



**ARAS NEHRİ (ERZURUM)'NİN BAZI SU KALİTE
PARAMETRELERİNE GÖRE EKOLOJİK
DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI**

Serdar GEDİK

**Yüksek Lisans Tezi
Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Doç. Dr. Özden FAKIOĞLU
2023**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ARAS NEHRİ (ERZURUM)'NİN BAZI SU KALİTE PARAMETRELERİNE GÖRE
EKOLOJİK DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI**

Investigation of the Ecological Status of the Aras River (Erzurum) According to Some Water
Quality Parameters

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serdar GEDİK

Danışman: Doç. Dr. Özden FAKİOĞLU

Erzurum
Nisan, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Serdar GEDİK tarafından hazırlanan “Aras Nehri (Erzurum)’nin Bazı Su Kalite Parametrelerine Göre Ekolojik Durumunun Araştırılması” başlıklı çalışması 22/03/2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Su Ürünleri Mühendisliği Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç.Dr. Özge ZENCİR TANIR
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Aslı Islak İmzalıdır

Danışman: Doç.Dr. Özden FAKIOĞLU
Atatürk Üniversitesi Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi: Doç.Dr. Veysel PARLAK
Atatürk Üniversitesi Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun
....../....../.... tarih ve sayılı
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof.Dr. Saltuk Buğrahan CEYUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Doç.Dr. Özden FAKIOĞLU danışmanlığında sunulan “Aras Nehri (Erzurum)’nin Bazı Su Kalite Parametrelerine Göre Ekolojik Durumunun Araştırılması” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	24	30
Kuramsal Temeller	24	30
Materyal ve Yöntem	23	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	18	20
Sonuç ve Öneriler	0	20
Tezin Geneli	23	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Serdar GEDİK	Doç.Dr. Özden FAKIOĞLU
7.4.2023	7.4.2023
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARAS NEHRİ (ERZURUM)'NİN BAZI SU KALİTE PARAMETRELERİNE GÖRE EKOLOJİK DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI

Serdar GEDİK

Danışman: Doç. Dr. Özden FAKIOĞLU

Amaç: Su kalitesine duyulan güven, içme, tarım, endüstriyel veya eğlence amaçlı kullanılmadan önce çok önemlidir. Nehir su kalitesinin değerlendirilmesi, su kaynaklarının değerlendirilmesinde önemli bir unsurdur. Bu çalışma, Aras Nehri (Erzurum)'nin bazı su kalite parametrelerine göre ekolojik durumunu ortaya koymak amacıyla yapılması planlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada, Aras Nehri'nin Erzurum İl sınırları içerisinde yer alan kısmında seçilen 4 istasyondan su örnekleri alınarak yürütülmüştür. Ayrıca örneklemler sırasında su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri örnek alma aşamasında arazide YSI marka multiparametre aleti ile yerinde ölçülmüştür. Bununla birlikte alınan su numunelerinde, Toplam Fosfor (TP), Ortofosfat fosforu (PO_4-P), Amonyak-Azotu (NH_3-N), Nitrit-Azotu (NO_2-N), Nitrat-Azotu (NO_3-N) analizleri (Anonymous 1995)'e göre yapılmıştır. Elde edilen veriler Hazen yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Bulgular: Aras Nehri'nde yürütülen bu çalışmada, su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği ölçüm değerlerinin mevsime bağlı değişimi istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunurken, istasyonlara bağlı değişimi istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Su örneklerinde yapılan analiz sonucunda elde edilen TP, PO_4-P , NH_3-N , NO_2-N ve NO_3-N verilerinin ve elektrik iletkenliği ölçüm değerlerinin mevsime ve istasyona bağlı değişimi istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Araştırma boyunca ortalama su sıcaklığı $18,49\pm0,01^\circ C$, çözünmüş oksijen 5,67 mg/L, pH değeri 9,17, elektrik iletkenliği değeri $534\pm0,001 \mu S/cm$ olarak ölçülmüştür. Besin tuzlarından TP değeri ortalama 0,029 mg/L ortofosfat fosforu ortalama 0,011 mg/L, amonyak azotu değeri ortalama 1,02 mg/L, nitrit azotu değeri ortalama 0,17 mg/L ve nitrat azotu değeri ortalama 0,03 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Sonuç: Aras Nehri'nin Erzurum İl sınırları içerisinde yürütmüş olduğumuz araştırmamızda, nehir KYSKS (2012) belirtmiş olduğu sınıflandırma skalasına göre su sıcaklığı ve nitrat azotu değerine için I. sınıf, elektrik iletkenliği ve toplam fosfor değerlerine için II. sınıf sular, çözünmüş oksijen ve amonyak azotuna için III. sınıf sular ve nitrit azotu değerine için IV. sınıf sular sınıfına girmektedir. Bununla birlikte ölçülen ve analizi yapılan parametreler Hazen yöntemi ile değerlendirilmiş ve nehrin su kalitesi IV. sular (Kötü) sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aras Nehri, su kalitesi, azot fraksiyonları, toplam fosfor,

Nisan 2023, 46 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATION OF THE ECOLOGICAL STATUS OF THE ARAS RIVER (ERZURUM) ACCORDING TO SOME WATER QUALITY PARAMETERS

Serdar GEDİK

Supervisor: Assoc. Prof. Özden FAKIOĞLU

Purpose: Confidence in quality of water is very important first of all used by drinking, agricultural, industrial or recreational purposes. Evaluation of river water quality is an important factor in the evaluation of water resources. In this study was planned to reveal the ecological status of the Aras River (Erzurum) according to some water quality parameters.

Method: In this study, water samples will be taken from 4 stations of the Aras River within the Erzurum Province. In addition, water temperature, dissolved oxygen, pH and EC values were measured *in site* with a YSI multiparameter, and also Total Phosphorus (TP), Orthophosphate phosphorus (PO₄-P), Ammonia-Nitrogen (NH₃-N), Nitrite-Nitrogen (NO₂-N), Nitrate-Nitrogen (NO₃-N) were analyzed according to (Anonymous 1995). All of data about water quality parameters of Aras River were evaluated by the Hazen method.

Findings: In this study carried out on the Aras River. Water temperature, dissolved oxygen, pH and electrical conductivity was found to be statistically significant ($p < 0.05$) according to temperature, but they was found to be statistically insignificant ($p > 0.05$) according to stations. Changes of Total Phosphorus (TP), Otophosphat Phosphorus (PO₄-P), Amonia Nitrogen (NH₃-N), Nitrite Nitrogen (NO₂-N) and Nitrata Nitrogen (NO₃-N) and electrical conductivity were statistically significant ($p < 0.05$) depending on the temperature and the station. During the research, water temperature was measured mean as 18.49 ± 0.01 °C, dissolved oxygen mean as 5.67 mgL^{-1} , pH mean as 9.17, and electrical conductivity mean as $534 \pm 0.001 \text{ } \mu\text{S/cm}$. Total phosphorus mean as 0.029 mgL^{-1} , orthophosphate phosphorus mean as 0.011 mgL^{-1} , ammonia nitrogen mean as 1.02 mgL^{-1} , nitrite nitrogen mean as 0.17 mgL^{-1} , and nitrate nitrogen average mean as 0.03 mgL^{-1} . were calculated.

Results: According to the classification scale of the river KYSKS (2012) which we conducted within the Erzurum Province, the Aras River was classified as Class I to water temperature and nitrate nitrogen, Class II to electrical conductivity and total phosphorus, Class III to waters dissolved oxygen and ammonia nitrogen and Class IV to nitrite nitrogen. In addition, the measured and analyzed parameters were evaluated by the Hazen method and the water quality of the river was found to be Class IV (Bad).

Keywords: Aras River, water quality, nitrogen fractions, total phosphorus,

April 2023, 46 pages

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Lisansüstü eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi, öneri ve desteklerini benden esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, tezimde çok büyük emeği olan, değerli ve kıymetli danışman hocam, Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç.Dr. Özden FAKİOĞLU'na, her zaman olduğu gibi bu çalışmamda da sabırla desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Serdar GEDİK

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	1
Akarsu Sistemleri ve Fizikokimyasal Değişkenleri	1
Akarsu Sistemlerinin Ekolojik Kalitesinin Değerlendirilmesi	3
Aras Nehri	5
KURAMSAL TEMELLER.....	7
MATERYAL ve YÖNTEM	100
Materyal	10
Aras Nehri	100
Yöntem.....	100
Örnekleme istasyonları.....	10
Besin Tuzları Analizi	111
Toplam fosfor ve ortofosfat analizi.....	122
Amonyak-azotu analizi	122
Nitrit-azotu (NO ₂ -N) analizi	122
Nitrat-Azotu (NO ₃ -N) analizi.....	122
İstatistik Analizler	122
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	144
Aras Nehri Su Sıcaklığı Değeri.....	154
Aras Nehri Çözünmüş Oksijen Değeri.....	155
Aras Nehri pH Değeri	166
Aras Nehri Elektrik İletkenliği Ölçüm Değeri	166
Aras Nehri Toplam Fosfor Konsantrasyonu	17

Aras Nehri Ortofosfat Fosforu Konsantrasyonu	19
Aras Nehri Amonyak Azotu Konsantrasyonu	200
Aras Nehri Nitrit Azotu Konsantrasyonu.....	222
Aras Nehri Nitrat Azotu Konsantrasyonu	244
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	288
KAYNAKÇA	29
EKLER	322
EK 1. Fotoğraflar	322
ÖZGEÇMİŞ.....	344



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ve Su Kalite Sınıfı Renk Kodları	4
Tablo 2. İstasyonlara Ait Bilgiler	111
Tablo 3. İstatistiksel Veri Değerlendirme Formülü	133
Tablo 4. Aras Nehri'ne Ait Su Sıcaklığı (°C) Ölçümlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi	144
Tablo 5. Aras Nehri'ne Ait Çözünmüş Oksijen (mg/L) Ölçümlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi	155
Tablo 6. Aras Nehri'ne Ait pH Ölçümlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi	16
Tablo 7. Aras Nehri'ne Ait Elektrik İletkenliği (µS/cm) Ölçümlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma, n=3)	177
Tablo 8. Aras Nehri'ne Ait Toplam Fosfor (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi	188
Tablo 9. Aras Nehri'ne Ait Toplam Ortofosfat Fosforu (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi	19
Tablo 10. Aras Nehri'ne ait Amonyak Azotu (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi	211
Tablo 11. Aras Nehri'ne Ait Nitrit Azotu (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi	233
Tablo 12. Aras Nehri'ne Ait Nitrat Azotu (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi	255
Tablo 13. Aras Nehri Trofik Durumunun Hazel Yöntemi İle Değerlendirilmesi	266
Tablo 14. Aras Nehri Trofik Durumunun Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi	266

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Aras Nehri ve istasyonları gösteren harita	100
Şekil 2. Aras Nehri toplam fosfor değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu	188
Şekil 3. Aras Nehri ortofosfat fosforu değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu..	200
Şekil 4. Aras Nehri amonyak azotu değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu	222
Şekil 5. Aras Nehri nitrit azotu değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu	254
Şekil 6. Aras Nehri nitrat azotu değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu.....	255



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat derece
pH	H iyonu derişiminin 10 tabanında (-) logaritması
km	kliometre
L	Litre
m ³ /sn	Metre küp saniye
mg/L	Miligram litre
mg/L CaCO ₃	Miligram litre kalsiyum karbonat
cm	Santimetre
nm	Nanometre
TP	Toplam fosfor
PO ₄ -P	Ortofosfat fosforu
NH ₃ -N	Amonyak azotu
NO ₂ -N	Nitrit azotu
NO ₃ -N	Nitrat azotu
p	Yüzdelik kesiri
P	Yüzdelik değer (%)
r	Sıra no (küçükten büyüğe doğru)
n	Veri sayısı
µS/cm	Mikrosimens santimetre
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

GİRİŞ

Dünyadaki en önemli maddelerden biri olan su yaşam için gerekli bir elementtir ve dünyanın %71'ni kapsar (Hossain 2015). Dünyayı kaplayan suyun sadece %2,5'inin tatlı su olduğu ve bunun sadece %0,3'ünün insan kullanımı için olduğu tahmin edilmektedir. Sınırlı olan su kaynakları başta içme suyu olarak kullanımının yanı sıra tarımsal üretim, imalat, madencilik ve enerji üretimi dahil olmak üzere birçok endüstriyel faaliyette kullanılmaktadır (Fuoco and Giannarelli 2019).

İklim değişikliği, nüfus artışı ve kirlilik, tatlı su kaynakları üzerinde giderek artan bir baskı oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra su kaynaklarının kirlenmesi nedeniyle Birleşmiş Milletler'e göre, 2,2 milyarı aşkın insanın güvenli olarak içme suyuna erişemezken; 4,2 milyarı aşkın insanın ise güvenli bir şekilde yönetilen sanitasyon hizmetlerinden yoksundur. (Chen *et al.* 2018; Anonymous 2021).

Nehirler, gezegenimizdeki en önemli tatlısu kaynaklardan birisidir. Nehirler, daha yüksek kotlardan daha alçak kotlara doğru akan su kütleleri olarak tanımlanır ve tipik olarak sürekli bir su akışı ile karakterize edilir (Langhorst *et al.* 2019).

Nehirlerin en önemli işlevlerinden biri su döngüsündeki rolleridir. Nehirler, karadan okyanuslara tatlı suyun ana taşıyıcılarıdır, burada buharlaştırılır ve atmosfere geri döndürülür, yağış oluşturur ve bitki örtüsünün büyümesini destekler (Shiklomanov *et al.* 2021).

Akarsu Sistemleri ve Fizikokimyasal Değişkenleri

Akarsu sistemleri bir diğer deyişle lotik sistemler hareketli su ile karakterize edilir. Boyutları küçük, dar akarsulardan büyük, geniş nehirlere kadar değişerek nehir, akarsu ve dere gibi adlandırılır (Balasubramanian 2011). Lotik habitatlardan taşlı dip yapısı, sığ ve suyu az olan akarsulara **dere**, bir çok derenin birleşiminden meydana gelen akarsulara **çay** ve çayların birleşimiyle **nehir ve ırmaklar** oluşur (Tanyolaç 2009).

Akarsular tipik olarak, dağlık bölgeler gibi memba bölgelerinden gelen ve sonunda nehirler, göller veya denizler ile birleşir. Akarsular belli bir alanda bulunmadıklarından dolayı akarsyun geçtiği yerlerdeki arazi kullanımı, bitki örtüsü, jeolojisi ve iklimi gibi çeşitli faktörler akarsu ekolojisi ve hidrolojisi üzerine önemli bir etkiye sahiptir (Tanyolaç 2009).

Bitki örtüsü, akarsuların ekolojik dengesinin korunmasında da önemli bir rol oynar. Akarsu kıyılarında yetişen kıyı bitki örtüsü, akarsu kıyılarını stabilize etmeye, erozyonu azaltmaya ve kirleticileri filtrelemeye yardımcı olur (Dosskey *et al.* 2010).

Akarsu sistemlerinin jeolojik yapısı su kalitesini ve miktarını da etkiler. Örneğin, gözenekli kayalar veya topraklar içeren alanlardan akan nehirler, yeraltı suyunu yeniden doldurabilir ve bir tatlı su kaynağı sağlayabilir. Buna karşılık, geçirimsiz kayaların veya toprağın bulunduğu alanlardan geçen akarsular, sel ve erozyona daha yatkın olabilir (Abderrazak *et al.* 2017).

Akarsular, askıda organik ve inorganik madde, çözünmüş organik madde, çözünmüş iyonlar, gazlar, özellikle çözünmüş besin maddeleri içeren bir sucul ekosistemdir. Lotik sistemler, bazı fizikokimyasal değişkenleri bakımından her ne kadar lentik sistemlere (durgunsu sistemi) benzerlik gösterse de akış hızı, hacmi, derinliği gibi birçok parametreye bağlı olarak değişim gösterir (Tanyolaç 2009).

Akarsuyun su sıcaklığı güneş ışınlarına bağlı olarak değişir; örneğin bulutsuz bir günde su sıcaklığı değerinin hava sıcaklığından daha yüksek olabileceği, gece serinlemesi ile soğuma yaşanabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte su sıcaklığına sediment yapısı da etki etmektedir (Tanyolaç 2009).

Akarsularda çözünmüş oksijenin kaynağı atmosfer, o bölgede bulunan yüksek yapılı su bitkileri ve zengin alg topluluklarıdır. Ancak bu kaynaklar zamana ve yere bağlı olarak aynı akarsuyun farklı bölgelerinde değişebilir (Tanyolaç 2009).

Akarsularda bikarbonat değerinin yüksek bulunması nedeniyle pH, akıntıya ve biyolojik olaylara bağlı olarak değişim gösterir. Suyun yapısını etkileyen en önemli faktör fotosentez ve solunumdur. Solunum sırasında salınan karbondioksit su ile etkileşime girerek karbonik asit oluşturur ve pH değeri düşer (Wetzel 2001; Tanyolaç 2009).

Akarsulardaki toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu ile elektriksel iletkenlik arasında bir ilişki bulunmaktadır. Sudaki iyonların veya toplam çözünmüş katı maddelerin konsantrasyonu ne kadar yüksek olursa, elektrik iletkenliği de o kadar yüksek olur (Metcalf *et al.* Eddy 2002).

Fosfor, azot ve silikat gibi kimyasal elementlerin akarsu ekosisteminin ekolojik durumunun belirlenmesinde çok önemli rolleri vardır (Çelik ve Pulatsü 2003; Topçu vd 2010).

Canlı cansız organizmaların içerisinde bulunan azot doğada %78 oranında atmosferdeki serbest halde bulunur. Azot çevriminin en önemli aşamaları amonyaklaşma,

nitrifikasyon ve denitrifikasyondur. Nitrifikasyon sudaki amonyum iyonlarının ototrof ve heterotrof bakteriler tarafından önce nitrite sonra nitrata yükseltgenmesi olayına denir. Bazı amonyum iyonları bitkiler tarafından besin olarak kullanılır. Nitrifikasyonu gerçekleştiren nitrosomas amonyumu nitrite dönüştürür. Kararlı olmayan nitrit temiz suda çok az veya hiç bulunmaz, çünkü nitrit azotlu maddelerin ayrışması reaksiyonlarının son aşamasında nitrit nitrifikasyonlu bakterileri tarafından oksitlenerek nitrata dönüştürülür. Nitrat dünyada ortalama değeri 0,33 mg/L olarak ölçülen ve temiz sularda nadiren bulunan bileşiktir. Azot bileşikleri mevsimsel dalgalanma göstermelerinin yanı sıra küçük nehirlerde nehir boyunca değişim gösterir. Nitrat ve nitrit azot miktarları yüzeye akıntılarından önemli ölçüde etkilenir (Tanyolaç 2009).

Fosfor azot gibi canlıların yapısına giren önemli bir besleyici elementtir. Fosfor ATP'nin ve nükleik asitlerin önemli bir bileşeni olması ve doğada nadir bulunması nedeniyle önem arz etmektedir. Fosfor doğada organik fosfor veya sestondaki organik fosfor şeklinde bulunur. Lotik sistemlerde akarsu boyunca meydana gelen biyolojik ve kimyasal olaylar fosfat bileşiklerini oluşturur. Ek olarak hayvan metabolizması sonucu oluşan anorganik fosfor ve nehirler tarafından taşınan fosforda ortamda birikerek bitkilerin yeniden kullanabileceği anorganik fosfatın oluşmasını sağlarlar (Tanyolaç 2009).

Akarsu Sistemlerinin Ekolojik Kalitesinin Değerlendirilmesi

İklim değişikliği, kirlilik ve su kaynaklarının aşırı kullanımı nehir ekosistemleri üzerinde artan bir baskı oluşturarak habitat kaybına ve biyolojik çeşitlilikte azalmaya yol açmaktadır (Pardini *et al.* 2017). Bununla birlikte nehirler üzerine kurulan hidroelektrik santralleri de nehrin akışında değişikliklere neden olmakta ve sel baskını, erozyon gibi doğal afetlere yol açmaktadır.

Nehirlerde su kalitesini korumanın ana zorluklarından biri kirleticilerin varlığıdır. Ağır metaller, kimyasallar ve kanalizasyon gibi endüstriyel ve insan yapımı kirleticiler, fabrikalar, atık su arıtma tesisleri, tarımsal faaliyetler ve kentsel akış gibi çeşitli kaynaklardan nehirlere girebilir.

Nehirlerin su kalitesini belirlemek amacıyla birçok kriter geliştirilmiştir. Avrupa ülkeleri tarafından hazırlanan ve Ülkemizde 2005 yılında yürürlüğe giren Su Çerçeve Direktifi bu kriterlerden biridir. Bu kriter tatlısu kaynaklarını, su sıcaklığı, pH, çözülmüş oksijen, amonyum-azotu, nitrit-azotu, nitrat-azotu, toplam fosfor ve kimyasal oksijen ihtiyacı parametrelerine göre sınıflandırılmaktadır. Ülkemizde bu direktife uyumlu olarak hazırlanan

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve aynı kanunda geçen Kıta İçi Yüzeysel Suları Standart'larına göre iç sular 4 ana sınıfa (Tablo 1) ayrılmıştır (YSKY 2015).

Tablo 1. Kıtaİçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ve Su Kalite Sınıfı Renk Kodları (YSKY 2015).

Parametreler	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
İletkenlik (µS/cm)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	> 8	6-8	3-6	< 3
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	< 0,2	0,2-1	1-2	> 2
Nitrit azotu (mg/L)	< 0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	> 0,05
Nitrat azotu (mg/L)	< 5	5-10	10-20	> 20
Toplam fosfor (mg /L)	< 0,03	0,03-0,16	0,16-0,65	> 0,65
Orto fosfat fosforu (mg o-PO ₄ -P/L)	< 0,05	0,16	> 0,16	
Su kalitesi sınıfına göre renk skalası	Çok İyi	İyi	Orta	Kötü

Buna göre;

I. Sınıf : Yüksek kaliteli su “**Çok İyi**” su durumunu ifade etmektedir.

- 1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları,
- 2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,
- 3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir niteliktedir.

II. Sınıf: Az kirlenmiş su “**İyi**” su durumunu ifade etmektedir.

- 1) İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları,
- 2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,
- 3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak kullanılabilir.

III. Sınıf: Kirlenmiş su “**Orta**” su durumunu ifade etmektedir.

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği ve sanayi suyu için kullanılabilir.

IV. Sınıf: Çok kirlenmiş su “**Kötü**” su durumunu ifade etmektedir.

Aras Nehri

Sınırı aşan su statüsündeki Aras Nehri, Aras Havzası'nın ana akarsuyudur. Nehir Bingöl Dağları'nın kuzey yamaçlarından doğar ve Sakaltutan Dağları'nın konum olarak doğusunda bulunan havzanın içerisinde kuzey yön istikametinde akarak Pasinler Ovası'na gelir. Yukarı Pasin Havza sularının Hasankale Çayı ile birlikte birleşmesiyle Ülkemiz sınırları dışına çıkar ve Azerbaycan'da Kura Nehri'ne dökülür. Aras Nehri Türkiye-Azerbaycan, Türkiye-Ermenistan ve Azerbaycan-İran sınırının bir bölümü oluşturan Aras Havzası yaklaşık 102.000 km²'lik bir alanı kapsar. Bu havzanın en önemli kaynağı olan Aras Nehri toplam 1.072 km'dir ve bu uzunluğun yaklaşık 435 km'si Türkiye toprakları içerisinde geçer (Arslan vd 2019).

Aras Nehri hidrolojik özelliği nedeniyle üzerinde inşa edilmiş birçok baraj bulunmaktadır. Bu barajlardan bazıları Ülkemiz sınırları içerisinde (Aras Barajı, Kars Barajı), bazıları ise sınırlarımız dışında (Khodaafarin Barajı, Mingachevir Barajı, Sarsang Rezervuarı) kurulmuştur (Anonymous 2023).

Aras Nehri çeşitli bitki ve hayvan türlerini destekleyen önemli bir doğal kaynaktır ve Aras Nehri'nde bu konu ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Aliyev and Hamdi 2010; Fatemeh *et al.* 2012; Nasehi *et al.* 2013; Çiçek ve Sungur 2016; Aazami and Taban 2018; Alınca 2019; Çelekli vd 2019; Vayghan *et al.* 2022). Bu çalışmalarda nehrin gerek su kalite parametreleri gerekse biyolojik çeşitliliği araştırılmıştır.

Aras Havzası'nda yürütülen çalışmada Aras Nehri'nin alkali olduğunu pH değeri $7,4 \pm 1,3$ ile $8,8 \pm 0,3$ arasında, su sıcaklığı $12,8 \pm 3,9$ °C ile $22,0 \pm 5,8$ °C arasında, $25 \mu\text{S}/\text{cm}$ ile $1166 \pm 67 \mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, çözünmüş oksijen değeri $4,5 \pm 3,3$ mg/L ile $8,6 \pm 0,4$ mg/L arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla birlikte aynı çalışmada amonyum azotu 0,1-0,3 mg/L, nitrit azotu 0,01-0,02 mg/L, nitrat azotu 0,08-0,7 mg/L olarak hesaplamışlardır (Çelekli vd 2019).

Aras Nehri'nde *Alburnoides eichwaldii*, *Alburnus filippii*, *Barbus cyri*, *Capoeta capoeta*, *Oxynoemacheilus brandtii*, *Salmo caspius* ve *Squalius turcicus* türleri başta olmak üzere toplam 24 balık türü teşhis edilmiştir (Alınca 2019). Aras Nehri fitoplankton kompozisyonunda *Messastrum gracile*, *Oocystis borgei*, *Treubarria triappendiculata*,

Snowella lacustris, *Tetraëdron minimum* ve *Lemmermannia komarekii* türleri tespit edilmiştir (Çelekli vd 2019). Nehirde ayrıca yumuşakçalar, kabuklular ve amfibiler de yaşamaktadır.

Aras Nehri su ekosistemini korumak için, nehrin içinden geçtiği farklı ülkeler tarafından nehrin su kalitesinin ve biyolojik çeşitliliğin izlenmesi, değerlendirilmesi ve kirliliği önlemek için en iyi yönetim uygulamalarının uygulanması ve bozulmuş habitatların restorasyonu gibi konularda çalışmalar yapılmaktadır.



KURAMSAL TEMELLER

Ceyhan Nehri'nin Nitrat Azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) ve inorganik parametreler açısından yüksek kaliteli su ya da az kirlenmiş su sınıfında yer aldığı, fakat amonyak azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$) değerinin Kahramanmaraş sonrasında yüksek olduğu ve bu nedenle Ceyhan Nehri'nin kirli su sınıfına girdiğini tespit etmişlerdir (Ayaz vd 2011).

Gün (2011) tarafından Değirmendere Çayı'nda yapılan araştırmada, su sıcaklığı değerini 11°C ile 29°C arasında, çözünmüş oksijen değerini $5,82\text{ mg/L}$ ile $10,63\text{ mg/L}$ arasında, pH değerini $7,54$ ile $8,83$ arasında, elektrik iletkenlik değerini $249\text{ }\mu\text{S/cm}$ ile $373\text{ }\mu\text{S/cm}$ arasında tespit etmişlerdir. Araştırmada amonyum azotu konsantrasyonunu çok düşük değer ile $0,76\text{ mg/L}$ arasında belirlenirken, nitrit azotu, nitrat azotu ve ortofosfat fosforu konsantrasyonlarının ölçülemediğini bildirmişlerdir.

Dayıoğlu (2011) tarafından Andık Deresi'nde yürütülen bir araştırmada, ortalama su sıcaklığı $15,98^\circ\text{C}$, çözünmüş oksijen $6,76\text{ mg/L}$, pH $8,2$ ve elektrik iletkenlik değerini $288,94\text{ }\mu\text{S/cm}$ olarak ölçmüşlerdir. Bunun yanı sıra amonyum azotu konsantrasyonunu $0,25\text{ mg/L}$ ile $0,05\text{ mg/L}$ 'nin altında, nitrat azotu konsantrasyonunu $3,0\text{ mg/L}$ ile $1,9\text{ mg/L}$ arasında, ortofosfat fosforu konsantrasyonunu $0,73\text{ mg/L}$ ile $0,05\text{ mg/L}$ 'nin altında olduğunu saptamışlardır.

Aras Nehri'nin İran sınırları içerisindeki kalan bölümünde yapılan bir çalışmada sedimentte ağır metal (Zn, Cu, Fe, Pb, Ni, Cd, ve Hg) birikimi incelenmiştir. Çalışmada özellikle ilkbahar döneminde ağır metal birikiminin WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından yayınlanan izin verilen değerlerinin çok üzerinde olduğunu bildirmişlerdir. Aras Nehri'nin alt havzasında yer alan meyve suyu, süt ürünleri, yemeklik yağ ve şeker kamışı fabrikalarının yanı sıra soya fasulyesi tarlalarından gelen kirlleticiler nedeni ile bu değerlerin yüksek çıktığını belirtmişlerdir (Nasehi et al. 2013).

Köktürk (2013) tarafından Tortum Çayı'nda amonyak azotu değerini $0,02\pm 0,0004\text{ mg/L}$ ve $0,88\pm 0,0074\text{ mg/L}$ arasında, nitrit azotu değerini $0,03\pm 0,00\text{ mg/L}$ ve $1,47\pm 0,0396\text{ mg/L}$ arasında, nitrat azotu değerini $0,01\pm 0,00\text{ mg/L}$ ve $0,67\pm 0,001\text{ mg/L}$ arasında, toplam ortofosfat değerini $0,00\pm 0,00\text{ mg/L}$ ve $29,14\pm 0,686\text{ mg/L}$ arasında, toplam fosfor değerini $0,00\pm 0,00\text{ mg/L}$ ve $0,57\pm 0,686\text{ mg/L}$ arasında tespit etmiştir. Ayrıca çayda ortalama su sıcaklığı değerini $12,2\pm 1,40^\circ\text{C}$, pH değerini $8,8\pm 0,19$ ve çözünmüş oksijen değerini

11,87±1,17 mg/L olarak ölçmüştür. Bunun yanı sıra araştırmada demir, silikat ve sülfat değerleri ile su sertliğini incelemişler ve çayın antropojenik kirliteciler yanı sıra çay üzerine inşaa edilen hidroelektrik santrallerinin etkisi altında olduğunu bildirmiştir.

Gökpinar ve Çürüksu çaylarının kirlilik durumunun incelendiği çalışmada, ortalama pH değeri 6,5-8,5 sınırları arasında, çözünmüş oksijen değeri 4,5 mg/L ile 8,2 mg/L arasında, elektrik iletkenliği değeri 591 µS/cm ile 6050 µS/cm arasında ölçmüşlerdir. Bu değerlere göre çayların 3. ve 4. sınıf kaliteli sular sınıfında olduğunu ve kirlilik kaynağının daha çok tarımsal alanlardan geldiğini bildirmişlerdir (Turan ve Ülkü 2013).

Birici vd (2017) tarafından Çoruh Nehri'nin ortalama su sıcaklığını 12,9±6,5 °C, pH değerini 7,6±0,3, çözünmüş oksijen değerini 9,0±1,2 mg/L, elektrik iletkenliği değerini 316±83,1 µS/cm, NH₄-N değerini 0,072±0,1 mg/L, NO₂-N değerini 0,012±0,016 mg/L ve NO₃-N değerini 1,267±0,3 mg/L olarak saptamışlar ve nehrin çözünmüş oksijen ile nitrit değerlerinin dışındaki tüm parametrelere göre temiz sular sınıfında yer aldığını belirtmişlerdir.

Irak'ın Duhok şehrinden geçen Heshkaro Nehri'nin su kalitesi araştırılmış ve pH değerlerine göre nehrin hafif alkali olduğunu, toplam fosfor değerlerinin kirlilik sınır değerinin üzerinde olduğu, toplam azot değerinin ise kirlilik sınır değerlerinin altında olduğunu tespit etmişlerdir (Mohammed 2018).

Bartın Irmağı'nın fiziksel su kalitesinde meydana gelen değişikliklerin incelendiği araştırmada ortalama su sıcaklık değeri 16,95°C, pH değeri 7,9, elektrik iletkenlik değeri 635 µS/cm ve çözünmüş oksijen 6,95 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Değerleri esas alınarak Bartın Irmağı'nın II. ve III. Sınıf kalitede olduğunu belirtmişlerdir (Gemici 2018).

Aras ve İpek (2019) Türkiye'nin en uzun akarsuyu olan Kızılırmak'ın, Nevşehir il sınırları içerisinde geçen kısmının ağır metaller ve fiziko-kimyasal parametreler açısından Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile değerlendirilmesine çalışmışlar ve Kızılırmak Nehri'nin BOİ, PO₄-P, NO₂-N, NH₄-N ortalama konsantrasyonlarının Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde belirtilen değerlere göre IV. sınıf kalite özelliği gösterdiğini saptamışlardır.

Karasu Nehri'nde yürütülen bir çalışmada, içme suyu elde edilen veya elde edilmesi planlanan yüzeysel suların kalitesine dair yönetmeliğe göre NH₄-N, BOİ₅, Co, fekal koliform, Ba, Cu, Zn ve çözünmüş oksijen parametrelerinin sınır değerlerini aştığı, bununla birlikte su kaynağının yüzey su kalite sınıfının NO₂, B, Cd ve Zn parametrelerine bağlı olarak "IV" olduğu, Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksine (USV SKİ) göre "orta", Kanada Çevre

Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksine (KÇBK SKİ) göre “kötü” ve Oregon Su Kalite İndeksine (O SKİ) göre de “kötü” seviyede olduğunu bildirmişlerdir (Alver ve Baştürk 2019).

Asi Nehri’nin bazı su kalite parametreleri incelendiği araştırmada, nehir suyunda katyonların oransal bolluk sıralaması çoktan aza doğru $Mg > Na > Ca > K$ şeklinde, anyonların sıralaması ise $SO_4 > HCO_3 > Cl > CO_3$ şeklinde belirlemişler ve Amerikan tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre, Asi Nehir’nin kalite sınıfı C3S1 olarak tespit etmişlerdir (Ağca ve Doğan 2020).

Küçük Menderes Nehri Havzası için AQAUTOX su kalitesi modelini uygulaması yapılan bir araştırmada, toplam azot ve toplam fosfor yüklerindeki büyük azalmaların bile nehrin mansap kesimlerinde su kalitesi hedeflerine ulaşmak için yeterli olmadığı ve bu nedenle noktasal ve noktasal olmayan kaynak deşarjlarının tam kontrol altına alınması gerekliliği bildirmişlerdir (Gevrekçioğlu 2021).

Ankara Çayı Havzası’nda yürütülen bir araştırmada Ankara Çayı’nın CCME-WQI hesaplaması ile su kalitesi tahmin çalışması yürütülmüştür. Nehirlerin genel ekolojik kalite durumunu gösterebilmesi nedeniyle bu indeksin karar alıcılar tarafından kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Kayadelen 2022).

Vayghan *et al.* (2022) tarafından Aras Nehri ve Aras Baraj Gölü’nde mikroplastik araştırması yapmışlar, mikro plastik (MP) bolluğu, tortu ve yüzey suyu istasyonlarında sırasıyla 32 ila 528 öge/kg kuru ağırlık (ortalama $217,8 \pm 132,6$) ve 1 ila 43 öge/m³ (ortalama $12,8 \pm 10,5$) arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Aras Baraj’ın MP konsantrasyonun yüksek olmamasına rağmen barajı besleyen Aras Nehri’nin memba ve mansabında ölçülen MP konsantrasyonlarına göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Kızılırmak ve Yeşilırmak üzerinde yapılan araştırmada su kalitesi parametreleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY)’e göre Kızılırmak I. ve II. sınıf, Yeşilırmak ise II.ve III. sınıf su kalite özelliği taşıdığını saptamışlardır. Her iki nehrin mevsimsel olarak su kalite değerlerinin Su Kalite İndeksi (WQI)’ne göre değerlendirilmesinde ise Kızılırmak ilkbahar mevsiminde “zayıf”, Yeşilırmak ise sadece kış mevsiminde “iyi” diğer tüm mevsimlerde zayıf ve çok zayıf su kalite özellik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kızılırmak’ın içme, sulama ve endüstriyel kullanım için, Yeşilırmak’ın ise sadece sulama amaçlı kullanım açısından uygun olduğunu bildirmişlerdir (Şimşek vd 2022).

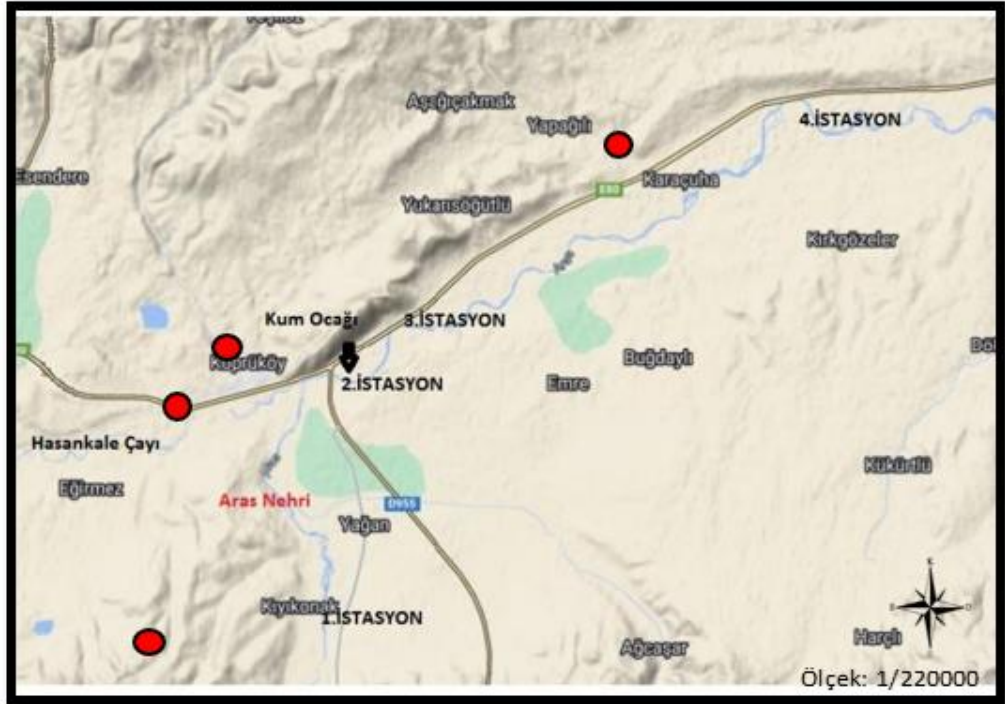
Bu araştırmanın amacı Aras Nehri’nin bazı su kalite parametrelerine göre ekolojik kalite durumunun incelenmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Aras Nehri

Aras Nehri Erzurum İl sınırları içerisindeki Bingöl Dağları'ndan doğar, Mescitli Boğazı'nı geçtikten sonra Pasinler Ovası'na gelir ve burada Hasankale (Pasinler) Çayı'nı alır kuzeydoğu yönünde akarak Erzurum sınırları dışına çıkar (Arslan vd 2019). Nehrin akışı hızı çok düzensiz ve mevsime bağlı olarak değişir. En yüksek debiye bahar mevsiminde, en az ise kış sonunda görülmektedir. Nehrin ortalama debisi $42,2 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak bildirilmiştir (Aksoy vd 2012). Çalışma alanı ve istasyonlara ait harita Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Aras Nehri ve istasyonları gösteren harita

Yöntem

Örnekleme istasyonları

Bu çalışma, Aras Nehri'nin Erzurum İl sınırları içerisinde kalan bölümünde Mayıs-Kasım 2022 tarihleri arasında seçilen 4 istasyonda yürütülmüştür (Tablo 2).

Tablo 2. İstasyonlara Ait Bilgiler

İstasyonlar	Koordinat	Özelliği	Fotoğraf
1	39,92177K 41,89404D	Dibi taşlık oluşmaktadır.	
2	39,97040K 41,89689D	Dip yapısı yumuşak topraktan oluşmaktadır. Makroalg gelişimi gözlemlenmiştir.	
3	39,98014K 41,91116D	Dibi yumuşak topraktan oluşmuş ve en derin istasyon olma özelliğine sahiptir.	
4	40,02638K 42,01794D	Debisi en yüksek olan istasyondur. Dip yapısı kayalardan oluşmaktadır. Genişliği en fazla olan istasyondur.	

Su örnekleri, nehirden 0,5 cm derinlikten, polipropilen şişeler 3 kere çalkalandıktan sonra alınmıştır. Örnekler soğuk zincir (+4 °C) kullanılarak doğrudan Atatürk Üniversitesi Temel Bilimler Bölümü Laboratuvarı'na getirilmiştir.

Su örneklerinde su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği YSI model arazi tipi multiparameter aletiyle yerinde ölçülmüştür.

Besin Tuzları Analizi

Araştırma boyunca seçilen dört istasyondan alınan su örneklerinde toplam fosfor (TP), otofosfat-fosforu (PO_4-P), amonyak-azotu (NH_3-N), Nitrit-azotu (NO_2-N) ve nitrat-azotu (NO_3-N) analizleri yapılmıştır.

Toplam fosfor ve ortofosfat analizi

Polifosfatlar ortofosfata dönüştürülür. Sülfürik asit sindirimi ve organik fosfor ile oluşur. persülfat sindirimi ile ortofosfata dönüştürülür. Ortofosfat iyonu asidik koşullar altında bir kompleks oluşturmak üzere amonyum molibdat ve antimon potasyum tartrat ile reaksiyona girer. Bu kompleks mavi oluşturmak üzere askorbik asit ile indirgenir. Toplam fosfor konsantrasyonu, oluşan mavi rengin 720 nm dalga boyunda SHIMADZU marka UV-VIS model spektrofotometrede absorbans okunmasıyla hesaplanmıştır (Anonymous 1995).

Ortofosfat iyonu (PO_4^{-3}) molibdat ve antimon potasyum tartrat asidik koşullar altında bir kompleks oluşturmak üzere amonyum ile reaksiyona girer. Bu kompleks, askorbik asit ile indirgenir ve oluşan mavi renk 720 nm dalga boyunda SHIMADZU marka UV-VIS model spektrofotometrede okunmuştur (Anonymous 1995).

Amonyak-azotu analizi

Amonyak azotu tayini, Nesslerizasyon metoduna göre Nessler reaktifininin vermiş olduğu sarı rengin şiddetine göre belirlenmiştir. Su örneklerinin amonyak-azotu konsantrasyonu SHIMADZU marka UV-VIS model pektrofotometrede 410 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Anonymous 1995).

Nitrit-azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$) analizi

Nitrit azotu analizi sülfanilik asitin diazonlanması ve N-1-Naphthylethylenediamine dihidroklorit ile oluşan rengin SHIMADZU marka UV-VIS model spektrofotometrede 523 nm dalga boyunda ölçülmesiyle belirlenmiştir (Anonymous 1995).

Nitrat-Azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) analizi

Nitrat-azotu tayini (Anonymous 1995).e göre yapılmıştır. Su örnekleri asit ve brucine sülfat katılarak su banyosunda bektildikten sonra oluşan sarı renk SHIMADZU marka UV-VIS model spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda absorbansının okunması sonucu hesaplanmıştır.

İstatistik Analizler

Aras Nehri'nde arazi çalışması sırasında ölçülen su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği ile su örneklerinde yapılan analiz sonucunda elde edilen TP, $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin mevsime ve istasyonlara bağlı değişimi IBM SPSS 20 kullanılarak One-Way (ANOVA) testi ile belirlenmiştir. Farklılıkların önem düzeyleri

DUNCAN testine göre değerlendirilmiştir. Bununla birlikte besin tuzları verileri TWO-ANOM testi uygulanmıştır.

Çalışma boyunca yapılan tüm analizler ayrıca Hazen yöntemi (Tablo 3) ile test edilmiş ve elde edilen sonuçlar Yüzeysel Su Kütlelerinin Kalite Durum Sınıflandırması skalasına göre değerlendirilmiştir.

Tablo 3. İstatistiksel Veri Değerlendirme Formülü (Anonim 2012)

Yüzde Kesri	Yüzdelik değer
$p = \frac{r - \frac{1}{2}}{n}$	$P = 100 \cdot \left(\frac{n - \frac{1}{2}}{n} \right) = 100 - \frac{50}{n}$

r: Sıra no (küçükten büyüğe doğru), p: Yüzde kesri, P: Yüzdelik değer, n: Veri sayısı

Not: %95'lik değer için gerekli minimum veri sayısı 10'dur.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Aras Nehri'nde yürütülen bu çalışmada, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği ölçüm değerlerinin mevsime bağlı değişimi istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunurken, istasyonlara bağlı değişimi istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Su örneklerinde yapılan analiz sonucunda elde edilen TP, PO₄-P, NH₃-N, NO₂-N ve NO₃-N verilerinin ve elektrik iletkenliği ölçüm değerlerinin mevsime ve istasyona bağlı değişimi istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) tespit edilmiştir.

Aras Nehri Su Sıcaklığı Değeri

Araştırma boyunca ortalama su sıcaklığı 18,49±0,01 °C olarak ölçülmüştür. Bütün istasyonlarda su sıcaklığı en yüksek temmuz ayında, en düşük kasım ayında ölçülmüştür. İstasyonlara bağlı ortalama su sıcaklığı değeri istasyonlara bağlı olarak (1. 2. 3. ve 4.) sırasıyla 18,84±0,01°C, 18,36±0,01°C, 18,36±0,01°C ve 18,4±0,01°C olarak saptanmıştır (Tablo 4). Aras Nehri Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY 2015)'ne göre su sıcaklığı **I. sınıf** kalite sular sınıfında yer almıştır.

Tablo 4. Aras Nehri'ne Ait Su Sıcaklığı (°C) Ölçümlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma, n=3)

Mevsim	İstasyonlar			
	1	2	3	4
Mayıs	11,70±0,0 ^D	12,40±0,0 ^D	10,90±0,01 ^D	11,90±0,01 ^D
Haziran	17,20±0,01 ^B	17,00±0,0 ^B	17,20±0,0 ^B	17,50±0,01 ^B
Temmuz	29,30±0,0 ^A	28,50±0,0 ^A	28,90±0,0 ^A	28,30±0,01 ^A
Ağustos	28,30±0,0 ^A	28,40±0,01 ^A	28,30±0,0 ^A	28,30±0,0 ^A
Eylül	18,50±0,0 ^B	17,70±0,01 ^B	18,40±0,01 ^B	17,80±0,0 ^B
Ekim	15,40±0,0 ^C	13,90±0,01 ^C	14,20±0,01 ^C	14,40±0,0 ^C
Kasım	11,50±0,0 ^D	10,80±0,0 ^D	10,60±0,0 ^D	10,60±0,0 ^D

ABCD Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Aras Nehir Havzası üzerinde Çelekli vd (2019) tarafından 17 istasyondan alınan örneklerde su sıcaklığı değeri en yüksek ortalama su sıcaklığı (22,0 °C) 843 m'de bulunan Karakoyunlu Deresi'nde, en düşük ortalama değer (12,8 °C) ise 2059 m'de Karahan Deresi'nde ölçülmüşlerdir. Bu değerler Erzurum il sınırları içerisinde yapmış olduğumuz

çalışmadaki su sıcaklığı değeri ile benzer olup çalışmamızda en yüksek su sıcaklığı ortalama 29,30 °C ile temmuz ayında, en düşük değeri ise 10,60 °C ile kasım ayında saptanmıştır.

Aras Nehri Çözünmüş Oksijen Değeri

Bu çalışmada çözünmüş oksijen değerinin istasyonlara (1. 2. 3. ve 4.) bağlı değeri sırasıyla 5,67±0,01 mg/L, 5,34±0,01 mg/L, 5,69±0,01 mg/L ve 5,96±0,01 mg/L olarak saptanmıştır. Çözünmüş oksijen değeri en düşük ortalama 3,6 mg/L ile temmuz ayında, en yüksek ortalama 6,96 mg/L ile kasım ayında tespit edilmiştir (Tablo 5). Bu çalışmada ortalama çözünmüş oksijen değeri (5,67 mg/L) Nehri Kıtaici Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY 2015)'ne göre **III. sınıf kalite** sular sınıfında tespit edilmiştir.

Tablo 5. Aras Nehri'ne Ait Çözünmüş Oksijen (mg/L) Ölçümlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma, n=3)

Mevsim	İstasyonlar			
	1	2	3	4
Mayıs	6,4±0,0 ^B	6±0,0 ^B	6,6±0,01 ^B	6,4±0,0 ^B
Haziran	6,18±0,0 ^C	5,52±0,0 ^C	5,56±0,01 ^C	5,20±0,0 ^C
Temmuz	3,55±0,01 ^D	3,42±0,01 ^D	3,48±0,01 ^D	3,91±0,0 ^D
Ağustos	3,88±0,01 ^D	3,39±0,01 ^D	4,12±0,0 ^D	3,44±0,01 ^D
Eylül	6,04±0,01 ^B	5,36±0,0 ^B	5,64±0,0 ^B	5,90±0,01 ^B
Ekim	6,72±0,01 ^A	6,78±0,01 ^A	7,33±0,0 ^A	6,91±0,0 ^A
Kasım	6,93±0,0 ^A	6,90±0,01 ^A	7,07±0,0 ^A	6,94±0,01 ^A

ABCD Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

Çelekli vd (2019) Aras Nehir Havzası üzerinde yapmış oldukları çalışma sonucunda Erzurum İli'ne yakın olan istasyonlarda çözünmüş oksijen değerini ortalama 8,08 mg/L olarak tespit ederken, bu çalışmada çözünmüş oksijen değeri 5,56 mg/L olarak tespit edilmiştir. Erzurum İl sınırları içerisinde olan istasyonlarımızdaki düşük oksijen seviyesinin olması gerek hava sıcaklığının ortalamanın üzerinde olmasına gerekse bu alanlarda taş ocağı ve tarımsal alan içerisinden geçmesi nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Aras Nehri pH Değeri

Aras Nehri'nde yürütmüş olduğumuz bu araştırmada, istasyonlara bağlı ortalama pH değeri sırasıyla 9,28; 9,27; 9,07 ve 9,04 olarak saptanmıştır (Tablo 6). Ortalama pH değeri göz önüne alındığında alkali sular sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte ortalama pH değeri 9,17 ile Nehri Kıtaici Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY 2015)'ne göre **IV. sınıf** kalite sular sınıfında tespit edilmiştir.

Tablo 6. Aras Nehri'ne Ait pH Ölçümlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma, n=3)

Mevsim	İstasyonlar			
	1	2	3	4
Mayıs	9,72±0,01 ^B	9,85±0,0 ^B	9,19±0,0 ^B	9,25±0,0 ^B
Haziran	8,47±0,01 ^D	8,42±0,0 ^D	8,33±0,0 ^D	8,39±0,0 ^D
Temmuz	9,58±0,01 ^C	9,30±0,01 ^C	9,09±0,01 ^C	9,03±0,0 ^C
Ağustos	9,30±0,01 ^C	9,15±0,0 ^C	8,97±0,0 ^C	8,90±0,0 ^C
Eylül	9,57±0,01 ^A	10,12±0,01 ^A	9,96±0,01 ^A	9,92±0,01 ^A
Ekim	9,24±0,0 ^C	9,12±0,01 ^C	9,10±0,01 ^C	8,94±0,01 ^C
Kasım	9,06±0,0 ^C	8,94±0,0 ^C	8,86±0,0 ^C	8,87±0,0 ^C

ABCD Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

Bu araştırmada ortalama pH değeri 9,17 olarak tespit edilmiştir. Solgi and Sheikhzadeh (2016) tarafından Aras Nehri'nin İran kısmında kalan bölümünde yapılan çalışmada ortalama pH değeri 8,22, Ülkemizde kalan bölümünde yapılan çalışmada ise ortalama pH değeri 8,13 olarak ölçülmüştür Çelekli vd (2019) Her iki değerde araştırmamızda bulduğumuz değerden düşüktür.

Aras Nehri Elektrik İletkenliği Ölçüm Değeri

Bu araştırmada, elektrik iletkenliği değerinin istasyonlara (1. 2. 3. ve 4.) bağlı değeri sırasıyla 510±0,01 µS/cm, 506±0,01 µS/cm, 550±0,01 µS/cm ve 568±0,01 µS/cm olarak saptanmıştır. Elektrik iletkenliği değeri en düşük ortalama µS/cm ile temmuz ayında, en yüksek ortalama µS/cm ile kasım ayında tespit edilmiştir (Tablo 7). Bu çalışmada ortalama elektrik iletkenliği değeri (534±0,001 µS/cm) Nehri Kıtaici Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY 2015)'ne göre **II. sınıf kalite** sular sınıfında tespit edilmiştir.

Tablo 7. Aras Nehri'ne Ait Elektrik İletkenliği ($\mu\text{S/cm}$) Ölçümlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama $\pm$ Standart sapma, n=3)

Mevsim	İstasyonlar			
	1	2	3	4
Mayıs	249 $\pm$ 0,0 ^{Ca}	263 $\pm$ 0,0 ^{Ca}	240 $\pm$ 0,0 ^{Ca}	246 $\pm$ 0,0 ^{Ca}
Haziran	457 $\pm$ 0,0 ^{Ba}	480 $\pm$ 0,0 ^{Ba}	540 $\pm$ 0,0 ^{Ba}	510 $\pm$ 0,0 ^{Ba}
Temmuz	670 $\pm$ 0,0 ^{ABb}	410 $\pm$ 0,01 ^{ABc}	780 $\pm$ 0,0 ^{ABa}	720 $\pm$ 0,01 ^{Aba}
Ağustos	660 $\pm$ 0,0 ^{Ab}	710 $\pm$ 0,0 ^{Ab}	810 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	790 $\pm$ 0,01 ^{Aa}
Eylül	590 $\pm$ 0,0 ^{ABb}	640 $\pm$ 0,01 ^{ABb}	650 $\pm$ 0,01 ^{ABb}	720 $\pm$ 0,0 ^{Aba}
Ekim	477 $\pm$ 0,0 ^{Bb}	540 $\pm$ 0,0 ^{Ba}	291 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	590 $\pm$ 0,01 ^{Ba}
Kasım	470 $\pm$ 0,0 ^{Bb}	500 $\pm$ 0,01 ^{Bb}	540 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	400 $\pm$ 0,01 ^{Bc}

A, B, C, D, E Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

a, b, c, d Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Aras Nehir'in Erzurum İl sınırları içerisinde alınan su örneklerinde elektrik iletkenliği değeri ortalama 534 $\mu\text{S/cm}$ olarak tespit edilmiştir. Aras Havzası üzerinde Çelekli vd (2019) tarafından 17 istasyondan almış olduğu örneklerde ortalama elektrik iletkenliği değeri ise 336,29 $\mu\text{S/cm}$ ölçülmüş, İran sınırları içerisinde kalan bölümünde yapılan çalışmada 1254,3 $\mu\text{S/cm}$ saptanmıştır (Nasehi *et al.* 2013).

Aras Nehri Ülkemiz sınırlarını geçtikten sonra elektrik iletkenliği değeri oldukça fazla yükselmiştir. Suda iyon ya da toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu ne kadar yüksekse, elektriksel iletkenlik de o derece yüksek olmaktadır (Metcalf *et al.* Eddy 2002).

Aras Nehri Toplam Fosfor Konsantrasyonu

Aras Nehri'nin Erzurum İl sınırları içerisinde yürütmüş olduğumuz bu çalışmada 4 istasyonda elde edilen bulgulara göre mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişim istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Toplam fosfor değerinin istasyonlara (1. 2. 3. ve 4.) bağlı değeri sırasıyla 0,023 $\pm$ 0,01 mg/L, 0,028 $\pm$ 0,01 mg/L, 0,034 $\pm$ 0,01 mg/L ve 0,032 $\pm$ 0,01 mg/L olarak saptanmıştır. Aras Nehri'nde toplam fosfor değeri ortalama 0,029 mg/L hesaplanmış olup bu değer Nehri Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY 2015)'ne göre **II. sınıf kalite** sular sınıfında tespit edilmiştir.

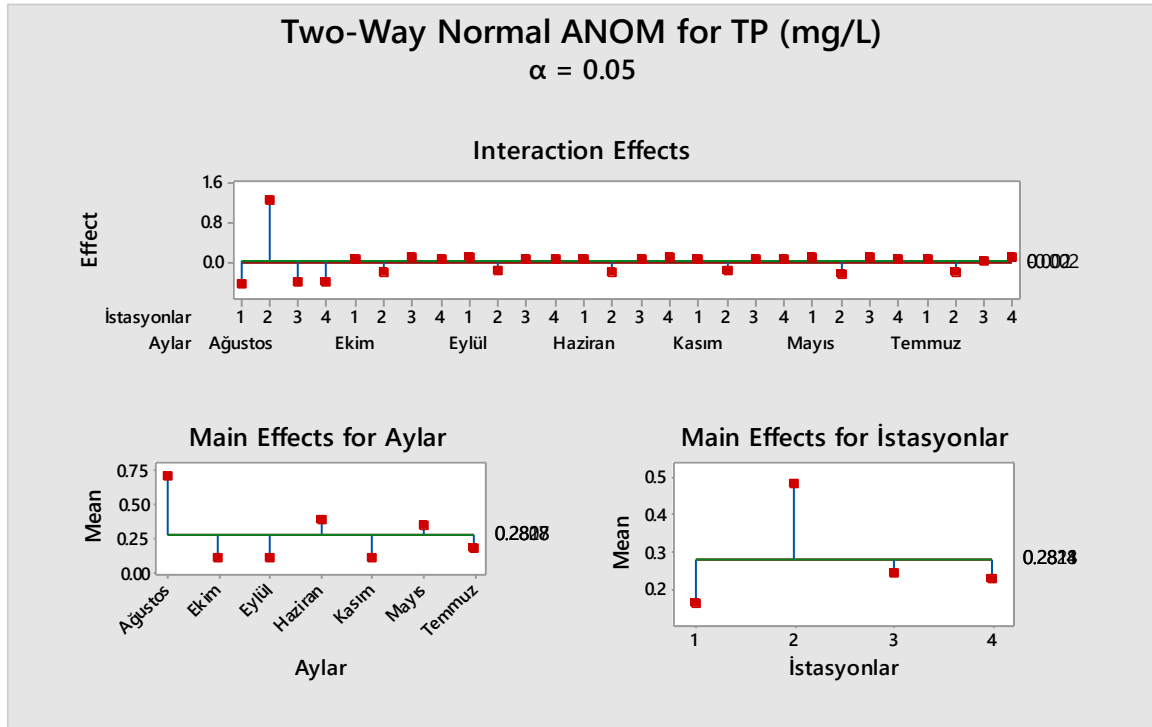
Tablo 8. Aras Nehri'ne Ait Toplam Fosfor (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma, n=4)

Mevsim	İstasyonlar			
	1	2	3	4
Mayıs	0,048±0,0 ^{Ab}	0,044±0,001 ^{Cc}	0,058±0,0 ^{Aa}	0,048±0,0 ^{Bb}
Haziran	0,049±0,0 ^{Ab}	0,052±0,0 ^{Bb}	0,06±0,001 ^{Aa}	0,06±0,0 ^{Aa}
Temmuz	0,02±0,0 ^{Bc}	0,025±0,0 ^{Bb}	0,026±0,0 ^{Cb}	0,035±0,0 ^{Ca}
Ağustos	0,021±0,0 ^{Dd}	0,031±0,0 ^{Cc}	0,038±0,001 ^{Aa}	0,034±0,0 ^{Bb}
Eylül	0,01±0,0 ^{Cd}	0,016±0,0 ^{Dc}	0,018±0,0 ^{Ea}	0,017±0,001 ^{Db}
Ekim	0,007±0,0 ^{Dd}	0,016±0,0 ^{Dc}	0,022±0,0 ^{Da}	0,017±0,0 ^{Db}
Kasım	0,006±0,0 ^{Ed}	0,016±0,0 ^{Dc}	0,019±0,0 ^{Ea}	0,018±0,0 ^{Db}

A, B, C, D, E Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

a, b, c, d Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Bu çalışmada toplam fosfor değerleri TWO-WAY ANOM analizi yapılmış ve Aras Nehri'nden alınan su örneklerindeki toplam fosfor derişimi ağustos ayında 2. İstasyonda ani bir değişim göstermiş, diğer aylar ve istasyonlarda toplam fosfor derişiminin değişimi birbirine yakın değerler bulunmuştur (Şekil 2). Bu durum çalışma periyodu sırasında 2. istasyonda taş ocağının aktif olarak çalışıyor olmasının yanı sıra yol yapım ve onarım çalışmalarının da başlamasının etkisi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 2. Aras Nehri toplam fosfor değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu

Çelekli vd (2019) tarafından Aras Nehir Havzası üzerinde yapılan çalışmada toplam fosfor değerini ortalama 0,63 mg/L olarak, özellikle Erzurum çıkışında belirledikleri istasyonlardaki bu değer 0,64 mg/L olduğunu tespit etmişlerdir. Aras Nehri'nin Erzurum İl sınırı içerisindeki çalışmamızda ise 0,029 mg/L hesaplanmıştır; bu da nüfusu az olan yerlerden gelen nehir suyunda toplam fosfor konsantrasyonunun azaldığı, ancak Erzurum İl sınırlarından çıkışındaki toplam fosfor konsantrasyonunda artış olduğunu söyleyebiliriz.

Aras Nehri Ortofosfat Fosforu Konsantrasyonu

Bu çalışmada ortofosfat fosforu değeri mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişim istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Ortofosfat fosforu değerinin istasyonlara (1. 2. 3. ve 4.) bağlı değeri sırasıyla $0,01\pm0,01$ mg/L, $0,012\pm0,01$ mg/L, $0,013\pm0,01$ mg/L ve $0,012\pm0,01$ mg/L olarak saptanmıştır (Tablo 9). Aras Nehri'nde ortofosfat fosforu değeri ortalama 0,011 mg/L hesaplanmış olup bu değer Nehri Kıtaıçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY 2012)'ne göre **I. sınıf kalite** sular sınıfında tespit edilmiştir.

Tablo 9. Aras Nehri'ne Ait Toplam Ortofosfat Fosforu (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama± Standart sapma, n=4)

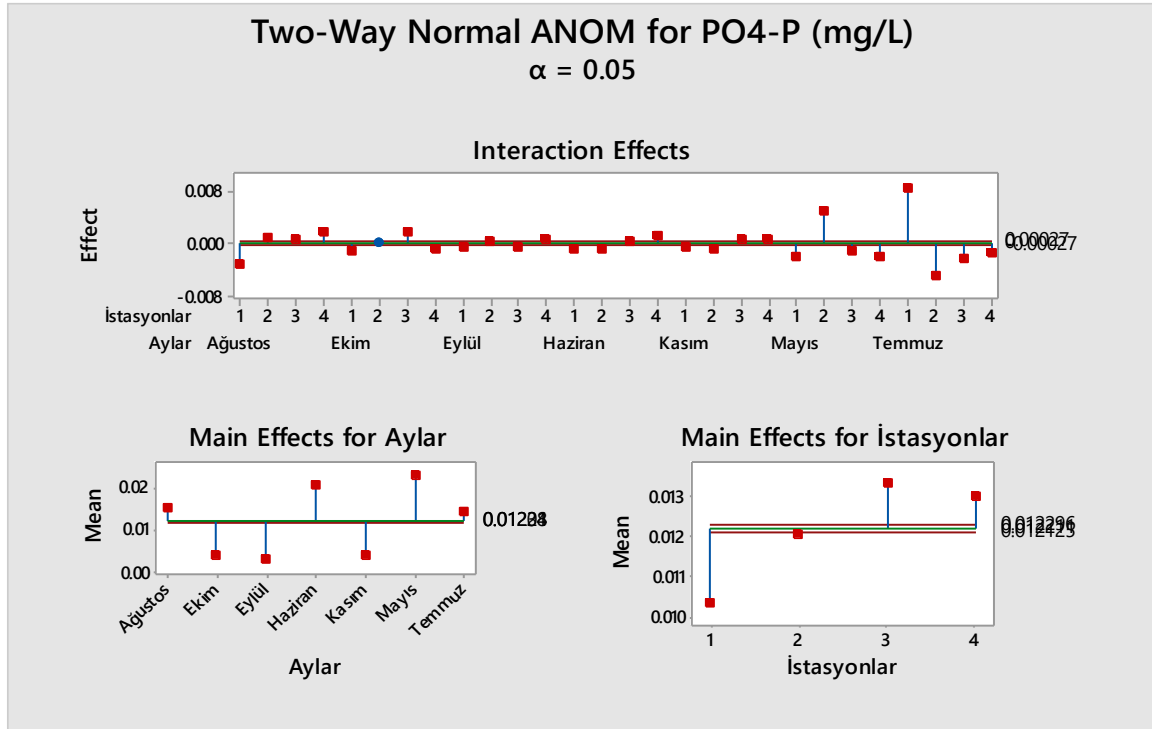
Mevsim	İstasyonlar			
	1	2	3	4
Mayıs	$0,02\pm0,0^{Bc}$	$0,03\pm0,001^{Aa}$	$0,02\pm0,0^{Ab}$	$0,02\pm0,001^{Ab}$
Haziran	$0,02\pm0,0^{Cb}$	$0,02\pm0,0^{Ba}$	$0,02\pm0,0^{Aa}$	$0,02\pm0,001^{Aa}$
Temmuz	$0,02\pm0,001^{Aa}$	$0,01\pm0,0^{Cc}$	$0,01\pm0,0^{Bc}$	$0,02\pm0,001^{Bb}$
Ağustos	$0,01\pm0,0^{Db}$	$0,02\pm0,0^{Ba}$	$0,02\pm0,0^{Aa}$	$0,02\pm0,001^{Aa}$
Eylül	$0,001\pm0,0^{Fc}$	$0,004\pm0,0^{Db}$	$0,004\pm0,0^{Cb}$	$0,005\pm0,001^{Da}$
Ekim	$0,001\pm0,0^{Fc}$	$0,004\pm0,0^{Db}$	$0,01\pm0,0^{Ba}$	$0,004\pm0,001^{Eb}$
Kasım	$0,002\pm0,0^{Ec}$	$0,003\pm0,0^{Eb}$	$0,01\pm0,0^{Ba}$	$0,006\pm0,0^{Ca}$

A, B, C, D, E Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

a, b, c, d Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Aras Nehri'nin Erzurum İl sınırları içerisinde yürütmüş olduğumuz bu çalışmada, Mayıs ve Ağustos ayları arasında bütün istasyonlarda ortofosfat konsantrasyonu yüksek olmuş, diğer aylarda bu değer düşük tespit edilmiştir. 3. İstasyonda ortofosfat fosforu konsantrasyonu yüksek tespit edilmiştir (Şekil 3). Akarsu sistemlerinde ortofosfat fosforu diatom gelişimi için

önemli bir kaynaktır. Bu nedenle diatom artışlarının olduğu dönemlerde bu değerin düşük çıkması beklenmektedir.



Şekil 3. Aras Nehri ortofosfat fosforu değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu

Çelekli vd (2019) tarafından Aras Nehir Havzası üzerinde yapılan çalışmada ortofosfat fosforu değerini ortalama 0,16 mg/L olarak tespit etmişleridir. Erzurum il sınırları içerisinde yapmış olduğumuz çalışmadaki ortofoasfat fosforu konsantrasyonu 0,011 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Aras Nehri Amonyak Azotu Konsantrasyonu

Araştırma boyunca amonyak azotu değerinin mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişim istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Aras Nehri Erzurum İl sınırları içerisinde seçmiş olduğumuz istasyonlarda (1. 2. 3. ve 4.) ortalama amonyak azotu değeri sırasıyla $1,04 \pm 0,01$ mg/L, $1,07 \pm 0,01$ mg/L, $1,01 \pm 0,01$ mg/L ve $0,98 \pm 0,01$ mg/L olarak saptanmıştır. Aras Nehri’nde amonyak azotu değeri ortalama 1,02 mg/L hesaplanmış olup, bu değer Nehri Kıtaıçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY 2012)’ne göre **III. sınıf kalite** sular sınıfında tespit edilmiştir.

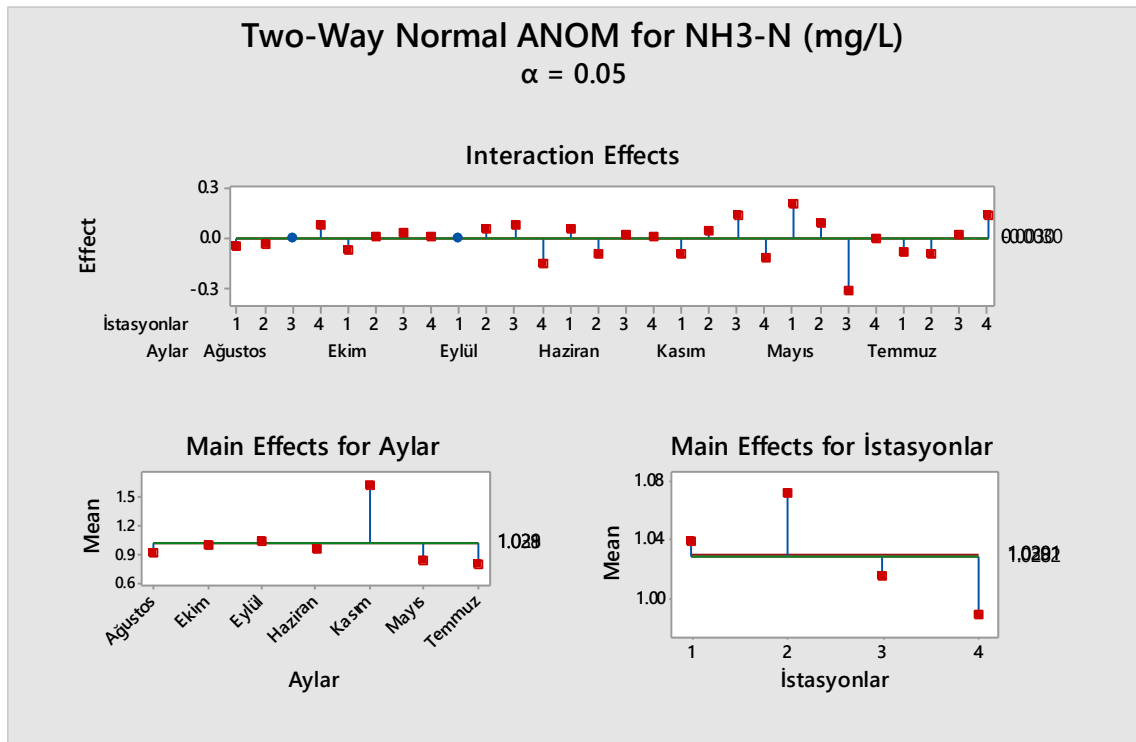
Tablo 10. Aras Nehri’ne ait Amonyak Azotu (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma, n=4)

Mevsim	İstasyonlar			
	1	2	3	4
Mayıs	1,07±0,002 ^{Ba}	0,98±0,002 ^{Cb}	0,53±0,001 ^{Fd}	0,81±0,124 ^{Dc}
Haziran	1,04±0,0 ^{Ba}	0,92±0,0 ^{Dc}	0,98±0,001 ^{Cb}	0,95±0,014 ^{Bb}
Temmuz	0,74±0,0 ^{Dc}	0,76±0,002 ^{Ec}	0,81±0,003 ^{Eb}	0,9±0,044 ^{Ca}
Ağustos	0,88±0,004 ^{Cb}	0,93±0,001 ^{Da}	0,91±0,0 ^{Ca}	0,96±0,021 ^{Ba}
Eylül	1,05±0,003 ^{Bb}	1,14±0,001 ^{Ba}	1,10±0,0 ^{Ba}	0,85±0,11 ^{Dc}
Ekim	0,95±0,002 ^{Cb}	1,06±0,001 ^{Ca}	1,03±0,0 ^{Ba}	0,97±0,023 ^{Bb}
Kasım	1,55±0,001 ^{Ab}	1,72±0,001 ^{Aa}	1,76±0,002 ^{Aa}	1,47±0,12 ^{Ac}

A, B, C, D, E Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

a, b, c, d Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Araştırma boyunca amonyak azotu değeri hem istasyonlara hem de mevsimlere bağlı farklılık göstermiştir. Amonyak azotu değeri en yüksek 2. istasyonda, en düşük değeri ise 4. istasyonda saptanmıştır. Mevsimsel olarak değişim incelendiğinde kasım ayında ani ve yüksek bir değişim olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4). Çalışmamızda 2. istasyondaki amonyak azotu derişiminin yüksek olmasını istasyona yakın mesafede yerleşim yeri olması ve buradaki kanalizasyonun nehre karışıyor olması ile açıklayabiliriz.



Şekil 4. Aras Nehri amonyak azotu değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu

Aras Nehir Havzası üzerinde Çelekli vd (2019) tarafından 17 istasyondan alınan örneklerde amonyum azotu değeri en yüksek 11. İstasyonda 1,02 mg/L ve en düşük 16. İstasyonda 0,03 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Erzurum il sınırları içerisinde yapmış olduğumuz çalışmada amonyak azotu değeri en yüksek ortalama 1,07 mg/L ile 2. istasyonda, en düşük 0,98 mg/L ile 4. istasyonda saptanmıştır. Amonyum azotu ile amonyak azotu arasında ters bir ilişki bulunmaktadır.

Aras Nehri Nitrit Azotu Konsantrasyonu

Bu araştırmada 4 istasyonda elde edilen bulgulara göre mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişim istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Nitrit azotu değerinin istasyonlara (1. 2. 3. ve 4.) bağlı değeri sırasıyla $0,06 \pm 0,01$ mg/L, $0,15 \pm 0,01$ mg/L, $0,22 \pm 0,01$ mg/L ve $0,26 \pm 0,01$ mg/L olarak saptanmıştır (Tablo 11). Aras Nehri'nde nitrit azotu değeri ortalama 0,17 mg/L hesaplanmış olup bu değer Nehri Kıtaici Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY 2012)'ne göre **IV. sınıf kalite** sular sınıfında tespit edilmiştir.

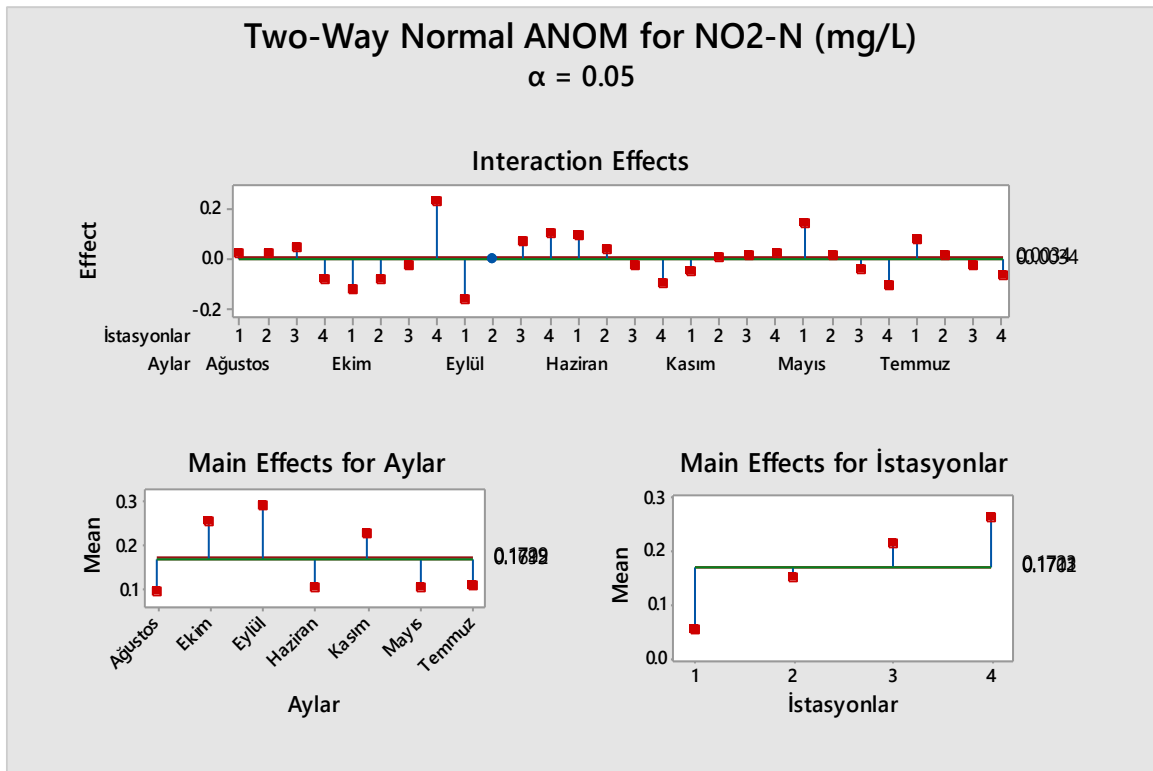
Tablo 11. Aras Nehri'ne Ait Nitrit Azotu (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma, n=4)

Mevsim	İstasyonlar			
	1	2	3	4
Mayıs	0,13±0,0 ^{Aa}	0,09±0,001 ^{Eb}	0,11±0,0B ^{Eb}	0,09±0,001 ^{Dc}
Haziran	0,08±0,003 ^{Bb}	0,1±0,0 ^{Da}	0,12±0,0B ^{Da}	0,11±0,007 ^{Da}
Temmuz	0,07±0,0 ^{Bc}	0,1±0,004 ^{Eb}	0,13±0,004 ^{Da}	0,14±0,007 ^{Da}
Ağustos	0,01±0,0 ^{Cc}	0,1±0,0 ^{Eb}	0,18±0,0 ^{Ca}	0,10±0,03 ^{Cb}
Eylül	0,02±0,004 ^{Cd}	0,27±0,004 ^{Ac}	0,41±0,03 ^{Ab}	0,49±0,003 ^{Ba}
Ekim	0,02±0,0 ^{Cd}	0,16±0,00 ^{Cc}	0,28±0,0 ^{Bb}	0,57±0,13 ^{Aa}
Kasım	0,07±0,004 ^{Bd}	0,22±0,0 ^{Bc}	0,287±0,0 ^{Bb}	0,35±0,3 ^{Ca}

A, B, C, D, E Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

a, b, c, d Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Aras Nehri Erzurum İl sınırları içerisindeki bölümünde yapmış olduğumuz çalışmada nitrit- azotu değerinin sonbahar aylarında artışa geçtiği ve bu değişimin daha çok 3. ve 4. istasyonlarda olduğu saptanmıştır (Şekil 5). Aras Nehir Havzası üzerinde Çelekli vd (2019) tarafından 17 istasyondan alınan örneklerde ortalama nitrit azotu değeri Erzurum İl sınırlarına yakın olan istasyonlarda 0,02 mg/L tespit etmişlerdir. Bu değer bizim çalışmamızda ölçmüş olduğumuz değerlerden oldukça düşüktür. Bu çalışmadaki nitrit-azotu derişiminin yüksek çıkmasının nedeni olarak sonbaharda yağışlarla beraber yıkanan toprağın nehre karışmasından dolayı yükseldiği düşünülmektedir.



Şekil 5. Aras Nehri nitrit azotu değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu

Aras Nehri Nitrat Azotu Konsantrasyonu

Aras Nehri'nin Erzurum İl sınırları içerisinde yürütmüş olduğumuz bu çalışmada 4 istasyonda elde edilen bulgulara göre nitrat azotu değerinin mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişim istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Nitrat azotu değerinin istasyonlara (1. 2. 3. ve 4.) bağlı değeri sırasıyla $0,015 \pm 0,01$ mg/L, $0,03 \pm 0,01$ mg/L, $0,03 \pm 0,01$ mg/L ve $0,03 \pm 0,01$ mg/L olarak saptanmıştır. Aras Nehri'nde nitrat azotu değeri ortalama 0,03 mg/L hesaplanmış olup bu değer Nehri Kıtaçı Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY 2012)'ne göre **I. sınıf kalite** sular sınıfında tespit edilmiştir.

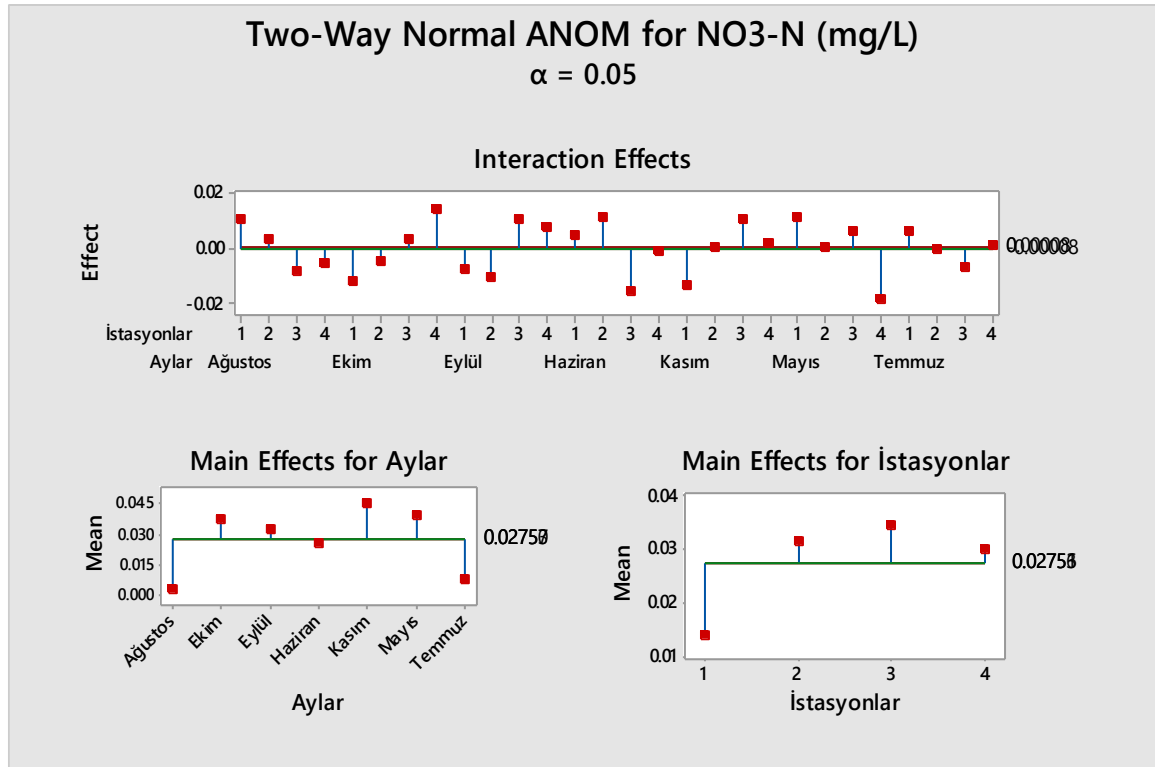
Tablo 12. Aras Nehri'ne Ait Nitrat Azotu (mg/L) Değerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma, n=4)

Mevsim	İstasyonlar			
	1	2	3	4
Mayıs	0,038±0,001 ^{Ac}	0,041±0,0 ^{Bb}	0,053±0,0 ^{Ba}	0,024±0,001 ^{Cd}
Haziran	0,017±0,001 ^{Bc}	0,045±0,0 ^{Ba}	0,015±0,004 ^{Dc}	0,027±0,0 ^{Cb}
Temmuz	0,0002±0,0 ^{Ec}	0,011±0,0 ^{Ea}	0,008±0,0 ^{Eb}	0,012±0,002 ^{Da}
Ağustos	0,01±0,0 ^{Da}	0,011±0,0 ^{Ea}	0,002±0,0 ^{Fb}	0,01±0,0 ^{Da}
Eylül	0,011±0,0 ^{Dd}	0,026±0,0 ^{Dc}	0,05±0,0 ^{B^{Ca}}	0,043±0,003 ^{Bb}
Ekim	0,013±0,0 ^{Cd}	0,037±0,001 ^{Cc}	0,048±0,0 ^{Cb}	0,055±0,003 ^{Aa}
Kasım	0,019±0,0 ^{Bc}	0,051±0,0 ^{Ab}	0,063±0,0 ^{Aa}	0,051±0,005 ^{Ab}

A, B, C, D, E Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

a, b, c, d Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Bu çalışmada nitrat azotu değişimi yağışlı mevsimlerde yükselmiş, yaz aylarında ise düşüş gözlenmiştir (Şekil 6). Her iki çalışmada ortalama değerler göz önüne alındığında bu çalışmada 0,03 mg/L olarak hesaplanırken, Çelekli vd (2019) tarafından yapılan çalışmada ise ortalama 0,44 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Nitrat-azotu derişiminin düşük çıkması sucul bitkiler tarafından kullanılması olarak düşünülmektedir.



Şekil 6. Aras Nehri nitrat azotu değerinin istasyon ve mevsime bağlı interaksyonu

Aras Nehri Trofik Düzeyi

Aras Nehri Erzurum İl sınırları içerisinde yürütmüş olduğumuz bu çalışmada analiz ve ölçümü yapılan su kalitesi parametreleri kullanılarak Hazen istatistiksel veri değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapmış olduğumuz hesaplamalar sonucunda Tablo 13'deki trofik durum değerlendirilmesi bulunmuştur. Hazel yöntemi ile tespit etmiş olduğumuz kalite sınıfları parametrelerin ortalama değerlerinin Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre belirlenen trofik durum değerlendirilmesi (Tablo 14) ile benzer tespit edilmiştir.

Tablo 13. Aras Nehri Trofik Durumunun Hazel Yöntemi İle Değerlendirilmesi

Parametreler	İstasyonlar (Hazel Yöntemi)				YSKY (2012)
	1	2	3	4	
Su Sıcaklığı (°C)	18,84	18,39	18,36	18,40	I.Sınıf
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	5,78	5,48	5,69	5,53	III.Sınıf
pH	9,28	9,27	9,07	9,04	IV.Sınıf
Elektrik İletkenliği (µS/cm)	510	510	550	570	II. sınıf
TP (mg/L)	0,35	2,19	0,44	0,43	IV. Sınıf
PO ₄ -P (mg/L)	0,02	0,03	0,023	0,023	I.Sınıf
NH ₃ -N (mg/L)	1,55	1,72	1,76	1,48	III. Sınıf
NO ₂ -N(mg/L)	1,13	0,28	0,41	0,57	IV. Sınıf
NO ₃ -N(mg/L)	0,04	0,05	0,06	0,05	I. Sınıf

Tablo 14. Aras Nehri Trofik Durumunun Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi

Parametreler	İstasyonlar				YSKY (2012)
	1	2	3	4	
Su Sıcaklığı (°C)	18,84	18,36	18,36	18,4	I. Sınıf
Çözülmüş oksijen (mg/L)	5,67	5,34	5,69	5,96	III. Sınıf
pH	9,28	9,27	9,07	9,04	IV. Sınıf
Elektrik İletkenliği (µS/cm)	510	506	550	568	II. Sınıf
TP (mg/L)	0,02	0,03	0,03	0,03	II. Sınıf
PO ₄ -P (mg/L)	0,01	0,012	0,013	0,012	I. Sınıf
NH ₃ -N (mg/L)	1,04	1,07	1,01	0,98	III. Sınıf
NO ₂ -N(mg/L)	0,06	0,15	0,22	0,26	IV. Sınıf
NO ₃ -N(mg/L)	0,015	0,03	0,03	0,03	I. Sınıf

Ankara ayı üzerinde belirlenen istasyonlarda su kalitesi değerleri incelenerek CCME-WQI hesaplaması ile su kalitesi tahmin etmişlerdir. Çalışma sonucunda elde etmiş oldukları veriler ile indeks hesaplaması sonucunda bulmuş oldukları trofik seviye değerleri bir biri ile uyumlu olup, bu indeksin karar alıcılar tarafından kullanılmasını önermişlerdir (Kayadelen 2022). Bu alışmamızda Hazel yöntemi denenmiştir. Elde etmiş sonuçlar doğrultusunda 10 parametreye dayalı bu yöntemin uygulanmasının uygun olduğu düşünülmüştür.



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Aras Nehri'nin Erzurum İl sınırları içerisinde yürütmüş olduğumuz araştırmamızda, nehir KYSKS (2012) belirtmiş olduğu sınıflandırma skalasına göre su sıcaklığı ve nirtat azotu değerine için I. sınıf, elektrik iletkenliği ve toplam fosfor değerlerine için II. sınıf sular, çözünmüş oksijen ve amonyak azotuna için III. sınıf sular ve nitrit azotu değerine için IV. sınıf sular sınıfına girmektedir. Çalışmamızda ayrıca ölçülen ve analizi yapılan parametreler Hazel yöntemi ile değerlendirilmiş ve nehrin su kalitesi IV. sular sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Yüzey Suları Kalitesi Çevre Yönetmeliğine (2012) göre ekolojik durum değerlendirme değeri en kötü durum göz alınarak uzman görüşüne göre belirlenmelidir. Bu bağlamda Aras Nehri'nin Erzurum İl sınırı içerisinde seçilen istasyonlarda taş ocakları, yol yapım çalışması ve tarımsal üretimden kaynaklı kirleticilerin etkili olduğu göz önüne alındığında nehrin trofik seviyesinin **III. sınıf** sular kategorisine girdiğini ve **kötü** ekolojik durumda olduğunu tahmin etmekteyiz.

Aras Nehri'nin biyolojik çeşitliliği ve kirlilik durumunu ile ilgili olarak birçok çalışma yürütülmüştür (Fatemeh *et al.* 2012; Nasehi *et al.* 2013; Aazami and Taban 2018; Çelekli vd 2019; Vayghan *et al.* 2022). Bu çalışmalarda Aras Nehri'nin yoğun bir antropojenik kirleticilere maruz kaldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmamızda da benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Aras Nehri sınırı aşan sular sınıfında olması nedeniyle uluslararası bir öneme sahiptir. Bu nedenle;

1. Aras Nehri'nin fiziko-kimyasal özelliği detaylı bir şekilde incelenmeli ve izlenmelidir.
2. Aras Nehri'nde yaşayan sucul canlı türleri araştırılmalı ve bunların gerek genetik metotlar gerekse konvansiyonel analizler ile tür kompozisyonları ortaya konulmalıdır.
3. Aras Nehri'ndeki hem biyolojik hem de kimyasal parametreler çoklu değerlendirilmeli ve bu konuda da izleme çalışmaları yürütülmesi tavsiye edilmektedir.

KAYNAKÇA

- Aazami, J., Taban, P., 2018. Monitoring of heavy metals in water, sediment and *Phragmites australis* of Aras River along the Iranian-Armenian Border. *Iranian Journal of Toxicology*, 12(2), 1-6.
- Abderrazak, B.A., Mohammed, G., El Battay, A., Mohamed, N.A.H., Rouai, M., 2017. Detection of Areas Associated with Flash Floods and Erosion Caused by Rainfall Storm Using Topographic Attributes, Hydrologic Indices, and GIS. *Global Changes and Natural Disaster Management: Geo-information Technologies*, 13, 155-174.
- Ağca, N., DOĞAN, K., 2020. Asi Nehrinin su kalite parametre düzeylerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(1), 1-9.
- Aksoy, Y., Savaş, D., Dursun, S., 2012. Iğdır İlinin Mekansal Analiz Raporu. Iğdır Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Iğdır.
- Alınca, Ş., 2019. Aras Nehri balık faunası. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Rize.
- Aliyev, A., Ahmadi, R., 2010. Biodiversity of benthic invertebrates in Aras River. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 19(2); 131-142.
- Alver, A., Baştürk, E., 2019. Karasu Nehri su kalitesinin farklı su kalitesi indeksleri açısından değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 488-497.
- Anonim 2023. Perspectives Dam building on the Kura-Aras and water tensions in the Caucasus. <https://eurasianet.org/perspectives-dam-building-on-the-kura-aras-and-water-tensions-in-the-caucasus> Erişim Tarihi: 21/03/2023.
- Anonim, 2003. Su Çerçeve Direktifi'nin Türkiye'de Uygulanması Uygulama El Kitabı. Grantmij Advies and Techniek bv Vestiging Utrecht, Houten.
- Anonim, 2012. Türkiye Çevre Mevzuatına göre kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Su Kalite Kriterleri. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Sayı : 28483, Resmi Gazete, 26s.
- Anonim, 2022. Yüzy Su Kütlelerinde Baskı ve Etkilerin Değerlendirilmesi. Mic
- Anonymous, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed., American Public Health Association (APHA), 1193 p., Washington.
- Anonymous, 2021. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020. World Health Organization and UNICEF, <http://apps.who.int/iris>. (14.03.2023).
- Aras, S., İpek G.G., 2019. Kızılırmak Nehri (Nevşehir) yüzey suyu kalitesinin coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences*, 22(2), 48-56.
- Arslan, H., Fakıoğlu, Ö., Korkmaz, F., Tacer Tanas, Ş., 2019. Aras Nehri'ndeki Midyelerin (*Unio crassus* Philipsson, 1788) (Mollusca: Bivalvia) Yağ Asidi Kompozisyonunun Mevsimsel Değişiminin Belirlenmesi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29 (1), 121-126.

- Ayaz, S., Aktaş, Ö., Erdoğan, N., Gürsoy, B. H., Atasoy, E., Aydoğan, C., Akça, L., 2011. Havza bazında yüzeysel su kalitesinin değerlendirilmesi; örnek çalışma: Ceyhan Havzası. 1. kıyı bölgelerinde çevre kirliliği ve kontrolü kçkk, Tekirdağ.
- Balasubramanian, A., 2011. Aquatic ecosystems-freshwater types. Country-wide Class room Educational TV programme-Gyan Darshan, Mysore.
- Birici, N., Karakaya, G., Şeker, T., Küçükylmaz, M., Balcı, M., Özbey, N., Güneş, M., 2017. Evaluation of Coruh River (Bayburt) water quality in accord with water pollution control regulation. International Journal of Pure and Applied Sciences, 3(1), 54-64.
- Chen, Y., Michalak M., Agellon, LB., 2018. Importance of Nutrients and Nutrient Metabolism on Human Health. Yale Journal Of Biology And Medicine, 91 (2), 95-103.
- Çelekli, A., Kayhan, S., Lekesiz, Ö., Toudjani, A. A., Çetin, T. 2019. Limno-ecological assessment of Aras River surface waters in Turkey: application of diatom indices. Environmental Science and Pollution Research, 26, 8028-8038.
- Çelik, N., ve Pulatsü, S., 2003. Yukarı Sakarya Nehri'nde Azot Fraksiyonları ile Toplam Demir ve Silikat Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi, Tarım Bilimleri Dergisi, 9 (4) 408-414.
- Çiçek, E., Sungur, S., 2016. Ichthyofauna of the Turkish parts of Kura-Aras River Basin. FishTaxa, 1(1): 14-26.
- Dayıoğlu, H., 2011. Andık Deresi su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ve epilitik diatomlara göre belirlenmesi ve elde edilen sonuçların coğrafi bilgi sisteminde değerlendirilerek su kalitesinin modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, Isparta.
- Dosskey, MG., Vidon, P., Gurwick, NP., Allan, CJ., Duval, TP., Lowrance, R., 2010. The Role of Riparian Vegetation in Protecting and Improving Chemical Water Quality in Streams. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 46(2), 261-277.
- Fatemeh, N., Amirhesam, H., Masoud, M., Abdoreza, K., Nematollah, K., Aliakbar, I., 2012. Heavy metal distributions in water of the Aras River, Ardabil, Iran. Journal of Water Resource and Protection.
- Fuoco, R., Giannarelli, S., 2019. Integrity of aquatic ecosystems: An overview of a message from the South Pole on the level of persistent organic pollutants. Microchemical Journal, 148, 230-239.
- GEMİCİ, B., 2018. Bartın Irmağı kirlilik profilinin fiziksel parametrelerle belirlenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(1), 52-58.
- Gevrekçioğlu, N., 2021. Küçük Menderes Nehri için su kalitesi modelinin uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Gün, B., 2011. Değirmendere Çayı su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ve epilitik diatomlara göre belirlenmesi ve su kalitesi indekslerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Hossain, M., 2015. Water: the most precious resource of our life. Global Journal of Advanced Research, 2 (9), 1436-1445.

- Kayadelen, A.H., 2022. Ankara Çayı'nda su kalitesinin tahmininde su kalite indeksi Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Su Politikaları ve Güvenliği, Ankara.
- Langhorst, T., Pavelsky, TM., Frasson RPdM., Wei. R., Domeneghetti, A., Altenau, EH., Durand, MT., Minear, JT., Wegmann, KW., Fuller, MR., 2019. Anticipated Improvements to River Surface Elevation Profiles From the Surface Water and Ocean Topography Mission. *Frontiers in Earth Science*, 7 (102), 1-13.
- Metcalf, E., Eddy, M., 2002. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 4th edition. Mic Graw-Hill, USA. pp. 1816.
- Mohammed. H., 2018. Irak Duhok şehrinden geçen Heshkaro nehri su kalitesinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kayseri.
- Nasehi, F., Hassani, A. H., Monavvari, M., Karbassi, A.R., Khorasani, N., 2013. Evaluating the metallic pollution of riverine water and sediments. a case study of Aras River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 197-203.
- Pardini, R., Nichols, L., Püttker, T., 2017. Biodiversity Response to Habitat Loss and Fragmentation. *Encyclopedia of the Anthropocene*, 3, 229-239.
- Shiklomanov, A., Déry, S., Tretiakov, M., Yang, D., Magritsky, D., Georgiadi, A., And Tang, W., 2021. River Freshwater Flux to the Arctic Ocean. *Arctic Hydrology, Permafrost and Ecosystems*, 703-738.
- Solgi, E., Sheikhzadeh, H., 2016. Study of Water Quality of Aras River Using Physico-Chemical Variables. *Iran-Water Resources Research*, 12(3), 207-213 .
- Tanyolaç, J., 2009. *Limnoloji*. Hatipoğlu Yayınları. Ankara, 67-90.
- Topçu, A., Fakıoğlu, Ö., Zincir, Ö., Korkmaz, A.Ş., 2010. Seasonal variations of some physico-chemical parameters in a lentic system: Kirmir Creek and tributaries. Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(2), 895-898.
- Turan, F., Ülkü, G., 2013. Gökpınar ve Çürüksu çaylarının kirlilik parametre ve yüklerinin izlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 133-144.
- Vayghan, A.H., Rasta, M., Zakeri, M., Kelly, F.J., 2022. Spatial distribution of microplastics pollution in sediments and surface waters of the Aras River and reservoir. An international river in Northwestern Iran. *Science of The Total Environment*, 843, 156894.
- Wetzel, R.G., 2001. *Limnology*. W.B. Saunders Company, London.
- YSKY, 2015. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. 15 Nisan 2015 tarih ve 29327 sayılı Resmi Gazete, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm>. (01/03/2021).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Serdar GEDİK
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Eğitim	
Lisans:	Karadeniz Teknik Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi