3171	0,3145	0,3016	0,2962	0,2833	0,2731
TE	0	0	0,0069	0	0	0,0069	0,0069	0,0069

Çizelge 4.55. (devamı)

	120 (10X12)	130 (10X13)	140 (10X14)	150 (10X15)	160 (10X16)
QE	0,3375	0,3218	0,3167	0,3080	0,2971
TE	0	0	0,0208	0	0,0139

SOM çıktı haritası için seçilen boyut hem QE hem de TE hata türlerini en aza indirmelidir. Bu nedenle, iki hata arasında bir uzlaşma bulunmalıdır. Bu nedenle Çizelge 4.54 ve 4.55, haritanın boyutu arttıkça, niceleme hatası QE'nin 14x14 boyutuna ulaşana kadar azaldığını göstermektedir. Öte yandan, topolojik hata, TE küresel olarak çok düşük ve sıfıra çok yakın kalmaktadır. Dolayısıyla harita boyutu için en iyi seçenek 14x14'tür (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Nicel ve topolojik hata oranları

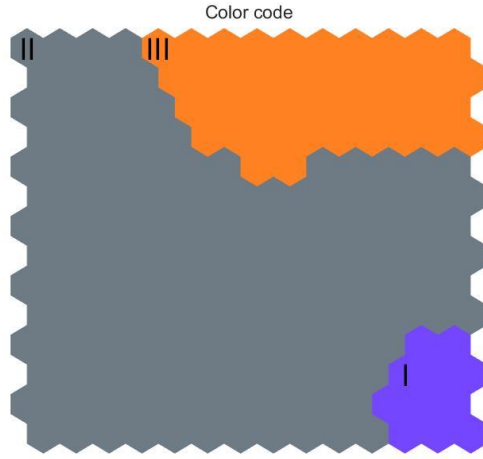
4.3.2. Acısu Deresi için Range Normalizasyonu ile Elde Edilen SOM Analizi Sonuçları

Acısu Deresi su kalitesi izleme verileri için uygulanan Kohonen Ağları SOM analizi, veri setini benzerlik ve farklılıklarına göre kümelendirmektedir. Bu çalışma için öncelikle MATLAB programında sırasıyla 2, 3 ve 4 küme için ayrı ayrı sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra Statistica ve MATLAB programlarının uygulaması ile elde edilen kümeleme analizi sonuçları karşılaştırılarak en uygun küme sayısına karar verilmiştir. Statistica programı HCA kümeleme sonuçları ile istasyon ve tarihlerin benzer şekilde kümelendiği küme sayısı 2 olarak belirlemiştir.

SOM analizi için uygun harita boyutu 14X14 şeklinde seçildikten sonra oluşturulan 144 adet nöron, örnek sayısına göre 3 farklı kümeye ayrılmış ve Şekil 4.36'da sunulan bir dağılım elde edilmiştir. Birinci küme üst ve orta akarsu bölgelerinde yer alan istasyonları (7 ve 8) içermektedir. Tarihler açısından bakıldığında her istasyonun Ekim 2021 ölçümlerini kapsamaktadır.

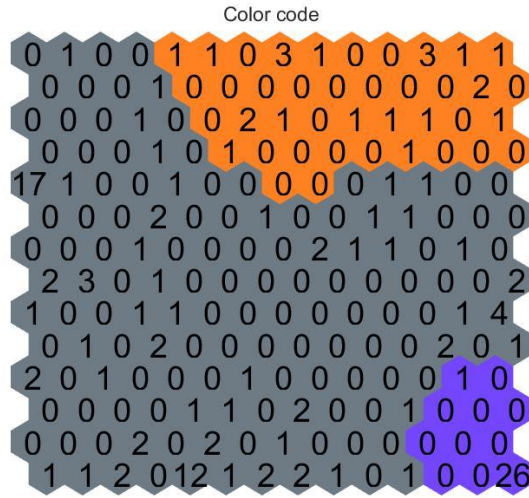
İkinci küme orta akarsu bölgesinin tamamını, üst ve alt akarsu bölgelerini ise kısmen içermektedir. Tarihler açısından bakıldığında 2, 3, YK3, 4, 5 nolu istasyonların tüm ölçüm dönemlerini kapsamaktadır.

Üçüncü küme alt akarsu bölgesinde yer alan istasyonları (0 ve 1) içermektedir. Tarihler açısından bakıldığında bu istasyonların neredeyse tüm ölçüm dönemlerini kapsamaktadır.



Şekil 4.36. Nöronların örnek sayılarına göre kümelerine ayrılması

Şekil 4.37, benzerliklerine göre nöron başına düşen örnek sayısını göstermektedir. Bu dağılımda en yüksek örnek sayısı 26 ile I. kümede yer alırken, en düşük örnek sayısı 1 olarak birçok nöronda görülebilmektedir. Bu üç kümeye bakıldığında, aslında heterojen bir dağılım olduğu görülmektedir.



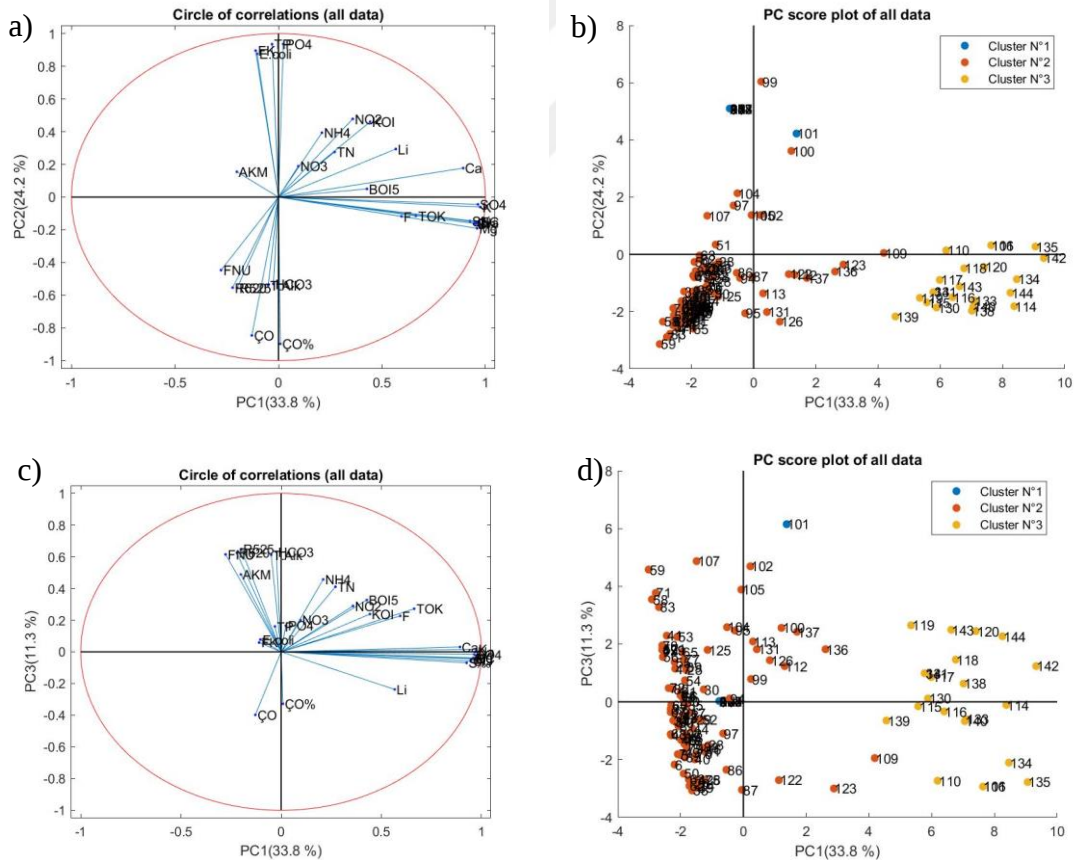
Şekil 4.37. Nöron başına düşen örnek sayısı

Dendrogram analizi, öklid mesafeleri ve SOM harita nöronları arasındaki ilişkiyi gösterir. Acısu Deresi'nden izlenen 30 adet su kalitesi parametresinin yatay dendrogram (ağaç grafiği) grafiği Şekil 4.38'de gösterilmektedir. Parametreler kendi içlerinde fizikokimyasal ve bakteriyolojik özellikler ile anyon-kasyon gruplarına göre kümeler oluşturmuştur.

araştırmada, klorür, bromür, potasyum, magnezyum ve kalsiyum değişkenleri PC1-PC2 ana düzleminde iyi bir şekilde temsil edilirken, ardından E.coli, FK, TP ve PO₄ değişkenleri gelmektedir. Diğer değişkenler çember merkezine daha yakındır, bu da onların daha az temsil edildiğini ve dolayısıyla bu planla daha az ilişkili olduğunu göstermektedir.

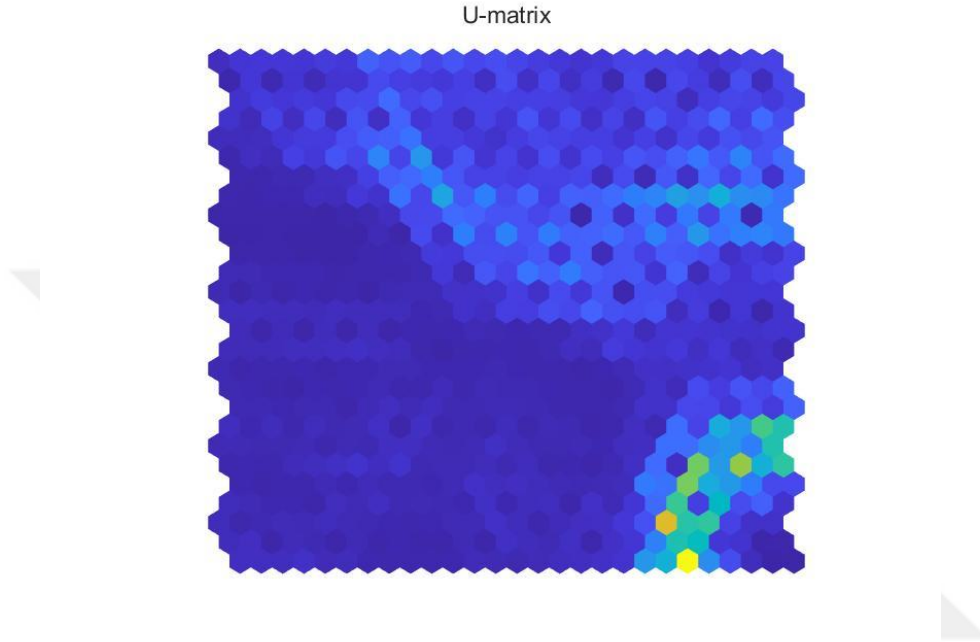
Birinci temel bileşen, PC1, eksenini esas olarak bir mineralizasyon eksenidir. Pozitif değerlerde yer alan birinci grup, Ca²⁺, NO₂, PO₄, BOİ ve KOİ vb. öğeleri içermektedir (Şekil 4.40). Negatif değerlerde bulunan ikinci grup, ÇO, bulanıklık ve renk parametrelerini içermektedir. İkinci temel bileşen (PC2), pozitif kısımda AKM ve negatif kısımda HCO₃⁻ ile biraz ilişkilidir. Üçüncü bileşen olan PC3, bilgilerin %11,3'ünü göstermektedir (Şekil 4.40). PC1- PC3 planında, Cl⁻, EC, Na⁺ ve Ca²⁺ değişkenlerinin en iyi temsil edildiği görülmektedir.

Değişkenlerin korelasyon çemberi üzerindeki yerleşimi (Şekil 4.40), değişkenler arasında var olan korelasyonları doğrulamaktadır. Özellikle klorür, bromür, potasyum, magnezyum ve kalsiyum değişkenleri arasındaki açılarının küçük olması, bu değişkenler arasında yüksek pozitif korelasyonların varlığını göstermektedir. Sonuç olarak, SOM sonuçları daha önce elde edilen TBA sonuçlarını doğrulamaktadır.



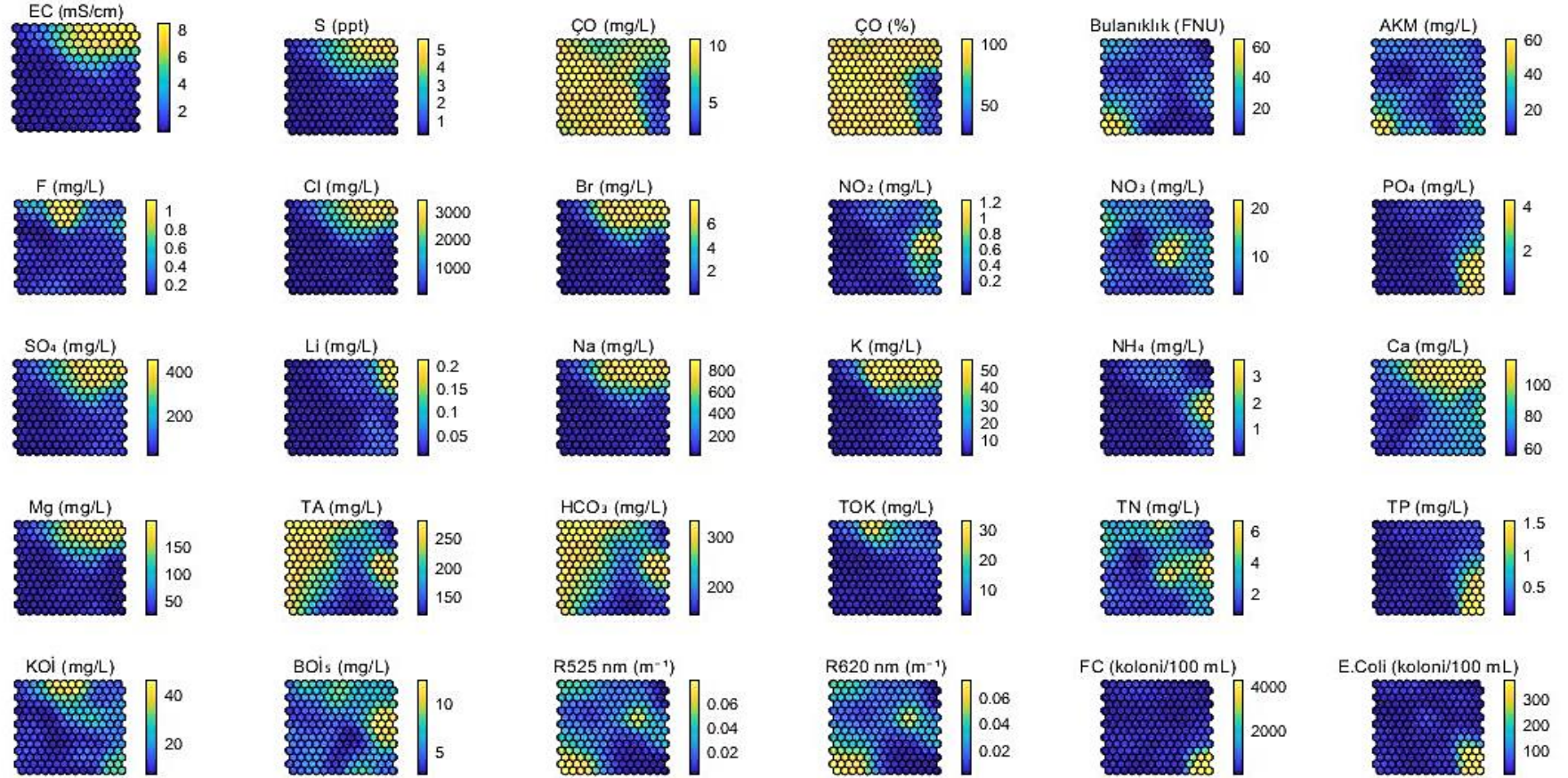
Şekil 4.40. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin TBA grafiği (a) parametrelerin PC-1 ve PC-2 grafiği, (b) ölçümlerin PC-1 ve PC-2 grafiği, (c) parametrelerin PC-1 ve PC-3 grafiği ve (d) ölçümlerin PC-1 ve PC-3 grafiği

Birleşik Uzaklık Matrisi (U-matris) algoritması ile SOM birimleri arasındaki alt grup sınırları Şekil 4.41'deki gibi belirlenmiştir. U matrisindeki komşu düğümler arasındaki yakınlık, haritada renklerle gösterilen Öklid mesafesine göre MATLAB R2021a programında oluşturulmuştur. Haritadaki mavi renkler yakın olan komşu düğümleri, kırmızı renkler ise birbirinden uzak olan düğümleri temsil etmektedir. Haritaya göre, sağ-alt bölge hariç, genel olarak U-Matris'in mavi renklere hâkim olduğu görülmektedir.



Şekil 4.41. Acısu Deresi verilerine göre oluşturulan U-Matris

Tüm veri setinin SOM bileşen düzlemleri Şekil 4.42'de gösterilmiştir. Mavi ve kırmızı renkler sırasıyla düşük ve yüksek değerleri gösterir. EC, tuzluluk parametreleri ve anyon-kasyon gruplarıyla (klorür, bromür, lityum, sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum) benzer desenler oluşturmuştur. Daha önce belirtildiği gibi, değişkenler arasındaki özdeş renk desenleri pozitif korelasyona karşılık gelmektedir (örnek olarak; bikarbonat ve toplam alkalinite değişkenleri). Buna karşılık NO_2 ve NO_3 değişkenleri negatif korelasyon göstermektedir. CO ve $\%\text{CO}$ benzer bir desen oluştururken, renk parametreleri de kendi arasında pozitif bir korelasyon sergilemiştir. Ek olarak fekal koliform – E. coli parametreleri de kendi aralarında benzerlik göstermiştir.



Şekil 4.42. Acisu Deresi'ne ait su kalitesi parametreleri için oluşturulan SOM haritaları

4.4. Acısu Deresi Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Yöntemleriyle Test Edilmesi-Mevsimsel Analiz

Acısu Deresi'nde araştırma periyodunda örnekleme noktalarında gerçekleştirilen izleme çalışması ile elde edilen veriler arasındaki ilişkiyi daha kolay açıklayabilmek amacıyla mevsimsel ortalama değerler hesaplanmış ve bu veriler için korelasyon katsayıları elde edilmiş ve Çizelge 4.56'da verilmiştir. Korelasyon katsayısı hesaplamalarında karşılaştırılan grupların herhangi birisinin fazla olabileceği durumu göz önüne alınarak iki yönlü hipotez kullanılmıştır. Korelasyon katsayıları sıfırdan büyük ya da küçük olmalarına göre pozitif ya da negatif olarak nitelendirilirken sıfıra eşit olma durumlarında yok olarak kabul edilirler. Ayrıca +1 ya da -1'e eşit olmaları tam olarak kabul edilirken işaretler yine pozitif- negatif (doğru-ters yönlü) olarak ifade edilirler. Kuvvetli veya zayıf olarak yorumlanmaları ise 0,5 ve -0,5 göre büyüklük ve küçüklükleri dikkate alınarak yapılır. Çizelge 4.56'da yer alan ve kırmızı renkle gösterilen değerler, korelasyon sonucu -0,5'ten küçük ve 0,5'ten büyük olan değerleri göstermektedir.

Çizelge 4.56'ya göre; EC ve tuzluluk parametreleri, anyon-kasyon gruplarıyla (klorür, bromür, lityum, sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum) > %75 oranında çok güçlü pozitif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. Sıcaklık parametresi, TA ile %94 ve HCO_3 ile %94,5 oranında güçlü ve pozitif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. Askıda katı madde ve bulanıklık parametreleri ile renk parametreleri > %95 oranında çok güçlü pozitif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. AKM ve FNU kendi aralarında ise %98 oranında çok güçlü pozitif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. Toplam organik karbon parametresi ise sıcaklık, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, sülfat, KOI , BOI_5 ve anyon-kasyon grupları (florür, klorür, bromür, lityum, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum) ile %57-95 oranında orta ve yüksek düzeylerde pozitif korelasyon sonuçları sergilemiştir. Bikarbonat ve toplam alkalinite >%99 oranında çok güçlü pozitif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur. Buna karşılık NO_2 ve NO_3 , %40,9 oranı ile zayıf ve pozitif yönlü bir korelasyon göstermektedir. ÇO ve % ÇO %98,6 oranı ile güçlü ve pozitif yönlü bir korelasyon, renk parametreleri de kendi aralarında >%98 oranı ile çok güçlü pozitif bir korelasyon sergilemiştir. FK, FS ve E.coli parametreleri kendi aralarında %55-%58 ile zayıf ve pozitif bir korelasyon göstermiştir. Ek olarak klorofil-a parametresi BOI_5 parametresi (%51) hariç tüm parametrelerle <%50 oranı ile zayıf bir korelasyon sergilerken, pH, çözünmüş oksijen, bulanıklık, askıda katı madde, karbonat, bikarbonat ve toplam alkalinite parametreleri ile negatif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur.

Çizelge 4.56. Acısu Deresi için mevsim ortalamalı su kalite izleme verileri için korelasyon matrisi

Parametre	T	pH	EC	S%	ÇO	ÇO%	FNU	AKM	F	Cl	Br	NO2	NO3	PO4	SO4	Li	Na	K	NH4	Ca	Mg	T.Alk	HCO3	CO3	TOK	TN	TP	KOI	BOI5	Chl-a	R436	R525	R620	TC	FK	FS	E.coli	
T	1,000																																					
pH	0,943	1,000																																				
EC	0,550	0,439	1,000																																			
S%	0,490	0,401	0,985	1,000																																		
ÇO	0,759	0,906	0,341	0,319	1,000																																	
ÇO%	0,841	0,938	0,427	0,394	0,986	1,000																																
FNU	0,664	0,655	0,047	0,025	0,509	0,558	1,000																															
AKM	0,741	0,713	0,176	0,148	0,552	0,617	0,980	1,000																														
F	0,689	0,512	0,768	0,678	0,362	0,476	0,200	0,313	1,000																													
Cl	0,472	0,355	0,991	0,971	0,274	0,358	-0,018	0,108	0,747	1,000																												
Br	0,470	0,345	0,983	0,957	0,263	0,350	-0,025	0,096	0,782	0,994	1,000																											
NO2	0,481	0,370	0,337	0,315	0,002	0,066	0,251	0,290	0,404	0,294	0,312	1,000																										
NO3	0,597	0,659	0,369	0,347	0,606	0,611	0,349	0,366	0,327	0,337	0,345	0,409	1,000																									
PO4	0,363	0,276	0,159	0,154	-0,091	-0,047	0,236	0,250	0,215	0,116	0,124	0,966	0,338	1,000																								
SO4	0,526	0,422	0,991	0,975	0,315	0,396	0,024	0,150	0,736	0,992	0,981	0,373	0,403	0,204	1,000																							
Li	0,429	0,364	0,786	0,751	0,254	0,317	0,051	0,156	0,522	0,823	0,801	0,375	0,425	0,251	0,843	1,000																						
Na	0,505	0,377	0,985	0,949	0,282	0,372	-0,005	0,123	0,800	0,995	0,994	0,325	0,351	0,140	0,987	0,825	1,000																					
K	0,546	0,405	0,964	0,917	0,279	0,373	0,026	0,148	0,846	0,968	0,983	0,428	0,394	0,232	0,964	0,791	0,984	1,000																				
NH4	0,369	0,296	0,406	0,400	-0,027	0,022	0,141	0,190	0,297	0,391	0,389	0,928	0,416	0,896	0,470	0,573	0,404	0,471	1,000																			
Ca	0,916	0,889	0,769	0,717	0,747	0,813	0,466	0,566	0,751	0,717	0,709	0,493	0,659	0,350	0,769	0,669	0,741	0,761	0,476	1,000																		
Mg	0,628	0,528	0,979	0,940	0,435	0,521	0,115	0,243	0,804	0,977	0,972	0,340	0,455	0,153	0,982	0,838	0,983	0,970	0,414	0,839	1,000																	
T.Alk	0,940	0,991	0,403	0,362	0,864	0,897	0,648	0,706	0,507	0,317	0,308	0,450	0,657	0,364	0,392	0,347	0,344	0,382	0,363	0,877	0,493	1,000																
HCO3	0,945	0,991	0,415	0,374	0,858	0,893	0,651	0,709	0,516	0,328	0,320	0,461	0,663	0,373	0,403	0,358	0,355	0,394	0,375	0,883	0,504	1,000	1,000															
CO3	0,327	0,537	-0,189	-0,207	0,721	0,652	0,251	0,260	-0,047	-0,242	-0,266	-0,310	0,141	-0,287	-0,212	-0,198	-0,229	-0,254	-0,352	0,253	-0,106	0,519	0,500	1,000														

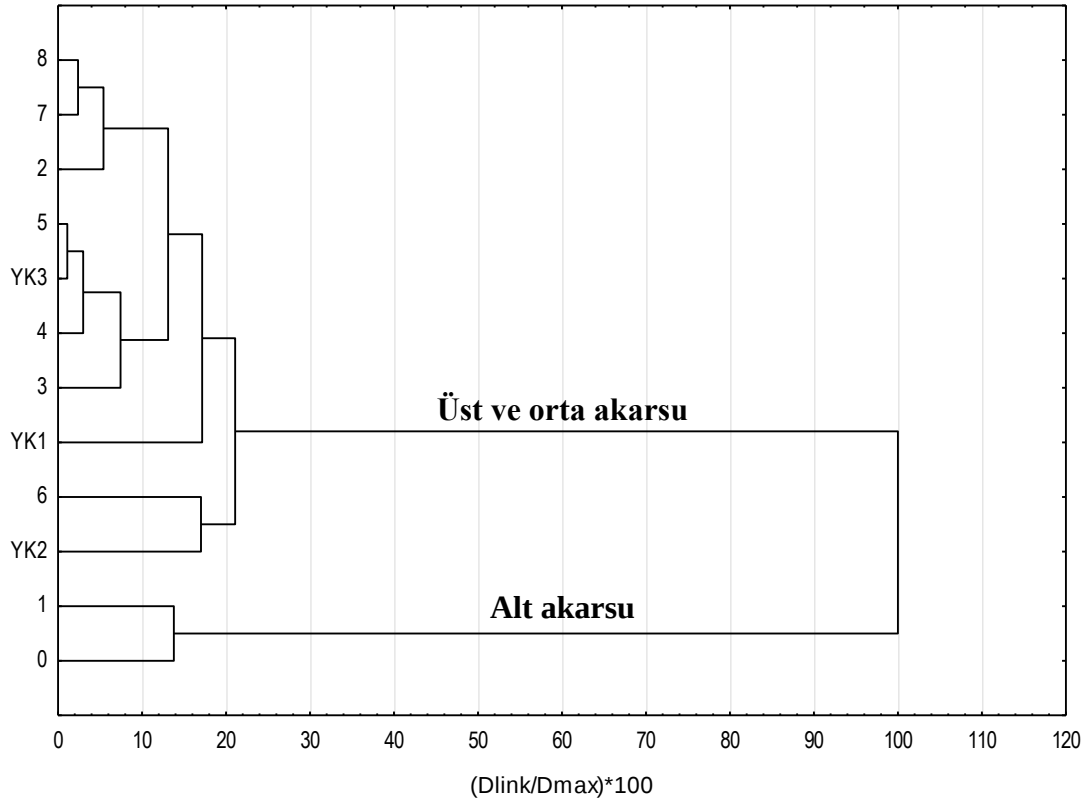
[illegible]

4.4.1. Acısu Deresi Su Kalitesinin Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA) Sonuçları-Mevsimsel Analiz

Acısu Deresi'ndeki su kalitesinin zamansal ve mekânsal değişimlerdeki benzerlikleri ve farklılıkları anlamak için izleme verileri için mevsimsel ortalama değerleri hesaplanmış ve bu veriler için hiyerarşik kümeleme analizi uygulanmıştır. Bağlantı mesafelerinin Dlink/Dmax olarak ifade edileceği kümeleme için Wards yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizde uzaklık katsayısı olarak Öklid mesafesi belirlenmiştir. İncelenen parametreler için ölçüm sonuçları olan ham veri setlerine GraphPad Prism 8 programı kullanılarak aykırı değerlerin çıkarılması işlemi uygulanmıştır. Bu işlem “outlier removed” olarak tanımlanmakta olup izleme çalışması ile elde edilmiş tüm veri setine aykırı olan veriler, veri setine dahil edilmemiştir. GraphPad Prism 8 programı aracılığı ile elde edilen nihai ham veri setlerinin mevsimsel ortalamalarının oluşturulması ile Statistica StatSoft 12 Programında HCA uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

4.4.1.1. Mekânsal Benzerlikler/Farlılıklar ve Kümeleme

Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA) Acısu Deresi'nde ölçüm ve analizleri gerçekleştirilen su kalitesi parametrelerine bağlı olarak elde edilen mevsimsel ortalama verileri ile örnekleme noktalarının sergilediği heterojeniteyi ortaya çıkarmıştır. HCA sonuçlarına Şekil 4.43'te yer verilmiştir.



Şekil 4.43. Acısu Deresi'ndeki örnekleme noktalarının su kalitesi parametrelerine dayalı HCA dendrogram grafiği

HCA, örnekleme noktalarını $Dlink/Dmax \cdot 100 < 25$ istatistiksel anlamlılık düzeyinde, birincisi üst, orta ve alt bölgenin bir kısmındaki örnekleme noktalarını ve ikincisi alt örnekleme noktalarını kapsayan 2 ana kümeye gruplandırmıştır (Şekil 4.43). Birinci ana küme akarsu kaynağına yakın örnekleme noktası (8) ile diğer üst akarsu örnekleme noktasını (7) aynı alt kümede gruplandırarak üst akarsu bölgesinin benzerliğini göstermiş ve bu alt küme içerisinde alt küme örnekleme noktalarından birisi olan 2.örnekleme noktası da yer almıştır. Birinci ana küme içerisindeki diğer alt küme ise orta ve alt akarsu bölgesinden ana akarsuya boşalan kol akarsu örnekleme noktaları ile orta akarsu örnekleme noktalarını bir arada gruplandırmıştır. Bu grup içerisinde alt ve orta akarsu bölgesinde ana akarsuya boşalan yan kollar (YK1 ve YK3) ile orta akarsu bölgesi örnekleme noktaları (3, 4 ve 5) bir alt küme içerisinde gruplandırılırken, orta akarsu bölgesinde ana akarsuya boşalan yan kol (YK2) ve üst akarsu bölgelerinden 6.örnekleme noktası, su kalitesindeki farklılığı açığa çıkararak, diğer yan kol ve ana akarsu örnekleme noktalarından ayrı konumlanmıştır.

İkinci ana küme ise alt bölge örnekleme noktalarını kapsamaktadır. Akarsu ağız noktası (0) ile hemen öncesinde yer alan örnekleme noktası (1), su kalitesi bakımından sergilediği benzerlikle ikinci ana kümeyi oluşturmuştur.

Acısu Deresi'nde gerçekleştirilen mekânsal analizde uzaklık katsayısı olarak Öklid mesafesi kullanılmıştır. Buna göre HCA'da belirlenen istasyonlar arasındaki mesafeler Çizelge 4.57'de verilmiştir.

Çizelge 4.57. Acısu Deresi'nde izlenen örnekleme noktalarının su kalitesi parametrelerine dayalı HCA Öklid mesafeleri (Euclidean distances)

Değişken (İzleme noktaları)	8	7	6	5	4	3	YK3	2	YK2	1	YK1	0
8	0	220	1592	674	614	970	744	487	1539	3870	1130	3553
7		0	1419	505	453	833	570	371	1457	3771	1083	3504
6			0	1006	1023	925	961	1290	1566	3470	1695	3561
5				0	224	584	102	431	1337	3586	1138	3468
4					0	440	243	352	1206	3631	1126	3461
3						0	537	646	867	3611	1304	3469
YK3							0	462	1296	3565	1163	3465
2								0	1249	3567	867	3308
YK2									0	3702	1671	3504
1										0	2958	1268
YK1											0	2567
0												0

Çizelge 4.57'ye göre istasyonların kendileri arasındaki değerlerin 0 olması, katsayının düşüştükçe (sıfıra yaklaştıkça) birbirine yakın olduğunu, katsayıların büyüdükçe mesafenin arttığını yani uzaklaştığını göstermektedir. Buna göre birbirine en yakın

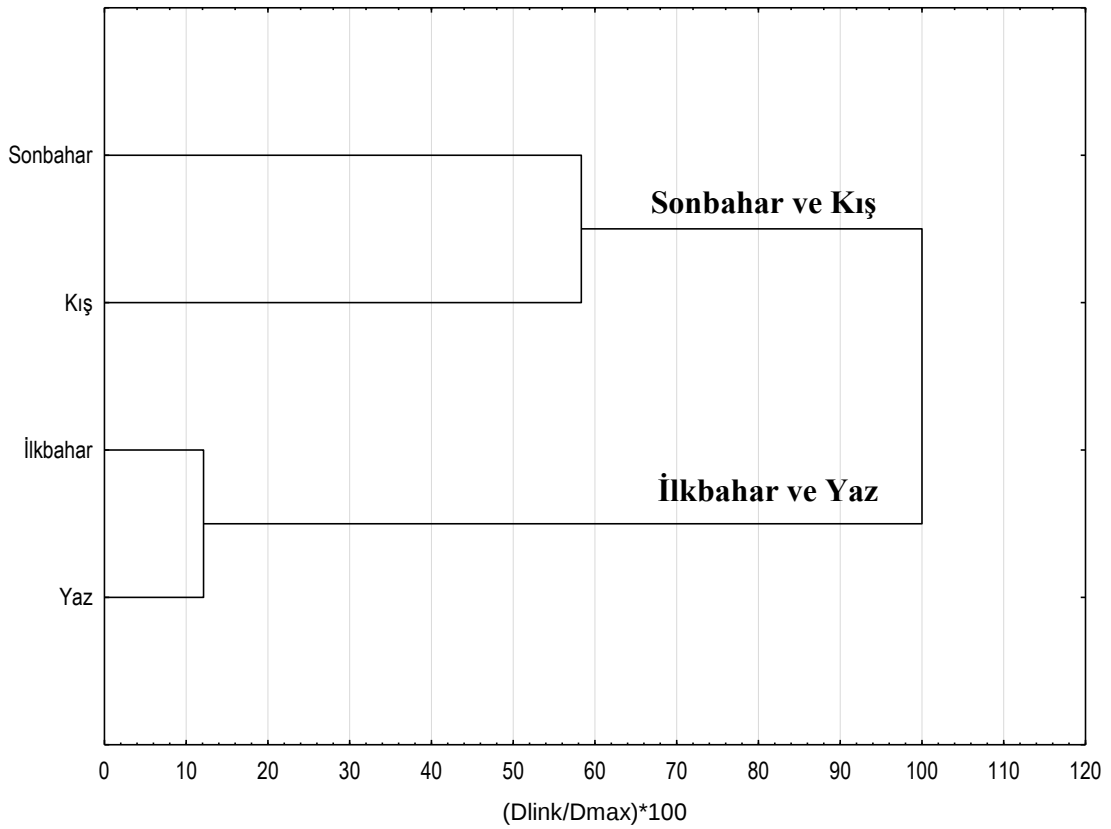
benzerlik 5 ve YK3 numaralı ana akarsu üzerindeki örnekleme noktaları (Öklid mesafesi: 102) ve en uzak benzerlik ise 7 ile 1 numaralı örnekleme noktası arasında gözlenmiştir.

Şekil 4.31'deki dendrogram Acısu Deresi boyunca gözlemlenen doğal benzerlikler ve mevcut antropojenik aktiviteler dikkate alınarak incelendiğinde, su kirliliği tipi ve derecesi benzer olan iki farklı küme oluştuğu görülmüştür.

HCA sonuçları su kalitesi ön değerlendirmesi sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Tanımlayıcı istatistikler ile ortaya konulduğu şekilde, Acısu Deresi kaynağı ve yakın örnekleme noktaları ile oluşan birinci küme, su kalitesi bakımından akarsu ağı ve yakın örnekleme noktalarından daha iyi durumdadır. Bu nedenle ilk kümenin az kirli alanlardan, ikinci kümenin ise orta veya çok kirli alanlardan oluştuğu söylenebilir. Ayrıca elde edilen küme sayısı tek yönlü ANOVA analizi sonuçları ile de uyum göstermektedir.

4.4.1.2. Zamansal Benzerlikler/Farlılıklar ve Kümeleme

Zamana bağlı olarak su kalitesi parametrelerindeki benzerlik ve farklılıkları mevsimsel olarak saptamak için yine kümeleme analizinden faydalanılmıştır. HCA, örnekleme noktalarından bağımsız olarak örnekleme zamanlarında gözlenen su kalitesi heterojenitesini ortaya çıkarmış ve örnekleme tarihlerini $Dlink / Dmax * 100 < 60$ istatistiksel anlamlılık düzeyinde iki ana kümeye gruplandırmıştır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. Acısu Deresi'ndeki örnekleme tarihlerinin su kalitesi parametrelerine dayalı HCA dendrogram grafiği

Birinci ana küme sonbahar ve kış mevsimleri örneklerini aynı kümede gruplandırmıştır. İkinci ana küme ise ilkbahar ve yaz mevsimleri örneklerini aynı kümede toplamıştır.

Bölgenin iklimine paralel olarak HCA sonucunda sonbahar ve kış mevsimlerinin bir kümede; ilkbahar ve yaz mevsimlerinin diğer bir kümede toplandığı saptanmıştır. Dolayısıyla genel olarak birinci ana küme yağışlı periyodu ve sıcaklık heterojenliğini, ikinci ana küme ise kurak periyodu ve sıcaklık homojenliğini temsil ederek akarsuda zamansal değişimleri göstermiştir. Bu durum Acısu Deresi Havzası'ndaki su kalitesinin zamana bağlı değişiminde sıcaklık ve yağış parametrelerinin belirleyici meteorolojik unsurlar olduğunu ortaya koymaktadır.

Acısu Deresi'nde gerçekleştirilen zamansal analizde uzaklık katsayısı olarak Öklid mesafesi kullanılmıştır. Buna göre HCA'da belirlenen örnekleme tarihleri arasındaki mesafeler Çizelge 4.58'de verilmiştir.

Çizelge 4.58. Acısu Deresi'nde izlenen örnekleme tarihlerinin su kalitesi parametrelerine dayalı hiyerarşik kümeleme analizi Öklid mesafeleri (Euclidean distances)

Değişken (Mevsimler)	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Sonbahar	0	16177	21292	19873
Kış		0	17490	16344
İlkbahar			0	3366
Yaz				0

Çizelge 4.58'e göre uzaklık değeri ne kadar küçükse benzerlik/yakınlık o kadar büyüktür. Buna göre birbirine en yakın benzerlik ilkbahar ve yaz mevsimleri (Öklid mesafesi: 3366) ve en uzak benzerlik ise sonbahar ile ilkbahar mevsimleri arasında gözlenmiştir.

Genel bir sonuç olarak HCA, Acısu Deresi'nde yürütülen çalışma periyodunda örnekleme noktalarında ortaya çıkan değişimlerin mevsimselliğini kısmen ortaya çıkarmıştır. Bu durumu bildiren dendrogram grafiği Şekil 4.44'te verilmiştir.

4.4.2. Acısu Deresi Su Kalitesinin Temel Bileşen Analizi (TBA) Sonuçları- Mevsimsel Analiz

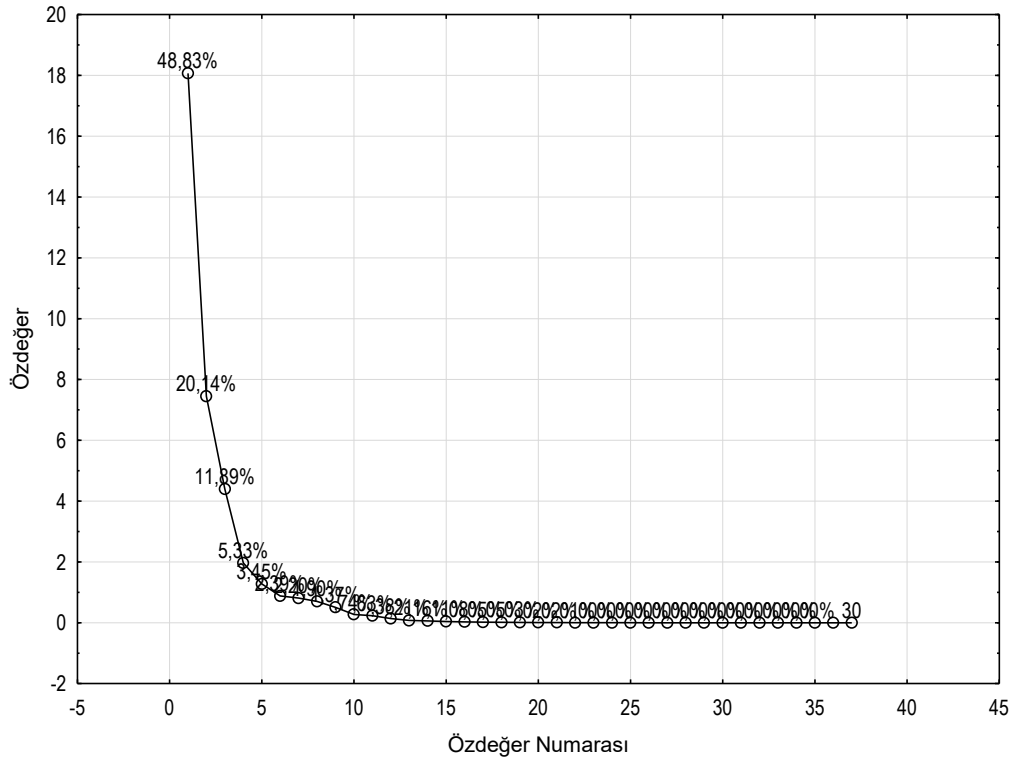
TBA analizi, GraphPad Prism 8 programında aykırı olan izleme verilerinin, veri setinden çıkarılarak oluşturulan nihai ham veri setleri kullanılarak Statistica StatSoft 12 Programında gerçekleştirilmiştir. İncelenen parametrelerin birimlerinin ve ölçüm/analiz sonuçlarının boyutsal olarak farklı olmasından dolayı ortaya çıkabilecek karışıklıkları önlemek için nihai ham veri seti range dönüşüm uygulanarak standartlaştırılmış ve veri setinin mevsimsel ortalaması kullanılmıştır.

TBA, Acısu Deresi su kalitesinde ortaya çıkan toplam varyansın %80,86'sını >1 özdeğere sahip ilk 3 eksenle ve toplam varyansın %89,64'ünü >1 özdeğere sahip ilk 5 eksenle açıklamıştır (Çizelge 4.59, Şekil 4.45, Çizelge 4.60). Acısu Deresi'nde araştırma periyodunda örnekleme noktalarında izlenen toplam alkalinite, bikarbonat, nitrat, klorofil-a, toplam koliform, fekal streptokok ve E. coli değişiminin toplam varyansın %50'den fazlasını açıklayan ilk 3 eksen üzerine etkisinin zayıf ($-0,5 < \text{faktör koordinatı} < 0,5$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.46a ve 4.46c).

Çizelge 4.59. Acısu Deresi'nde su kalitesine dayalı TBA istatistik özeti

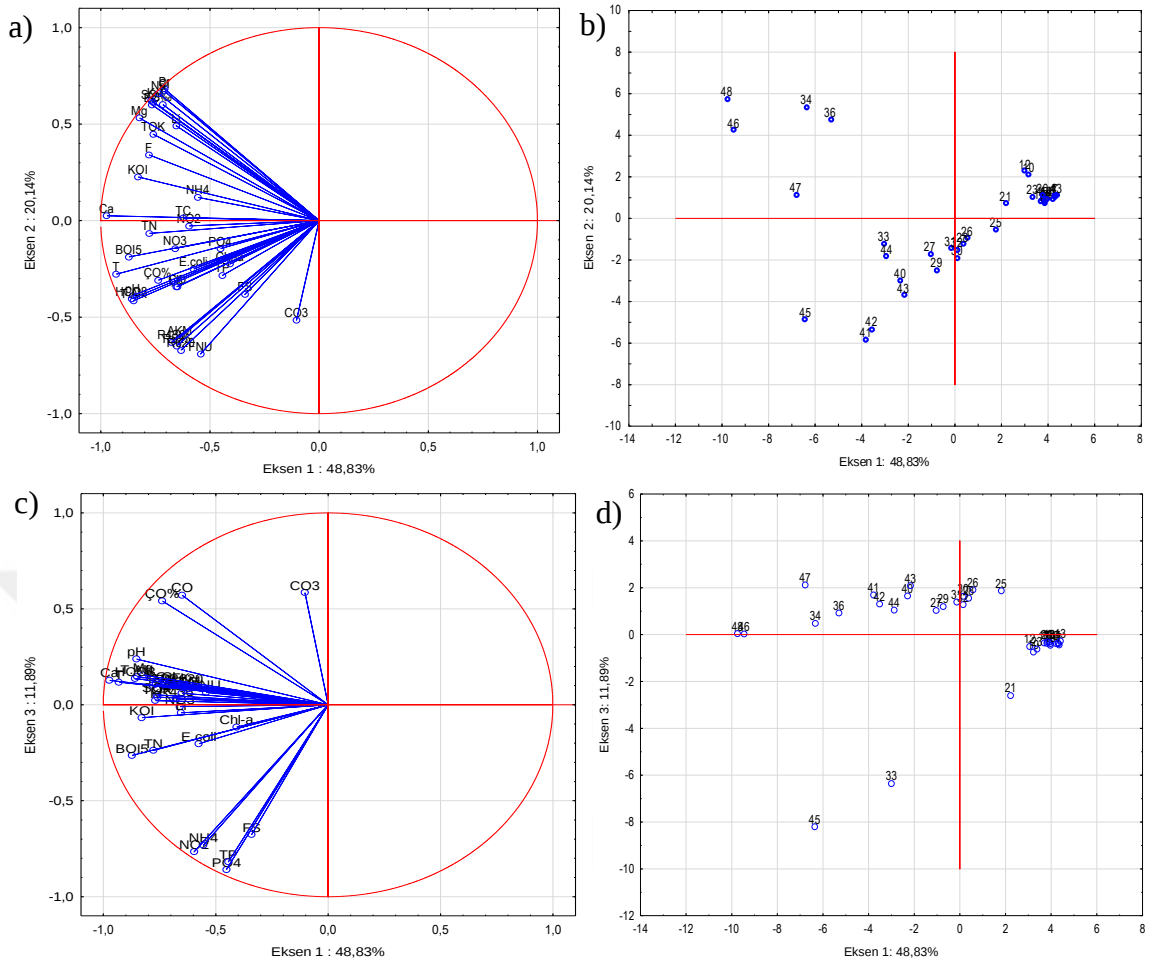
Eksen No	Özdeğer	Toplam özdeğer	Toplam varyansa katkı (%)	Toplam varyans (%)
1	18,07	48,83	18,07	48,83
2	7,45	20,14	25,52	68,97
3	4,40	11,89	29,92	80,86
4	1,97	5,33	31,89	86,19
5	1,28	3,45	33,17	89,64

Temel bileşenleri belirlemek için analiz sonucunda ortaya çıkan özdeğer korelasyon grafiği kullanılmaktadır (Şekil 4.45). Buna göre elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak ilk 5 eksen için özdeğerlerin önemli olduğu söylenebilmektedir (Çizelge 4.59 ve Şekil 4.45).



Şekil 4.45. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin TBA ile elde edilen özdeğer korelasyon grafiği

Toplam varyansın önemli bir kısmını açıklayan ilk Eksen 1 (%48,83), yüksek çözünmüş anyon ve katyon karakteristiği sergileyen akarsu ağzı ve alt akarsu bölgesi örnekleme noktalarıyla (0, 1 ve YK1) ilişkili olarak, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, florür, sülfat, potasyum, kalsiyum, magnezyum, toplam alkalinite, bikarbonat, toplam organik karbon, toplam azot, KOİ ve BOİ₅ (faktör koordinatı $\geq 0,75$) ile güçlü; tuzluluk, ÇO, %ÇO, bulanıklık, AKM, klorür, bromür, nitrit, nitrat, lityum, sodyum, amonyum, renk ölçümleri ve toplam koliform, fekal koliform ve E.coli ($0,75 < \text{faktör koordinatı} < 0,50$) değişimi ile orta şekilde yüklenmiştir. Kalsiyum değişiminin ise Faktör 1 özdeğerine katkısı daha büyük ($>5\%$) olmuştur (Çizelge 4.60). Toplam varyansı %20,14 oranında açıklayan Eksen 2, yaz (7.07.2021, 5.08.2021 ve 2.09.2021) örnekleme süresince orta bölge örnekleme noktalarında (3, 4, 5 ve 6) gözlenen uç değerlerle ilişkili olarak, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, bulanıklık, askıda katı madde, klorür, bromür, sülfat, sodyum, potasyum, magnezyum, karbonat ve renk ölçümleri ($0,75 < \text{faktör koordinatı} < 0,50$) değişimiyle yüklenmiştir. Renk ölçümleri, sodyum, potasyum, sülfat, klorür, bromür ve bulanıklık değişimlerinin Faktör 2 özdeğerine katkısı daha büyük ($>5\%$) olmuştur (Çizelge 4.60). Toplam varyansı daha az oranda açıklayan Eksen 3 (%11,89) ise, izlenen örnekleme noktaları arasından en yüksek parametre değerlerinin gözlendiği yan kollar (YK2 ve YK3) ve üst akarsu (7 ve 8) örnekleme noktaları ile ilişkili olarak, güçlü şekilde nitrit, fosfat ve toplam fosfor (faktör koordinatı $\geq 0,75$) ile negatif bölgede yüklenmiştir. Nitrit, fosfat, amonyum, toplam fosfor ve FS değişimlerinin Faktör 3 özdeğerine katkısı oldukça büyük ($>10\%$) olmuştur (Çizelge 4.60). Ayrıca Eksen 3 alt bölge örnekleme noktalarına kıyasla nispeten daha yüksek değerlerin kaydedildiği orta bölge örnekleme noktalarıyla ilişkili olarak, orta seviyede amonyum (faktör koordinatı $\geq 0,5$) parametresiyle yüklenmiştir (Çizelge 4.61 ve Şekil 4.46a, b, c ve d).



Şekil 4.46. Acısu Deresi’nde su kalitesi parametrelerinin temel bileşenler analizi grafiği (a) parametrelerin Eksen 1 ve Eksen 2 grafiği, (b) ölçümlerin Eksen 1 ve Eksen 2 grafiği (c) parametrelerin Eksen 1 ve Eksen 3 grafiği ve (d) ölçümlerin Eksen 1 ve Eksen 3 grafiği

Çizelge 4.60, 37 adet su kalitesi parametresinin TBA’daki katkılarına ait yüzde değerlerini göstermektedir. Çizelge 4.61’de korelasyonlara bağlı faktör yükleri yer almaktadır. Liu ve ark. (2003), faktör yüklerini sırasıyla 0,75’ten büyük değerler için “güçlü”, 0,75-0,50 aralığındaki değerler için “orta” ve 0,50-0,30 arasındaki değerler için de “zayıf” olarak sınıflandırmıştır. Bu aralık değerlerine bağlı kalınarak, Çizelge 4.61’de yer alan değerler güçlü için mavi, orta için yeşil ve zayıf için sarı renklere boyanmıştır.

Çizelge 4.60. İzlenen su kalitesi parametrelerinin eksen özdeğerlerine oransal katkısı

Parametre	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
T	0,04792	0,01033	0,00315	0,00002	0,01270
pH	0,04034	0,02029	0,01294	0,02437	0,00013
EC	0,03252	0,04850	0,00267	0,00121	0,00857
S‰	0,02846	0,04865	0,00205	0,00009	0,02840
ÇO	0,02337	0,01585	0,07417	0,05980	0,00169
ÇO%	0,03015	0,01282	0,06661	0,02953	0,00000
FNU	0,01632	0,06402	0,00096	0,06322	0,04851
AKM	0,02259	0,04933	0,00183	0,05646	0,03097
F	0,03371	0,01562	0,00231	0,01911	0,09559
Cl	0,02792	0,06060	0,00269	0,00237	0,01321
Br	0,02777	0,06268	0,00227	0,00264	0,00659
NO ₂	0,01968	0,00010	0,13362	0,00808	0,00302
NO ₃	0,02410	0,00280	0,00002	0,08052	0,01805
PO ₄	0,01134	0,00283	0,16741	0,01105	0,00025
SO ₄	0,03213	0,05077	0,00060	0,00005	0,01631
Li	0,02375	0,03249	0,00040	0,00172	0,06472
Na	0,02991	0,05826	0,00220	0,00289	0,00369
K	0,03280	0,05222	0,00011	0,00166	0,00001
NH ₄	0,01704	0,00197	0,12162	0,01686	0,01350
Ca	0,05246	0,00008	0,00368	0,00866	0,00006
Mg	0,03753	0,03800	0,00547	0,00023	0,00528
T.Alk	0,03999	0,02304	0,00495	0,03061	0,00250
HCO ₃	0,04084	0,02208	0,00428	0,02845	0,00224
CO ₃	0,00059	0,03557	0,07796	0,08825	0,01323
TOK	0,03199	0,02692	0,00037	0,00892	0,07774
TN	0,03352	0,00058	0,01288	0,05370	0,00491
TP	0,01089	0,01081	0,15220	0,01378	0,00108
KOI	0,03808	0,00688	0,00101	0,00025	0,05970
BOI ₅	0,04215	0,00476	0,01581	0,01457	0,01195
Chl-a	0,00925	0,00679	0,00310	0,00535	0,16573
R436	0,02527	0,05345	0,00022	0,04145	0,03314
R525	0,02350	0,05652	0,00084	0,04102	0,03957
R620	0,02219	0,06056	0,00226	0,02648	0,04418
TC	0,02144	0,00003	0,00160	0,09130	0,04873
FK	0,02370	0,01579	0,00254	0,04081	0,11829
FS	0,00641	0,01953	0,10380	0,00265	0,00011
E.coli	0,01835	0,00846	0,00940	0,12191	0,00562

Çizelge 4.61. Faktör-Değişken korelasyonları (korelasyonlara bağlı faktör yükleri)

Parametre	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
T	-0,930	-0,277	0,118	-0,006	0,127
pH	-0,854	-0,389	0,239	0,219	0,013
EC	-0,767	0,601	0,108	-0,049	-0,105
S‰	-0,717	0,602	0,095	-0,013	-0,190
ÇO	-0,650	-0,344	0,571	0,343	-0,046
ÇO%	-0,738	-0,309	0,541	0,241	-0,001
FNU	-0,543	-0,691	0,065	-0,353	-0,249
AKM	-0,639	-0,606	0,090	-0,334	-0,199
F	-0,780	0,341	0,101	-0,194	0,349
Cl	-0,710	0,672	0,109	-0,068	-0,130
Br	-0,708	0,683	0,100	-0,072	-0,092
NO ₂	-0,596	-0,028	-0,767	0,126	0,062
NO ₃	-0,660	-0,144	-0,010	0,398	-0,152
PO ₄	-0,453	-0,145	-0,858	0,148	0,018
SO ₄	-0,762	0,615	0,051	-0,010	-0,144
Li	-0,655	0,492	-0,042	0,058	-0,287
Na	-0,735	0,659	0,098	-0,075	-0,069
K	-0,770	0,624	0,022	-0,057	-0,004
NH ₄	-0,555	0,121	-0,731	0,182	-0,131
Ca	-0,974	0,025	0,127	0,131	-0,009
Mg	-0,823	0,532	0,155	-0,021	-0,082
T.Alk	-0,850	-0,414	0,148	0,246	0,056
HCO ₃	-0,859	-0,406	0,137	0,237	0,054
CO ₃	-0,104	-0,515	0,586	0,417	0,130
TOK	-0,760	0,448	0,040	-0,133	0,315
TN	-0,778	-0,066	-0,238	0,325	-0,079
TP	-0,444	-0,284	-0,818	0,165	-0,037
KOI	-0,829	0,226	-0,067	-0,022	0,276
BOI5	-0,873	-0,188	-0,264	0,169	0,124
Chl-a	-0,409	-0,225	-0,117	0,103	0,460
R436	-0,676	-0,631	0,031	-0,286	-0,206
R525	-0,652	-0,649	0,061	-0,284	-0,225
R620	-0,633	-0,672	0,100	-0,228	-0,237
TC	-0,622	0,014	0,084	-0,424	0,249
FK	-0,654	-0,343	0,106	-0,284	0,389
FS	-0,340	-0,381	-0,676	-0,072	0,012
E.coli	-0,576	-0,251	-0,203	-0,490	0,085

4.5. Acısu Deresi Su Kalitesinin SOM Analizi Sonuçları-MATLAB-Mevsimsel Analiz

Acısu Deresi su kalitesinin SOM Analizi, 30 adet su kalitesi parametresi (sıcaklık, pH, Chl-a, TC, FS, R436 ve CO₃ dahil edilmemiştir) için doldurulmuş outlier veri seti kullanılarak Matlab 2021 programında range normalizasyonu ile ön işlem yapıldıktan sonra Kohonen analizi için yazılmış özel bir program kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.5.1. Uygun Harita Boyutu Seçimi

Vesanto ve Alhoniemi (2000), optimal nöron sayısının hesaplanması için $5\sqrt{n}$ 'in uygun bir yöntem olduğunu öne sürmüştür (n, analiz edilen örnek sayısını ifade eder ve bu çalışma için n = 39'dur). Bu yöntemin doğru olabileceği varsayılarak hesaplama yapılmış ve 31 adet nöron sayısına ulaşılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen QE ve TE değerleri Çizelge 4.62'de sunulmaktadır. Çizelge 4.62 sonuçları karşılaştırıldığında QE ve TE değeri en az olan 42 (6X7) harita boyutu seçilmiş ve işlemler bu harita boyutuna göre gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.62. Vesanto (2000) ve deneme-yanılma yöntemi ile belirlenen harita boyutlarına ait hata analizleri

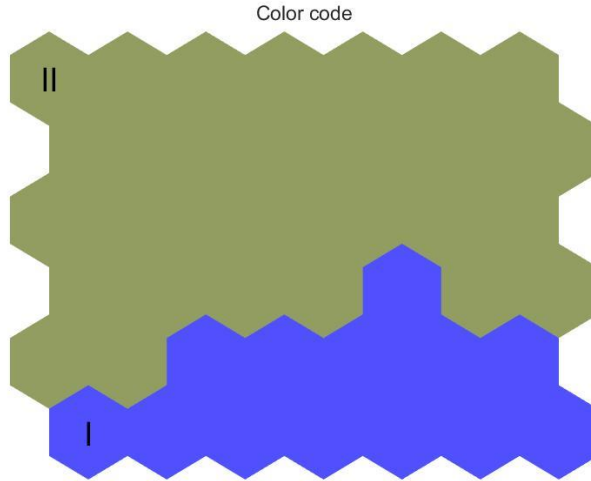
	25 (5X5)	30 (5X6)	32 (4X8)	36 (6X6)	40 (4X10)	42 (6X7)
QE	0,5937	0,5595	0,5178	0,5129	0,5121	0,4892
TE	0	0,0256	0,0513	0	0	0

4.5.2. Acısu Deresi için Range Normalizasyonu ile Elde Edilen SOM Analizi Sonuçları

Mevsimsel ortalaması alınan su kalitesi izleme verileri için Statistica ve MATLAB programlarından elde edilen kümeleme analizi sonuçlarının karşılaştırılması ile küme sayısına karar verilmesi amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle MATLAB programında sırasıyla 2, 3 ve 4 küme sayısı için ayrı ayrı sonuçlar elde edilmiştir. Statistica programı kümeleme sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Statistica programı kümeleme sonuçları ile istasyon ve tarihlerin benzer şekilde kümелendiği küme sayısı 2 olarak belirlenmiştir.

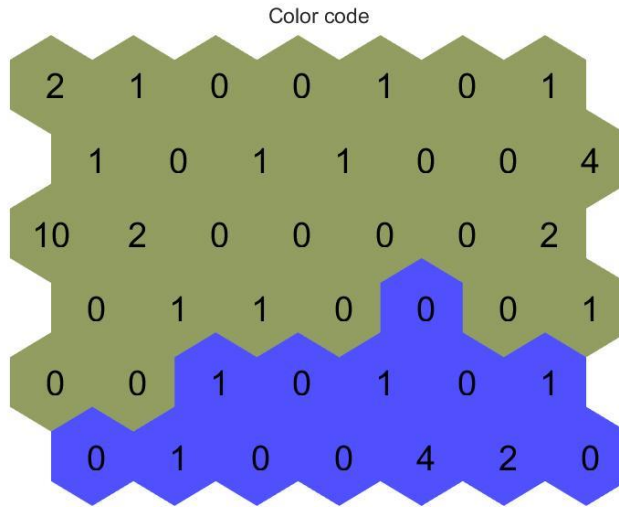
SOM analizi için uygun harita boyutu 6X7 şeklinde seçildikten sonra oluşturulan 42 adet nöron, örnek sayısına göre 2 farklı kümeye ayrılmış ve Şekil 4.47'da sunulan bir dağılım elde edilmiştir. Birinci küme alt akarsu bölgesinde yer alan istasyonları (0 ve 1) içermektedir. Mevsimsel açıdan bakıldığında 0 ve 1 nolu istasyonların tüm mevsimlere ait ölçümlemlerini kapsamaktadır. Ek olarak YK1 istasyonunun yaz mevsimi ölçümlemlerini de içerisinde bulundurmaktadır.

İkinci küme, üst ve orta akarsu bölgelerinin tamamını ve alt akarsu bölgesini ise kısmen içermektedir. Mevsimsel açıdan bakıldığında 2, YK2, 3, YK3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu istasyonların tüm ölçüm dönemlerini kapsamaktadır. Ek olarak YK1 istasyonunun sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimleri ölçümlemlerini de içerisinde bulundurmaktadır.



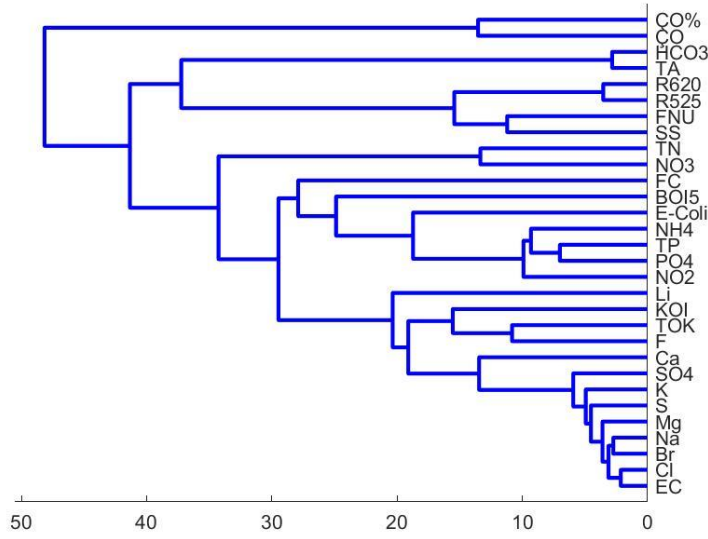
Şekil 4.47. Nöronların örnek sayılarına göre kümelerine ayrılması

Şekil 4.48, benzerliklerine göre nöron başına düşen örnek sayısını göstermektedir. Bu dağılımda en yüksek örnek sayısı 10 ile II. kümede yer alırken, en düşük örnek sayısı 1 olarak birçok nöronda görülebilmektedir. Bu iki kümeye bakıldığında, aslında heterojen bir dağılım olduğu görülmektedir.



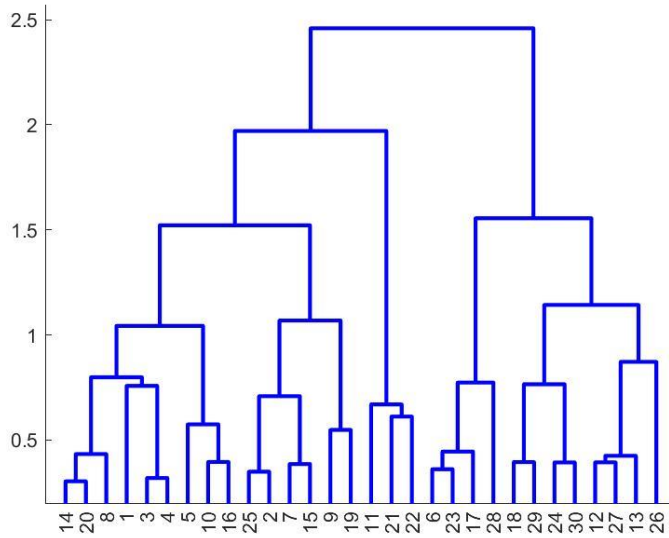
Şekil 4.48. Nöron başına düşen örnek sayısı

Dendrogram analizi, öklid mesafeleri ve SOM harita nöronları arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Acısu Deresi'nden izlenen 30 adet su kalitesi parametresinin yatay dendrogram (ağaç grafiği) grafiği Şekil 4.49'da gösterilmektedir. Parametreler kendi içlerinde fizikokimyasal ve bakteriyolojik özellikler ile anyon-kasyon gruplarına göre kümeler oluşturmuştur.



Şekil 4.49. Su kalitesi parametrelerinin oluşturduğu dendrogram grafiği

HCA-SOM tarafından elde edilen dendrogram, 30 adet nöron için su kalitesi açısından benzerliklerini gösteren kümelenmiş dikey dendrogram grafiğini sunmaktadır (Şekil 4.50). Bu grafiğe göre nöronların birbiriyle olan korelasyonu tahmin edilmeye çalışılmıştır. Eksene en yakın olan nöronlar korelasyonu en yüksek olan nöronları ifade etmektedir ve 14. ve 20. nöronlar bu duruma örnektir.



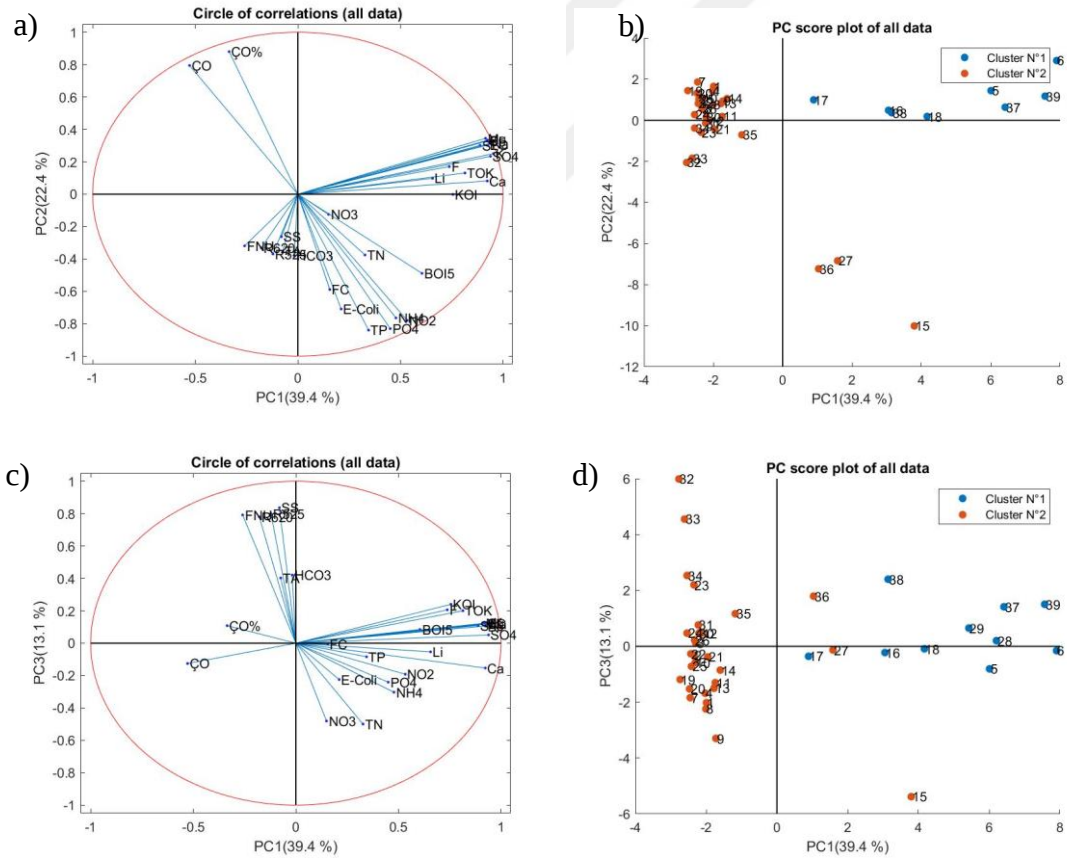
Şekil 4.50. 30 adet nöron için oluşturulan dendrogram grafiği

PC1 ve PC2 alt uzayındaki değişkenler arasındaki korelasyon çemberinin ilk iki bileşeni, veri varyasyonunun %61,8'ini içermektedir (Şekil 4.51). PC1 bileşeni veri seti varyasyonunun %39,4'ünü açıklarken PC2 bileşeni ise %22,4'ünü açıklamaktadır. Bu araştırmada, klorür, bromür, potasyum, magnezyum ve kalsiyum değişkenleri PC1-PC2

ana düzleminde iyi bir şekilde temsil edilirken, ardından E.coli, FK, TP ve BOI_5 değişkenleri gelmektedir. Diğer değişkenler çember merkezine daha yakındır, bu da onların daha az temsil edildiğini ve dolayısıyla bu planla daha az ilişkili olduğunu göstermektedir.

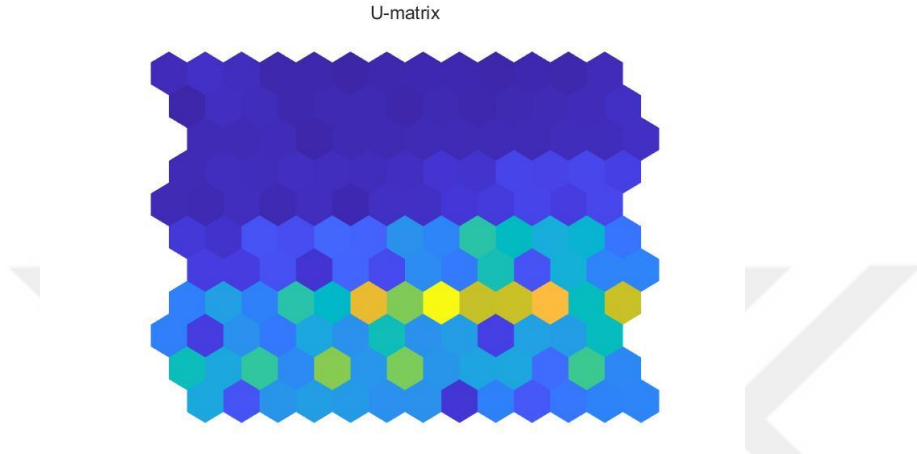
Birinci temel bileşen olan PC1 eksenini esas olarak bir mineralizasyon eksenidir. Pozitif değerlerde yer alan birinci grup, Ca^{2+} , TOK ve SO_4 vb. öğeleri içermektedir (Şekil 4.51). Negatif değerlerde bulunan ikinci grup, AKM, bulanıklık ve renk parametrelerini içermektedir. İkinci temel bileşen (PC2), pozitif kısımda CO ve negatif kısımda HCO_3^- ile biraz ilişkilidir. Üçüncü bileşen olan PC3, bilgilerin %13,1'ini göstermektedir (Şekil 4.51). PC1-PC3 planında, Cl^- , EC, Na^+ ve SO_4 değişkenlerinin en iyi temsil edildiği görülmektedir.

Değişkenlerin korelasyon çemberi üzerindeki yerleşimi (Şekil 4.51), değişkenler arasında var olan korelasyonları doğrulamaktadır. Özellikle klorür, bromür, potasyum, magnezyum ve kalsiyum değişkenleri arasındaki açılarının küçük olması, bu değişkenler arasında yüksek pozitif korelasyonların varlığını göstermektedir. Sonuç olarak, SOM sonuçları, TBA ile elde edilen sonuçlar ile uyumludur.



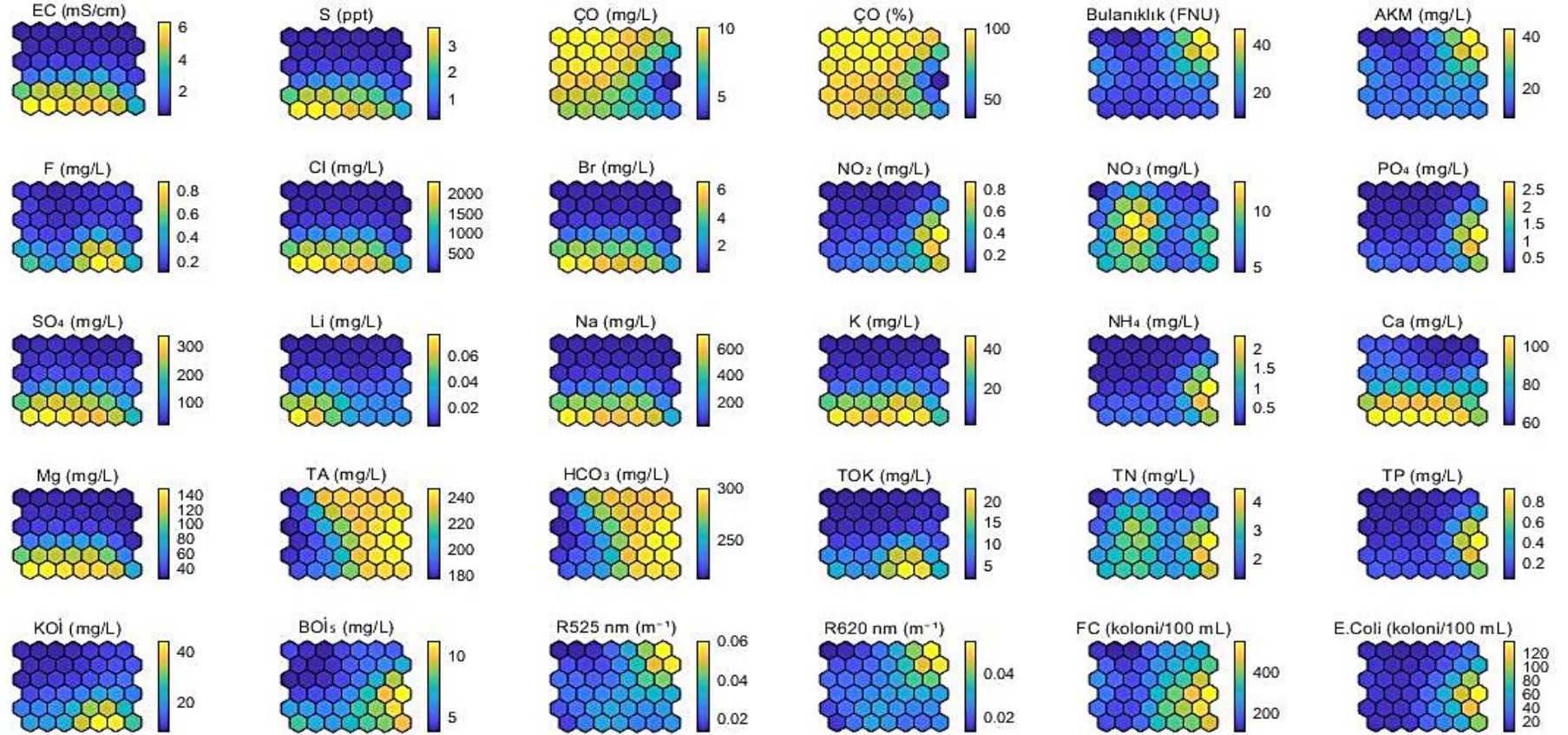
Şekil 4.51. Acısu Deresi'nde su kalitesi parametrelerinin temel bileşenler analizi grafiği (a) parametrelerin PC-1 ve PC-2 grafiği, (b) ölçümlerin PC-1 ve PC-2 grafiği, (c) parametrelerin PC-1 ve PC-3 grafiği ve (d) ölçümlerin PC-1 ve PC-3 grafiği

Birleşik Uzaklık Matrisi (U-matris) algoritması ile SOM birimleri arasındaki alt grup sınırları Şekil 3.52'deki gibi belirlenmiştir. U matrisindeki komşu düğümler arasındaki yakınlık, haritada renklerle gösterilen Öklid mesafesine göre MATLAB R2021a programında oluşturulmuştur. Haritadaki mavi renkler yakın olan komşu düğümleri, kırmızı renkler ise birbirinden uzak olan düğümleri temsil etmektedir. Haritaya göre, alt bölge hariç, genel olarak U-Matris'in mavi renklere hâkim olduğu görülmektedir.



Şekil 4.52. Acısu Deresi verilerine göre oluşturulan U-Matris

Tüm veri setinin SOM bileşen düzlemleri Şekil 4.53'te gösterilmiştir. Mavi ve kırmızı renkler sırasıyla düşük ve yüksek değerleri gösterir. Toplam organik karbon (TOK); EC, tuzluluk parametreleri ve anyon-katyon gruplarıyla (klorür, bromür, lityum, sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum) benzer desenler oluşturmuştur. Daha önce belirtildiği gibi, değişkenler arasındaki özdeş renk desenleri pozitif korelasyona karşılık gelir; bikarbonat ve toplam alkalinite değişkenleri ile görülebilir. Buna karşılık NO_2 ve NO_3 değişkenleri negatif korelasyon göstermektedir. CO ve $\%\text{CO}$ benzer bir desen oluştururken, renk parametreleri de kendi arasında pozitif bir korelasyon sergilemiştir. Ek olarak fekal koliform – E.coli parametreleri de kendi aralarında benzerlik göstermiştir.



Şekil 4.53. Acisu Deresi'ne ait su kalitesi parametreleri için oluşturulan SOM haritaları

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Acısu Deresi'nin su kalitesinin mekânsal ve zamansal değişimleri ve bu değişime neden olan temel etmenleri belirlemek için çok değişkenli istatistiksel yöntemler ve yapay sınır ağları kullanılmıştır. İstatistiksel yöntemlerin uygulanmasından önce Acısu Deresi su kalitesi hakkında genel bir bilgi edinmek amacıyla öncelikle tanımlayıcı istatistikler ve su kalite sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Ek olarak çalışma kapsamında ham veri seti varyans analizi (tek yönlü ANOVA) uygulanarak nehirdeki mekânsal ve mevsimsel değişikliklerin su kalitesi üzerine etkisi olup olmadığı test edilmiştir.

Tanımlayıcı istatistik sonuçları incelendiğinde, birçok parametrenin yüksek standart sapmaya ve yüksek değişim aralığına sahip olduğu gözlenmektedir. Hem doğal hem de insan kaynaklı faaliyetler sonucu oluşabilecek bu durum, Acısu Deresi'ndeki su kalitesinin zamana bağlı olarak değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. İstasyonlar arasında ortalama değerlerde gözlemlenen farklılıklar dikkate alındığında, su kalitesinin mekâna bağlı olarak değişim gösterdiği de gözlemlenmektedir.

Su kalite sınıflandırması kapsamında, YSKY ülkemizdeki yüzey sularının kalitesini genel olarak 3 temel kategoride toplamıştır (YKSY, 2021). Acısu Deresi'nde alt akarsu bölgesindeki örnekleme noktaları ve yan kol akarsuların yıl boyunca neredeyse tamamen III. sınıf olduğu görülmektedir. Çizelge 4.17'ye göre orta akarsu bölgesinin II. sınıf ve benzer şekilde üst akarsu bölgesinin de belirli dönemlerdeki değişimlerle birlikte genellikle II. sınıf olduğu belirlenmiştir.

Tek yönlü ANOVA analizi sonucunda su kalitesi parametrelerinin zamana ve istasyonlara bağlı olarak anlamlı oranda değişiklik gösterdiği saptanmıştır. İncelenen parametreler içerisinde T, pH, ÇÖ, %ÇÖ, FNU, AKM, Ca^{2+} , F, K, BOİ, KOİ, NH_4^+-N , NO_2-N , NO_3-N , TN, TP parametreleri hem istasyona hem de mevsime bağlı olarak değişim gösterirken ($p<0,05$); EC, S, Mg^{2+} , Cl, Br, Na^+ , SO_4^{2-} , TOK, PO_4^{3-} sadece istasyonlara bağlı olarak; Chl-a, Alk., HCO_3 , T.K., F.K., F.S., E.coli konsantrasyonları ise sadece mevsime bağlı olarak değişim göstermiştir ($p<0,05$).

Sonuç olarak, Acısu Deresi'ndeki su kalitesi tanımlayıcı istatistikler ve tek yönlü ANOVA testi kullanılarak değerlendirilmiş ve nehirdeki su kalitesinin parametreye, zamana ve mekâna göre değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer istasyonların, parametrelerin varyansı dikkate alınarak gruplandırılabilceği düşünülmüştür. Bununla birlikte, çalışma kapsamında tek değişkenli istatistiksel analizlerin parametreler arasında korelasyonlar bulunan çok değişkenli veri setleri için yetersiz kaldığı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle Acısu Deresi'ndeki su kalitesinin incelenmesinde çok değişkenli istatistiksel yöntemler (CA, TBA) kullanılmış; tek değişkenli istatistiklerden araştırmaya yol göstermesi ve ön değerlendirme yapılması için faydalanılmıştır.

Acısu Deresi'nde araştırma periyodunda izleme çalışması gerçekleştirilen örnekleme noktalarından elde edilen su kalite verileri için parametreler arasındaki ilişkiyi daha kolay açıklayabilmek amacıyla korelasyon katsayıları elde edilmiştir. EC ve tuzluluk parametreleri, anyon-kasyon gruplarıyla (klorür, bromür, lityum, sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum) $>0,75$ oranında çok güçlü pozitif yönlü bir

korelasyon sergilerken, klorofil-a parametresinin tüm parametrelerle <%50 oranı ile zayıf bir korelasyon sergilemesi dikkat çekmektedir.

Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA), su kalitesi izleme sonuçlarını hem mekânsal hem de zamansal benzerliklerine göre gruplandırmıştır. HCA sonucunda izlenen 12 örnekleme noktası ve 12 izleme dönemi için dendrogramlar elde edilmiş, örnekleme noktaları ve dönemleri arasındaki mesafeler gösterilmiştir. HCA, örnekleme noktalarını birincisi üst, orta ve alt bölgenin bir kısmındaki örnekleme noktalarını ve ikincisi alt örnekleme noktalarını kapsayan iki ana kümeye gruplandırmıştır. Acısu Deresi'nde gözlemlenen doğal benzerlikler ve mevcut antropojenik aktiviteler dikkate alındığında, su kirliliği sınıfı ve derecesi benzer olan iki farklı küme olduğu görülmüştür. HCA, örnekleme noktalarından bağımsız olarak örnekleme dönemlerinde gözlenen su kalitesi heterojenitesini de ortaya çıkarmış ve örnekleme dönemlerini iki ana kümeye gruplandırmıştır. Bölgenin iklimine paralel olarak HCA sonucunda ilkbahar ve sonbahar aylarının bir kümede; yaz ve kış aylarının diğer bir kümede toplandığı saptanmıştır. Bu durum Acısu Deresi Havzası'ndaki su kalitesinin zamana bağlı değişiminde sıcaklık ve yağış parametrelerinin belirleyici meteorolojik unsurlar olduğunu ortaya koymaktadır.

Temel Bileşenler Analizi (TBA), Acısu Deresi su kalitesinde ortaya çıkan toplam varyansın %69,74'ünü ilk 3 eksenle (faktör) açıklamıştır ve bu faktörlerin varyansa etki büyüklüğü bulunmuştur. Faktör 1 özdeğerine katkısı daha büyük olan parametreler elektriksel iletkenlik, tuzluluk, klorür, bromür, sülfat, lityum, sodyum, potasyum, magnezyum ve toplam organik karbon; Faktör 2 özdeğerine katkısı daha büyük olan parametreler renk ölçümleri, askıda katı madde ve bulanıklık ve Faktör 3 özdeğerine katkısı oldukça büyük olan parametreler toplam alkalinite ve bikarbonat şeklinde belirlenmiştir.

Acısu Deresi su kalitesinin SOM Analizi, 30 adet su kalitesi parametresi için Matlab 2021 programında range normalizasyonu uygulanarak gerçekleştirilmiştir. SOM çıktı haritası için seçilen boyut hem QE hem de TE hata türlerinin en az seviyede tutulması nedeniyle en iyi seçenek olan 14x14 olarak belirlenmiştir. Statistica programı ile gerçekleştirilen kümeleme analizi ile örnekleme noktaları ve dönemlerinin benzer şekilde kümelandığı küme sayısı 2 olarak belirlenmişse de SOM analizi ile örnekleme noktaları ve dönemleri birlikte ele alınarak 3 küme belirlenmiştir. Her iki programdan (Statistica ve MATLAB) elde edilen kümeleme analizi sonuçlarının karşılaştırılması ile nihai küme sayısı 3 olarak seçilmiştir. Birinci küme üst ve orta akarsu bölgelerinde yer alan istasyonları (7 ve 8) içermekte olup izleme dönemleri açısından bakıldığında ise her istasyonun Ekim 2021 ölçümlerini kapsamaktadır. İkinci küme, orta akarsu bölgelerinin tamamını, üst ve alt akarsu bölgelerini ise kısmen içermektedir. İzleme dönemleri açısından bakıldığında 2, 3, YK3, 4, 5 nolu izleme noktalarının tüm ölçüm dönemlerini kapsamaktadır. Üçüncü küme alt akarsu bölgesinde yer alan istasyonları (0 ve 1) ve izleme dönemleri açısından bakıldığında ise izleme noktalarının neredeyse tüm ölçüm dönemlerini kapsamaktadır. Ayrıca su kalite parametreleri için elde edilen kümeleme sonuçlarına göre, parametreler kendi içlerinde fizikokimyasal ve bakteriyolojik özellikler ile anyon-katyon gruplarına göre kümeler oluşturmuştur.

PC1 ve PC2 alt uzayındaki değişkenler arasındaki korelasyon çemberinin ilk iki bileşeni, veri varyasyonunun %58'ini içermektedir. PC1 bileşeni veri seti varyasyonunun

% 33,8'ini açıklarken PC2 bileşeni ise %24,2'sini açıklamaktadır. PC1 eksenini esas olarak bir mineralizasyon eksenidir. Pozitif değerlerde yer alan birinci grup, Ca^{2+} , NO_2 , PO_4 , BOI ve KOI vb. öğelerini içerirken, negatif değerlerde bulunan ikinci grup, CO , bulanıklık ve renk parametrelerini içermektedir. İkinci temel bileşen (PC2), pozitif kısımda AKM ve negatif kısımda HCO_3^- ile biraz ilişkilidir. Üçüncü bileşen olan PC3, bilgilerin %11,3'ünü göstermektedir. PC1- PC3 planında, Cl^- , EC, Na^+ ve Ca^{2+} değişkenlerinin en iyi şekilde temsil edildiği görülebilmektedir. Değişkenlerin korelasyon çemberi üzerindeki yerleşimi, değişkenler arasında var olan korelasyonları doğrulamıştır. Özellikle klorür, bromür, potasyum, magnezyum ve kalsiyum değişkenleri arasındaki açılardan küçük olması, bu değişkenler arasında yüksek pozitif korelasyonların varlığını göstermektedir. Sonuç olarak, SOM analizi sonuçları daha önce elde edilen TBA sonuçları ile doğrulanmaktadır.

Tüm veri setinin SOM bileşen düzlemlerinde mavi ve kırmızı renkler sırasıyla düşük ve yüksek değerleri göstermektedir. EC ve tuzluluk parametreleri, anyon-kasyon gruplarıyla (klorür, bromür, lityum, sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum) benzer desenler oluşturmuştur. Değişkenler arasındaki özdeş renk desenleri pozitif korelasyona karşılık gelmekte olup bu durum bikarbonat ve toplam alkalinite değişkenleri için örnek olarak görülebilmektedir. Buna karşılık NO_2 ve NO_3 değişkenleri negatif korelasyon göstermektedir. CO ve % CO benzer bir desen oluştururken, renk parametreleri de kendi arasında pozitif bir korelasyon sergilemiştir. Ek olarak fekal koliform ile E. coli parametreleri de kendi aralarında benzerlik göstermiştir.

Acısu Deresi'nde araştırma periyodunda örnekleme noktalarında gerçekleştirilen izleme çalışması ile elde edilen veriler arasındaki ilişkiyi daha kolay açıklayabilmek amacıyla mevsimsel ortalama değerler hesaplanmış ve bu veriler ile HCA, TBA ve SOM analizi gerçekleştirilmiştir. HCA, birincisi üst, orta ve alt bölgenin bir kısmındaki örnekleme noktalarını ve ikincisi alt örnekleme noktalarını kapsayan 2 ana kümeye gruplandırmıştır. Ek olarak örnekleme dönemlerini; birinci ana küme sonbahar ve kış mevsimleri örnekleri ve ikinci ana küme ise ilkbahar ve yaz mevsimleri örnekleri olacak şekilde 2 ana kümede toplamıştır. TBA, Acısu Deresi su kalitesinde ortaya çıkan toplam varyansın %80,86'sını >1 özdeğere sahip ilk 3 eksenle ve toplam varyansın %89,64'ünü >1 özdeğere sahip ilk 5 eksenle açıklamıştır. SOM analizi için uygun harita boyutu 6X7 şeklinde seçildikten sonra oluşturulan 42 adet nöron, örnek sayısına göre 2 farklı kümeye ayrılmış ve PC1 bileşeni veri seti varyasyonunun %39,4'ünü, PC2 bileşeni ise %22,4'ünü açıklarken PC3 bileşeni, bilgilerin %13,1'ini göstermektedir. Sonuç olarak, SOM analizi sonuçları daha önce elde edilen HCA ve TBA sonuçları ile doğrulanmaktadır.

Bu çalışmada genel olarak tanım ve uygulama teknikleri/aşamaları anlatılan istatistiksel yöntemlerin birçok farklı alanda kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Su kalitesinin zamansal ve mekânsal değişimini ve buna neden olan temel etmenleri belirlemek için çok değişkenli istatistiksel yöntemler ve yapay sinir ağlarının kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Kümeleme Analizi, Temel Bileşen Analizi ve Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar kullanılarak hem mekânsal hem de zamansal olarak su kalite izleme verileri ve parametreleri gruplandırılabilir. Sonuç olarak su kalitesi değerlendirmesinde istatistiksel yöntemlerden; karmaşık veri setlerinin analizi ve yorumlanması, kirlilik kaynaklarının/faktörlerinin tanımlanması, etkin su kalitesi yönetimi, su kalitesindeki zamansal/mekânsal değişimlerin anlaşılması ve değişime neden olan temel etmenleri belirlemek gibi farklı işlemler için faydalanılabilmektedir.

Yoğun antropojenik faaliyetler ve küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkileri su kaynakları üzerinde artan baskılara neden olmaktadır. Acısu Deresi havzasında genel olarak görülen hayvancılık ve özellikle tarım faaliyetleri azot ve fosfor anlamında kaliteyi organik madde ile birlikte düşürmektedir. Mansap kısmında Serik AAT'nin girdiği YK2 noktası, en çok kirliliğin gözlemlendiği noktadır. Özellikle Serik AAT'nin boşaltıldığı hattın dikkatle izlenmesi gerekmektedir. Artan nüfus, kentleşme, tarımsal faaliyetlerin artması (gübre ve pestisit kullanımı) ve iklim değişikliği ile birlikte su kalitesinin ve miktarının sürdürülebilir yönetimi ve iyi su durumunun korunması öneminin arttığını göstermektedir.



6. KAYNAKLAR

- Abdallaoui, A., Monyr, N., El Hmaidi, A. ve Berrada, M. 2016. Etude de la variation saisonnière des paramètres physicochimiques des sédiments superficiels de la retenue du barrage Sidi Chahed (Meknès, Maroc) : approche par carte auto-organisatrice SOM. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)* ISSN: 2349-2763 Issue 06, Volume 3 (June 2016).
- Ahmadmoazzam, M., Dastoorpoor, M., Birgani, Y.T. ve Liu, G. 2021. Assessment of the Water Quality of Karun River Catchment Using Artificial Neural Networks-self-Organizing Maps and K-Means Algorithm. *Journal of Environmental Accounting and Management* 9(1) (2021) 43-58.
- Akpınar, H. 2017. "DATA Veri Madenciliği Veri Analizi", 2. Basım, İstanbul, Papatya Yayıncılık Eğitim.
- Aksoy, A., Yenilmez, F., Keskin, F. 2010. Meteorolojik Koşulların Mogan Gölü Su Kalitesine Etkileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 3 (2): 33-38, 2010, ISSN: 1308-3961, www.nobel.gen.tr.
- Alkan, Ö. 2008. Temel Bileşenler Analizi Ve Bir Uygulama Örneği. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Atasoy, M. 2019. Kentsel Sürdürülebilirliğin Kendini Düzenleyen Haritalar İle Kümelenmesi. T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Bhattra, B.D., Kwak, S. Ve Heo, W. 2015. Assessment of water quality variations under non-rainy and rainy conditions by principal component analysis techniques in Lake Doam watershed, Korea. *J.Ecol.Environ.*38(2):145-156.
- Bhuiyan, M. A. H., Rakib, M.A., Dampare, S.B., Ganyaglo, S. ve Suzuki, S. 2011. Surface Water Quality Assessment in the Central Part of Bangladesh Using Multivariate Analysis. *KSCE Journal of Civil Engineering* (2011) 15(6):995-100, DOI 10.1007/s12205-011-1079-y.
- Bilgin, A. ve Konanç, M.U. 2016. Evaluation of surface water quality and heavy metal pollution of Coruh River Basin (Turkey) by multivariate statistical methods. *Environ Earth Sci* (2016) 75:1029 DOI 10.1007/s12665-016-5821-0.
- Devlet Su İşleri. Toprak Ve Su Kaynakları. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>. Son Erişim Tarihi: 28.10.2022.
- Fural, Ş. 2018. Acısu Çayı'nın (Serik – Antalya) Drenaj Özelliklerinin Morfometrik Analizi. *International Journal of Social Science*, Doi number: <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS7914>, Number: 72 , p. 541-556, Autumn III 2018.
- Grzywna, E. ve Bronowicka-Mielniczuk, U. 2020. Spatial and Temporal Variability of Water Quality in the Bystrzyca River Basin, Poland. *Water* 2020, 12, 190; doi:10.3390/w12010190.
- Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği, 11 Ekim 2012 Tarihli ve 28444 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.

- İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17 Şubat 2005 Tarihli ve 25730 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- İşcen, C.F., Emiroğlu, O., İlhan, S., Arslan, N., Yılmaz, V. Ve Ahiska, S. 2008. Application Of Multivariate Statistical Techniques İn The Assessment Of Surface Water Quality İn Uluabat Lake, Turkey. *Environ Monit. Assess.*, 144:269–276.
- Kaman, H., Sönmez, N.K., Kurunç, A., Aslan, G.E., Çetin, M. ve Yetgin Uz, B., 2011. Denizle İrtibatlı Akarsularda Deniz Suyu Girişiminin İrdelenmesi: Antalya Acısu Deresi Örneği. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 4 (2): 43-47, 2011, ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X, www.nobel.gen.tr.
- Kar, M. ve Leblebici, Z. 2020. Su Rezervuarlarının Kalitesinin Değerlendirilebilmesi İçin Çok Değişkenli İstatistiksel Tekniklerin Kullanılması: Yamula Baraj Gölü Örneği. *AKÜ FEMÜBİD* 20 (2020) 021001 (189-195), DOI: 10.35414/akufemubid.634550.
- Kılıç, E. 2017. Asi Havzasındaki Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Değerlendirilmesi. T.C. İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, Ocak-2017.
- Kohonen, T. 1995. *Self-Organizing Maps*. New York: Springer-Verlag.
- Kohonen, T. 2001. *Self-Organizing maps* (3th ed.). Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Kohonen, T. 2014. *Matlab implementations and applications of the self-organizing map*, Unigrafia Oy, Helsinki, Finland.
- Akın, Y. 2008. Veri Madenciliğinde Kümeleme Algoritmaları Ve Kümeleme Analizi. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı İstatistik Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Koltan Yılmaz, Ş. ve Patır, S. 2011. Kümeleme Analizi Ve Pazarlamada Kullanımı. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, İlkbahar 2011 Cilt:2 Sayı:1.
- Li T., Sun, G., Yang, C., Liang K., Ma S. ve Huang L., 2018. Using self-organizing map for coastal water quality classification: Towards a better understanding of patterns and processes, *Science of The Total Environment*, Vol. 628–629, S. 1446-1459.
- Liu, C.W., Lin K.H. ve Kuo Y.M. 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *Sci Total Environ* 313:77–89.
- Muhammetoğlu, A. 2022. Nehir Su Kalitesinin Deterministik Modelleme, Su Kalite İndeksleri ve İstatistiksel Analizler ile Değerlendirilmesi ve Yönetimi, TÜBİTAK-CNRST Uluslararası İkili İşbirliği Projesi (Proje No: 119Y267), Final Raporu.
- Orak, E., Akkoyunlu, A. ve Can, Z.S. 2020. Assessment of water quality classes using self-organizing map and fuzzy C-means clustering methods in Ergene River, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* (2020) 192: 638. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08560-3>

- Özçalıcı, M. 2011. “Özdüzenleyici Haritalar Yöntemi İle Banka Müşterilerinin Bölümlendirilmesi”, Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özçelik, M. 2017. Belek Kıyısı (Antalya) İçin Kıyı Kenar Çizgisinin Önemi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 60 (2017) 331-346, doi:10.25288/tjb.325395.
- Öztürk, S., 2011, “Devrekani Çayı Alt Havzası’nın Yönetim Planının Geliştirilmesi”, Gazi Üniversitesi, FBE Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Doktora Tezi, Ankara.
- Şengöz, N. ve Özdemir, G. 2016. Temel Bileşenler Analizi Ve K-Ortalama Kümeleme Yönteminin Birlikte Kullanımı: Bir Örnek Uygulama. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt.8 Sayı.15 2016 – Haziran (s. 85-94).
- Shrestha, S. ve Kazama, F. 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. Environmental Modelling & Software, 22, 464–475. doi:10.1016/j.envsoft.2006.02.001.
- Türkiye Cumhuriyeti Millî Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP) Yayınları (2011). Suların Analiz Parametreleri, Çevre Sağlığı, Ankara.
- Tokatlı, C. 2020. Ergene Nehir Havzası Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Analizler Kullanılarak Değerlendirilmesi. LIMNOFISH-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research 6(1): 38-46 (2020).
- Ustaoglu, F., Tepe Y., Aydın, H. ve Akbaş, A. 2020. Evaluation of surface water quality by multivariate statistical analyses and WQI: case of comlekci stream, (Giresun-Turkey). Fresenius Environ Bull 29(1):167–177.
- Ünlükaplan, Y. 2008. Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlerin Peyzaj Ekolojisi Araştırmalarında Kullanımı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Varol, M. ve Şen, B. 2009. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Behrimaz Stream, Turkey. Environ Monit Assess, 159:543–553, DOI:10.1007/s10661-008-0650-6.
- Vesanto, J. ve Alhoniemi, E. 2000. Clustering of the self-organizing map. IEEE Trans. Neural Netw. 11, 586–600
- Yaz, H.F. 2014. Çok Değişkenli İstatistiksel Tekniklerden Kümeleme Analizi; SPSS İle Bir Uygulama.
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YKSY). 2021. Tarım Ve Orman Bakanlığı. Resmî Gazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210616-1.htm>
- Yılmaz, V. 2009. Türkiye Akarsuları Su Kalitesi Parametrelerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi. T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2009.
- Yolcu, İ.D. 2012. Bursa Nilüfer Çayı Su Kalitesi Parametrelerinin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi. T.C. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

- Yorulmaz, Ö. 2013 Çok Değişkenli İstatistik Ders Notu. İstanbul Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi.
- Yotova, G., Varbanov, M., Tcherkezova, E. ve Tsakovski, S. L. 2021. Water quality assessment of a river catchment by the composite water quality index and self-organizing maps. *Ecological Indicators* 120 (2021) 106872.
- Yürüklü, E. ve Koçal, O. 2012. Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar Yöntemiyle Türkçe Sesli Harflerin Sınıflandırılması ve Tanınması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 17, Sayı 1.
- Zhang, Q., Li, Z., Zeng, G., Li, J., Fang, Y., Yuan, Q., Wang, Y. ve Ye, F. 2009. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques in red soil hilly region: a case study of Xiangjiang watershed, China. *Environ Monit Assess* 152:123–131, DOI 10.1007/s10661-008-0301-y.
- Zheng, L.Y., Yu, H.B. ve Wang, Q.S. 2016. Application of multivariate statistical techniques in assessment of surface water quality in Second Songhua River basin, China. *Journal of Central South University*, 23: 1040-1051.

7. EKLER

EK-1. Kıtaİçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları ^(a)		
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)
Renk (m ⁻¹)	RES 436 nm: ≤ 1,5 RES 525 nm: ≤ 1,2 RES 620 nm: ≤ 0,8	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2,4 RES 620 nm: 1,7	RES 436 nm: > 4,3 RES 525 nm: > 3,7 RES 620 nm: 2,5
pH	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	> 1000
Yağ ve Gres (mg/L)	< 0,2	0,3	> 0,3
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	< 6
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	> 50
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	< 4	8	>8
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	< 0,2	1	>1
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 3	10	> 10
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L) ^(b)	< 0,5	1,5	> 1,5
Toplam azot (mg N/L) ^(c)	< 3,5	11,5	> 11,5
Orto fosfat fosforu (mg o-PO ₄ -P/L)	< 0,05	0,16	> 0,16
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,08	0,2	> 0,2
Florür (µg/L)	≤ 1000	1500	> 1500
Mangan (µg/L)	≤ 100	500	> 500
Selenyum (µg/L)	≤ 10	15	> 15
Sülfür (µg/L)	≤ 2	5	> 5

EK 2. SOM Analizinde 3 Küme İçin İstasyon-Tarih Karşılaştırması

14-14 Matrisi (3 Küme)			
Cluster	Neuron	Station	İstasyon-Tarih
1	179	101	YK2-5
1	196	1	8-1
1	196	2	8-2
1	196	3	8-3
1	196	8	8-8
1	196	9	8-9
1	196	10	8-10
1	196	11	8-11
1	196	12	8-12
1	196	13	7-1
1	196	14	7-2
1	196	15	7-3
1	196	20	7-8
1	196	21	7-9
1	196	22	7-10
1	196	23	7-11
1	196	24	7-12
1	196	27	6-3
1	196	31	6-7
1	196	36	6-12
1	196	96	2-12
1	196	98	YK2-2
1	196	103	YK2-7
1	196	108	YK2-12
1	196	124	YK1-4
1	196	127	YK1-7
1	196	132	YK1-12
2	5	5	8-5
2	5	6	8-6
2	5	7	8-7
2	5	17	7-5
2	5	18	7-6
2	5	29	6-5
2	5	41	5-5
2	5	42	5-6
2	5	46	5-10
2	5	53	4-5
2	5	54	4-6
2	5	66	3-6

2	5	77	YK3-5
2	5	78	YK3-6
2	5	83	YK3-11
2	5	90	2-6
2	5	102	YK2-6
2	8	35	6-11
2	8	65	3-5
2	9	30	6-6
2	11	89	2-5
2	11	105	YK2-9
2	14	70	3-10
2	15	95	2-11
2	19	19	7-7
2	22	44	5-8
2	22	48	5-12
2	22	84	YK3-12
2	24	55	4-7
2	28	56	4-8
2	39	34	6-10
2	42	69	3-9
2	42	129	YK1-9
2	44	137	0-5
2	45	113	1-5
2	46	125	YK1-5
2	48	43	5-7
2	48	80	YK3-8
2	49	82	YK3-10
2	50	79	YK3-7
2	51	81	YK3-9
2	52	67	3-7
2	52	68	3-8
2	55	57	4-9
2	55	121	YK1-1
2	61	91	2-7
2	65	45	5-9
2	68	92	2-8
2	70	4	8-4
2	70	25	6-1
2	70	37	5-1
2	70	40	5-4
2	70	49	4-1
2	70	52	4-4
2	70	61	3-1

2	70	64	3-4
2	70	73	YK3-1
2	70	76	YK3-4
2	70	85	2-1
2	70	128	YK1-8
2	82	100	YK2-4
2	83	16	7-4
2	83	97	YK2-1
2	84	74	YK3-2
2	90	94	2-10
2	95	93	2-9
2	98	38	5-2
2	98	39	5-3
2	110	28	6-4
2	110	51	4-3
2	111	50	4-2
2	112	26	6-2
2	112	75	YK3-3
2	119	86	2-2
2	119	87	2-3
2	126	88	2-4
2	132	136	0-4
2	133	122	YK1-2
2	145	123	YK1-3
2	146	112	1-4
2	147	126	YK1-6
2	152	63	3-3
2	154	131	YK1-11
2	159	109	1-1
2	164	62	3-2
2	164	99	YK2-3
2	175	104	YK2-8
2	177	107	YK2-11
2	190	59	4-11
2	190	60	4-12
2	191	47	5-11
2	191	58	4-10
2	191	71	3-11
2	191	72	3-12
2	192	32	6-8
3	57	119	1-11
3	71	143	0-11
3	74	133	0-1

3	87	33	6-9
3	87	141	0-9
3	99	120	1-12
3	99	130	YK1-10
3	99	144	0-12
3	101	117	1-9
3	113	140	0-8
3	129	118	1-10
3	143	138	0-6
3	144	115	1-7
3	155	114	1-6
3	155	134	0-2
3	155	142	0-10
3	157	116	1-8
3	169	135	0-3
3	170	106	YK2-10
3	170	111	1-3
3	183	139	0-7
3	185	110	1-2

EK 3. SOM Analizinde 2 Küme İçin İstasyon-Tarih Karşılaştırması

6-7 Matrisi (2 Küme)			
Cluster	Neuron	Station	İstasyon-Tarih
1	5	16	A1-(3-4-5)
1	6	6	A0-(1-2-12)
1	6	28	A1-(6-7-8)
1	6	29	A0-(6-7-8)
1	6	39	A0-(9-10-11)
1	18	5	A1-(1-2-12)
1	24	18	A0-(3-4-5)
1	30	37	A1-(9-10-11)
1	35	38	AYK1-(9-10-11)
2	1	1	A5-(1-2-12)
2	1	4	AYK3-(1-2-12)
2	1	13	AYK3-(3-4-5)
2	2	9	A6-(3-4-5)
2	2	11	A4-(3-4-5)
2	7	7	A8-(3-4-5)
2	7	10	A5-(3-4-5)
2	7	26	A2-(6-7-8)
2	13	8	A7-(3-4-5)
2	13	19	A8-(6-7-8)
2	13	20	A7-(6-7-8)
2	13	22	A5-(6-7-8)
2	13	25	AYK3-(6-7-8)
2	13	27	AYK2-(6-7-8)
2	15	14	A2-(3-4-5)
2	16	17	AYK1-(3-4-5)
2	19	23	A4-(6-7-8)
2	19	34	AYK3-(9-10-11)
2	25	30	A6-(9-10-11)
2	27	35	A2-(9-10-11)
2	31	2	A4-(1-2-12)
2	31	24	A3-(6-7-8)
2	37	33	A3-(9-10-11)
2	38	3	A3-(1-2-12)
2	38	31	A5-(9-10-11)
2	38	32	A4-(9-10-11)
2	38	36	AYK2-(9-10-11)
2	39	12	A3-(3-4-5)
2	40	15	AYK2-(3-4-5)
2	40	21	A6-(7-8-9)
2	33	37	A1-(9-10-11)
2	37	35	A2-(9-10-11)

ÖZGEÇMİŞ

DUYGU POYRAZ

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2020-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Antalya
Lisans 2015-2020	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği ABD, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Bursiyer 2020-2022	TÜBİTAK 119Y267 nolu proje Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Antalya
-----------------------	--