

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AKSU ÇAYI VE ACISU DERESİ SU KALİTESİNİN SU KALİTE İNDEKSLERİ
KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşenur USLU

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AKSU ÇAYI VE ACISU DERESİ SU KALİTESİNİN SU KALİTE İNDEKSLERİ
KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşenur USLU

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2022

ANTALYA

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

**AKSU ÇAYI VE ACISU DERESİ SU KALİTESİNİN SU KALİTE İNDEKSLERİ
KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Ayşenur USLU
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez TÜBİTAK tarafından 119Y267 nolu proje ile desteklenmiştir.

HAZİRAN 2022

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKSU ÇAYI VE ACISU DERESİ SU KALİTESİNİN SU KALİTE İNDEKSLERİ
KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşenur USLU
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez / / 2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU
Doç. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGIN
Dr. Öğr. Üyesi Meltem KAÇIKOÇ

ÖZET

AKSU ÇAYI VE ACISU DERESİ SU KALİTESİNİN SU KALİTE İNDEKSLERİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayşenur USLU

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Haziran 2022; 144 sayfa

Antalya Nehir Havzası'ndaki akarsulardan biri olan, Kovada I, Kovada II Hidroelektrik Santrallerini ve Karacaören Barajını besleyen Aksu Çayı, Karacaören-2 Baraj Gölü'nün işletim rejimi, sulama çekimleri ve küresel iklim değişikliğine bağlı yağış düzensizlikleri sonucunda hidrolojik baskı altındadır. Tez çalışmasının ikinci uygulama alanı olan, yoğun seracılık faaliyetlerinin gerçekleştirildiği ve turizm açısından değerli bir bölge olan Acısu Deresi önemli bir yerüstü kaynağıdır. Dolayısıyla bahsedilen bölgelerde su kalitesinin ve miktarının sürdürülebilir yönetimi gerekli ve önemlidir. TÜBİTAK tarafından desteklenmiş olan 119Y267 nolu proje kapsamında Aksu Çayı ve Acısu Deresi üzerinde yer alan 24 izleme noktasında su kalitesi izleme çalışmaları Eylül 2020 ve Eylül 2021 dönemi boyunca aylık olarak 1 yıl boyunca gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışmasından elde edilen verilerin yorumlanmasında Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksi (CCME-WQI), Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI), Sucul Toksisite İndeksi (ATI), Su Kalitesi Değerlendirme Sistemi (SEQ-Eau) olmak üzere 4 farklı indeks yöntemi karşılaştırmalı olarak uygulanmış ve çalışma bölgelerinin su kalitesini sınıflandırmada en uygun indeks yöntemi belirlenmiştir. En uygun indeks yönteminin belirlenmesinde korelasyon analizi sonuçları dikkate alınmıştır. Buna göre, en yüksek korelasyon (0,94) SEQ-Eau ve CCME su kalite indeksleri arasında elde edilirken, en düşük korelasyon (0,56) SEQ-Eau ve NSF indeksleri arasında bulunmuştur. İkinci çalışma bölgesi olan Acısu Deresi'nde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek korelasyon (0,95) SEQ-Eau ve CCME su kalite indeksleri arasında elde edilirken, en düşük korelasyon (0,60) SEQ-Eau ve NSF indeksleri arasında bulunmuştur. CCME ve SEQ-Eau indekslerinin uyumlu ve çok yakın sonuçlar verdiği, bu nedenle de her iki çalışma bölgesi için de en uygun indeksler olduğu ortaya konmuştur. Ek olarak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (16.06.2021, RG: 31513)'ne göre fizikokimyasal parametrelerin (üç farklı dalga boyunda renk ölçümleri, pH, Eİ, KOİ, BOİ₅, NH₄-N, NO₃-N, TN, PO₄-P TP, F⁻) aylık ölçüm ve analiz sonuçları kullanılarak su kalite sınıfları belirlenmiştir. Belirtilen yönetmeliğe göre, Aksu Çayı için on izleme istasyonu iyi, iki istasyon da orta kalite olarak sınıflandırılmıştır. Acısu Deresi için ise altı izleme istasyonu iyi su kalitesine, altı izleme istasyonu ise orta kaliteye sahiptir. Orta sınıf su kalitesine sahip istasyonlarda kaliteyi düşüren ortak parametreler; TP, BOİ₅, ÇO ve Eİ olarak belirlenmiştir. İzleme çalışmaları süresince değişen iklim koşulları, yağış ve yüzey akışın azalması gibi sebeplerden dolayı bazı izleme noktalarında kuru ve durgun su koşulları gözlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Acısu Deresi, Aksu Çayı, İzleme çalışması, Su kalitesi, Su kalite indeksi, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği.

JÜRİ: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Doç. Dr. Aslı Seyhan ÇIĞGIN

Dr. Öğr. Üyesi Meltem KAÇIKOÇ



ABSTRACT

WATER QUALITY ASSESSMENT OF AKSU STREAM AND ACISU CREEK USING WATER QUALITY INDICES

Ayşenur USLU

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

June 2022; 144 pages

Aksu Stream, one of the rivers in the Antalya River Basin, feeding Kovada I and Kovada II Hydroelectric Power Plants and Karacaoren Dam, is under hydrological pressure as a result of the operating regime of Karacaoren Dam Lake, irrigation water abstractions, and precipitation irregularities due to global climate change. Acısu Creek, the second application area of the thesis study, where intensive greenhouse activities are carried out, is an important surface water resource and a valuable region for tourism. Therefore, sustainable management of water quality and quantity is necessary and important in the mentioned areas. Within the scope of the project numbered 119Y267 supported by TÜBİTAK, water quality monitoring studies were carried out monthly for 1 year, during the period of September 2020 and September 2021, at 24 monitoring stations in total for both Aksu Stream and Acısu Creek. For the interpretation of the monitoring data sets, the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME-WQI), National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI), Aquatic Toxicity Index (ATI), and Water Quality Assessment System (SEQ-Eau) were applied comparatively and the most appropriate index method was determined in classifying water quality of the study areas. Correlation analysis results were taken into account in determining the most appropriate index method. Accordingly, the highest correlation (0.94) was obtained between SEQ-Eau and CCME water quality indices, while the lowest correlation (0.56) was found between SEQ-Eau and NSF indices. Similar results were obtained in Acısu Creek, the second study area. Accordingly, the highest correlation (0.95) was achieved between SEQ-Eau and CCME water quality indices, while the lowest correlation (0.60) was found between SEQ-Eau and NSF indices. It has been revealed that CCME and SEQ-Eau indices give compatible and very close results, thereby they are the most appropriate indices for both study areas. In addition, the water quality classes were determined by using the monthly measurement and analysis results of the physicochemical parameters (color measurements at three different wavelengths, pH, EC, COD, BOD₅, NH₄-N, NO₃-N, TN, PO₄-P, TP, F⁻) according to the Surface Water Quality Regulation (SWQR). According to this regulation, ten monitoring stations were classified as good and two stations were classified as fair quality for Aksu Stream. In case of Acısu Creek, six monitoring stations were classified to have good water quality and six monitoring stations with fair quality. The common parameters that impair water quality are TP, BOD₅, DO, and EC. Moreover, during the monitoring studies, dry and stagnant water conditions were observed at some of the monitoring stations due to changing climatic conditions, reduced precipitation and runoff.

KEYWORDS: Acısu Creek, Aksu Stream, Monitoring Study, Water Quality, Water Quality Index, Surface Water Quality Regulation

COMMITTEE: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGIN

Asst. Prof. Dr. Meltem KAÇIKOÇ



ÖNSÖZ

TÜBİTAK tarafından desteklenmekte olan 119Y267 nolu proje kapsamında Aksu Çayı üzerinde 10 adet izleme istasyonu ve 2 adet yan kol giriş noktasında ve Acısu Deresi üzerinde 9 adet izleme istasyonu ve 3 adet yan kol giriş noktasında su kalite izleme çalışmaları Eylül 2020 ve Eylül 2021 dönemi boyunca aylık olarak 1 yıl boyunca gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışmasından elde edilen verilerin yorumlanması 4 farklı su kalitesi indeks yöntemi karşılaştırmalı olarak uygulanmış ve çalışma bölgelerinin su kalitesini sınıflandırmada en uygun indeks yöntemi belirlenmiştir. Ek olarak izleme çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (16.06.2021, RG: 31513) Ek-5'e göre (Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri) çalışma alanlarının su kalitesi sınıflandırılmıştır. Tez çalışmasının yürütülmesine destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu TÜBİTAK (Proje No: 119Y267)'a teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başladığım zaman danışmanım olmak üzere beni kabul eden, her türlü desteği sağlayan, bilgilerini esirgemeyen, birlikte çalışmaktan çok memnun olduğum, her türlü konuda beni sabırla dinleyen ve sorunlarıma çözüm üreten, her koşulda kibar ve anlayışlı olan, aynı zamanda katıldığım laboratuvar ve arazi çalışmalarında göstermiş olduğu ilgili tavrı için Sayın Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU hocama teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başladığım zaman bana destek olan, öğrencilerine karşı her zaman yardımsever yaklaşıma sahip, bilgilerini esirgemeyen ve aynı zamanda her türlü motivasyonu sağlayan Sayın Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU hocama teşekkür ederim.

Eğitim hayatımda bana destek olan, özellikle pandemi döneminde her türlü desteklerini benden esirgemeyen, hep yanımda duran, her türlü motivasyonu sağlayan, sorunlarıma çözüm odaklı yaklaşan canım anneme, canım babama ve canım kardeşime teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince bana destek olan, anlayışlı ve sabırlı bir kişiliğe sahip olan, konuşmalarıyla beni motive eden kuzenim Ayşenur Kahraman'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarına katılmak için gittiğim Antalya'da yer alan Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretim ve Eğitim Enstitüsü'nde tanıştığım Sayın Seçil Tüzün DUĞAN'a, Sayın Dr. Mehmet Ali T. KOÇER'e, Sayın Ramazan UYSAL'a teşekkür ederim. Arazi çalışmalarına birlikte gittiğimiz, bu çalışmalarda bize destek olan Sayın Kerim Elçi'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince göstermiş oldukları her türlü anlayış ve yardımlarından dolayı Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümündeki değerli hocalarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Yerüstü Su Kaynaklarının Yönetimi.....	3
2.1.1. Ülkemizde su yönetimine ilişkin mevzuat	6
2.2. Su Kalite Sınıflandırması	10
2.3. Su Kalite İndekslerinin Gelişimi.....	13
2.4. Su Kalite İndekslerinin Genel Özellikleri	15
2.5. Türkiye’den Örnek Uygulamalar.....	16
2.6. Dünya’dan Örnek Uygulamalar.....	18
3. MATERYAL VE METOT.....	28
3.1. Aksu Çayı ve Acısu Deresi Çalışma Sahalarının Tanıtımı	28
3.2. Su Kalitesi İzleme Çalışmaları	32
3.3. Numune Alımı ve Korunması.....	41
3.3.1. Örnekleme ve analiz.....	42
3.4. Çalışma Alanlarına Ait Literatürde Yer Alan Çalışmalar	43
3.5. Su Kalite İndeksleri.....	44
3.5.1. Kanada çevre bakanlığı konseyi su kalite indeksi (CCME-WQI).....	44
3.5.2. Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI).....	47
3.5.3. Sucul toksisite indeksi (ATI)	52
3.5.4. Su kalitesi değerlendirme sistemi (SEQ-Eau)	57
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	59
4.1. Su Kalitesi İzleme Sonuçları	59
4.1.1. Fizikokimyasal parametreler	59
4.1.2. Bakteriyolojik parametreler.....	87

4.1.3. Yerüstü su kalitesi yönetmeliğine göre kalite sınıflandırması.....	93
4.2. CCME İndeksi Uygulaması.....	100
4.3. NSF İndeksi Uygulaması.....	104
4.4. SEQ-Eau İndeksi Uygulaması	109
4.5. ATI İndeksi Uygulaması	113
4.6. Tüm İndeks Sonuçlarının Birlikte Yorumlanması.....	115
5. SONUÇLAR.....	127
6. KAYNAKLAR.....	132
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Aksu Çayı ve Acısu Deresi Su Kalitesinin Su Kalite İndeksleri Kullanılarak Değerlendirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

...../...../2022

Ayşenur USLU

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
%	: Yüzde
μS	: Mikrosiemens
$^{\circ}\text{C}$	: Derece santigrat
cm	: Santimetre
km	: Kilometre
L	: Litre
mL	: Mililitre
m	: Metre
km^2	: Kilometrekare
m^3	: Metreküp
s	: Saniye
mg	: Miligram
μg	: Mikrogram
pH	: Hidrojen iyonu potansiyeli

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
AKM	: Askıda Katı Madde
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
ATI	: Aquatic Toxicity Index (Sucul Toksisite İndeksi)
B	: Bor
Ba	: Baryum

BBWMSIP	: Basin Water Management Strategy and Investment Program (Havza Su Yönetim Stratejisi ve Yatırım Programı)
BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
B-WQI	: Bascaron Su Kalitesi İndeksi
CCME	: Canadian Council of Ministers of the Environment (Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksi)
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
DOEWQI	: Department of Environment WQI (Çevre Bölümü Su Kalite İndeksi)
DSİ	: Devlet Su İşleri
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
D-WQI	: Dinius Su Kalite İndeksi
Eİ	: Elektriksel İletkenlik
EQI	: Çevresel Kalite İndeksi
FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
Fe	: Demir
FK	: Fekal Koliform
FS	: Fekal Streptokok
Hg	: Civa
HKEP	: Havza Koruma Eylem Planı
IPO	: Organic Pollution Index (Organik Kirlilik İndeksi)
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LOD	: Limit of Detection (Tespit Limiti)
LOQ	: Limit of Quantification (Tayin Limiti)

MAK-ÇKS	: Maksimum Çevresel Kalite Standardı
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
NH ₄ ⁺	: Amonyum
NH ₄ -N	: Amonyum Azotu
NHYP	: Nehir Havza Yönetim Planı
Ni	: Nikel
NO ₂ ⁻	: Nitrit
NO ₂ -N	: Nitrit Azotu
NO ₃ ⁻	: Nitrat
NO ₃ -N	: Nitrat Azotu
nse	: normalleştirilmiş sapmalar toplamı
NSF	: National Sanitation and Foundation (Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi)
OIP	: Genel Kirlilik İndeksi
O-WQI	: Oregon Su Kalite İndeksi
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
PO ₄ ³⁻	: Fosfat
RG	: Resmi Gazete
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SEQ-Eau	: Système d’Evaluation de la Qualité de l’eau (Su Kalitesi Değerlendirme Sistemi)
Si	: Silisyum
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TÇM	: Toplam Çözünmüş Madde
TK	: Toplam Koliform

TOK	: Toplam Organik Karbon
TP	: Toplam Fosfor
USEPA	: United States Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)
U-WQI	: Evrensel Su Kalite İndeksi
V	: Vanadyum
WPM-WQI	: Weighted Product Method Water Quality Index (Ağırlıklı Ürün Yöntemi Su Kalitesi İndeksi)
WQI	: Water Quality Index (Su Kalite İndeksi)
YO-ÇKS	: Yıllık Ortalama Çevresel Kalite Standardı
YSKY	: Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yerüstü su kütlelerinin sınıflandırma şeması	13
Şekil 2.2. WQI tarihsel gelişimi	14
Şekil 2.3. Su Kalite İndeks Grupları.....	16
Şekil 2.4. Su kalite indeksinin genel çerçevesi	16
Şekil 2.5. Yıllara göre NSF-WQI, CCME-WQI, SEQ-Eau ve ATI-WQI için yayın sayıları.....	27
Şekil 3.1. Antalya Nehir Havzasında yer alan çalışma alanlarının konumları.....	28
Şekil 3.2. Antalya Nehir Havzası içindeki alt havzalar.....	29
Şekil 3.3. Aşağı Aksu Çayı Havzası havza sınırı ve nehir ağı.....	30
Şekil 3.4. Acısu Deresi'nin havza sınırı, nehir ağı ve havza içindeki yerleşim alanları.....	31
Şekil 3.5. Aksu Çayı'nda ölçüm/örnekleme yapılan istasyonlar	34
Şekil 3.6. Acısu Deresi'nde ölçüm/örnekleme yapılan istasyonlar	36
Şekil 3.7. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-1; b) Aksu-2 izleme noktaları	37
Şekil 3.8. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-3; b) Aksu-4 izleme noktaları	38
Şekil 3.9. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-5; b) Aksu-6 izleme noktaları.....	38
Şekil 3.10. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-7; b) Aksu-8 izleme noktaları.....	38
Şekil 3.11. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-9; b) Aksu-10 izleme noktaları	39
Şekil 3.12. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-YK 1; b) Aksu-YK 2 izleme noktaları	39
Şekil 3.13. 04 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-8; b) Acısu-7 izleme noktaları	39
Şekil 3.14. 04 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-6; b) Acısu-5 izleme noktaları	40
Şekil 3.15. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-4; b) Acısu-3 izleme noktaları	40
Şekil 3.16. 04 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-2; b) Acısu-1 izleme noktaları	40
Şekil 3.17. 04 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-0; b) Acısu-Yankol 3 izleme noktaları	41

Şekil 3.18. 04 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-YK 1; b) Acısu-YK 2 izleme noktaları	41
Şekil 3.19. a) Ç.O Doygunluk, Fekal Koliform, pH, BOİ parametreleri için girilen ölçüm ve analiz sonuçlarına karşılık alt indeks değerleri; b) Toplam Fosfor, Nitrat, Bulanıklık, Toplam Katılar için alt indeks değerleri girilen ölçüm ve analiz sonuçlarına karşılık alt indeks değerleri; c) Su Kalitesi Raporu	50
Şekil 3.20. a) Çözünmüş oksijen doygunluk için alt indeks eğrisi; b) Fekal koliform için alt indeks eğrisi; c) pH için alt indeks eğrisi; d) Biyokimyasal oksijen ihtiyacı için alt indeks eğrisi; e) Fosfat için alt indeks eğrisi; f) Nitrat için alt indeks eğrisi; g) Bulanıklık için alt indeks eğrisi; h) Toplam katılar için alt indeks eğrisi i) Sıcaklık değişimi için alt indeks eğrisi	52
Şekil 3.21. a) Çözünmüş oksijen için alt indeks eğrisi; b) Toplam çözünmüş tuzlar için alt indeks eğrisi; c) Bulanıklık alt indeks eğrisi; d) Ortofosfat için alt indeks eğrisi; e) Potasyum için alt indeks eğrisi; f) pH için alt indeks eğrisi; g) Amonyum için alt indeks eğrisi; h) Florür için alt indeks eğrisi i) Bakır için alt indeks eğrisi; j) Mangan için alt indeks eğrisi; k) Bakır için alt indeks eğrisi; l) Krom için alt indeks eğrisi; m) Kurşun için alt indeks eğrisi; n) Nikel için alt indeks eğrisi	55
Şekil 4.1. Aksu Çayı için memba, yan kollar ve mansap noktası için mevsimsel ortalama debi seviyeleri.....	59
Şekil 4.2. Acısu Deresi için yan kollar ve bazı izleme noktaları için mevsimsel ortalama debi seviyeleri	60
Şekil 4.3. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama pH değerleri.....	61
Şekil 4.4. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama su sıcaklığı değerleri	62
Şekil 4.5. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama Eİ değerleri	62
Şekil 4.6. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama bulanıklık değerleri	63
Şekil 4.7. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama AKM konsantrasyonları	64
Şekil 4.8. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama BOİ ₅ konsantrasyonları	64
Şekil 4.9. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama KOİ konsantrasyonları	65

Şekil 4.10. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ÇO konsantrasyonları	66
Şekil 4.11. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ÇO doygunluk seviyeleri	66
Şekil 4.12. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TN konsantrasyonları	67
Şekil 4.13. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TP konsantrasyonları	68
Şekil 4.14. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ortofosfat fosforu konsantrasyonları	68
Şekil 4.15. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TOK konsantrasyonları	69
Şekil 4.16. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama bromür konsantrasyonları	70
Şekil 4.17. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama florür konsantrasyonları	70
Şekil 4.18. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama klorür konsantrasyonları	71
Şekil 4.19. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama sodyum konsantrasyonları	72
Şekil 4.20. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama nitrit konsantrasyonları	72
Şekil 4.21. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama nitrat azotu konsantrasyonları	73
Şekil 4.22. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama amonyum azotu konsantrasyonları	74
Şekil 4.23. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama pH değerleri	75
Şekil 4.24. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama su sıcaklığı değerleri	75
Şekil 4.25. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama Eİ değerleri	76
Şekil 4.26. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama bulanıklık değerleri	77

Şekil 4.27. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama AKM konsantrasyonları	77
Şekil 4.28. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama BOİ ₅ konsantrasyonları	78
Şekil 4.29. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama KOİ konsantrasyonları	79
Şekil 4.30. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ÇO konsantrasyonları	79
Şekil 4.31. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ÇO doygunluk konsantrasyonları	80
Şekil 4.32. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TN konsantrasyonları	81
Şekil 4.33. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TP konsantrasyonları	81
Şekil 4.34. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ortofosfat fosforu konsantrasyonları	82
Şekil 4.35. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TOK konsantrasyonları	83
Şekil 4.36. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama bromür konsantrasyonları	84
Şekil 4.37. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama florür konsantrasyonları	84
Şekil 4.38. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama klorür konsantrasyonları	85
Şekil 4.39. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama sodyum konsantrasyonları	86
Şekil 4.40. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama nitrit konsantrasyonları	86
Şekil 4.41. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama nitrat azotu konsantrasyonları	87
Şekil 4.42. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama amonyum azotu konsantrasyonları	88
Şekil 4.43. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FK değerleri	89

Şekil 4.44. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FS değerleri	90
Şekil 4.45. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TK değerleri	91
Şekil 4.46. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama E-coli değerleri	91
Şekil 4.47. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FK değerleri	92
Şekil 4.48. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FS değerleri	93
Şekil 4.49. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TK değerleri	93
Şekil 4.50. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama E-coli değerleri	94
Şekil 4.51. Aksu-10 izleme noktasında izleme dönemi-7 için SEQ-Eau uygulama örneği	109
Şekil 4.52. Aksu Çayı yıllık ortalama indeks değerlerine göre su kalite indekslerinin karşılaştırılması	117
Şekil 4.53. Aksu Çayı izleme dönemi-1 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	117
Şekil 4.54. Aksu Çayı izleme dönemi-2 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	119
Şekil 4.55. Aksu Çayı izleme dönemi-3 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	119
Şekil 4.56. Aksu Çayı izleme dönemi-4 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	119
Şekil 4.57. Aksu Çayı izleme dönemi-5 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	120
Şekil 4.58. Aksu Çayı izleme dönemi-6 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	120
Şekil 4.59. Aksu Çayı izleme dönemi-7 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	120
Şekil 4.60. Aksu Çayı izleme dönemi-8 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	121

Şekil 4.61. Aksu Çayı izleme dönemi-9 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	121
Şekil 4.62. Aksu Çayı izleme dönemi-10 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	121
Şekil 4.63. Aksu Çayı izleme dönemi-11 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	122
Şekil 4.64. Aksu Çayı izleme dönemi-12 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	122
Şekil 4.65. Acısu Deresi yıllık ortalama indeks değerlerine göre su kalite indekslerinin karşılaştırılması	122
Şekil 4.66. Acısu Deresi izleme dönemi-1 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	123
Şekil 4.67. Acısu Deresi izleme dönemi-2 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	123
Şekil 4.68. Acısu Deresi izleme dönemi-3 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	123
Şekil 4.69. Acısu Deresi izleme dönemi-4 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	124
Şekil 4.70. Acısu Deresi izleme dönemi-5 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	124
Şekil 4.71. Acısu Deresi izleme dönemi-6 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	124
Şekil 4.72. Acısu Deresi izleme dönemi-7 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	125
Şekil 4.73. Acısu Deresi izleme dönemi-8 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	125
Şekil 4.74. Acısu Deresi izleme dönemi-9 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	125
Şekil 4.75. Acısu Deresi izleme dönemi-10 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	126
Şekil 4.76. Acısu Deresi izleme dönemi-11 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	126
Şekil 4.77. Acısu Deresi izleme dönemi-12 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması	126

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ülkemizdeki su yönetimi ile ilgili kanun, tebliğ ve yönetmelikler.....	7
Çizelge 2.2. Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri	11
Çizelge 2.3. Su Kalite Sınıfı Renk Kodları.....	12
Çizelge 2.4. 2017-2022 yılları arasında yapılmış çalışmaların özeti.....	25
Çizelge 3.1. Aksu Çayı ve Acısu Deresi'ne ait özet bilgiler.....	32
Çizelge 3.2. Aksu Çayı su kalitesi izleme istasyonlarına ait bilgiler	33
Çizelge 3.3. Aksu Çayı'nda izleme çalışmasına ait özet bilgiler	35
Çizelge 3.4. Acısu Deresi su kalitesi izleme istasyonlarına ait bilgiler.....	35
Çizelge 3.5. Acısu Deresi'nde izleme çalışmasına ait özet bilgiler	37
Çizelge 3.6. Bakteriyolojik parametrelerin analizine ait özet bilgiler	43
Çizelge 3.7. İzleme çalışmasında analiz edilen ağır metaller için analiz metodu, YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerleri	43
Çizelge 3.8. CCME indeksine göre kalite sınıflandırması.....	47
Çizelge 3.9. NSF Su Kalite İndeksine göre kalite sınıflandırması.....	48
Çizelge 3.10. NSF-WQI'da kullanılan parametrelere ait ağırlıklı etki değerleri.....	50
Çizelge 3.11. İndeks sınıflandırma değerlerinin belirlenmesi için kullanılan eşitlikler	56
Çizelge 3.12. ATI indeksine göre kalite sınıflandırması	57
Çizelge 3.13. SEQ-Eau indeksine göre yüzey suyu kalitesinin sınıflandırılması	58
Çizelge 4.1. Aksu Çayı su kalitesi izleme istasyonlarında YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre belirlenen su kalite sınıfları	96
Çizelge 4.2. Aksu Çayı izleme istasyonlarında yıllık ortalama değerler dikkate alınarak Ek-5 Tablo 2'ye göre belirlenen su kalite sınıfları	97
Çizelge 4.3. Acısu Deresi su kalitesi izleme istasyonlarında YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre belirlenen su kalite sınıfları	98
Çizelge 4.4. Acısu Deresi izleme istasyonlarında yıllık ortalama değerler dikkate alınarak Ek-5 Tablo 2'ye göre belirlenen su kalite sınıfları.....	99

Çizelge 4.5. CCME indeks uygulamasına dahil edilen parametreler ve hedef değerler	101
Çizelge 4.6. CCME indeks uygulamasına dahil edilen parametreler ve hedef değerler	102
Çizelge 4.7. CCME indeksinin 27 parametre ve 12 aylık izleme verileri için Aksu Çayı'na uygulanmasına ait sonuçlar	102
Çizelge 4.8. Acısu Deresi CCME indeks uygulamasında hesaplanan F faktörleri	103
Çizelge 4.9. CCME indeksinin 27 parametre ve 12 aylık izleme verileri için Acısu Deresi'ne uygulanmasına ait sonuçlar.....	104
Çizelge 4.10. Bulanıklık parametresi çıkarılarak elde edilen ağırlıklı etki değerleri	104
Çizelge 4.11. Çözünmüş oksijen doygunluk parametresi çıkarılarak elde edilen ağırlıklı etki değerleri	105
Çizelge 4.12. NSF indeksinin 12 aylık izleme verileri için Aksu Çayı'na uygulanmasına ait sonuçlar	107
Çizelge 4.13. NSF indeksinin 12 aylık izleme verileri için Acısu Deresi'ne uygulanmasına ait sonuçlar	108
Çizelge 4.14. SEQ-Eau indeksinin 12 aylık izleme verileri ile Aksu Çayı'na uygulanmasına ait sonuçlar	111
Çizelge 4.15. SEQ-Eau indeksinin 12 aylık izleme verileri ile Acısu Deresi'ne uygulanmasına ait sonuçlar	112
Çizelge 4.16. ATI indeksinin 12 aylık izleme verileri ile Aksu Çayı'na uygulanmasına ait sonuçlar	114
Çizelge 4.17. ATI indeksinin 12 aylık izleme verileri ile Acısu Deresi'ne uygulanmasına ait sonuçlar	114
Çizelge 4.18. Aksu Çayı yıllık ortalama indeks sonuçları.....	116
Çizelge 4.19. Acısu Deresi yıllık ortalama indeks sonuçları.....	116
Çizelge 4.20. Aksu Çayı için ATI indeksi dışında uygulanan tüm indeksler için korelasyon matrisi.....	117
Çizelge 4.21. Acısu Deresi için ATI indeksi dışında uygulanan tüm indeksler için korelasyon matrisi.....	118
Çizelge 4.22. NSF ve SEQ-Eau indeks değerlerine göre su kalite sınıfları	118

1. GİRİŞ

Su kalitesinin ve miktarının korunması dünya çapında en önemli çevre sorunlarından biri olup su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi küresel bağlamda büyük önem kazanmıştır. Son yıllarda tarımsal faaliyetlerin artması, nüfus artışı ve hızlı kentleşme su talebinde artışa neden olmaktadır. Ayrıca tarımsal faaliyetlerde aşırı gübre ve pestisit kullanımı su kirliliğine neden olmaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkileri kapsamında hava sıcaklığının artması ve yağışların azalması ile özellikle Akdeniz bölgesinde su kaynakları üzerinde baskı oluşmaktadır. Bu nedenle, tarımsal, endüstriyel ve kentsel kullanımların artan su taleplerini karşılamak için su kalitesi ve miktarının sürdürülebilir yönetimi günümüzde büyük önem kazanmıştır (Hallock 2002; Bilgin 2018b). Su varlığına göre yapılan sınıflandırmaya göre; kişi başına düşen yıllık ortalama kullanılabilir su miktarı 1.000 m³'ten az olan ülkeler “su fakiri”, 2.000 m³'ten az olan ülkeler “su azlığı” ve 8.000 - 10.000 m³'ten fazla olan ülkeler ise “su zengini” olarak kabul edilmektedir. Türkiye’de toplam kullanılabilir su miktarı 112 milyar m³’tür. Yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı dikkate alındığında (yaklaşık 1566 m³) ülkemiz su azlığı/stresi yaşayan bir ülkedir. Bu bağlamda, su kaynaklarını korumak, kontrollü bir şekilde kullanmak, temel olarak evsel atıksu deşarjlarından, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklı su kirliliğini önlemek ve kontrol altına almak ileride su fakiri ülke durumuna düşmemek için önemlidir (Anonim 1).

Su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi amacıyla 22 Aralık 2000 tarihinde Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi (SÇD) (2000/60/EC) yürürlüğe girmiştir. Yayınlanan direktifin hedefi; yeraltı ve yerüstü su kaynaklarında kalite ve miktar bakımından iyi su durumuna ulaşmaktır. Ek olarak SÇD ile birlikte 20’yi aşkın direktif tek bir çatı altında toplanarak su kaynaklarının yönetimi konusunda bütüncül bir yaklaşım sağlanmıştır (Muluk vd. 2013). SÇD’nin temelini bütüncül havza yönetimi oluşturmaktadır. Bu noktada Nehir Havza Yönetim Planı (NHYP) hazırlanması ve böylece havzadaki baskı ve etkilerin uzun vadeli değerlendirilmesi, havza içinde yapılan bir müdahalenin olumlu ve olumsuz etkilerinin izlenmesine olanak sağlamaktadır. NHYP ülkemizde 6 yıllık periyotlarla Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yenilenmektedir.

Su kalitesi hakkında veri toplamak için gerçekleştirilen izleme programları, su kalitesi yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, çok sayıda izleme istasyonu, dönemi ve birçok su kalitesi parametresi dahil olduğunda su kalitesinin zamansal ve mekansal olarak değerlendirilmesi zor ve karmaşık olmaktadır. Bu bağlamda su kalite indekslerinin kullanımı, verileri hızlı ve pratik bir şekilde tek bir sayıda özetleyerek kalite sınıfı elde edilebilmesi bakımından avantajlıdır. Dünya çapında su kalitesinin değerlendirilmesi için çeşitli su kalitesi indeksleri (WQI’lar) yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, WQI’lar düzenleyici politikalar veya yasalar hakkında objektif karar verme ve uygulamaların su kalitesi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi için etkili bir araçtır (Hallock 2002; Štambuk-Giljanović 1999, 2003; Swamee ve Tyagi 2007; Bilgin 2018b).

Antalya Nehir Havzası içinde yer alan ve tez çalışmasının uygulama alanlarından biri olan Aksu Çayı, Karacaören-2 Baraj Gölü’nün işletim rejimi, sulama çekimleri ve küresel iklim değişikliğine bağlı yağış düzensizlikleri sonucunda hidrolojik baskı altındadır. Evsel atıksu deşarjları, yoğun tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirlleticiler (pestisit ve gübre kullanımı), tarımsal amaçlı kontrolsüz su kullanımı çalışma alanının su

kalitesi ve miktarı üzerindeki diğer önemli baskılardır. Tez çalışmasının ikinci uygulama bölgesi olan ve turizm açısından önemli bir bölge olan Acısu Deresi'nde seracılık faaliyetleri giderek yaygınlaşmaktadır. İzleme çalışmaları süresince değişen iklim koşulları, yağış ve yüzey akışın azalması gibi sebepler Aksu Çayı ve Acısu Deresi üzerinde yer alan bazı izleme noktalarında kuru ve durgun su koşullarının oluşmasına neden olmuştur. Dolayısıyla bu noktalarda su kalitesi ve miktarının sürdürülebilir yönetimi önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, Antalya'da yer alan Aksu Çayı ve Acısu Deresi'nin su kalitesi Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksi (CCME-WQI), Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI), Sucul Toksisite İndeksi (ATI), Su Kalitesi Değerlendirme Sistemi (SEQ-Eau) olmak üzere 4 farklı indeks yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. TÜBİTAK tarafından desteklenmiş olan 1119Y267 nolu proje kapsamında Karacaören-2 Baraj çıkışına yakın bir noktadan denize döküldüğü mansap noktasına kadar yaklaşık 60 km'lik nehir kesitini içeren Aksu Çayı üzerinde 10 adet izleme istasyonu ve 2 adet yan kol giriş noktasında ve memba noktasından denize döküldüğü mansap noktasına kadar yaklaşık 40 km'lik nehir kesitini içeren Acısu Deresi üzerinde 9 adet izleme istasyonu ve 3 adet yan kol giriş noktasında su kalite izleme çalışmaları Eylül 2020 ve Eylül 2021 dönemi boyunca aylık olarak 1 yıl boyunca gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışmasından elde edilen verilerin yorumlanmasında 4 farklı indeks yöntemi karşılaştırmalı olarak uygulanmış ve çalışma bölgelerinin su kalitesini sınıflandırmada en uygun indeks yöntemi belirlenmiştir. Ek olarak, izleme çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak YSKY (16.06.2021, RG: 31513) Ek-5'e göre (Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri) çalışma alanlarının su kalitesi sınıflandırılmıştır. Literatürde su kalitesinin YSKY kullanılarak değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde su kalitesinin 4 sınıf ölçeğinde değerlendirildiği görülmektedir. 16 Haziran 2021 itibarıyla su kalitesi 3 sınıf ölçeğinde değerlendirilerek AB SÇD ile uyumlu hale getirilen YSKY ilk kez Aksu ve Acısu Deresi'nde uygulanmıştır.

Çalışmada kullanılan indeks yöntemlerinden biri olan ve literatürde sınırlı sayıda çalışmanın bulunduğu ATI indeks metodolojisinde, florür, bulanıklık, Cu ve Zn parametrelerinin alt indeks değerlerinin elde edilmesinde dikkate alınan eşitlikler literatürde farklı şekillerde sunulmakta (Wepener vd. 1992; Mnisi 2010) ise de bu eşitliklerin kullanılması ile elde edilen sonuçlar belirsizliğe yol açmaktadır (eşitlikler ve grafiklerden elde edilen sonuçlar uyumlu değildir). Tez çalışmasında literatürdeki bu eksikliğin giderilmesi için alt indeks değerlerinin elde edilmesinde grafikler dikkate alınmış ve Mnisi (2010) tarafından verilen örnek uygulamadan yola çıkılarak eşitlikler güncellenmiştir. ATI indeksi güncellenen bu eşitliklere göre hesaplanmıştır.

Son olarak, AB ve özellikle Fransa ve Fas gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılan SEQ-Eau indeksi, Türkiye'de ilk kez Aksu Çayı ve Acısu Deresi'nin su kalitesini değerlendirmek için uygulanmıştır. Bu nedenle bu indeks çalışmaları kullanmak isteyen araştırmacılara katkı sağlamak amacıyla metodolojinin daha iyi ve net bir şekilde anlaşılması için bir uygulama örneği sunulmuştur.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Yerüstü Su Kaynaklarının Yönetimi

Türkiye’de 1930’lu yıllardan itibaren su ile ilgili kanunlar çıkarılmış ve su yönetimi için yasal düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. 1950’li yıllarda Devlet Su İşleri (DSİ)’nin kurulmasıyla birlikte 25 havzada su kaynaklarının geliştirilmesi amacıyla çok sayıda proje gerçekleştirilmiştir. 1980’den itibaren artan nüfus ve kentleşme nedeniyle artan çevre ve su kirliliğinin önlenmesi, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamak amacıyla 11 Ağustos 1983 tarihinde 18132 sayılı RG’de yayınlanan Çevre Kanunu yürürlüğe girmiştir. 1988 yılında ise Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) (4.09.1988; RG: 19919) kabul edilmiş ve 1991 yılında Çevre Bakanlığı kurulmuştur. Bu yıllarda suyun kalitesinden çok su kaynaklarının geliştirilmesine önem ve öncelik verilmiştir. Daha sonraki yıllarda su yönetimine birçok farklı yasal düzenleme getirilmiştir. Ek olarak kurum sayısının artması ve her birine verilen farklı yetki ve görevler sebebiyle ülkemizdeki su yönetimi karmaşık bir hal almıştır. Bu karmaşıklığın giderilmesi, yetki ve sorumlulukların netleştirilmesi ve daha etkin bir su yönetimi oluşturulması amacıyla genel bir su kanununa ihtiyaç duyulmuştur. 1990’lı yıllarda başlanan çalışmalar sonucunda Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından 2012 yılında Su Kanunu Tasarısı hazırlanmış ve ilgili grupların görüşlerine açılmıştır. Tasarı Türkiye’nin su yönetimindeki sorunlarına bir çözüm oluşturmayı ve Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi (SÇD)’ne uyum sağlamayı hedeflemiştir (Muluk vd. 2013).

AB tarafından 22 Aralık 2000 tarihinde yayınlanan SÇD (2000/60/EC)’nin amacı; su kaynaklarının korunması ve yönetimi için bütüncül bir çerçeve oluşturmaktır. Hedefi, tüm yerüstü ve yeraltı su kütlelerindeki kötüye gidişin engellenerek kalite ve miktar bakımından iyi su durumuna ulaşılmasıdır. SÇD ile birlikte su kaynaklarının korunması ve yönetimine ilişkin 20’yi aşkın direktif tek bir çatı altında toplanarak su yönetimi ile ilgili birlik politikasının çerçevesi oluşturulmuştur (Muluk vd. 2013). SÇD’nin temel yapısını bütüncül havza yönetimi oluşturmaktadır. Bütüncül havza yönetimi, farklı sektörlerin ve kaynak kullanıcılarının birlikte düşünülmesine, tehdit ve olanakların uzun vadeli değerlendirilmesine, havza içinde yapılan bir müdahalenin olumlu ve olumsuz etkilerinin izlenmesine olanak sağlamaktadır (TÜBİTAK MAM 2018). Bu konuyla ilgili ülkemizde 11 Ekim 2012 tarihinde 28444 sayılı Resmi Gazete’de (RG) yayınlanan “Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı; yerüstü ve yeraltı su kütlelerinin, bütüncül bir yaklaşımla havza bazında, fizikokimyasal, kimyasal ve ekolojik kalite bileşenleri ile miktar açısından iyi su durumunda olanlarının mevcut haliyle korunması, bozulmuş olanlarının iyi su durumuna getirilmesi ve ihtiyaç önceliklerine uygun şekilde tahsisi yapılarak sürdürülebilir kullanımının sağlanması, ulusal su planı ve havza ölçekli yönetim planlarının hazırlanması, uygulanması ve takibinin yapılması ile ilgili usul ve esasların düzenlenmesidir. Yönetmelik, denizler hariç, kıyı suları dahil olmak üzere yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının yer aldığı havzaların korunması ve yönetim planlarının hazırlanmasına ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır (11.10.2012; RG: 28444).

Nehir Havza Yönetim Planı (NHYP) hazırlanmasında ilk adım havzanın karakterizasyonudur. Havzadaki su kütleleri yapay, doğal veya büyük ölçüde değiştirilmiş su kütlesi olarak tanımlanmaktadır. Ardından mevcut durumun belirlenmesi

amacıyla her bir su kütlesi üzerindeki baskı ve etkiler belirlenmektedir. Yüzeysel sular için mevcut durumda ve gelecekte baskı oluşturan faaliyetler tespit edilerek risk analizi çalışması gerçekleştirilmektedir. Son olarak tedbirler programı ile su kütlelerinde su kalitesinin bozulmasının engellenmesi, iyi su durumuna ulaşılması için alınacak önlemler belirtilmektedir. Belirtilen döngü, 6 yıllık periyotlarla Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yenilenmektedir.

Türkiye’de yer alan 25 nehir havzası için NHYP’lerin en geç 2027 yılına kadar tamamlanması planlanmaktadır. Bu kapsamda, öncelikli olarak belirlenen 11 havzada (Marmara Havzası, Susurluk Havzası, Kuzey Ege Havzası, Küçük Menderes Havzası, Büyük Menderes Havzası, Burdur Kapalı Havzası, Konya Kapalı Havzası, Ceyhan Havzası, Seyhan Havzası, Kızılırmak Havzası, Yeşilirmak Havzası) “Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması” işi 2010 yılında TÜBİTAK MAM tarafından yapılmış olup ardından, 9 havzada “Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması”, 5 havzada “Havza Koruma Eylem Planlarının Güncellemesi” işi 2013 yılında TÜBİTAK MAM tarafından tamamlanmıştır (TÜBİTAK MAM 2013). 2019 yılı itibariyle Gediz, Ergene, Büyük Menderes, Konya ve Susurluk NHYP ile Ulusal Su Planı onaylanarak yürürlüğe girmiştir (Anonim 2).

NHYP hazırlama çalışmalarından biri Türkiye’nin batısında Gediz Havzası ve Büyük Menderes Havzaları arasında yer alan ve Küçük Menderes Nehri ve diğer akarsularla birlikte Ege Denizi’ne boşalan Küçük Menderes’te gerçekleştirilmiştir. NHYP hazırlanması kapsamında yapılan çalışmalar; nehir havzası karakterizasyonu, baskı-etki ve risk analizi, izleme çalışmaları ile su kalitesi durumunun değerlendirilmesi, çevresel hedeflerin belirlenmesi, tedbirler programının oluşturulması, ekonomik analiz çalışmaları ve nehir havza yönetim planının oluşturulması şeklindedir (TÜBİTAK MAM 2010).

Diğer bir çalışma, Türkiye’nin Trakya bölgesinde yer alan Meriç Ergene Havzası’nda gerçekleştirilmiştir. NHYP’nin hazırlanması amacıyla, yerüstü su kütleleri için harita oluşturulmuş, doğal, yapay ve büyük ölçüde değiştirilmiş su kütleleri belirlenmiş, yeraltı ve yerüstü suyu için su bütçeleri hazırlanmıştır. Ardından yerüstü sularındaki baskılar (noktasal kaynaklı, yayılı kaynaklı, su çekimi ve akış düzenlemesi baskıları, morfolojik baskılar, insan faaliyetlerinden kaynaklı baskılar, miktar ve kalite açısından baskılar) ve bunların etkileri belirlenmiştir. Bunun sonucunda risk altındaki yerüstü su kütleleri belirlenmiştir. Korunan alanlar, nütrient açısından hassas alanlar belirlenerek izleme ağları ve izleme programları oluşturulmuştur. İzleme sonuçlarına göre yerüstü ve yeraltı suyu mevcut durumu belirlenmiştir. Buna göre çevresel hedefler belirlenmiş, su kullanımının ekonomik analizi ve son olarak tedbirler programı oluşturulmuştur (SYGM 2018).

Havza ölçekli yönetim planlarının hazırlanması, uygulanması, uygulamalarının takibi sürecinde kurumlar arası koordinasyonun sağlanması amacıyla 18 Ocak 2019 tarihinde 30659 sayılı RG’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Havza Yönetimi Merkez Kurulu, Havza Yönetim Heyetleri ve İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurullarının Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esaslarına Dair Tebliğ” yayınlanmıştır. Bu Tebliğ, Havza Yönetimi Merkez Kurulu, Havza Yönetim Heyetleri ve İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurullarının teşekkülü ile bu heyet ve kurulların görevlerini, çalışma usul ve esaslarını kapsamaktadır.

Son yıllarda yerüstü su kaynaklarının kalite ve miktar olarak sürdürülebilir yönetimi artan bir önem kazanmaktadır ve ülkemizde yerüstü sularının yönetimi için birçok farklı yönetmelik ve tebliğ mevcuttur.

Bu kapsamda yayımlanmış ilk yönetmelik olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin (SKKY) amacı, ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemektir. Bu Yönetmelik su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atıksuların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atıksu altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsamaktadır. Literatürde SKKY kullanılarak su kalitesinin sınıflandırıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur. Aşağıda bu konuyla ilgili yapılmış güncel çalışmalar sunulmuştur.

Türkiye'deki 48, Bitlis ilindeki 5 adet "Ulusal Öne Hız Sulak Alan"dan biri olan, Ahlat Sazlıkları yüzey sularındaki ağır metal düzeylerini araştırmak amacıyla, Kasım 2015, Şubat, Mayıs ve Ağustos 2016 dönemlerinde 7 farklı istasyondan alınan yerüstü su numunelerinin ölçüm ve analiz sonuçları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (30.11.2012, RG: 28483) ve SKKY (31.12.2004, RG: 25687)'de yer alan sınır değerlerle kıyaslanarak değerlendirilmiştir. SKKY'ye göre alüminyum (Al), nikel (Ni), demir (Fe), bakır (Cu) parametreleri açısından su kalitesi I. sınıf, krom (Cr) açısından II. sınıf ve kadmiyum (Cd) için IV. sınıf su kalitesindedir. Fe ve Mangan (Mn) için su kalitesi SKKY ve YSKY'ye göre I. sınıf su kalitesinde bulunmuştur. Sazlıkta ölçülen ağır metal (Al, Cr, Ni, Fe ve Cu) değerleri YSKY'ye göre; Yıllık Ortalama Çevresel Kalite Standardı (YO-ÇKS) değerlerini (Cu ve Cd için Maksimum Çevresel Kalite Standardı (MAK-ÇKS)'de dahil) aşmaktadır. Cu ve Cd parametreleri açısından kirlenme olduğu tespit edilmiş ve diğer ağır metaller açısından önemli bir risk olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ahlat Sazlıkları'nda ilk defa gerçekleştirilen bu çalışmanın Ahlat Sazlıkları Yönetim Planı'nda yer alan su kalitesi uygulama hedeflerinin gerçekleşmesine katkı sağlayacağı belirtilmektedir (Yetiş 2019).

Kara (2019) tarafından Muğla ile Aydın il sınırları arasında yer alan Bafa Gölü'nden Nisan 2018 döneminde 10 noktadan alınan yerüstü su numunelerinde ICP-MS (Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) cihazı kullanılarak 61 ağır metal ve eser element analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar SKKY (31.12.2004, RG: 25687)'de verilen kıta içi su kaynaklarının sınıflandırılmasına göre değerlendirilmiş ve gölün su kalitesi fosfor (P), sodyum (Na) ve bor (B) parametreleri haricinde 1. sınıf su kalitesinde bulunmuştur. Ayrıca çalışmada, toksik etkiler gösterebilen ve antropojenik kökenli olabilen arsenik (As), Cd, Cr, civa (Hg), kurşun (Pb), vanadyum (V), kobalt (Co) ve Ni elementlerinin konsantrasyonları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY 2012, RG: 28483)'nde verilen yıllık ortalama ve maksimum çevresel kalite standartlarının altında bulunmuştur. Bafa Gölü su kalitesi sulama suyu ve hayvansal içme suyu amaçlı kullanımlar için uygun bulunmuştur.

Türkiye'nin güneybatısında bulunan önemli bir sulama ve içme suyu kaynağı olup aynı zamanda 1. Derece Tabiat Sit alanı olan ve Afyonkarahisar ilinde yer alan Eber Gölü'nde Nisan 2014-Şubat 2015 tarihleri arasında alınan su numunelerinin analizi

fizikokimyasal parametreler açısından gerçekleştirilmiştir (Gümüş ve Akköz, 2020). Elde edilen sonuçlar Tek Yönlü Varyans Analizi ve Pearson Korelasyon Analizi istatistik metotları kullanılarak değerlendirilmiş ve fizikokimyasal parametrelerin analiz sonuçları SKKY (15.04.2015, RG: 29327), Türk Standartları Enstitüsü'nün İnsani Tüketim Amaçlı Sular Tebliği (TS 266 2005), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'nın içme suyu standartları (EPA 2009), AB Komisyonu'nun İçme Suları Direktifi (EC 2015) ve Dünya Sağlık Örgütü'nün İçme Suları Kalitesi Tebliği (WHO 2017) kalite değerleriyle kıyaslanmıştır. Eber Gölü'ndeki su kalitesinin SKKY'ye göre I-IV. sınıf arasında değişim gösterdiği, evsel, sanayi ve tarımsal faaliyetler sebebiyle kirlendiği ve birtakım önlemler alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Hasançavuşoğlu ve Gündoğdu (2021) tarafından Sinop il sınırları içerisinde bulunan Sarıkum Gölü'nde ötrofikasyona neden olan bazı besin tuzları (amonyum (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), silisyum (Si)) ve fizikokimyasal parametreler (pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen (Ç.O), tuzluluk, askıda katı madde (AKM), klorofil-a) bir yıl boyunca mevsimsel olarak izlenmiş ve su kalitesi SKKY (2.02.2008, RG:26786) ve YSKY (10.08.2016, RG: 29797)'ye göre değerlendirilmiştir. Sarıkum Gölü'nün PO_4^{3-} parametresine göre ötrofik, NO_2^- ve klorofil-a değerleri bakımından hipertrofik özellikte olduğu belirlenmiştir.

Kapdı ve Aşık (2021) tarafından, Uşak İli'nde DSI tarafından yapılarak işletmeye açılan ve tarımsal sulama amaçlı kullanılan Güllübağ Göleti'nde sulama dönemi öncesi, sezon başında ve sulama sezonu ortasında olmak üzere 3 farklı dönemde gerçekleştirilen izleme çalışmalarından elde edilen su kalitesi verileri YSKY (15.04.2015, RG: 29327) ve SKKY Teknik Usüller Tebliği (7.1.1991, RG: 20748)'ne göre farklı kullanım amaçları açısından değerlendirilmiştir. Su kaynağının sulama amaçlı kullanımında dikkatli olunması ve toprak özellikleri ile yetiştirilecek bitkilerin özellikleri ve toleransları da dikkate alınarak uygun yöntemlerin uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

2.1.1. Ülkemizde su yönetimine ilişkin mevzuat

Ülkemizdeki su yönetimi ile ilgili kanun, tebliğ ve yönetmelikler Çizelge 2.1'de sunulmaktadır. Yönetmeliklere ilişkin kısa bilgiler ilerleyen bölümlerde yer almaktadır.

İnsani tüketim amaçlı suların teknik ve hijyenik şartlara uygunluğu ile suların kalite standartlarının sağlanması, kaynak suları ve içme sularının istihsalı, ambalajlanması, etiketlenmesi, satışı, denetlenmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemek amacıyla 17 Şubat 2005 tarihinde 25730 sayılı RG'de yürürlüğe giren “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” 20 Ekim 2016 tarihinde 29863 sayılı RG'de revize edilmiştir. Bu Yönetmelik, kaynak suları, içme suları ve içme-kullanma suları ile ilgili hükümleri kapsamaktadır. Ancak, doğal mineralli sular, kaplıca ve içmece suları ile tıbbi amaçlı suları kapsamamaktadır.

Çizelge 2.1. Ülkemizdeki su yönetimi ile ilgili kanun, tebliğ ve yönetmelikler

Yönetmelik Adı	İlk Yayın Tarihi ve RG Sayısı	Güncel Tarih ve RG Sayısı
Çevre Kanunu	11/08/1983-18132	30/12/2020-31350
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	04/09/1988-19919	14/01/2020-31008
İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik	17/02/2005-25730	20/10/2016-29863
Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmelik	26/11/2005-26005	30/08/2021-27537
Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği	08/01/2006-26047	10/1/2016-29589
Yüzme Suyu Kalitesinin Yönetimine Dair Yönetmelik	09/01/2006-26048	25/09/2019-30899
Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği	27/06/2009-27271	27/06/2009-27271
Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği	11/10/2012-28444	19/01/2019-30652
Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği	30/11/2012-28483	16/06/2021-31513
Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik	11/02/2014-28910	11/02/2014-28910
Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ	26/02/2014-28925	26/02/2014-28925
Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği	04/04/2014-28962	19/03/2021-31428
Yerüstü Suları, Yeraltı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği	21/02/2015-29274	21/02/2015-29274
Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği	18/02/2004-25377	23/07/2016-29779
Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (Tebliğ No: 2016/46)	11/02/2017-29976	9/04/2021-31449
İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik	28/10/2017-30224	10/03/2020-31064
İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik	6/7/2019-30823	6/7/2019-30823
İçme Suyu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği	07/03/2020-31061	07/03/2020-31061
Yerüstü Su Kütleleri İçin Çevresel Hedeflerin Belirlenmesine İlişkin Tebliğ	21/07/2020-31192	21/07/2020-31192
Nehir ve Göl Hidromorfolojik İzleme Tebliği (Tebliğ No: 2020/43)	28/01/2021-31378	28/01/2021-31378

Su ve çevresinde tehlikeli maddelerden kaynaklanan kirliliğin tespiti, önlenmesi ve kademeli olarak azaltılması amacıyla 26 Kasım 2005 tarihli ve 26005 sayılı RG’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği” 30 Mart 2010 tarihinde (27537 sayılı RG) revize edilmiştir. Bu Yönetmelik; yüzeysel sular, haliç sularında, bölgesel sular, kirliliğe neden olan tehlikeli maddelerin belirlenmesi, kirlilik azaltma programlarının oluşturulması, kirliliğin önlenmesi ve izlenmesi, suya deşarj edilen tehlikeli maddelerin envanterinin yapılması, deşarj standartları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi ile ilgili teknik ve idari esasları kapsamaktadır.

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (8 Ocak 2006 tarih ve 26047 sayılı RG) kentsel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı ile belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklanan atıksu deşarjının olumsuz etkilerine karşı çevreyi korumak amacıyla yürürlüğe girmiştir ve kanalizasyon sistemlerine boşaltılan kentsel ve belirli endüstriyel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı, atıksu deşarjının izlenmesi, raporlanması ve denetlenmesi ile ilgili teknik ve idari esasları kapsamaktadır.

Yüzme Suyu Kalitesinin Yönetimine Dair Yönetmelik (25 Eylül 2019 tarih ve 30899 sayılı RG) insan sağlığının korunması, çevre ve yüzme suyu kalitesinin muhafaza edilmesi, yüzme suyu kalitesinin belirlenmesi ve izlenmesi, sınıflandırılması, yönetilmesi ve yüzme suyu kalitesi konusunda halkın bilgilendirilmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemek amacıyla yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmelik, çok sayıda insanın yüzmesinin beklendiği, yüzmeye izin verilen ya da yüzmenin kalıcı olarak yasaklanmadığı tüm yerüstü ve kıyı sularını kapsamaktadır. Ancak yüzme havuzları, kaplıca suları, arıtmaya tabi tutulmuş veya tedavi amaçlı kullanılmak üzere oluşturulmuş sular ile yeraltı ve yerüstü sularından ayrı yapılarak oluşturulmuş suları kapsamamaktadır.

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği (27.06.2009 tarih ve 27271 sayılı RG) 8/1/2006 tarihli ve 26047 sayılı RG’de yayınlanan Kentsel Atıksuların Arıtımı Yönetmeliği uyarınca hassas su alanları ve az hassas su alanlarının tespiti, izlenmesi ile bu alanlara yapılacak kentsel atıksu deşarjlarının tabi olacağı usul ve esasları belirlemek amacıyla yayınlanmıştır.

Ülke genelindeki bütün yüzeysel sular ve yeraltı sularının miktar, kalite ve hidromorfolojik unsurlar bakımından mevcut durumunun ortaya konulması, suların ekosistem bütünlüğünü esas alan bir yaklaşımla izlenmesi, izlemede standardizasyonun ve izleme yapan kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanmasına yönelik usul ve esasların belirlenmesi amacıyla 11 Şubat 2014 tarihinde 28910 sayılı RG’de yayınlanan “Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik” jeotermal kaynaklar ve deniz suları hariç, kullanım maksadına bakılmaksızın su kaynaklarının denize döküldüğü noktalardaki kıyı suları dahil, diğer kıyı suları hariç kıta içi yüzeysel, yeraltı, geçiş ve doğal mineralli suların izlenmesine ilişkin hususları kapsamaktadır.

Göl, gölet ve baraj göllerinin ötrofikasyona karşı korunmasına ilişkin ilke ve esasların belirlenmesi amacıyla 26 Şubat 2014 tarihinde 28925 sayılı RG’de “Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ” yürürlüğe girmiştir. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği 4 Nisan 2014 tarihinde 28962 sayılı RG’de yürürlüğe girmiştir ve 19 Mart 2021 tarih ve 31428 sayılı RG’de revize edilmiştir. Yönetmeliğin amacı; Türkiye’nin karasal sınırları ve kıta sahanlığı dâhilinde yer alan sulak alanların

korunması, yönetimi ve geliştirilmesi ile bu konuda görevli kurum ve kuruluşlar arasında işbirliği ve koordinasyon esaslarını belirlenmesidir. Bu Yönetmelik, sulak alanlar ve sulak alanlarla ilişkili habitatların korunması ve akılcı kullanımı, sulak alanların yönetimi ile Ulusal ve Mahalli Sulak Alan Komisyonlarının oluşturulmasını ve bu komisyonların çalışma usul ve esaslarını kapsamaktadır. Kuru derelerde bu Yönetmelik hükümleri uygulanmaz.

Yerüstü ve yeraltı suları ile sedimentten numune alınması, numunelerin taşınması, korunması ve saklanması ile yerüstü sularında biyolojik kalite unsurlarının örneklenmesi ve saklanmasına ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla 21 Şubat 2015 tarihinde 29274 sayılı RG’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Yer Üstü Suları, Yer Altı Suları Ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örneklem Tebliği” jeotermal kaynaklar ve deniz suları hariç, su kaynaklarının denize döküldüğü noktalardaki kıyı suları dahil, diğer kıyı suları hariç, kıta içi yerüstü, yeraltı ve geçiş sularından ve sedimentten numune alınması, numunelerin taşınması, korunması ve saklanması ile yer üstü sularında biyolojik kalite unsurlarının örneklenmesi ve saklanmasına ilişkin hususları kapsamaktadır.

Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği (23 Temmuz 2016 tarih ve 29779 sayılı RG) tarımsal kaynaklı nitratin suda neden olduğu kirlenmenin tespit edilmesi, azaltılması ve önlenmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemek amacıyla yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmelik, yeraltı ve yerüstü sularında tarımsal kaynaklı kirliliğe neden olan azot ve azot bileşiklerinin belirlenmesi ve kirliliğin önlenmesi ile ilgili teknik ve idari esasları kapsamaktadır.

Sularda tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan nitrat kirliliğini önlemek veya azaltmak için çiftçiler tarafından uyulması gereken usul ve esasları düzenlemek amacıyla 11 Şubat 2017 tarihinde 29976 sayılı RG’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (Tebliğ No: 2016/46)” 9 Nisan 2021 tarihinde 31449 sayılı RG’de revize edilmiştir. Bu Tebliğ, 23/7/2016 tarihli ve 29779 sayılı RG’de yayımlanan Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği’nin 6. maddesi gereği belirlenen nitrata hassas olan ve olmayan bölgelerde çiftçiler tarafından uyulması gereken kuralları ve uygulama esaslarını içeren ve bu Tebliğin ekinde yer alan iyi tarım uygulamaları kodunu ve bu kodu uygulayacak tarımsal işletmelerin tespitine dair usul ve esasları, kodun uygulanmasında görev alacak personelin yetki ve sorumlulukları ile ilgili hükümleri kapsamaktadır.

İçme-kullanma suyu temin edilen veya edilmesi planlanan bütün yerüstü ve yeraltı suyu kaynaklarının kalitesinin ve miktarının korunmasına ve iyileştirilmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemek amacıyla 28 Ekim 2017 tarihinde 30224 sayılı RG’de yayınlanarak yürürlüğe giren “İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik” 10 Mart 2020 tarihinde (31064 sayılı RG) tekrar revize edilmiştir.

6 Temmuz 2019 tarihinde (30823 sayılı RG) yayınlanan “İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik”, içme suyu temin edilen veya temin edilmesi planlanan sular ile ilgili esasları, kalite kriterleri ile suların içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilmesi için belirlenmesi gereken arıtma sınıflarını ve arıtma veriminin tespitine ilişkin hususları belirlemektir. Bu Yönetmelik, içme suyu temin edilen veya temin edilmesi planlanan suların kalite kategorisi, suların dâhil olduğu

kategoriye göre uygulanacak arıtma sınıfları, bu sularda izlenmesi gereken parametreler için numune alma ve analiz sıklıkları ile içme suyu arıtma tesislerinin arıtma veriminin tespitine ilişkin hususları kapsamaktadır.

İçme Suyu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (7 Mart 2020 tarih ve 31061 sayılı RG) yerüstü ve yeraltı su kaynaklarından temin edilen suların arıtılması için inşa edilecek olan içme suyu arıtma tesislerinin tasarım esaslarını ve normlarını düzenlemek amacıyla yürürlüğe girmiştir. Bu Tebliğ içme suyu arıtma tesislerinin projelendirmesi ve işletilmesi sırasında uygulanması gereken teknik usulleri kapsamaktadır.

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinin 9. ve 20. maddelerine dayanarak hazırlanan Yerüstü Su Kütleleri İçin Çevresel Hedeflerin Belirlenmesine İlişkin Tebliğ (21 Temmuz 2020 tarih ve 31192 sayılı RG) ile kıyı ve geçiş suları da dahil olmak üzere bütün yerüstü su kütlelerinin iyi duruma ulaşabilmesi için sağlanması gereken çevresel hedeflerin belirlenmesine ilişkin usul ve esasları düzenlenmesi amaçlanmıştır. Bu Tebliğ, açık deniz haricindeki kıyı ve geçiş suları da dahil olmak üzere bütün yerüstü sularını kapsamaktadır.

Nehir ve Göl Hidromorfolojik İzleme Tebliği (Tebliğ No: 2020/43) 28 Ocak 2021 tarihinde 31378 sayılı RG’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı; nehir ve göllerde hidromorfolojik kalite bileşeninin izlenmesine ilişkin usul ve esasları belirleyerek hidromorfolojik izleme çalışmalarında standardizasyonu sağlamaktır. Bu Tebliğ, hidromorfolojik izleme çalışmalarında kullanılmak üzere, izleme alanlarının seçimi, izlenecek parametreler, izleme dönemleri ve izleme sıklıkları ile arazide ve coğrafi bilgi sistemleri ortamında hidromorfolojik parametrelerin izlenmesine ilişkin hususları kapsamaktadır.

2.2. Su Kalite Sınıflandırması

31513 sayılı ve 16 Haziran 2021 tarihli RG’de yayınlanan “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği”, yerüstü sular ile kıyı ve geçiş sularının biyolojik, kimyasal, fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, bu suların kullanım maksatlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde koruma kullanma dengesi de gözetilerek ortaya konulması, korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik usul ve esasların belirlenmesini amaçlamaktadır. Yönetmelik, açık deniz haricindeki bütün yerüstü sular ile kıyı ve geçiş sularını kapsamaktadır.

Yerüstü su kütlelerinin kalite durum sınıflandırması Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5’te yer alan tablolara göre yapılmaktadır. Buna göre fizikokimyasal parametrelerin ölçüm ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde YSKY (16.06.2021, RG: 31513) Ek-5, Tablo-2 (Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri) dikkate alınmaktadır (Çizelge 2.2) ve en düşük sınıflı unsur yerüstü suyunun ekolojik durumunu vermektedir. Kimyasal durumu belirlemek için öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler için Ek-5, Tablo 4 (Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları) ve Tablo 5 (Yerüstü Su Kaynakları için Öncelikli Maddeler ve Çevresel Kalite Standartları)’te yer alan YO-ÇKS ve MAK-ÇKS’ye göre değerlendirme

yapılmaktadır. Çevresel kalite standartları ve arka plan konsantrasyonları için kriterler YSKY Ek-2’de yer almaktadır. Buna göre ÇKS’yi aşım aşmamasına bağlı olarak 2 sınıf ölçeğinde (iyi kalite ve orta kalite) değerlendirme yapılmaktadır. Tüm bunlar sonucunda ekolojik durum ve kimyasal durumun en düşük sınıflı unsuru yerüstü suyu durumunu vermektedir.

Çizelge 2.2. Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları		
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)
Renk (m^{-1})	RES 436 nm: $\leq 1,5$ RES 525 nm: $\leq 1,2$ RES 620 nm: $\leq 0,8$	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
Eİ ($\mu S/cm$)	<400	1000	>1000
Yağ ve Gres (mg/L)	$<0,2$	0,3	$>0,3$
ÇO (mg/L)	>8	6	<6
KOI (mg/L)	<25	50	>50
BOİ ₅ (mg/L)	<4	8	>8
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	$<0,2$	1	>1
NO ₃ -N (mg/L)	<3	10	>10
TKN ($mg N/L$)	$<0,5$	1,5	$>1,5$
TN (mg/L)	$<3,5$	11,5	$>11,5$
PO ₄ ⁻ P (mg/L)	$<0,05$	0,16	$>0,16$
TP (mg/L)	$<0,08$	0,2	$>0,2$
Florür ($\mu g/L$)	≤ 1000	1500	>1500
Mangan ($\mu g/L$)	≤ 100	500	>500
Selenyum ($\mu g/L$)	≤ 10	15	>15
Sülfür ($\mu g/L$)	≤ 2	5	>5

Kalite sınıflarının renk kodları Çizelge 2.3’te yer almaktadır. Buna göre su kalite sınıfı çok iyi, iyi ve orta olarak 3 sınıf ölçeğinde değerlendirilmektedir.

Çizelge 2.3. Su Kalite Sınıfı Renk Kodları (YSKY 2021)

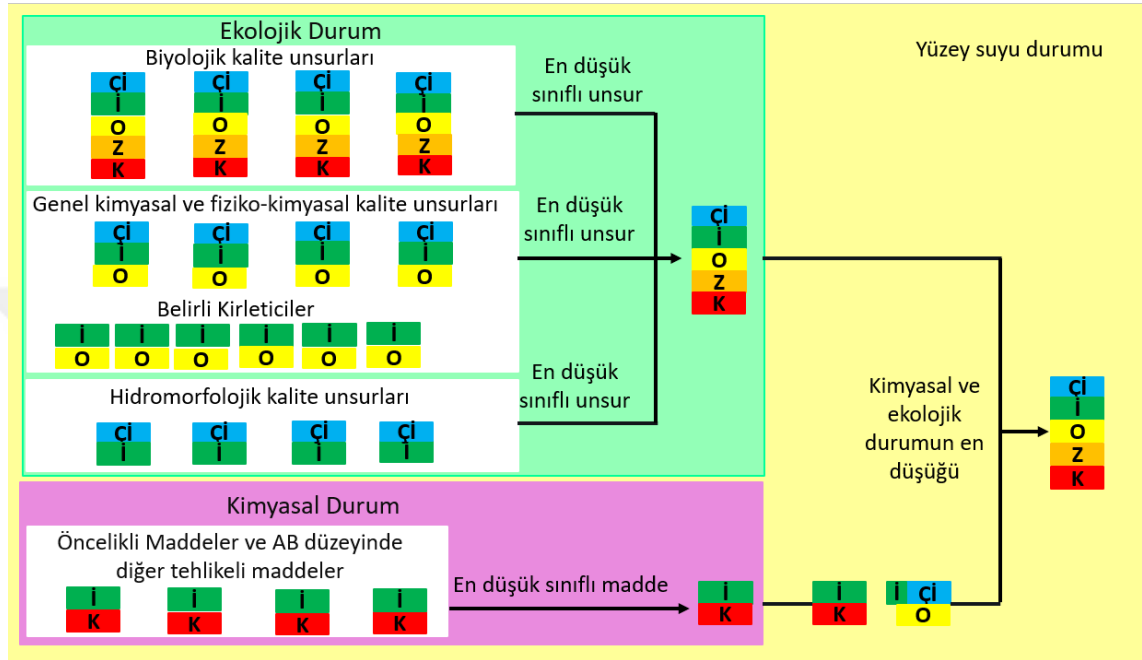
Su Kalitesi	Renk
Sınıf I	Mavi
Sınıf II	Yeşil
Sınıf III	Sarı

Literatürde su kalitesinin YSKY kullanılarak değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar incelendiğinde su kalitesinin 4 sınıf ölçeğinde değerlendirildiği görülmektedir. Bunun sebebi YSKY'nin ilk yayınlandığı tarihten (30.11.2012, RG: 28483) günümüze kadar birçok revizyondan geçmiş olmasıdır. 16 Haziran 2021 tarihine kadar su kalitesi 4 sınıf ölçeğinde değerlendirilmekteydi. Mevcut durumda su kalitesi 3 sınıf ölçeğinde değerlendirilerek AB SÇD ile uyumlu hale getirilmiştir.

Ayaz ve Erdoğan (2021a) tarafından Burdur Havzası'nda yer alan Bozçay'ın su kalitesi Nisan 2014'ten Aralık 2014'e kadar olan dönemde 3 istasyonda gerçekleştirilen izleme çalışmalarından elde edilen veriler YSKY (10.08.2016, RG: 29797) Ek 5, Tablo 2'de yer alan konvansiyonel parametrelere göre değerlendirilmiştir. Ayaz ve Dilaver (2021b) tarafından, Küçük Menderes Nehri'nde 59 istasyonda 6 dönemde gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışması sonuçları YSKY (10.08.2016, RG: 29797)'de yer alan Ek-5 Tablo 4 ve Tablo 5'e göre değerlendirilmiştir. Küçük Menderes Nehri'ndeki öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler belirlenerek yönetmelikteki YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerlerine göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla alıcı su ortamında mevcut kirlenmeden sorumlu baskıların belirlenmesi, ardından ekonomik ve hızlı çözümlerin alınabilmesi mümkündür. Atıcı (2021) tarafından Ordu'daki Topçam Baraj Gölü'nün su kalitesi sıcaklık, pH, Elektriksel İletkenlik (Eİ), Ç.O ve Topal (2016) tarafından, Elazığ Murat Nehri'nin su kalitesi Kasım ve Aralık 2015 yılında fizikokimyasal parametreler (pH, Eİ, amonyum azotu (NH₄-N), nitrit azotu (NO₂-N), nitrat azotu (NO₃-N), toplam fosfor (TP)) parametreleri bakımından YSKY'ye göre (30.11.2012, RG: 28483) değerlendirilmiştir. Son olarak Aydın vd. (2021) tarafından Giresun ilindeki yedi büyük nehrin su kalitesindeki mekansal-zamansal değişikliklerin araştırılması amacıyla Mayıs 2018-Nisan 2019 döneminde aylık olarak gerçekleştirilen izleme çalışmalarından elde edilen sonuçlar WHO içme suyu sınır değerlerine göre sınıflandırılmış ve su kalite sınıfları YSKY'ye (10.08.2016, RG: 29797) göre belirlenmiştir.

Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC Direktifi), AB sularının kalite koşullarının korunması, iyileştirilmesi ve izlenmesi amacıyla oluşturulan yasal bir çerçevedir. Bu amaçla su kaynağı kütlelere ayrılarak ekolojik ve kimyasal durum bakımından sınıflandırılmalı, uygun yönetim önlemleri alınarak her bir su kütesinde iyi su durumuna (kalite ve miktar bakımından) ulaşılması hedeflenmektedir. Sınıflandırma yöntemine ilişkin Direktifte belirtilen tek tip bir metodoloji olmadığı için farklı bölgelerde farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalardan kaynaklı uyumluluk sorunları ortaya çıkmaktadır. Literatürde belirtilen hedefler ve tanımların açık ve net bir şekilde

belirtilmemesinden kaynaklı SÇD'nin yanlış yorumlanabileceğine dikkat çekilmiştir (Moss 2008; Josefsson ve Baaner 2011; Pardo vd. 2012; Kelly 2013; Agustsson 2018). Ayrıca, ekolojik değerlendirme "beş sınıf" ölçeğinde gerçekleştirilirken kimyasal durumun belirlenmesinde sadece iyi ve kötü olarak 2 sınıf kullanılmaktadır. Buna göre bir parametre bile çevresel kalite standardını aşmış ise su kalite sınıfı doğrudan "kötü" kategoride yer alacaktır (Şekil 2.1). Bu da çoğu zaman gerçek kalite durumunu yansıtmamaktadır.



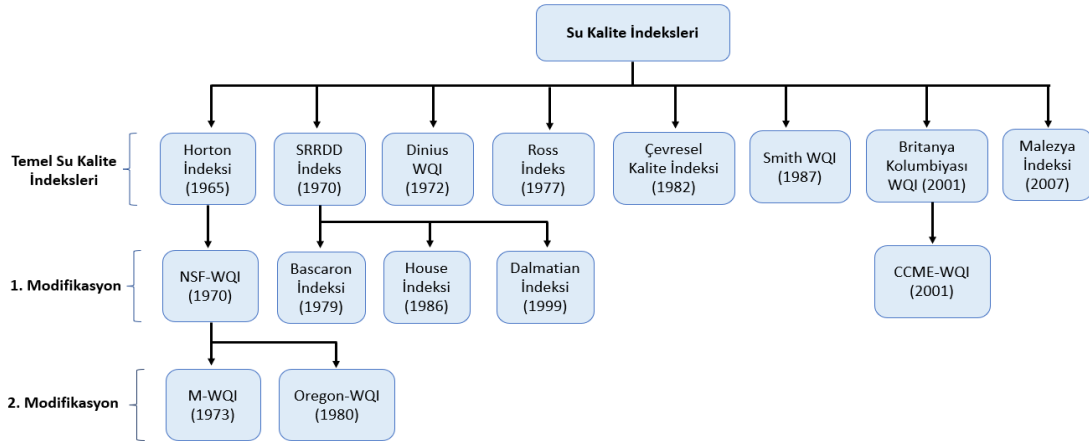
Şekil 2.1. Yerüstü su kütlelerinin sınıflandırma şeması (YSKY 2016)

2.3. Su Kalite İndekslerinin Gelişimi

Su kalite indeksleri (WQI); su kütlelerinin özellikle ekolojik durumunun doğru bir şekilde değerlendirilmesi, güvenilirliği, hızlı ve kolay hesaplanması, farklı ülkeler arasında karşılaştırılabilirliği, sonuçların iletilmesinde basitliği sağlayan iyi bir metodoloji sunmaktadır (Trikoilidou vd. 2017; Zotou vd. 2018; Zotou vd. 2020). İndekslerin tarihsel gelişimi Şekil 2.2'de sunulmaktadır. Son 50 yıldır yerüstü su kaynaklarının kalitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan WQI ilk kez 1965 yılında Horton tarafından geliştirilmiştir. Horton'un geliştirdiği indekse dahil edilecek parametrelerin doğru seçimi yaşanan zorluklardan biridir ve bu indeksin hesaplanmasında 10 parametre dikkate alınmaktadır (Horton 1965). Bu indeksin geliştirilmiş bir türü olan Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI) 1970 yılında Ulusal Sanitasyon Vakfı (NSF) desteğiyle Brown vd. (1970) tarafından önerilmiştir. İndekse dahil edilecek parametrelerin seçimi sorunu Rand Corporation'ın Delphi tekniğine (Linstone ve Murray 1975) dayalı anketlerle (Brown vd. 1971; Deininger ve Maciunas 1971) çözülmüştür. Aynı zamanda bu indeks toplamalı versiyon (NSF additive model (A-WQI)) olarak da bilinmektedir. Birçok su kalite indeksinin geliştirilmesinde NSF'den ilham alınmıştır ve Amerika Birleşik Devletleri'nde, nehirler için en yaygın olarak kullanılan indeksler NSF tabanlıdır (Lumb vd. 2011a; Uddin vd. 2021). 1973 yılında Brown vd. tarafından NSF indeksinin diğer bir versiyonu olan

çarpımsal formu (M-WQI) (Brown vd. 1973) önerilmiştir. Yapılan çalışmalar çarpımsal formülasyon, toplamalı versiyona (A-WQI) (Brown vd. 1970) göre uzman görüşüyle daha çok uyuştuğunu gösterse de her iki versiyon da kullanılmaya devam etmiştir (Lumb vd. 2011a). Dinius (1972) tarafından su kirliliği kontrolü çalışmaları için Dinius Su Kalite İndeksi (D-WQI) önerilmiştir. NSF tabanlı olan bir diğer indeks Oregon Su Kalite İndeksi (O-WQI) 1970'lerde Oregon Çevre Kalitesi Departmanı (DEQ) tarafından geliştirilmiş ve bu indeks çeşitli araştırmacılar tarafından güncellenmiştir (EC 1975; Dunnette 1979; Cude 2001; WHO 2004).İskoç WQI olarak da adlandırılan İskoç Araştırma Geliştirme Departmanı (SRDD) indeksi, SRDD'nin Mühendislik Bölümü tarafından (SRDD 1976) NSF WQI'dekine benzer adımlara dayalı olarak geliştirilmiştir. SRDD indeksi başlangıçta İskoçya için geliştirilmiş olmasına rağmen, daha sonra değiştirilmiş ve farklı ülkelerden çeşitli nehir havzalarındaki su kalitesinin durumunu değerlendirmek için kullanılmıştır (örnek olarak Tayland (Bordalo vd. 2001), İspanya (Bordalo vd. 2006), Portekiz (Carvalho vd. 2011) ve İran (Dadollahi-Sohrab vd. 2012)). Bascaron İndeksi (Bascaron 1979), House İndeksi (House 1986) ve Dalmatian İndeksi (Štambuk-Giljanović 2003) SRDD-WQI'nın türevleridir (Uddin vd. 2021).

Steinhart vd. (1982) tarafından Kuzey Amerika'nın Büyük Gölleri için fiziksel, kimyasal ve toksik kategorilerde 9 parametrenin dikkate alındığı Çevresel Kalite İndeksi (EQI) geliştirilmiştir. NSF'ten farklı olarak 2001 yılında Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi tarafından Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksi (CCME) geliştirilmiştir. CCME (CCME 2001a,b), Kanada'da British Columbia tarafından 1990'larda geliştirilen British Columbia Su Kalite İndeksinin (BC-WQI) modifiye edilmiş halidir (Lumb vd. 2011a). Bu şekilde günümüze kadar 35'ten fazla indeks bölgeye özgü, su kullanım amaçlarına göre yüzey suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla tanımlanmıştır ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Stoner 1978; Kannel vd. 2007; Abbasi ve Abbasi 2012; Dadollahi-Sohrab vd. 2012).



Şekil 2.2. WQI tarihsel gelişimi (Uddin vd. 2021)

Lumb vd. (2011a), 1960'dan 2010'a kadar geliştirilen su kalite indekslerinin önemini, formülasyonlarında kullanılan adımları, kullanım alanlarını sunmuştur. Ayrıca bu çalışmayla farklı kullanımlar için su kalitesini değerlendirmede kullanılan indekslerin her birinin farklı sınırlandırmaları olduğuna, evrensel olarak uygulanabilir bir su kalite indeksi olmadığına dikkat çekilmiştir.

Tyagi vd. (2013) tarafından NSF, CCME, Ağırlıklı Aritmetik Su Kalitesi İndeksi, O-WQI en yaygın kullanılan indeksler olarak belirtilmiş ve bu indeksler için avantaj ve dezavantajlar verilmiştir.

Sutadian vd. (2016) tarafından gelecekteki çalışmalara katkı sağlamak amacıyla 30 farklı su kalite indeksi gözden geçirilmiş ve en yaygın kullanılan 7 indeks ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Su kalite indeksinin popülaritesi, hakemli dergilerdeki ve devlet kurumlarındaki başvurularının sayısı olmak üzere iki kritere göre kararlaştırılmıştır. Buna göre 1987-2014 yılları arasında 14 dergi makalesinde ve ondan fazla devlet kurumu raporunda sunulan uygulamalarıyla, listedeki ilk su kalite indeksi CCME'dir. Daha sonraki sıralama; NSF (Brown vd. 1970), O-WQI (Cude 2001), 1979 yılında Bascaron İndeksi (Bascaron 1979), 1986 yılında House tarafından geliştirilen House İndeks (House 1986), İskoç Araştırma Geliştirme Departmanı İndeksi (SRDD) (SRDD 1976)'dir.

Regmi vd. (2017) tarafından en yaygın kullanılan indeksler; NSF (Brown vd. 1970), CCME (CCME 2001a,b), Florida Akarsu Su Kalitesi İndeksi (SAFE 1995), British Columbia Su Kalitesi İndeksi (Zandbergen ve Hall 1998), ve Oregon Su Kalitesi İndeksi (Cude 2001) şeklinde sıralanmıştır.

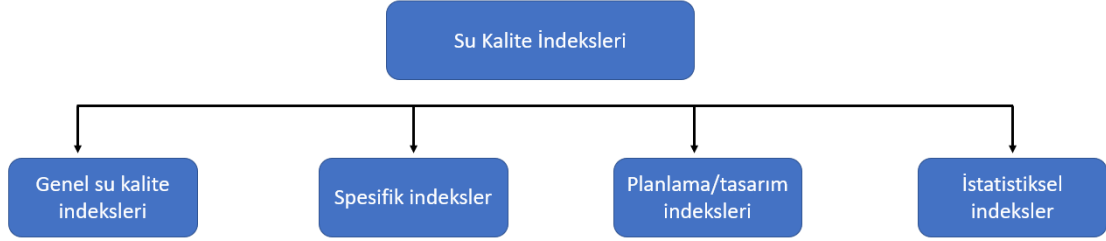
Sonuç olarak, kullanım amacına, bilgi düzeyine, analiz edilen parametrelere göre su kalitesinin değerlendirilmesinde tercih edilen indeksler farklıdır. Bu nedenle en yaygın kullanılan indeksler için literatür taraması incelendiğinde farklı sonuçlara ulaşılmaktadır.

2.4. Su Kalite İndekslerinin Genel Özellikleri

Son yıllarda, artan nüfus, kentleşme, tarımsal faaliyetlerin artması (gübre ve pestisit kullanımı) ve iklim değişikliği ile birlikte yerüstü su kütlelerinin kalite koşullarının değerlendirilmesi ve su kaynaklarının miktar ve kalite bakımından sürdürülebilir yönetimi özel bir önem kazanmıştır. İzleme çalışmalarından elde edilen verilerin fazla olması, değerlendirme için özel bilgi birikimi ve uzmanlık gereksinimi, parametrelerin birimlerinin ve konsantrasyon aralıklarının farklı olması sebebiyle sonuçların tek bir değerde birleştirilmesi zorlaşmaktadır (Zotou vd. 2020). Bu bağlamda, su kalite indeksleri, su kalite durumunu değerlendirmek, su kalitesindeki zamansal ve mekansal değişiklikleri belirlemek (Noori vd. 2019), uygun kullanımlarını değerlendirmek ve karar vermek (Sarkar ve Abbasi 2006), farklı alanları karşılaştırmak (Sarkar ve Abbasi 2006; Sun vd. 2016), su kalitesindeki eğilimlerin değişimini belirlemek (Sun vd. 2016), çok sayıda veriyi hızlı ve kolay bir şekilde tek bir sayıda özetlemek, düzenleyici politikalar veya yasalar hakkında daha objektif kararlar almak ve su kalitesi üzerindeki uygulamaların etkisini değerlendirmek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Štambuk-Giljanović 1999, 2003; Swamee ve Tyagi 2007).

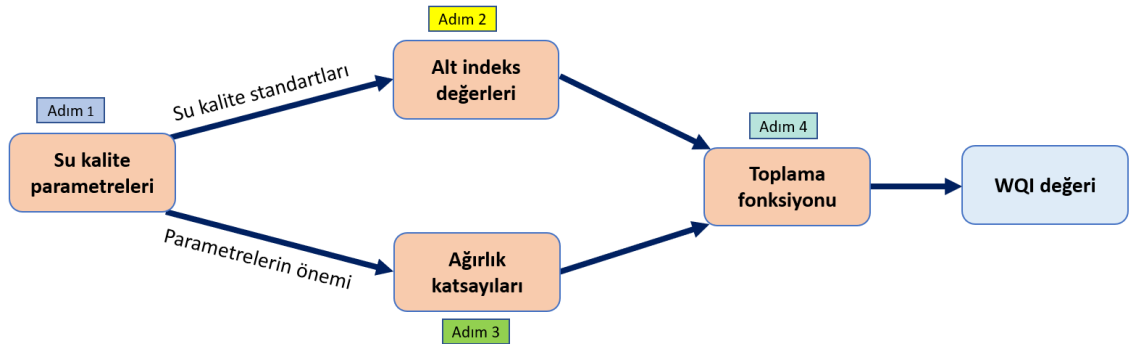
Genel olarak, su kalite indeksleri Şekil 2.3'te gösterildiği gibi dört ana gruba ayrılmaktadır (Abbasi ve Abbasi 2012; Tirkey vd. 2013). Genel su kalite indeksleri su kullanım türünü göz ardı eder ve genel su kalitesini belirlemek için kullanılırken spesifik su kalite indeksleri su kullanım amacına yönelik su kalitesini değerlendirmede kullanılmaktadır (Bilgin 2018a). Genel su kalite indekslerine örnek olarak; Horton Su Kalite İndeksi (Horton 1965), NSF (Brown vd. 1970), D-WQI (Dinius 1972), British Columbia Su Kalitesi İndeksi (Zandbergen ve Hall 1998), O-WQI (Dunnette 1979), Florida Akarsu Su Kalite İndeksi (SAFE 1995), Genel Kirlilik İndeksi (OIP)(Sargaonkar

ve Deshpande 2003), Nehir Kirlilik İndeksi (Liou vd. 2004), Evrensel Su Kalite İndeksi (U-WQI) (Boyacioglu 2007), Kanada Su Kalite İndeksi (CCME 2001a,b) verilebilir (Terrado vd. 2010). Planlama/tasarım indeksleri, yönetimde ve karar vermede bir araçtır. Son olarak, en objektif yöntemlerden biri olan istatistiksel indeksler, su kalitesini değerlendirmek için istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır (Bilgin 2018a).



Şekil 2.3. Su Kalite İndeks Grupları (Abbasi ve Abbasi 2012; Tirkey vd. 2013)

Su kalite indekslerinin hesaplanmasında genel olarak 4 adım kullanılır ve bu adımlar Şekil 2.4'te özetlenmektedir (Abrāhao vd. 2007; Lumb vd. 2011a; Sutadian vd. 2018). İlk adım, mevcut veriler göz önünde bulundurularak uzman görüşü (Delphi tekniği) veya istatistiksel yöntemler kullanılarak su kalitesi üzerinde en etkili parametrelerin seçimidir. İkinci adım, farklı birimlere sahip parametreleri ortak bir ölçeğe dönüştürmek için alt indeks değerlerinin belirlenmesidir. Bunun için derecelendirme eğrileri, uzman görüşü ve istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Üçüncü adım, parametrelerin genel su kalitesine olan önem derecelerine göre toplamı 1 olacak şekilde 0 ile 1 arasında bir sayı atanarak ağırlık değerlerinin belirlenmesidir. Bu adım tüm indeksler için geçerli değildir. Örneğin; NSF indeksinde parametrelerin önem derecelerine göre ağırlık değerleri atanırken CCME ve ATI indekslerinde parametreler eşit öneme sahiptir. Dördüncü ve son adım, alt indeks değerleri toplanarak genel su kalite indeks değerinin belirlenmesidir (Sutadian vd. 2016).



Şekil 2.4. Su kalite indeksinin genel çerçevesi (Uddin vd. 2021)

2.5. Türkiye'den Örnek Uygulamalar

Literatürde Türkiye'de yapılmış çalışmalar incelendiğinde CCME ve NSF indeksinin yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada uygulanan indeks yöntemlerinden biri olan ATI indeksi için ise literatürde sadece bir çalışma yer alırken, diğer bir indeks olan Su Kalitesi Değerlendirme Sistemi (SEQ-Eau)'ne ait Türkiye'de

yapılmış örnek bir çalışma bulunmamaktadır.

Giresun ilinin önemli bir içme suyu kaynağı olan Aksu Çayı'nın su kalitesinin değerlendirilmesinde CCME kullanılmıştır. Bu amaçla 3 farklı istasyonda fizikokimyasal ve ağır metal parametreleri bir yıl boyunca (Ocak 2014-Aralık 2014) aylık olarak izlenmiş ve bu parametrelerin incelenmesinde TS 266 ve İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (29.06.2012, RG: 28338) dikkate alınmıştır. Suyun kalitesini etkileyen ana kirleticiler ve bazı aylarda sınır değerleri aşan parametreler belirtilmiştir. İndeks değerleri ile ölçülen su kalitesi parametre değerleri karşılaştırıldığında indeks değerlerinin karşılaştırılabilir sonuçlar verdiği görülmüştür. Üç istasyon için indeks değerleri “kötü” kategorisinde bulunmuştur (Dede ve Sezer 2017).

Aksaray iline içme suyu temin edilen Mamasın Baraj Gölü'nü besleyen iki nehirden biri olan Karasu Nehri'nin su kalitesi Aralık 2015 ve Kasım 2016 tarihleri arasında bir yıl süreyle izlenilmiş olup nehrin genel su kalitesi NSF, CCME ve O-WQI kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca su kalite parametreleri İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği ve TS 266 İçme Suyu Standartları ve WHO kılavuzlarında yer alan sınır değerlere göre değerlendirilmiştir. $\text{NH}_4\text{-N}$, BOI_5 , Co, fekal koliform (FK), Ba, Cu, Zn ve Ç.O parametrelerinin sınır değerlerini aştığı ve sudaki başlıca kirletici parametreler olduğu gözlenmiştir. Ayrıca NO_2 , B, Cd ve Zn parametrelerine bağlı olarak yüzey su kalite sınıfının “IV” olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen indeks sonuçlarına göre Karasu Nehri'nin su kalitesi, NSF indeksine göre “orta”, CCME indeksine göre “kötü” ve O-WQI'ya göre de “kötü” olarak sınıflandırılmıştır (Alver ve Baştürk 2019).

Bor vd. (2022) tarafından Aydın'da bulunan Çine Nehri'nin su kalitesindeki değişiklikleri değerlendirmek için beş farklı su kalitesi indeks yöntemi (Ağırlıklı Aritmetik Su Kalitesi İndeksi, CCME-WQI, UWQI, OWQI ve ATI) karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. 2006-2019 dönemi için nehrin su kalitesinin değerlendirilmesinde en uygun indeks yöntemlerinin ATI ve CCME-WQI olduğu sonucuna varılmıştır.

Durmuş (2021) tarafından Ankara Çayı'nın su kalitesi NSF kullanılarak değerlendirilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Bu çalışma alanında NSF indeksi ilk kez uygulanmış olup 2019-2020 yıllarında mevsimsel olarak seçilen 10 örnekleme istasyonundan su örnekleri alınmıştır. İndeks değerinin hesaplanmasında sıcaklık (yüzey ve dip sıcaklık farkı), pH, bulanıklık, FK (En Muhtemel Sayı Yöntemi), ÇO , Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI), toplam fosfat ve toplam nitrat parametrelerinin içinde bulunduğu toplam 20 parametrenin ölçüm ve analiz sonuçları kullanılmıştır.

Dede vd. (2013) tarafından Ankara'nın önemli içme suyu kaynaklarından biri olan Kirmir havzasında bir yıllık izleme döneminde 10 örnekleme istasyonundan elde edilen su kalitesi verileri CCME, O-WQI, ATI, OIP, U-WQI olmak üzere beş farklı su kalite indeks yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Su kalitesi analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde TS 266, Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (29.06.2012, RG: 28338) ve içme suyu kalitesi için Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) ve WHO standartlarındaki sınır değerler kullanılmıştır (TSE 2005; EPA 2009; WHO 2009, 2011a, 2011b). ÇO , BOI , PO_4^{3-} , renk, bulanıklık, T. coli, E. coli, Enterokok,

Fe, Mn, As, Al, B ve Baryum (Ba) parametrelerinin havzadaki su kalitesini etkileyen başlıca kirleticiler olduğu görülmüştür. Son olarak çalışmada kullanılan indeksler karşılaştırılarak CCME indeksinin herhangi bir parametre kısıtlamasının olmaması, uygulanması kolay ve doğru sonuçlar vermesi sebebiyle en uygun indekslerden biri olduğu, ikinci olarak da O-WQI'nın CCME indeksine göre daha karmaşık olmasına rağmen rasyonel sonuçlar vermesi sebebiyle en uygun indeks olduğu sonucuna varılmıştır.

Baştürk ve Alver (2019) tarafından Aksaray İline içme suyu sağlayan ve tarımsal sulama amaçlı olarak kullanılan Melendiz Nehri'nin su kalitesi, Aralık 2015 ile Kasım 2016 tarihleri arasında 9 istasyon için izlenmiş ve analiz sonuçları NSF ve D-WQI yardımıyla farklı su kullanım amaçlarına (sulama, içme suyu, endüstriyel) göre değerlendirilmiştir. NSF indeksine göre su kalitesi orta; D-WQI'ya göre ise kötü olarak sınıflandırılmıştır. Su kaynağının mevcut haliyle sulama ve endüstriyel amaçlı olarak, arıtılması sonrasında ise içme suyu olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Çoruh Havzası'nın su kalitesi CCME indeksi ve diskriminant analizi (DA) kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, DSİ 26. Bölge Müdürlüğü tarafından Çoruh Havzası'nda dört yıllık dönem (2011-2014) için dört farklı istasyonda elde edilen su kalitesi verileri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 2011 yılı için tüm izleme istasyonlarında su kalitesi “zayıf”; 2012 yılı için “orta”; 2013 ve 2014 yılı için zayıf kaliteden orta kaliteye değişkenlik göstermiştir. Bu değerler Çoruh Havzası suyunun bozulmuş ve tehdit altında olduğunu ve genel kalitesinin doğal veya istenilen seviyelere yakın olmadığını göstermektedir. Ayrıca istasyon 2 için 4 dönemde su kalitesi zayıftır. Bunun sebebi Cu madenciliğinden deşarj edilen atıksudur. Son olarak DA ile Çoruh Havzası su kalitesinin belirlenmesinde kalsiyum (Ca) ve sülfatın (SO₄) önemli parametreler olduğu belirlenmiştir (Bilgin 2018b).

2.6. Dünya'dan Örnek Uygulamalar

Su kalitesinin belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan indeksler CCME ve NSF su kalite indeksleridir. Bu nedenle bahsedilen indeksler için literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur ve NSF ve CCME indeksleri için sadece güncel örneklerle yer verilmiştir. Bununla birlikte tez çalışmasında kullanılan SEQ-Eau ve ATI su kalite indeksleri için sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmüştür.

Yunanistan'ın Nestos Nehir Havzasının fizikokimyasal ve genel durumunu değerlendirmek için Yunanistan Çevre ve Enerji Bakanlığı tarafından önerilen SÇD (WFD-MEEG) metodolojisi ve CCME karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. Bu amaçla su kalite parametreleri (fizikokimyasal, ağır metaller ve direktifte belirtilen 33 öncelikli madde) Mayıs 2008-Mayıs 2009 dönemi için ana nehir ve kolları boyunca 11 istasyonda ve rezervuardaki 5 istasyonda aylık olarak izlenmiştir. WFD-MEEG metodolojisine göre nehir suyu "iyi" kalite sınıfındayken, CCME indeksine göre nehir kalitesinin "orta" ile "iyi" kalite sınıfında değiştiği görülmüştür. Bu nedenle, aynı su kütlesi için CCME indeksinin WFD metodolojisine göre daha katı olduğu, özellikle toksik kirleticilerin dahil edilmesine izin verme kabiliyeti nedeniyle WFD uygulamasında bir araç olarak kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ek olarak AB'nin çeşitli su kütlelerinde en iyi indeksin kullanımına karar vermek için ek indekslerin test edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Gikas vd. 2020).

Dominguez Franco vd. (2021) tarafından Peru'da bulunan Cunas nehir havzasındaki su kalitesi, çok değişkenli istatistiksel yöntemler ve CCME-WQI kullanılarak belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar ile Cunas Nehri'nin kentsel kesimindeki kirlilik düzeyini kontrol etmeye yönelik önlemlerin benimsenmesine büyük fayda sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Hansda vd. (2018) tarafından Khadakwasla Rezervuarı'nda 10 yıllık dönemde (Kasım 2003- Mayıs 2012) 5 istasyondan alınan numuneler 20 adet su kalite parametresi için analiz edilmiştir. Su kalitesinin belirlenmesinde CCME indeksi uygulanmıştır. Düşük su kalitesine sahip istasyonlarda sınır değerleri aşan parametreler belirtilmiş ve buralarda alınabilecek önlemlerden bahsedilmiştir.

Zeinalzadeh ve Rezaei (2017) tarafından İran'da Shahr Chai Nehri'nin su kalitesi NSF ve Minimum WQI (WQI_{min}) (Kannel vd. 2007; Pesce ve Wunderlin, 2000) kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada Temel Bileşen Analizi (PCA) tekniği de uygulanmış ve Shahr Chai Nehri'ndeki su kalitesi değişimlerinin değerlendirilmesi için en önemli gösterge parametrelerinin çıkarılması için girişimlerde bulunulmuştur. Sonuçlar, PCA tekniği ve WQI_{min} kombinasyonunun, mekansal ve zamansal su kalitesi değişikliklerini tanımlayabileceğini göstermiştir.

Umwali vd. (2021) tarafından Ruanda'nın doğal su kaynaklarından biri olan Muhazi Gölü'nde seçilen 12 istasyonda hem kuru hem de yağışlı dönem için NSF indeksi kullanılarak antropojenik kaynaklı su kalitesi değerlendirilmiştir. Hiçbir istasyonda su kalitesi mükemmel veya iyi su durumunda olmadığı için kullanımdan önce suyun uygun şekilde arıtılması gerektiği belirtilmiştir.

Ben-Daoud vd. (2011) tarafından, Meknès yüzey suyu kalitesini değerlendirmek için CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ve SEQ-Eau (Su Kalitesi Değerlendirme Sistemi) tabanlı bir yaklaşım geliştirilmiş ve test edilmiştir. Sonuçlar CBS ve SEQ-Eau indeksinin birlikte kullanımının su kaynaklarının entegre yönetiminde güçlü bir araç olabileceğini göstermiştir.

Belhaj vd. (2013) tarafından Martil'in yüzey suyu kalitesi SEQ-Eau indeksi ile değerlendirilmiştir. Ağırlıklı İndeksler sistemi kullanılarak elde edilen yüzey suyu kalitesi sonuçları, Fas su kalite standartlarını aşmış ve su kalitesinde genel bir bozulma eğilimi olduğunu göstermektedir.

Orta Afrika'daki Kamerun Merkez-Güney Orman Bölgesi'nin nehirleri üzerinde yürütülen çalışmada SEQ-Eau sistemi (içme, su ürünleri yetiştiriciliği) ve Organik Kirlilik İndeksi (IPO) (Leclercq 2001; Touzin ve Roy 2008), çeşitli kullanımlar için su kalitesini belirlemek için kullanılmıştır. 9 örnekleme istasyonunda, Ocak-Aralık 2010 döneminde aylık olarak 14 su kalite parametresi izlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre SEQ-Eau ve IPO indeksi sonuçları genel olarak uyumludur ve su kalite sınıfı iyi ve orta olarak bulunmuştur. Ek olarak ılıman bölgeler için tasarlanan SEQ-Eau ve IPO indekslerinin ekvator bölgesinin biyojeokimyasal özelliklerine uyacak şekilde yeniden kalibre edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Nyamsi Tchatcho vd. 2017).

Naga vd. (2018) tarafından su ürünleri yetiştiriciliği, sulama, hayvancılık sulama ve spor ve rekreasyon gibi farklı kullanımlar için çok kriterli bir analiz yöntemi ve SEQ-

Eau indeksi kullanılarak Abidjan şehrindeki Ébrié lagün su kalitesinin mekansal-zamansal olarak değişimi incelenmiştir. Su kalite indeksi için AHP yöntemi ile, farklı kullanımlara ait parametrelerin ağırlıkları belirlenmiştir. Su kullanım türlerine göre (sulama, hayvancılık, su ürünleri yetiştiriciliği, spor ve rekreasyon) farklı parametreler seçilmiş ve SEQ-Eau indeks değerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, 2014-2015 döneminde bu çalışmada incelenen farklı kullanımlar için Ébrié lagünü su kalitesinin genel olarak düşük kalitede olduğunu göstermiştir.

El Hmaidi vd. (2022) tarafından Fas'ta Moulouya Nehri'nin genel fizikokimyasal kalitesinin zamansal ve mekansal değişimi SEQ-Eau kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçların tematik haritalar üretilerek görselleştirilmesi amacıyla CBS kullanılmıştır. SEQ-Eau değerlendirme sisteminin verilerin kullanımını ve işlenmesini kolaylaştıran bir karar destek aracı olduğu belirtilmiştir. Su kalitesinin daha iyi ve sürdürülebilir yönetimi için pestisitler, ağır metaller ve bakteriyolojik parametreler gibi konuları kapsayan diğer çalışmalarla desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Wepener vd. (1999) tarafından Şubat 1990-Haziran 1992 dönemi için Sucul Toksikite İndeksi (ATI) kullanılarak Olifants Nehri ile Selati Nehri'nin su kalitesi durumu değerlendirilmiştir. Farklı alanların su kalitesi, Kruger Ulusal Parkı (KNP) içerisindeki iki referans sahanın su kalitesi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Van Veelen (1991) tarafından rapor edilen Eylül 1983-1989 dönemine ait Olifants Nehri'nin tarihsel su kalitesi durumu ile karşılaştırılmıştır. Her saha için iki ayda bir alınan numuneler ile ATI indeks değerleri hesaplanmıştır. İndeks hesabına dahil edilen su kalite değişkenleri; ÇO, pH, NH₄, TDS, K, PO₄, bulanıklık, florür, Mn, Ni, Cu, Cr, Pb ve Zn'dur. Belirtilen tüm değişkenler için bilgisayar tabanlı yazılım programı WATER2 kullanılarak bir nihai indeks değeri üretilmiştir. Artan bulanıklık, düşük oksijen ve artan ağır metal konsantrasyonları nedeniyle sel dönemlerinde bazı bölgelerde çok düşük indeks değerleri elde edilmiştir.

Gerber vd. (2015) tarafından Eylül 2009-Haziran 2011 dönemi için Güney Afrika'daki Kruger Ulusal Parkı içindeki Olifants, Letaba ve Luvuvhu nehirlerinin balık yaşamı açısından su kalitesinin uygunluğunu değerlendirmek, zamansal ve mekansal değişimini gözlemlemek amacıyla ATI su kalite indeksi kullanılmıştır. Bu çalışmanın Olifants Nehri dışında herhangi bir nehirde ATI'nın uygulandığı ilk çalışma olduğu ve çözülmüş metaller ve ATI indeks sonuçlarına göre Olifants Nehri su kalitesinin 1990'lardan 2011'e kadar iyileştiği belirtilmiştir. Bununla birlikte elde edilen indeks sonuçları, Olifants, Letaba ve Luvuvhu nehirlerinin su kalitesinin genel olarak iyi durumda olduğunu göstermiştir.

Roy ve Majumder (2022) Hindistan'da Deepor Beel Gölü genel su kalitesini, 2014-2016 arasındaki 3 yıllık dönem için CCME, NSF ve Ağırlıklı Ürün Yöntemi Su Kalitesi İndeksi'ni (WPM) (Roy ve Majumder 2017) uygulayarak değerlendirmiştir. Elde edilen indeks sonuçlarına göre, CCME indeksine göre su kalitesinin mükemmel olduğu gözlenirken, NSF ve WPM su kalite indekslerine göre çalışma süresi boyunca gölün kalitesinin iyi olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, CCME mevsimsel ve yıllık dalgalanmaları göstermede başarısız olurken NSF ve WPM bu konuda başarılıdır.

Tafna Havzası'ndaki 5 istasyonda izlenen su kalitesi durumu ve eğilimlerini değerlendirmek için Hamlat vd. (2017) tarafından 10 farklı su kalite indeksi (CCME,

NSF, D-WQI, O-WQI, Çevre Bölümü Su Kalite İndeksi (DOEWQI) (DOE 2013), BC-WQI, U-WQI, Katalan Su Ajansı Su Kalite İndeksi (ISQA-WQI), OIP ve ATI) karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. Su kalitesi değerlendirmesinde her bir indeksin performansını gözlemlemek amacıyla parametre setleri, hesaplamaları, toplama formülleri ve farklılıkları da aynı veri seti kullanılarak detaylandırılmıştır. Genel su kalitesinin değerlendirilmesinde en iyi sonuçlar CCME ve BC-WQI ile elde edilmiştir. CCME indeksinin içme suyu kalitesinin durumunu belirlemede yararlı bir araç olduğu; su kullanıcıları, tedarikçiler ve planlayıcılar vb. için büyük değere sahip olabileceği belirtilmiştir. NSF indeksinin özellikle numuneler arasında büyük bir değişkenliğin olduğu durumlarda yaygın olarak kullanıldığı gözlenmiştir. Sonuçlar, indekslerin yerel koşullara ve baskılara bağlı olarak bölgesel olarak değişebileceğini göstermiştir.

Dewata (2019) tarafından içme suyu kaynağı, balıkçılık, tarım ve rekreasyonel amaçlar için kullanılan Kandis Nehri, Air Dingin Nehri, Kuranji Nehri ve Arau Nehri 2015-2018 yılları arasında 6 istasyondan elde edilen izleme verileri kullanılarak Kirlilik İndeksi (PI) ve NSF ile değerlendirilmiştir. NSF bulanıklık ve BOİ parametreleri dahil edilmeden 7 parametre için hesaplanmış olup ağırlıklı etki değerleri toplamı 1 olacak şekilde modifiye edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının bahsedilen 4 nehrin su kalitesinin iyileştirilmesi ve bu nehirlerin amaçlarına uygun olarak değerlendirilmesi için kullanılabileceği belirtilmiştir. Çalışma alanlarının su kalitesini değerlendirmede en uygun indeks yönteminin hangisi olduğu belirtilmemiş, sadece elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Lumb vd. (2011b) tarafından NSF (toplamalı (M-WQI) ve çarpmalı (A-WQI)), CCME, O-WQI, modellerinin karşılaştırılması için Nisan 2002 ile Ağustos 2006 arasındaki 5 yıllık dönem için Ontario, Kanada'daki 30 nehir noktasından alınan su kalitesi verileri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, A-WQI ve M-WQI değerlerinin CCME indeksi değerlerine kıyasla çok daha yüksek değerler verdiğini; O-WQI ve CCME indeksi arasındaki değerlerin daha benzer, yakın ve iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Ayrıca makalede, CCME indeksinin Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından onaylandığı belirtilmiştir.

Maansi vd. (2022) tarafından Hindistan'daki Sukhna Gölü'nün Temmuz 2016-Haziran 2018 dönemi boyunca yüzey suyu kalitesini değerlendirmek için 13 fiziko-kimyasal parametre dikkate alınarak WQI, CCME-WQI ve Kapsamlı Kirlilik İndeksi (CPI) kullanılmıştır. Su kalitesinin yağışın olduğu dönemlerde kurak mevsimlere kıyasla daha iyi olduğu sonucuna varılmış ve gölün düzenli olarak izlenmesi tavsiye edilmiştir.

Zotou vd. (2018) tarafından Yunanistan'daki Polyphytos Rezervuarı-Aliakmon Nehri'nde Haziran 2004 ile Mayıs 2005 döneminde gerçekleştirilen su kalitesi izleme verilerine dayalı olarak Prati Kirlilik İndeksi (Prati vd. 1971), Bhargava İndeksi (Bhargava 1983), O-WQI (Cude 2001), D-WQI (Dinius 1987), Ağırlıklı Aritmetik WQI (Tyagi vd. 2013), NSF ve CCME olmak üzere yedi farklı indeks karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. NSF ve CCME indeksi için aynı su kütlesi ve aynı izleme veri seti için Alexakis vd. (2016) tarafından sunulan sonuçlar kullanılmıştır. Farklı metodolojiler arasında sınıflandırma sonuçları açısından önemli farklılıklar gözlemlenmiş olup NSF ve Bhargava indekslerinin daha yüksek kalite sınıflarında, Prati Kirlilik İndeksi ve D-WQI'nın orta, CCME ve Oregon indekslerinin daha düşük kalite sınıflarında sonuçlar verdiği görülmüştür. CCME ve Oregon indeksleri istikrarlı bir şekilde değişen daha düşük

kalite sınıflarında sonuçlar verdiği için “daha katı” olarak kabul edilebilir. Uygulanan indekslerin performanslarıyla ilgili daha güvenilir sonuçlar elde etmek için bahsedilen metodolojilerin yeterli sayıda su kütlelerinde uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Zotou vd. (2020) tarafından Yunanistan’ın yapay bir gölünde 7 farklı su kalite indeksinin (Prati’nin Kirlilik İndeksi, Bhargava’nın İndeksi, Oregon WQI, Dinius’un İkinci İndeksi, Ağırlıklı Aritmetik İndeksi, CCME ve NSF) Akdeniz yapay su kütlelerinde uygulanabilirliği karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmada “en önemli parametreleri” göstermek, hangi kalite değişkenlerinin sonuçları en çok etkilediği, üzerinde değişiklik veya düzeltme yapılması durumunda hangi parametrelerin dahil edilmesi veya edilmemesi gerektiği hakkında faydalı bilgilerin sağlanması amaçlanmıştır. Oregon ve Dinius su kalite indeksleri dışındaki incelenen tüm indekslerin, Akdeniz yapay su kütlelerindeki su kalitesi koşullarını ve eğilimlerini oldukça iyi bir şekilde gösterdiği belirtilmiştir.

Kaur vd. (2021) tarafından Hindistan’daki Panipat Nehri su kalitesinin değerlendirilmesi ve kirliliğe hassas alanlarının belirlenmesi için NSF, CCME ve hiyerarşik küme analizi (HCA) kullanılmıştır. Kirliliğe hassas bölgelerin belirlenmesinde yalnızca noktasal kaynaklı kirlleticiler dikkate alınmıştır. CCME ve NSF sonuçları aralarında yüksek bir pozitif korelasyon bulunmuş ve bu nedenle her ikisinin de su kalitesinin değerlendirilmesi için aynı derecede önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Hussien vd. (2021) tarafından Mısır El-Beheira Valiliği’ndeki yerüstü içme suyu alımının gerçekleştirildiği on dört istasyonda su kalitesi durumunu değerlendirmek ve yönetmek için 3 farklı su kalite indeksi karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. Sutadian vd. (2016) tarafından nehirler için kullanılan 30 farklı su kalite indeksi içinde kullanım sıklığına göre ilk sırada CCME, ikinci sırada NSF ve dördüncü sırada Bascaron indeksinin yer aldığı belirtilmiştir. Ayrıca CCME ve NSF indekslerinin Mısır’da en sık kullanılan indeksler olduğuna değinilmiştir. Bu nedenle çalışmada bu 3 indeks (B-WQI, CCME, NSF) seçilmiştir. Çalışmada kullanılan su kalite indeksleri karşılaştırıldığında, CCME indeksinin parametre sayısı ve hedefler konusundaki esnekliği nedeniyle en güvenilir indeks olarak kabul edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Singh vd. (2017) tarafından 2013-2015 yılları arasında Hindistan’ın Punjab Kanjli sulak alanının içme, sulama, sucul yaşam için uygunluğunu değerlendirmek amacıyla ağır metal kirlilik indeksi (HPI) (Mohan 1996), ve ATI kullanılmıştır. ATI indeksine göre sadece bir istasyonun normal balık yaşamı için uygun olmadığı belirlenmiştir. Farklı su kullanımları açısından iyi su kalite durumunu korumak için HPI kullanılarak sulak alanların planlı mekansal, zamansal ve periyodik olarak izlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Ek olarak, su kalite indekslerinin, kirlilik yükünü karakterize etmek için etkili araçlar olduğu ve farklı sulak alanların mevsimsel olarak izlenmesinin önemli olduğu vurgulanmıştır.

Ismail ve Robescu (2019) tarafından Tuna Nehri’nin su kalitesinin değerlendirilmesinde bir yıllık izleme süresince 4 istasyondan elde edilen veriler için CCME, OWQI, ATI, Evrensel Su Kalitesi İndeksi (UWQI), OIP ve Bascaron Su Kalitesi İndeksi (B-WQI) karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. Buna göre su kalite standartlarının seçiminde esnek olması, eksik verilere toleranslı olması avantajları nedeniyle çalışma alanı için en uygun indeksin CCME olduğuna karar verilmiştir. CCME indeksinin

uygulanan diğer indekslere göre tamamen farklı bir yaklaşıma ve özelliklere sahip olduğu, CCME indeksi dışındaki diğer 5 indeksin parametrelerin etkisini gölgelenmesinden dolayı bu çalışma alanı için uygun sonuçlar vermediği ancak başka su kütleleri için uygun olabileceği belirtilmiştir.

CCME indeksi aynı zamanda su kalitesinin farklı su kullanım amaçlarına (içme, sulama, rekreasyon, sucul yaşam) göre değerlendirildiği çalışmalar da mevcuttur. Bu amaçla yapılan çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Tanjung vd. (2022) tarafından Endonezya Jayapura Regency'deki Damsari, Jabawi, Kleblow ve Komba Nehirlerinin yüzey suyu kalitesi 2016-2019 dönemi için CCME kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada nehir suyu kalitesinin farklı su kullanım amaçlarına göre (içme, rekreasyonel, sucul yaşam, sulama) uygunluğunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Endonezya'da nehir suyu kalitesi, Endonezya Cumhuriyeti'nin 2021 tarihli 22 Sayılı Hükümet Yönetmeliğine göre belirlenmiştir (Pemerintah Republic Indonesia, 2021). Çalışmanın sonuçları, dört nehirdeki su kalitesinin içme suyu için uygun olmadığını, ancak sulama için uygun olduğunu göstermiştir. Sucul yaşam için Jabawi ve Komba Nehirlerinin su kalitesi uygundur. Son olarak, sadece Jabawi Nehri su kalitesinin rekreasyon için uygun olduğu, ancak yönetimi için birtakım düzenlemelerin gerekli olduğu belirtilmiştir.

Regmi vd. (2017)'e ait bir çalışmada Katmandu Vadisi'ndeki büyük nehirlerdeki su kalitesinin sucul yaşam ve rekreasyonel kullanımlar açısından uygunluğu CCME indeksi kullanılarak değerlendirilmiştir. 20 farklı örnekleme noktasından 10 fizikokimyasal parametre için veriler elde edilmiştir. Sucul yaşam ve rekreasyonel kullanımlar için su kalitesi hedef değerleri Bagmati Havza Su Yönetim Stratejisi ve Yatırım Programından (BBWMSIP 1994) alınmıştır. Sonuçlar, kırsal alanlarda su kalitesinin mükemmelden iyiye doğru değiştiğini, daha yoğun yerleşim yerlerinde ve kentsel alanlarda su kalitesinin düşük olduğunu göstermiştir. Bu sonuçların karar vericilere, çalışma alanındaki yerel halk tarafından nehir suyunun kullanımına ilişkin değerli bilgiler sağlaması beklenmektedir.

Mahagamage ve Manage (2014) tarafından Sri Lanka'daki en büyük nehirlerden biri olan ve Sri Lanka'daki endüstriyel atıkların en büyük alıcısı olan Kelani Nehir suyunun rekreasyon, içme, sulama ve hayvancılık gibi çeşitli su kullanımlarında uygunluğunu değerlendirmek için CCME-WQI uygulanmıştır. Çalışmada Kelani Nehir Havzası ile birlikte 27 yüzey suyu izleme noktasında Ekim 2012-Eylül 2013 döneminde bir yıllık bir süre için izleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. CCME indeksinde kullanılan parametreler; pH, toplam çözünmüş katılar, CO , toplam fosfat, NO_3^- , NO_2^- , sertlik, iletkenlik, BOI , KOI , Toplam Koliform (TK), FK, Cd, Pb, Al, Zn, Cu and Cr' dir. İçme suyu ve sulama suyu için indeks değerlerinin hesaplanmasında Sri Lanka Standartları ve WHO kılavuzları; sulama ve hayvancılık için Kanada Su Kalitesi Yönergeleri dikkate alınmıştır. Sonuçlara göre, indeks değerleri sırasıyla içme ve rekreasyon amaçları için kötü, sulama ve hayvancılık için sırasıyla iyi ve mükemmel olarak kaydedilmiştir.

Farzadkia vd. (2015) tarafından Yamchi Barajı Havzası su kalitesinin (Balikhli, Aghlaghan, Vezleghard ve Jorab Nehirleri) içme ve sulama tüketimleri için uygunluğu CWQI kullanılarak değerlendirilmiştir. 9 aylık örnekleme döneminde (Ocak-Eylül 2011) 9 istasyonda 12 fizikokimyasal parametre (sıcaklık, Eİ , bulanıklık, toplam çözünmüş

madde (TÇM), toplam askıda katı madde (AKM), NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , CO , KOİ , BOİ ve pH) ve 2 biyolojik parametre (TK ve FK) indeks hesabına dahil edilmiştir. İçme ve sulama tüketimlerine yönelik uygun hedefleri belirlemek için İran, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), USEPA ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) standartları ve yönergeleri kullanılmıştır. İçme suyu ve sulama için CWQI hesaplamasında kullanılan parametreler aynıdır, sadece sınır değerler farklıdır. Elde edilen sonuçlara göre içme amaçlı kullanım için tüm istasyonlarda su kalitesinin kötü kalite sınıfında (indeks değeri: 40) yer alırken, sulama için 62-100 arasında indeks değerleri ile orta ve mükemmel kalitede yer almıştır. Balıkçılık faaliyetleri ve Nir Şehri atıksu deşarjı, Yamchi Barajı havzasının ana kirletici kaynakları olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, su kaynağında su kalitesinin iyileştirilmesi için bertaraf öncesi kentsel ve endüstriyel atıksuların arıtılması ve daha sıkı çevre mevzuatlarının yer alması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

de Oliveira vd. (2021) tarafından Brezilya'da Irapé Hidroelektrik Santrali (HES) rezervuarı su kalitesinin zamansal ve mekansal değişimi 2008 yılına ait veriler ile istatistiksel yöntemler ve CCME-WQI kullanılarak, çevresel kalite standartlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Rezervuar ve çevresinde en büyük antropojenik baskı noktalarının belirlenmesi, doğal etkilerin değerlendirilmesi ve rezervuar ve kollarındaki kirleticilerin zamansal dinamiklerinin anlaşılmasına yardımcı olması amacıyla istatistiksel analiz ve CCME-WQI birlikte uygulanmıştır. Çalışmada baskın kirletici kaynaklara odaklanıldığı için rezervuar su kalitesi yönetimi için faydalı sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir.

Perrin vd. (2018) tarafından V'ene (Fransa), Oued Fez ve Sebou (Fas) Nehirlerinin su kalitesinin zamansal ve mekansal değişimlerinin değerlendirilmesinde 25 su kalite indeksinin uygunluğu test edilmiştir. Hiyerarşik küme analizi ile 6 su kalite indeksi (BCWQI, CCME, ME-MCATUHE, NCS, LIMeco score (Italian decree 2010), SEQ-Eau (SEQ-eau 2010)) sonuçları karşılaştırıldığında, iki sahadaki hidrolojik koşullar ne olursa olsun, Fas ve Yunanistan için geliştirilen ME-MCATUHE (MEMATUHE 2002) ve NCS (Skoulkidis vd. 2004) indeksleri ile kurak olmayan veya yarı kurak bölgeler için geliştirilen CCMEWQI ve BCWQI (Zandbergen ve Hall 1998) indekslerinin su kalitesini değerlendirmede en uygun indeksler olduğuna karar verilmiştir. SEQ-Eau en karamsar ve en az iyi ayırt edici indeks olarak belirlenmiştir.

Teodorof vd. (2021) tarafından Romanya-Ukrayna sınırındaki Tuna Nehri'nin kuzey kolu olan Chilia şubesinde 2013-2019 yılları arasında, Yotova vd. (2021) tarafından Bulgaristan'daki Mesta Nehir havzasında 2008-2018 dönemi için ve Zhu vd. (2019) Çin'de bulunan 3 nehirde (Yipin, Huaxi ve Xiangxi Nehirleri) su kalitesini; Barbulescu vd. (2021) tarafından Hindistan'daki Brahmaputra Nehri'nin su kirliliğini değerlendirmek amacıyla CCME indeksi kullanılmıştır.

Genel olarak çalışma alanına, kullanım amacına, analiz edilen parametrelere, bilgi birikimine göre seçilen indeks yöntemleri farklılık göstermektedir. Çalışma alanının su kalitesinin belirlenmesinde en uygun indeks yönteminin hangisi olduğuna karar vermek amacıyla birkaç su kalite indeksi kullanılarak yöntemler arasında elde edilen sonuçlara göre karşılaştırma yapılmaktadır. Bu çalışmalar oldukça faydalı olup ileride bu konuyla ilgili çalışma yapacak olan araştırmacılara katkı sağlamaktadır. Çizelge 2.4'de 2017-2022 yılları arasında yapılmış çalışmaların özet bilgileri sunulmaktadır

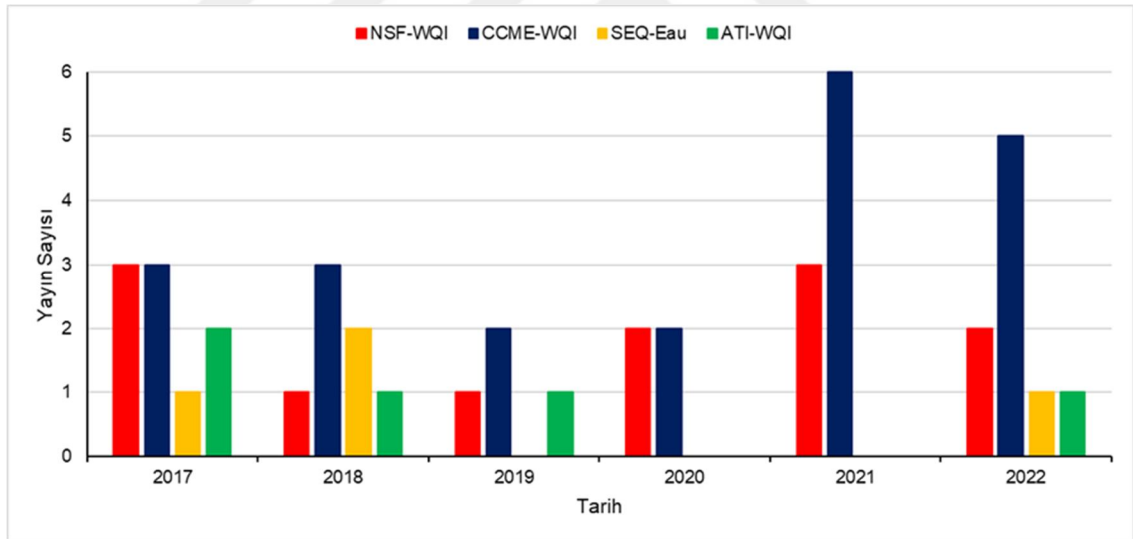
Çizelge 2.4. 2017-2022 yılları arasında yapılmış çalışmaların özeti

Çalışma Alanı	İstasyon sayısı	WQI	Parametreler/Sayısı	Kaynak
Nil Nehri, Mısır	24	CCME, HPI, Kirlilik İndeksi (Ca)(Backman vd. 1997)	<u>CCME için:</u> pH, ÇO, NH ₃ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, Cl ⁻ , Fe, Zn, Ni, Cu, Pb, Cd/12 <u>Diğer parametreler:</u> NH ₃ -N, SO ₄ ²⁻ , Na, Ca, Mg, sertlik, Mn	Abdel-Satar vd. 2017
Punjab Kanjli sulak alanı, Hindistan	4	ATI, HPI, WQI	<u>ATI için:</u> pH, TÇM, ÇO, PO ₄ and metaller (Pb, Zn, Cr, Cu)/8 <u>WQI için:</u> pH, Sıcaklık, İletkenlik, Bulanıklık, Toplam katılar, Çözünmüş katılar, ÇO, KOİ, Sertlik, Ca, Mg, Cl, NO ₃ , PO ₄ /14 <u>HPI için:</u> As, Cr, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Zn/8	Singh vd. 2017
Kamerun'un Merkez-güney orman bölgesinin nehirleri, Orta Afrika	14	SEQ-Eau, IPO	IPO için ; NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , PO ₄ ³⁻ Diğer parametreler; Eİ, ÇO, pH, Sıcaklık, AKM, Renk, Bulanıklık, NO ₃ ⁻ , Alkalinite, Sertlik	Nyamsi Tchatcho vd. 2017
Bagmati Nehri ve önemli kolları (Hanumante, Manohara, Dhobi Khola, Bishnumati Nehri, Nepal)	20	CCME	pH, ÇO, BOİ, PO ₄ , NO ₃ , Cl, Cr, Pb, TKM, TÇM/10	Regmi vd. 2017
Shahr Chai Nehri, Urmıye Gölü havzası, İran	6	NSF, WQI _{min}	NSF için; ÇO, FK, pH, BOİ, Sıcaklık, TP, NO ₃ , Bulanıklık, TKM/9 WQI _{min} için; KOİ, Bulanıklık, FK, TK	Zeinalzadeh ve Rezaei, 2017
Tafna Havzası, Cezayir	5	CCME, NSF, ATI	<u>NSF için 8 parametre:</u> pH, Bulanıklık, Sıcaklık, ÇO, BOİ, PO ₄ ³⁻ , NO ₃ ⁻ , TK <u>Diğer parametreler:</u> SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , NO ₂ , TK, Sertlik, Cl, İletkenlik, KOİ, TKM, TÇM, NH ₃ -N, F, TP, Hg, Se, CN, Ca, Mg, Na, K, Cd, As, Fe, TOK	Hamlat vd. 2017
Ghezel Ozan Nehri, İran	4	NSF	Na, Cl, pH, HCO ₃ , Eİ, Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), TÇM/7	Misaghi vd. 2017
Çoruh Nehir Havzası, Türkiye	4	CCME	pH, Eİ, Na, Cl, SO ₄ , NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, ÇO, BOİ, Bulanıklık, TP/12	Bilgin 2018a
Vène Nehri (Fransa) ve Oued Fez ve Sebou Nehri (Fas)	32	CCME, SEQ-Eau, BCWQI, NCS, LIMeco score, ME-MCATUHE	<u>CCME için:</u> Sıcaklık, pH, Eİ, ÇO, KOİ, Cl, NH ₃ , NO ₃ , NO ₂ , Ortofosfat, TKM, TN, ÇM, Koliform/14 <u>SEQ-Eau için:</u> Sıcaklık, pH, ÇO, %ÇO, BOİ, KOİ, NH ₃ , NO ₃ , NO ₂ , Ortofosfat, TP/11 NCS için; NH ₃ , NO ₃ , NO ₂ , Ortofosfat, TP/5 LIMeco score için; %ÇO, NH ₃ , NO ₃ ve TP/4	Perrin vd. 2018

Çizelge 2.4'ün devamı

Polyphytos Rezervuarı-Aliakmon Nehri, Yunanistan	3	CCME, NSF, Prati Kirlilik İndeksi, Bhargava İndeksi, Oregon WQI, D-WQI ve Ağırlıklı Aritmetik WQI	Prati Kirlilik İndeksi; ÇO, pH, BOİ, KOİ, TKM, NO ₃ -N, NH ₄ -N/7 Bhargava İndeksi; Sıcaklık, ÇO, Eİ, Bulanıklık, BOİ, NH ₄ -N/6 O-WQI ; Sıcaklık, ÇO, pH, BOİ, TKM, NH ₄ -N+NO ₃ -N, TP/7 D-WQI: ÇO, pH, Eİ, BOİ, NO ₃ -N/5	Zotou vd. 2018
Ébrié Lagünü, Abidjan		SEQ-Eau, WQI	TKM, TK, Secchi derinliği, Pb, Cu, Ni, Cr, As, Cd, Zn, Cl, Se, NO ₂ , NO ₃ , Na, Ca, Sülfat, Se, Hg, BOİ, Klorofil-a	Naga vd. 2018
Tuna Nehri	4	CCME, ATI, O-WQI, OIP, U-WQI, B-WQI	ÇO, BOİ, NH ₄ , NO ₃ , TP, pH, Sıcaklık, TKM, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb	Ismail ve Robescu 2019
Kandis Nehri, Air Dingin Nehri, Kuranji Nehri ve Arau Nehri, Padang	6	PI, NSF	<u>PI için:</u> pH, Sıcaklık, TKM, TÇM, BOİ, ÇO, NO ₃ -N, NO ₂ -N, NH ₃ , TP, FK, KOİ/12 <u>NSF için:</u> ÇO, pH, Sıcaklık, PO ₄ ³⁻ , NO ₃ ⁻ , TKM, FK /7	Dewata vd. 2019
Vosvozis Nehri, Kuzey Yunanistan	3	NSF, CCME	Sıcaklık, ÇO, pH, Eİ, Bulanıklık, BOİ, KOİ, TKM, NO ₂ -N, TKN, NO ₃ -N, NH ₄ -N, TP/13	Zotou vd. 2020
Nestos Nehir Havzası, Yunanistan	Ana nehir ve kolları: 11; Rezervuar: 5 istasyon	CCME	Sıcaklık, ÇO, pH, Eİ, TKM, BOİ, KOİ,TKN, Ortofosfat, TP, NO ₂ -N, NO ₃ -N, NH ₄ -N,Klorofil-a,Ağır metaller, AB Direktifi (2008/105/EC) Ek II'de listelenen 33 öncelikli madde	Gikas vd. 2020
İrapé Hidroelektrik Santrali (HES) rezervuarı, Brezilya	14	CCME	Toplam Alkalinite, BOİ, ÇO, Eİ, NO ₃ -N, NH ₄ -N, pH, Sıcaklık, TÇM, TP, Sülfat, Bulanıklık, Termotolerant koliformlar	de Oliveira vd. 2021
El-Beheira Valiliği, Mısır	14	CCME, NSF, B-WQI	NSF için; ÇO, FK, BOİ, pH , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , Sıcaklık değişimi, Bulanıklık, TKM/9 CCME; Kullanılan parametreler belirtilmemiş. Sadece sayısı belirtilmiş:18 B-WQI için; Ph, BOİ, TK, Bulanıklık, Sertlik, Sülfat, NO ₃ , Na, NH ₄ ⁺ , Cl, Eİ, Mg, NO ₂ ,Ca, TKM/15	Hussien vd. 2021
Panipat Nehri, Hindistan	21	CCME, NSF	Sıcaklık, pH, Eİ, TÇM, ÇO, TKM, Cl, Sülfat, Bikarbonat, NO ₃ ⁻ , NO ₃ -N, PO ₄ ³⁻ sfat, F, Ca, Mg, Na, K, Toplam sertlik, BOİ, KOİ	Kaur vd. 2021
Muhazi Gölü, Ruanda	12	NSF	ÇO, FK, BOİ, pH , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , Sıcaklık değişimi, Bulanıklık, TKM/9	Umwali vd. 2021
Jayapura Regency'deki Damsari, Jabawi, Kleblow ve Komba Nehirleri, Endonezya	4	CCME	Sıcaklık, TKM, TÇM, pH, ÇO, KOİ, BOİ, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , TP, Sülfat, Klorür, Sürfaktan, Yağ ve gres, Hg, Cr, Pb, Cd, Ni, Cu, Mn, Fe, Zn, FK, TK/25	Tanjung vd. 2022
Deepor Beel Gölü, Hindistan	10	CCME-WQI, NSF-WQI ve WPM-WQI	Sıcaklık, pH, Eİ, ÇO, BOİ, KOİ, TKM, TÇM, Sertlik, NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻	Roy ve Majumder 2022

Bu tez çalışmasında su kalitesi indeksleri konusunda çalışacak uzman kişilere ve araştırmacılara katkı sağlaması amacıyla uygulanan tüm indeksler için Web of Science web sitesinde 2017-2022 yıllarını kapsayacak şekilde literatür taraması yapılmıştır. Yıllara göre farklı indeksler için yayın sayıları Şekil 2.5'te sunulmaktadır. Buna göre, 4 farklı indeks içerisinde yerüstü su kalitesinin değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan indeksin CCME; ikinci olarak da NSF-WQI olduğu net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca CCME indeksini içeren makale sayısı ile NSF indeksinin yer aldığı makale sayıları karşılaştırıldığında özellikle son 2 yılda 2 kat fazla yayınlanmış makale yer aldığı sonucuna ulaşılabilir. Bu durumun CCME indeksinin uygulanmasında herhangi bir parametre kısıtlamasının olmaması ve mevcut verilere göre istenilen sayıda parametrenin indeks hesabına dahil edilebilmesi avantajlarına sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte literatürde ATI ve SEQ-Eau indeksleri için çok sınırlı sayıda bilimsel yayın olduğu görülmektedir. Özellikle 2019 yılında SEQ-Eau için, 2020 ve 2021 yıllarında SEQ-Eau ve ATI indeksleri için literatürde yayınlanmış herhangi bir çalışma yer almamaktadır. SEQ-Eau indeksinin Fas ve Fransa'da yaygın olarak kullanılması nedeniyle İngilizce kaynaklar oldukça sınırlı sayıdadır. ATI indeks uygulamasında parametrelerin standart olması ve bu parametreler içerisinde ağır metallerin de yer alması kullanıcılar açısından bir dezavantaj olarak değerlendirilebilir. Ek olarak ATI indeksinde parametrelerin eşit öneme sahip olması nedeniyle bazı parametrelerin etkisi gölgelenmektedir ve bu durum çoğu zaman gerçek su kalitesi durumunu yansıtmamaktadır.

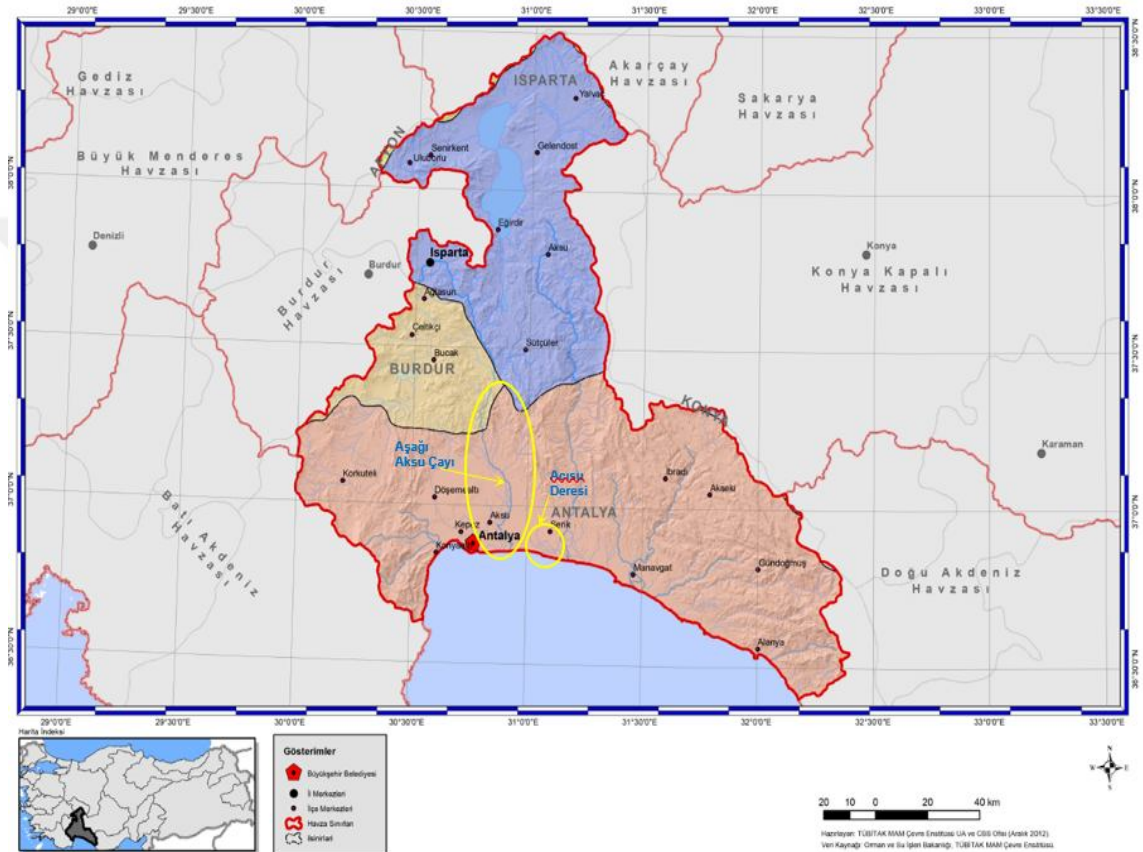


Şekil 2.5. Yıllara göre NSF-WQI, CCME-WQI, SEQ-Eau ve ATI-WQI için yayın sayıları

3. MATERYAL VE METOT

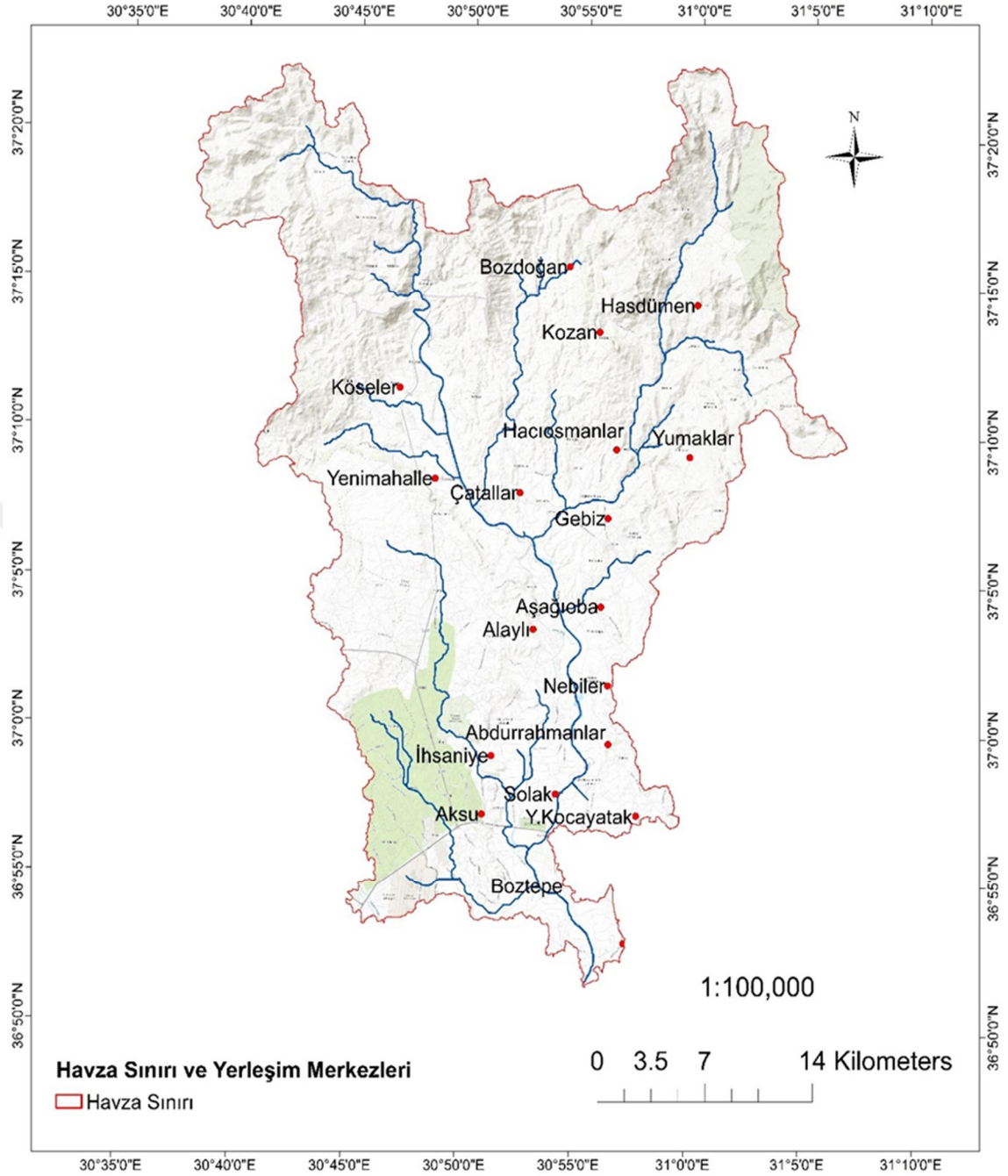
3.1. Aksu Çayı ve Acısu Deresi Çalışma Sahalarının Tanıtımı

Çalışma alanları Antalya Nehir Havzası içinde yer alan Aksu Çayı ve Acısu Deresi'dir. Çalışma alanlarının Antalya Nehir Havzası'ndaki konumu Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Toplam alanı 20331 km² olan Antalya Nehir Havzası, Dim Çayı, Düden Çayı, Manavgat Çayı, Köprüçay ve Aksu Çayı olmak üzere 5 alt havzaya ayrılmıştır (Şekil 3.2).



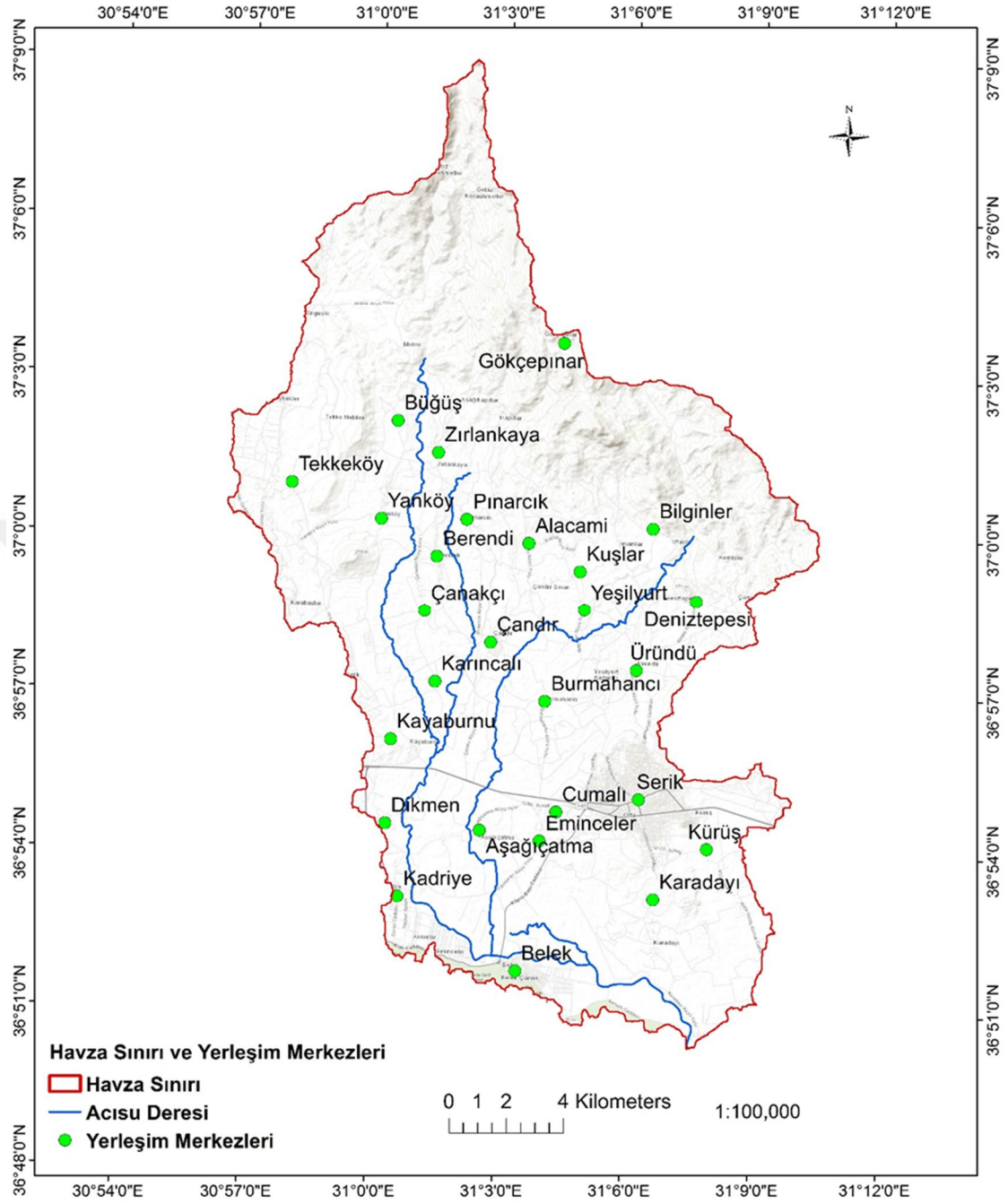
Şekil 3.1. Antalya Nehir Havzasında yer alan çalışma alanlarının konumları (TÜBİTAK MAM 2013)

Çalışma alanlarından biri olan ve Kovada I, Kovada II Hidroelektrik Santrallerini ve Karacaören Barajını besleyen Aksu Çayı, Antalya Nehir Havzası'ndaki akarsulardan biridir ve Akdeniz'e dökülmektedir. Aksu Çayı'nın toplam drenaj alanı 3652 km² olup toplam uzunluğu yaklaşık 145 km'dir. Kuzeybatı ve kuzeydoğudaki dağlık alanlarda yükseltinin fazla olması sebebiyle düşük sıcaklık, fazla yağış ve kar yağışı görülürken, güneyde bulunan düz alanlar genellikle daha sıcaktır ve buharlaşma yüksektir. Havzanın kuzeyinde karasal iklim, kuzeye göre daha dar olan havzanın güneyinde ise Akdeniz iklimi etkilidir. Havzada ortalama hava sıcaklığı 14,4 °C ve yıllık ortalama yağış miktarı 860 mm'dir. Havzadaki kara yükseltileri deniz seviyesi ile deniz seviyesinden 2835 m yüksekliğe kadar değişmektedir. Uzun süreli akış gözlemlerine göre Aksu Çayı'nın ortalama akışı 95 hm³/yıl'dır (Günes 2014). Türkiye Milli Parkı içinde yer alan Kovada



Şekil 3.3. Aşağı Aksu Çayı Havzası havza sınırı ve nehir ağı (Muhammetoğlu 2021)

Tez çalışmasının ikinci uygulama bölgesi olan Acısu Deresi, Antalya şehir merkezine yaklaşık 40 km uzaklıkta olup Aksu ve Köprüçay nehirleri arasında yer almaktadır ve Akdeniz'e dökülmektedir. Bölgede tarım arazileri geniş bir alanı kaplamaktadır. Seracılık faaliyetleri giderek yaygınlaşmakta olup turizm açısından da önemli bir bölge olan Acısu Deresi'nde yerleşim alanları bulunmaktadır ve en önemli yerleşim alanları Serik, Kadriye ve Belek'tir. Acısu Deresi'ne ait yerleşim yerleri Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Çalışma alanlarına ait özet bilgiler Çizelge 3.1'de yer almaktadır.



Şekil 3.4. Acısu Deresi'nin havza sınırı, nehir ağı ve havza içindeki yerleşim alanları (Muhammetoğlu 2021)

Çizelge 3.1. Aksu Çayı ve Acısu Deresi havzalarına ait özet bilgiler (Muhammetoğlu 2021)

	Aksu Çayı Havzası	Acısu Deresi Havzası
Toplam alan	105310 ha	37818 ha
Arazi kullanımı	orman (52444 ha) tarımsal alan (45458 ha) bozuk/açık alan (1459 ha) kayalık (3272 ha) kumlu alan (58 ha) otlak/mera (546 ha) yerleşim bölgeleri (2073 ha)	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	

3.2. Su Kalitesi İzleme Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında Karacaören-2 Baraj çıkışına yakın bir noktadan denize döküldüğü mansap noktasına kadar yaklaşık 60 km'lik nehir kesitini içeren Aksu Çayı üzerinde 10 adet izleme istasyonu ve 2 adet yan kol giriş noktasında su kalite izleme çalışmaları Eylül 2020 tarihinde başlanarak 1 yıl süreyle aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Aksu Çayı üzerinde bulunan tüm istasyonlara ait bilgiler Çizelge 3.2'de verilmiş ve izleme noktaları Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

Aksu Çayı'nda izleme yapılan istasyonlar için izlenen parametreler ve bu parametrelerin izleme sıklığı, parametrelerin ölçüm ve analiz çalışmalarının gerçekleştirildiği kurum/kuruluşu ait bilgiler Çizelge 3.3'te sunulmuştur.

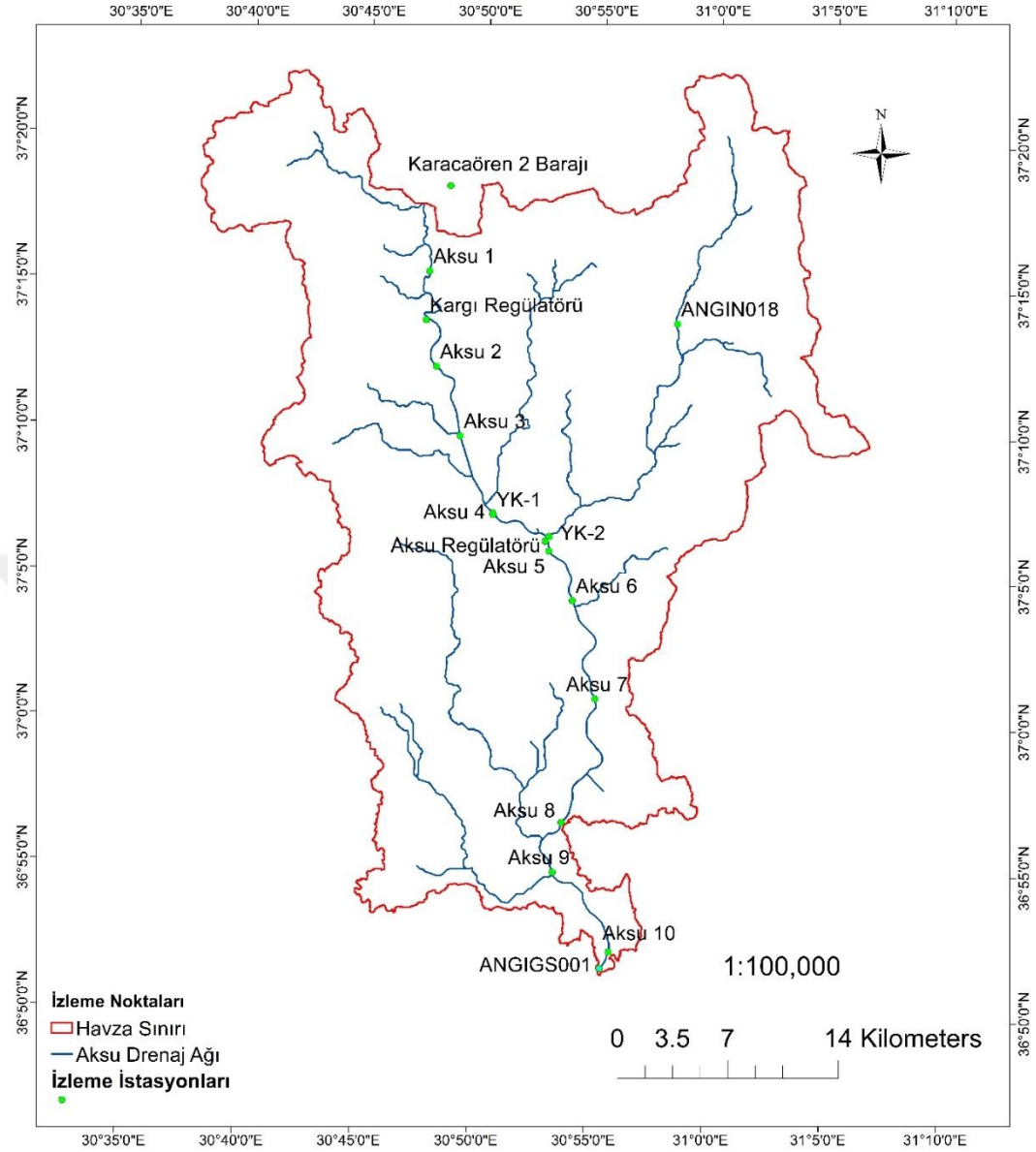
Memba noktasından denize döküldüğü mansap noktasına kadar yaklaşık 40 km'lik nehir kesitini içeren Acısu Deresi üzerinde 9 adet izleme istasyonu ve 3 adet yan kol giriş noktasında su kalite izleme çalışmaları aylık olarak 1 yıl boyunca gerçekleştirilmiştir. Acısu Deresi üzerinde seçilen tüm istasyonlara ait bilgiler Çizelge 3.4'te verilmiş ve izleme noktaları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Aksu Çayı su kalitesi izleme istasyonlarına ait bilgiler

İstasyon No	Açıklama	Enlem	Boylam
Aksu-1 (memba)	Karacaören-2 Baraj çıkışına yakın	37°15'27" N	30°47'38"E
Aksu-2	Nehir kenarı	37°12'11" N	30°48'01"E
Aksu-3	Köprü üstü	37°09'49" N	30°49'06"E
Aksu-4	Nehir kenarı	37°07'12" N	30°50'34"E
YK-1 (Yan kol girişi)	Yüksek debili – drenaj kanal bağlantısı	37°07'09" N	30°50'35"E
YK-2 (Küçük Aksu Çayı – yan kol girişi)	Doğal dere	37°06'26" N	30°53'00"E
Aksu-5	Köprü üstü	37°05'56" N	30°53'00"E
Aksu-6	Köprü üstü	37°04'13" N	30°54'03"E
Aksu-7	Yol geçişi var.	37°00'52" N	30°55'06"E
Aksu-8	Expo Köprüsü üstü Antalya Havzası İzleme Programı kapsamında izlenen ANGİN010 ile aynı konum	36°56'37" N	30°53'48"E
Aksu-9	Köprü üstü	36°54'54" N	30°53'27"E
Aksu-10 (mansap)	Köprü üstü	36°52'12" N	30°55'55"E

Acısu Deresi'nde izleme yapılan istasyonlar için izlenen parametreler ve bu parametrelerin izleme sıklığı, parametrelerin ölçüm ve analiz çalışmalarının gerçekleştirildiği kurum/kuruluşa ait bilgiler Çizelge 3.5'te sunulmuştur.

Aksu Çayı için fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin analizleri bir yıl boyunca aylık periyotlarda, ağır metal analizleri (Zn, Mn, Cr, Cu, Pb, Ni) ise bir yıl boyunca sadece 1 kez izlenmiştir. 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.



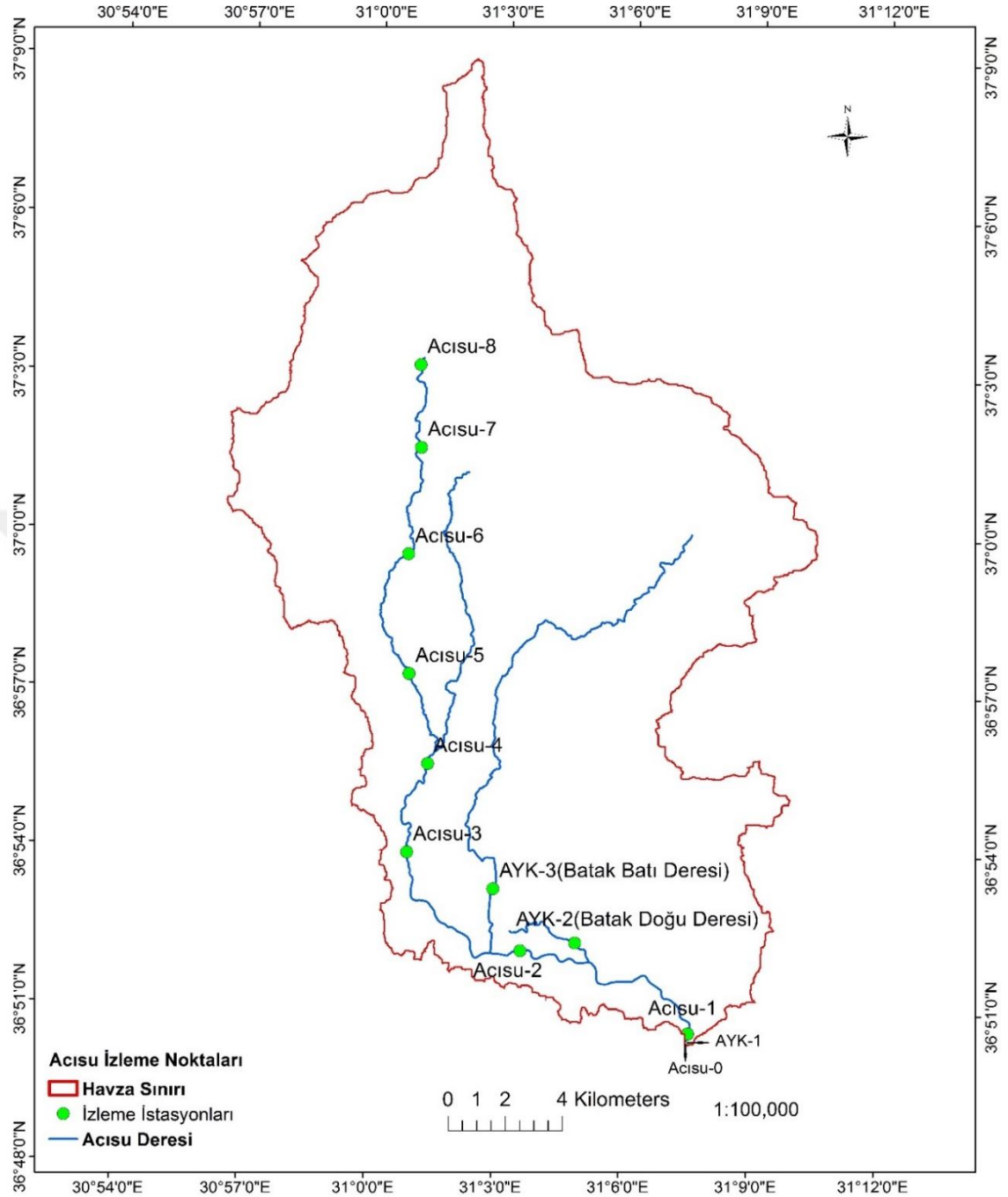
Şekil 3.5. Aksu Çayı'nda ölçüm/örnekleme yapılan istasyonlar (ANGİGS001 ve ANGİN018 nolu istasyonlar Antalya Havzası İzleme Programı'nda yer alan izleme istasyonlarıdır, Aksu-8 izleme noktasında ANGİN010 nolu izleme istasyonu vardır) (Muhammetoğlu 2021)

Çizelge 3.3. Aksu Çayı’nda izleme çalışmasına ait özet bilgiler

	Genel fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametreler	Ağır metal analizleri	Debi
Gerçekleştiren kurum/kuruluş	Proje ekibi	Akredite özel bir laboratuvar	DSİ 13. Bölge Müdürlüğü ekibi
İzleme sıklığı	aylık	yıllık	aylık
Aksu-1 (memba)	✓	✓	✓
Aksu-2	✓		
Aksu-3	✓		
Aksu-4	✓	✓	
YK-1	✓		✓
YK-2	✓		✓
Aksu-5	✓	✓	
Aksu-6	✓		
Aksu-7	✓		
Aksu-8	✓	✓	
Aksu-9	✓	✓	
Aksu-10 (mansap)	✓	✓	✓

Çizelge 3.4. 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

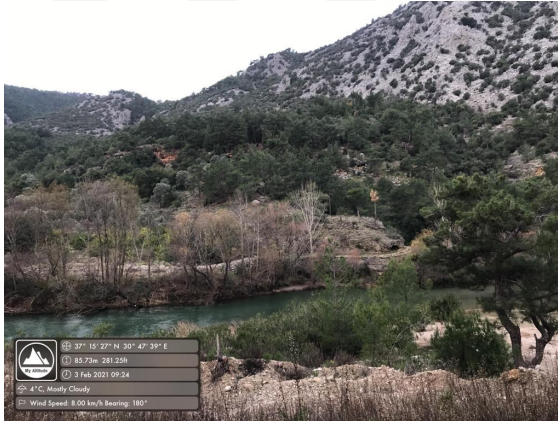


Şekil 3.6. Acisu Deresi’nde ölçüm/örnekleme yapılan istasyonlar (Muhammetoğlu 2021)

Su kalitesi izleme çalışmalarında hem Aksu Çayı hem de Acisu 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 örneklemin yapıldığı beşinci su kalitesi izleme çalışması, Aksu Çayı için 3 Şubat 2021, Acisu Deresi için 4 Şubat 2021 tarihinde gerçekleştirilmiş olup tüm izleme noktalarına ait görseller Şekil 3.7-3.18’de sunulmuştur.

Çizelge 3.5. 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)	✓		



(a)



(b)

Şekil 3.7. 03 Şubat 2021 tarihinde **a)** Aksu-1; **b)** Aksu-2 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.8. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-3; b) Aksu-4 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.9. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-5; b) Aksu-6 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.10. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-7; b) Aksu-8 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.11. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-9; b) Aksu-10 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.12. 03 Şubat 2021 tarihinde a) Aksu-YK1; b) Aksu-YK 2 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.13. 04 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-8; b) Acısu-7 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.14. 04 Şubat 2021 tarihinde **a)** Acısu-6; **b)** Acısu-5 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.15. 03 Şubat 2021 tarihinde **a)** Acısu-4; **b)** Acısu-3 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.16. 04 Şubat 2021 tarihinde **a)** Acısu-2; **b)** Acısu-1 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.17. 04 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-0; b) Acısu-YK 3 izleme noktaları



(a)



(b)

Şekil 3.18. 04 Şubat 2021 tarihinde a) Acısu-YK 1; b) Acısu-YK 2 izleme noktaları

3.3. Numune Alımı ve Korunması

İzleme istasyonlarında numuneler, fizikokimyasal parametreler için 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 kullanılmıştır 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. Aksu Çayı ve Acısu Deresi su kalite izleme çalışmaları sabah erken saatlerden başlayıp öğleden sonraya kadar toplam 2 günde gerçekleştirilmektedir. Toplanan su numunelerinin analizlerini gerçekleştirmek amacıyla su numuneleri 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.

3.3.1. Örneklem ve analiz

Sıcaklık, pH, Eİ, ÇO konsantrasyonu ve doygunluk yüzdesi parametrelerinin ölçümleri, 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 3.6'da özetlenmiştir.

Su kalite indekslerinin hesaplanması için gerekli olan Zn, Mn, Cr, Cu, Pb ve Ni parametreleri için Ocak 2021 döneminde bazı izleme istasyonlarından alınan su numuneleri için analizler Ankara'da bulunan akredite özel bir laboratuvarında (Çınar Çevre Laboratuvarı) gerçekleştirilmiştir. Analizler ICP-MS 7700 (Cihaz Markası: AGILENT TECHNOLOGIES 7700 Series ICP-MS 7700e (G5700A) ASX-500 Series ICP-MS Autosampler) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Belirtilen parametreler için analiz metodu, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde tanımlanan yıllık ortalama ve maksimum Çevresel Kalite Standardı değerleri (YO-ÇKS ve MAK-ÇKS), tespit limiti (LOD) ve tayin limiti (LOQ) Çizelge 3.7'de sunulmuştur.

Çizelge 3.6. Bakteriyolojik parametrelerin analizine ait özet bilgiler (Myers ve Sylvester 1997; APHA 1998)

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

Çizelge 3.7. İzleme çalışmasında analiz edilen ağır metaller için analiz metodu, tespit ve tayin limitleri ile YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerleri

Parametre	Birim	LOD	LOQ	YO-ÇKS Nehirler µg/L	MAK-ÇKS Nehirler µg/L	Analiz Metodu
Bakır	mg/L	0,00033	<0,001	1,6	3,1	TS EN ISO 15587-1.2
Çinko	mg/L	0,00033	<0,001	5,9	231	
Kurşun	mg/L	0,00017	<0,0005	1,2	14	
Mangan	mg/L	0,00017	<0,0005	---	---	TS EN ISO 17294-1.2
Nikel	mg/L	0,0017	<0,005	4	34	
Krom	mg/L	0,00033	<0,001	1,6	142	

3.4. Çalışma Alanlarına Ait Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Literatürde Aksu Çayı ile ilgili yapılmış çok az sayıda çalışma yer almaktadır. Kalyoncu vd. (2009) tarafından Aksu Çayı'nın su kalitesi Şubat 2000-Temmuz 2001 tarihleri arasında bentik omurgasızlara ve diatomlara göre seçilen biyotik indeksler kullanılarak değerlendirilmiştir ve kullanılan indekslerin karşılaştırması ilk kez bu çalışmada yapılmıştır. Kalyoncu vd. (2008a,b) tarafından Şubat 2000-Temmuz 2001 tarihleri arasında gerçekleştirilen çalışmalarda, Aksu Çayı'nın fizikokimyasal parametreler kullanılarak su kalitesinin belirlenmesi ve makroomurgasız ve alg çeşitliliğine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Şener vd. (2017) tarafından Ekim 2001- Mayıs 2012 tarihleri arasında gerçekleştirilen çalışmada, Aksu Çayı'nın su kalitesi fizikokimyasal parametreler

kullanılarak değerlendirilmiştir. İzleme çalışmalarından elde edilen sonuçlar, Dünya Sağlık Örgütü ve Türkiye içme suyu kalite standartlarına göre değerlendirilmiştir. Son olarak bir su kalite indeksinin hesaplanmasında pH, HCO₃, Cl, SO₄, Na, Ca, Mg, KOİ, NO₃, NO₂, Pb, Cr ve Mn parametreleri kullanılmıştır. Elde edilen indeks değerlerine göre Aksu Çayı'nın kuzeyinde ve güneyinde su kalitesinin zayıf olduğu sonucuna varılmıştır.

Şimşek vd. (2020) tarafından Antalya ili Aksu ilçesi Solak Köyü'nde tarımsal potansiyeli yüksek alüviyal depozitler üzerinde gelişen arazilerin yetenek sınıfları haritalanmış ve arazi kullanım planlaması kararlarında kullanılmak amacıyla değerlendirilmiştir.

Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde 2018 yılında tamamlanan bir yüksek lisans tez çalışmasında ise Aşağı Aksu Çayı Havzasının Karacaören Barajı ile Akdeniz arasında kalan alandaki jeolojik birimlerin geçirimsizlik özellikleri ve SCS (Soil Conservation Service) eğri numaraları yöntemi ile yağış-akış ilişkisi ele alınmıştır (Adanır 2018).

Acısu Deresi'ne ait literatürde sadece bir tane çalışma yer almakta olup, Kaman vd. (2011) tarafından 2010 yılı Haziran ayında 10 km'lik bir nehir kesiti için EI, pH ve NO₃ parametrelerinin mekansal değişimi incelenmiş ve deniz suyu girişi tespit edilmiştir.

3.5. Su Kalite İndeksleri

Çalışma kapsamında Aksu Çayı'nda ve Acısu Dere'sinde yer alan istasyonlarda Eylül 2020 ve Eylül 2021 dönemi boyunca aylık olarak izleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışmasından elde edilen verilerin yorumlanmasında 4 farklı indeks yöntemi karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır ve çalışma bölgelerinin su kalitesini sınıflandırmada en uygun indeks yöntemi belirlenmiştir.

3.5.1. Kanada çevre bakanlığı konseyi su kalite indeksi (CCME-WQI)

Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalitesi İndeksi (CCME-WQI), su kalitesi yönetmeliklerine göre su kalitesini değerlendirmek, karmaşık su kalitesi verilerini özetlemek, üst düzey yöneticiler ve teknik bilgi donanımına sahip olmayan kişiler için anlaşılır düzeyde sonuçlar sunmak için bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, suda yaşayan canlıların korunmasına yönelik yüzey suyunun spesifik kurallara uygun olarak değerlendirilmesi için geliştirilmiştir (Alver ve Baştürk 2019). Bu indeks, British Columbia Çevre Bakanlığı tarafından geliştirilen ve Alberta Environment tarafından modifiye edilen bir formüle dayanmaktadır (CCME 2001a, b; Lumb vd. 2011a,b). CCME indeksi 2007 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından Küresel İçme Suyu Kalite İndeksi (GDWQI) için bir model olarak onaylanmıştır (Lumb vd. 2011a).

Bu indeksin hesaplanmasında, en az dört parametre ve bu parametrelerin en az dört ölçümü gereklidir (Lumb vd. 2011a; CCME 2001a,b). En fazla 20 değişken kullanılması tavsiye edilmektedir. 20'den fazla değişkenin kullanılmasının uygun olduğu durumlarda, baskı etkeni sayısını azaltmak için konu alanı mümkünse alt bölümlere (örn. farklı su kullanımlarına) ayrılmalıdır (CCME 2017). Bu indekste en dikkat edilmesi gereken nokta aylık olarak hesaplamaya uygun olmamasıdır. Mevsimsel olarak ya da 12

dönem analiz ve ölçüm sonuçları kullanılarak hesaplama yapılması uygundur. Aksi takdirde hedefleri karşılamayan parametre sayısı ile başarısız test sayısı aynı değeri vermektedir. Bu da F_1 ve F_2 sonuçlarının aynı veya çok yakın bir değerde çıkmasına neden olmaktadır.

CCME indeksinin avantajları;

- Girdi parametrelerinin ve hedeflerinin seçiminde esneklik sağlar,
- Farklı birimlerdeki çeşitli ölçümler birleştirilip tek değer haline getirilir,
- Farklı yasal gerekliliklere ve farklı su kullanımına uyumludur,
- Çok değişkenli karmaşık verileri istatistiksel olarak basitleştirmektedir,
- Hesaplanması kolaydır,
- Eksik verilere toleranslıdır.

CCME indeksinin dezavantajları ise;

- Tüm değişkenler aynı öneme sahiptir,
- Farklı ekosistem türlerine taşınabilirliği yoktur,
- 4'ten az parametre dikkate alındığında veya aralarında çok fazla kovaryans olduğunda F_1 doğru sonuç vermemektedir,
- Her bir bölgeye özgü hedefler ve belirli su kullanımı hakkında bilgi kaybı olabilmektedir (Tyagi vd. 2013).

İndeks üç unsur içermektedir:

1. Kapsam (F_1): Su kalitesi hedeflerini karşılamayan değişkenlerin (parametrelerin) sayısı;
2. Frekans (F_2): Bu hedeflere ulaşılma sıklığı ve
3. Genişlik (F_3): Hedeflerin karşılanmadığı miktar.

Su kütlesi, zaman periyodu, değişkenler ve hedefler tanımlandıktan sonra, indeksi oluşturan üç faktörün her biri hesaplanmalıdır. F_1 ve F_2 'nin hesaplanması nispeten basittir; F_3 bazı ek adımlar gerektirir (CCME 2001a, b).

F_1 (Kapsam), ölçülen toplam parametre sayısına göre, söz konusu dönemde su kalitesi mevzuatlarında verilen hedef değeri aşan parametrelerin yüzdesini ("başarısız parametreler") temsil eder (Dede ve Sezer 2017):

$$F_1 = \frac{\text{Başarısız parametre sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} \times 100$$

F_2 (Frekans), hedefleri karşılamayan testlerin yüzdesini temsil eder ("başarısız testler"):

$$F_2 = \frac{\text{Başarısız test sayısı}}{\text{Toplam test sayısı}} \times 100$$

F_3 (Genişlik), başarısız test değerlerinin hedeflerine ulaşma miktarını temsil eder. F_3 üç adımda hesaplanır:

Ağırlıklı indeksi hesaplama formülü aşağıdaki gibidir:

F_3 (Genişlik), başarısız test değerlerinin hedeflerine ulaşma miktarını temsil eder. F_3 üç adımda hesaplanır:

a) Değişken değerinin hedef değeri karşılamadığı test sayısı sapma olarak adlandırılır ve şu şekilde hesaplanır.

i) Değişkenin değerinin hedef değerden fazla olamayacağı durumlar için:

$$sapma_i = \left(\frac{\text{Başarısız test değeri}}{\text{Hedef değeri}} \right) - 1$$

ii) Değişkenin değerinin hedef değerden az olamayacağı durumlar için:

$$sapma_i = \left(\frac{\text{Hedef değeri}}{\text{Başarısız test değeri}} \right) - 1$$

iii) Hedef değerin sıfır olduğu durumlar için:

$$sapma_i = \text{Başarısız test değeri}$$

b) Bu aşamada, ilk adımda elde edilen sapmaların toplamının toplam test sayısına (hedef değeri karşılayan ve karşılamayan) oranı belirlenir. Bu oran normalleştirilmiş sapmalar toplamı (nse) olarak adlandırılır:

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n sapma_i}{\text{Toplam test sayısı}}$$

c) Son aşama, nse değerlerinin hedef değerlerden 0'dan 100 aralığına ölçeklendirilmesi ile F_3 'ün hesaplanmasını içerir:

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right)$$

Bu üç faktörün birleştirilmesi ile su kalitesini çok kötü kaliteden yüksek kaliteye doğru tanımlayan ve 0 ile 100 arasında olan tek bir değer elde edilir:

$$CCME-WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$$

İndeks, 0 (en kötü su kalitesi) ile 100 (en iyi su kalitesi) arasında bir değer üretir. İndeks beş tanımlayıcı kategoriye ayrılmıştır. CCME indeks değeri belirlendikten sonra, su kalitesi aşağıdaki kategorilerden biriyle ilişkilendirilerek sınıflandırılır (CCME 2001a, b):

Çizelge 3.8. CCME indeksine göre kalite sınıflandırması (CCME 2001a, b)

CCME-WQI	Su Kalite Sınıfı	Tanım
0-44	Çok Kötü	Su kalitesi neredeyse her zaman tehdit altındadır veya bozulmuştur; koşullar sıklıkla doğal veya istenen seviyelerden uzaklaşır.
45-64	Kötü	Su kalitesi sıklıkla tehdit altındadır veya bozulmuştur; koşullar genellikle doğal veya istenen seviyelerden uzaklaşır.
65-79	Orta	Su kalitesi genellikle korunur, ancak zaman zaman tehdit altındadır veya bozulmuştur; koşullar bazen doğal veya istenen seviyelerden uzaklaşır.
80-94	İyi	Su kalitesinin korunduğu sadece küçük bir tehdit veya bozulma derecesine maruz kaldığı durumdur; koşullar nadiren doğal veya istenen seviyelerden uzaklaşmaktadır.
95-100	Mükemmel	Su kalitesinin korunduğu tehdit veya bozulmanın olmadığı; doğal veya bozulmamış seviyelere çok yakın koşullardır.

3.5.2. Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI)

1970 yılında Ulusal Sanitasyon Vakfı tarafından geliştirilen NSF indeksi, tüm dünyada genel su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan, hakemli dergiler ve devlet kurumlarında en yaygın olarak benimsenen indekslerden biridir ve çeşitli su kaynaklarının su kalitesini karşılaştırmak için önerilmiştir (Brown vd. 1970; Sutadian vd. 2016). Bu indeks çok çeşitli alanlar üzerinde test edilmiş ve farklı coğrafi bölgelerdeki su kütlelerinin kirlilik durumunu belirlemek için kullanılmıştır (Samantray vd. 2009; Bonanno ve Giudice 2010). Bu indeks formüle etmek için uzmanların görüşünü dikkate alan Delphi tekniği kullanılmıştır. İndeksin geliştirilmesi aşamasında, su kalitesi üzerinde çalışan 142 uzmana 35 kirlenici parametre için anket yapılmış ve hangi parametrelerin indekse dahil edilmesi gerektiği sorulmuştur (Brown vd. 1970; Mitchell ve Stapp 2000; Song ve Kye Hyun 2009). Böylece indeksin hesaplanmasında 9 su kalite parametresinin dahil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu parametreler:

- Çözünmüş Oksijen (ÇO),
- Fekal koliform,
- BOİ₅,
- Nitrat (NO₃⁻),
- Fosfat (PO₄⁻³-P),
- pH,
- Bulanıklık,
- Toplam Katı Madde (TKM) ve
- Sıcaklık Değişimi (ΔT) 'tır.

Farklı su kaynaklarının su kalite sınıflarının belirlenmesinde, 9 parametreden daha az parametre ile çalışılmak istenirse, ağırlık değerleri toplamı 1 olacak şekilde NSF su kalite indeksi modifiye edilebilmektedir.

NSF su kalite indeksinin avantajları;

- Verileri tek bir indeks değerinde nesnel, hızlı ve tekrarlanabilir bir şekilde özetler,
- Alanlar arası değerlendirme ve su kalitesindeki değişimleri belirler,
- İndeks değeri potansiyel bir su kullanımı ile ilgilidir.

Dezavantajları ise;

- Genel su kullanımını gösterir, suyun özel kullanımını temsil etmez,
- Veri işleme sırasında veri kaybına neden olur,
- Karmaşık çevresel konularda mevcut olan belirsizlik ve öznellik ile başa çıkamamak şeklinde özetlenebilir (Tyagi vd. 2013).

Belirli bir parametre için suyun kalitesi ‘C’ değeri ile temsil edilmektedir. Her su kalitesi parametresine ağırlık faktörü olarak bilinen bir değer atanır. Her parametre için ağırlık faktörü değeri 0 ile 1 arasında değişir, böylece 9 parametrenin tümü için ağırlık faktörlerinin toplamı 1 olur. Her parametre için su kalite indeksi C değeri ve ağırlık faktörünün ürünü olarak verilir. Genel indeks değeri, 9 su kalitesi indeksinin toplamı ile elde edilir. Genel su kalite indeks değeri 0 ile 100 aralığında değişir ve su kalitesi beş sınıfa ayrılır (Thukral vd. 2005). NSF su kalite indeksi aralıkları Çizelge 3.9’da sunulmaktadır.

Çizelge 3.9. NSF Su Kalite İndeksine göre kalite sınıflandırması (Brown vd. 1970)

NSF-WQI	Su Kalite Sınıfı
0-25	Çok Kötü
26-50	Kötü
51-70	Orta
71-90	İyi
91-100	Mükemmel

NSF-WQI aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$NSF-WQI = \left(\sum_{i=1}^n P_i C_i \right)$$

NSF-WQI: Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi

i: 1’den 9’a kadar su kalite parametreleri

n: Su kalite parametre sayısı

C_i: i’nci parametrenin alt indeks değeri

P_i: i’nci parametrenin ağırlık değeri

Alt indeksler, çok kriterli bir analiz için su kalitesi değişkenlerinin farklı birimlerini ve boyutlarını ortak bir ölçeğe dönüştüren değer fonksiyonlarıdır (Song ve Kye Hyun 2009). C_i değerleri, incelenen dokuz parametrenin konsantrasyonlarına karşılık gelen değerler olup, bu değerlerin okunacağı abaklar “Field Manual for Water Quality Monitoring” adlı kitapta yer almaktadır ve Şekil 3.19’da sunulmaktadır (Mitchell ve Stapp 2000). NSF indeksinde kullanılan parametrelere ait ağırlık etki değerleri Çizelge 3.10’da sunulmaktadır.

Alt indeks ve NSF-WQI değeri daha hızlı ve pratik bir yol izlemek açısından, Calculator NSF-WQI Online (<https://www.knowyourh2o.com/outdoor-3/water-quality-index-calculator-for-surface-water>) sitesinden Şekil 3.19’da görüldüğü gibi parametrelerin ölçüm ve analiz sonuçları girildiğinde doğrudan, ücretsiz bir şekilde elde edilebilmektedir. Web sitesi halka açık olup kullanıcıya su kalitesi raporu sunmaktadır. Bu raporda NSF-WQI değeri, indeks değerinin hesaplanmasında dikkate alınan parametre sayısı ve bu parametrelere atanan ağırlıklı etki değerleri yer almaktadır. Effendi ve Romanto (2015) tarafından Ciambulawung Nehri’nin su kalite durumunun belirlenmesinde NSF-WQI ve kirlilik indeksi kullanılmıştır. NSF-WQI indeksi normalde 9 parametre ile hesaplanırken bu çalışmada FK parametresi çıkarılarak modifiye edilmiştir. Yeni ağırlıklı etki değerleri (W_i), Calculator NSF-WQI Online (<http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm>) tarafından elde edilmiştir. Elde edilen kirlilik indeksi ve NSF indeks değerlerine göre nehrin su kalitesi iyi olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 3.20’de alt indekslerin hesaplanmasında kullanılan eğriler gösterilmektedir.

The screenshot displays the NSF-WQI Online calculator interface. It is divided into two main sections, (a) and (b), each containing input fields for different parameters and their corresponding WQI values.

Section (a) Parameters:

- Latitude:** 41.2539752
- Longitude:** -76.04861919999999
- Dissolved Oxygen Sat(%):** 89.5 (WQI: 95)
- Fecal Coli:** 3 (WQI: 86)
- pH:** 8.18 (WQI: 78)
- BOD:** 6.45 (WQI: 48)

Section (b) Parameters:

- Temperature:** 3.252 (WQI: 80)
- Total Phosphate:** 0.0070 (WQI: 100)
- Nitrate:** 1.70 (WQI: 95)
- Turbidity:** 4.29 (WQI: 87)
- Total Solids:** 234 (WQI: 68)

(a)

(b)

Şekil 3.19. a) Ç.O Doygunluk, Fekal Koliform, pH, BOİ parametreleri için girilen ölçüm ve analiz sonuçlarına karşılık alt indeks değerleri; **b)** Toplam Fosfor, Nitrat, Bulanıklık, Toplam Katılar için alt indeks değerleri girilen ölçüm ve analiz sonuçlarına karşılık alt indeks değerleri; **c)** Su Kalitesi Raporu (<https://www.knowyourh2o.com/outdoor-3/water-quality-index-calculator-for-surface-water>)

Water Quality Report → Su Kalitesi Raporu

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	95
Fecal Coliform	0.16	86
pH	0.11	78
Biochemical oxygen demand	0.11	48
Temperature Change	0.10	80
Total Phosphate	0.10	100
Nitrates	0.10	95
Turbidity	0.08	87
Total Solids	0.07	68

Calculate overall WQI

Factors entered

9

Parametre sayısı

Overall Water Quality Index

83

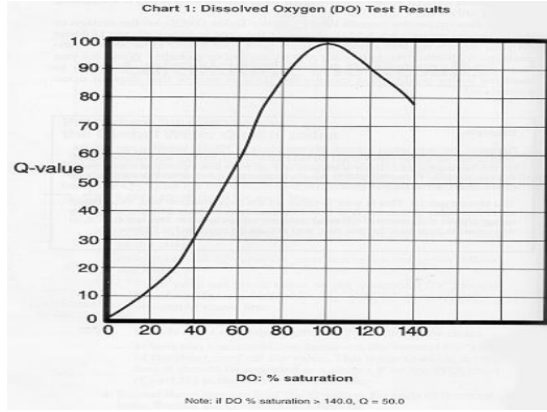
Genel Su Kalite İndeks Değeri

(c)

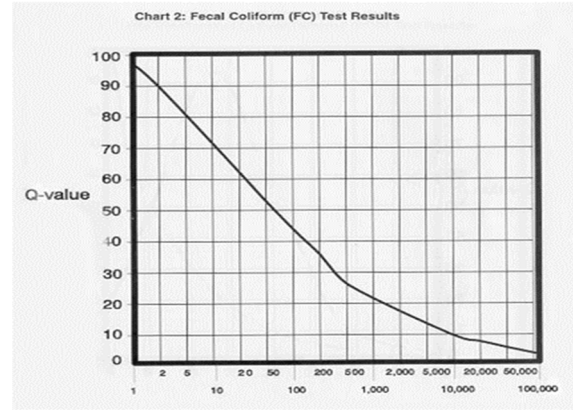
Şekil 3.19'un devamı

Çizelge 3.10. NSF-WQI'da kullanılan parametrelere ait ağırlıklı etki değerleri (Baştürk ve Alver 2019)

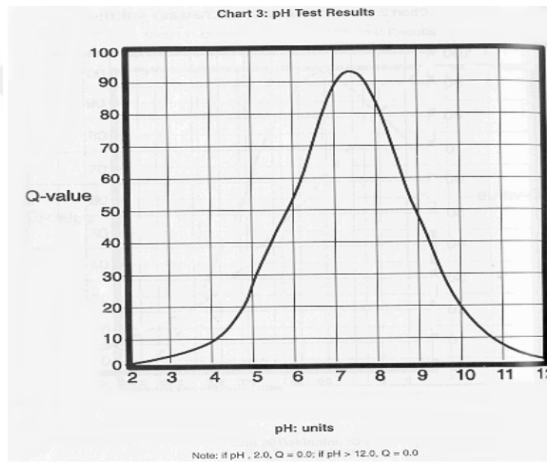
Parametre	Ağırlık Değeri
Çözülmüş Oksijen	0,17
Fekal Koliform	0,16
pH	0,11
BOİ ₅	0,11
NO ₃	0,10
PO ₄ -P	0,10
Sıcaklık	0,10
Bulanıklık	0,08
Toplam katı madde	0,07
$\sum W_i$	1,00



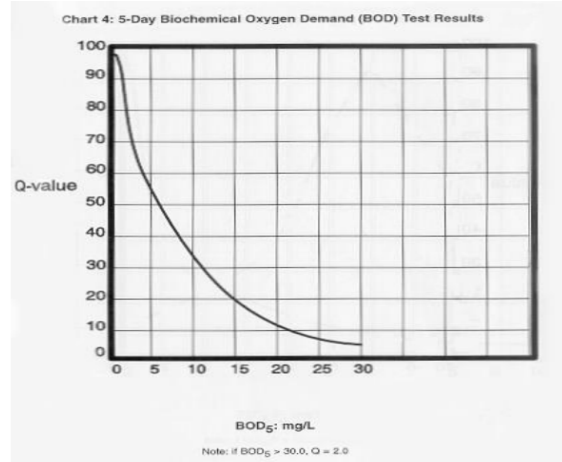
(a)



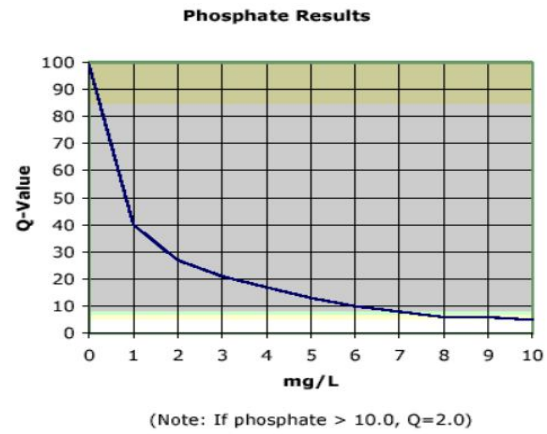
(b)



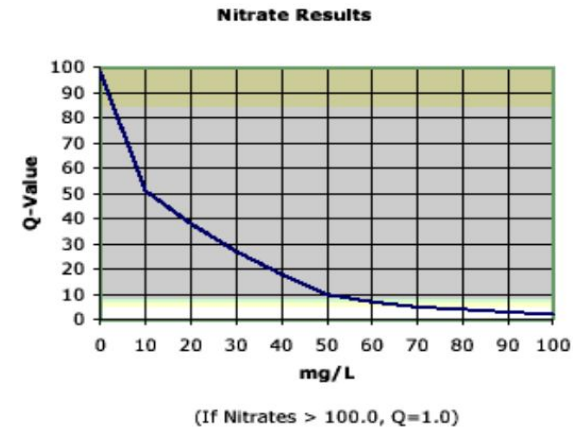
(c)



(d)

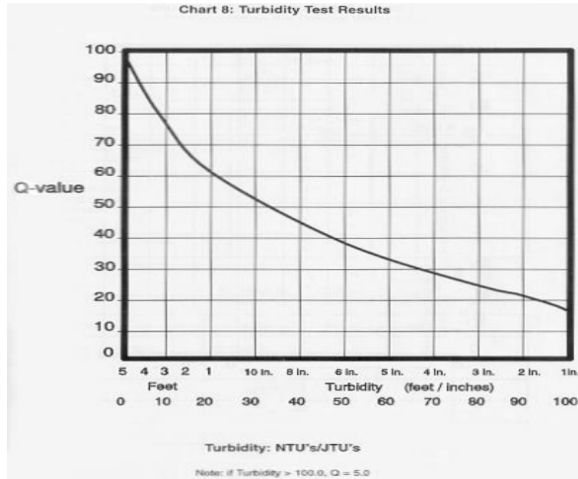


(e)

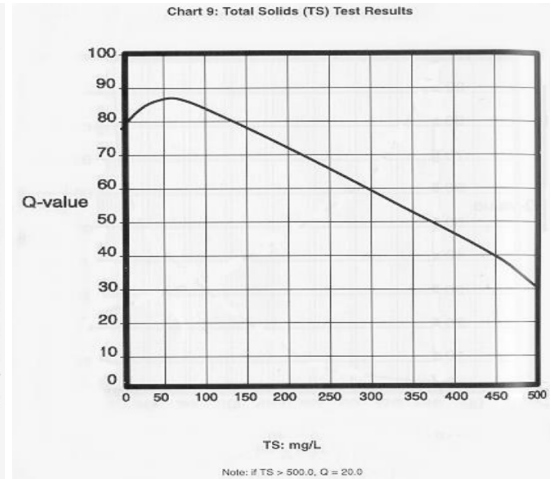


(f)

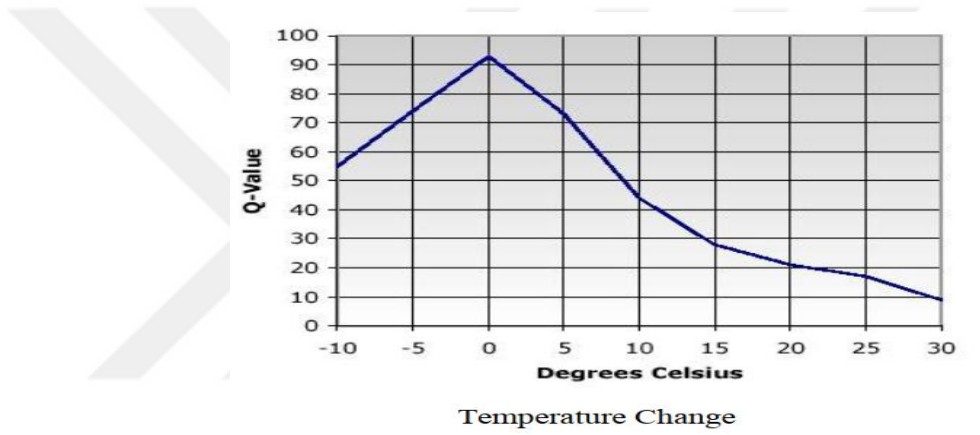
Şekil 3.20. a) Çözünmüş oksijen doygunluk için alt indeks eğrisi; b) Fekal koliform için alt indeks eğrisi; c) pH için alt indeks eğrisi; d) Biyokimyasal oksijen ihtiyacı için alt indeks eğrisi; e) Fosfat için alt indeks eğrisi; f) Nitrat için alt indeks eğrisi; g) Bulanıklık için alt indeks eğrisi; h) Toplam katılar için alt indeks eğrisi i) Sıcaklık değişimi için alt indeks eğrisi



(g)



(h)



(i)

Şekil 3.20'nin devamı

3.5.3. Sucul toksisite indeksi (ATI)

ATI, su ortamında su kütlelerinin kalitesini değerlendirmek için Wepener vd. tarafından 1992 yılında geliştirilmiştir. Bu indeks, su kalitesi parametrelerinin özellikle balıklar olmak üzere su yaşamı üzerindeki toksik etkileri dikkate alınarak geliştirilmiştir. Bu indekste kullanılan su kalitesi parametreleri:

- pH,
- Çözünmüş Oksijen,
- Bulanıklık,
- Amonyum,
- Toplam Çözünmüş Tuzlar,
- Florür,
- Potasyum,
- Ortofosfat,
- Toplam çinko,

- Mangan,
- Krom,
- Bakır,
- Kurşun ve
- Nikeldir.

Bu indeksin yönetim kararlarını kolaylaştırmak için su kalitesi bilgilerinin yorumlanmasına yardımcı olması amaçlanmıştır (Wepener vd. 1992). Nihai indeks değeri, ağırlıksız katkı toplama fonksiyonu kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

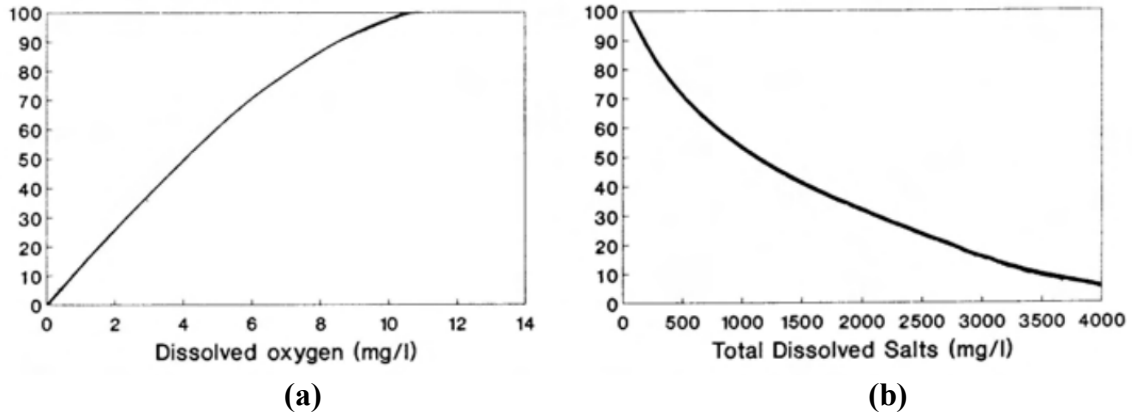
$$ATI = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \right)^2$$

ATI: Sucul Toksikite indeks değeri,

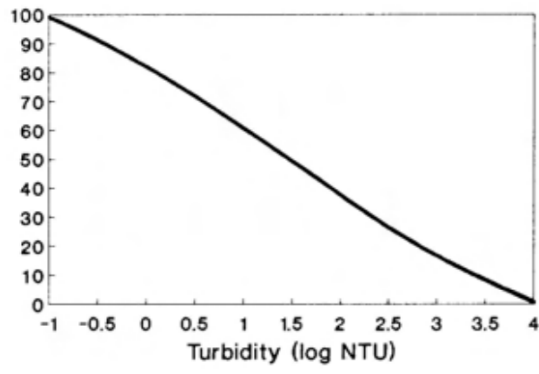
q_i : i'inci parametrenin kalitesidir (alt indeks değeri 0–100 arasındadır) ve

n: kullanılan parametre sayısıdır.

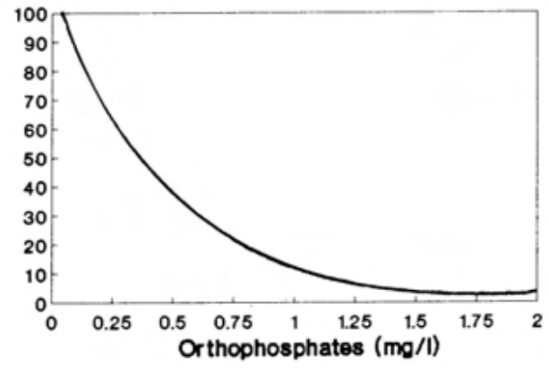
Alt indeks değerlerini elde etmek için 2 yöntem bulunmaktadır. Wepener vd. (1992) tarafından sunulan grafikler bu yöntemlerden biridir. Ancak bu yöntemin uygulanması zor ve zaman alıcıdır. Ek olarak net değer bu grafikler tarafından sağlanamayabilir. Elde edilen değer yaklaşık bir değerdir. İndeks hesaplanmasında kullanılan 14 parametre için grafikler Şekil 3.21'de sunulmaktadır.



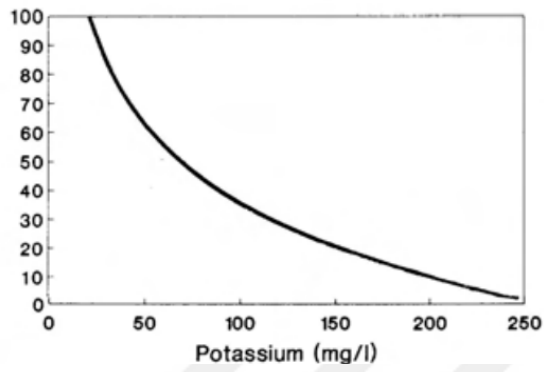
Şekil 3.21. a) Çözünmüş oksijen için alt indeks eğrisi; **b)** Toplam çözünmüş tuzlar için alt indeks eğrisi; **c)** Bulanıklık alt indeks eğrisi; **d)** Ortofosfat için alt indeks eğrisi; **e)** Potasyum için alt indeks eğrisi; **f)** pH için alt indeks eğrisi; **g)** Amonyum için alt indeks eğrisi; **h)** Florür için alt indeks eğrisi **i)** Bakır için alt indeks eğrisi; **j)** Mangan için alt indeks eğrisi; **k)** Bakır için alt indeks eğrisi; **l)** Krom için alt indeks eğrisi; **m)** Kurşun için alt indeks eğrisi; **n)** Nikel için alt indeks eğrisi



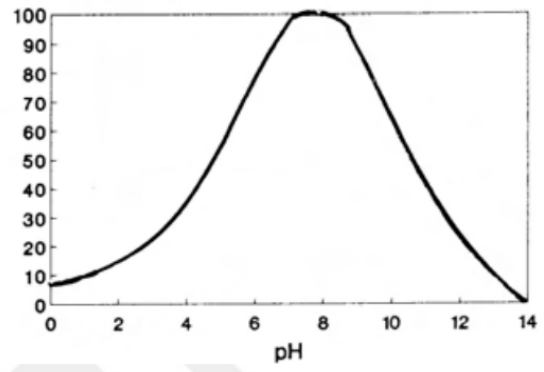
(c)



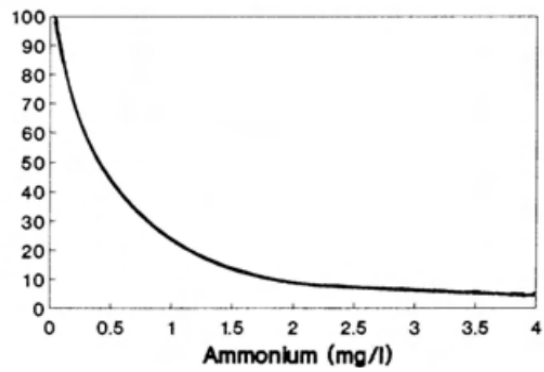
(d)



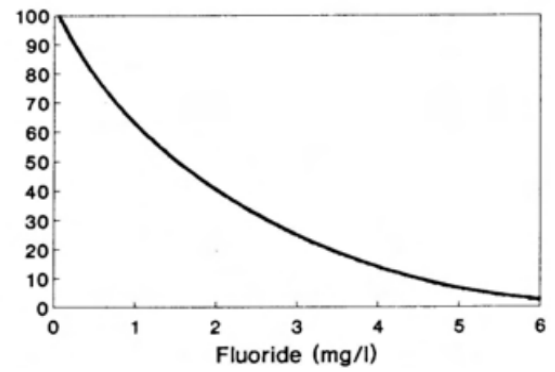
(e)



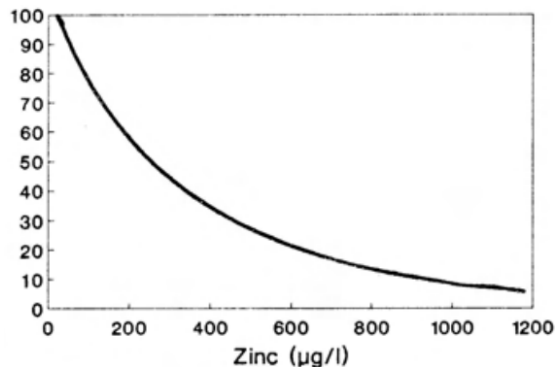
(f)



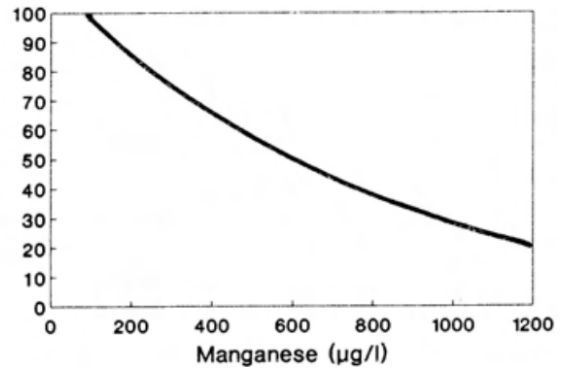
(g)



(h)

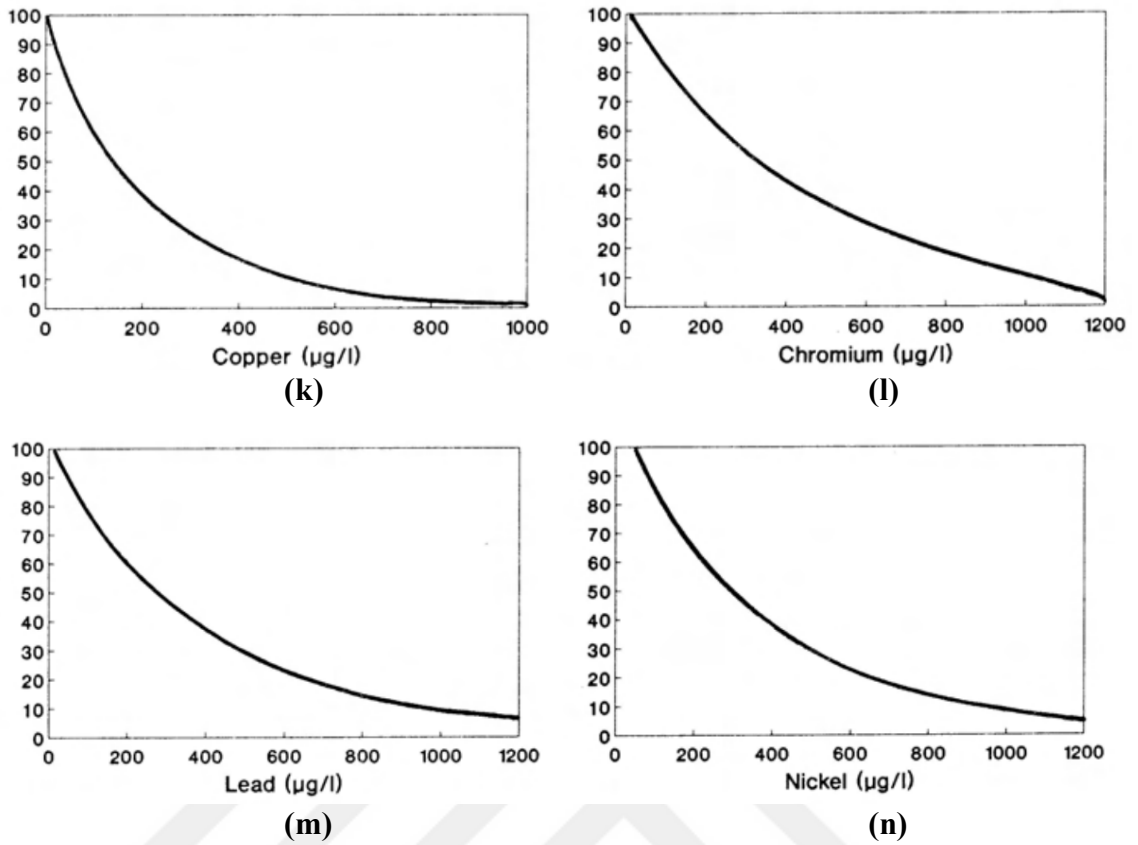


(i)



(j)

Şekil 3.21'in devamı



Şekil 3.21'in devamı

İkinci bir yöntem olarak, her bir parametre için alt indeks değerleri eşitlikler yardımıyla elde edilebilmektedir. Bu daha güvenilir ve pratik bir yöntemdir. Ancak literatürde florür, bulanıklık, Cu ve Zn parametrelerinin alt indeks değerlerini elde etmek için farklı eşitlikler sunulmaktadır (Wepener vd. 1992; Mnisi 2010). Belirtilen eşitliklerden yola çıkılarak uygulama yapıldığında doğru sonuçlara ulaşılamamıştır. Elde edilen değerler 100'den büyük veya negatiftir. Ayrıca grafiklerden elde edilen sonuçlarla uyumlu değildir. Bu tez çalışmasında sunulan grafikler dikkate alınarak Mnisi (2010) tarafından verilen örnek uygulamadan yola çıkılarak eşitlikler Çizelge 3.11'deki gibi güncellenmiş ve hesaplamalar bu eşitliklere göre yapılmıştır. Son olarak, su kalitesinin indeks değerlerine göre sınıflandırılması Çizelge 3.12'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.11. İndeks sınıflandırma değerlerinin belirlenmesi için kullanılan eşitlikler (Wepener vd. 1992)

Parametre	İndeks sınıflandırma denklemi
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	$0 \leq \text{ÇO} \leq 5; y = 10 * (\text{ÇO})$ $5 < \text{ÇO} \leq 6; y = 20 * (\text{ÇO}) - 50$ $6 < \text{ÇO} \leq 9; y = 10 * (\text{ÇO}) + 10$ $\text{ÇO} > 9; y = 100$
pH	$y = 98 \exp[-(\text{pH} - 8,16)^2(0,4)] + 17 \exp[-(\text{pH} - 5,2)^2(0,5)] + 15 \exp[-(\text{pH} - 11)^2(0,72)] + 2$
Mangan ($\mu\text{g/L}$)	$y = a * \exp^{-c} \exp^{(\text{Mn})^b + d}$ $a = 0,115; b = 0,0013; c = 0,05; d = 5$ $\text{Mn} \leq 200; y = 100$
Nikel ($\mu\text{g/L}$)	$Y = -c * \ln(a(\text{Ni} + b)) + d$ $a = 1; b = 10; c = 28; d = 211$ $\text{Ni} < 10; y = 100$
Florür (mg/L)	$y = c * (\ln(a(\text{F} + b))) + d$ $a = 0,001; b = 2,5; c = 7,1; d = 138$
Krom ($\mu\text{g/L}$)	$y = -c * \ln(a(\text{Cr} + b)) + d$ $a = 0,1; b = 150; c = 40; d = 210$ $\text{Cr} \leq 5; y = 100$
Kurşun ($\mu\text{g/L}$)	$y = -c * \ln(a(\text{Pb} + b)) + d$ $a = 0,1; b = 30; c = 27; d = 148$ $\text{Pb} \leq 29; y = 100$
Amonyum (mg/L)	$0,02 \leq \text{NH}_4^+; y = 100$ $0,02 < \text{NH}_4^+ \leq 0,062; y = -500(\text{NH}_4^+) + 110$ $0,062 < \text{NH}_4^+ \leq 0,5; y = 40 / (\text{NH}_4^+ + 0,65)^2$ $\text{NH}_4^+ > 0,5; y = -5,8(\text{NH}_4^+) + 32,5$
Bakır ($\mu\text{g/L}$)	$y = -c * \ln(a * (\text{Cu} + b)) + d$ $a = 1; b = 18; c = 26; d = 180$ $\text{Cu} \leq 3,69; y = 100$
Çinko ($\mu\text{g/L}$)	$y = -c * \ln(a(\text{Zn} + b)) + d$ $a = 0,001; b = 20; c = 22; d = 16$ $\text{Zn} \geq 1200; y = 15$
Ortofosfat (mg/L)	$y = a * \exp(P)^b$ $a = 100; b = -2,4$
Potasyum (mg/L)	$y = a * \exp^{-b(K)} + c$ $a = 150; b = 0,02; c = 8$ $K \leq 24; y = 100$
Bulanıklık (NTU)	$y = c * \ln(a * \ln(\text{NTU}) + b) + d$ $a = 0,001; b = 30; c = 220; d = -689$
Toplam Çözünmüş Tuzlar (mg/L)	$y = a * \exp^{-b(\text{TÇT})} + d$ $a = 117; b = 0,00068; c = -7$ $\text{TÇT} \leq 130; y = 100$ $\text{TÇT} > 4000; y = 10$

Çizelge 3.12. ATI indeksine göre kalite sınıflandırması (Wepener vd. 1992)

ATI-WQI	Sınıflandırma
0-50	Normal balık yaşamı için su kalitesinin tamamen uygun olmadığını gösterir.
51-59	Sadece dayanıklı balık türleri için su kalitesinin uygun olduğunu gösterir.
60-100	Su kalitesi tüm balık yaşamı için uygundur.

3.5.4. Su kalitesi değerlendirme sistemi (SEQ-Eau-WQI)

Su kalitesi değerlendirme sistemi (SEQ-Eau), yerüstü veya yeraltı sularının fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini değerlendirmek ve karakterize etmek, su kirliliği kontrolü uygulamalarına katkı sağlamak amacıyla su kalitesinde bozulmaya neden olan türleri belirlemek için kullanılan bir araçtır (İsmail vd. 2015; El Hmaidi vd. 2022). Fas'ta Kaynaklar ve Su Planlama Müdürlüğü (DRPE) tarafından kullanılan SEQ-Eau indeksi, Fransız su havzası ajansları tarafından geliştirilmiş ve AB Su Çerçeve Direktifi'nde, ekolojik, içme suyu ve rekreasyonel faaliyetler için su kütlelerinin uygunluk sınıfını belirlemede ilgili bir sistem olarak belirtilmiştir. Ağırlık kalite indeks fikrine dayandığı için doğru ve eksiksiz olma avantajına sahip bu metodoloji, Fas'ta ve birçok yerde başarıyla uygulanmıştır (SEEE 2008; Ben-Daoud vd. 2011; Errochdi vd. 2012; Belhaj ve Kettani, 2013; El Maataoui vd. 2016; Tohouri vd. 2017; Nyamsi Tchatcho vd. 2017; El Madani vd. 2019). Önerilen değişimler, ilgili parametreler, kalite sınıfları ve bunlara karşılık gelen indeks değerleri Çizelge 3.13'te sunulmuştur (SEEE 2008).

Bir parametrenin indeksi, ağırlıklandırma yoluyla elde edilir ve bir değişim indeksi, seçilen değişikliği (IP) karakterize eden parametrelerin ağırlıklı değerlerinin ortalaması alınarak elde edilir. İlk adımda, değişim türleri ve parametreler seçilmelidir. İkinci adımda, her bir izleme istasyonu için analiz edilen çeşitli parametrelerin (IP_{pa}) ağırlıklı indeksi belirlenmelidir. IP_{pa}, ağırlık değerlerinin genellikle 0 ile 100 arasında değiştiği su kalitesinin bozulması üzerinde analiz edilen parametrelerin önem derecesinin ağırlıklandırılmasıyla elde edilir. Üçüncü adımda, her bir değişiklik (sıcaklık, asitleşme, organik ve oksitlenebilir maddeler, fosfor, mineralizasyon, askıda partiküller, nitrat ve mikroorganizmalar) için ağırlıklı indeks (IP_a), seçilen değişikliği karakterize eden parametrelerin ağırlıklı indekslerinin değerlerinin ortalaması alınarak belirlenir. Son adımda, her bir izleme istasyonunun Ağırlıklı Genel Kalite İndeksi, o izleme istasyonu için dikkate alınan tüm değişikliklerden elde edilen en düşük indeks değeri seçilerek belirlenir. Buna göre sınıflandırma 5 sınıf ölçeğinde (mükemmel, iyi, orta, kötü, çok kötü) yapılmaktadır. Elde edilen indeks değeri 100-80 aralığında ise yüzey suyu kalitesi mükemmel ve 20-0 aralığında ise çok kötü olarak sınıflandırılmaktadır (SEEE 2008).

Ağırlıklı indeksi hesaplama formülü aşağıdaki gibidir:

$$IP_{pa} = I_i + [(I_s - I_i) / (b_s - b_i)] * (b_s - p_a)$$

IP_{pa} : analiz edilen parametrenin ağırlıklı indeksi,

I_i : alt indeks,

I_s : üst indeks,

b_i : alt sınır,

b_s : üst sınır ve

p_a : analiz edilen parametredir.

Çizelge 3.13. SEQ-Eau indeksine göre yüzey suyu kalitesinin sınıflandırılması (SEEE 2008)

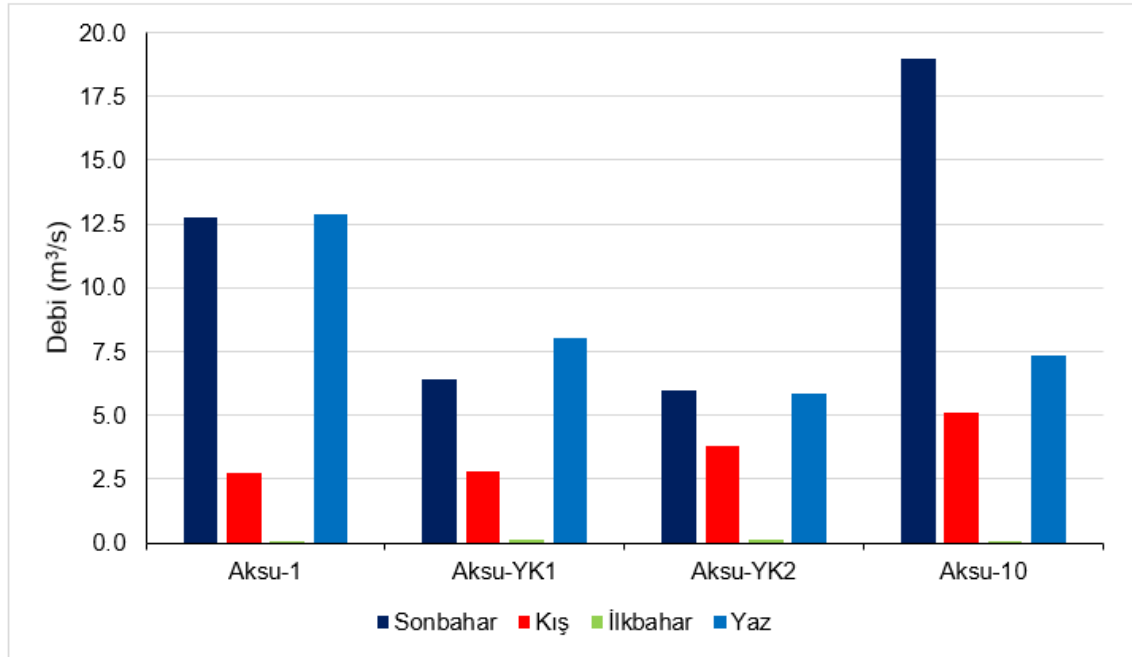
Kalite sınıfı		Mükemmel	İyi	Orta	Kötü	Çok kötü
İndeks değerleri		100-80	80-60	60-40	40-20	20-0
Değişim No:1 - Sıcaklık						
Sıcaklık	°C	0 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40
Değişim No:2 - Asitleşme						
pH		6,5 – 8,5		8,5 – 9,2	3-6,5 veya 9,2-10	
Değişim No:3 – Organik ve oksitlenebilir maddeler						
BOİ ₅	mg O ₂ /L	0,5 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 25	25 - 1000
KÖİ	mg O ₂ /L	1,5 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 80	80 - 2000
ÇÖ	mg/L	7 - 10	5 - 7	3 - 7	1 - 3	0 - 1
Amonyum (NH ₄ ⁺)	mg NH ₄ ⁺ /L	0 – 0,1	0,1 – 0,5	0,5 - 2	2 - 8	8 - 50
Değişim No:4 - Fosfor						
Ortofosfat (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0–0,2	0,2–0,5	0,5-1	1-5	5 - 20
Toplam fosfor (TP)	mg/L	0–0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-3	3 - 25
Değişim No: 5 - Mineralizasyon						
EC 20°C	µs/cm	100 - 750	750-1300	1300-2700	2700-3000	3000 - 7000
Değişim No:6 – Askıda partiküller						
Askıda katılar	mg/L	<50	50 - 200	200 - 1000	1000 - 2000	2000 - 10000
Bulanıklık	NTU	<15	15 - 35	35 - 70	70 - 100	> 100
Değişim No:7 - Nitrat						
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L	<10	10 - 25	25 - 50	>50	
Değişim No:8 - Mikroorganizmalar						
Fekal koliform	cfu/100 ml	0 - 20	20 - 2000	2000 - 20000	20000 - 50000	> 50000

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Su Kalitesi İzleme Sonuçları

Su kalitesinin zamansal ve mekansal değişimi Aksu Çayı'nda yer alan ana nehir (10 istasyon) ve kolları (2 istasyon) boyunca yer alan 12 istasyonda bir yıl boyunca aylık olarak izlenmiştir. Bu süre kapsamında elde edilen ölçüm ve analiz sonuçları Aksu Çayı'nın su kalite durumunu belirlemede kullanılan indekslerin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Debi ölçümleri memba noktasında (Aksu-1), yan kollarda (Aksu-YK1 ve Aksu-YK2) ve mansap (Aksu-10) noktasında gerçekleştirilmiştir. Belirtilen izleme noktaları için mevsimsel ortalama debi değerleri m^3/s cinsinden Şekil 4.1'de sunulmuştur. Buna göre mevsimsel ortalama debi değerleri $0,05-18,98 m^3/s$ aralığında değişmiştir. Aksu-YK2 izleme noktasının Ocak, Şubat, Nisan ve Ekim aylarında akış olmayan durgun halde olduğu ve Aksu-YK1 izleme noktasının Nisan ayında kuruduğu gözlenmiştir. Ek olarak, ilkbahar mevsiminde akışın oldukça az olduğu sonbahar ve kış mevsiminde yağışla birlikte akışın daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yaz aylarında artan sulama çekimlerini karşılamak için daha fazla suyun Karacaören-2 Baraj Gölü'nden Aksu Çayı'na bırakılmasına bağlı olarak debi değerleri de yükselmektedir. Aksu Çayı Karacaören-2 Baraj Gölü'nün işletim rejimi, sulama çekimleri ve küresel iklim değişikliğine bağlı yağış düzensizlikleri neticesinde hidrolojik baskı altındadır.

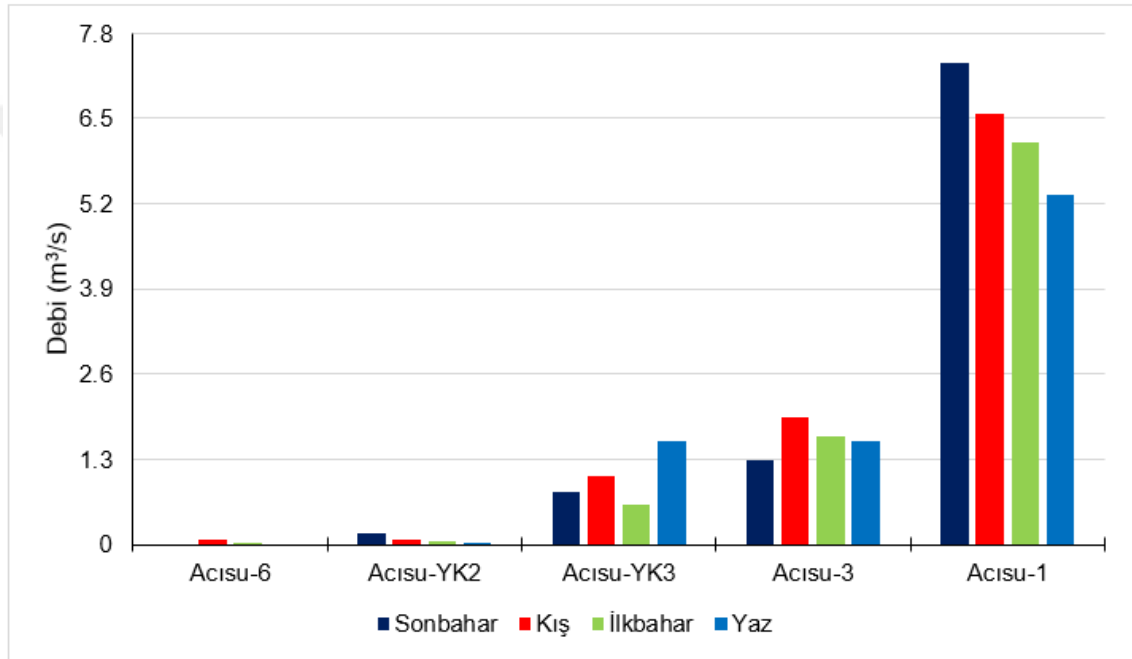


Şekil 4.1. Aksu Çayı için memba, yan kollar ve mansap noktası için mevsimsel ortalama debi seviyeleri

Bir diğer çalışma bölgesi olan Acısu Deresi'nde su kalitesinin zamansal ve mekansal değişimi ana nehir (10 istasyon) ve kolları (2 istasyon) boyunca yer alan 12 istasyonda bir yıl boyunca aylık olarak izlenmiştir. Acısu Deresi'nin su kalitesinin belirlenmesinde izleme çalışmasından elde edilen ölçüm ve analiz sonuçları dikkate

alınarak su kalite indeksleri hesaplanmıştır.

Debi ölçümleri yan kollarda (Acısu-YK1 ve Acısu-YK2) ve bazı izleme noktalarında (Acısu-6, Acısu-3 ve Acısu-1) gerçekleştirilmiştir. Ek olarak, memba noktası ve memba noktasına yakın izleme noktasının (Acısu-8 ve Acısu-7) çoğu izleme döneminde kuruduğu, sadece 4 izleme dönemi boyunca akış olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle bu izleme noktaları için debi ölçümü yapılmamıştır. Belirtilen izleme noktaları için mevsimsel ortalama debi değerleri m^3/s cinsinden Şekil 4.2’de sunulmuştur. Buna göre mevsimsel ortalama debi değerleri $0,002-7,34 m^3/s$ aralığında değişmiştir. Acısu-6 izleme noktasının Haziran, Ağustos ve Eylül aylarında kuruduğu ve Acısu-YK2 izleme noktasında belirtilen aylarda sızıntı olduğu gözlenmiştir. İlkbahar ve yaz mevsiminde akışın sonbahar ve kış mevsimine kıyasla daha az olduğu belirlenmiştir.



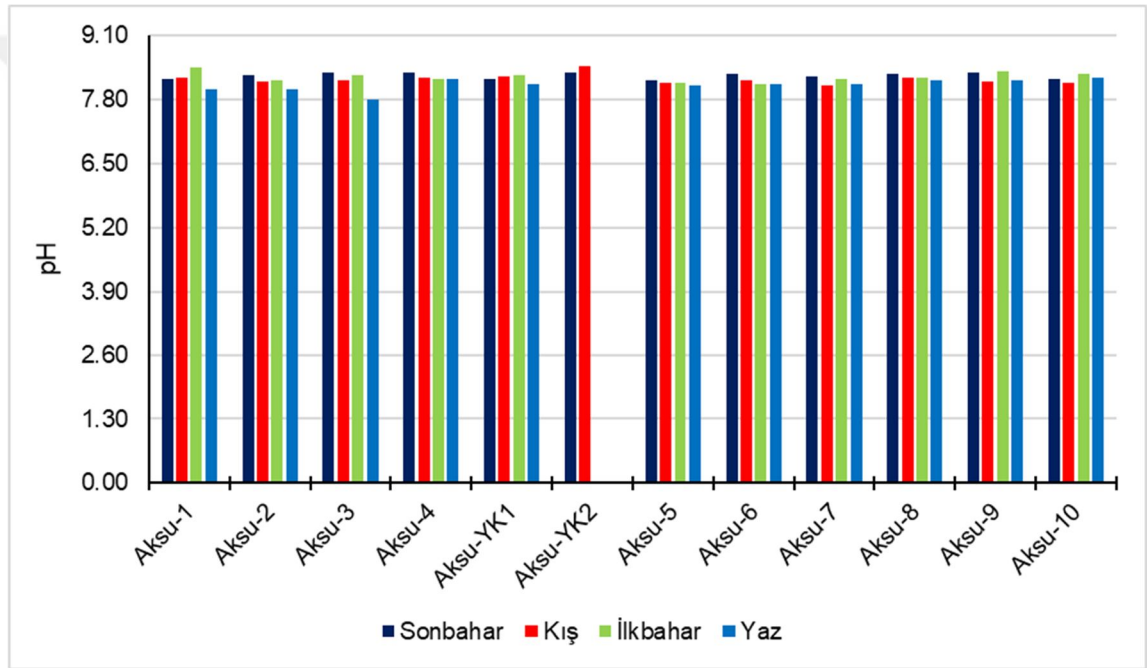
Şekil 4.2. Acısu Deresi için yan kollar ve bazı izleme noktaları için mevsimsel ortalama debi seviyeleri

4.1.1. Fizikokimyasal parametreler

Fizikokimyasal su kalitesi parametreleri Aksu Çayı’nda ana nehir (10 istasyon) ve kolları (2 istasyon) boyunca yer alan 12 istasyonda bir yıl boyunca aylık olarak izlenmiştir. Bu süre kapsamında elde edilen fizikokimyasal parametrelerin ölçüm ve analiz sonuçları su kalite indekslerinin hesaplanmasında ve YSKY (16.06.2021, RG: 31513) Ek-5’e göre (Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri) su kalitesi sınıfının değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Sıcaklık, pH, El, ÇO, çözünmüş oksijen doygunluğu parametreleri için sahada yerinde ölçüm yapılırken; katyonlar (lityum, Na, NH_4^+ , potasyum, magnezyum ve kalsiyum), anyonlar (florür, klorür, NO_2^- , bromür, sülfat, NO_3^- ve ortofosfat), renk (436 nm, 525 nm ve 620 nm dalga boylarında), toplam organik karbon (TOK), toplam azot (TN), TP, KOİ, BOİ, AKM laboratuvarında analiz edilmiştir.

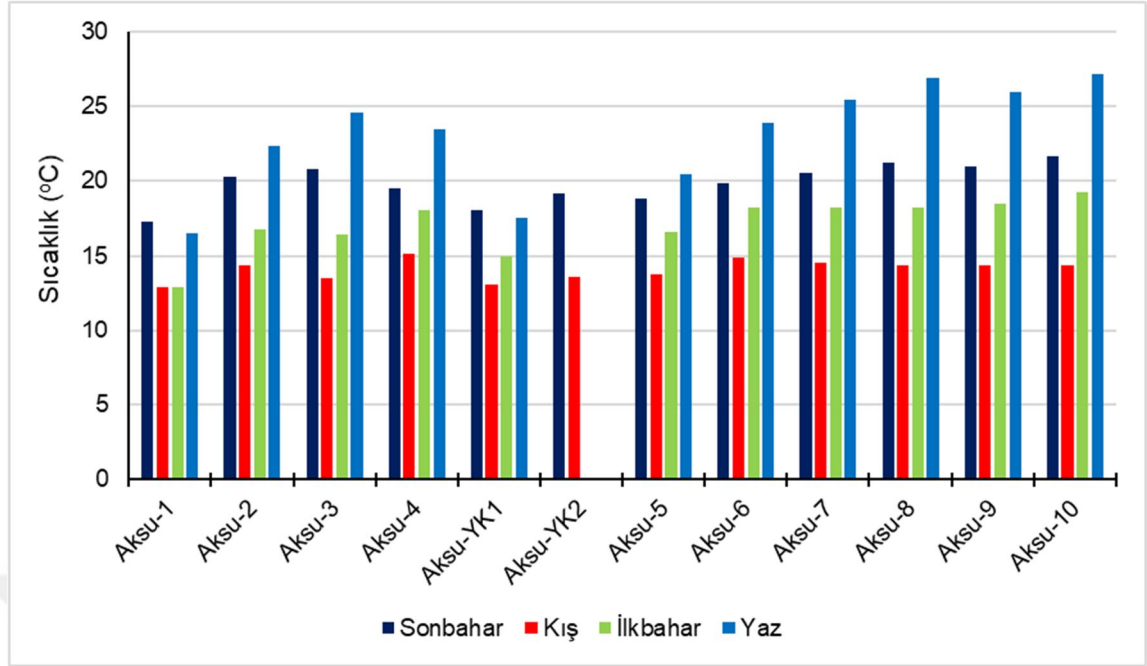
Aksu Çayı izleme noktaları için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel ortalama değerleri Şekiller 4.2-4.25'te sunulmuştur. Aksu-YK2 için ilkbahar ve yaz aylarında akış olmadığı ve bu nedenle de numune alınamadığı için ölçüm ve örnekleme yapılmamıştır. Dolayısıyla Aksu-YK2 izleme noktasında ilkbahar ve yaz mevsimi için seviyeler gözlemlenememiştir.

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi Aksu-3 yaz dönemi dışında pH değerleri 8'in üzerindedir. Aksu-1, Aksu-YK2 ve Aksu-10 izleme noktaları dışındaki tüm istasyonlarda en yüksek pH değerleri sonbaharda; en düşük pH değerleri yaz mevsiminde gözlenmiştir. Mevsimsel ortalama pH değerleri Aksu-3 izleme istasyonu dışında 8,01-8,48 değerleri arasında değişkenlik göstermiştir. Aksu-3 izleme istasyonunda en düşük pH değeri yaz mevsiminde 7,80 olarak kaydedilmiştir. YSKY'ye göre pH tüm su kalitesi sınıfları için 6-9 aralığında tanımlıdır. Dolayısıyla Aksu Çayı'nda tüm istasyonlarda ölçülen pH değerleri içme, sulama ve rekreasyon için uygundur.



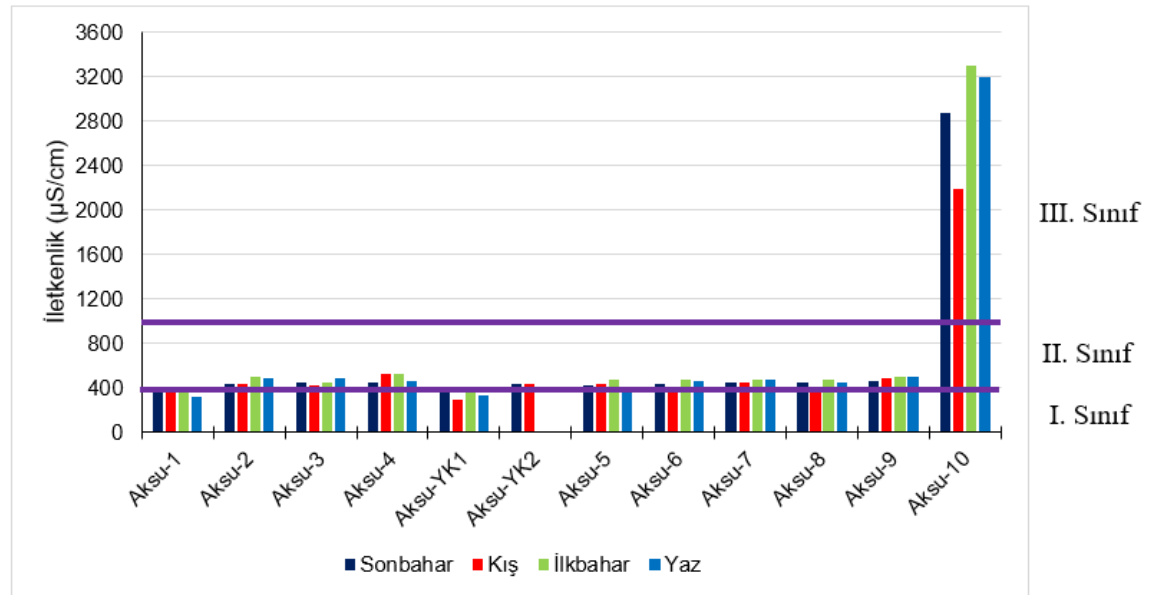
Şekil 4.3. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama pH değerleri

Şekil 4.4'te görüldüğü gibi mevsimsel ortalama sıcaklık değerleri açısından Aksu-1 ve Aksu-YK1 izleme noktaları dışında en yüksek sıcaklık değerleri beklendiği gibi yaz aylarında kaydedilmiştir. Tüm izleme noktalarında en düşük sıcaklık değerleri kış aylarında görülmüştür. En düşük sıcaklık değeri kış mevsiminde Aksu-1 izleme noktası için 12,88 °C; en yüksek sıcaklık değeri yaz mevsiminde Aksu-10 izleme noktasında 27,17 °C olarak ölçülmüştür.



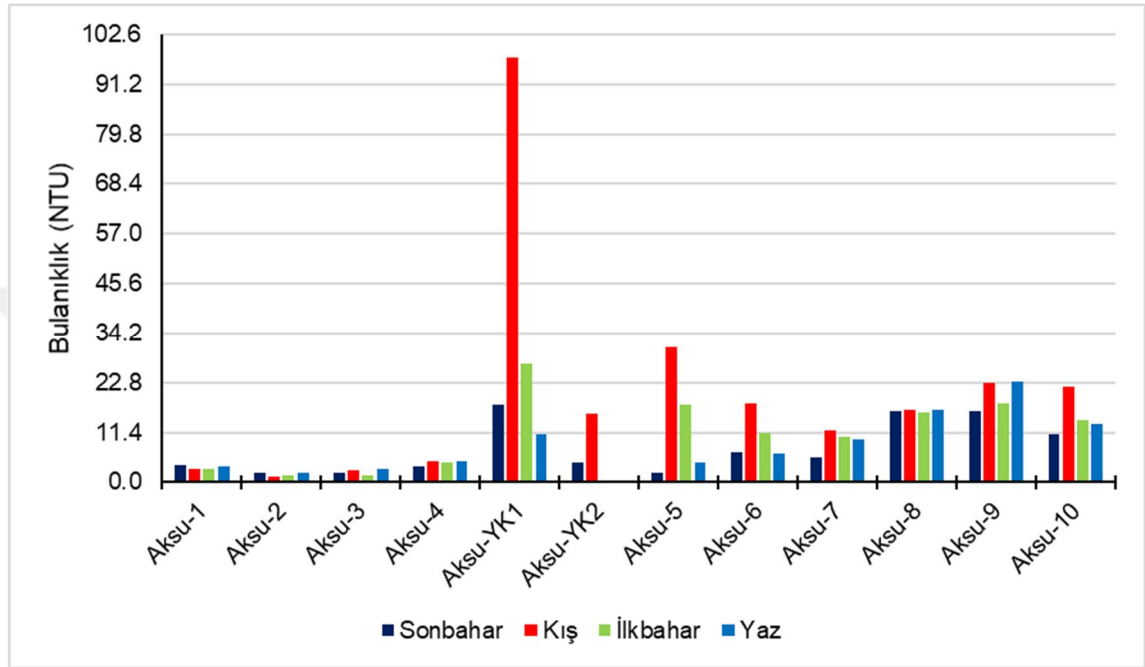
Şekil 4.4. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama su sıcaklığı değerleri

Aksu Çayı'nda mevsimsel ortalama Eİ değerleri (Aksu-10 izleme noktası dışında) 300-528 $\mu\text{S/cm}$ aralığında değişim göstermiştir. Deniz suyu girişimi nedeniyle Aksu-10 izleme istasyonunda Eİ değerleri diğer istasyonlardan çok farklı ve yüksek değerlerdedir. Buna göre bu istasyonda Eİ değeri en düşük kış mevsiminde (2185 $\mu\text{S/cm}$) ve en yüksek ilkbahar mevsiminde (3290 $\mu\text{S/cm}$) ölçülmüştür. YSKY'de belirtilen sınır değerlere göre sadece Aksu-10 izleme istasyonu orta su kalitesi sınıfında yer alırken çoğu izleme istasyonunun su kalitesi iyi kategoride yer almıştır (Şekil 4.5).



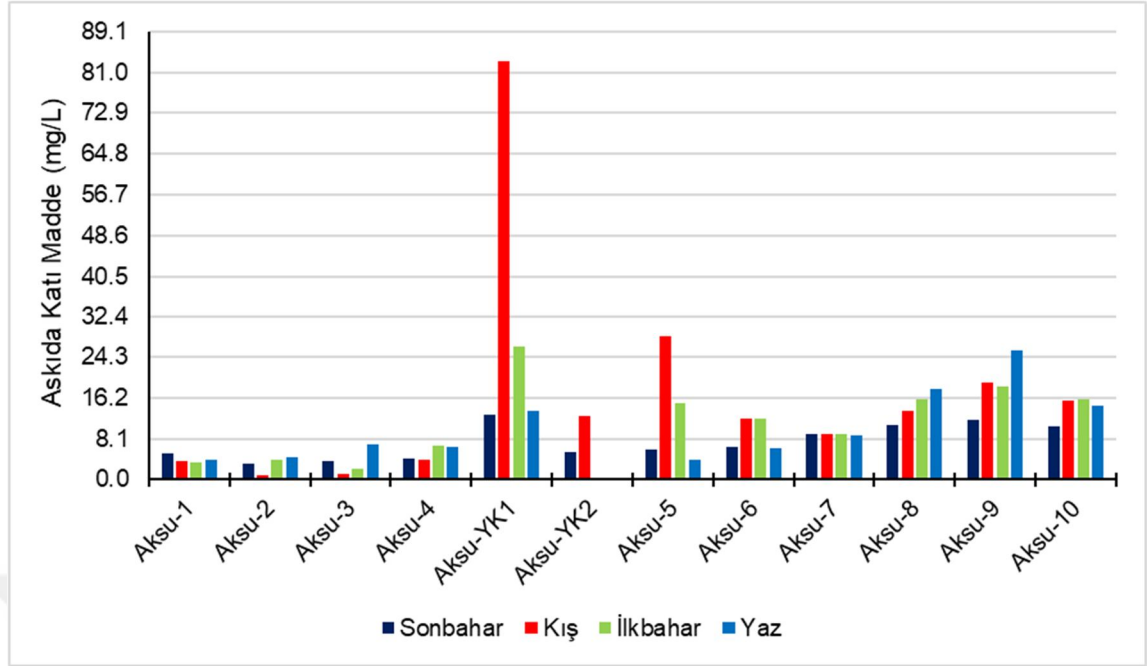
Şekil 4.5. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama Eİ değerleri

Aksu Çayı’nda mevsimsel ortalama bulanıklık değerleri 1,22-97,18 NTU arasında yer almıştır. Bulanıklık değerleri genel olarak yağışın fazla olduğu kış aylarında belirgin derecede yüksektir. Özellikle tarımsal deşarj sularını taşıyan Aksu-YK1 izleme noktasında kış mevsiminde en yüksek bulanıklık değerine ulaşılmıştır. Aksu-1, Aksu-2, Aksu-3 izleme noktalarında diğer istasyonlara göre nispeten daha düşük bulanıklık değerleri elde edilmiş olup 1,22-3,90 NTU seviyelerinde değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.6).



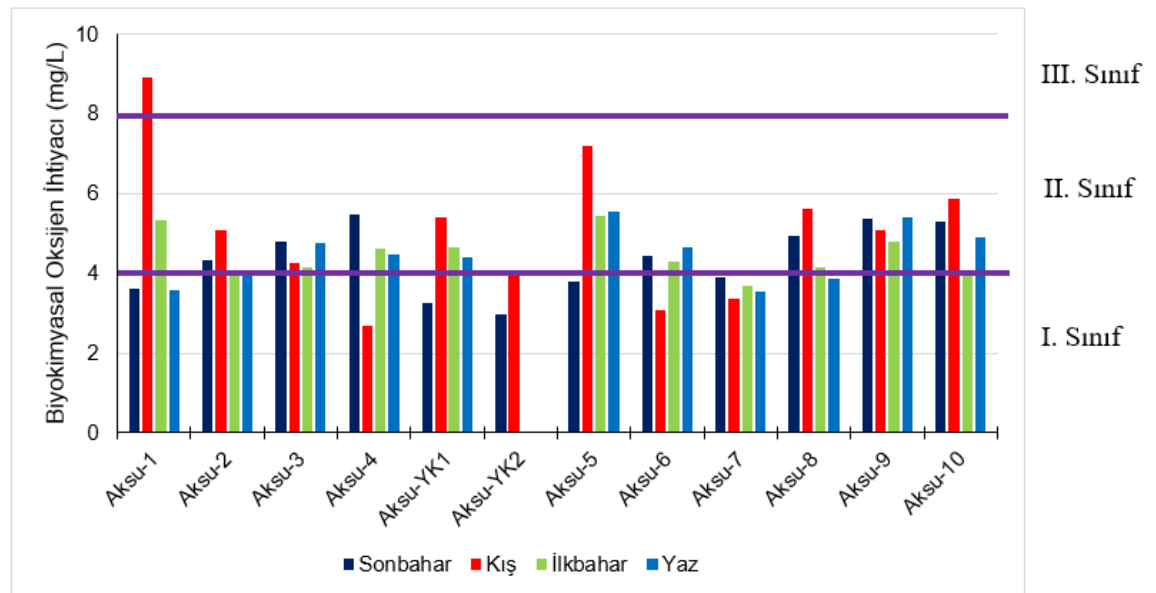
Şekil 4.6. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama bulanıklık değerleri

Bulanıklık parametresinde olduğu gibi mevsimsel ortalama AKM değerleri en yüksek Aksu-YK1 izleme istasyonunda kış mevsiminde görülmüştür. Yan kolların katılımından sonra AKM seviyelerinin arttığı görülmüştür. Bu nedenle AKM seviyeleri Aksu-1, Aksu-2 ve Aksu-3 izleme noktaları için diğer izleme noktalarına kıyasla daha düşüktür. Aksu Çayı’nda AKM değerleri 0,9 ila 83,1 mg/L seviyelerinde değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.7).



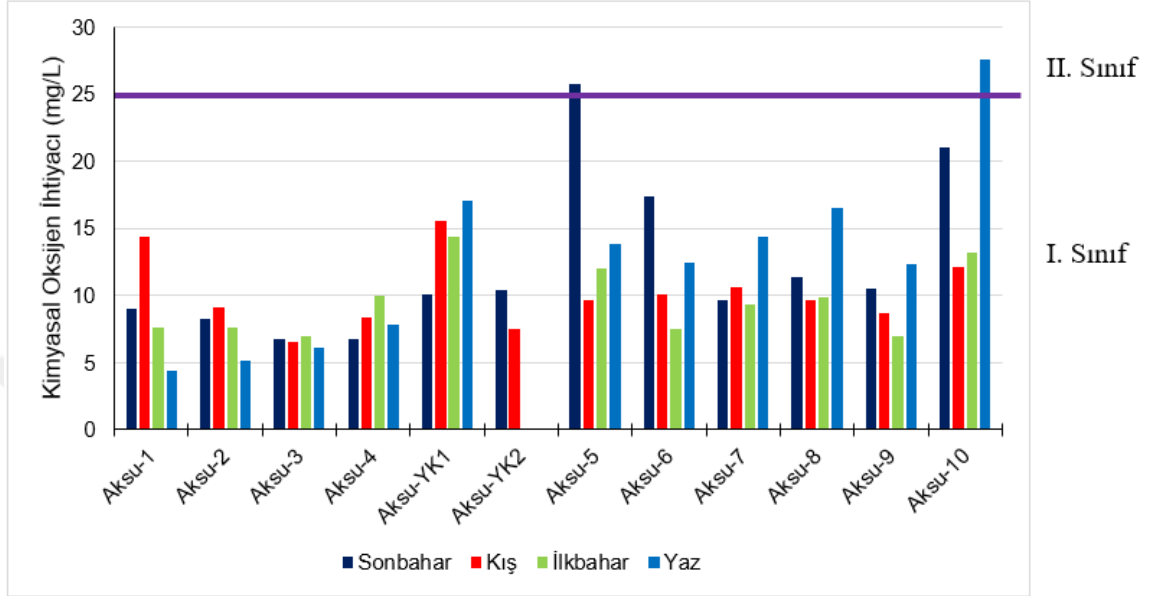
Şekil 4.7. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama AKM konsantrasyonları

Aksu Çayı'nda yer alan tüm izleme istasyonları için mevsimsel ortalama BOI_5 konsantrasyonları (kış mevsiminde Aksu-1 izleme istasyonu hariç) 2,67-7,20 aralığındadır ve dolayısıyla YSKY'ye göre su kalitesi Sınıf I (çok iyi) ve Sınıf II (iyi) olarak sınıflandırılmıştır. Kış mevsiminde Aksu-1 izleme istasyonunun BOI_5 değeri 8,92 mg/L olarak ölçülmüştür ve bu nedenle su kalitesi Sınıf III (orta) kategoride yer almıştır (Şekil 4.8).



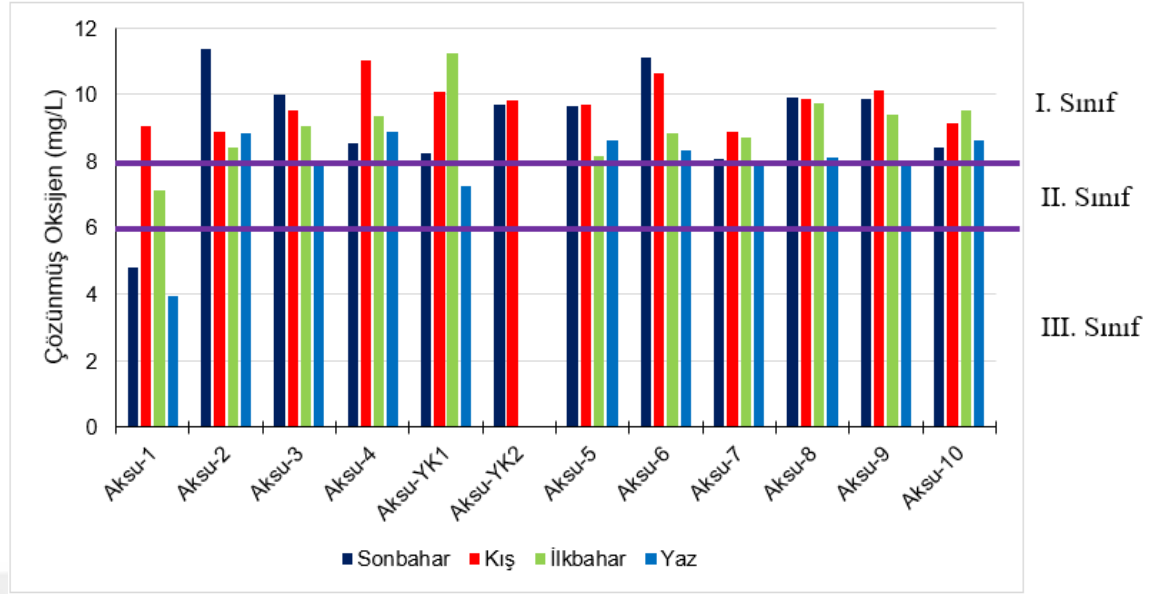
Şekil 4.8. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama BOI_5 konsantrasyonları

Aksu Çayı'nda yer alan tüm izleme istasyonlarında mevsimsel ortalama KOİ konsantrasyonları 25 mg/L'den düşük olup YKSY'ye göre I. sınıf (çok iyi) su kalitesindedir. Sadece Aksu-5 izleme istasyonunda sonbahar mevsiminde ve Aksu-10 izleme istasyonunda yaz mevsiminde KOİ değeri 25 mg/L üzerinde olup II. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.9).



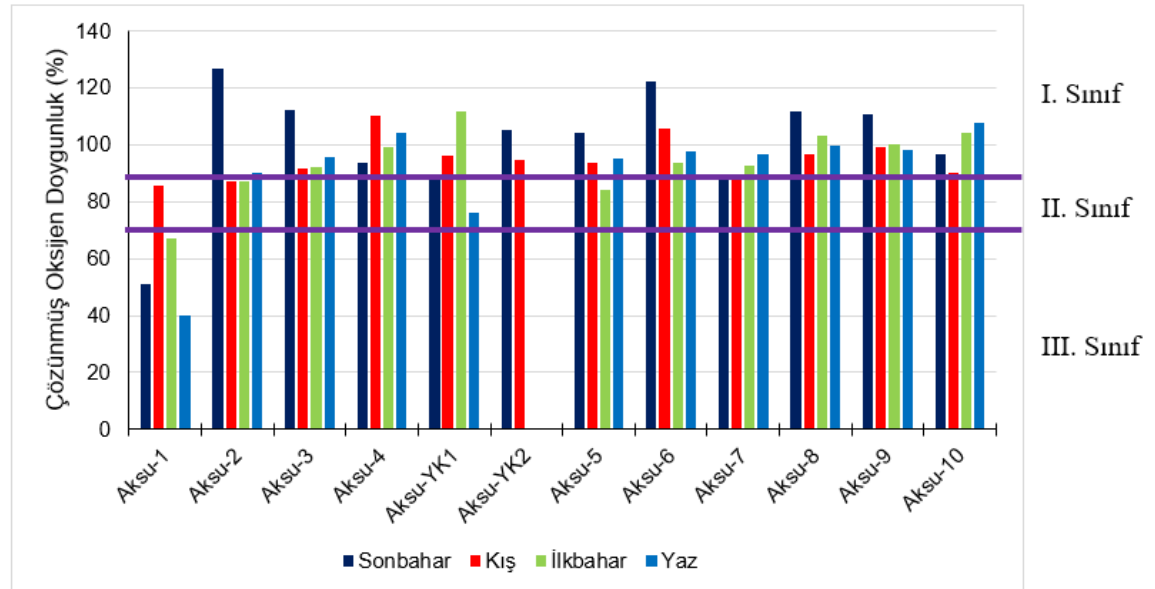
Şekil 4.9. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama KOİ konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama ÇO konsantrasyonları en düşük ilkbahar ve yaz aylarında; en yüksek sonbahar ve kış aylarında görülmüştür. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre yaz mevsiminde Aksu-3, Aksu-YK1 ve Aksu-7 izleme istasyonlarının ve ilkbaharda Aksu-1 izleme istasyonunun su kalitesi iyi; sonbahar ve yaz mevsiminde Aksu-1 izleme istasyonunun su kalitesi orta kalite sınıfında tespit edilmiştir. Diğer tüm istasyonlarda ÇO seviyeleri 8 mg/L'nin üzerindedir ve dolayısıyla su kalitesi I. sınıf (çok iyi) olarak belirlenmiştir. ÇO suda yaşayan organizmalar için önemli bir parametre olup azalması sucul yaşamı olumsuz etkilemektedir ve suda yaşayan organizmaların ölümüne neden olabilmektedir. Aksu Çayı izleme istasyonlarının su kalitesi genel olarak ÇO parametresi açısından sucul yaşam için uygundur (Şekil 4.10).



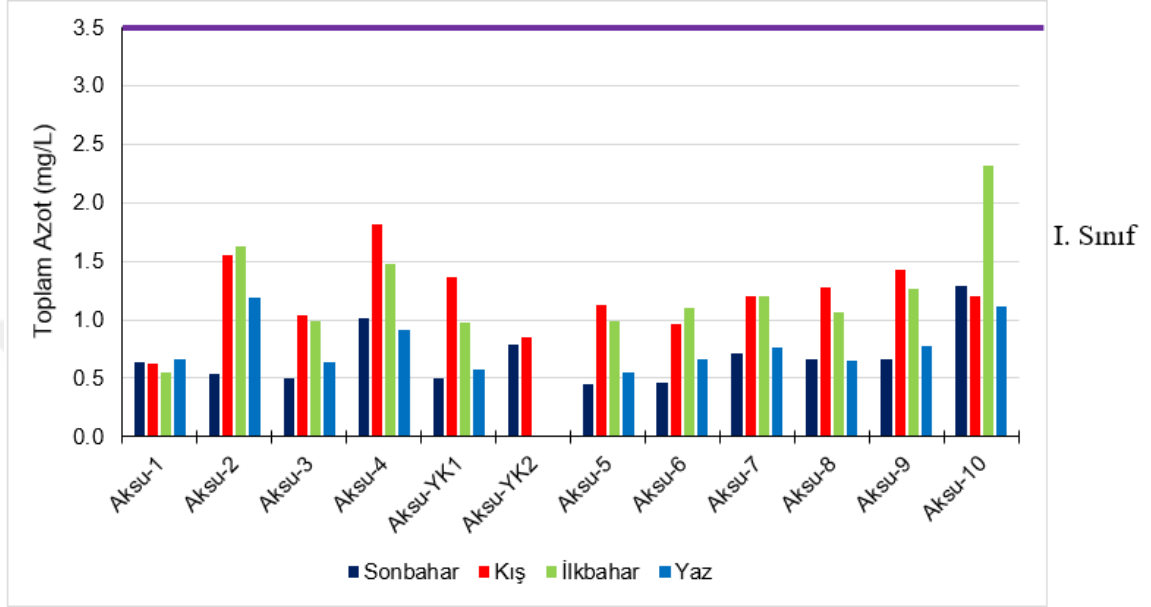
Şekil 4.10. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ÇO konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama ÇO doygunluk değerleri % 40,20- 126,47 aralığındadır. SKKY (13.02.2008; RG: 26786)'ye göre mevsimsel ortalama ÇO doygunluk seviyeleri değerlendirildiğinde Aksu Çayı'nda yer alan izleme istasyonlarının su kalitesinin genel olarak sınıf I (çok iyi) olduğu belirlenmiştir. Sadece Aksu-1 izleme istasyonunun sonbahar, yaz ve ilkbahar aylarındaki su kalitesi orta olarak tespit edilmiştir. Bunun dışındaki tüm istasyonların su kalitesi çok iyi ve iyi kalitede olup sucul yaşam, rekreasyonel ve içme suyu olarak kullanılabilir niteliktedir (Şekil 4.11).



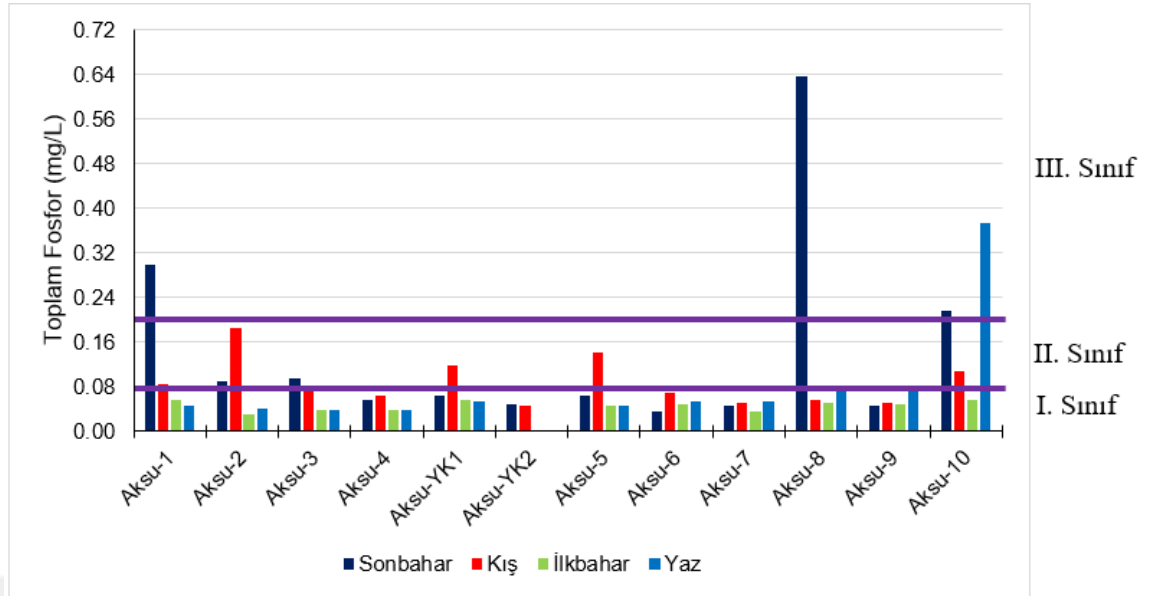
Şekil 4.11. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ÇO doygunluk seviyeleri

Mevsimsel ortalama TN konsantrasyonları 0,45-2,32 mg/L arasındadır. YSKY'ye göre TN değeri 3,5 mg/L altında ise su kalitesi I. sınıf (çok iyi) olarak tanımlanmaktadır. Şekil 4.12'de görüldüğü gibi yönetmelikte I. sınıf (çok iyi) su kalitesine ulaşmak için belirtilen sınır değer aşılmamıştır. Bu nedenle tüm mevsimler için Aksu Çayı'nda ana nehir (10 nokta) ve kolları (2 nokta) boyunca yer alan 12 izleme noktasının su kalitesi I. sınıf (çok iyi)'tir.



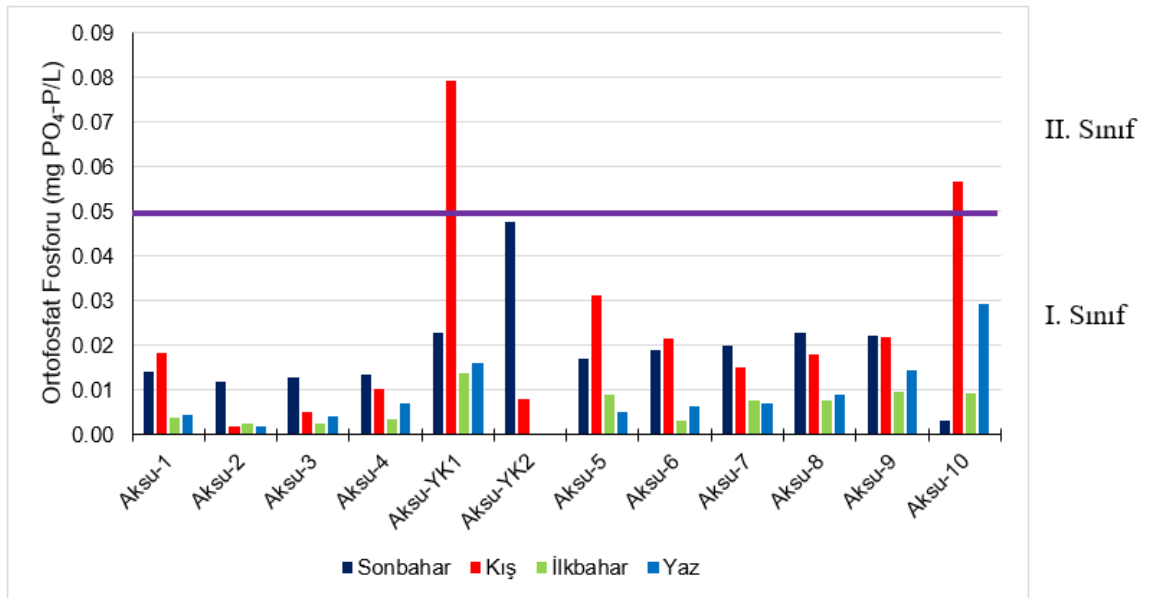
Şekil 4.12. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TN konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama TP konsantrasyonları 0,032-0,63 mg/L aralığındadır. YSKY'ye göre mevsimsel ortalama TP parametresi bakımından Aksu Çayı'nda yer alan çoğu izleme noktasının su kalitesi çok iyi (I. sınıf) kategoride yer almıştır. Sadece Aksu-8 izleme noktasında sonbahar mevsimi için ve Aksu-10 izleme noktasında sonbahar ve yaz dönemleri için su kalitesi orta (III. sınıf) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13).



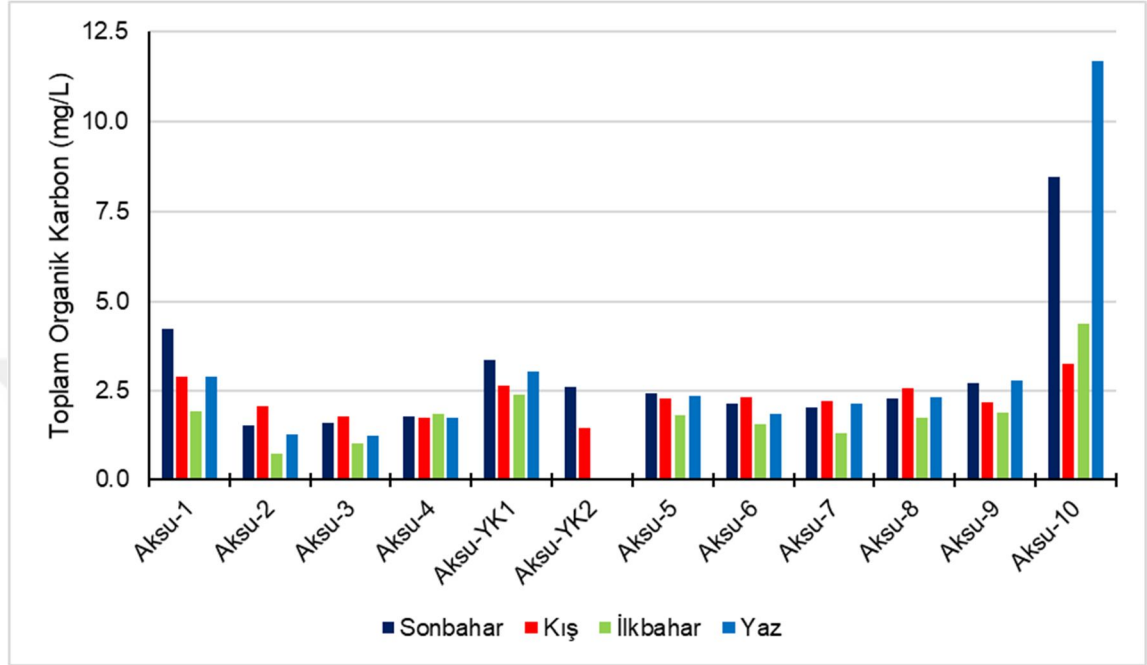
Şekil 4.13. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TP konsantrasyonları

Aksu Çayı'nda yer alan tüm izleme istasyonları için mevsimsel ortalama PO_4 -P konsantrasyonları 0,002-0,079 mg/L aralığındadır. YSKY'ye göre mevsimsel ortalama PO_4 -P parametresi bakımından Aksu Çayı'nda yer alan çoğu izleme noktasının su kalitesi Sınıf I (çok iyi) olarak sınıflandırılmıştır. Orta sınıf kaliteye sahip izleme noktası bulunmamakla beraber kış mevsiminde Aksu-YK1 ve Aksu-10 izleme noktalarının su kalitesi II. Sınıf (iyi) olarak belirlenmiştir. Genel olarak en yüksek PO_4 -P konsantrasyonları sonbahar ve kış mevsimlerinde; en düşük konsantrasyonlar ise ilkbahar ve yaz dönemlerinde gözlenmiştir (Şekil 4.14).



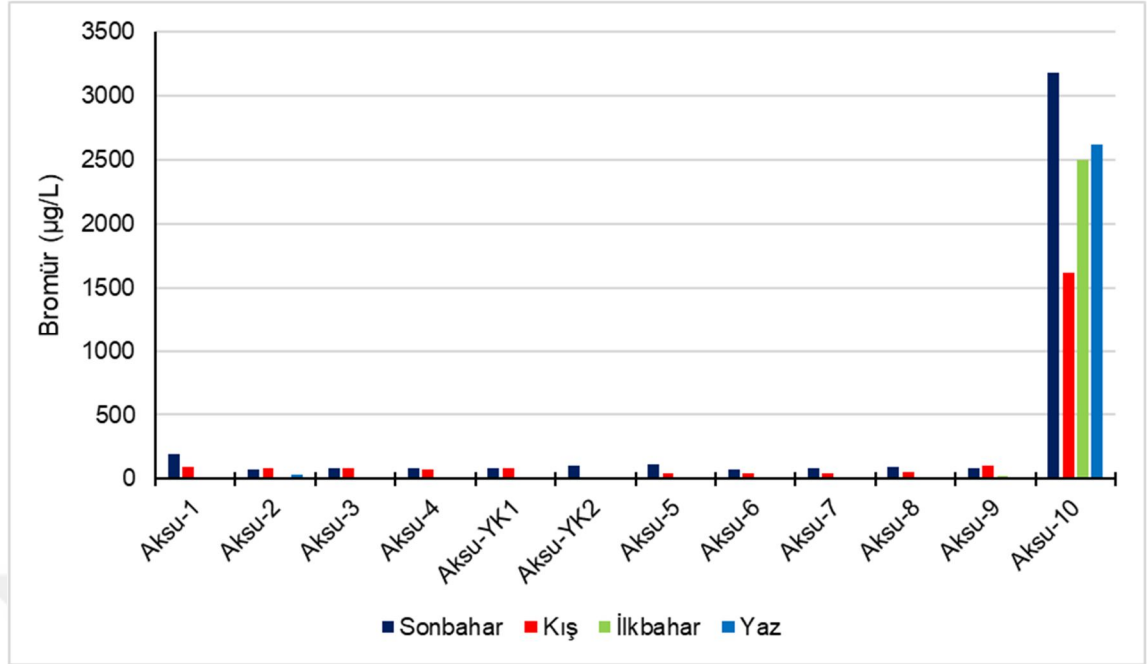
Şekil 4.14. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ortofosfat fosforu konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama TOK konsantrasyonları 0,72-11,68 mg/L aralığındadır. En düşük ve en yüksek TOK seviyelerinin gözlemlendiği mevsimler izleme noktalarına göre değişkenlik göstermektedir. Aksu Çayı'nda yer alan tüm izleme noktalarında en düşük TOK seviyeleri (Aksu-4, Aksu-YK2, Aksu-10 izleme noktaları hariç) ilkbahar döneminde belirlenmiştir (Şekil 4.15).



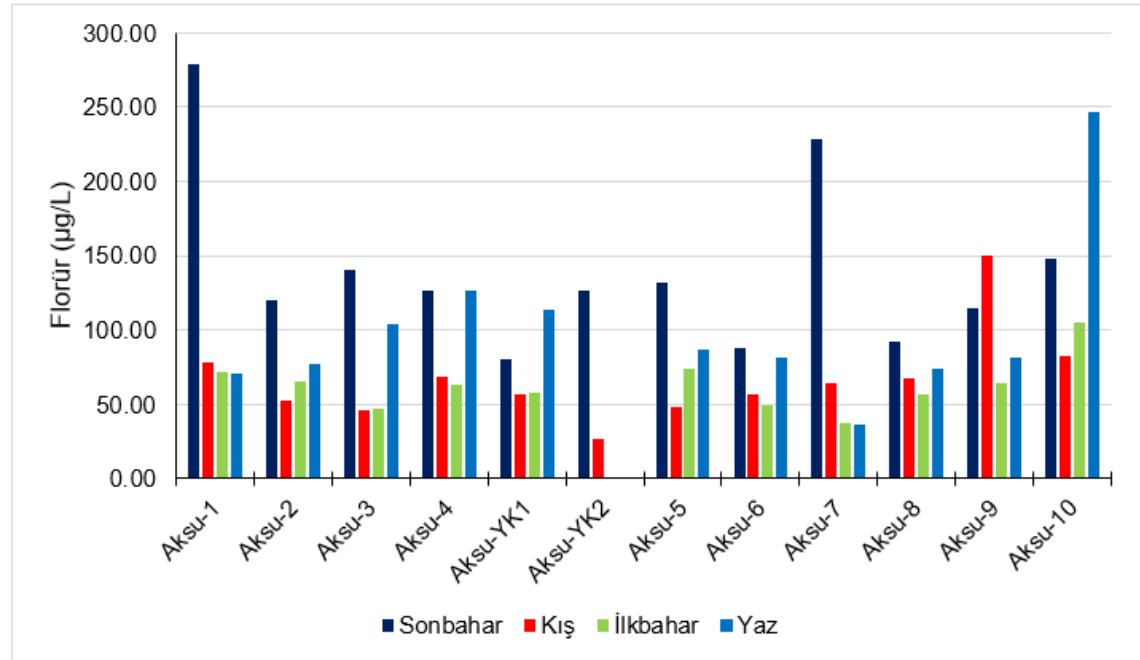
Şekil 4.15. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TOK konsantrasyonları

Aksu Çayı için mevsimsel ortalama bromür konsantrasyonları 0,20-3173,90 mg/L aralığında yer almıştır. İlkbahar ve yaz mevsiminde Aksu-10 izleme noktası dışında tüm izleme noktalarının bromür değerleri oldukça düşüktür. Genel olarak en yüksek bromür değerleri sonbahar mevsiminde gözlenmiştir. Aksu-10 izleme istasyonunda tuzlu su girişi nedeniyle diğer istasyonlara göre çok daha yüksek bromür değerleri elde edilmiştir. En düşük bromür konsantrasyonu kış mevsiminde (1613,47 mg/L), en yüksek bromür konsantrasyonu sonbahar mevsiminde (3173,90 mg/L) ölçülmüştür (Şekil 4.16).



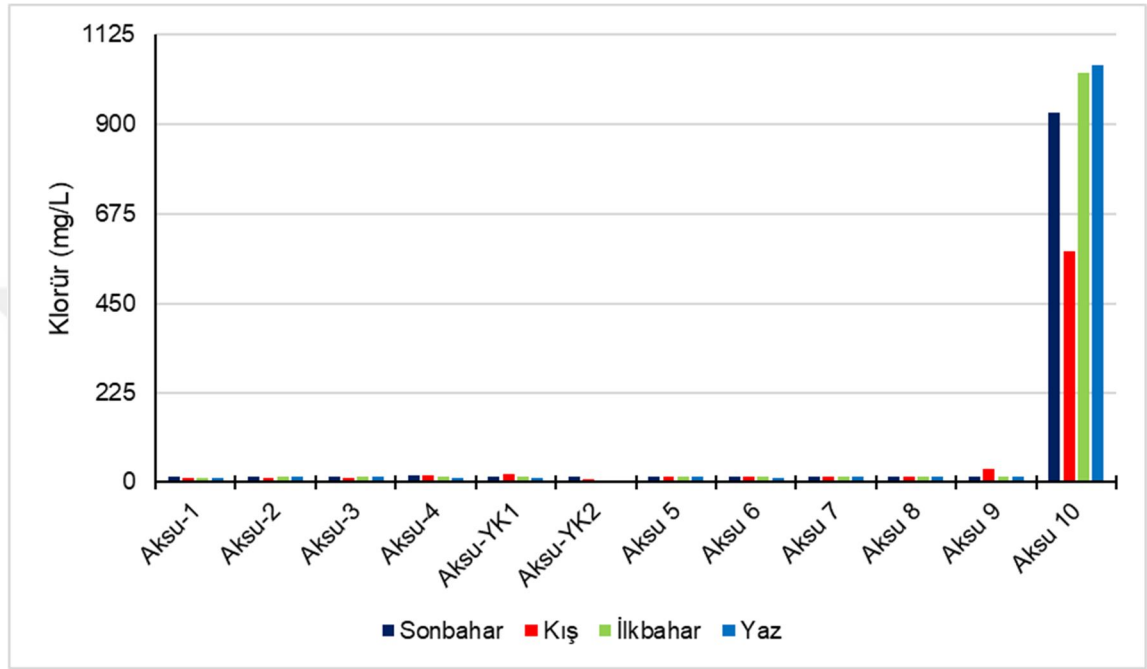
Şekil 4.16. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama bromür konsantrasyonları

Aksu Çayı için mevsimsel ortalama florür konsantrasyonları 27-278,40 µg/L aralığında yer almıştır. Aksu Çayı'nda yer alan tüm istasyonlarda (Aksu-YK1, Aksu-9 ve Aksu-10 hariç) en yüksek mevsimsel ortalama florür seviyeleri sonbahar döneminde ölçülmüştür. Aksu Çayı'nda yer alan tüm izleme istasyonlarında florür konsantrasyonları 1000 µg/L'den düşük olup YKSİ'ye göre I. sınıf (çok iyi) su kalitesindedir (Şekil 4.17).



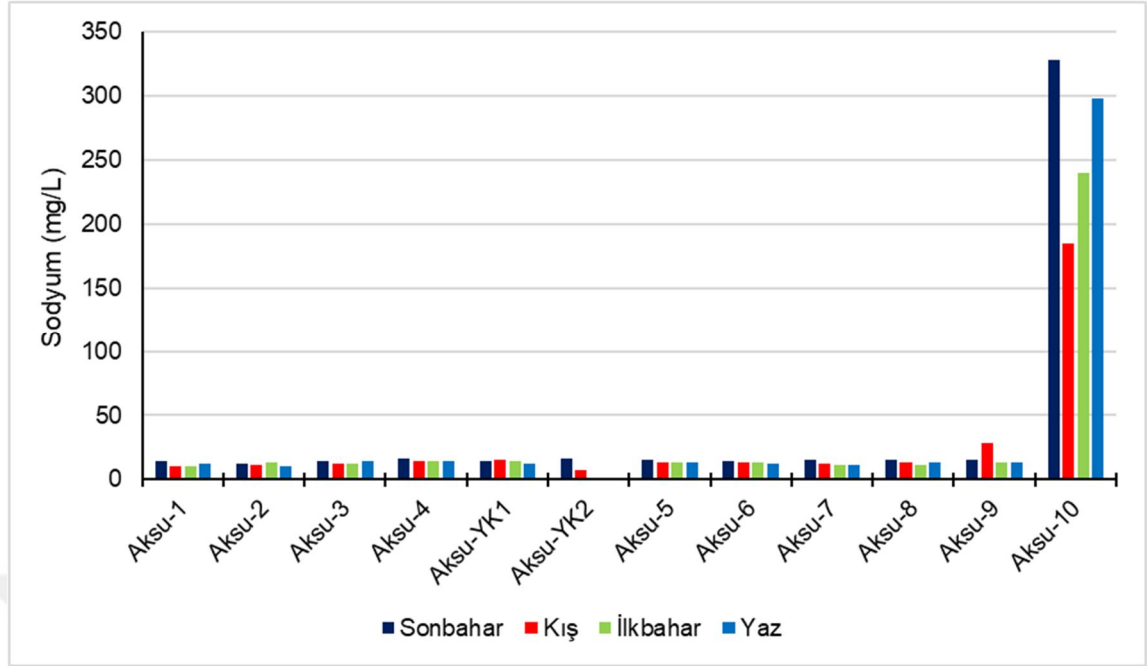
Şekil 4.17. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama florür konsantrasyonları

Aksu Çayı için mevsimsel ortalama klorür konsantrasyonları 6,96-1048,96 mg/L aralığındadır. Aksu-10 izleme noktası dışındaki tüm izleme noktalarının klorür değerleri oldukça düşüktür ve 6,96-33,50 mg/L seviyelerindedir. Aksu-10 izleme istasyonunda tuzlu su girişi nedeniyle diğer istasyonlara göre çok daha yüksek klorür değerleri elde edilmiştir. Mansap noktası için en düşük klorür konsantrasyonu kış mevsiminde (581,23 mg/L), en yüksek klorür konsantrasyonu yaz mevsiminde (1048,96 mg/L) ölçülmüştür (Şekil 4.18).



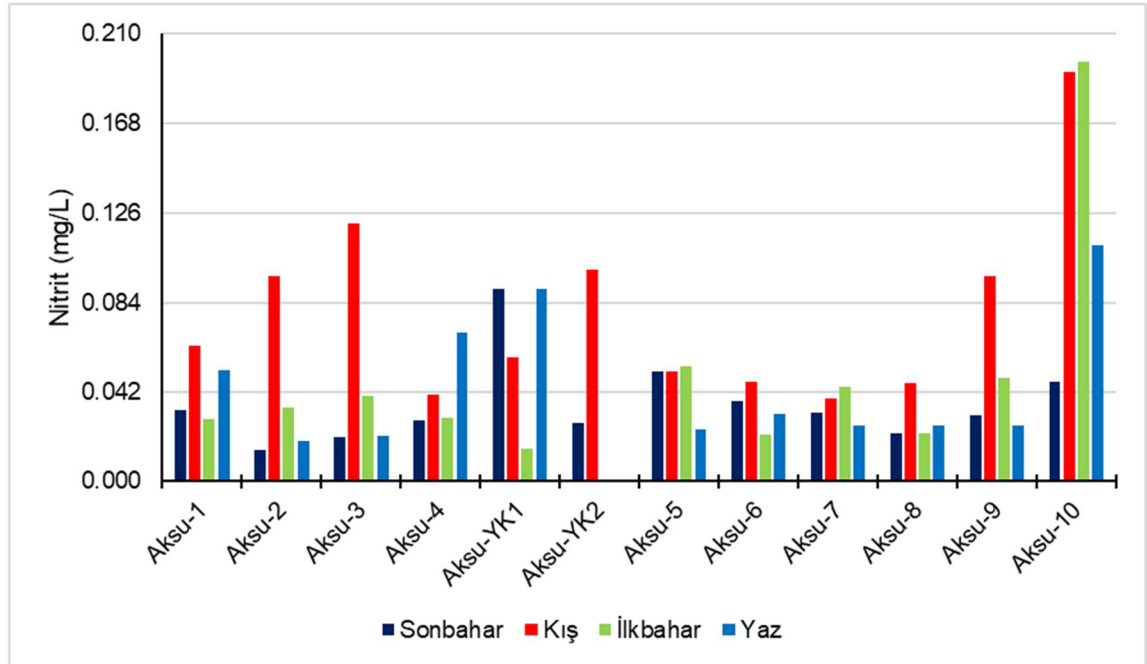
Şekil 4.18. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama klorür konsantrasyonları

Aksu Çayı için mevsimsel ortalama sodyum konsantrasyonları 7,18-328,02 mg/L aralığındadır. Aksu-10 izleme noktası dışındaki tüm izleme noktalarının sodyum değerleri oldukça düşüktür ve 7,18-28,02 mg/L seviyelerindedir. Aksu-10 izleme istasyonunda tuzlu su girişi nedeniyle diğer istasyonlara göre çok daha yüksek sodyum değerleri elde edilmiştir. Mansap noktası için en düşük sodyum konsantrasyonu kış döneminde (184,23 mg/L), en yüksek sodyum konsantrasyonu sonbahar döneminde (328,02 mg/L) ölçülmüştür (Şekil 4.19).



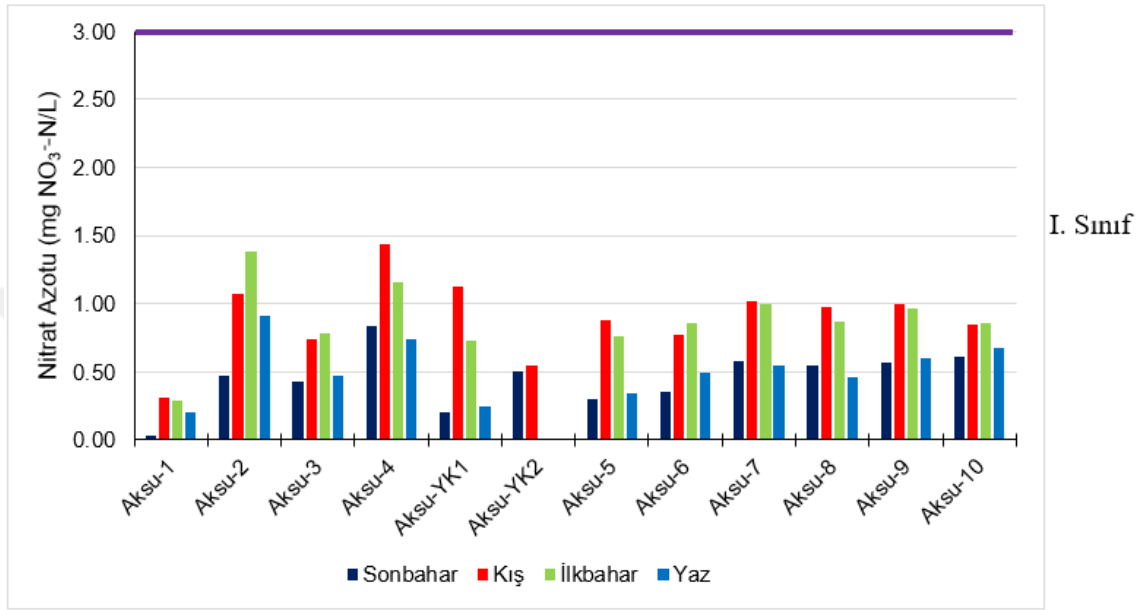
Şekil 4.19. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama sodyum konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama nitrit konsantrasyonları 0,015-0,197 mg/L aralığında değişim göstermiştir. En düşük ve en yüksek değerler izleme noktalarına göre önemli ölçüde değişkenlik göstermiştir. En yüksek nitrit konsantrasyonları, Aksu-1, Aksu-2, Aksu-3, Aksu-6, Aksu-8, Aksu-9 izleme noktaları için kış mevsiminde ve Aksu-10 izleme noktası için ilkbahar döneminde analiz edilmiştir (Şekil 4.20).



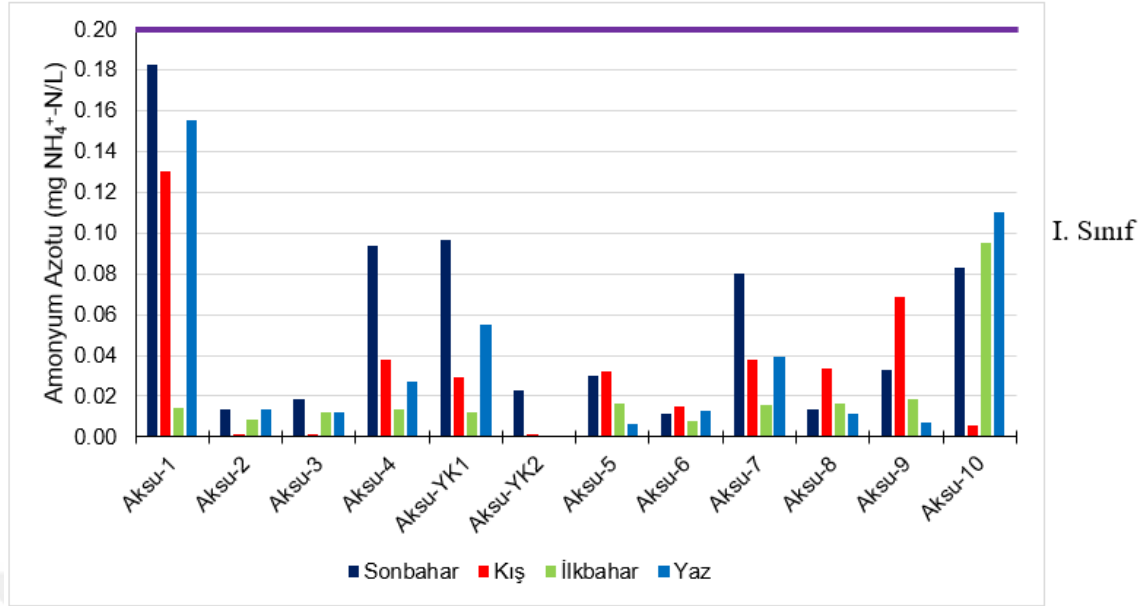
Şekil 4.20. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama nitrit konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama NO_3^- -N konsantrasyonları 0,032-1,44 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Aksu-4, Aksu-7 ve Aksu-8 izleme noktaları dışındaki tüm izleme noktalarında en düşük NO_3^- -N seviyeleri sonbahar mevsiminde görülmüştür. En yüksek NO_3^- -N değerleri ise ilkbahar ve kış dönemlerinde belirlenmiştir. Mevsimsel ortalama NO_3^- -N konsantrasyonları 3 mg/L'den düşük olup Aksu Çayı'nda yer alan tüm izleme istasyonlarının su kalitesi YSKY'ye göre I. sınıf (çok iyi) olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama nitrat azotu konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama NH_4^+ -N konsantrasyonları 0,002-0,182 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Aksu-10 izleme noktası dışındaki tüm izleme noktalarında en düşük NH_4^+ -N seviyeleri ilkbahar ve yaz döneminde gözlenirken en yüksek NH_4^+ -N seviyeleri sonbahar ve kış mevsiminde gözlenmiştir. Mevsimsel ortalama NH_4^+ -N seviyeleri 0,20 mg/L'den düşüktür. Dolayısıyla Aksu Çayı'nda yer alan tüm izleme istasyonlarının su kalitesi YSKY'ye göre I. sınıf (çok iyi) olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.22).

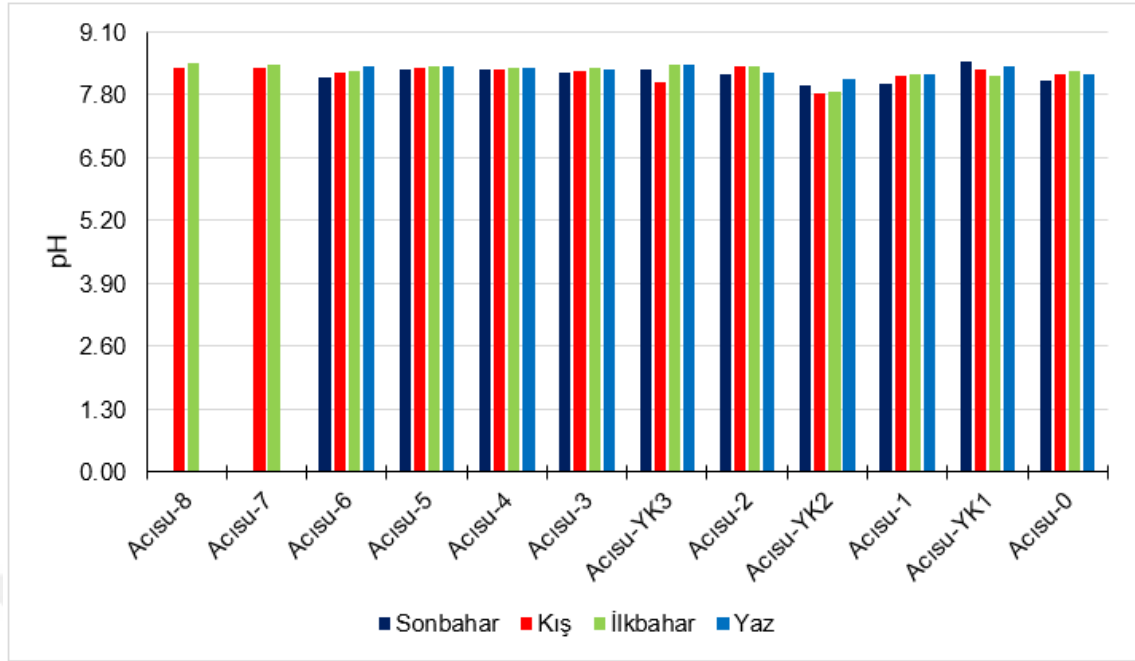


Şekil 4.22. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama amonyum azotu konsantrasyonları

Bir diğer çalışma bölgesi olan Acısu Deresi'nde ana nehir (10 istasyon) ve kolları (2 istasyon) boyunca yer alan 12 istasyonda fizikokimyasal su kalitesi parametreleri bir yıl boyunca aylık olarak izlenmiştir. Bu süre kapsamında elde edilen fizikokimyasal parametrelerin ölçüm ve analiz sonuçları su kalite indekslerinin hesaplanmasında ve YSKY (16.06.2021, RG: 31513) Ek-5'e göre (Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri) su kalitesi sınıfının değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

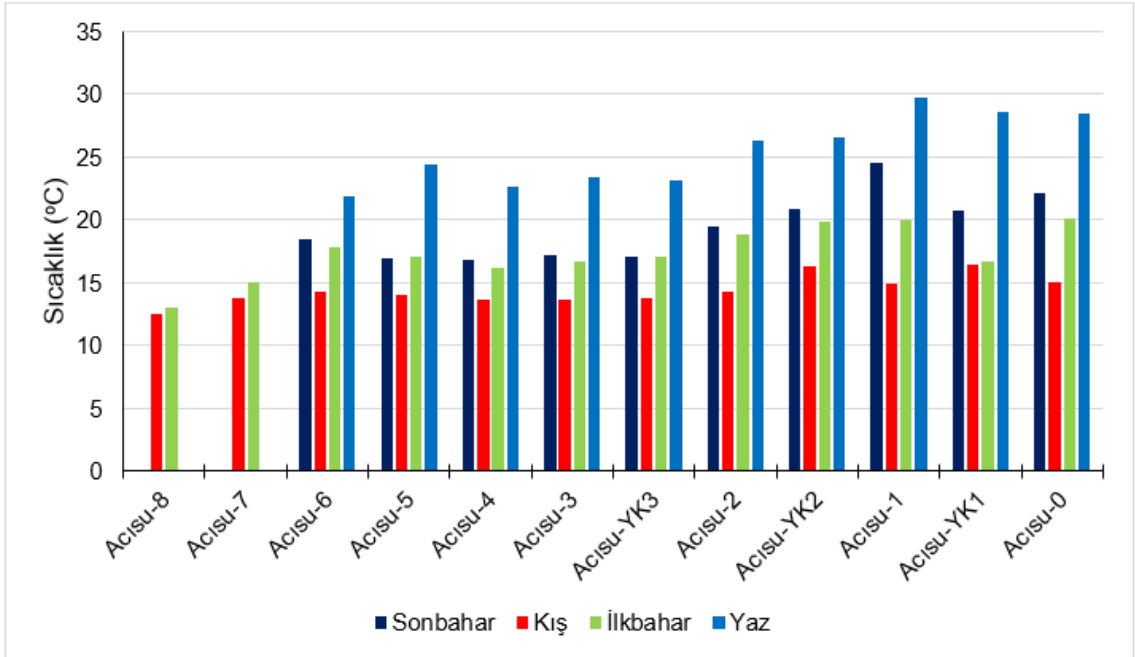
Acısu Deresi izleme noktaları için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel ortalama değerleri Şekiller 4.23-4.42'de sunulmuştur. Acısu-8 ve Acısu-7 izleme noktalarının sonbahar ve yaz aylarında kurduğu ve bu nedenle de numune alınamadığı için ölçüm ve örnekleme yapılmamıştır. Dolayısıyla Acısu-8 ve Acısu-7 izleme noktalarında sonbahar ve yaz mevsimi için seviyeler gözlemlenememiştir.

Şekil 4.23'te görüldüğü gibi Acısu-YK2 izleme noktasında sonbahar, kış, ilkbahar izleme dönemi dışında pH değerleri 8'in üzerindedir. En yüksek pH değerleri Acısu-6, Acısu-YK3 ve Acısu-YK2 izleme noktalarında yaz mevsiminde; Acısu-2 izleme noktasında kış mevsiminde; Acısu-YK1 izleme noktasında sonbahar mevsiminde ve belirtilen izleme noktaları dışındaki tüm istasyonlarda en yüksek pH değerleri ilkbahar mevsiminde gözlenmiştir. Acısu-YK1 izleme noktası dışındaki tüm izleme noktalarında düşük pH değerleri sonbahar ve kış mevsiminde gözlenmiştir. Mevsimsel ortalama pH değerleri Acısu-YK2 izleme noktası dışında 8,03-8,50 değerleri arasında değişkenlik göstermiştir. Acısu-YK2 izleme istasyonunda en düşük pH değeri kış mevsiminde 7,82 olarak kaydedilmiştir. YSKY'ye göre pH tüm su kalitesi sınıfları için 6-9 aralığında tanımlıdır. Dolayısıyla Acısu Deresi'nde tüm istasyonlarda ölçülen pH değerleri içme, sulama ve rekreasyon için uygundur.



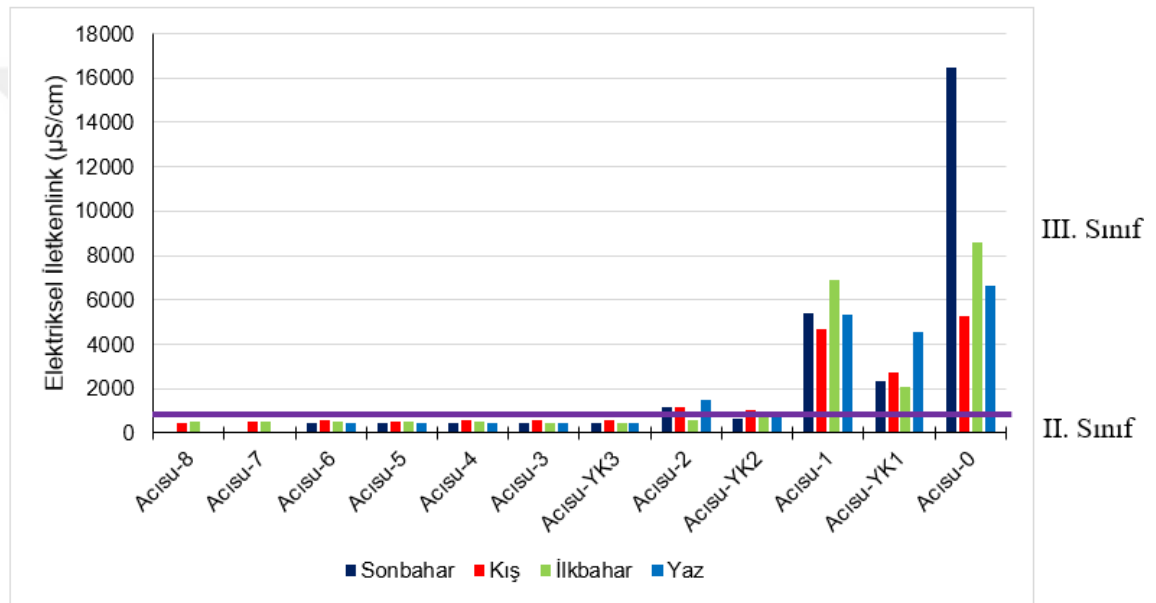
Şekil 4.23. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama pH değerleri

Mevsimsel ortalama sıcaklık değerleri Acısu-8 ve Acısu-7 izleme noktaları dışında en yüksek sıcaklık değerleri beklediği gibi yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Tüm izleme noktalarında en düşük sıcaklık değerleri kış aylarında görülmüştür. En düşük sıcaklık değeri kış mevsiminde Acısu-8 izleme noktası için 12,54 °C; en yüksek sıcaklık değeri yaz mevsiminde Acısu-1 izleme noktasında 29,70 °C olarak ölçülmüştür.



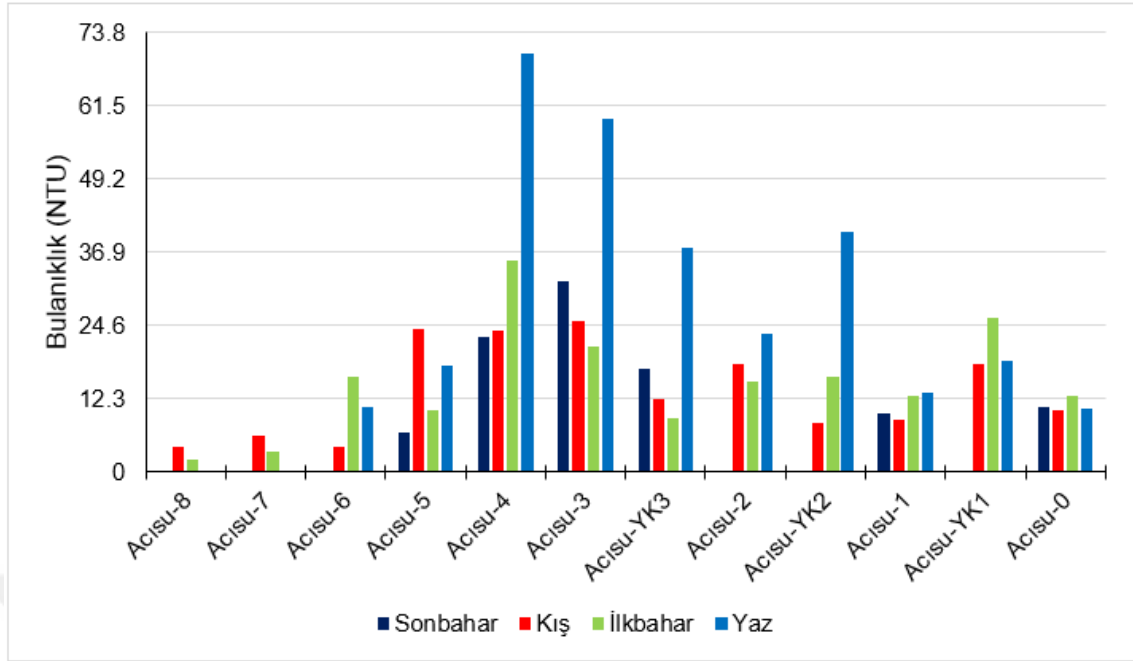
Şekil 4.24. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama su sıcaklığı değerleri

Acısu Deresi'nde mevsimsel ortalama Eİ değerleri (Acısu-1 ve Acısu-0 izleme noktaları dışında) 435-4568 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değişim göstermiştir. Deniz suyu girişi nedeniyle Acısu-0 ve Acısu-1 izleme istasyonunda Eİ değerleri diğer istasyonlardan çok farklı ve yüksek değerlerdedir. Buna göre Acısu-1 izleme noktası için Eİ değerleri en düşük kış mevsiminde (4656 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ve en yüksek ilkbahar mevsiminde (6879 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ölçülürken; Acısu-0 izleme noktasında Eİ değerleri en düşük kış mevsiminde (5283 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ve en yüksek sonbahar mevsiminde (16441 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ölçülmüştür. YSKY'de belirtilen sınır değerlere göre Acısu-2 (sonbahar, kış ve yaz mevsimi dışında), Acısu-YK2 (sonbahar, ilkbahar ve yaz mevsimi dışında), Eİ değerleri 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ üzerinde olup su kalitesi orta kategoride yer almıştır. Bunun dışındaki tüm izleme noktalarında Eİ değerleri 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ altında olup II. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak mevsimsel ortalama Eİ değerleri 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ üzerindedir ve dolayısıyla hiçbir izleme noktasında su kalitesi çok iyi (Sınıf I) kategoride yer almamıştır (Şekil 4.25).



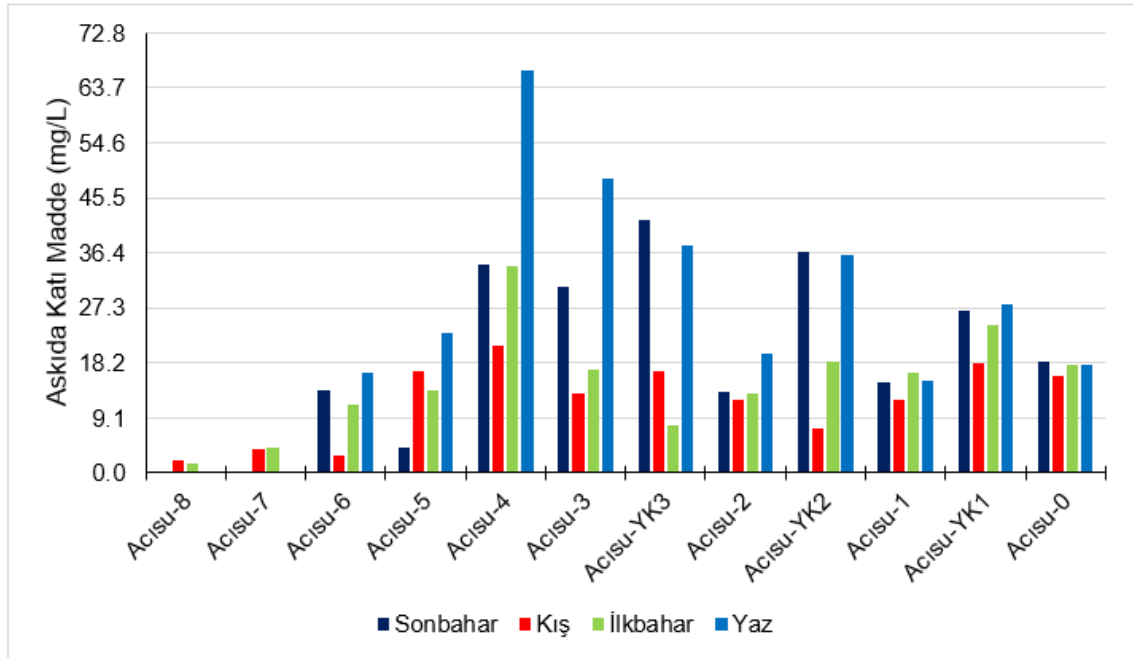
Şekil 4.25. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama Eİ değerleri

Acısu Deresi'nde mevsimsel ortalama bulanıklık değerleri 2,02-70,1 NTU arasında yer almıştır. En yüksek ve en düşük bulanıklık değerleri izleme noktalarına göre değişkenlik göstermiştir. Buna göre en yüksek bulanıklık değerleri Acısu-4'den Acısu-1'e kadar olan izleme noktalarında yaz; Acısu-8 ve Acısu-7 izleme noktalarında kış mevsiminde gözlenmiştir. Genel olarak en düşük bulanıklık değerleri ilkbahar ve kış mevsiminde elde edilmiştir. Bulanıklık değerleri Acısu-8, Acısu-7, Acısu-6 ve Acısu-5 izleme noktaları için diğer izleme noktalarına kıyasla daha düşüktür.



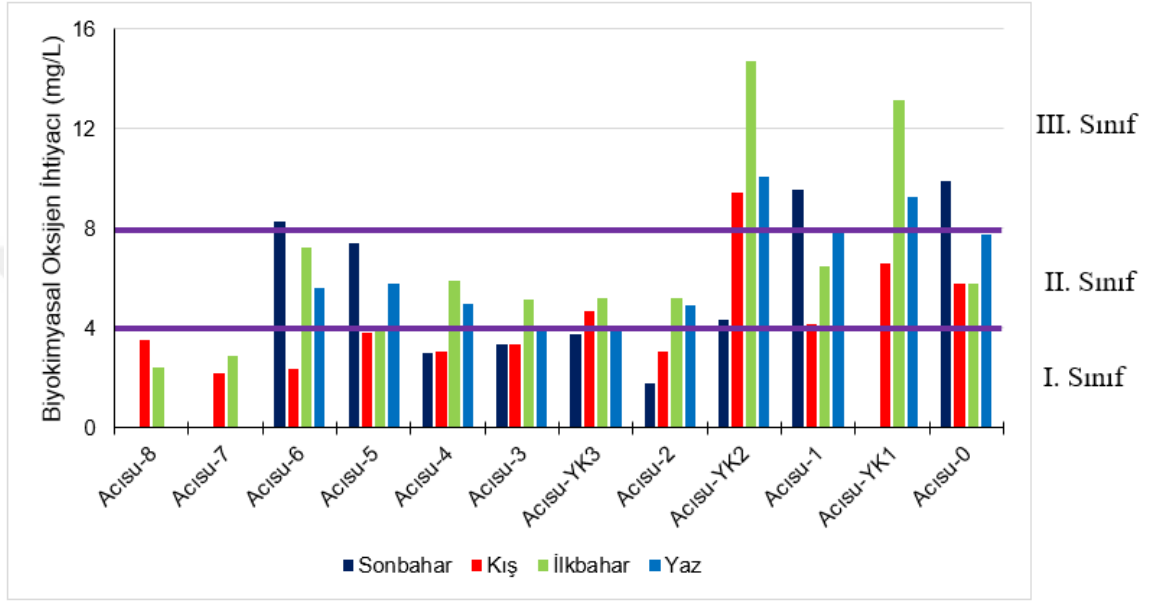
Şekil 4.26. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama bulanıklık değerleri

Tüm izleme noktaları (Acısu-8, Acısu-7 ve Acısu-1 izleme noktaları dışında) için mevsimsel ortalama AKM konsantrasyonları en yüksek sonbahar ve yaz mevsiminde görülmüştür. Yine AKM konsantrasyonları Acısu-8, Acısu-7, Acısu-6 ve Acısu-5 izleme noktaları için diğer izleme noktalarına kıyasla daha düşüktür. Acısu Deresi'nde AKM konsantrasyonları 1,64 ila 66,44 mg/L seviyelerinde değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.27).



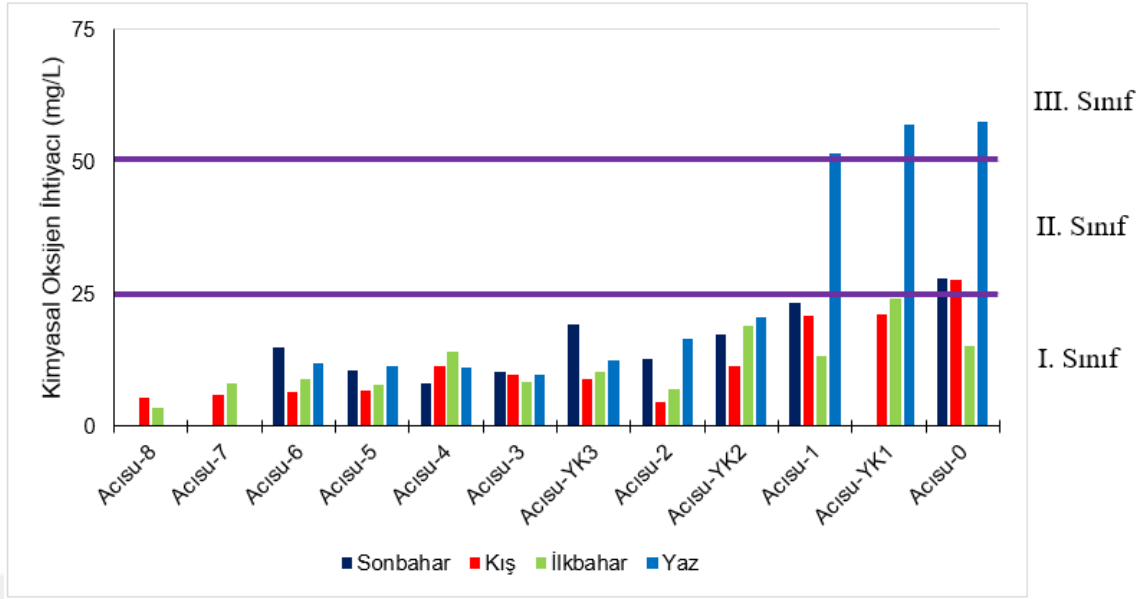
Şekil 4.27. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama AKM konsantrasyonları

Acısu Deresi'nde mevsimsel ortalama BOI_5 konsantrasyonları 1,81-14,7 mg/L aralığında yer almıştır. YSKY'de belirtilen sınır değerlere göre Acısu-YK2 (sonbahar mevsimi hariç), Acısu-1 (kış ve ilkbahar mevsimleri hariç), Acısu-YK1 (kış mevsimi dışında), Acısu-0 (sadece sonbahar mevsiminde) izleme noktalarında BOI_5 konsantrasyonları 8 mg/L üzerinde olup su kalitesi orta (III. Sınıf) kategoride yer almıştır. Bunun dışındaki tüm izleme istasyonları için mevsimsel ortalama BOI_5 konsantrasyonları 1,81-7,74 aralığındadır. Bu nedenle YSKY'ye göre su kalitesi Sınıf I (çok iyi) ve Sınıf II (iyi) olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.28).



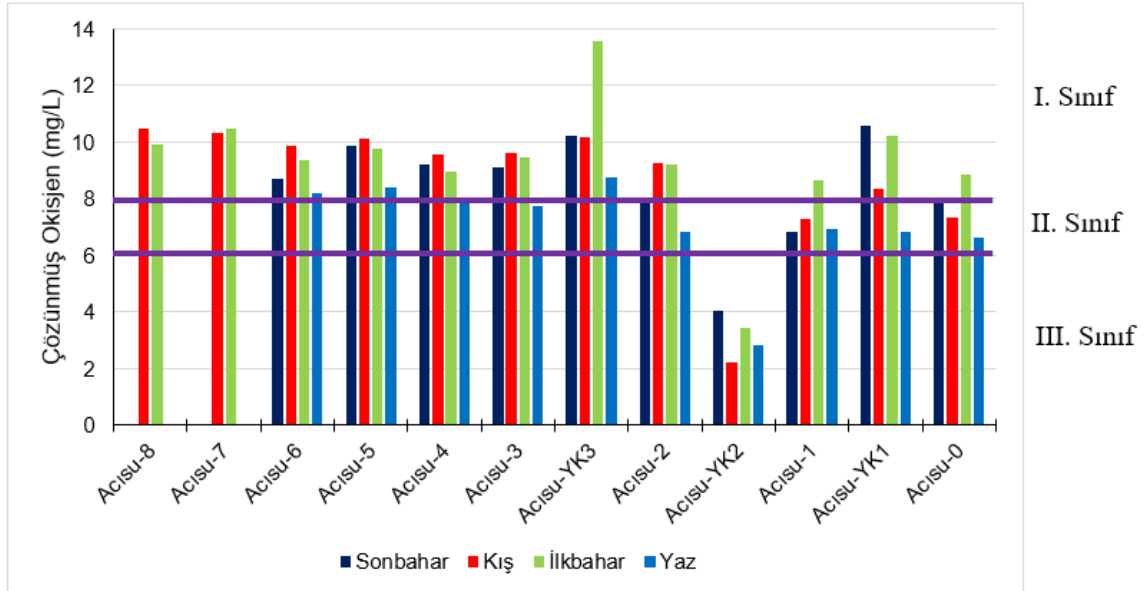
Şekil 4.28. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama BOI_5 konsantrasyonları

Acısu Deresi'nde mevsimsel ortalama KOI konsantrasyonları 3,41-57,49 mg/L aralığında değişkenlik göstermiştir. Acısu Deresi'nde yer alan tüm izleme istasyonlarında (Acısu-1, Acısu-YK1, Acısu-0 dışında) mevsimsel ortalama KOI konsantrasyonları 25 mg/L'den düşük olup YKSY'ye göre I. sınıf (çok iyi) su kalitesindedir. Yaz mevsiminde Acısu-1, Acısu-YK1, Acısu-0 izleme noktaları için KOI değeri 50 mg/L üzerinde olup III. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak Acısu-0 izleme noktasında sonbahar ve kış mevsiminde KOI konsantrasyonları 25 mg/L üzerindedir ve bu nedenle de su kalitesi Sınıf II (iyi) olarak sınıflandırılmıştır. KOI değerlerinin yüksek olmasında Acısu Deresi'nin mansap bölümünde bulunan atıksu arıtma tesislerinin atıksu deşarjlarının etkisinin olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.29).



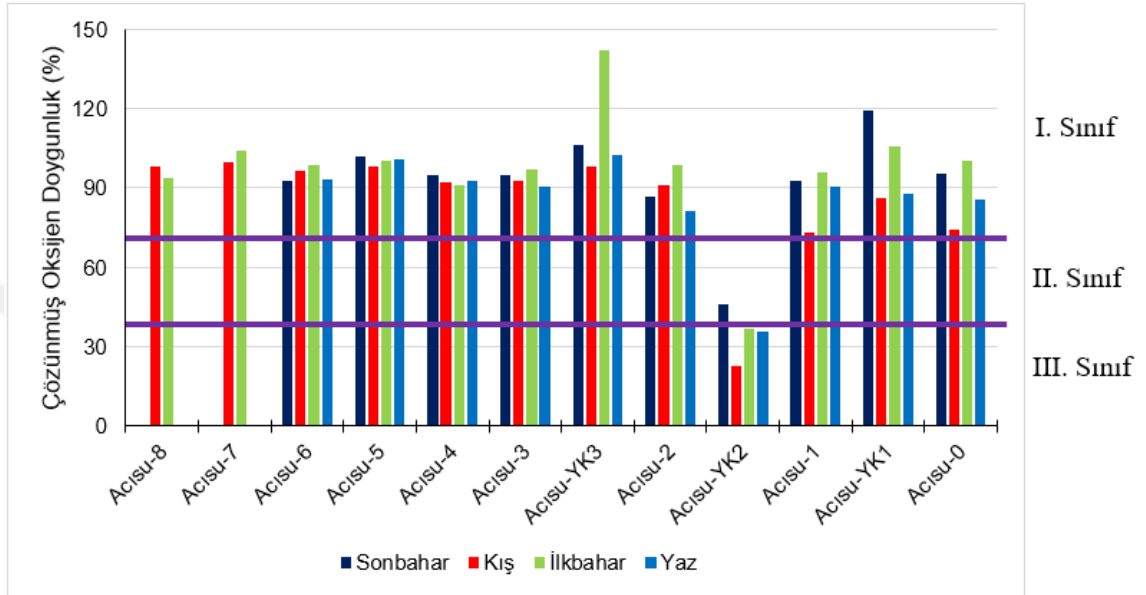
Şekil 4.29. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama KOİ konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama ÇO konsantrasyonları 2,23-13,55 mg/L aralığında yer almıştır. Acısu-YK2 izleme noktasında ÇO konsantrasyonları diğer izleme noktalarına kıyasla oldukça düşüktür ve YSKY'ye göre sadece bu izleme noktasının su kalitesi Sınıf III (orta) olarak sınıflandırılmıştır. Acısu Deresi'nde yer alan tüm istasyonlarda seviyeleri 6 mg/L'nin üzerindedir ve dolayısıyla su kalitesi I. sınıf (çok iyi) ve II. sınıf (iyi) olarak belirlenmiştir. Acısu Deresi izleme istasyonlarının su kalitesi genel olarak ÇO parametresi açısından sucül yaşam için uygundur (Şekil 4.30).



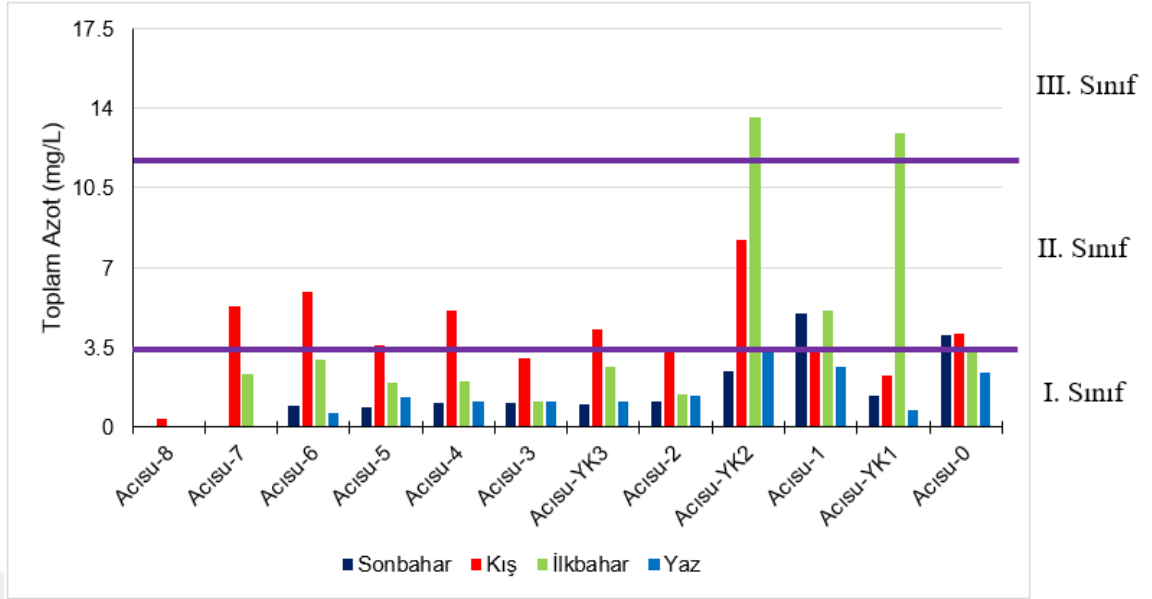
Şekil 4.30. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ÇO konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama ÇO doygunluk değerleri % 22,83- 142,27 aralığındadır. SKKY (13.02.2008; RG: 26786)'ye göre değerlendirildiğinde Acısu Deresi'nde yer alan izleme istasyonlarının su kalitesinin genel olarak sınıf I (çok iyi) olduğu belirlenmiştir. Sadece Acısu-YK2 izleme istasyonunun kış, ilkbahar ve yaz aylarındaki su kalitesi orta olarak tespit edilmiştir. Acısu-YK2 izleme istasyonu dışında Acısu Deresi'nde yer alan izleme istasyonlarının su kalitesi çok iyi ve iyi kalitede olup sucul yaşam, rekreasyonel ve içme suyu olarak kullanılabilir niteliktedir.



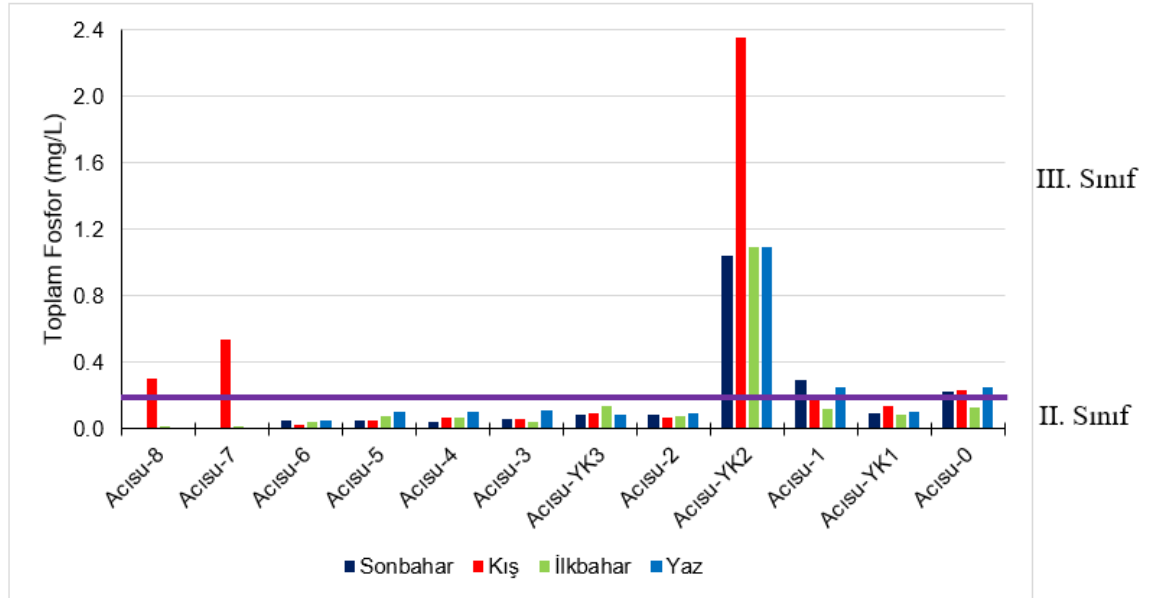
Şekil 4.31. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ÇO doygunluk konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama TN konsantrasyonları 0,08-13,6 mg/L arasındadır. YSKY'ye göre TN değeri 3,5 mg/L altında ise su kalitesi Sınıf I (çok iyi) olarak tanımlanmaktadır ve Şekil 4.32'de görüldüğü gibi Acısu Deresi'nde yer alan izleme istasyonlarında su kalitesi genel olarak Sınıf I (çok iyi)'dir. Özellikle kış mevsiminde TN parametresi bakımından izleme istasyonlarının su kalitesi Sınıf II kategoride yer almıştır. Ek olarak, sadece ilkbahar mevsiminde Acısu-YK2 ve Acısu-YK1 izleme noktalarında TN konsantrasyonları 11,5 mg/L üzerinde olup su kalitesi Sınıf III (orta) olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında yoğun tarımsal faaliyetlerden kaynaklı gübre kullanımı nedeniyle TN konsantrasyonları yüksektir.



Şekil 4.32. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TN konsantrasyonları

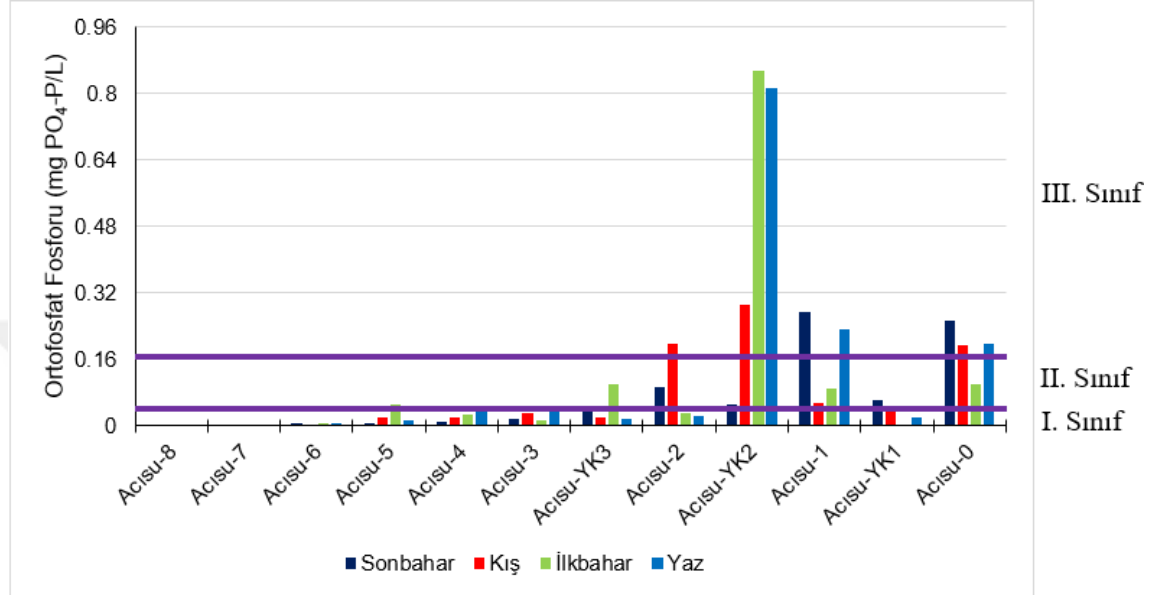
Mevsimsel ortalama TP konsantrasyonları 0,2-2,35 mg/L aralığındadır. YSKY'ye göre mevsimsel ortalama TP parametresi bakımından Acısu Deresi'nde yer alan çoğu izleme noktasının su kalitesi iyi (II. sınıf) kategoride yer almıştır. Acısu-YK2 izleme noktası için tüm izleme dönemlerinde; Acısu-8, Acısu-7 ve Acısu-1, Acısu-0 izleme noktaları için bazı izleme dönemlerinde) su kalitesinin Sınıf III olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TP konsantrasyonları

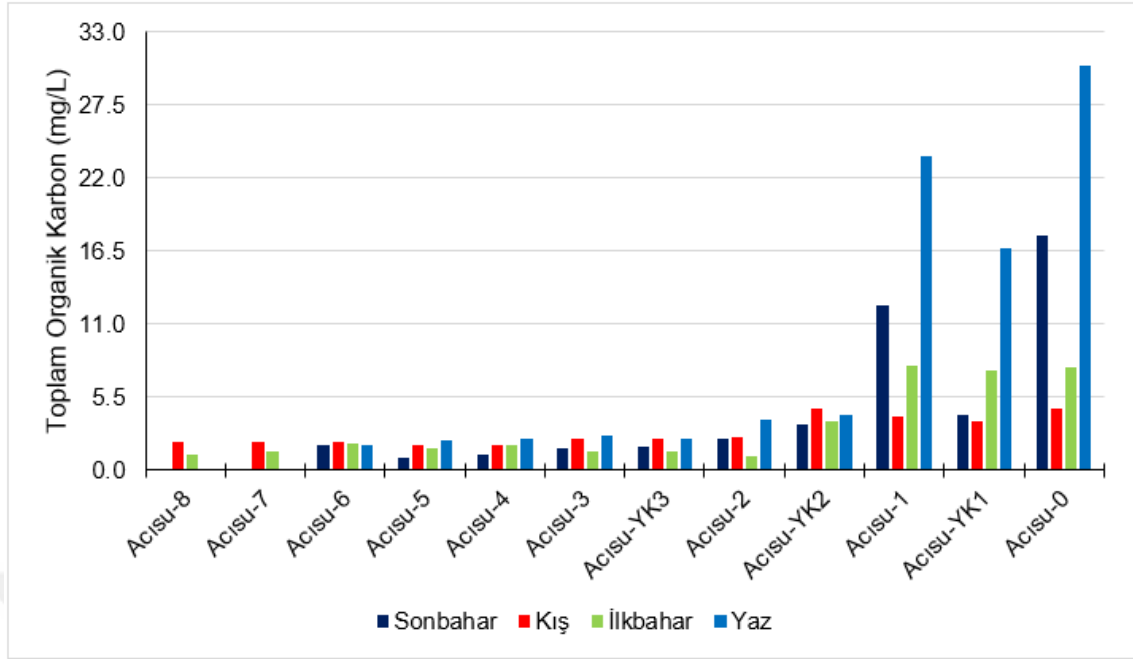
Acısu Deresi'nde yer alan tüm izleme istasyonları için mevsimsel ortalama PO_4 -

P konsantrasyonları 0,002-0,85 mg/L aralığındadır. YSKY'ye göre mevsimsel ortalama PO_4 -P parametresi bakımından Acısu Deresi'nde yer alan çoğu izleme noktasının su kalitesi Sınıf I (çok iyi) ve Sınıf II (iyi) olarak sınıflandırılmıştır. Bazı izleme dönemlerinde Acısu-YK2, Acısu-1, Acısu-YK1, Acısu-0 izleme noktaları için PO_4 -P konsantrasyonları 0,16 mg/L üzerinde olup III. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.34).



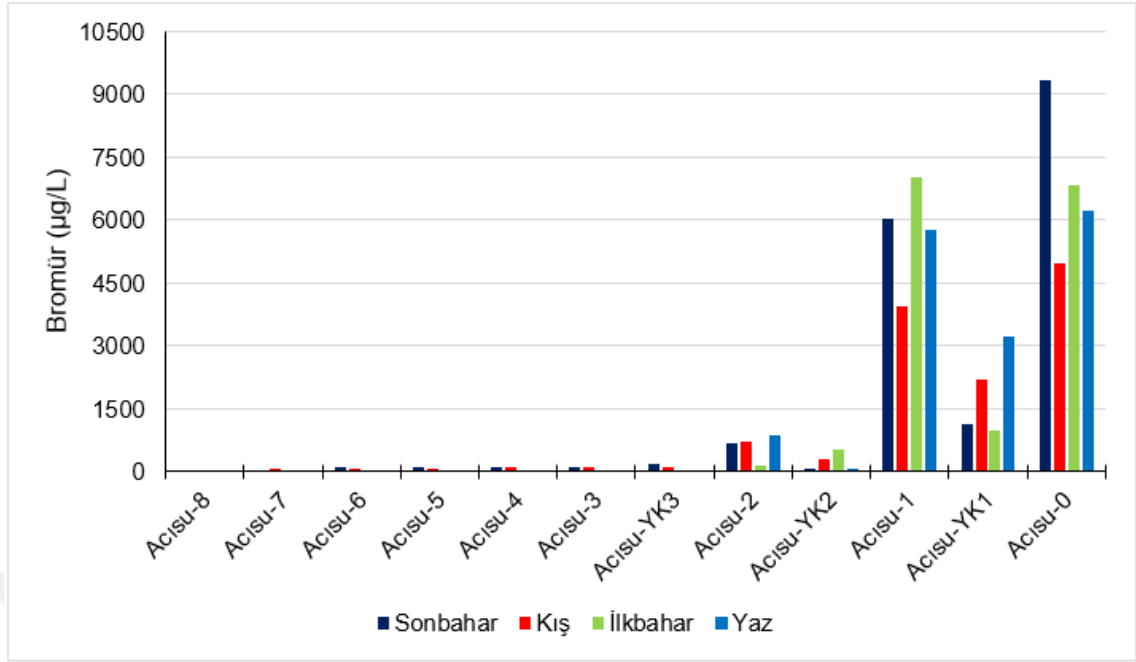
Şekil 4.34. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama ortofosfat fosforu konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama TOK konsantrasyonları 0,93-30,47 mg/L aralığındadır. En düşük ve en yüksek TOK seviyelerinin gözlemlendiği mevsimler izleme noktalarına göre değişkenlik göstermektedir. Acısu Deresi'nde yer alan tüm izleme noktalarında en düşük TOK değerleri (Acısu-1, Acısu-YK1, Acısu-0 izleme noktaları hariç) ilkbahar ve sonbahar döneminde belirlenmiştir. Ek olarak Acısu-1, Acısu-YK1 ve Acısu-0 izleme noktalarının TOK değerleri Acısu Deresi'nde yer alan diğer izleme noktalarına kıyasla belirgin derecede yüksektir. Belirtilen izleme noktalarında en yüksek değerler yaz mevsiminde; en düşük değerler ise kış mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 4.35).



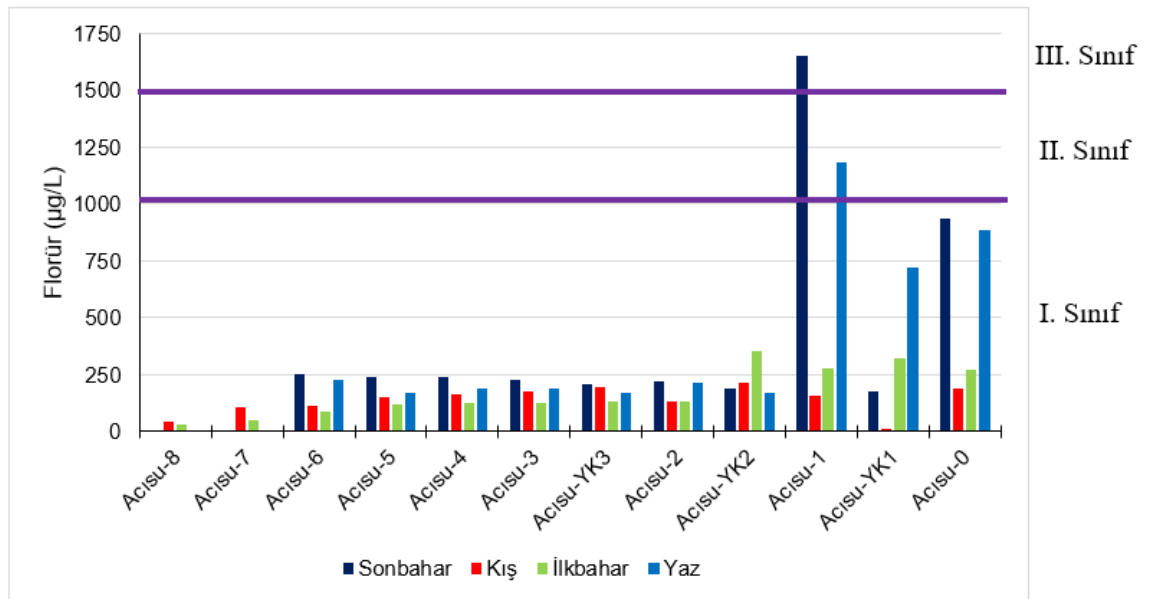
Şekil 4.35. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TOK konsantrasyonları

Acısu Deresi'nde yer alan tüm istasyonlarda (Acısu-1 ve Acısu-0 istasyonları hariç) için mevsimsel ortalama bromür konsantrasyonları 6,75-3236,30 $\mu\text{g/L}$ aralığında yer almıştır. Acısu-1 ve Acısu-0 izleme noktalarında deniz suyu girişi nedeniyle diğer izleme noktalarına göre çok daha yüksek bromür değerleri elde edilmiştir. En düşük bromür konsantrasyonu kış mevsiminde (3951,67 $\mu\text{g/L}$), en yüksek bromür konsantrasyonu sonbahar mevsiminde (9354,50 $\mu\text{g/L}$) ölçülmüştür. Genel olarak en yüksek bromür değerleri sonbahar mevsiminde gözlenmiştir (Şekil 4.36).



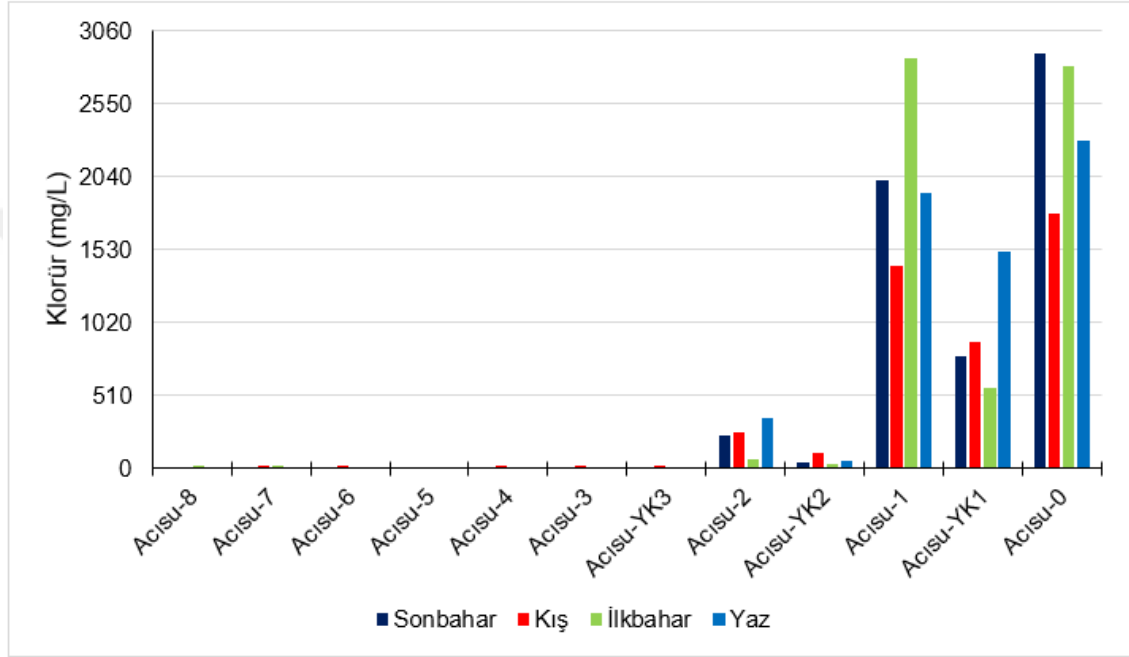
Şekil 4.36. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama bromür konsantrasyonları

Acısu Deresi için mevsimsel ortalama florür konsantrasyonları 12,5-1653 µg/L aralığında yer almıştır. Mevsimsel ortalama florür konsantrasyonları YSKY'ye göre değerlendirildiğinde, tüm izleme noktalarının (Acısu-1 izleme noktası dışında) su kalitesinin I. sınıf (çok iyi) kalitede olduğu gözlenmiştir. Acısu-1 izleme noktasında yaz mevsiminde su kalitesi II. Sınıf (iyi) kategoride yer alırken sonbahar mevsiminde su kalitesi orta sınıfa düşmüştür (Şekil 4.37).



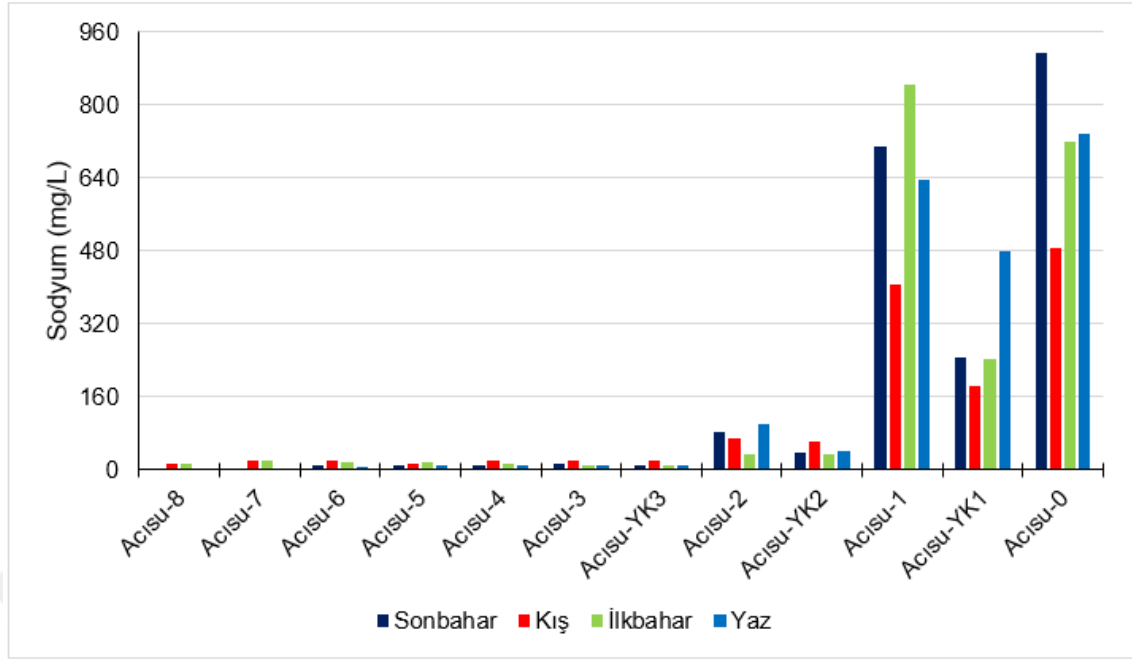
Şekil 4.37. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama florür konsantrasyonları

Acısu Deresi'nde yer alan tüm izleme noktaları (Acısu-0 ve Acısu-1 izleme noktası dışında) için mevsimsel ortalama klorür konsantrasyonları 5,79-1510,82 mg/L aralığındadır. Acısu-0 ve Acısu-1 izleme noktalarında deniz suyu girişi nedeniyle diğer izleme noktalarına göre çok daha yüksek klorür değerleri elde edilmiştir. En düşük klorür konsantrasyonu Acısu-1 izleme noktası için kış mevsiminde (1416,46 mg/L), en yüksek klorür konsantrasyonu Acısu-0 izleme noktası için sonbahar mevsiminde (2893,67 mg/L) ölçülmüştür. Ek olarak memba noktasından (Acısu-8) Acısu-YK3'e kadar olan izleme noktalarında klorür konsantrasyonları oldukça düşüktür ve en yüksek 23,70 mg/L olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.38).



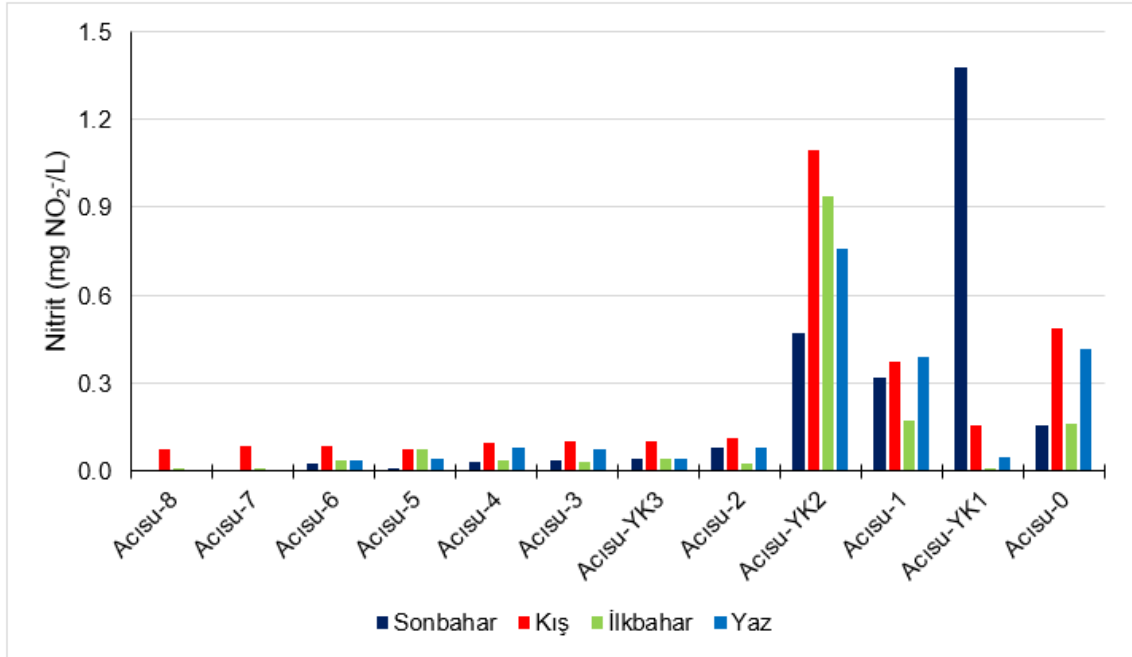
Şekil 4.38. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama klorür konsantrasyonları

Acısu Deresi'nde yer alan tüm izleme noktaları (Acısu-0 ve Acısu-1 izleme noktası dışında) için mevsimsel ortalama sodyum konsantrasyonları 8,11-478,74 mg/L aralığındadır. Klorür parametresinde olduğu gibi Acısu-0 ve Acısu-1 izleme noktalarında deniz suyu girişi nedeniyle diğer izleme noktalarına göre çok daha yüksek sodyum değerleri elde edilmiştir. En düşük sodyum konsantrasyonu Acısu-1 izleme noktası için kış mevsiminde (404,24 mg/L), en yüksek sodyum konsantrasyonu Acısu-0 izleme noktası için sonbahar mevsiminde (913,73 mg/L) ölçülmüştür. Ek olarak memba noktasından (Acısu-8) Acısu-YK3'e kadar olan izleme noktalarında sodyum konsantrasyonları oldukça düşüktür ve en yüksek 22,18 mg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 4.39).



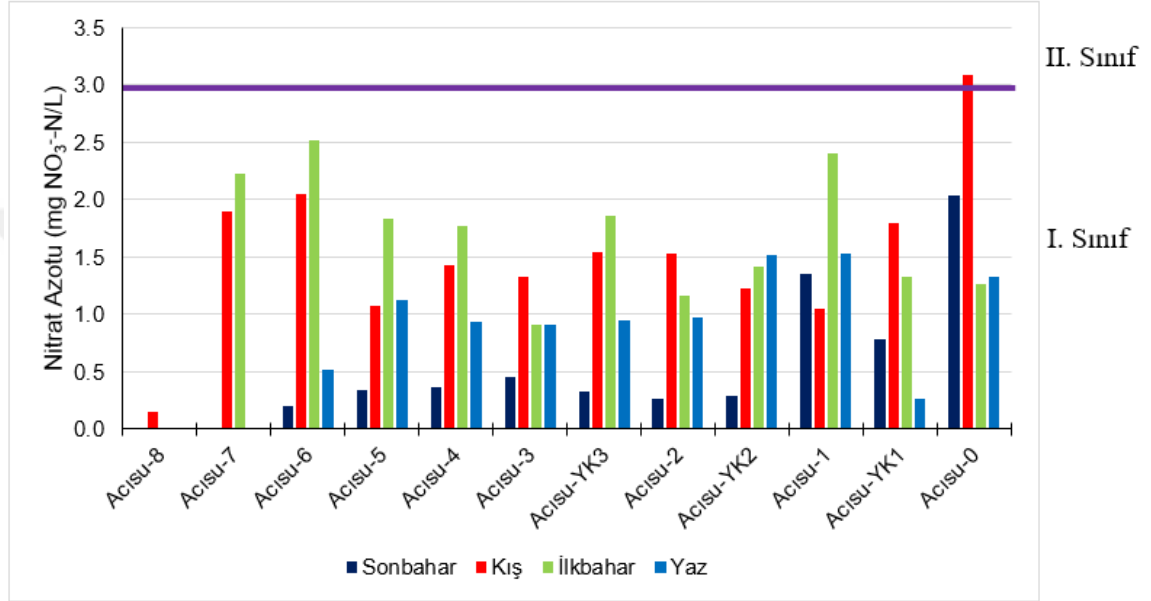
Şekil 4.39. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama sodyum konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama NO_2^- konsantrasyonları 0,01-1,38 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Memba noktası (Acısu-8)'ndan Acısu-2'ye kadar olan izleme noktalarında NO_2^- konsantrasyonları oldukça düşüktür. En yüksek nitrit konsantrasyonları, Acısu-5, Acısu-1 ve Acısu-YK1 izleme noktaları dışındaki tüm izleme noktalarında kış mevsiminde analiz edilmiştir (Şekil 4.40).



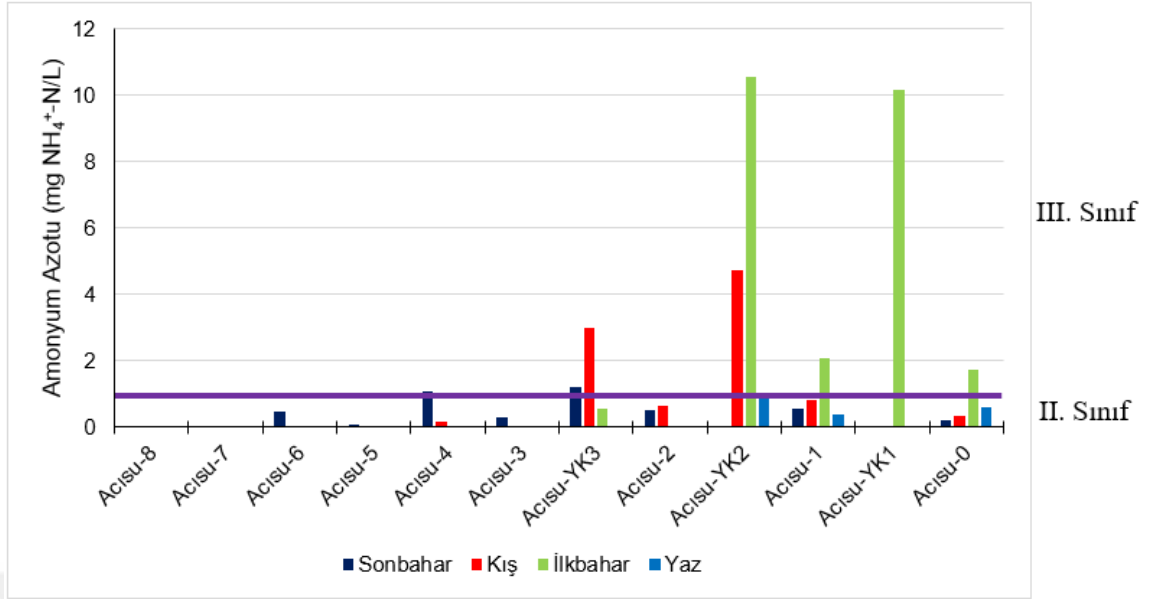
Şekil 4.40. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama nitrit konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama NO_3^- -N konsantrasyonları 0,02-3,09 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Acısu-1, Acısu-YK1, Acısu-0 izleme noktaları dışındaki tüm izleme noktalarında en düşük NO_3^- -N seviyeleri sonbahar mevsiminde görülmüştür. En yüksek NO_3^- -N değerleri ise ilkbahar ve kış dönemlerinde belirlenmiştir. Mevsimsel ortalama NO_3^- -N konsantrasyonları 3 mg/L'den düşük olup Acısu Deresi'nde yer alan tüm izleme istasyonlarının (Acısu-YK1 kış mevsimi hariç) su kalitesi YSKY'ye göre I. sınıf (çok iyi) olarak sınıflandırılmıştır. Orta sınıf kaliteye sahip izleme noktası bulunmamakla beraber kış mevsiminde Acısu-YK1 izleme noktalarının su kalitesi II. Sınıf (iyi) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama nitrat azotu konsantrasyonları

Mevsimsel ortalama NH_4^+ -N konsantrasyonları 0,002-10,54 mg/L aralığında değişim göstermiştir. YSKY'ye göre NH_4^+ -N değeri 0,2 mg/L altında ise su kalitesi I. sınıf (çok iyi) ve 0,2-1 mg/L arasında ise su kalitesi II. sınıf (iyi) olarak tanımlanmaktadır. Buna göre Acısu Deresi'nde yer alan çoğu izleme noktasının su kalitesi Sınıf I ve Sınıf II kategoride yer almıştır. Acısu-4, Acısu-YK3 izleme noktaları için sonbahar mevsiminde; Acısu-YK3 ve Acısu-YK2 izleme noktaları için kış mevsiminde; Acısu-YK2, Acısu-1, Acısu-YK1 ve Acısu-0 izleme noktaları için ilkbahar mevsiminde mevsimsel ortalama NH_4^+ -N konsantrasyonu 1 mg/L üzerindedir. Dolayısıyla belirtilen izleme noktalarında ve dönemlerinde su kalitesi orta (III. sınıf) olarak belirlenmiştir. (Şekil 4.42).

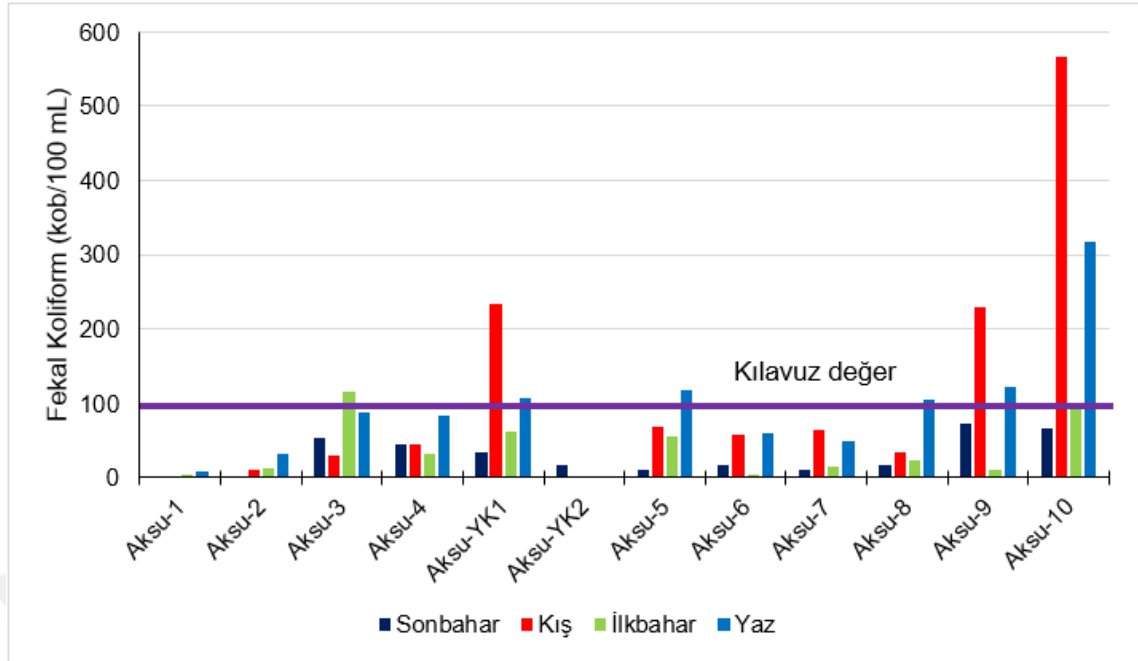


Şekil 4.42. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama amonyum azotu konsantrasyonları

4.1.2. Bakteriyolojik parametreler

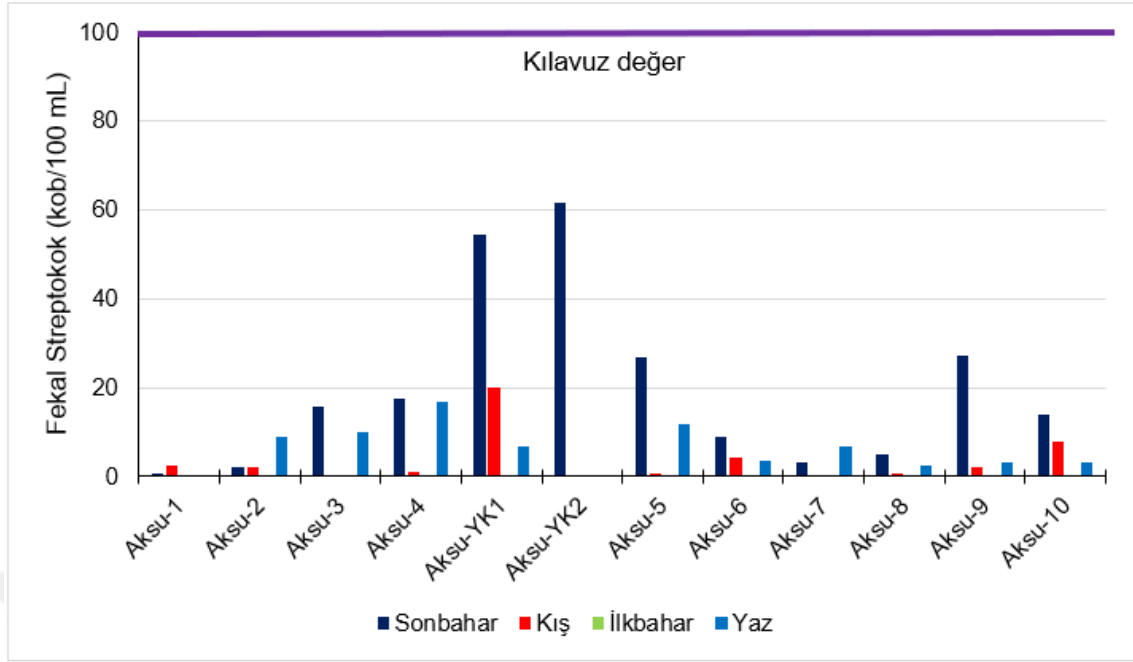
Çalışma süresince bakteriyolojik parametreler laboratuvarında analiz edilmiştir. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FK, fekal streptokok (FS), TK ve Escherichia coli (E-coli) değerleri Şekiller 4.43-4.46’da sunulmuştur.

Mevsimsel ortalama FK değerleri 1-566 kob/100 mL aralığında değişim göstermiştir ve tüm izleme noktalarında fekal koliforma rastlanmıştır. Aksu-YK1, Aksu-9 ve Aksu-10 izleme noktalarında kış aylarında FK değerleri belirgin bir şekilde yüksektir. Şekil 4.43’te görüldüğü gibi FK değerleri genel olarak en yüksek yaz ve kış aylarında görülmüştür. TK bakterilerinin çoğunluğunu oluşturan ve bakteriyolojik analizlerde dışkısal kaynaklı olması, bol miktarda bulunması gibi çeşitli sebeplerle indikatör mikroorganizmalardan biri olarak kabul edilen FK bakterileri, özellikle Aksu-YK1, Aksu-9 ve Aksu-10 izleme noktalarında kış mevsiminde çok yükselmiştir. FK bakterileri sıcakkanlı hayvanların bağırsaklarından kaynaklanmakla birlikte çoğunluğunu insan dışkısından gelen E-coli bakterilerinin oluşturması sebebiyle dışkı kaynaklı kirlilik söz konusudur. Bahsedilen izleme noktalarına yakın bölgelerde bulunan yerleşim yerlerindeki foseptikler ve çiftliklerden kaynaklanan fekal kirliliğin yüzey akış ve yeraltı suyu taşınımı yoluyla nehre ulaşması sebebiyle FK değerleri kış aylarında çok yüksektir. Aksu-3, Aksu-YK1, Aksu-5, Aksu-7, Aksu-8, Aksu-9 ve Aksu-10 izleme noktalarında bazı dönemler için Mavi Bayrak kılavuz değeri aşılmıştır. Bu nedenle bu izleme noktaları yüzme suyu için uygun değildir. Belirtilen izleme noktaları dışındaki tüm izleme noktalarında kılavuz değeri olan 100 kob/100 mL seviyesi aşılmamıştır ve bu noktalarda su kalitesi yüzme için uygundur.



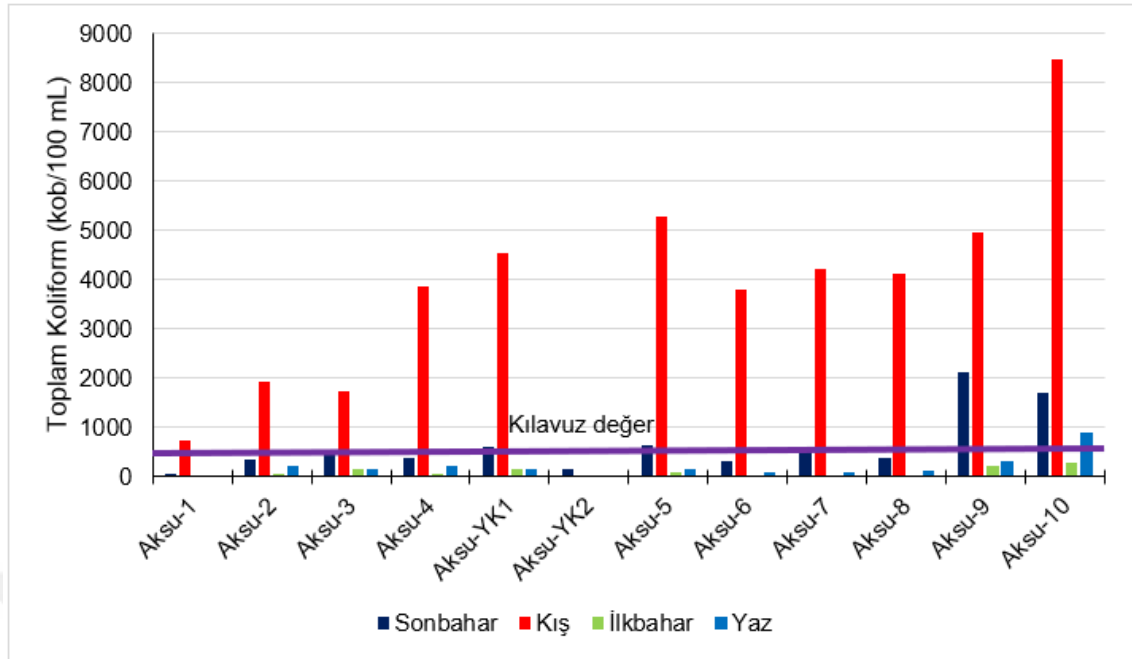
Şekil 4.43. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FK değerleri

Şekil 4.44'te görüldüğü gibi Aksu-1, Aksu-2 ve Aksu-7 istasyonları dışında FS değerleri en yüksek sonbahar mevsiminde gözlenmiştir. FS değerlerindeki artışın hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı hayvan atıklarına bağlı olduğu düşünülmektedir. Tüm izleme istasyonlarında ilkbahar mevsiminde; Aksu-1 izleme noktası için yaz; Aksu-3, Aksu-YK2, Aksu-7 izleme noktaları için ise kış döneminde FS gözlenmemiştir. Mevsimsel ortalama FS değerleri 0-62 kob/100 mL aralığındadır. Ek olarak, Aksu Çayı'nda ana nehir (10 nokta) ve kolları (2 nokta) boyunca yer alan 12 izleme noktasının mevsimsel ortalama FS değerleri Mavi Bayrak kılavuz değerini aşmamıştır. Dolayısıyla su kalitesi FS parametresi açısından yüzme suyu için uygun bulunmuştur.



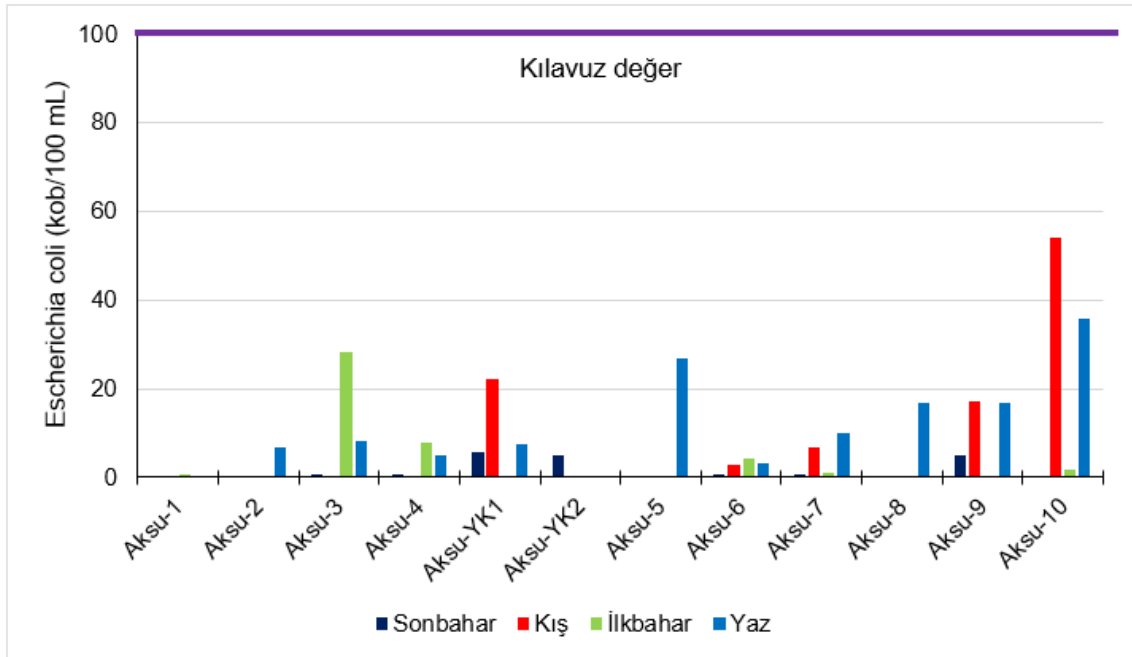
Şekil 4.44. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FS değerleri

Mevsimsel ortalama TK değerleri 26-8473 kob/100 ml arasında değişkenlik göstermiştir. Aksu-YK2 izleme noktası dışındaki tüm izleme noktalarında en yüksek TK değerleri kış döneminde gözlenmiştir ve kılavuz değer (500 kob/100 mL) aşılmıştır. Bu durum TK bakterilerinin yağışlarla havzadan nehre ulaştığının bir kanıtıdır. Aksu-YK1'den başlayarak mansap noktaya kadar (Aksu-YK2, Aksu-6, Aksu-8 izleme noktaları dışında) sonbahar mevsiminde ve Aksu-10 izleme noktasında yaz mevsiminde kılavuz değer aşıldığı belirlenmiştir. Bunun dışındaki tüm izleme noktalarında TK parametresi bakımından Mavi Bayrak kılavuz değeri aşılmamıştır ve yüzme suyu için uygundur (Şekil 4.45).



Şekil 4.45. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TK değerleri

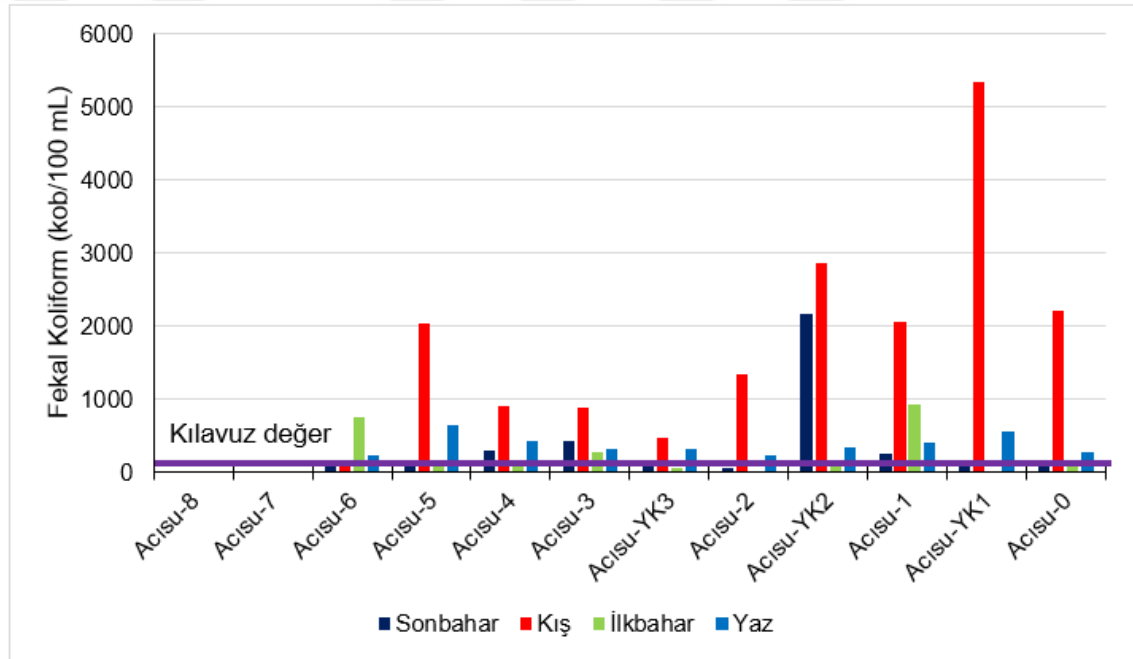
Mevsimsel ortalama E-coli değerleri 0-54 kob/100 ml arasında değişkenlik göstermiştir. Çoğu izleme noktası ve çoğu izleme dönemi için E-coli bulunmamıştır. Aksu Çayı'nda yer alan tüm izleme noktalarında E-coli parametresi bakımından Mavi Bayrak'ta yer alan kılavuz değer (100 kob/100 mL) aşılmamıştır ve dolayısıyla yüzmeye uygunudur (Şekil 4.46).



Şekil 4.46. Aksu Çayı için membadan (Aksu-1) mansaba doğru (Aksu-10) izleme noktaları için mevsimsel ortalama E-coli değerleri

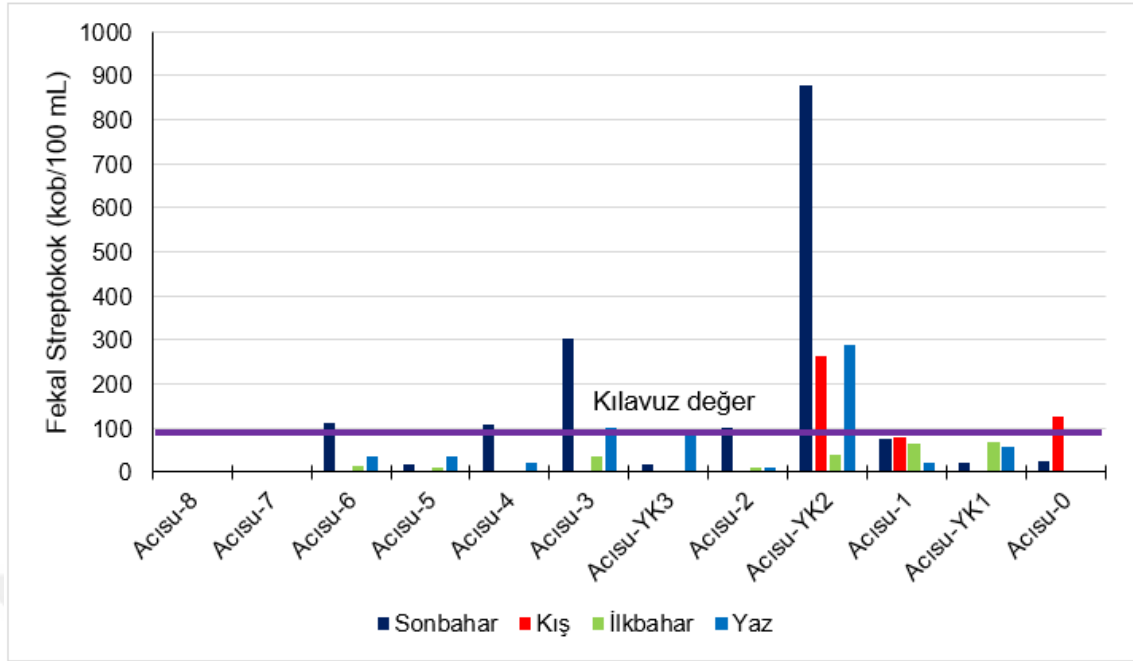
Bir diğer çalışma bölgesi olan Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FK, fekal streptokok (FS), TK ve Escherichia coli (E-coli) değerleri Şekiller 4.47-4.50’de sunulmuştur.

Mevsimsel ortalama FK değerleri 0-5330 kob/100 mL aralığında değişim göstermiştir. Sadece Acısu-YK1 ilkbahar mevsiminde fekal koliforma rastlanmamıştır. Acısu-5, Acısu-YK2, Acısu-1, Acısu-YK1 ve Acısu-0 izleme noktalarında kış aylarında FK değerleri belirgin bir şekilde yüksektir. Şekil 4.47’de görüldüğü gibi FK değerlerinin özellikle yağışların arttığı kış mevsiminde çok yükseldiği görülmüştür. Acısu Deresi’nde yer alan çoğu izleme noktasında ve döneminde Mavi Bayrak kılavuz değeri aşılmıştır. Bu nedenle Acısu Deresi’nde yer alan izleme istasyonları genel olarak yüzme suyu için uygun değildir. Acısu-8 ve Acısu-7 izleme noktaları için ilkbahar ve kış mevsiminde; Acısu-6 ve Acısu-5 izleme noktaları için sonbahar mevsiminde; Acısu-YK2 ve Acısu-YK1 sonbahar ve ilkbahar mevsiminde; Acısu-YK1 izleme noktasında ilkbahar mevsiminde kılavuz değer olan 100 kob/100 mL seviyesi aşılmamıştır ve bu noktalarda su kalitesi yüzme için uygundur.



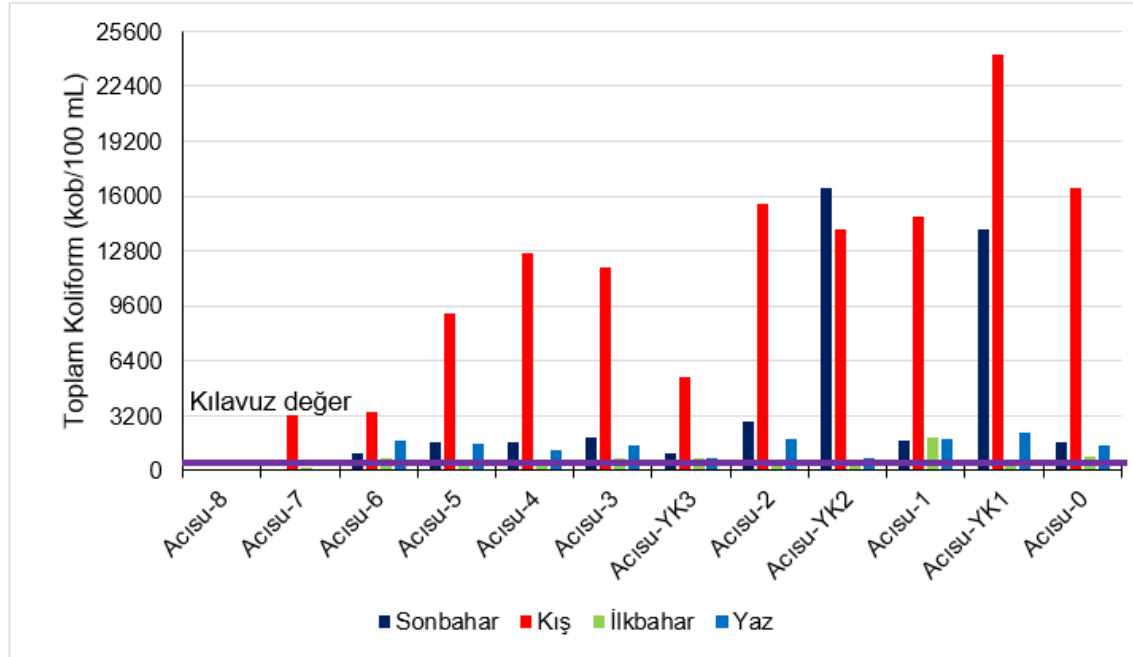
Şekil 4.47. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FK değerleri

Mevsimsel ortalama FS değerleri 0-880 kob/100 mL aralığındadır. Acısu-8, Acısu-7 izleme noktaları için kış ve ilkbahar mevsiminde; Acısu-6, Acısu-YK1 izleme noktaları için kış mevsiminde; Acısu-4 izleme noktası için kış ve ilkbahar mevsiminde ve Acısu-0 izleme noktası için ilkbahar döneminde FS gözlenmemiştir. Acısu-6, Acısu-4, Acısu-3, Acısu-2 izleme noktaları için sonbahar mevsiminde; Acısu-YK2 izleme noktası için kış ve yaz dönemi; Acısu-0 izleme noktası için kış mevsiminde Mavi Bayrak’ta yer alan kılavuz değer (100 kob/100 mL) aşılmıştır ve bu nedenle su kalitesi yüzme suyu için uygun değildir. Belirtilen izleme noktaları ve dönemleri için mevsimsel ortalama FS değerleri Mavi Bayrak kılavuz değerini aşmamıştır. Dolayısıyla bu noktalarda su kalitesi FS parametresi açısından yüzme suyu için uygun bulunmuştur.



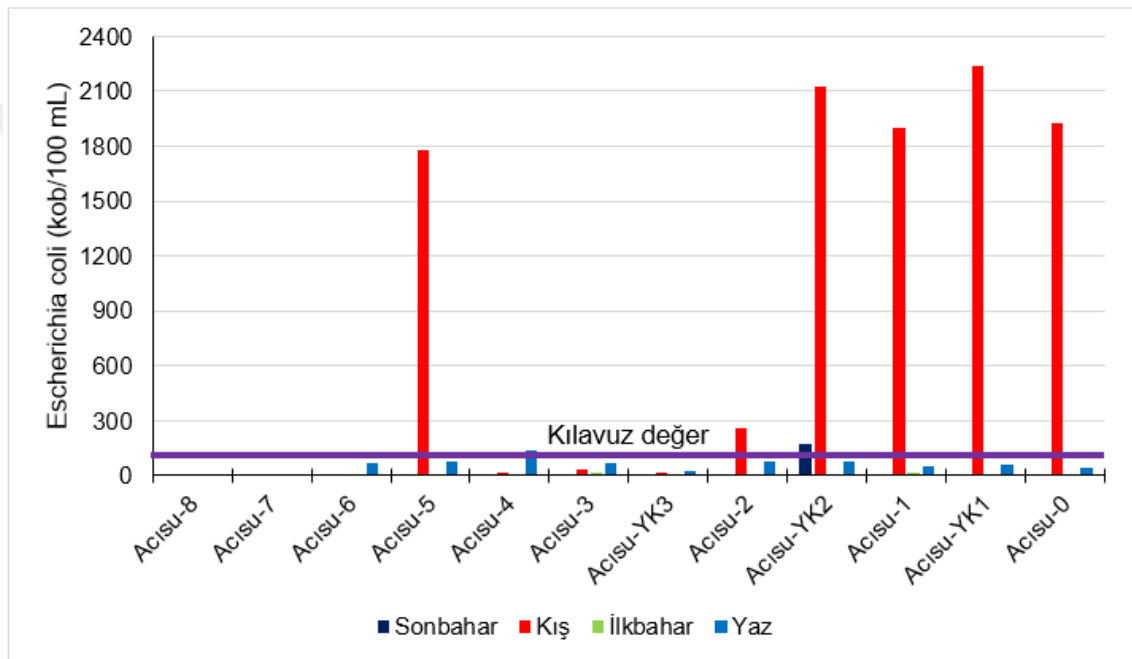
Şekil 4.48. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama FS değerleri

Mevsimsel ortalama TK değerleri 13-24200 kob/100 ml arasındadır. Acısu-YK2 dışındaki tüm izleme noktalarında en yüksek TK değerleri kış mevsiminde görülmüştür. Acısu-8 (kış ve ilkbahar), Acısu-7 (ilkbahar) ve Acısu-YK1 (ilkbahar) izleme noktaları dışındaki tüm izleme noktalarında kılavuz değer (500 kob/100 mL) aşılmıştır. Dolayısıyla Acısu Deresi'nin su kalitesi yüzme suyu için uygun değildir.



Şekil 4.49. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama TK değerleri

Mevsimsel ortalama E-coli değerleri 0-2240 kob/100 ml arasında değişkenlik göstermiştir. Çoğu izleme noktası ve çoğu izleme dönemi için E-coli bulunmamıştır. İlkbahar mevsiminde tüm izleme noktalarında; yaz mevsiminde Acısu-4 izleme noktası dışındaki tüm izleme noktalarında; sonbahar mevsiminde Acısu-YK2 izleme noktası dışındaki tüm izleme noktalarında E-coli parametresi bakımından Mavi Bayrak'ta yer alan kılavuz değer (100 kob/100 mL) aşılmamıştır ve dolayısıyla yüzme suyu için uygundur. En yüksek E-coli değerleri kış mevsiminde görülmüştür ve çoğu izleme noktasında kılavuz değer aşılmıştır. Bu durum Acısu Deresi'ndeki izleme noktalarına yakın mesafede bulunan yerleşim bölgelerindeki foseptiklerden kaynaklanabileceğini göstermektedir. Ek olarak YK2 yankol katılımı ve devamında dere ağzına doğru akış yönündeki izleme noktalarında atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan deşarjların etkisi de belirgindir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50. Acısu Deresi için membadan (Acısu-8) mansaba doğru (Acısu-0) izleme noktaları için mevsimsel ortalama E-coli değerleri

4.1.3. Yerüstü su kalitesi yönetmeliğine göre su kalite sınıflandırması

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre su kalitesi sınıflandırması için Aksu Çayı'nda ana nehir (10 istasyon) ve kolları (2 istasyon) boyunca yer alan 12 istasyonda 1 yıl süreyle (22 Eylül 2020-6 Ekim 2021) aylık olarak gerçekleştirilen izleme çalışmalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Su kalitesi sınıflandırmasında 12 konvansiyonel parametre (Renk (436nm, 525 nm, 620 nm dalga boylarında), pH, Eİ, ÇO, KOİ, BOİ₅, NH₄-N, NO₃-N, TN, PO₄-P, TP, F⁻) kullanılmış ve bu parametrelerin kalite sınıfları YSKY (16.06.2021, RG: 31513) Ek-5 Tablo-2 (Kıta içi Yer Üstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri)'de yer alan sınır değerlere göre belirlenmiştir.

İlk olarak, Aksu Çayı'ndaki tüm istasyonların su kalitesi dönemsel olarak

değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1). Bunun için her bir parametrenin aylık ölçüm ve analiz sonucu dikkate alınarak su kalite sınıfı belirlenmiş ve en düşük sınıflı parametre istasyonunun su kalitesinin belirlenmesinde rol oynamıştır. Dönemsel su kalitesi sınıflandırma sonuçları incelendiğinde Aksu-1 ve Aksu-10 istasyonlarında genel olarak orta sınıf kalite elde edilirken, Aksu-4, Aksu-6, Aksu-7 ve Aksu-9 izleme istasyonlarında tüm izleme dönemleri için iyi su kalitesi sınıfı belirlenmiştir. Bunun dışında kalan izleme istasyonlarının su kalitesi akış olan dönemler için genel olarak iyidir. Ek olarak Aksu YK-1 için bazı dönemlerde sınıf I (çok iyi) kaliteye ulaşılmıştır. Bu da bu dönemler için parametrelerin ölçüm ve analiz sonuçlarının her zaman sınır değerlerle uyumlu olduğunu göstermektedir. Orta sınıf su kalitesine sahip istasyonlarda kaliteyi düşüren parametreler; TP, BOİ₅, ÇO ve Eİ olarak belirlenmiştir. Belirtilen parametreler dışındaki tüm parametreler çok iyi veya iyi su kalitesi sınıfında yer almıştır.

Son olarak, parametrelerin 12 dönem ortalama değerlerine göre bir sınıflandırma yapılmış ve Aksu Çayı'nın genel su kalitesi en düşük sınıf dikkate alınarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Aksu Çayı'nın su kalitesinin genel olarak iyi sınıfta olduğu sadece Aksu-8 ve Aksu-10 izleme noktalarında su kalitesinin orta sınıfa düştüğü görülmüştür. Mansap noktasında, deniz suyu girişi nedeniyle Eİ parametresinin orta sınıf su kalitesine sahip olması ve en düşük sınıflı unsurun dikkate alınmasından dolayı Aksu-10 istasyonunun su kalitesi orta sınıf olarak belirlenmiştir. Aksu-8 istasyonunda su kalitesini düşüren tek parametre TP'dir.

Bir diğer çalışma bölgesi olan Acısu Deresi'nde su kalitesi sınıflandırması için Acısu Deresi'nde ana nehir (10 istasyon) ve kolları (2 istasyon) boyunca yer alan 12 istasyonda 1 yıl süreyle (23 Eylül 2020-7 Ekim 2021) aylık olarak gerçekleştirilen izleme çalışmalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Su kalitesi sınıflandırmasında Aksu Çayı'nın su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan adımlar izlenmiştir.

Çizelge 4.3'te yer alan dönemsel su kalitesi sınıflandırma sonuçları incelendiğinde Acısu-0, Acısu-YK1, Acısu-1 ve Acısu-YK2 istasyonlarında akış olan tüm izleme dönemlerinde orta sınıf kalite elde edilirken, Acısu-3, Acısu-4 ve Acısu-5 izleme istasyonlarında tüm izleme dönemleri için iyi su kalitesi sınıfı belirlenmiştir. Bunun dışında kalan izleme istasyonlarının su kalitesi akış olan dönemler için genel olarak iyidir. Ek olarak hiçbir izleme noktasında ve döneminde sınıf I (çok iyi) kalite elde edilmemiştir. Orta sınıf su kalitesine sahip istasyonlarda kaliteyi düşüren parametreler; TP, PO₄-P, BOİ₅, ÇO, NH₄⁺-N ve Eİ olarak belirlenmiştir. Belirtilen parametreler dışındaki tüm parametreler çok iyi veya iyi su kalitesi sınıfında yer almıştır.

Acısu Deresi için parametrelerin 12 dönem ortalama değerlerine göre yapılan su kalitesi sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Buna göre Acısu Deresi'nin su kalitesi iyi ve orta olarak sınıflandırılmıştır. Acısu-0, Acısu-YK1, Acısu-1, Acısu-YK2, Acısu-2 ve Acısu-7 izleme noktaları için su kalitesi sınıf III (orta) olarak belirlenmiştir. Bunun dışında kalan izleme istasyonlarının su kalitesi iyidir. Acısu-0 ve Acısu-1 izleme noktalarında deniz suyu girişi nedeniyle Eİ değerleri çok yüksektir ve bu noktalarda kaliteyi düşüren parametrelerden biridir. Acısu-2 ve Acısu-7 izleme noktalarında su kalitesini düşüren tek parametre sırasıyla Eİ ve TP'dir. En düşük sınıflı unsurun dikkate alınmasından dolayı bu istasyonların su kalitesi orta sınıf olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Aksu Çayı su kalitesi izleme istasyonlarında YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre belirlenen su kalite sınıfları

İzleme istasyonu	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem	5. Dönem	6. Dönem	7. Dönem	8. Dönem	9. Dönem	10. Dönem	11. Dönem	12. Dönem
Aksu-1	III	III	III	II	III	II	akış yok	III	III	III	III	II
Aksu-2	III	II	kuru	kuru	II	II	kuru	II	II	II	II	II
Aksu-3	III	II	akış yok	akış yok	II	II	kuru	II	II	II	II	II
Aksu-4	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Aksu-YK1	II	II	III	I	III	II	III	I	II	II	II	II
Aksu-YK2	II	II	akış yok	akış yok	II	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok
Aksu-5	II	II	III	II	III	II	II	II	II	II	II	II
Aksu-6	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Aksu-7	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Aksu-8	II	III	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Aksu-9	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Aksu-10	III	III	III	III	II	III	III	III	III	III	III	III

Çizelge 4.2. Aksu Çayı izleme istasyonlarında yıllık ortalama değerler dikkate alınarak Ek-5 Tablo 2'ye göre belirlenen su kalite sınıfları

İzleme İstasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	Eİ (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
Aksu-1	0,024	0,021	0,019	8,21	355	6,15	8,95	5,37	0,1301	0,2033	0,628	0,0108	0,127	129,5	II
Aksu-2	0,007	0,006	0,005	8,15	468	9,69	7,19	4,18	0,0110	0,8868	1,108	0,0045	0,071	86,3	II
Aksu-3	0,009	0,007	0,006	8,13	459	9,17	6,56	4,52	0,0130	0,5575	0,715	0,0060	0,061	97,1	II
Aksu-4	0,024	0,023	0,021	8,25	493	9,51	8,23	4,41	0,0430	1,0439	1,307	0,0081	0,050	96,2	II
Aksu-YK1	0,055	0,049	0,044	8,22	358	9,39	14,23	4,41	0,0484	0,5760	0,853	0,0339	0,073	77,2	II
Aksu-YK2	0,017	0,013	0,012	8,40	439	9,737	9,47	3,31	0,0158	0,5210	0,806	0,0278	0,048	93,4	II
Aksu-5	0,029	0,025	0,023	8,14	439	9,07	15,30	5,49	0,0214	0,5694	0,775	0,0156	0,075	85,2	II
Aksu-6	0,026	0,022	0,020	8,18	436	9,86	11,83	4,29	0,0116	0,6179	0,797	0,0120	0,052	68,6	II
Aksu-7	0,023	0,020	0,018	8,17	465	8,45	10,97	3,62	0,0431	0,7844	0,970	0,0117	0,047	91,7	II
Aksu-8	0,031	0,027	0,024	8,25	439	9,53	11,83	4,63	0,0185	0,7137	0,912	0,0137	0,205	72,6	III
Aksu-9	0,040	0,033	0,030	8,27	488	9,48	9,64	5,13	0,0318	0,7819	1,034	0,0167	0,056	102,8	II
Aksu-10	0,033	0,029	0,025	8,22	2886	8,97	18,46	5,00	0,0735	0,7485	1,483	0,0266	0,189	145,4	III

Çizelge 4.3. Acısu Deresi su kalitesi izleme istasyonlarında YSKY Ek-5 Tablo 2'ye göre belirlenen su kalite sınıfları

İzleme istasyonu	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem	5. Dönem	6. Dönem	7. Dönem	8. Dönem	9. Dönem	10. Dönem	11. Dönem	12. Dönem
Acısu-0	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Acısu-YK1	kuru	III	III	akış yok	III	III	akış yok	akış yok	akış yok	III	III	akış yok
Acısu-1	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Acısu-YK2	III	III	III	III	III	III	akış yok	III	III	akış yok	III	akış yok
Acısu-2	II	III	III	II	II	II	II	II	II	III	III	akış yok
Acısu-YK3	II	II	III	II	II	III	II	III	II	II	II	II
Acısu-3	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Acısu-4	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Acısu-5	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Acısu-6	III	II	akış yok	II	II	III	akış yok	II	akış yok	II	II	akış yok
Acısu-7	kuru	kuru	kuru	II	III	II	II	kuru	kuru	kuru	kuru	kuru
Acısu-8	kuru	kuru	kuru	II	III	II	II	kuru	kuru	kuru	kuru	kuru

Çizelge 4.4. Acısu Deresi izleme istasyonlarında yıllık ortalama değerler dikkate alınarak Ek-5 Tablo 2'ye göre belirlenen su kalite sınıfları

İzleme İstasyonu	RES 436 nm	RES 525 nm	RES 620 nm	pH	Eİ (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-0	0,032	0,026	0,024	8,21	9237	7,68	32,91	7,31	0,724	1,928	3,516	0,180	0,208	534,6	III
Acısu-YK1	0,040	0,028	0,025	8,36	3164	8,53	36,08	9,57	1,732	1,041	3,376	0,041	0,112	327,5	III
Acısu-1	0,032	0,026	0,023	8,17	5570	7,42	28,02	7,14	0,827	1,984	4,039	0,214	0,215	664,7	III
Acısu-YK2	0,039	0,027	0,024	7,94	858	3,04	16,46	9,62	3,682	2,195	7,078	0,947	1,500	232,8	III
Acısu-2	0,034	0,028	0,025	8,32	1113	8,35	9,68	4,12	0,040	1,273	1,887	0,034	0,081	170,4	III
Acısu-YK3	0,033	0,025	0,030	8,31	500	10,68	12,75	4,43	0,186	1,829	2,279	0,052	0,104	179,0	II
Acısu-3	0,053	0,044	0,041	8,30	489	8,99	9,54	4,25	0,063	1,290	1,600	0,033	0,069	183,3	II
Acısu-4	0,054	0,047	0,043	8,33	506	8,94	11,15	4,25	0,041	1,997	2,329	0,035	0,073	185,8	II
Acısu-5	0,028	0,021	0,019	8,37	502	9,53	9,26	5,09	0,024	1,705	1,938	0,029	0,074	177,0	II
Acısu-6	0,022	0,017	0,016	8,28	517	9,02	10,54	5,87	0,043	2,229	2,621	0,011	0,043	170,6	II
Acısu-7	0,012	0,011	0,012	8,40	542	10,41	7,00	2,65	0,012	3,414	3,819	0,004	0,280	78,9	III
Acısu-8	0,006	0,006	0,007	8,40	486	10,18	4,47	2,79	0,024	0,173	0,243	0,003	0,163	37,2	II

4.2. CCME İndeksi Uygulaması

Kanada Su Kalite İndeksi (CCME) uygulaması için 27 adet su kalitesi parametresi seçilmiştir. SÇD’de ve ülkemizdeki Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’nde belirtilen yerüstü su kaynaklarında iyi su durumuna ulaşılma hedefi doğrultusunda seçilen parametrelerin hedef değerlerinin belirlenmesinde iyi su kalite durumuna uygun olan (Sınıf II) sınır değerler dikkate alınmıştır. CCME indeksinde herhangi bir parametre kısıtlaması olmaması sebebiyle kullanıcılar tarafından istenilen sayıda parametre indeks hesaplamasına dahil edilebilir ve hedef değerler de kullanıcı tarafından seçilen yönetmeliklere göre belirlenir. Çizelge 4.5’te indeks uygulamasına dahil edilen su kalite parametreleri, parametrelere ilişkin hedef değerler ve hedef değerlerin alındığı ilgili yönetmelikler sunulmuştur.

CCME indeksi uygulamasında en önemli ve dikkat edilmesi gereken konu en az 4 döneme ait ölçüm ve analiz sonuçlarının kullanılması gerektiğidir. Aksi takdirde hedefleri karşılamayan parametre sayısı ve başarısız test sayısı değerlerinden dolayı F_1 ve F_2 için birbirine yakın veya aynı sonuçlar elde edilmektedir. Bu nedenle Aksu Çayı’nda on iki aylık izleme çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak CCME indeks uygulaması yapılmıştır.

Parametrelerin, yönetmeliklerin ve hedef değerlerin belirlenmesinden sonra Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi sırasıyla hedefleri karşılamayan parametre sayısı, toplam test sayısı, başarısız test sayısı, F_1 , F_2 , sapmalar toplamı, nse ve son olarak F_3 değerleri hesaplanmıştır. Toplam test sayısının bazı istasyonlar için düşük olmasının sebebi, bazı izleme dönemlerinde akış olmaması (durgun su hali) veya kuru olması nedeniyle numune alınamaması ve bazı parametrelerin ölçüm ve analiz sonucunun bulunmamasından kaynaklanmaktadır. CCME indeksi bu bakımdan eksik verilere toleranslıdır. Hedefleri karşılamayan parametre sayısı, başarısız test sayısı ve sapmalar toplamı için elde edilen değerler incelendiğinde en yüksek değerlerin Aksu-10 izleme noktası için elde edildiği görülmüştür. Bu izleme noktasında hedefleri karşılamayan parametreler içerisinde bromür parametresinin ölçüm ve analiz sonuçları hedef değerlerden ciddi oranda yüksek sapmalar göstermiştir. Aksu-10 izleme noktasından sonra en yüksek sapmalar toplamına sahip Aksu YK-1 izleme noktasında parametrelerin sapma değerlerinden yola çıkılarak kaliteyi düşüren temel kirletici parametreler; AKM, bromür, FK ve bulanıklık olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte en düşük sapmalar toplamına sahip istasyonlar sırasıyla Aksu-YK2, Aksu-2 ve Aksu-3’tür. En düşük sapmalar toplamının elde edilmesinde, bazı izleme dönemlerinde belirtilen izleme noktalarının kuru olması veya bu noktalarda akış olmamasının etkisi vardır.

Çizelge 4.5. CCME indeks uygulamasına dahil edilen parametreler ve hedef değerler

Parametre	Hedef değer	Referans
Renk (m^{-1})	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2,4 RES 620 nm: 1,7	Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2012
pH	6-9	
İletkenlik ($\mu S/cm$)	1000	
Çözünmüş oksijen (mg/L)	6	
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	50	
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	8	
Amonyum azotu ($mg NH_4^+-N/L$)	1	
Nitrat azotu ($mg NO_3^--N/L$)	10	
Toplam azot ($mg N/L$)	11,5	
Orto fosfat fosforu ($mg o-PO_4-P/L$)	0,16	
Toplam fosfor ($mg P/L$)	0,2	
Florür ($\mu g/L$)	1500	
Bromür ($\mu g/L$)	46	
Çözünmüş oksijen doygunluğu (%)	70	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004
Askıda Katı Madde (mg/L)	5	
Toplam çözünmüş madde (mg/L)	1500	
Klorür (mg/L)	250 (A1 Kılavuz)	İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik, 2019
Sodyum (mg/L)	200 (A1 Kılavuz)	
Nitrit (mg/L)	0,5 (A1 Kılavuz)	
Sülfat (mg/L)	250 (A1 Kılavuz)	
Toplam Organik Karbon (mg/L)	4 (A1 Kılavuz)	
Fekal Koliform (EMS/100 mL)	100	Mavi Bayrak
Fekal Streptokok (EMS/100 mL)	100	
Toplam Koliform (EMS/100 mL)	500	
E.Coli (koloni/100 ml)	100	

Tüm istasyonlar için en az 1 dönem su kalitesi hedef değerini aşan parametreler TK, bromür ve AKM olarak belirlenmiştir. Aksu Çayı için CCME indeksinin seçilen 27 parametre için ve on iki aylık izleme verileri kullanılarak uygulanmasından elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7’de sunulmaktadır.

Çizelge 4.6. Aksu Çayı CCME indeks uygulamasında hesaplanan F faktörleri

İzleme noktası	Hedefleri karşılamayan parametre sayısı	Toplam Test Sayısı	Başarısız Test sayısı	F ₁	F ₂	Sapmalar toplamı	nse	F ₃
Aksu-1	8	290	29	29,63	10,00	34,01	0,12	10,50
Aksu-2	4	234	10	14,81	4,27	8,26	0,04	3,41
Aksu-3	5	234	13	18,52	5,56	11,66	0,05	4,75
Aksu-4	5	311	17	18,52	5,47	31,64	0,10	9,23
Aksu YK-1	7	316	26	25,93	8,23	108,90	0,34	25,63
Aksu YK-2	2	76	4	7,41	5,26	4,57	0,06	5,67
Aksu-5	6	317	21	22,22	6,62	62,41	0,20	16,45
Aksu-6	4	313	16	14,81	5,11	37,34	0,12	10,66
Aksu-7	4	313	17	14,81	5,43	39,62	0,13	11,24
Aksu-8	6	317	20	22,22	6,31	61,30	0,19	16,21
Aksu-9	4	310	25	14,81	8,06	80,74	0,26	20,66
Aksu-10	13	317	86	48,15	27,13	822,37	2,59	72,18

Çizelge 4.7. CCME indeksinin 27 parametre ve 12 aylık izleme verileri için Aksu Çayı'na uygulanmasına ait sonuçlar

İzleme noktası	CCME indeks değeri ve su kalite sınıfı	İzleme noktası	CCME indeks değeri
Aksu-1	80,96 iyi	Aksu-5	83,59 iyi
Aksu-2	90,88 iyi	Aksu-6	89,06 iyi
Aksu-3	88,51 iyi	Aksu-7	88,82 iyi
Aksu-4	87,64 iyi	Aksu-8	83,71 iyi
Aksu YK-1	78,42 orta	Aksu-9	84,60 iyi
Aksu YK-2	93,82 iyi	Aksu-10	47,51 kötü

Aksu Çayı için memba noktası olan Aksu-1'den akış yönünde ilerlendiğinde iyi su kalitesi sadece mansap noktası olan Aksu-10'da kötü sınıfa düşmüştür. Tarımsal deşarj sularını taşıyan Aksu YK-1 izleme noktası için de orta sınıf su kalitesi belirlenmiştir. Aksu-10 izleme noktasında deniz suyu etkisi nedeniyle özellikle Eİ, TÇM, klorür, Na ve sülfat parametreleri için hedef değerler tutturulamamıştır. Dolayısıyla Aksu-10 izleme noktası için bahsedilen parametreler suyun kalitesini düşüren temel kirleticilerdir.

Bir diğer çalışma alanı olan Acısu Deresinin su kalitesinin belirlenmesinde seçilen 27 parametre ve on iki aylık izleme verileri kullanılarak uygulanan CCME indeksinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9'da sunulmuştur. Ek olarak CCME indeks değerinin

belirlenmesinde gerekli olan hedefleri karşılamayan parametre sayısı, toplam test sayısı, başarısız test sayısı, F_1 , F_2 , sapmalar toplamı, nse ve son olarak F_3 değerleri Çizelge 4.8’de sunulmuştur. Acısu-YK1, Acısu-7 ve Acısu-8 izleme noktalarında toplam test sayısı diğer izleme noktalarına kıyasla düşüktür. Bu durum bazı izleme dönemlerinde akış olmaması (durgun su hali) veya kuru olması nedeniyle numune alınamaması ve bazı parametrelerin ölçüm ve analiz sonucunun bulunmamasından kaynaklanmaktadır.

Hedefleri karşılamayan parametre sayısı ve sapmalar toplamı için elde edilen değerler incelendiğinde en yüksek değerlerin Acısu-0 ve Acısu-1 izleme noktaları için elde edildiği görülmüştür. Bu izleme noktalarında hedefleri karşılamayan parametreler içerisinde bromür parametresinin ölçüm ve analiz sonuçları hedef değerlerden ciddi oranda yüksek sapmalar göstermiştir. Sapma değerlerinden yola çıkıldığında bromür parametresi dışında kaliteyi düşüren temel kirleticiler; Eİ, klorür, TK, E-coli olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte en düşük sapmalar toplamına sahip istasyonlar sırasıyla Acısu-8, Acısu-7, Acısu-6 ve Acısu-YK3’tür. Acısu-YK3 istasyonu dışında belirtilen istasyonlarda en düşük sapmalar toplamının elde edilmesinde, bazı izleme dönemlerinde belirtilen izleme noktalarının kuru olması veya bu noktalarda akış olmamasının etkisi vardır. Ayrıca bromür parametresi hedef değerlerden ciddi ve yüksek sapmalar göstermemiştir. Acısu-YK3 izleme noktasında tüm izleme dönemlerinde akış olduğu için ölçüm ve örnekleme yapılmıştır. Dolayısıyla eksik ölçüm ve analiz sonucu bulunmamaktadır. Bu izleme noktasında en düşük sapmalar toplamının elde edilmesinde, parametrelerin hedef değerlerden çok farklılık göstermemesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.8. Acısu Deresi CCME indeks uygulamasında hesaplanan F faktörleri

İzleme noktası	Hedefleri karşılamayan parametre sayısı	Toplam Test Sayısı	Başarısız Test sayısı	F_1	F_2	Sapmalar toplamı	nse	F_3
Acısu-0	19	316	129	70,37	40,82	2371,92	7,51	88,24
Acısu-YK1	16	159	52	59,26	32,70	451,03	2,84	73,94
Acısu-1	21	312	136	77,78	43,59	1128,08	3,62	78,33
Acısu-YK2	17	239	102	62,96	42,68	517,25	2,16	68,40
Acısu-2	9	289	48	33,33	16,61	237,12	0,82	45,07
Acısu-YK3	8	319	35	29,63	10,97	89,10	0,28	21,83
Acısu-3	6	315	40	22,22	12,70	146,01	0,46	31,67
Acısu-4	6	319	39	22,22	12,23	151,44	0,47	32,19
Acısu-5	5	312	31	18,52	9,94	191,17	0,61	37,99
Acısu-6	6	211	24	22,22	11,37	28,08	0,13	11,74
Acısu-7	4	107	6	14,81	5,61	17,99	0,17	14,40
Acısu-8	1	107	1	3,70	0,93	1,90	0,02	1,75

Çizelge 4.9. CCME indeksinin 27 parametre ve 12 aylık izleme verileri için Acısu Deresi'ne uygulanmasına ait sonuçlar

İzleme noktası	CCME indeks değeri ve su kalite sınıfı	İzleme noktası	CCME indeks değeri
Acısu-0	30,70 çok kötü	Acısu-3	76,49 orta
Acısu-YK1	42,13 çok kötü	Acısu-4	76,34 orta
Acısu-1	31,48 çok kötü	Acısu-5	74,93 orta
Acısu-YK2	40,94 çok kötü	Acısu-6	84,07 iyi
Acısu-2	66,24 orta	Acısu-7	87,64 iyi
Acısu-YK3	77,83 orta	Acısu-8	97,57 çok iyi

Acısu Deresi için memba noktası olan Acısu-8'den akış yönünde ilerlendiğinde çok iyi su kalitesi elde edilirken, mansap noktası olan Acısu-0 izleme noktasına doğru su kalitesi çok kötü sınıfa düşmüştür. Acısu Deresi için yankol bağlantısı olan YK-1 ve YK-2 izleme noktaları için de çok kötü su kalitesi belirlenmiştir. Acısu-1 ve Acısu-0 için deniz suyu etkisi nedeniyle özellikle elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde, klorür, sodyum ve sülfat parametreleri için hedef değerler tutturulamamıştır. Acısu Deresi için belirlenen su kalitesi akış yönünde Acısu-5 ile Acısu-0 izleme noktaları boyunca orta sınıftan çok kötü seviyeye gerilemiştir.

4.3. NSF İndeksi Uygulaması

Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI) içinde 9 adet parametre (çözünmüş oksijen doygunluk, FK, pH, BOİ₅, NO₃⁻, fosfat fosforu, sıcaklık değişimi, bulanıklık, toplam katı madde) yer almaktadır. Ancak İzleme dönemi-1 (22 Eylül 2020) için bulanıklık ve İzleme Dönemi-10 için ÇO doygunluk parametrelerine ait ölçüm ve analiz sonucu bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu dönemler için Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi parametrelerin ağırlıklı etki değerleri toplamı 1 olacak şekilde modifiye edilerek parametrelerin önem derecelerine göre yeni ağırlık değerleri atanmıştır.

Çizelge 4.10. Bulanıklık parametresi çıkarılarak elde edilen ağırlıklı etki değerleri

Parametre	Ağırlık Değeri
Çözünmüş oksijen doygunluk	0,18
Fekal Koliform	0,17
pH	0,12
BOİ ₅	0,12
Nitrat	0,11
Toplam Fosfor	0,11
Sıcaklık	0,11
Toplam Çözünmüş Madde	0,08
$\sum W_i$	1,00

Çizelge 4.11. Çözünmüş oksijen doygunluk parametresi çıkarılarak elde edilen ağırlıklı etki değerleri

Parametre	Ağırlık Değeri
Fekal Koliform	0,19
pH	0,13
BOİ ₅	0,13
Nitrat	0,12
Toplam Fosfor	0,12
Sıcaklık	0,12
Bulanıklık	0,1
Toplam Çözünmüş Madde	0,09
$\sum W_i$	1,00

NSF uygulamasında gerekli olan alt indeks değerleri ise hızlı ve güvenilir bir yöntem olan Calculator NSF-WQI Online (<https://www.knowyourh2o.com/outdoor-3/water-quality-index-calculator-for-surface-water>) web sitesi kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca bu web sitesi kullanılarak indeks değerleri elde edilebilmektedir. Ancak bu çalışmada NSF indeks uygulaması Microsoft Excel kullanılarak yapılmıştır. Sadece alt indeks değerlerinin elde edilmesinde bahsedilen web sitesinden yararlanılmıştır. Bu şekilde NSF indeksi, Aksu Çayı için 12 aylık izleme dönemine ait su kalitesi ölçüm ve analiz sonuçları kullanılarak aylık olarak uygulanmış olup sonuçlar Çizelge 4.12’de sunulmaktadır.

NSF indeksinin on iki izleme dönemine ait veriler ile Aksu Çayı’na uygulanması sonucunda genellikle su kalitesi izleme noktalarında “iyi” su kalite sınıfı belirlenmiş olup bazı izleme dönemlerinde mansap noktaya yakın olan Aksu-9 ve Aksu-10 nolu izleme noktalarında “orta” su kalitesi sınıfı belirlenmiştir. Mansap noktasındaki su kalitesinin bozulması, esas olarak noktasal (atıksu arıtma tesisinden arıtılmış atıksu deşarjı) ve yayılı (tarımsal faaliyetler) kirleticilerden kaynaklanmaktadır. Aksu-1 izleme noktasında sadece Dönem-10 (4 Ağustos 2021) için orta su kalitesi sınıfı belirlenmiş ve bu dönemde su kalitesini düşüren parametre ÇO doygunluğudur. Ek olarak, Aksu YK-1 izleme noktası için izleme dönemi 5 (3 Şubat 2021) ve izleme dönemi 8 (26 Mayıs 2021) için orta su kalitesi sınıfı belirlenmiş olup bu dönemlerde kaliteyi düşüren temel kirleticilerin FK ve bulanıklık olduğu tespit edilmiştir. Tüm istasyonlarda dönemsel olarak ve istasyon bazında kaliteyi düşüren temel kirletici parametreler değişmektedir. Ancak parametrelerin alt indeks değerleri ve bunların ağırlıklı etki değerlerinden yola çıkıldığında sırasıyla FK, BOİ₅, bulanıklık ve TKM parametrelerinin genel olarak su kalitesini düşürdüğü görülmüştür.

NSF indeksinin Acısu Deresine uygulanmasına ait sonuçlar Çizelge 4.13’te sunulmaktadır. Acısu-YK2 izleme noktası için “kötü” su kalite sınıfı, Acısu-0, Acısu-1, Acısu-YK1 izleme noktaları için de “orta” su kalite sınıfı tespit edilmiştir. Acısu-YK2 izleme noktasında sıcaklık değişimi ve pH dışındaki tüm parametrelerin su kalitesini düşürdüğü belirlenmiştir. Özellikle İzleme Dönemi-11 (2 Eylül 2021) için pek çok izleme noktasında su kalitesi “orta” sınıf olarak belirlenmiştir. Ek olarak İzleme Dönemi-1 (23 Eylül 2020) için akışın olduğu tüm izleme noktalarında su kalitesinin “iyi” olduğu

görülmüştür. Acısu Deresi'nin memba noktasını oluşturan Acısu-8 ve ona yakın olan Acısu-7 izleme noktalarında akış olan izleme dönemlerinde “iyi” su kalite sınıfı tespit edilmiştir. Aksu Çayı'nda olduğu gibi bu istasyonlarda da dönemsel olarak ve istasyon bazında kaliteyi düşüren temel kirletici parametreler değişmektedir. Ancak parametrelerin alt indeks değerleri ve bunların ağırlıklı etki değerlerinden yola çıkıldığında sırasıyla FK, BOI₅, TKM ve nitrat parametrelerinin genel olarak su kalitesini düşürdüğu görülmüştür.



Çizelge 4.12. NSF indeksinin 12 aylık izleme verileri için Aksu Çayı'na uygulanmasına ait sonuçlar

İzleme noktası	İzleme dönemi-1	İzleme dönemi-2	İzleme dönemi-3	İzleme dönemi-4	İzleme dönemi-5	İzleme dönemi-6	İzleme dönemi-7	İzleme dönemi-8	İzleme dönemi-9	İzleme dönemi-10	İzleme dönemi-11	İzleme dönemi-12
Aksu-1	73,21 iyi	78,29 iyi	83,08 iyi	82,99 iyi	82,73 iyi	84,41 iyi	akış yok	70,90 iyi	74,01 iyi	68,86 orta	73,26 iyi	84,42 iyi
Aksu-2	75,95 iyi	80,59 iyi	kuru	kuru	78,72 iyi	79,97 iyi	kuru	78,51 iyi	80,24 iyi	72,49 iyi	75,46 iyi	84,97 iyi
Aksu-3	85,93 iyi	84,83 iyi	akış yok	akış yok	79,88 iyi	86,04 iyi	kuru	73,70 iyi	78,37 iyi	74,83 iyi	77,11 iyi	77,94 iyi
Aksu-4	88,40 iyi	77,37 iyi	74,72 iyi	74,26 iyi	78,04 iyi	78,36 iyi	80,59 iyi	75,69 iyi	79,40 iyi	74,67 iyi	75,78 iyi	75,78 iyi
Aksu YK-1	85,24 iyi	74,40 iyi	84,21 iyi	71,48 iyi	67,03 orta	77,27 iyi	74,03 iyi	69,90 orta	73,80 iyi	72,04 iyi	72,91 iyi	80,41 iyi
Aksu YK-2	86,02 iyi	79,38 iyi	akış yok	akış yok	83,01 iyi	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok
Aksu-5	85,00 iyi	90,26 iyi	75,63 iyi	74,07 iyi	70,89 iyi	77,02 iyi	73,74 iyi	74,53 iyi	76,52 iyi	73,51 iyi	77,48 iyi	80,75 iyi
Aksu-6	82,35 iyi	74,91 iyi	84,53 iyi	77,27 iyi	73,43 iyi	85,50 iyi	83,30 iyi	78,99 iyi	77,53 iyi	72,59 iyi	79,81 iyi	79,64 iyi
Aksu-7	89,75 iyi	82,37 iyi	85,32 iyi	74,41 iyi	76,45 iyi	83,20 iyi	79,04 iyi	77,10 iyi	78,56 iyi	74,59 iyi	80,14 iyi	80,68 iyi
Aksu-8	84,45 iyi	84,28 iyi	85,64 iyi	74,51 iyi	74,74 iyi	83,14 iyi	78,12 iyi	78,08 iyi	79,03 iyi	69,07 orta	76,91 iyi	77,01 iyi
Aksu-9	83,61 iyi	75,62 iyi	84,07 iyi	73,97 iyi	69,36 orta	79,19 iyi	78,28 iyi	77,12 iyi	74,26 iyi	66,98 orta	74,94 iyi	74,89 iyi
Aksu-10	79,94 iyi	78,34 iyi	82,52 iyi	67,71 orta	69,73 orta	76,59 iyi	80,13 iyi	71,19 iyi	69,27 orta	66,27 orta	71,25 iyi	75,45 iyi

Çizelge 4.13. NSF indeksinin 12 aylık izleme verileri için Acısu Deresi'ne uygulanmasına ait sonuçlar

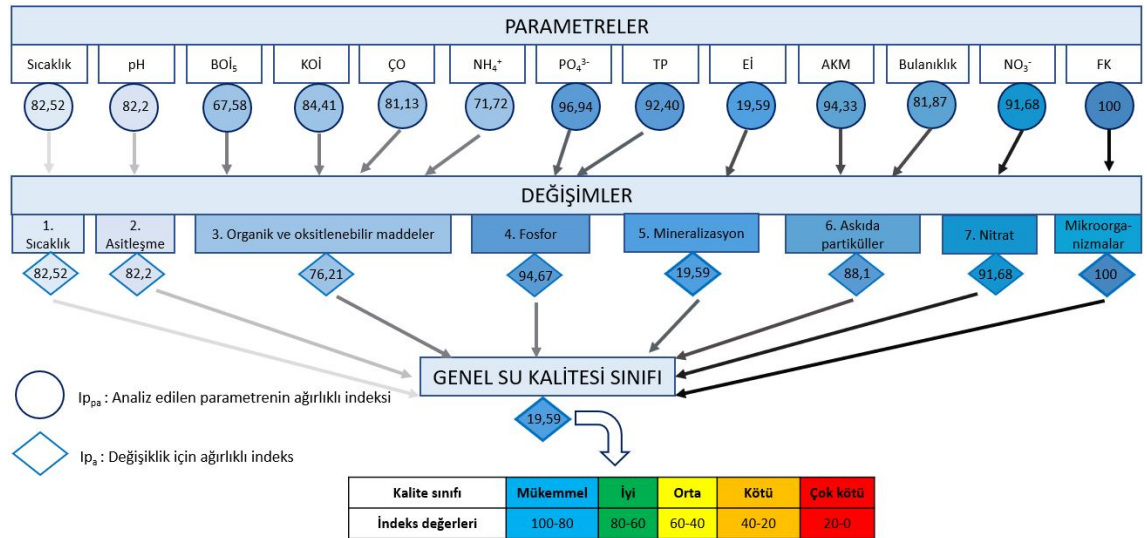
İzleme noktası	İzleme dönemi-1	İzleme dönemi-2	İzleme dönemi-3	İzleme dönemi-4	İzleme dönemi-5	İzleme dönemi-6	İzleme dönemi-7	İzleme dönemi-8	İzleme dönemi-9	İzleme dönemi-10	İzleme dönemi-11	İzleme dönemi-12
Acısu-0	76,65 iyi	63,74 orta	68,51 orta	58,83 orta	61,43 orta	78,44 iyi	78,50 iyi	69,67 orta	67,21 orta	63,83 orta	64,55 orta	62,98 orta
Acısu-YK1	kuru	69,18 orta	63,46 orta	akış yok	63,41 orta	74,90 iyi	akış yok	akış yok	akış yok	69,20 orta	65,39 orta	akış yok
Acısu-1	77,78 iyi	68,59 orta	70,40 orta	59,65 orta	64,69 orta	77,52 iyi	71,03 iyi	65,47 orta	66,85 orta	62,95 orta	63,39 orta	60,32 orta
Acısu-YK2	71,50 iyi	46,39 kötü	47,12 kötü	42,93 kötü	43,00 kötü	61,62 orta	akış yok	49,88 kötü	51,28 orta	akış yok	46,13 kötü	akış yok
Acısu-2	82,71 iyi	70,94 iyi	77,06 iyi	64,46 orta	66,36 orta	81,04 iyi	71,92 iyi	74,18 iyi	69,45 orta	65,72 orta	63,81 orta	akış yok
Acısu-YK3	84,49 iyi	74,53 iyi	71,28 iyi	68,33 orta	74,82 iyi	76,43 iyi	69,16 orta	67,13 orta	69,44 orta	72,24 iyi	66,90 orta	74,54 iyi
Acısu-3	81,84 iyi	68,26 orta	71,08 iyi	65,68 orta	66,75 orta	79,29 iyi	70,16 orta	73,91 iyi	72,22 iyi	67,64 orta	66,99 orta	70,35 orta
Acısu-4	85,78 iyi	71,42 iyi	69,08 orta	66,54 orta	75,36 iyi	77,55 iyi	67,56 orta	66,97 orta	71,94 iyi	67,14 orta	65,73 orta	72,60 iyi
Acısu-5	86,22 iyi	72,29 iyi	77,36 iyi	65,17 orta	76,55 iyi	82,68 iyi	79,94 iyi	70,33 orta	70,26 orta	66,14 orta	68,06 orta	73,96 iyi
Acısu-6	82,18 iyi	73,79 iyi	akış yok	72,80 iyi	80,61 iyi	66,85 orta	akış yok	70,74 iyi	akış yok	73,13 iyi	74,35 iyi	akış yok
Acısu-7	kuru	kuru	kuru	74,64 iyi	81,38 iyi	84,27 iyi	73,67 iyi	kuru	kuru	kuru	kuru	kuru
Acısu-8	kuru	kuru	kuru	87,03 iyi	82,35 iyi	89,30 iyi	82,89 iyi	kuru	kuru	kuru	kuru	kuru

4.4. SEQ-Eau İndeksi Uygulaması

Su Kalitesi Değerlendirme Sistemi (SEQ-Eau) içinde sıcaklık, pH, BOİ₅, KOİ, ÇO, NH₄⁺, ortofosfat, TP, Eİ, AKM, bulanıklık, NO₃⁻ ve FK olmak üzere toplam 13 adet parametre yer almakta olup bu parametreler 8 farklı değişim grubu içinde değerlendirilmektedir. SEQ-Eau indeksinin 12 aylık su kalitesi izleme verileri kullanılarak Aksu Çayı'na uygulanması ile elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14'te sunulmaktadır.

SEQ-Eau indeksinin on iki izleme dönemine ait veriler ile Aksu Çayı'na uygulanması sonucunda izleme noktalarındaki su kalitesi İzleme Dönemi-1 ve İzleme Dönemi-8 için çoğunlukla “iyi”, İzleme Dönemi-2 için ise çoğunlukla “orta” su kalite sınıfı belirlenmiştir. İzleme Dönemi-6 için pek çok izleme noktasında “çok iyi” su kalite sınıfı belirlenmiştir. Mansap noktaya yakın olan Aksu-10 nolu izleme noktası için bazı izleme dönemlerinde “çok kötü” su kalitesi sınıfı belirlenmiştir. Aksu-10 izleme noktasında deniz suyu girişi nedeniyle Eİ ölçüm ve analiz sonucu yüksektir ve buna göre hesaplanan ağırlıklı indeks değeri çok düşüktür. SEQ-Eau indeks yönteminde tüm değişikliklerden en düşük ağırlıklı indeks değerinin su kalitesi sınıfını belirlemesi sebebiyle bu istasyonun su kalitesi genel olarak çok kötü kalite sınıfında yer almıştır.

Fas ve Fransa’da yaygın olarak kullanılan SEQ-Eau indeksi, Türkiye’de ilk kez bu çalışmada uygulanmıştır. Bu nedenle metodolojinin daha iyi anlaşılabilmesi ve Aksu-10 izleme noktasında Eİ parametresinin su kalitesine olan etkisini daha net gösterebilmek için Şekil 4.51’de bir uygulama örneği sunulmuştur. Buna göre ilk adımda 13 parametrenin her biri için ağırlıklı indeks değerleri ilgili formülde elde edilmiştir. Daha sonra 8 farklı değişim için ağırlıklı indeks değerleri hesaplanmıştır. Değişim 3 (organik ve oksitlenebilir maddeler) için BOİ₅, KOİ ve ÇO parametrelerinin; Değişim 4 (fosfor) için PO₄³⁻ ve TP parametrelerinin; Değişim 6 (Askıda partiküller) için AKM ve bulanıklık parametrelerinin ağırlıklı indeks değerlerinin ortalaması alınmıştır. Genel su kalite sınıfı en düşük değişiklik için ağırlıklı indeks değerine göre belirlenmiştir.



Şekil 4.51. Aksu-10 izleme noktasında izleme dönemi-7 için SEQ-Eau uygulama örneği

SEQ-Eau indeksinin 12 aylık su kalitesi izleme verileri kullanılarak Acısu Deresine uygulanmasına ait sonuçlar Çizelge 4.15’te sunulmaktadır. SEQ-Eau indeksinin Acısu Deresi’ne uygulanması sonucunda özellikle derenin mansap bölümünü oluşturan Acısu-0 izleme noktasında İzleme Dönemi-5 (4 Şubat 2021) dışındaki tüm izleme dönemlerinde, Acısu-1 izleme noktasında ise İzleme Dönemi-4 (8 Ocak 2021) ve İzleme Dönemi-5 haricindeki tüm dönemlerde “kötü” ve “çok kötü” su kalite sınıfları belirlenmiştir. Bu izleme noktalarında deniz suyu girişimi nedeniyle Eİ ölçüm ve analiz sonucu yüksektir ve buna göre hesaplanan ağırlıklı indeks değeri çok düşüktür. SEQ-Eau indeks yönteminde tüm değişikliklerden en düşük ağırlıklı indeks değerinin su kalitesi sınıfını belirlemesi sebebiyle bu istasyonların su kalitesi genel olarak çok kötü kalite sınıfında yer almıştır. Acısu-YK1 ve Acısu-YK2 yankol izleme noktalarında da “kötü” ve “çok kötü” su kalite sınıfları belirlenmiştir. Acısu-YK1 izleme noktasında su kalitesini düşüren parametre Eİ; Acısu-YK2 izleme noktasında ise ortofosfat parametresinden dolayı su kalitesi “çok kötü” olarak belirlenmiştir. Diğer izleme noktalarında da ağırlıklı olarak “orta” ve “iyi” su kalite sınıfı tanımları yapılmıştır. Özellikle İzleme Dönemi-4 için pek çok izleme noktasında su kalitesi “orta” sınıf olarak belirlenmiştir. Acısu Deresi’nin memba noktasını oluşturan Acısu-8 izleme noktasında akış olan izleme dönemlerinde “iyi” ve “çok iyi” su kalite sınıfları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. SEQ-Eau indeksinin 12 aylık izleme verileri ile Aksu Çayı'na uygulanmasına ait sonuçlar

İzleme noktası	İzleme dönemi-1	İzleme dönemi-2	İzleme dönemi-3	İzleme dönemi-4	İzleme dönemi-5	İzleme dönemi-6	İzleme dönemi-7	İzleme dönemi-8	İzleme dönemi-9	İzleme dönemi-10	İzleme dönemi-11	İzleme dönemi-12
Aksu-1	73,00 iyi	66,36 iyi	72,27 iyi	80,95 çok iyi	57,43 orta	55,71 orta	akış yok	74,53 iyi	80,45 çok iyi	73,55 iyi	75,84 iyi	81,49 çok iyi
Aksu-2	74,96 iyi	48,00 orta	kuru	kuru	83,50 çok iyi	83,45 çok iyi	kuru	79,93 iyi	79,20 iyi	71,20 iyi	61,20 iyi	80,16 çok iyi
Aksu-3	64,87 iyi	53,43 orta	akış yok	akış yok	79,91 iyi	81,40 çok iyi	kuru	77,88 iyi	68,00 iyi	62,80 iyi	54,40 orta	78,59 iyi
Aksu-4	73,02 iyi	54,57 orta	74,29 iyi	79,20 iyi	81,11 çok iyi	82,10 çok iyi	80,30 çok iyi	76,11 iyi	70,00 iyi	64,40 iyi	64,40 iyi	78,82 iyi
Aksu YK-1	82,70 çok iyi	59,71 orta	74,00 iyi	75,20 iyi	56,29 orta	79,71 iyi	76,35 iyi	78,91 iyi	78,94 iyi	75,34 iyi	74,13 iyi	77,14 iyi
Aksu YK-2	78,38 iyi	58,86 orta	akış yok	akış yok	80,20 çok iyi	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok	akış yok
Aksu-5	68,94 iyi	57,14 orta	73,96 iyi	79,39 iyi	69,23 iyi	80,90 çok iyi	79,85 iyi	78,99 iyi	78,94 iyi	77,20 iyi	74,40 iyi	79,85 iyi
Aksu-6	76,80 iyi	57,43 orta	80,99 çok iyi	79,75 iyi	78,89 iyi	82,20 çok iyi	82,49 çok iyi	74,36 iyi	71,60 iyi	57,20 orta	64,40 iyi	79,95 iyi
Aksu-7	66,99 iyi	57,43 orta	82,08 çok iyi	78,47 iyi	79,96 iyi	81,40 çok iyi	83,08 çok iyi	69,63 iyi	60,40 iyi	56,00 orta	58,00 orta	79,90 iyi
Aksu-8	64,11 iyi	56,00 orta	77,22 iyi	79,55 iyi	79,83 iyi	82,10 çok iyi	81,33 çok iyi	69,04 iyi	57,60 orta	45,20 orta	54,00 orta	79,70 iyi
Aksu-9	64,76 iyi	55,71 orta	80,71 çok iyi	74,75 iyi	78,69 iyi	81,60 çok iyi	80,00 çok iyi	64,78 iyi	58,40 orta	52,00 orta	58,40 orta	79,12 iyi
Aksu-10	62,42 iyi	42,39 orta	14,86 çok kötü	49,53 orta	77,81 iyi	19,03 çok kötü	19,59 çok kötü	17,03 çok kötü	15,30 çok kötü	19,26 çok kötü	42,99 orta	8,21 çok kötü

Çizelge 4.15. SEQ-Eau indeksinin 12 aylık izleme verileri ile Acısu Deresi'ne uygulanmasına ait sonuçlar

İzleme noktası	İzleme dönemi-1	İzleme dönemi-2	İzleme dönemi-3	İzleme dönemi-4	İzleme dönemi-5	İzleme dönemi-6	İzleme dönemi-7	İzleme dönemi-8	İzleme dönemi-9	İzleme dönemi-10	İzleme dönemi-11	İzleme dönemi-12
Acısu-0	0,00 çok kötü	0,00 çok kötü	0,00 çok kötü	17,12 çok kötü	35,33 kötü	0,00 çok kötü	0,00 çok kötü	0,00 çok kötü	3,40 çok kötü	0,00 çok kötü	8,30 çok kötü	0,00 çok kötü
Acısu-YK1	kuru	45,23 orta	13,18 çok kötü	akış yok	68,65 iyi	48,77 orta	akış yok	akış yok	akış yok	0,00 çok kötü	46,80 orta	akış yok
Acısu-1	10,88 çok kötü	6,95 çok kötü	0,00 çok kötü	34,67 kötü	44,06 orta	0,00 çok kötü	1,41 çok kötü	3,05 çok kötü	8,40 çok kötü	2,45 çok kötü	14,23 çok kötü	5,89 çok kötü
Acısu-YK2	42,54 orta	29,16 kötü	17,69 çok kötü	35,99 kötü	34,84 kötü	39,45 kötü	akış yok	27,75 kötü	48,77 orta	akış yok	25,77 kötü	akış yok
Acısu-2	72,56 iyi	52,47 orta	48,63 orta	58,19 orta	54,29 orta	80,90 çok iyi	79,93 iyi	65,38 iyi	56,40 orta	48,59 orta	57,61 orta	akış yok
Acısu-YK3	72,64 iyi	59,71 orta	76,05 iyi	62,14 iyi	69,82 iyi	71,06 iyi	59,71 orta	64,21 iyi	67,20 iyi	64,80 iyi	60,94 iyi	78,18 iyi
Acısu-3	80,10 çok iyi	72,77 iyi	70,64 iyi	64,92 iyi	58,00 orta	81,00 çok iyi	75,15 iyi	76,57 iyi	63,13 iyi	64,00 iyi	61,25 iyi	74,45 iyi
Acısu-4	80,82 çok iyi	58,86 orta	63,84 iyi	59,67 orta	56,00 orta	79,03 iyi	72,23 iyi	68,19 iyi	65,94 iyi	55,93 orta	54,24 orta	73,94 iyi
Acısu-5	80,77 çok iyi	79,15 iyi	79,19 iyi	55,56 orta	57,14 orta	75,22 iyi	80,70 çok iyi	68,87 iyi	60,00 iyi	58,40 orta	58,29 orta	78,38 iyi
Acısu-6	72,61 iyi	78,34 iyi	akış yok	57,12 orta	70,42 iyi	67,21 iyi	akış yok	67,47 iyi	akış yok	70,00 iyi	75,20 iyi	akış yok
Acısu-7	kuru	kuru	kuru	59,89 orta	66,54 iyi	77,62 iyi	79,60 iyi	kuru	kuru	kuru	kuru	kuru
Acısu-8	kuru	kuru	kuru	81,80 çok iyi	69,06 iyi	81,40 çok iyi	59,43 orta	kuru	kuru	kuru	kuru	kuru

4.5. ATI İndeksi Uygulaması

Sucul Toksisite İndeksi (ATI) içinde 14 adet su kalite parametresi (pH, ÇO, bulanıklık, NH_4^+ , toplam çözünmüş tuzlar, florür, potasyum, ortofosfat, toplam Zn, Mn, Cr, Cu, Pb ve Ni) yer almaktadır. ATI indeksinin on iki aylık su kalitesi izleme verileri kullanılarak Aksu Çayı'na uygulanması ile elde edilen sonuçlar Çizelge 4.16'da sunulmaktadır. ATI indeksi içinde yer alan Zn, Mn, Cr, Cu, Pb ve Ni parametreleri sadece Aksu Çayı için toplam 6 izleme noktası (Aksu-1, Aksu-4, Aksu-5, Aksu-8, Aksu-9 ve Aksu-10)'nda ölçülmüştür. Bu nedenle sadece bahsedilen istasyonlar için ATI indeksinin uygulamasına karar verilmiştir. ATI indeksi on iki aylık izleme verileri ile Aksu Çayı için uygulandığında tüm izleme dönemleri ve incelenen izleme noktaları için hesaplanan ATI indeks sonuçları 60-100 aralığında kalmıştır ve buna göre su kalitesi tüm balık yaşamı için uygundur.

Aksu-1 izleme istasyonunda ÇO ve NH_4^+ parametrelerinin; Aksu-4 izleme noktasında NH_4^+ parametresinin ölçüm ve analiz sonuçlarına göre elde edilen alt indeks değerleri bazı dönemler için çok düşük olmasına rağmen belirtilen izleme istasyonlarının su kalitesi tüm balık yaşamı için uygun olarak belirlenmiştir. Ç.O balık yaşamı için hayati bir parametre olup azalması balık yaşamını olumsuz etkileyebilir. Ayrıca Aksu-10 izleme noktasında Eİ değerlerinden hesaplanan Toplam Çözünmüş Tuzlar parametresinden elde edilen alt indeks değerlerinin genel olarak (10 izleme dönemi için) önemli ölçüde düşük olmasına rağmen bu izleme istasyonu için de su kalitesi tüm balık yaşamı için uygun olarak bulunmuştur. ATI indeksinde kullanılan parametrelerin su kalitesi üzerinde aynı derecede öneme sahip olması ve herhangi bir ağırlıklı etki değerlerinin olmamasından kaynaklı bahsedilen parametrelerin etkisi gölgelenmiştir. Ayrıca indeks hesabında kullanılan ağır metaller her zaman sınır değerler içerisinde yer almıştır ve Aksu Çayı'nın su kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir etki oluşturmamıştır. BOİ parametresi sucul yaşam için önemli bir parametredir ve Aksu Çayı'nda bazı dönemlerde YSKY (16.06.2021, RG: 31513)'ye göre BOİ sınır değerlerinin aşıldığı gözlenmiştir. Ancak bu parametre indeks değerinin hesaplanmasında yer almadığı için BOİ parametresinin sucul yaşam üzerindeki etkisi gözlenememektedir.

ATI indeksinin Acısu Deresi'ne uygulanması sonucunda Acısu-1 izleme noktasındaki su kalitesi bazı izleme dönemlerinde sadece dayanıklı balık türleri için uygun olarak belirlenmiştir. Diğer tüm izleme noktaları için hesaplanan ATI indeks sonuçları 60-100 aralığında kalmıştır ve buna göre su kalitesi tüm balık yaşamı için uygundur. Acısu-1 izleme noktasında su kalitesini düşüren parametreler; NH_4^+ , toplam çözünmüş tuzlar, ortofosfat'tır.

Çizelge 4.16. ATI indeksinin 12 aylık izleme verileri ile Aksu Çayı’na uygulanmasına ait sonuçlar

İzleme noktası	İzleme dönemi-1	İzleme dönemi-2	İzleme dönemi-3	İzleme dönemi-4	İzleme dönemi-5	İzleme dönemi-6	İzleme dönemi-7	İzleme dönemi-8	İzleme dönemi-9	İzleme dönemi-10	İzleme dönemi-11	İzleme dönemi-12
Aksu-1	74,20	82,13	78,66	91,16	90,25	90,94	akış yok	84,20	85,38	78,85	74,69	88,30
Aksu-4	85,93	89,97	86,41	91,02	90,49	91,33	91,31	90,71	88,43	90,88	89,81	91,73
Aksu-5	92,95	87,92	86,55	89,92	87,45	89,47	88,12	90,38	90,74	91,28	90,85	90,47
Aksu-8	96,22	87,91	87,40	89,63	90,90	90,24	91,04	90,99	91,33	90,03	89,02	91,29
Aksu-9	95,11	86,24	88,46	83,23	89,10	90,16	88,93	90,56	90,34	89,03	87,22	87,52
Aksu-10	85,10	80,63	72,20	80,74	86,79	80,61	74,08	76,07	76,58	73,07	73,89	70,79

Çizelge 4.17. ATI indeksinin 12 aylık izleme verileri ile Acısu Deresi’ne uygulanmasına ait sonuçlar

İzleme noktası	İzleme dönemi-1	İzleme dönemi-2	İzleme dönemi-3	İzleme dönemi-4	İzleme dönemi-5	İzleme dönemi-6	İzleme dönemi-7	İzleme dönemi-8	İzleme dönemi-9	İzleme dönemi-10	İzleme dönemi-11	İzleme dönemi-12
Acısu-1	75,16	66,71	64,10	65,33	64,83	70,58	62,27	66,97	59,15	64,62	58,00	53,48
Acısu-2	91,06	85,05	82,77	80,26	82,54	84,55	87,18	82,87	84,53	80,74	78,10	akış yok
Acısu-3	92,20	93,41	81,10	82,24	83,43	91,14	89,43	89,68	83,75	83,18	81,08	89,02
Acısu-6	86,09	93,78	akış yok	90,54	90,63	90,47	akış yok	90,81	akış yok	88,80	88,75	akış yok

4.6. Tüm İndeks Sonuçlarının Birlikte Yorumlanması

Dört farklı indeksten elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirilmiş olup Aksu Çayı'na ve Acısu Deresi'ne ait yıllık ortalama indeks sonuçları Çizelgeler 4.18-4.19'da sunulmaktadır. Aksu Çayı ve Acısu Deresi yıllık ortalama indeks değerlerine göre uygulanan 4 indeksin karşılaştırması Şekil 4.52-Şekil 4.53'te gösterilmektedir.

Aksu Çayı için toplam 6 izleme noktasında (Aksu-1, Aksu-4, Aksu-5, Aksu-8, Aksu-9 ve Aksu-10) ve Acısu Deresi için 4 izleme noktasında (Acısu-1, Acısu-2, Acısu-3 ve Acısu-6) uygulanan tüm su kalite indekslerini karşılaştırma imkanı vardır. Buna göre Acısu-1 dışındaki tüm izleme istasyonlarında en düşük indeks değerleri SEQ-Eau indeksiyle elde edilirken, en yüksek sonuçlar ATI indeksi ile elde edilmiştir. Bunun sebebi ATI indeksinin hesaplanmasında dikkate alınan çoğu parametrenin (Zn, Mn, Cr, Cu, Pb ve Ni) sınır değerlerin çok altında olması ve su kalitesini düşüren temel parametrelerden sadece toplam çözünmüş tuzlar parametresinin yer almasından kaynaklanmaktadır. En düşük indeks değerlerinin SEQ-Eau indeks yöntemi ile elde edilmesinin sebebi, indeks hesabında çalışma alanının su kalitesini düşüren önemli parametrelerden biri olan Eİ parametresinin yer alması ve yöntemin nihai indeks değeri için en düşük indeks değerini dikkate almasıdır. Bunun dışında, ATI indeksinin dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

- Parametrelerin eşit öneme sahip olması sebebiyle bazı durumlarda parametreler için çok düşük alt indeks değerleri elde edilse bile, su kalite sınıfı tüm balık yaşamı için uygun olarak sınıflandırılmaktadır ve bu şekilde parametrelerin etkisi gölgenmektedir.
- ATI indeksinde kullanılan ağır metaller (Zn, Mn, Cr, Cu, Pb ve Ni) Aksu Çayı'nın ve Acısu Deresi'nin su kalitesinin belirlenmesinde kritik parametreler değildir.
- Sucul yaşamı etkileyen en önemli parametrelerden biri olan ve Aksu Çayı'nda ve Acısu Deresi'nde yer alan bazı izleme noktalarında sınır değerlerin üstünde olan BOİ gibi önemli bir parametrenin indeks hesabına dahil edilmemesidir.

Aksu Çayı'nda ve Acısu Deresi'nde yer alan tüm istasyonlarda ATI indeksi dışında 3 farklı su kalite indeksi (SEQ-Eau, NSF ve CCME indeksleri) karşılaştırıldığında en düşük sonuçlar, nihai indeks değerinin hesaplanmasında en düşük indeks değerini dikkate alan SEQ-Eau indeksi ile elde edilmiştir. Aksu Çayı için en yüksek indeks değerleri ise Aksu-10 izleme noktası dışında CCME indeksi ile elde edilmiştir. Aksu-10 izleme noktasında deniz suyu girişimi nedeniyle bromür, Eİ, toplam çözünmüş madde, klorür, Na ve sülfat parametreleri için hedef değerler aşılmıştır. NSF indeksi hesabında Eİ değeriyle hesaplanan toplam katı madde dışında belirtilen parametreler yer almamaktadır. Bu nedenle de sadece bu izleme noktasında NSF indeksi değeri daha yüksektir.

Deniz suyu etkisi nedeniyle Aksu Çayı ve Acısu Deresi için en düşük su kalite sınıfları mansap noktalar için (Aksu-10, Acısu-0 ve Acısu-1) belirlenmektedir. Eİ, toplam çözünmüş madde, klorür, Na ve sülfat çalışma alanlarının su kalitesini düşüren önemli parametrelerdir. Buradan yola çıkıldığında bahsedilen istasyonların diğer istasyonlara göre belirgin düşük sonuçlar vermesi sebebiyle en uygun indeksler CCME ve SEQ-Eau indeksleridir.

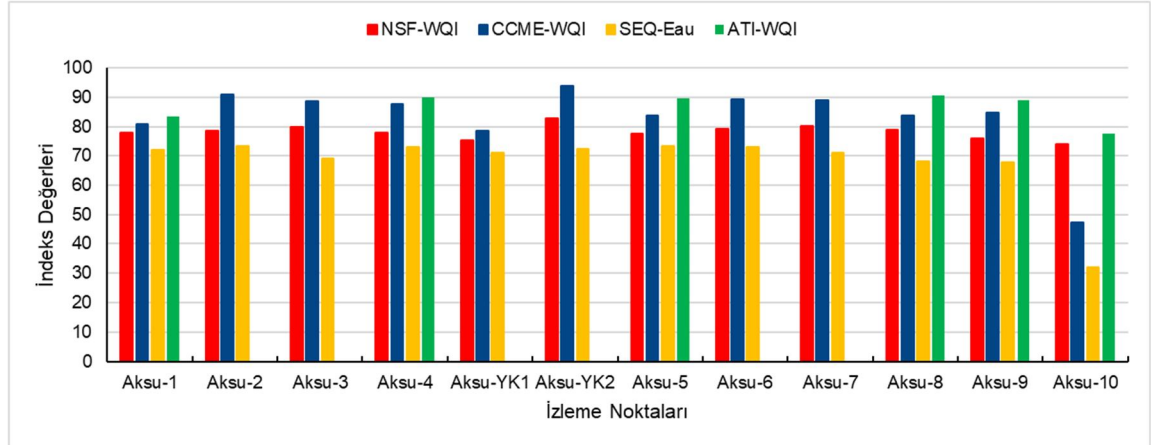
Sonuç olarak, CCME indeksinin herhangi bir parametre kısıtlaması olmaması, indeks hesabına hangi parametrelerin dahil edileceğine kullanıcının karar vermesine olanak sunması, su kalitesini düşüren temel parametrelerin de indeks değerinin hesaplanmasında yer alması önemli avantajlardır. CCME indeksinin dönemsel olarak su kalitesini değerlendirme imkanı sunmaması, indeksin hesaplanmasında en az 4 dönemin gerekli olması bir dezavantajdır ve bu noktada SEQ-Eau indeksini kullanmak daha uygundur.

Çizelge 4.18. Aksu Çayı yıllık ortalama indeks sonuçları

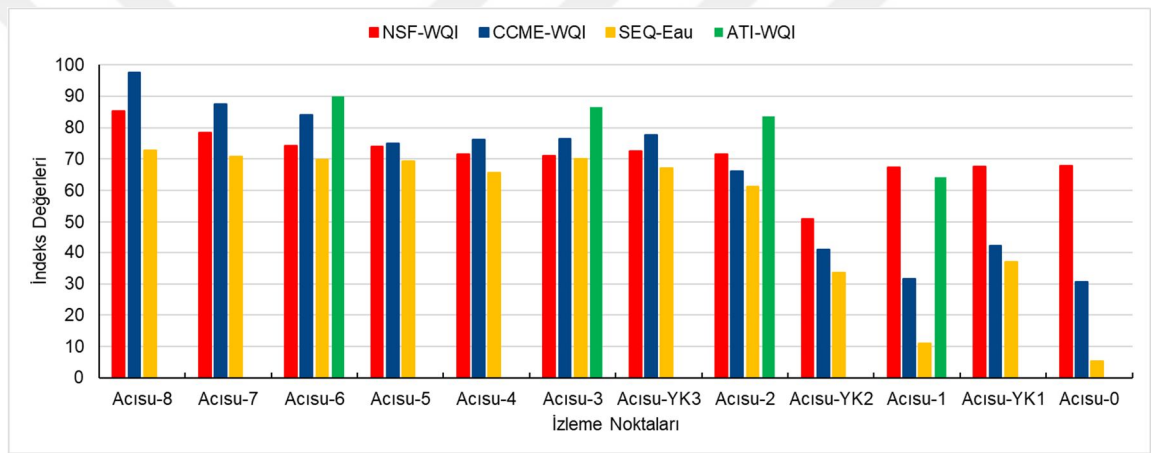
İzleme noktası	NSF-WQI	CCME-WQI	SEQ-Eau	ATI-WQI
Aksu-1	77,83	80,96	71,96	83,52
Aksu-2	78,54	90,88	73,51	
Aksu-3	79,85	88,51	69,03	
Aksu-4	77,76	87,64	73,19	89,83
Aksu-YK1	75,23	78,42	71,12	
Aksu-YK2	82,80	93,82	72,48	
Aksu-5	77,45	83,59	73,39	89,68
Aksu-6	79,15	89,06	73,13	
Aksu-7	80,13	88,82	71,09	
Aksu-8	78,75	83,71	68,15	90,50
Aksu-9	76,02	84,60	68,05	88,83
Aksu-10	74,03	47,51	31,86	77,55

Çizelge 4.19. Acısu Deresi yıllık ortalama indeks sonuçları

İzleme noktası	NSF-WQI	CCME-WQI	SEQ-Eau	ATI-WQI
Acısu-8	85,39	97,57	72,92	
Acısu-7	78,49	87,64	70,91	
Acısu-6	74,31	84,07	69,80	89,98
Acısu-5	74,08	74,93	69,31	
Acısu-4	71,47	76,34	65,72	
Acısu-3	71,18	76,49	70,16	86,64
Acısu-YK3	72,44	77,83	67,21	
Acısu-2	71,60	66,24	61,36	83,60
Acısu-YK2	51,09	40,94	33,55	
Acısu-1	67,39	31,48	11,00	64,27
Acısu-YK1	67,59	42,13	37,11	
Acısu-0	67,86	30,70	5,35	



Şekil 4.52. Aksu Çayı yıllık ortalama indeks değerlerine göre su kalite indekslerinin karşılaştırılması



Şekil 4.53. Acısu Deresi yıllık ortalama indeks değerlerine göre su kalite indekslerinin karşılaştırılması

Aksu Çayı için ATI indeksi dışında uygulanan tüm indekslerin yıllık ortalama indeks değerlerine göre birbiriyle korelasyonu Çizelge 4.20’de sunulmuştur. Korelasyon değerleri 1’e ne kadar yakınsa sonuçların birbiriyle benzerliği de yüksektir. Buna göre SEQ-Eau ve CCME su kalite indekslerinin korelasyonu 0,94 olup 1’e çok yakındır. NSF ile CCME indekslerinin korelasyonu ise 0,76 olarak bulunurken en düşük korelasyon (0,56) SEQ-Eau ve NSF indeksleri arasında bulunmuştur. Böylece CCME ve SEQ-Eau indekslerinin uyumlu ve çok yakın sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.20. Aksu Çayı için ATI indeksi dışında uygulanan tüm indeksler için korelasyon matrisi

Değişken	NSF	CCME	SEQ-Eau
NSF	1		
CCME	0,76	1	
SEQ-Eau	0,56	0,94	1

Acısu Deresi için ATI indeksi dışında uygulanan tüm indekslerin yıllık ortalama indeks değerlerine göre birbiriyle korelasyonu Çizelge 4.21’de sunulmuştur. Korelasyon değerleri 1’e ne kadar yakınsa sonuçların birbiriyle benzerliği de yüksektir. Buna göre SEQ-Eau ve CCME su kalite indekslerinin korelasyonu 0,95 olup 1’e çok yakındır. NSF ile CCME indekslerinin korelasyonu ise 0,75 olarak bulunurken en düşük korelasyon (0,60) SEQ-Eau ve NSF indeksleri arasında bulunmuştur. Böylece CCME ve SEQ-Eau indekslerinin uyumlu ve çok yakın sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.21. Acısu Deresi için ATI indeksi dışında uygulanan tüm indeksler için korelasyon matrisi

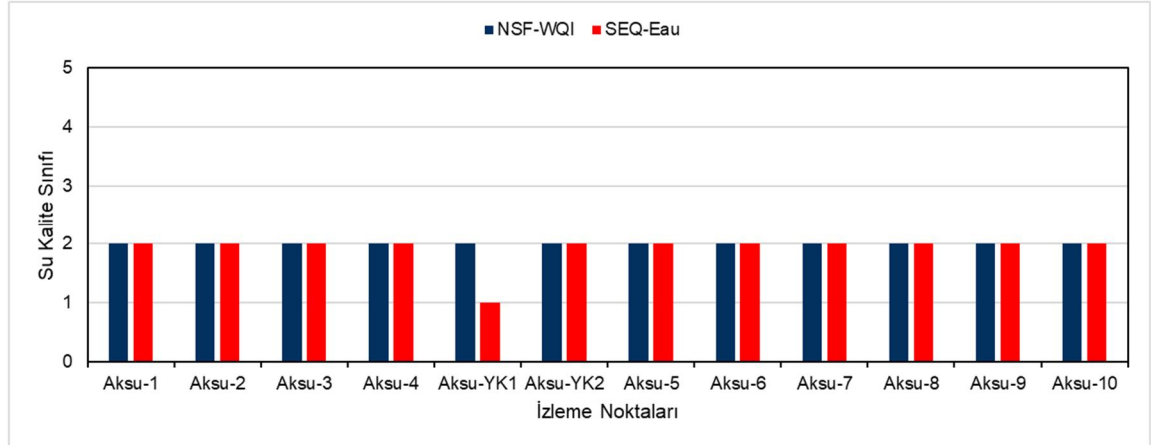
Değişken	NSF	CCME	SEQ-Eau
NSF	1		
CCME	0,75	1	
SEQ-Eau	0,60	0,95	1

Çalışma alanlarının su kalitesini değerlendirmede kullanılan CCME indeksi dışındaki tüm indeksler (NSF, SEQ-Eau ve ATI) su kalitesini dönemsel olarak değerlendirme imkanı sunmaktadır. Ancak ATI indeksinin çalışma alanındaki belirli istasyonlar için uygulanması sebebiyle su kalitesinin dönemsel olarak değerlendirilmesinde NSF ve SEQ-Eau indekslerinin uygun olduğu belirlenmiştir.

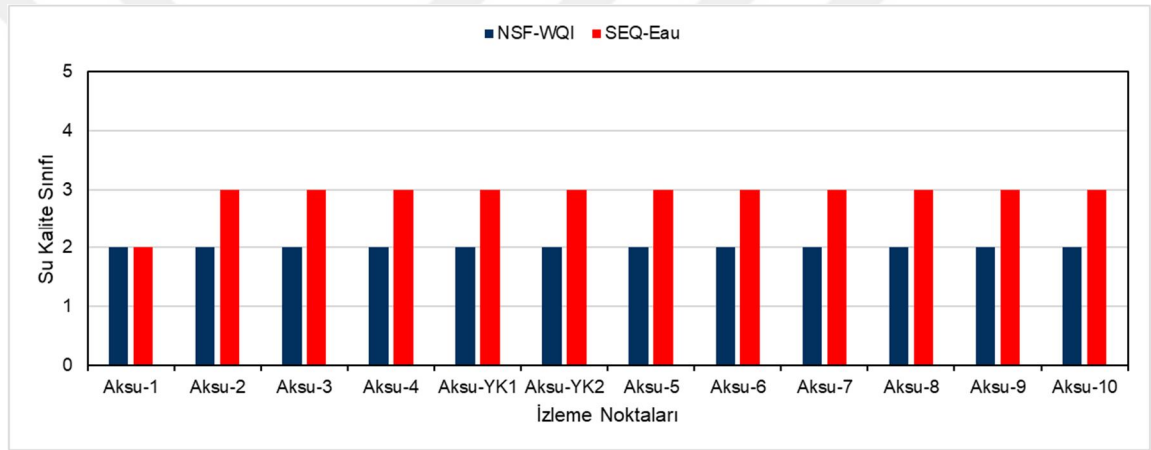
Su kalitesinin NSF ve SEQ-Eau indeks değerlerine sınıflandırılması Çizelge 4.22’de gösterilmektedir. Buna göre SEQ-Eau ve NSF indeks değerleri 0 ile 100 aralığında değişmektedir ve su kalitesi beş sınıf ölçeğinde değerlendirilmektedir. En iyi su kalitesi 1. Sınıf ve en kötü su kalitesi 5. Sınıf kategorisindedir. Aksu Çayı’nın ve Acısu Deresi’nin 12 aylık izleme dönemine ait su kalitesi ölçüm ve analiz sonuçları kullanılarak uygulanan NSF ve SEQ-Eau su kalite indekslerinin karşılaştırması Şekiller 4.54-4.77’de sunulmaktadır. Buna göre, Aksu 10, Acısu-1 ve Acısu-0 izleme noktaları için SEQ-Eau indeksinin NSF su kalite indeksine göre daha kötü kalite sınıfı (Sınıf 5, çok kötü) verdiği görülmektedir. Bahsedilen noktalarda deniz suyu etkisi nedeniyle özellikle Eİ ve toplam çözünmüş madde parametreleri, izleme istasyonunun su kalitesini düşürmektedir. Ek olarak, SEQ-Eau indeks yönteminde su kalite sınıfı en düşük indeks değeri seçilerek belirlenirken, NSF indeksinde her bir parametrenin su kalite indeksinin toplamı ile belirlenmektedir. Dolayısıyla SEQ-Eau indeksinde Eİ parametresinden kaynaklı su kalite sınıfı çok kötü’dür. Aksu Çayı’nda ve Acısu Deresi’nde bulunan diğer izleme noktaları için NSF ve SEQ-Eau indeksinin genel olarak eşit veya birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Kalite sınıfları arasındaki farklar; indeks yöntemlerinde kullanılan farklı parametrelerden ve/veya SEQ-Eau indeksinde en düşük kalite sınıfının dikkate alınmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.22. NSF ve SEQ-Eau indeks değerlerine göre su kalite sınıfları

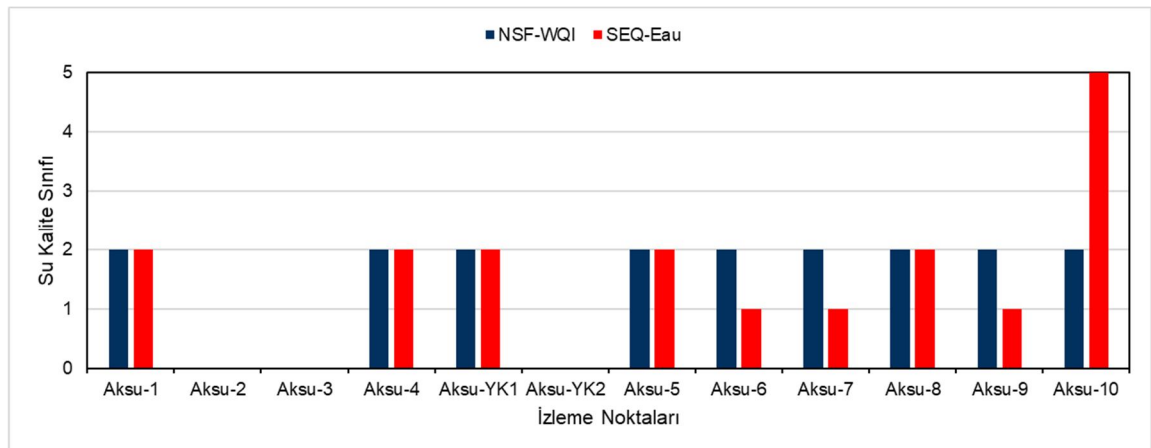
Kalite Sınıfı	Mükemmel (1)	İyi (2)	Orta (3)	Kötü (4)	Çok Kötü (5)
NSF	91-100	71-90	51-70	26-50	0-25
SEQ-Eau	100-80	80-60	60-40	40-20	20-0



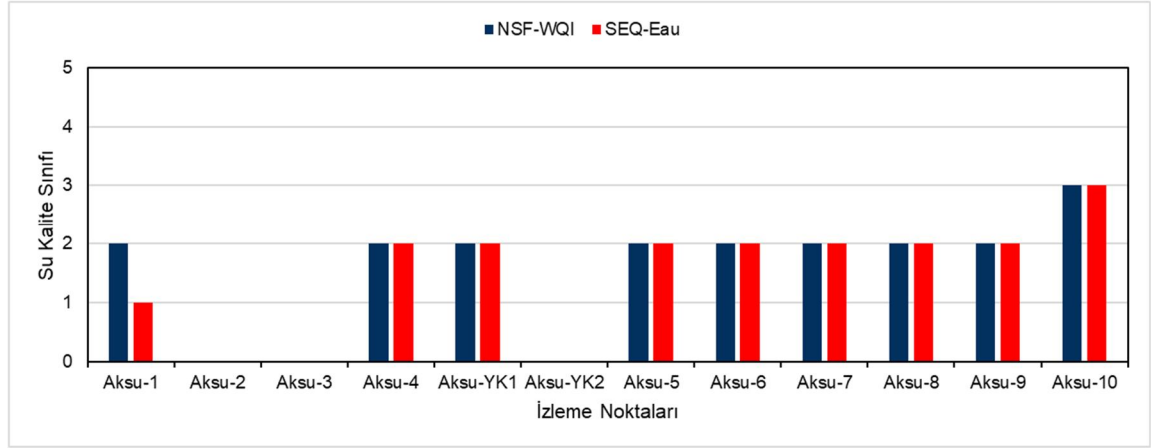
Şekil 4.54. Aksu Çayı izleme dönemi-1 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



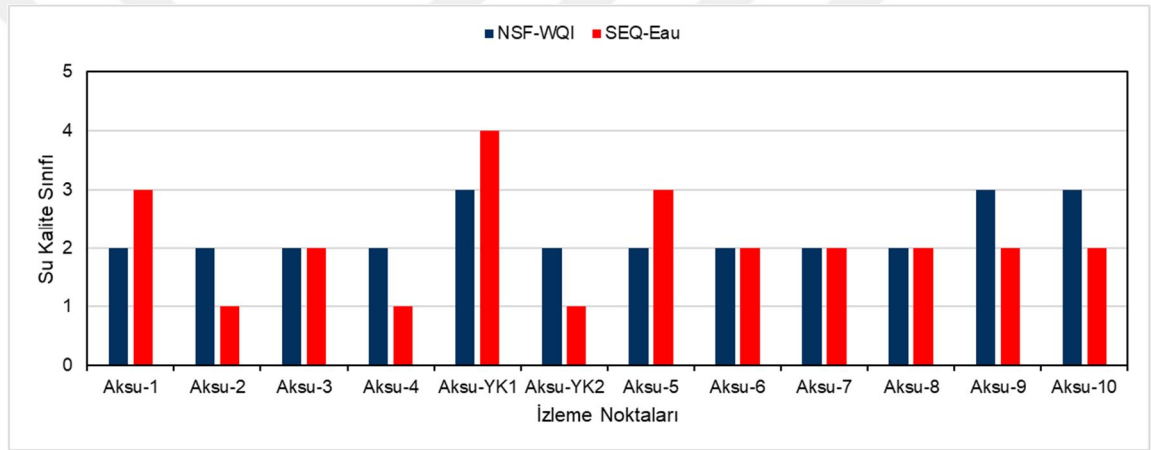
Şekil 4.55. Aksu Çayı izleme dönemi-2 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



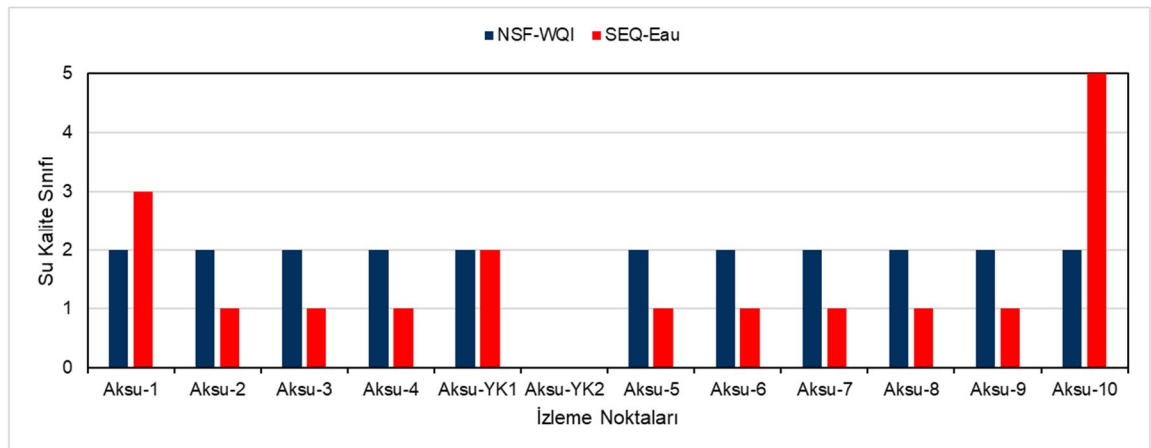
Şekil 4.56. Aksu Çayı izleme dönemi-3 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



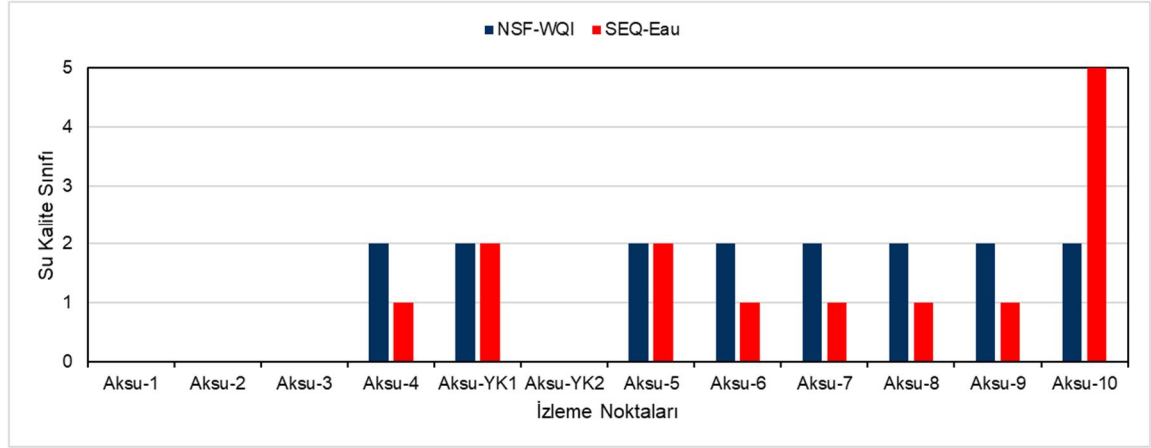
Şekil 4.57. Aksu Çayı izleme dönemi-4 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



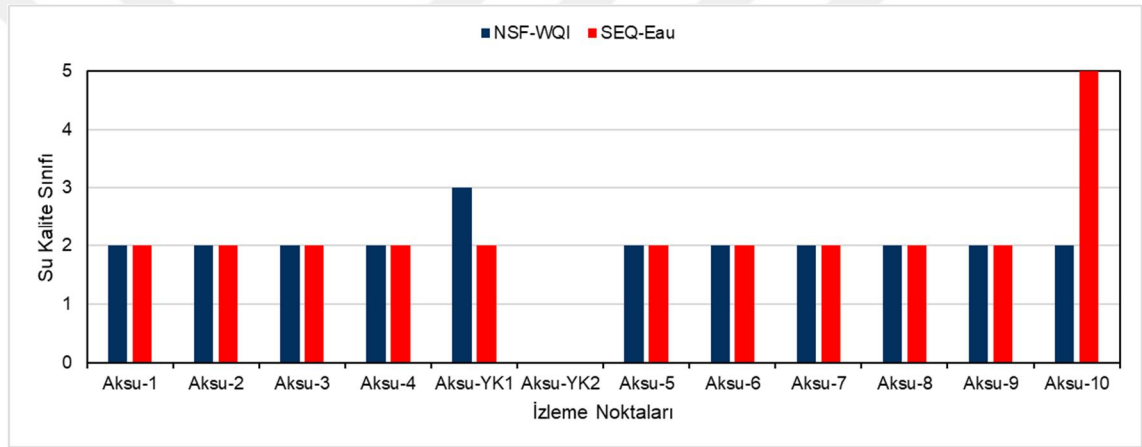
Şekil 4.58. Aksu Çayı izleme dönemi-5 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



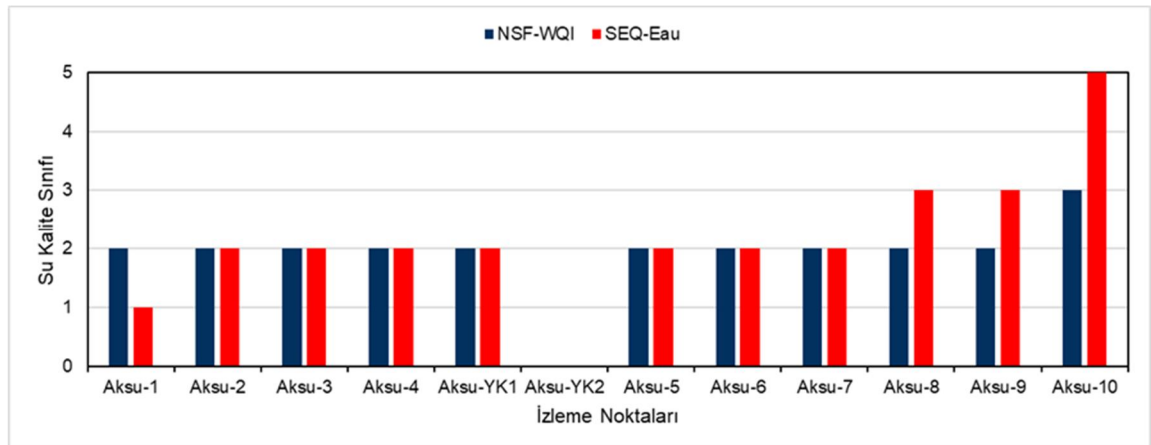
Şekil 4.59. Aksu Çayı izleme dönemi-6 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



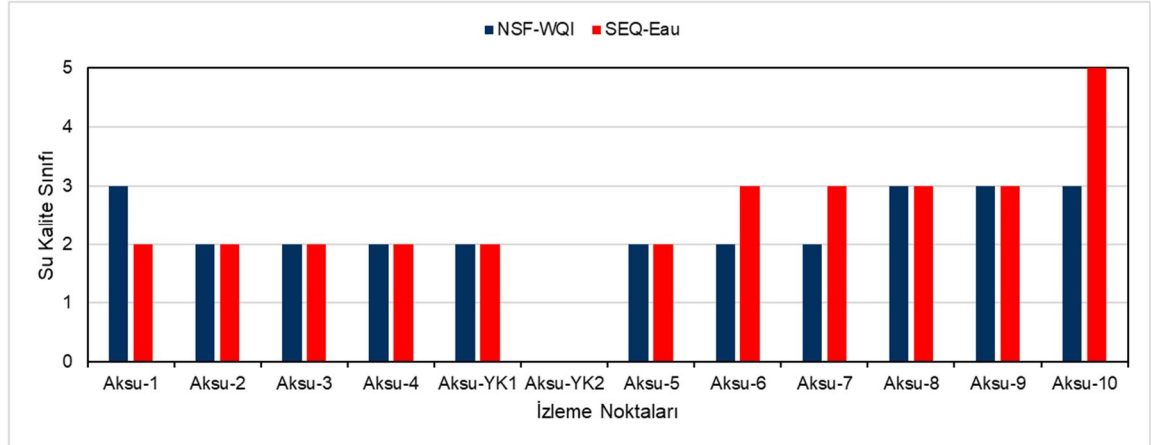
Şekil 4.60. Aksu Çayı izleme dönemi-7 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



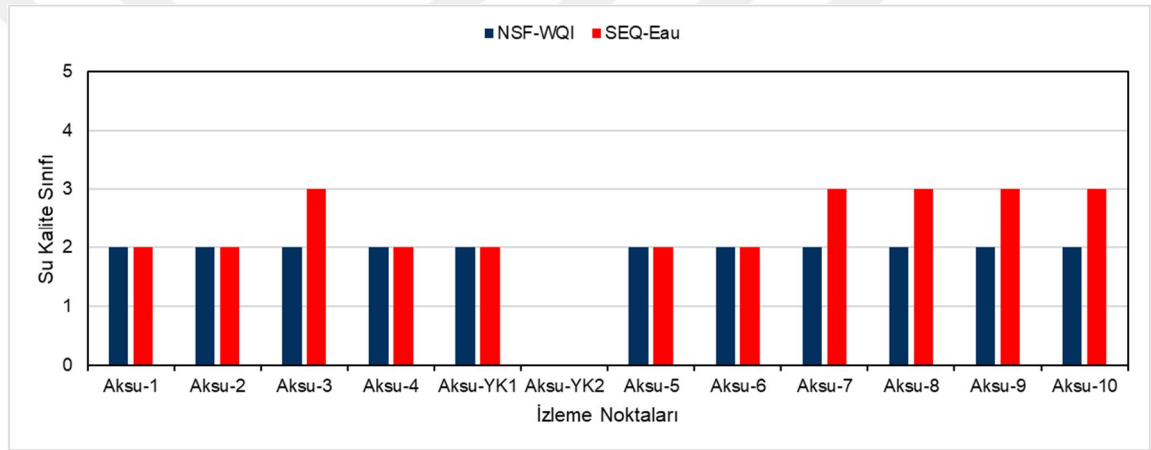
Şekil 4.61. Aksu Çayı izleme dönemi-8 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



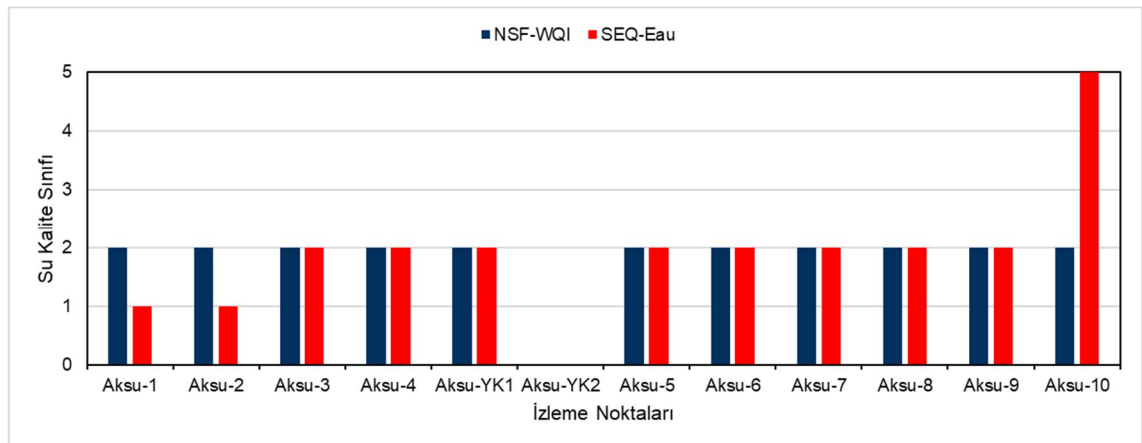
Şekil 4.62. Aksu Çayı izleme dönemi-9 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



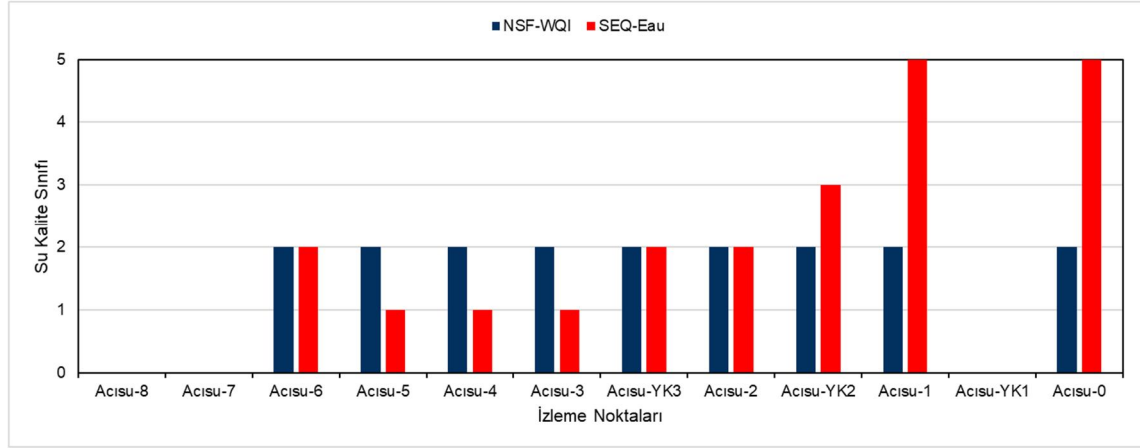
Şekil 4.63. Aksu Çayı izleme dönemi-10 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



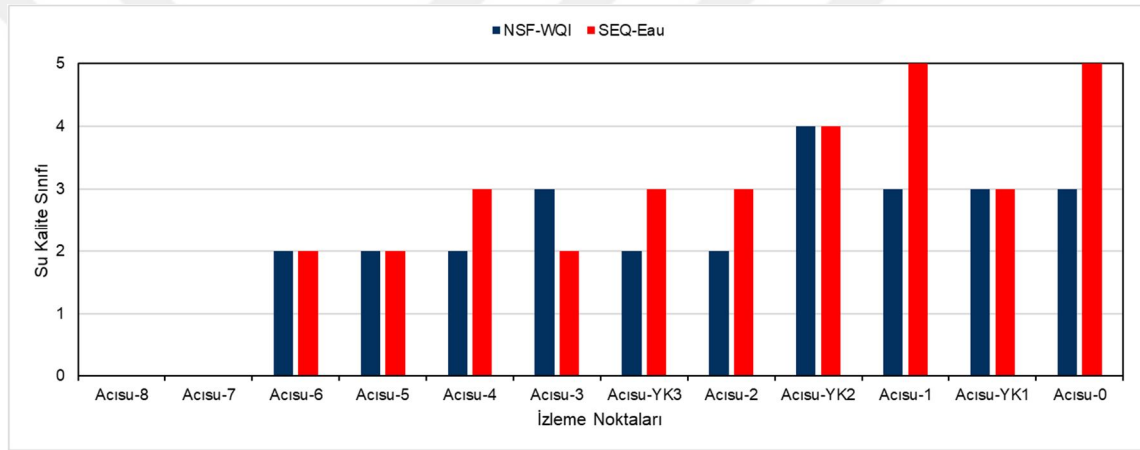
Şekil 4.64. Aksu Çayı izleme dönemi-11 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



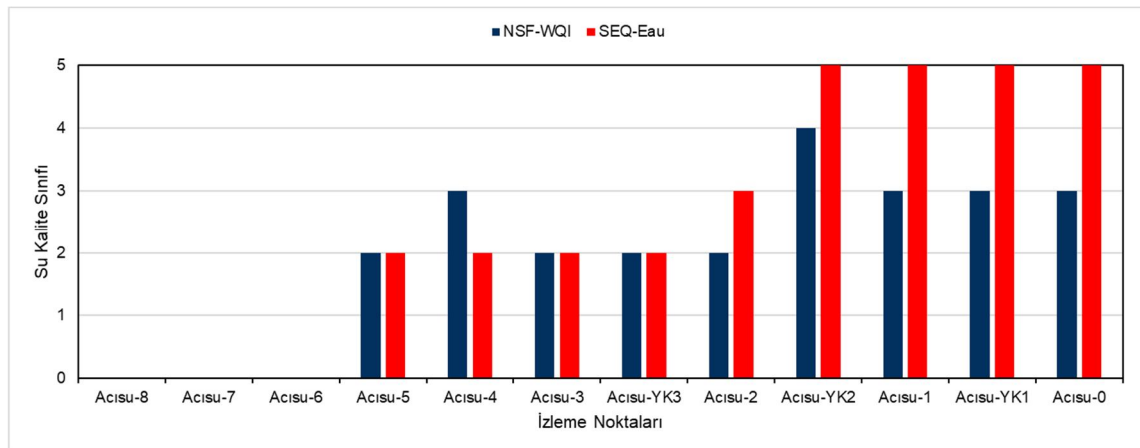
Şekil 4.65. Aksu Çayı izleme dönemi-12 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



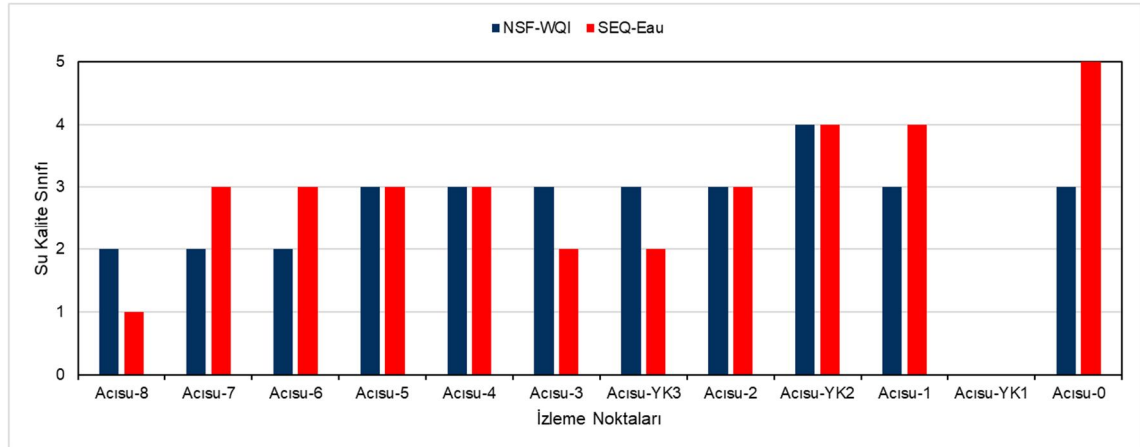
Şekil 4.66. Acısu Deresi izleme dönemi-1 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



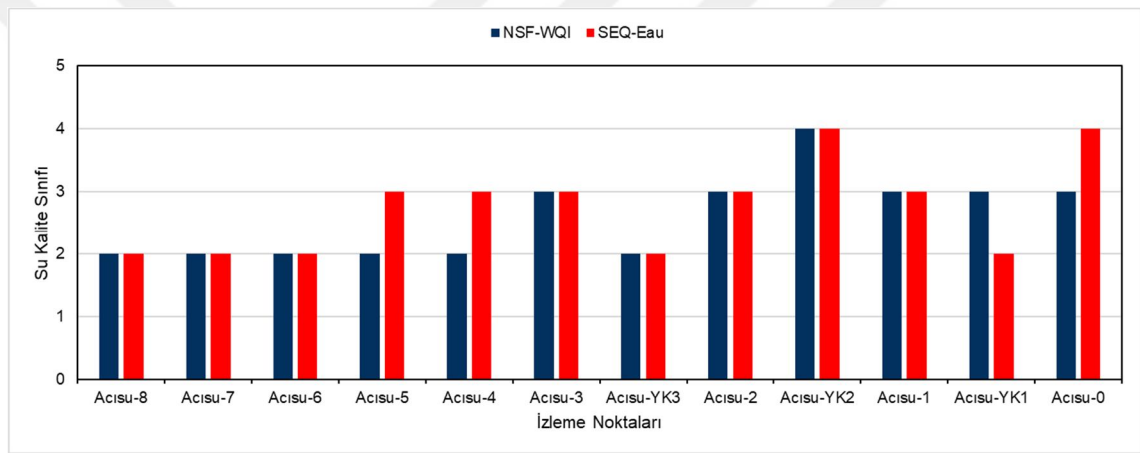
Şekil 4.67. Acısu Deresi izleme dönemi-2 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



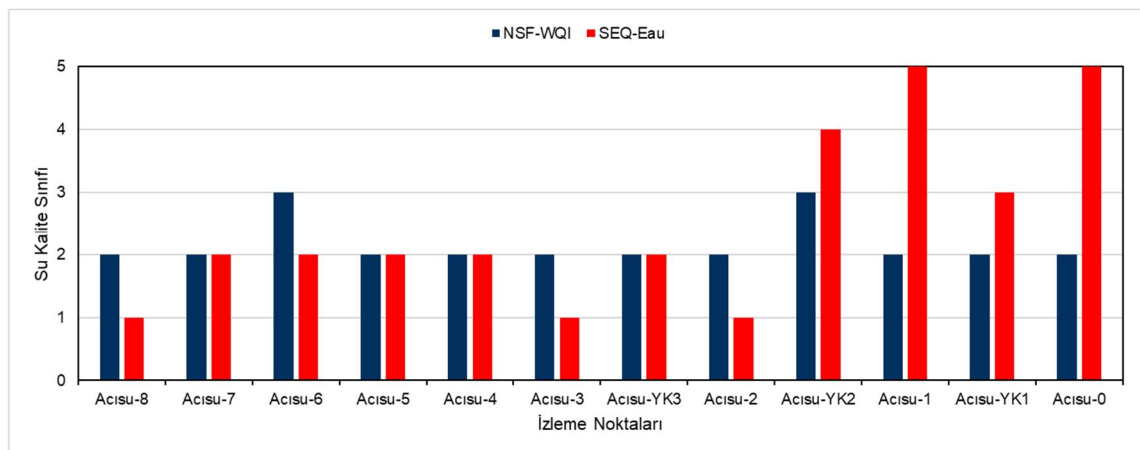
Şekil 4.68. Acısu Deresi izleme dönemi-3 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



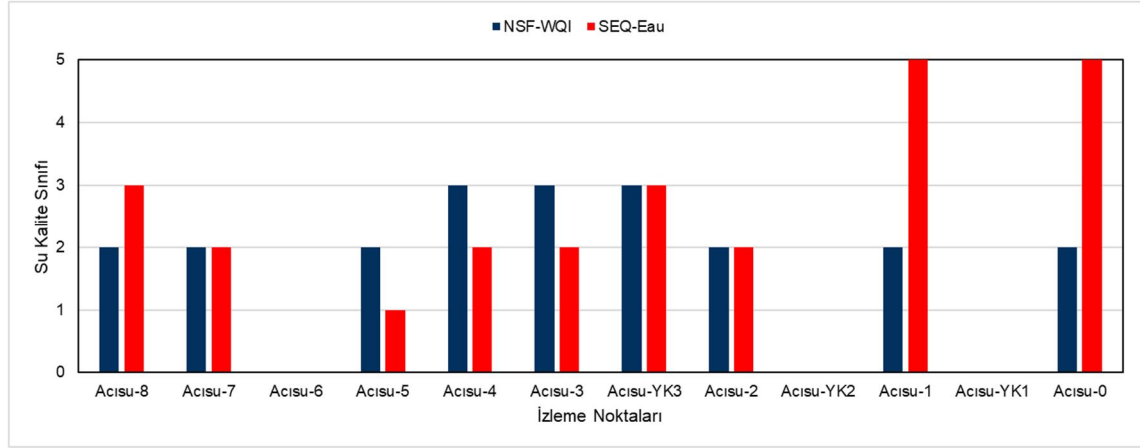
Şekil 4.69. Acısu Deresi izleme dönemi-4 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



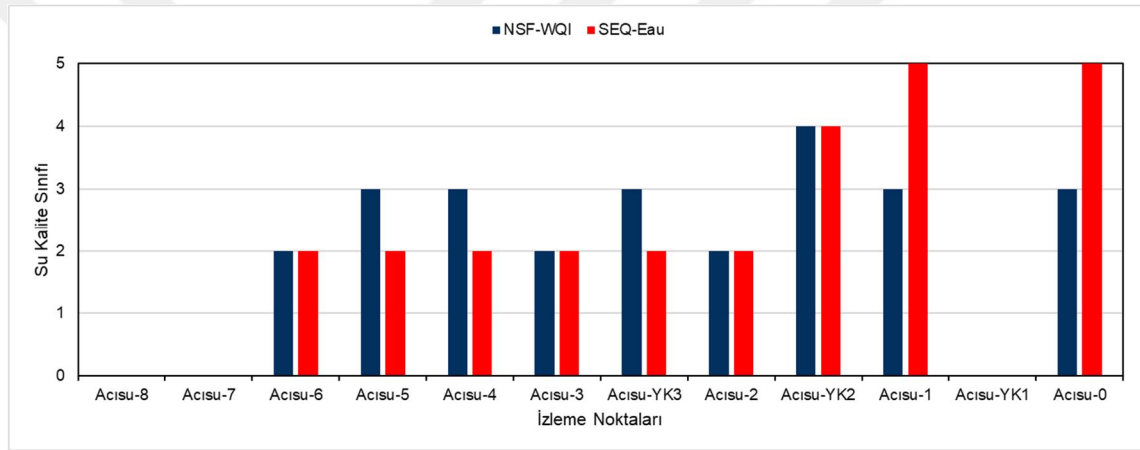
Şekil 4.70. Acısu Deresi izleme dönemi-5 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



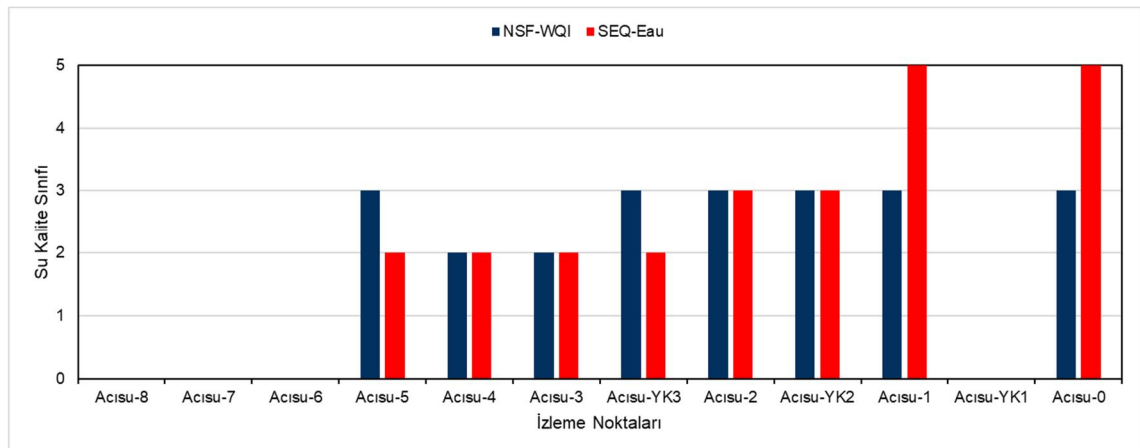
Şekil 4.71. Acısu Deresi izleme dönemi-6 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



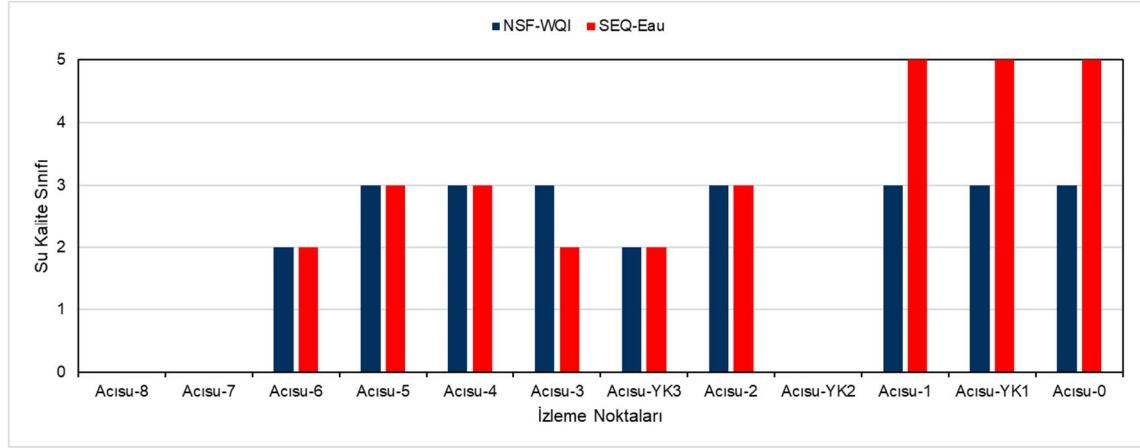
Şekil 4.72. Acısu Deresi izleme dönemi-7 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



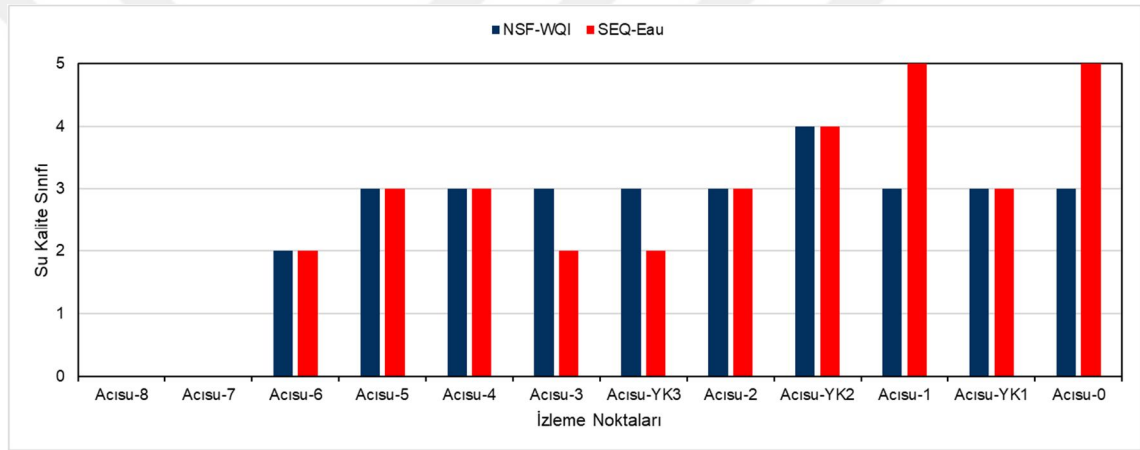
Şekil 4.73. Acısu Deresi izleme dönemi-8 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



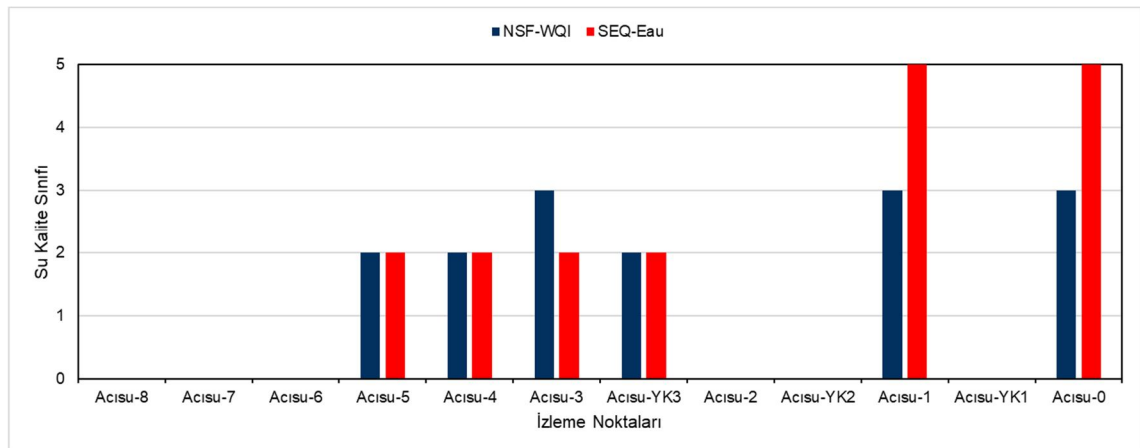
Şekil 4.74. Acısu Deresi izleme dönemi-9 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.75. Acısu Deresi izleme dönemi-10 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.76. Acısu Deresi izleme dönemi-11 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.77. Acısu Deresi izleme dönemi-12 için NSF ve SEQ-Eau indeks sonuçlarının karşılaştırılması

5. SONUÇLAR

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 giderek önem kazanmıştır. Su kalitesi ve miktarının mekânsal ve zamansal değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen izleme çalışmalarında izleme istasyonu, dönemi ve izlenen parametrelerin fazla olması sebebiyle çok büyük veri setleriyle uğraşmak zorunda kalınmaktadır. Bu durum veri değerlendirmesi açısından hem zaman alıcı hem de karmaşıktır. Bu bağlamda su kalite indekslerinin kullanımı, verileri hızlı ve pratik bir şekilde tek bir sayıda özetleyerek kalite sınıfı elde edilebilmesi bakımından avantajlıdır. Bu çalışmada, Antalya Nehir Havzası içinde yer alan Aksu Çayı ve Acısu Deresi'ne dünya çapında bilinen ve yaygın olarak kullanılan NSF-WQI, CCME-WQI; sınırlı sayıda çalışmada kullanılan ATI indeksi; Fas ve Fransa'da yaygın olarak kullanılan ancak Türkiye'de daha önce uygulanmamış olan SEQ-Eau indeksi karşılaştırmalı olarak başarıyla uygulanmış ve çalışma bölgelerinin su kalitesini sınıflandırmada en uygun indeks yöntemi belirlenmiştir. On iki izleme dönemi için yirmi dört istasyonda izleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışmaları süresince değişen iklim koşulları, yağış ve yüzey akışın azalması gibi sebepler bazı izleme noktalarında kuru ve durgun su koşullarının oluşmasına neden olmuştur.

Çalışma alanlarının su kalitesini değerlendirmede kullanılan CCME indeksi dışındaki tüm indeksler (NSF, SEQ-Eau ve ATI) su kalitesini dönemsel olarak değerlendirme imkanı sunmuştur. Ancak çalışma kapsamında mevcut parametrelerin ölçüm ve analiz sonuçları doğrultusunda NSF ve SEQ-Eau indekslerinin dönemsel olarak değerlendirme için uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, Aksu Çayı için ATI indeksi dışında uygulanan tüm indekslerin yıllık ortalama indeks değerlerine göre birbiriyle korelasyonu incelenmiştir. Korelasyon sonuçlarına göre Aksu Çayı ve Acısu Deresi için en düşük korelasyon SEQ-Eau ve NSF indeksleri arasında; en yüksek korelasyon CCME-WQI ve SEQ-Eau indeksi arasında bulunmuştur. Elde edilen korelasyon değerleriyle CCME ve SEQ-Eau indekslerinin birbiriyle uyumlu olduğu ve birbirine çok yakın sonuçlar verdiği gösterilmiştir. NSF ve SEQ-Eau indeksleri arasındaki fark genel olarak Aksu 10, Acısu-1 ve Acısu-0 izleme noktalarında tuzlu su girişimi nedeniyle SEQ-Eau indeksi hesaplanmasında kullanılan Eİ değerlerinin çok yüksek olması ve bu indeks yönteminde su kalite sınıfının en düşük indeks değerine göre belirlenmesinden kaynaklanmıştır. Belirtilen diğer izleme noktaları için NSF ve SEQ-Eau indeksinin genel olarak eşit veya birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Yıllık ortalama indeks değerlerine göre bir değerlendirme yapıldığında, CCME indeksinin herhangi bir parametre kısıtlaması olmaması, indeks hesabına hangi parametrelerin dahil edileceğine kullanıcının karar vermesi, çalışma alanlarının su kalitesini düşüren temel parametrelerin de indeks değerinin hesaplanmasında yer alması gibi önemli avantajlara sahip olması sebebiyle su kalitesinin belirlenmesinde en uygun indekslerden biri olduğu sonucuna varılmıştır. Ek olarak, CCME indeksinin dönemsel olarak su kalitesini değerlendirme imkanı sunmaması, indeksin hesaplanmasında en az 4 dönemin gerekli olması bir dezavantajdır ve bu noktada SEQ-Eau indeksinin kullanılmasının daha uygun olduğu görülmüştür.

ATI indeksinin uygulanmasında literatürde florür, bulanıklık, Cu ve Zn parametrelerinin alt indeks değerlerini elde etmek için farklı eşitlikler sunulduğu

(Wepener vd. 1992; Mnisi 2010) görülmüştür. Dolayısıyla bu tez çalışmasında Wepener vd. (1992) tarafından sunulan grafikler dikkate alınarak Mnisi (2010) tarafından verilen örnek uygulamadan yola çıkılarak eşitlikler güncellenmiştir. Alt indeks değerlerinin belirlenmesinde literatürdeki bu karışıklığın giderilmesi açısından NSF indeksinde olduğu gibi bir web sitesi geliştirilmesinin ATI indeksinin uygulanmasında güvenilir ve pratik bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

SEQ-Eau indeksinin özellikle Fas ve Fransa’da yaygın olarak kullanılması nedeniyle İngilizce kaynakların oldukça sınırlı sayıda olması ve Türkiye’de ilk kez bu tez çalışmasında uygulanması metodolojinin anlaşılmasını zorlaştırmıştır. Bu nedenle bahsedilen su kalite indeksini çalışmalarında kullanmak isteyen araştırmacılara katkı sağlamak amacıyla metodolojinin daha iyi ve net bir şekilde anlaşılması için tez çalışmasında bir uygulama örneği sunulmuştur.

NSF indeksinde alt indeks değerlerinin grafiklerden okunması hem zor hem de zaman alıcıdır. Bu nedenle daha pratik ve güvenilir bir yol izlemek açısından Calculator NSF-WQI Online (<https://www.knowyourh2o.com/outdoor-3/water-quality-index-calculator-for-surface-water>) web sitesinden alt indeks elde edilebilir. Ayrıca web sitesi halka açık olup kullanıcıya, NSF-WQI değeri, indeks değerinin hesaplanmasında dikkate alınan parametre sayısı ve bu parametrelere atanan ağırlıklı etki değerlerini içeren su kalitesi raporu sunmaktadır.

Çalışma alanlarının su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan indeksler için genel bir karşılaştırma yapıldığında, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- İzleme noktalarının su kalitesini düşüren temel kirletici parametrelerin indeks hesabında yer alması, indeks değerinin hesaplanmasında kullanılan adımların farklılığı (örneğin NSF indeksinde parametrelerin önem derecesine göre parametrelere ağırlık değerleri atanırken CCME ve ATI indekslerinde parametrelerin eşit öneme sahip olması; SEQ-Eau indeks yönteminde en düşük kalite sınıfının nihai su kalitesini belirlemesi gibi) nihai su kalitesinin belirlenmesinde önemlidir.
- Kullanılan indekslerin her birinin kendi içinde avantaj ve dezavantajlarının olduğu, bazı indeks yöntemlerinde temel kirletici parametrelerin yer almamasından ya da parametrelerin su kalitesi üzerinde eşit öneme sahip olmasından kaynaklı olarak elde edilen sonuçların gerçek su kalitesini yansıtmadığı görülmüştür.
- İndeks hesabında yer alan parametrelerin farklılığı nedeniyle indeksler için sonuçlar birbirinden farklılık göstermekte ve bu durum birebir karşılaştırma imkanı sunmamaktadır.
- CCME indeksi dışındaki tüm indekslerde Aksu Çayı ve Acısu Deresi’nde yer alan mansap noktalarda (Acısu-0, Acısu-1 ve Aksu-10) deniz suyu girişi nedeniyle tuzluluk değerlerinin çok yüksek olması, su kalitesi sınıflandırma sonuçlarını olumsuz yönde etkilemiştir. Tuzluluk ve tuzluluğa bağlı parametreler nedeniyle su kalitesi çok kötü sınıfa düşmektedir.
- CCME indeksi su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanıcıya istediği parametreyi dahil etme imkanı sunmaktadır. Ancak su kalite indekslerinin karşılaştırılmasında bazı indeks yöntemlerinde tuzluluk ve tuzluluğa bağlı

parametrelerin yer alması, bazılarında ise yer almaması karışıklığa neden olmaktadır. Bu bağlamda, literatürde tuzlu suların kalitesinin değerlendirilmesi için özel bir indeks yönteminin bulunmamasının önemli bir eksiklik olduğu değerlendirilmektedir.

CCME indeksinin uygulanmasında dikkate alınan parametrelerin ilgili hedef değerlerinin tek bir yönetmelikten elde edilememesi su kalitesi konusunda çalışan araştırmacıların ortak ve önemli bir sorunudur. CCME indeksinin uygulanmasında hedef değerlerin seçimi konusunda yaşanan zorluklar aşağıda sıralanmıştır:

- AKM gibi önemli bir parametre için ülkemizdeki yönetmeliklerin hiçbirinde nehirler için sınır değer bulunmamaktadır. Sadece SKKY Ek'inde yer alan Tablo-2 (Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri)'de doğal koruma alanı ve rekreasyon amaçlı kullanım için sınır değer yer almaktadır.
- Bakteriyolojik parametreler için SKKY'de sadece TK ve FK için sınır değerler bulunmaktadır.
- Klorür, sodyum, sülfat ve TOK parametreleri için hem SKKY hem de İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik'te sınır değerler yer almaktadır. Kalite kriterleri SKKY'de 4 sınıf ölçeğinde sunulurken, İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik'te 3 sınıf ölçeğinde sunulmaktadır. Bu şekilde yönetmeliklerde çakışmaların ve farklılıkların yaşanması araştırmacıların karar vermesinde zorluk oluşturmaktadır.
- Benzer olarak, kıta içi su kaynaklarının kalite kriterlerinin belirlenmesinde renk, Ç.O, NH₄-N, NO₃-N, TP fizikokimyasal parametreleri için SKKY ve YSKY'de belirtilen sınır değerlerin farklı olması, SKKY'de 4 sınıf ölçeğinde sınıflandırma yapılırken YSKY'de 3 sınıf ölçeğinde su kalitesinin sınıflandırılması karışıklığa sebep olabilmektedir.
- Su kalitesi üzerinde çalışan uzmanların bahsedilen yönetmeliklerdeki revizyonlar (YSKY'de sınıflandırma kriterlerinin, renk skalasının ve buna bağlı olarak sınır değerlerinin değişmesi, SKKY'de kıta içi su kaynakları için verilen sınır değerlerin kaldırılıp sadece deşarj kriterlerinin getirilmesi daha sonra tekrar sınır değerlerin geri getirilmesi gibi) uygulamada zorluk oluşturmaktadır.

Belirtilen sorunlar için çözüm önerileri şu şekildedir:

- Su kalitesi üzerinde etkili parametreler için farklı su kullanım amaçlarına uygun olarak kalite kriterlerinin tek bir yönetmelikte tanımlanması uygulamalar için kolaylık sağlayacaktır.
- YSKY'de kıyı suları için alıcı ortam parametreleri genişletilebilir ve sınıflandırma yöntemi daha açık ve net bir şekilde belirtilebilir.
- Yönetmeliklerde bakteriyolojik parametreler için TK ve FK parametrelerinin yanı sıra E-coli ve FS parametreleri için de sınır değerler verilebilir.
- CCME indeksinin hesaplanması için web sitesinde farklı su kullanım amaçlarına göre verilen örnek hedef değerler kullanıcılara hedef değerlerin belirlenmesi konusunda önemli bir katkı sağlayabilir.

Aksu Çayı'nın ve Acısu Deresi'nin su kalitesi sınıflandırması YSKY (16.06.2021,

RG: 31513) Ek-5 Tablo-2 (Kıtaıçi Yer Üstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri)'de yer alan sınır değerlere göre yapılmıştır. Su kalitesi sınıflandırmasında 12 konvansiyonel parametre (Renk (436nm, 525 nm, 620 nm dalga boylarında), pH, Eİ, ÇO, KOİ, BOİ₅, NH₄-N, NO₃-N, TN, PO₄-P, TP, F⁻) kullanılmıştır. Çalışma alanlarının dönemsel su kalitesi sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, Aksu-1, Aksu-10, Acısu-0, Acısu-YK1, Acısu-1 ve Acısu-YK2 istasyonlarında genel olarak orta sınıf kalite elde edilirken, bunun dışındaki izleme istasyonlarının su kalitesi akış olan dönemler için genel olarak iyidir. Orta sınıf su kalitesine sahip istasyonlarda kaliteyi düşüren ortak parametreler; TP, BOİ₅, ÇO ve Eİ olarak belirlenmiştir.

Parametrelerin 12 dönem ortalama değerlerine göre çalışma alanlarının genel su kalitesi en düşük sınıf dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre, Aksu Çayı'nın su kalitesinin genel olarak iyi kalite sınıfında yer aldığı sadece Aksu-8 ve Aksu-10 izleme noktalarında su kalitesinin orta sınıfa düştüğü görülmüştür. Mansap noktasında, deniz suyu girişi nedeniyle Eİ parametresinin orta sınıf su kalitesine sahip olması ve en düşük sınıflı unsurun dikkate alınmasından dolayı Aksu-10 istasyonunun su kalitesi orta sınıf olarak belirlenmiştir. Aksu-8 istasyonunda su kalitesini düşüren tek parametre TP'dir. Bir diğer çalışma bölgesi olan Acısu Deresi'nin su kalitesi iyi ve orta olarak sınıflandırılmıştır. Acısu-0, Acısu-YK1, Acısu-1, Acısu-YK2, Acısu-2 ve Acısu-7 izleme noktaları için su kalitesi sınıf III (orta) olarak belirlenmiştir. Acısu-0 ve Acısu-1 izleme noktalarında deniz suyu girişi nedeniyle Eİ değerlerinin çok yüksek olduğu ve bu noktalarda kaliteyi düşüren parametrelerden biri olduğu sonucuna varılmıştır.

Aksu Çayı ve Acısu Deresi için su kalitesi ve miktarı üzerinde hidromorfolojik, noktasal (atıksu arıtma tesislerinden bırakılan arıtılmış atıksu deşarjları) ve yayılı (tarımsal faaliyetler) kirleticilerden kaynaklı baskılar olduğu gözlenmiştir. İzleme çalışmaları süresince değişen iklim koşulları, sulama amaçlı su çekimleri, yağış ve yüzey akışın azalması gibi sebepler Aksu Çayı ve Acısu Deresi üzerinde yer alan bazı izleme noktalarında kuru ve durgun su koşullarının oluşmasına neden olmuştur. Acısu Deresi için ise özellikle mansap noktasında yüzme suyu kalitesi açısından ilgili hedef değerler sağlanamamıştır. Her iki su kaynağı için su kalitesi ve miktarının sürdürülebilir yönetimi önemlidir. Bu amaçla her iki çalışma alanı için devam etmekte olan TÜBİTAK projesi kapsamında yürütülen havza ve nehir su kalite modellemesi çalışmaları yakın zamanda sonuçlanacaktır. Bu çalışmadan elde edilecek sonuçların Aksu Çayı ve Acısu Deresi'nin su kalitesi yönetimine katkı sağlaması beklenmektedir. Özellikle her iki çalışma alanı içinde yer alan atıksu arıtma tesisi deşarjlarının kontrolü önem kazanmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Abbasi, T., Abbasi, S.A., 2012. Water-Quality Indices. Water Quality Indices. Elsevier, pp. 353–356. doi:10.1016/B978-0-444-54304-2.00016-6
- Abdel-Satar, A.M., Ali, M.H., Goher, M.E., 2017. Indices of water quality and metal pollution of Nile River, Egypt. *Egypt. J. Aquat. Res*, 43: 21–29. doi: 10.1016/j.ejar.2016.12.006
- Abr  hao, R., Carvalho, M., Da Silva, W.R., Machado, T.T.V., Gadelha, C.L.M., Hernandez, M.I.M., 2007. Use of index analysis to evaluate the water quality of a stream receiving industrial effluents. *Water SA*.
- Adanır, S. 2018. A  ağı Aksu   ayı Havzasındaki Jeolojik Birimlerin Ge  irimsilik   zellikleri ve SCS Yöntemi ile Yağı  - Akı   İli  kisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliğı Ana Bilim Dalı (Danışman: Prof. Dr. Mahmut Mutlut  rk)
- Agustsson, K.M. (Ed.), 2018. Nordic Water Framework Conference 2017 - Towards a better implementation of the WFD from a Nordic perspective. The Norwegian Environment Agency, p. 28.
- Alexakis, D.; Tsihrintzis, V.A.; Tsakiris, G.; Gikas, G.D. 2016. Suitability of Water Quality Indices for application in lakes in the Mediterranean. *Water Resour. Manag.*, 30: 1621-1633, doi:10.1007/s11269-016-1240-y
- Alver, A., Baştürk, E. 2019. Karasu Nehri Su Kalitesinin Farklı Su Kalite İndeksleri Açısından Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2): 488-497. DOI: 10.19113/sdufenbed.528611
- Anonim 1: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/bolu/icerikler/su-20180222083149.pdf> [Son erişim tarihi: 21.04.2022].
- Anonim 2: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Duyuru/168/5-Adet-Nehir-Havza-Yonetim-Plani-Ve-Ulusal-Su-Plani-Yururluge-Girdi> [Son erişim tarihi: 01.06.2017].
- APHA,1998. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition. American Public Health Association, Washington, DC.
- Atıcı, T. 2021. Topçam Baraj Gölü (Mesudiye, Ordu) Fitoplanktonik Algleri ve Su Kalite Değerlendirmesi. *Türler ve Habitatlar*, 2(1): 54–67.
- Ayaz, S., Erdoğ  n, N. 2021a. Bozçay Havzası Su Kalitesi   zelliklerinin Belirlenmesi ve   evresel Baskılar Açısından Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(2): 441-451. DOI: 10.19113/sdufenbed.899673
- Ayaz, S., Dilaver, M. 2021b. Köşk Menderes Nehri Havzasında Alıcı Ortam Bazlı Deşarj Limitlerinin Belirlenebilmesi İçin Nehir Alıcı Ortamında Tespit Edilen   ncelikli Maddeler ve Belirli Kirleticiler Açısından Değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(69): 973-994. DOI:10.21205/deufmd.2021236924.
- Aydin, H., Ustaog  lu, F., Tepe, Y., Soylu, E. N. 2021. Assessment of water quality of streams in northeast Turkey by water quality index and multiple statistical

- methods. *Environmental Forensics*, 22 (1-2): 270-287, DOI: 10.1080/15275922.2020.1836074
- Backman, B., Bodis, D., Lahermo, P., Rapant, S. 1997. Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. *Environ. Geol.*, 36 (1-2): 55-64. doi: 10.1007/s002540050320
- Bascarón, M. 1979. Establishment of a methodology for the determination of water quality. *Boletín Informativo del Medio Ambiente*, 9: 30-51.
- Basumallick, L., Rohrer, J. 2019. Monitoring Inorganic Anions and Cations During Desalination. Application Note 260. Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA, USA. (<https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CMD/Application-Notes/AN-260-IC-Inorgic-Anions-Cations-Seawater-AN71351-EN.pdf>)
- Baştürk, E., Alver, A. 2019. Melendiz Nehri Su Kalitesinin Farklı Kullanım Amaçlarına Göre Değerlendirilmesi. *ÖHÜ Müh. Bilim. Derg.* 8(2): 731-740.
- Belhaj, H., Kettani, K. 2013. Evaluation de la qualité physico-chimique de l'oued Martil (Rif Occidental, Maroc). *Gestion et Protection de l'Environnement Proceedings G-ENVIRON-5*, 3: 31-38.
- Ben-Daoud, M., Mouhaddach, O., Essahlaoui, A., Layachi, A., Kestemont, M. P., El Jaafari S. 2011. Conception d'un SIG pour l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux superficielles de la ville de Meknès (Maroc). *Cahiers de l'ASEES*, 16 (2011):17-25. DOI: 10.1051/asees/2011205
- Bilgin A. 2018a. Water Quality Index and Applications. *Journal of Current Researches on Engineering, Science and Technology*, 4 (2): 161-170. doi: 10.26579/jocrest-4.2.14
- Bilgin A. 2018b. Evaluation of surface water quality by using Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) method and discriminant analysis method: a case study Coruh River Basin. *Environ Monit Assess*, 190 (9). doi: 10.1007/s10661-018-6927-5
- Bonanno, G., Giudice, R.L. 2010. Application of two quality indices as monitoring and management tools of Rivers. Case study: The Imera Meridionale River, Italy. *Environmental Management*, 45(4): 856-867. DOI: 10.1007/s00267-010-9450-1
- Bor, A., Elci, S. 2022. Impacts of construction of dam on the flow regimes and water quality: a case study from Turkey. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(5): 4069-4086. DOI: 10.1007/s13762-021-03886-y
- Bordalo, A. A., Nilsumranchit, W., & Chalermwat, K. 2001. Water quality and uses of the Bangpakong River (Eastern Thailand). *Water Research*, 35(15):3635-3642. doi:10.1016/S0043-1354(01)00079-3
- Bordalo, A., Teixeira, R., & Wiebe, W. 2006. A water quality index applied to an international shared river basin: the case of the Douro River. *Environmental Management*, 38(6): 910-920. doi:10.1007/s00267-004-0037-6
- Boyacioglu, H. 2007. Development of a water quality index based on a European classification scheme. *Water SA*, 33(1): 101-106. doi: 10.4314/wsa.v33i1.47882
- Brown, R.M., Mc Clelland, N.I., Deininger, R.A., Tozer, R.G. 1970. A water quality index

- do we dare?. *Water Sewage Works*, 117(10): 339-343.
- Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A., O'Connor, M. 1971. A water quality index-crashing the psychological barrier. Presented at 138th meeting of the American association for the advancement of science, Philadelphia, Pennsylvania.
- Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A., Landwehr, J.M. 1973. Validating the WQI. The paper presented at national meeting of American society of civil engineers on water resources engineering, Washington, DC.
- Carvalho, L., Cortes, R., & Bordalo, A. 2011. Evaluation of the ecological status of an impaired watershed by using a multiindex approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 174(1-4): 493–508. doi:10.1007/s10661-010-1473-9
- CCME (2001a) Canadian Council of Ministers of the Environment, Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0. User's Manual. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999. Winnipeg.
- CCME (2001b) Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0. Technical report. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999. Winnipeg.
- CCME, 2017. "Synthesis of Research and Application of The CCME Water Quality Index", Canadian Council of Ministers of the Environment, 64p.
- Cude, C. G. 2001. Oregon water quality index: a tool for evaluating water quality management effectiveness. *Journal of the American Water Resources Association*, 37(1): 125-137. doi:10.1111/j.1752-1688.2001.tb05480.x
- Çevre Kanunu, 9 Ağustos 1983 Tarihli ve 18132 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Çevre Kanunu, 30 Aralık 1983 Tarihli ve 31350 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Dadolahi-Sohrab, A., Arjomand, F., & Fadaei-Nasab, M. 2012. Water quality index as a simple indicator of watersheds pollution in southwestern part of Iran. *Water and Environment Journal*, 26(4): 445–454. doi:10.1111/j.1747-6593.2011.00303.x
- de Oliveira, K. L., Ramos, R. L., Oliveira, S. C., Christofaro C. 2021. Water quality index and spatio-temporal perspective of a large Brazilian water reservoir. *Water Supply*, 21(3): 971-982. DOI: 10.2166/ws.2020.374
- Dede, Ö.T., Sezer, M. 2017. Aksu çayı su kalitesinin belirlenmesinde Kanada su kalitesi indeks (CWQI) modelinin uygulanması. *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3): 909-917.
- Dede, Ö.T., Telci, İ.T, Aral, M.M. 2013. The Use of Water Quality Index Models for the Evaluation of Surface Water Quality: A Case Study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey. *Water Qual Expo Health*, 5, 41-56. DOI: 10.1007/s12403-013-0085-3
- Deininger, R.A., Maciunas, J.M. 1971. Water quality index for public water supplies. Department of Environment and Industrial Health, University of Michigan, Ann Arbor.
- Department of Environment Malaysia (DOE), 2013. Malaysia Environmental Quality Report 2012 (Report No. MEQR- 2012). Putrajaya. OMR Press Sdn. Bhd.

- Dewata, I. 2019. Water Quality Assessment of Rivers in Padang Using Water Pollution Index And NSF-WQI Method. *International Journal of Geomate*, 17(64):192-200. DOI: 10.21660/2019.64.16793
- Dinius, S. H. 1972. A social accounting system for evaluating water. *Water Resour Res.*, 8(5):1159-1177.
- Dinius, S. H. 1987. Design of an index of water quality. *Water Resources Bulletin*, American Water Resources Association., 23(5): 823–843.
- Directive 2008/105/EC, d. of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/105/oj>.
- Dunnette D.A. 1979. A geographically variable water quality index used in oregon. *J Water Pollut Control Fed.*, 51(1):53-61.
- Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ, 26 Şubat 2014 Tarihli ve 28925 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Durmuş, M.T. 2021. Ankara Çayı su kalitesinin NSF-WQI indeksi kullanılarak belirlenmesi ve çözüm önerilerinin değerlendirilmesi. Doktora tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir.
- Dominguez Franco, H., Custodio, M., Penaloza, R., De la Cruz, H. 2021. Application of Multivariate Statistical Methods and Water Quality Index for the Evaluation of Surface Water Quality in the Cunas River Basin, Peru. *Asian Journal of Water Environment and Pollution*, 18(4):19-27. DOI: 10.3233/AJW210039
- View Web of Science ResearcherID and ORCID (provided by Clarivate)
- EC. 1975. Council Directive of 16 June 1975 concerning the quality of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States. 75/440/EEC. Off J Eur Communities (EC).
- EC. 2015. European Communities. Commission directive 2015 CD (EU) 2015/1787 of 6 October 2015 amending annexes II and III to council directive 98/83/EC on the quality of water intended for human
- Effendi, H., Romanto, W.Y. 2015. Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI. *Procedia Environmental Sciences*, 24 (2015): 228-237.
- El Hmaidi, A., Talhaoui, A., Manssouri, I., Jaddi, H., Ben-Daoud, M., Kasse, Z., · El Ouali, A., Essahlaoui, A. 2022. Assessment of the physicochemical water quality of the Moulouya River, Morocco, using the SEQ-Eau index. *Environ Monit Assess.*, 194 (1): 37. DOI: 10.1007/s10661-021-09636-4
- El Maataoui, Y., Zrineh, A., Zouhir, A., Laraki, L., EL M'Rabet, M., Dahchour, A., EL Hajjaji, S., & Maaroufi, A. 2016. Long-term assessment of surface and groundwater quality in Tensift region Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(6): 2170-2177.
- El Madani, F. Z., Lahlou, K., Idrissi, N., Elallaoui, N., Ben Abbou, M., Merzouki, M., Chetouani, A., Taleb, M., & Rais Z. 2019. Identification of the quality of surface waters in the city of Fez by the SEQGIS approach and analysis of variance.

- Moroccan Journal of Chemistry*, 7(4): 673–682.
- EPA. 2009. Environmental Protection Agency (EPA), National primary drinking water regulations, EPA-816-F-09-0004. Environmental Protection Agency, USA.
- Errochdi, S., El Alami, M., Bennis, N., Belqat, B., Ater, M., & Fdil, F. 2012. Etude de la qualité physicochimique et microbiologique de deux réseaux hydrographiques nord marocains. Laou et Tahaddart. *Méditerranée*, 1(118): 41–51. doi: 10.4000/mediterranee.6221
- Farzadkia, M., Djahed, B., Shahsavani, E. Poureshg, Y. 2015. Spatio-temporal evaluation of Yamchi Dam basin water quality using Canadian water quality index. *Environ Monit Assess*, 187(168): 2-15. DOI: 10.1007/s10661-015-4379-8
- Gerber, R., Wepener, V., Smit, N. J. 2015. Application of multivariate statistics and toxicity indices to evaluate the water quality suitability for fish of three rivers in the Kruger National Park, South Africa. *African Journal of Aquatic Science*, 40(3): 247-259. DOI: 10.2989/16085914.2015.1073139
- Gikas, G.D., Sylaios, G.K., Tsihrintzis, V.A, Konstantinou, I.K., Albanis, T., Boskidis, I. 2020. Comparative evaluation of river chemical status based on WFD methodology and CCME water quality index. *Science of the Total Environment*, 745, 140849. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140849
- Gümüş, N.E., Akköz, C. 2020. Eber Gölü (Afyonkarahisar) Su Kalitesinin Araştırılması. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(2): 153-163. DOI: 10.17216/LimnoFish.638567.
- Günes, D., 2014. Hydrogeological and Hydrogeochemical Characteristics of Surface and Groundwaters in Aksu (Isparta) Plain. (Master thesis). Suleyman Demirel University, Isparta, Turkey.
- Hallock, D., 2002. A Water Quality Index for Ecology's Stream Monitoring Program. Technical Report, Environmental Assessment Program, Olympia, WA.
- Hamlat, A., Guidoum, A., Koulala, I. 2017. Status and trends of water quality in the tafna catchment: a comparative study using water quality indices. *J. Water Reuse Desalin*, 7(2): 228–245. DOI:10.2166/wrd.2016.155
- Hansda, S.K., Swain, K.K, Vaidya, S.P., Jagtap, R.S. 2018. Assessment of Water Quality Trends of Khadakwasla Reservoir Using CCME-WQI. Jagtap Central Water and Power Research Station, Khadakwasla (eds.), *Environmental Pollution*, pp. 381-401. DOI:10.1007/978-981-10-5792-2_31
- Hasançavuşoğlu, Z., Gündoğdu, A. 2021. Sarıkum Gölü'nde (Sinop) Ötrofikasyona Neden Olan Bazı Besin Tuzlarının ve Fizikokimyasal Parametrelerin İncelenmesi. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2): 115-129. doi:10.33484/sinopfb.912499.
- Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği, 11 Ekim 2012 Tarihli ve 28444 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği, 19 Ocak 2019 Tarihli ve 30652 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Havza Yönetimi Merkez Kurulu, Havza Yönetim Heyetleri ve İl Su Yönetimi

- Koordinasyon Kurullarının Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esaslarına Dair Tebliğ, 18 Ocak 2019 Tarihli ve 30659 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Horton, R.K., 1965. An index number system for rating water quality. *Water Pollut. Control Fed.*, 37, 300–306.
- House, M. A. (1986). Water quality indices. PhD thesis, Middlesex Polytechnic.
- Hussien, A. K., Rashwan, I. M. H., Elshemy, M. 2021. Surface water quality management for drinking use in El-Beheira Governorate, Egypt. *Water Environment Research*, 93(8): 1428-1444. DOI: 10.1002/wer.1503
- Ismail, A. H., Robescu, D. 2019. Assessment of Water Quality of The Danube River Using Water Quality Indices Technique. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18 (8):1727-1737.
- İsmail, H., Zeaiter, Z., Farkh, S., Abou-Hamdan, H. 2015. Comparative Analysis Of Results Obtained From 3 Indexes (SEQ-Eau, IBD, IPS) Used To Assess Water Quality Of The Berdawni, A Mediterranean Stream At The Beqaa Region – Lebanon. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 4(3):34-40.
- ISO 5667-6. 1990. Water quality -- Sampling -- Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams, International Organization for Standardization.
- ISO 5667-2. 1991. Water quality -- Sampling -- Part 2: Guidance on sampling techniques, International Organization for Standardization.
- ISO 5667-3. 1994. Water quality -- Sampling -- Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples, International Organization for Standardization.
- ISO 7887. 2011. Water quality -- Examination and determination of colour, International Organization for Standardization.
- İçme Suyu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 7 Mart 2020 Tarihli ve 31061 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik, 6 Temmuz 2019 Tarihli ve 30823 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik, 28 Ekim 2017 Tarihli ve 30224 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik, 10 Mart 2020 Tarihli ve 31064 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17 Şubat 2005 Tarihli ve 25730 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 20 Ekim 2016 Tarihli ve 29863 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Josefsson, H., Baaner, L., 2011. The water framework directive—a directive for the twenty-first century? *J. Environm. Law* 23 (3), 463–486. doi: 10.1093/jel/eqr018
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, O.O., 2009. The study of the water quality of the Aksu stream according to the biotic index (diatoms and invertebrates) and physicochemical parameters, the relations of the organisms with the water quality.

J. Tübvav. 2 (1):14–25.

- Kalyoncu, H., Barlas, M., Yorulmaz, B., 2008a. The relationship between the physicochemical structure and the Epilithic algae diversity of Aksu River (Isparta-Antalya). *Ekoloji*, 17 (66): 15–22.
- Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Yıldırım, M.Z., Zeybek, M., 2008b. Water quality of Aksu stream and effect of physicochemical parameters on the macroinvertebrate diversity. *FU J. Sci. Eng.*, 20 (1): 23–33.
- Kaman, H., Sönmez, N.K., Çetin, M., Kurunç, A., Aslan, G.E., Yetgin Uz, B. 2011. Denizle irtibatlı akarsularda deniz suyu girişiminin irdelenmesi: Antalya Acısu Deresi Örneği, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2): 43-47.
- Kannel, P.R., Lee, S., Lee, Y.S., Kanel, S.R. and Khan, S.P. 2007. Application of Water Quality Indices and Dissolved Oxygen as Indicators for River Water Classification and Urban Impact Assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132 (1-3): 93–110. doi:10.1007/s10661-006-9505-1
- Kapdı, E. B., Aşık, B. B. 2021. Sulama Göleti Suyunun Yüzeysel Su Kalitesi ve Sulama Suyu Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi; Uşak İli Güllübağ Göleti Örneği. *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 2(1):52-69.
- Kara, M. 2019. Bafa Gölü Sularında Element Konsantrasyonlarının Belirlenmesi ve Su Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (1): 287-297. doi:10.17798/bitlisfen.469974
- Kaur, L., Rishi M.S., Arora, N.K. 2021. Deciphering pollution vulnerability zones of River Yamuna in relation to existing land use land cover in Panipat, Haryana, India. *Environ Monit Assess.*, 193(3):120. DOI: 10.1007/s10661-020-08832-y
- Kelly, M., 2013. Data rich, information poor? Phytobenthos assessment and the Water Framework Directive. *Eur. J. Phycol.*, 48(4), 437–450. doi: 10.1080/09670262.2013.852694
- Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği, 27 Haziran 2009 Tarihli ve 27271 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, 8 Ocak 2006 Tarihli ve 26047 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, 10 Ocak 2016 Tarihli ve 29589 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Leclercq, L. 2001. Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau. Station scientifique des Hautes-Fagnes, Belgique, Document de travail, 44p.
- Linstone, H. A., & Turoff, M. 1975. The Delphi method: Techniques and applications. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- Liou, S.-M., Lo, S.-L., Wang, S.-H., 2004. A Generalized Water Quality Index for Taiwan. *Environ. Monit. Assess.*, 96, 35–52. doi: 10.1023/B:EMAS.0000031715.83752.a1.
- Lumb, A., Sharma, T.C., Bibeault, J.-F. 2011a. A review of genesis and evolution of water quality index (WQI) and some future directions. *Water Qual Expo Health*, 3(1): 11-24.

- Lumb, A., Sharma, T.C., Bibeault, J.-F., Klawunn, P. 2011b. A comparative study of USA and Canadian water quality index models. *Water Qual Expo Health*, 3(3-4): 203-216.
- Maansi, Jindal, R., Wats, M. 2022. Evaluation of surface water quality using water quality indices (WQIs) in Lake Sukhna, Chandigarh, India. *Applied Water Science*, 12:2. DOI: 10.1007/s13201-021-01534-x
- Mahagamage, M.G.Y.L., Manage, P.M. 2014. Water Quality Index (CCME-WQI) Based Assessment Study of Water Quality in Kelani River Basin, Sri Lanka. The 1st Environment and Natural Resources International Conference, 6-7 November, The Sukosol hotel, Bangkok, Thailand.
- Misaghi, F., Delgosha, F., Razzaghmanesh, M., Myers, B. 2017. Science of the Total environment introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes : a case study of the Ghezel Ozan River. *Sci. Total Environ.*, 589: 107-116. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.226
- Mitchell, M.K., Stapp, W.B. 2000. Field Manual for Water Quality Monitoring, 12th ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa.
- Mnisi, L.N. 2010. Assessment of The State of The Water Quality of The Lusushwana River, Swaziland, Using Selected Water Quality Indices. M.Sc. Master thesis, University of Zimbabwe. 83 p.
- Mohan, S.V., Nithila, P., Reddy, S. J. 1996. Estimation of heavy metal in drinking water and development of heavy metal pollution index. *J. Environ. Sci. Health*, 31: 283–289. doi: 10.1080/10934529609376357
- Moss, B., 2008. The water framework directive: total environment or political compromise? *Sci. Total Environ.* 400 (1-3), 32–41. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.04.029
- Muhammetoğlu, A. 2021. Nehir Su Kalitesinin Deterministik Modelleme, Su Kalite İndeksleri ve İstatistiksel Analizler ile Değerlendirilmesi ve Yönetimi, TÜBİTAK-CNRST Uluslararası İkili İşbirliği Projesi (Proje No: 119Y267), Ara Rapor 2.
- Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak A., Türker A., Çalışkan, M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül G., Zeydanlı, U. 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma ve Derneği- Doğa Koruma Merkezi, 112 s.
- Myers, D.N., Sylvester, M.A. 1997. Fecal Indicator Bacteria. In: D.N. Myers and F.D.Wilde (eds) Biological Indicators, USGS TWRI Book 9, Chapter A7, 1-38.
- Naga, C., Honoré C.T.J., Delfin, A. O., Bernard, Y.O., Guillaume, Z. S., Sosthène, H. A., Mpakama, Z., Issiaka, S. 2018. Spatio-Temporal Analysis and Water Quality Indices (WQI): Case of the Ébrié Lagoon, Abidjan, Côte d’Ivoire. *hydrology*, 5(3):32. DOI:10.3390/hydrology5030032
- Nayak, G.J., Patil, L.G., Patki, V.K. 2020. Development of water quality index for Godavari River (India) based on fuzzy inference system. *Groundwater for Sustainable Development*. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100350

- Nehir ve Göl Hidromorfolojik İzleme Tebliği (Tebliğ No: 2020/43), 28 Ocak 2021 Tarihli ve 31378 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Noori, R., Berndtsson, R., Hosseinzadeh, M., Adamowski, J.F., Abyaneh, M.R. 2019. A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index. *Environmental Pollution*, 244, 575-587. doi: 10.1016/j.envpol.2018.10.076
- Nyamsi Tchatcho, N.L., Zébazé Togouet, S. H., Foto Menbohan, S., Onana Fils, M., Tchakonté, S., Yémélé Tsago, C., Gah-Muti, S.Y., Njiné T. 2017. Characterization of a Physicochemical Water Quality Reference Status for the Centre-South Forest Region of Cameroon. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(11): 397-405. DOI: 10.21275/ART20177749
- Pardo, I., Gómez-Rodríguez, C., Wasson, J.-G., Owen, R., van de Bund, W., Kelly, M., Bennett, C., Birk, S., Buffagni, A., Erba, S., Mengin, N., Murray-Bligh, J., Ofenböck, G., 2012. The European reference condition concept: a scientific and technical approach to identify minimally-impacted river ecosystems. *Sci. Total Environ.*, 420, 33–42. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.01.026
- Perrin, J.L., Salles, C., Bancon-Montigny, C., Raïs, N., Chahinian, N., Dowse, L., Rodier, C., Tournoud, M.G. 2018. Comparison of index systems for rating water quality in intermittent rivers. *Environ. Monit. Assess.*, 190 (2): 70. DOI: 10.1007/s10661-017-6396-2
- Pesce, S.F., Wunderlin, D.A., 2000. Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba city (Argentina) on Suqú ya River. *Water Res.*, 34, 2915-2926. doi: 10.1016/S0043-1354(00)00036-1
- Regmi, R. K., Mishra, B. K., Masago, Y., Luo, P., Toyozumi-Kojima, A., Jalilov S.M. 2017. Applying a water quality index model to assess the water quality of the major rivers in the Kathmandu Valley, Nepal. *Environ Monit Assess.*, 189:382. DOI: 10.1007/s10661-017-6090-4
- Roy, R., Majumder, M. 2017. Comparison of surface water quality to land use: A case study from Tripura, India. *Desalination and Water Treatment*, 85: 147–153. DOI: 10.5004/dwt.2017.21259
- Roy, R., Majumder, M. 2022. Assessment of water quality trends in Deepor Beel, Assam, India. *Environment Development and Sustainability*. DOI: 10.1007/s10668-021-02033-4
- SAFE. 1995. Strategic assessment of Florida's environment indicators. Florida stream water quality index (WQI). <http://www.pepps.fsu.edu/safe/pdf/swq3.pdf> [Son erişim Tarihi: 10 Nisan 2022]
- Samantray, P., Mishra, B.K., Panda, C.R., Rout, S.P. 2009. Assessment of water quality index in Mahanadi and Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip Area, India. *Journal of Human Ecology*, 26(3): 153-161.
- Sargaonkar, A., Deshpande, V., 2003. Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context. *Environ. Monit. Assess.*, 89, 43–67. doi:10.1023/A:1025886025137
- Sarkar, C., Abbasi, S. A. 2006. QUALIDEX—a new software for generating water quality

- indices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119(1-3): 201–231. DOI: 10.1007/s10661-005-9023-6
- SEEE. 2008. Secrétariat d'État auprès du ministère de l'Énergie des Mines, de l'Eau et de l'Environnement), fiche sur le nouveau système d'évaluation de la qualité des eaux, Maroc, 5 p., [en ligne].
- SEQ-eau. 2010. Arrêté du 25/01/2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212–10, R. 212–11 et R. 212–18 du code de l'environnement.
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021865356> [Son Erişim Tarihi: 10 Nisan 2022].
- Singh, N., Kaur, M., Katnoria, J. K. 2017. Spatial and Temporal Heavy Metal Distribution and Surface Water Characterization of Kanjli Wetland (a Ramsar site), India Using Different Indices. *Bull Environ Contam Toxicol.*, 99 (6): 735-742. DOI: 10.1007/s00128-017-2194-3
- SKKY, 1988. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 4 Eylül 1988 Tarihli ve 19919 Sayılı Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.
- SKKY, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usüller Tebliği, 7 Ocak 1991 Tarihli ve 20748 Sayılı Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 Tarihli ve 25687 Sayılı Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.
- SKKY, 2008. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 13 Şubat 2008 Tarihli ve 26786 Sayılı Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.
- SKKY, 2012. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 30 Kasım 2012 Tarihli ve 28483 Sayılı Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.
- SKKY, 2015. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 15 Nisan 2015 Tarihli ve 29327 Sayılı Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.
- SKKY, 2020. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 14 Ocak 2020 Tarihli ve 31008 Sayılı Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.
- Skoulidakis, N. T., Gritzalis, K., Kouvarda, T., & Buffagni, A. 2004. The development of an ecological quality assessment and classification system for Greek running waters based on benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 516(1-3): 149-160. doi: 10.1023/B:HYDR.0000025263.76808.ac
- Song, T., Kyehyun, K. 2009. Development of a water quality loading index based on water quality modeling. *Journal of Environmental Management*, 90(3): 1534-1543. DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.11.008
- SRDD. 1976. Development of a water quality index. Scottish research development department, applied research & development report number ARD3 (p. 61). Edinburg, UK: Engineering Division.
- Štambuk-Giljanović, N. 1999. Water quality evaluation by index in Dalmatia. *Water Research*, 33(16):3423-3440.
- Štambuk-Giljanović, N. 2003. Comparison of Dalmatian water evaluation indices. *Water*

- Environment Research*, 75(5): 388–405. doi: 10.2175/106143003x141196
- Steinhart C.E., Schierow L.J., Sonzogni W.C. 1982. An environmental quality index for the Great Lakes. *Water Resour Bull.*, 18(6) :1025-1031.
- Stoner, J.D., 1978. Water-Quality Indices for Specific Water Uses. Geol. Surv. Circ.
- Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği, 04 Nisan 2014 Tarihli ve 28962 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği, 19 Mart 2021 Tarihli ve 31428 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (Tebliğ no: 2016/46), 11 Şubat 2017 Tarihli ve 29976 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (Tebliğ no: 2016/46), 9 Nisan 2021 Tarihli ve 31449 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Sun, W., Xia, C., Xu, M., Guo, J., & Sun, G. 2016. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. *Ecological Indicators*, 66: 306-312.
- Sutadian, A. D., Muttill, N., Yilmaz, A. G., & Perera, B. J. C. 2016. Development of river water quality indices-A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(1): 58.
- Sutadian, A.D., Muttill, N., Yilmaz, A.G., Perera, B.J.C., 2018. Development of a water quality index for rivers in West Java Province, Indonesia. *Ecological Indicators*, 85, 966-982. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.11.049
- Swamee, P. K., Tyagi, A. 2007. Improved method for aggregation of water quality subindices. *Journal of Environmental Engineering*, 133(2): 220-225.
- Şener, S., Sener, E., Davraz, A. 2017. Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of the Total Environment*, 584-585, 131-144.
- Şimşek, O., Altunbaş, S., Demirel, B. Ç., Gözükar, G. 2020. Alüviyal fizyografyalar üzerinde gelişen farklı topraklarda arazi değerlendirme çalışmaları. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1). DOI: 10.29136/mediterranean.608330
- SYGM, 2018. Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi İçin Teknik Yardım, Meriç-Ergene Havzası, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 233 s.
- Tanjung, R. H. R., Yonas, M. N., Suwito., Maury, H. K., Sarungu, Y., Hamuna, B. 2022. Analysis of Surface Water Quality of Four Rivers in Jayapura Regency, Indonesia: CCME-WQI Approach. *Journal of Ecological Engineering*, 23(1), 73–82. DOI: 10.12911/22998993/143998
- Tarımsal kaynaklı nitrat kirliliğine karşı suların korunması yönetmeliği, 18 Şubat 2004 Tarihli ve 25377 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

- Tarımsal kaynaklı nitrat kirliliğine karşı suların korunması yönetmeliği, 23 Temmuz 2016 Tarihli ve 29779 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmelik, 26 Kasım 2005 Tarihli ve 26005 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmelik, 30 Ağustos 2021 Tarihli ve 27537 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Terrado, M., Borrell, E., de Campos, S., Barcelo D., Tauler, R. 2010. Surface water-quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks. *Trends in Analytical Chemistry*, 29 (1): 40-52. DOI: 10.1016/j.trac.2009.10.001
- Thukral, A. K., Bhardwaj, R., Kaur, R. 2005. Water Quality Indices. https://www.researchgate.net/publication/257650627_Water_Quality_Indices [Son Erişim tarihi: 04.06.2020].
- Tirkey, P., Bhattacharya, T., Chakraborty, S., 2013. Water quality indices- important tools for water quality assessment. *Int. J. Adv. Chem.*, 1:15–28.
- Tohouri, P., Adja, G. M., Soro, G., Ake, E. G., Konan, I. N. G., & Biemi, J. 2017. Qualité physico-chimique en saison pluvieuse des eaux de surface de la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 20(1): 28–41.
- Topal, M. 2016. Determination of Water Quality of Murat River (Elazığ) in terms of Several Physicochemical Parameters. International Symposium of Water and Wastewater Management, October 26-28, 2016, Malatya.
- Touzin D. et Roy M. 2008. Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation Université Laval. Quebec, Canada, 40p.
- Trikoilidou, E., Samiotis, G., Tsikritzis, L., Kevrekidis, T., Amanatidou, E. 2017. Evaluation of Water Quality Indices Adequacy in Characterizing the Physico-Chemical Water Quality of Lakes. *Environ. Process*, 4, 35-46. DOI: 10.1007/s40710-017-0218-y
- TSE -TS 266 2005. İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, sular-içme ve kullanma suları: Türk Standartları. Ankara.
- TÜBİTAK MAM, 2010. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi, Küçük Menderes Havzası, Proje Nihai Raporu, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 519 s.
- TÜBİTAK MAM, 2013. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi, Antalya Havzası, Proje Nihai Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 827 s.
- TÜBİTAK MAM, 2018. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi, Gediz Havzası, Proje Nihai Raporu, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 638 s.
- Tiwari, N.K., Das Gupta, S., Swain, H.S., Jha, D.N., Samanta, S., Manna, R.K., Das, A.K., Das, B.K. 2022. Water quality assessment in the ecologically stressed lower and estuarine stretches of river Ganga using multivariate statistical tool. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(7). DOI: 10.1007/s10661-022-10007-w

- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., Dobhal, R. 2013. Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index. *American Journal of Water Resources*, 1(3), 34-38. DOI:10.12691/ajwr-1-3-3
- Uddin, Md. G., Nash, S., Olbert, A.I. 2021. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*. 122-107218. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107218
- Umwali, E. D., Kurban, A., Isabwe, A., Mind'je, R., Azadi, H., Guo, Z., Udahogora, M., Nyirarwasa, A., Umuhoza, J., Nzabarinda, V., Gasirabo, A., Sabirhazi, G. 2021. Spatio-seasonal variation of water quality influenced by land use and land cover in Lake Muhazi. *Scientific reports*, 11(1):17376. DOI: 10.1038/s41598-021-96633-9
- Van Veelen, M. 1991. Kruger National Park- Assessment of current water quality status. Pretoria: Department of Water Affairs and Forestry. (Hydrological Research Institute report: no.000/00/REQ/3391).
- Wepener, V., Euler, N., Van Vuren, J.H.J., Du Preez, H.H., Köhler, A. 1992. The development of an aquatic toxicity index as a tool in the operational management of water quality in the Olifants River (Kruger National Park). *Koedoe*, 35(2):1-9.
- Wepener, V., Van Huren, J.H.J., Du Preez, H.H. 1999. The implementation of an aquatic toxicity index as a water quality monitoring tool in the Olifants River (Kruger National Park). *Koedoe*, 42(1): 85-96.
- WHO, 2004. Water, sanitation and hygiene links to health—facts and figures. World Health Organization, Geneva.
- WHO, 2009. Potassium in drinking-water, background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. WHO/HSE/WSH/09.01/7.
- World Health Organization, Geneva WHO. 2011a. Hardness in drinking-water, background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. WHO/HSE/WSH/10.01/10/Rev/1.
- World Health Organization, Geneva WHO. 2011b. Guidelines for drinking-water quality. 4th edn. World Health Organization, Geneva.
- World Health Organization, 2017. Guidelines for drinking- water quality. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255336/9789241565486-eng.pdf> [Son Erişim Tarihi: 17.05.2022].
- Yer Üstü Suları, Yer altı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği, 21 Şubat 2015 Tarihli ve 29274 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Yerüstü Su Kütleleri İçin Çevresel Hedeflerin Belirlenmesine İlişkin Tebliğ, 21 Temmuz 2020 Tarihli ve 31192 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Yetiş A.D. 2019. Bitlis Ahlat Sazlıkları Yüzey Sularında Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(1):1-12.
- Yotova, G., Varbanov, M., Tcherkezova, E., Tsakovski, S. 2021. Water quality assessment of a river catchment by the composite water quality index and self-organizing maps. *Ecological Indicators*, DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106872

- Teodorof, L., Ene, A., Burada, A., Despina, C., Seceleanu-Odor, D., Trifanov, C., Ibram, O., Bratfanof, E., Tudor, M.I., Tudor, M., Cernisencu, I., Georgescu, L.P., Iticescu, C. 2021. *Applied Sciences-Basel*, 11(19). DOI: 10.3390/app11199172
- Barbulescu, A., Barbes, L., Dumitriu, C.S. 2021. Assessing the Water Pollution of the Brahmaputra River Using Water Quality Indexes. *Toxics*. 9(11). DOI: 10.3390/toxics9110297
- YSYK, 2012. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 30 Kasım 2012 Tarihli ve 28483 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- YSYK, 2015. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 15 Nisan 2015 Tarihli ve 29327 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- YSKY, 2016. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 10 Ağustos 2016 Tarihli ve 29797 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- YSYK, 2021. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 16 Haziran 2021 Tarihli ve 31513 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 11 Şubat 2014 Tarihli ve 28910 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Yüzme Suyu Kalitesinin Yönetimine Dair Yönetmelik, 25 Eylül 2019 Tarihli ve 30899 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Yüzme Suyu Kalitesinin Yönetimine Dair Yönetmelik, 9 Ocak 2006 Tarihli ve 26048 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Zandbergen, P. A., Hall, K. J. 1998. Analysis of the British Columbia water quality index for watershed managers: a case study of two small watersheds. *Water Quality Research Journal of Canada*, 33(4): 519–549.
- Zeinalzadeh, K., Rezaei, E. 2017. Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. *J. Hydrol. Reg. Stud.*, 13: 1-10. DOI: 10.1016/j.ejrh.2017.07.002
- Zhu, S., Mostafaei, A., Luo, W., Jia, B., Dai, J. 2019. Assessing water quality for urban tributaries of the Three Gorges Reservoir, China. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 9(1): 105–114. DOI: 10.2166/wrd.2018.010
- Zotou, I., Tsihrintzis, V. A., Gikas, G. D. 2018. Comparative Assessment of Various Water Quality Indices (WQIs) in Polyphytos Reservoir-Aliakmon River, Greece. *MDPI Proc*, 2, 611. DOI: 10.3390/proceedings2110611.
- Zotou, I., Tsihrintzis, V.I., Gikas, G.D. 2020. Water quality evaluation of a lacustrine water body in the Mediterranean based on different water quality index (WQI) methodologies. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 1532-4117. doi: 10.1080/10934529.2019.1710956

ÖZGEÇMİŞ

AYŞENUR USLU

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019-2022	Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2018	Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği ABD, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

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

ESERLER

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- Dugan, T. S., **Uslu, A.**, Orhan, P., Muhammetoglu, A., Yesiltas, M., Kocer, M.A.T., Muhammetoglu, H. "Evaluation of Aksu Stream water quality under the influence of anthropogenic pollution and climate change", Youth in the forefront: before and after World Water Forum. Online Youth Water Congress: "Emerging water challenges since COVID-19", Greece, 6-8 April 2022.
- Uslu, A.**, Dugan, T. S., Yesiltas, M., Kocer, M.A.T., Muhammetoğlu, A., Muhammetoğlu, H. "Evaluation of Water Quality Status at Aksu Stream and Acısu Creek in Antalya Using National Sanitation Foundation Index", Fifth International Conference on Natural Resources and Sustainable Environmental Management (NRSEM-2021), Turkish Republic of Northern Cyprus, 8-12 November 2021.

3. **Uslu, A.,** Dugan, T. S., Yesiltas, M., Kocer, M.A.T., Muhammetoğlu, A., Muhammetoğlu, H. “Evaluation of water quality at Lower Aksu Stream Catchment using a water quality index”, 8th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2021) and SECOTOX Conference, Thessaloniki, Greece, 20-24 July 2021.

