

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

KIZILIRMAK VE YEŞİLIRMAK NEHİRLERİNDEN KARADENİZ'E TAŞINAN
ÇÖZÜNMÜŞ BESİN ELEMENTLERİ DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed Baran KILIÇ

HAZİRAN 2017
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**KIZILIRMAK VE YEŞİLIRMAK NEHİRLERİNDEN KARADENİZ'E TAŞINAN
ÇÖZÜNMÜŞ BESİN ELEMENTLERİ DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Muhammed Baran KILIÇ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
YÜKSEK LİSANS (ÇEVRE BİLİMLERİ)
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 / 05 / 2017

Tezin Savunma Tarihi : 21 / 06 / 2017

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ali ALKAN

Trabzon 2017

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Çevre Bilimleri Anabilim Dalında
Muhammed Baran KILIÇ Tarafından Hazırlanan**

**KIZILIRMAK VE YEŞİLIRMAK NEHİRLERİNDEN KARADENİZ'E TAŞINAN
ÇÖZÜNMÜŞ BESİN ELEMENTLERİ DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

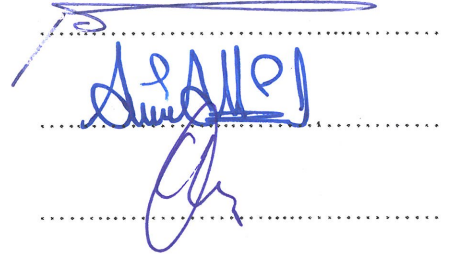
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 31 / 05 / 2017 gün ve 1704 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ

Üye : Doç. Dr. Ali ALKAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarımın danışmanlığını yürüten, her aşamasında kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, değerli hocalarım sayın Doç. Dr. Ali ALKAN ve Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ' ye,

Çalışma süresince her türlü desteği ve kolaylığı sağlayan Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürü sayın Doç. Dr. İlhan AYDIN' a,

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, her türlü desteği veren değerli mesai arkadaşlarım Dilek FİDAN, Bayram ZENGİN, Muammer AKTAŞ, Ömer KALIPÇI ve Ufuk AKBAŞ'a,

Özellikle tez çalışması sırasındaki özverili yaklaşımı ile hayatımın her anında en büyük destekçim olan sevgili eşime ve bize uğur getiren biricik oğluma,

Tüm yaşantım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

Hazırlanan bu yüksek lisans tezi Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından finanse edilen ve Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen, TAGEM/HAYSÜD/12/11/02/01 no'lu "Doğu Karadeniz'de Karasal Kaynaklı Kirleticilerin Kıyı ve Deniz Ekosistemine Etkilerinin Belirlenmesi" isimli proje ile desteklenmiştir.

Muhammed Baran KILIÇ

Trabzon, 2017

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kızılırmak ve Yeşilirmak Nehirlerinden Karadeniz’e Taşınan Çözünmüş Besin Elementleri Düzeylerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Ali ALKAN ‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/06/2017

Muhammed Baran KILIÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Ülkemizde Su Yönetimi ve Yasal Mevzuat	2
1.3. Havza Yönetim Yaklaşımı	4
1.4. Kızılırmak ve Yeşilirmak Havzaları	6
1.5. Besin Elementleri ve Karasal Taşınımalar	9
1.5.1. Azot.....	11
1.5.2. Fosfor	12
1.5.3. Silikat	13
1.5.4. Toplam Askıda Katı Madde.....	13
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	15
2.1. Materyal	15
2.1.1. Çalışma Alanı ve Örnekleme İstasyonları	15
2.1.2. Ölçüm ve Örnekleme	16
2.2. Metot	18
2.2.1. Yerinde Yapılan Ölçümler	18
2.2.2. Besin Elementi Analizleri	18
2.2.3. Diğer Ölçüm ve Analizler	21
2.2.4. İstatistiksel Analizler	22
2.2.5. Besin Elementleri İçin Karasal Taşınım Miktarının Hesaplanması.....	22

2.2.6.	Besin Elementleri İçin Karakteristik Değer Hesaplanması.....	22
3.	BULGULAR.....	26
3.1.	Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi Parametreleri.....	26
3.2.	Toplam Askı Yük ve Çözünmüş Besin Elementleri Taşınım Miktarları.....	41
3.3.	Çözünmüş Besin Elementleri İçin Hesaplanan Karakteristik Değerler	49
4.	TARTIŞMA	50
5.	SONUÇ	58
6.	ÖNERİLER.....	60
7.	KAYNAKLAR	61

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KIZILIRMAK VE YEŞİLIRMAK NEHİRLERİNDEN KARADENİZ'E TAŞINAN
ÇÖZÜNMÜŞ BESİN ELEMENTLERİ DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Muhammed Baran KILIÇ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Bilimleri Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ali ALKAN
2017, 65 Sayfa

Bu tez çalışmasında, Samsun ili Bafra ve Çarşamba ilçelerinde Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin Karadeniz'e döküldüğü noktalarda 2013-2017 yılları arasında mevsimsel periyotlarla 14 ölçüm ve örnekleme gerçekleştirilmiştir. İncelenen su kalite parametreleri pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, bulanıklık, toplam sertlik, askıda katı madde (AKM), sülfat, klorofil-a, nitrat azotu (NO_3^- -N), nitrit azotu (NO_2^- -N), amonyum azotu (NH_4^+ -N), o-fosfat fosforu (o- PO_4^{3-} -P) ve silikat (Si)'tir. Çalışma kapsamında Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinde besin elementlerine ait karakteristik değerler hesaplanmış, ayrıca mevsimsel ortalama derişimler belirlenerek, sonuçlar mevzuatta ilgili yönetmeliklerin su kalite kriterleri tablolarındaki sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Kızılırmak nehrinde NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, o- PO_4^{3-} -P ve Si için hesaplanan karakteristik değerler (μM) sırasıyla, 60,93; 3,06; 12,13; 1,03; 424 ve Yeşilirmak nehrinde ise 89,43; 1,79; 18,09; 7,00; 385 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, mevsimsel debiler kullanılarak nehirler aracılığıyla Karadeniz'e taşınan besin elementi yükleri hesaplanmıştır. Kızılırmak nehrinden Karadeniz'e taşınan yıllık ortalama NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, o- PO_4^{3-} -P, Si, ve AKM miktarları ton cinsinden sırasıyla 1430; 62; 329; 52; 24056; 34585 ve Yeşilirmak nehri için ise bu değerler, 4120; 62; 349; 243; 35048, 47445 olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kızılırmak, Yeşilirmak, besin elementleri, karakteristik değer, nehir yükü.

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE DISCHARGE LEVELS OF DISSOLVED INORGANIC
NUTRIENTS FROM KIZILIRMAK AND YEŞİLIRMAK RIVERS TO THE BLACK SEA

Muhammed Baran KILIÇ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Environmental Sciences Graduate Programme
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali ALKAN
2017, 65 Pages

In this thesis; it has been performed 14 sampling and measurements between 2014 – 2017 years with seasonal periods, at the points which rivers “Kızılırmak” and “Yeşilirmak” are poured themselves into the Black Sea, in Bafra and Çarşamba districts of Samsun. Researched water quality parameters are; pH, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, turbidity, total hardness, total suspended solid (TSS), sulphate, chlorophyll-a, nitrate (NO_3^- -N), nitrite (NO_2^- -N), ammonium (NH_4^+ -N), o-phosphate (o-PO_4^{3-} -P) and silicate (Si). In rivers “Kızılırmak” and “Yeşilirmak”, seasonal average concentrations are determined by calculating nutrient elements’ characteristic values and results are compared with limit values of the water quality criterias table according to relevant regulations of legislation in force. In river “Kızılırmak”, calculated characteristic values (μM) for NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, o-PO_4^{3-} -P and Si are respectively as 60,93; 3,06; 12,13; 1,03; 424. On the other hand values for river “Yeşilirmak” are determined as; 89,43; 1,79; 18,09; 7,00; 385. Furthermore, nutrient element loads transported to BlackSea by rivers are calculated using seasonal flow. Annual average NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, o-PO_4^{3-} -P, Si, and AKM quantities transported to BlackSea from river “Kızılırmak” are determined respectively as 1430; 62; 329; 52; 24056; 34585 in tonnes. Whereas these numbers for river “Yeşilirmak” are determined as 4120; 62; 349; 243; 35048, 47445.

Keywords: Kızılırmak, Yeşilirmak, nutrients, characteristic value, river load.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Türkiye su havzaları ve çalışma gerçekleştirilen noktalar	8
Şekil 2. Örnekleme istasyonlarına ait uydu görüntüleri	15
Şekil 3. Saha çalışmalarından kareler	17
Şekil 4. Otoanalizör cihazı	19
Şekil 5. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel sıcaklık değişimleri	27
Şekil 6. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel pH değişimleri	28
Şekil 7. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel elektriksel iletkenlik değişimleri.....	29
Şekil 8. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel çözünmüş oksijen değişimleri	30
Şekil 9. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel bulanıklık değişimleri	31
Şekil 10. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel askıda katı madde değişimleri	32
Şekil 11. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel toplam sertlik değişimleri	33
Şekil 12. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel klorofil-a değişimleri	34
Şekil 13. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel sülfat değişimleri	35
Şekil 14. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel nitrat azotu değişimleri	36
Şekil 15. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel nitrit azotu değişimleri	37
Şekil 16. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel amonyum azotu değişimleri	38
Şekil 17. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel o-fosfat fosforu değişimleri	39
Şekil 18. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel silikat değişimleri	40
Şekil 19. Kızılırmak nehrinin yıllara göre debileri (m^3/s).....	41
Şekil 20. Yeşilirmak nehrinin yıllara göre debileri (m^3/s)	42
Şekil 21. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama AKM yükü	43

Şekil 22. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama nitrat azotu yükü	44
Şekil 23. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama nitrit azotu yükü	45
Şekil 24. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama amonyum azotu yükü	46
Şekil 25. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama silikat yükü	47
Şekil 26. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama o-fosfat fosforu yükü	48

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Türkiye nehir havzaları ve genel özellikleri	6
Tablo 2. Çeşitli azot türleri için kısaltma ve tanımlamalar	11
Tablo 3. Örnekleme istasyonları ve konumsal bilgileri	15
Tablo 4. Örnekleme dönemleri	16
Tablo 5. Su kalitesi ölçüm cihazına ait özellikler (Hach 40QD)	18
Tablo 6. Kullanılan analiz metotları ve tayin limitleri	21
Tablo 7. İstatistiksel veri değerlendirme formülleri	23
Tablo 8. Hazen yöntemi ile karakteristik değer hesabında kullanılan NO_3^- -N veri seti ..	25
Tablo 9. Ölçüm ve analizlere ait minimum, maksimum ve ortalama değerler	26
Tablo 10. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri için hesaplanmış çözünmüş besin elementleri karakteristik değerleri	49
Tablo 11. Yüzeysel suları için kategorilere göre su kalite standartları	52

SEMBOLLER DİZİNİ

CFA	: Continuous Flow Analysis (Sürekli Akış Analizi)
DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Electrical Conductivity (Elektriksel İletkenlik)
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
FIA	: Flow Injection Analysis (Akış Enjeksiyon Analizi)
LDO	: Luminescence Dissolved Oxygen (Lüminesans Çözünmüş Oksijen)
FTU	: Formazin Turbidity Unit
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SB	: Samsun–Bafra
SÇ	: Samsun–Çarşamba
UV	: Ultraviyole
Std. Sp.	: Standart Sapma
AKM	: Askıda Katı Madde
CaCO ₃	: Kalsiyum Karbonat
NH ₃	: Amonyak
NH ₄ ⁺	: Amonyum
NH ₄ ⁺ -N	: Amonyum Azotu
NO ₃ ⁻ -N	: Nitrat Azotu
NO ₂ ⁻ -N	: Nitrit Azotu
o-PO ₄ ³⁻ -P	: Orto-Fosfat Fosforu
SO ₄ ²⁻	: Sülfat
Si	: Silisyum
TP	: Toplam Fosfor
TN	: Toplam Azot
TSS	: Total Suspended Solid (Askıda Katı Madde)
mS/cm	: Milisiemens/santimetre
µg/L	: Mikrogram/Litre
µM	: Mikro molar
p	: Yüzde kesri

P	: Yüzdelik değer
r	Sıra no (küçükten büyüğe doğru)
N	: Veri sayısı
X_i	: n adet küçükten büyüğe sıralanmış su kalitesi verisi seti
X_r	: r'ye karşı gelen su kalitesi değeri (Karakteristik değer)

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Canlıların hayatlarını sürdürebilmeleri için en önemli faktörlerden biri olan su, geçmişten günümüze önemini giderek artıran, yaşamın ve ekosistemin en önemli bileşenlerinden biri olmuştur.

Bütün canlı yaşamı için temel madde olma özelliği taşıyan su, insan ve doğa ilişkisinin de önemli belirleyicilerindedir. Doğa bir vücut olarak düşünüldüğünde, ona can veren varlığı su olarak nitelendirebiliriz. Canlıların tümünün boy, yaş, kütle vb. gibi yapısal özelliklerine bağlı değişiklik göstermekle birlikte bedenlerinin % 65-75 oranında sudan oluşmaktadır. En susuz görüntüye sahip canlı bitki kısımlarının dahi yarısından fazlası sudur (İlgar, 2009).

Su özellikleri itibariyle canlı çevre üzerinde olmasıyla birlikte, cansız çevre üzerinde de oldukça etkili bir maddedir. Kayaların fiziksel olarak parçalanmasıyla toprağın oluşması, içinde barındırdığı maddelerin çözünmesiyle toprağın verimli hale gelmesi, verimli hale gelen topraktan bitkilerin ortaya çıkması gibi doğa olayları su vesilesiyle gerçekleşmektedir. “Yaşam suda başlamıştır” cümlesi, suyun canlı ve cansız varlıklar için nasıl bir öneme sahip olduğunun göstergesidir (Özsoy, 1977).

Dünyadaki su miktarı toplam 1,4 milyar km³'tür. Bunun %97,5'u tuzlu su olarak okyanus ve denizlerde, %2,5'i (35,2 milyon km³) ise tatlı su formunda bulunmaktadır. Tatlı suyun %68,7'si buzullarda, %30,1'i yer altı sularında, %0,8'i donmuş topraklar içinde yer almaktadır. Tatlı suyun sadece %0,4'ü yeryüzünde ve atmosfer içindedir. Bu suyun ise atmosferde, sulak alanlarda, göllerde, nehirlerde, toprakta nem halinde, bitki ve hayvan bünyesinde bulunan kısmını çıkaracak olursak, sadece içilebilir kalitedeki su oranı ise % 0.74 civarlarında kalmaktadır. Yirminci yüzyılda dünya nüfusunun üç kat artmasına karşın su kaynaklarının kullanımını altı kat artmış olup, hızlı ve bilinçsiz bir şekilde tüketilen su kaynaklarının bir kısmı da kirletilerek kullanılamaz ve çevreye zarar verir hale gelmiştir. Bu veriler ışığında, insanoğlunun ihtiyaçları doğrultusunda kullanabileceği tatlı su kaynaklarının son derece sınırlı olduğu açık bir şekilde ifade edilebilir (Barr vd., 2012; WSSD, 2002; Çiçek ve Ataol, 2009).

Yukarıdaki bilgilerden de görüldüğü üzere dünyada zaten az olan tatlı su

kaynaklarının aynı zamanda evsel ve endüstriyel atıklar ile kirletilmesi, enerji üretiminde kullanılan suyun geri dönüşümü gerçekleşmediği için insani tüketime uygun olmayan hale gelmesi, şehirleşme kaynaklı kirlilik, hatalı tarım uygulamaları ve iklim değişiklikleri ile yaşanan kuraklıklar eklenince sorunun boyutları daha da çarpıcı hale gelmektedir (Atalık, 2006).

Ülkemizdeki su potansiyeline göz atıldığında, Türkiye’de yıllık ortalama yağış 643 mm olup, bu yağış yılda ortalama 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Bu miktarın 186 milyar m³’ü ise çeşitli büyüklükteki akarsular ile denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece, ülkemizin yenilenebilir yerüstü tatlı su potansiyeli brüt 193 milyar m³ olmaktadır (URL-1, 2016).

Ülkeler, kişi başına yılda düşen su miktarı açısından su fakiri, su azlığı çeken ve su zengini ülkeler olarak üç grupta sınıflandırılır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1000 m³’ten az ise su fakiri, 1000-2000 m³ arasında su azlığı çeken ve 2000 m³’ten çok ise su zengini ülkeler olarak nitelendirilirler (Budak vd., 1997). Türkiye’nin su zengini bir ülke olduğu düşünülse de, yıllık kullanılabilir kişi başına düşen su miktarına göre (yaklaşık 1500 m³) su azlığı çeken ülke kategorisindedir.

Akarsular, tatlı sular içinde % 0,003 gibi çok küçük bir paya sahip olmasına karşın zengin canlı yaşamını barındırması ile dünyadaki hidrolojik döngü içerisinde önemli bir yere sahiptir (Soylak ve Doğan, 2000). Fakat evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmakta ve yine akarsular vasıtasıyla göllere ve denizlere taşınmaktadır. Bu nedenle kıyısal alanlardaki su kalitesinin belirlenmesi ve gelecekte olabilecek değişimlerin tahmininde akarsuların kirleticili yükünün bilinmesi önem taşımaktadır (Boran ve Karaçam, 1996; Taş, 2006).

Su kaynakları yönetiminin havza bazında yapılması ve diğer doğal kaynaklarla bütünleşmiş bir biçimde gerçekleştirilmesi gerekliliği büyük önem arz etmektedir.

1.2. Ülkemizde Su Yönetimi ve Yasal Mevzuat

Su, üzerinde egemenlik kurulamayan, bu nedenle özel mülkiyete konu edilemeyen, devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan bir kaynaktır. Ülkemizde su yönetimi merkezidir. T.C. Anayasası su yönetiminin merkezini oluşturur. Anayasanın 168. maddesine göre;

“Tabii servetler ve kaynaklar Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı devlete aittir. Devlet bu hakkını belli bir süre için, gerçek ve tüzel kişilere devredebilir. Hangi tabii servet ve kaynağın arama ve işletmesinin, Devletin gerçek ve tüzel kişilerle ortak olarak yapacağı veya doğrudan gerçek ve tüzel kişiler eliyle yapılması, kanunun açık iznine bağlıdır. Bu durumda gerçek ve tüzel kişilerin uyması gereken şartlar ve devletçe yapılacak gözetim, denetime ait usul ve esaslar ile müeyyideler kanunda gösterilir” hükmünde de açıkça belirtildiği üzere su ile ilgili her türlü tasarruf merkezi yönetimdedir. Devlet bu hakkını belirli bir süre için gerçek ve tüzel kişilere devredebilir.

Osmanlı İmparatorluğu döneminde su yönetimi vakıflar aracılığı ile sağlanırken, Cumhuriyetin kurulması ile birlikte giderek karmaşıklaşan bir yapı ile ele alınmaya başlanmıştır (Sümer, 2012). Türkiye’de, 1930’lu yıllardan başlayarak, su ile ilgili çerçeve kanunlar çıkarılmış ve su yönetimi için yasal bir düzleme yerleştirilmeye çalışılmıştır. DSİ Genel Müdürlüğü 1929 yılında eski adı Nafia Vekâleti olan Bayındırlık Bakanlığı’na bağlı olarak Sular Umum Müdürlüğü adı ile kurulmuştur. Daha sonra Umum İdaresi’nin görev ve yetkileri 1954 yılında 6200 Sayılı Kanunla genişletilerek, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ismini almıştır (Bilen, 2008).

1950’li yıllarda DSİ’nin kurulmasını takiben, su yönetiminde genel yaklaşım tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de su kaynaklarının geliştirilmesi yönünde olmuştur. Bu dönemde DSİ 25 havzada su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik birçok proje gerçekleştirmiştir. 1980’li yıllardan itibaren nüfus artışı, artan şehirleşme ve sanayileşmeye paralel olarak artan çevre ve su kirliliğinin önlenmesine yönelik 1983 yılında Çevre Kanunu çıkarılmış, 1988 yılında Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kabul edilmiş ve 1991 yılında Çevre Bakanlığı kurulmuştur. 1980’lerle birlikte su kalitesi yavaş yavaş önem kazansa da su kaynaklarının geliştirilmesi yine de temel öncelik olmayı sürdürmüştür. Takip eden yıllarda su yönetimini doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen birçok yasal düzenleme ve farklı kurumlara verilen yetki ve görevler ile Türkiye’de su yönetimi oldukça karmaşık bir hal almıştır.

2011 yılında, su yönetiminde koordinasyonun sağlanabilmesi ve özellikle Avrupa Birliği nezdinde su ile ilgili konularda yetkili otorite olması amacıyla Orman ve Su İşleri Bakanlığı’na bağlı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü’nce ülkemiz su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla havza bazında yönetim esas alınmıştır. Bu çerçevede,

havza bazında kirliliğin önlenmesi, su kaynaklarının korunması, iyileştirilmesi ve geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar titizlikle yürütülmektedir. Ayrıca, su kaynaklarının korunması için havza bazında etüt ve planlamalar yapılmakta, alınması gereken tedbirler ilgili kurum ve kuruluşlarla birlikte belirlenmekte ve uygulamaların takibi gerçekleştirilmektedir.

Ülkemizde çevre kirliliğinin önlenmesine yönelik, insan sağlığını ve doğal kaynakların korunmasını hedef alan toplumun temiz bir çevrede güvenli ve huzurlu bir şekilde yaşamını düzenleyen ve kaynağını T.C. Anayasası'ndan alan, çok sayıda kanun ve yönetmelik bulunmaktadır. Temel prensipleri belirleyen bu kanunlara istinaden çıkarılan yönetmelik, tebliğ, genelgeler uyulması gereken esas ve usullere ilişkin ayrıntıları içermektedir (Tüsiad, 2008).

Türkiye'de su kaynakları yönetimi ve geliştirilmesi, birçok yasal düzenlemeden etkilenmiştir. Su kullanımı, yönetimi ve tahsisi ile ilgili konularda mevzuatta oldukça fazla oldukça fazla Kanun, Yönetmelik, Kanun Hükmünde Kararname bulunmaktadır.

Türkiye'de su mevzuatı karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapıyı net ortaya koymak için farklı sınıflandırmalar kullanılmaktadır. Genel olarak temalarına göre ilgili mevzuat aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Çevre mevzuatı ve deşarjla ilgili yasal düzenlemeler
- Çevre ile ilgili kurumların sorumluluklarını belirleyen mevzuat hükümleri (ör: kuruluş kanunları)
- Doğal kaynakların kullanımına ve su miktarına ilişkin mevzuat (Su ürünleri kanunu, Yeraltı Suları Hakkında Kanun vb.)
- Kamu sağlığı ve su kalitesi ile ilgili mevzuat (ör: Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, İçme Suyu Standartları) (Can, 2015)

1.3. Havza Yönetim Yaklaşımı

Su kaynakları yönetimi açısından günümüzde gelişen yaklaşım, kaynak yönetiminin havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla "entegre" biçimde gerçekleştirilmesidir. Enerji, tarım, sağlık ve çevre gibi sosyoekonomik kalkınmanın başlıca sektörleri için itici güç olan su kaynaklarının, çevreyle uyumlu ve entegre yönetimi, sürdürülebilir kalkınmanın temel bileşenlerinden biridir (Tübitak-Mam, 2010).

Bir havzadaki su, toprak ve biyolojik çeşitlilik kaynaklarının, varlıklarının ve canlı

yaşamının korunmasını ve geliştirilmesini sağlamak üzere koruma kullanma dengesi gözetilerek hazırlanan entegre plan Havza Yönetim Planı olarak tanımlanmaktadır.

Sanayileşmenin ve şehirleşmenin artması beraberinde çevre kirliliğini ve özellikle su kirliliğini gündeme getirmiştir. Su kirliliğinin giderek önemli boyutlara ulaşması, ülkeleri bu konuda ciddi önlemler almaya zorlamış, bu durum söz konusu alanda pek çok mevzuatın oluşması sonucunu doğurmuştur. AB su kaynakları yönetimi anlayışı bu kapsamda geliştirilmiş ve su kalitesinin iyileştirilmesi yönünde odaklanmıştır. Bu kapsamda yıllarca uyguladıkları kalite yönetimini bir çatı altında toplayarak çerçeve oluşturulmuş ve buna da “Su Çerçeve Direktifi” (SÇD) adı verilmiştir.

AB'nin su politikalarının değişimi uzunca bir süredir devam etmektedir. Literatürde üç büyük dalga halinde incelenen AB Su Politikalarının gelişimi 2000 yılında benimsenen SÇD (2000/60/EC) ile farklı bir boyut kazanmıştır. Avrupa Birliği'nin su politikasının anayasası olarak kabul edilen direktif, önemli yenilikler içermesinin yanında şimdiye kadar olan su politikalarının çerçevesini belirlemesi açısından da önem taşımaktadır (Tübitak-Mam, 2010).

Su Çerçeve Direktifi'nin en önemli özelliklerinden biri “Nehir Havza Yönetimi” kavramını ve uygulama yöntemlerini tanımlamış olmasıdır. Avrupa sularının iyi ekolojik ve kimyasal duruma gelmesi için gereken aşamalar nedeniyle nehir havza planlarının ve önlemlerinin nehir havzası ölçeğinde kurulması için yapılan tanımlamada “nehir havza bölgelerinin karakterizasyonu”, Su Çerçeve Direktifi'nde birinci sırada bulunmaktadır (Abay, 2008).

Türkiye 25 hidrolojik havzaya bölünmüş olup (Tablo 1) bu havzalardan toplam ortalama yıllık akış 186 milyar m³'tür. DSİ verilerine göre bunun yaklaşık üçte biri, ülkenin doğusunda yer alan Fırat-Dicle havzasına aittir. Alansal büyüklük olarak bunu Kızılırmak ve Sakarya havzaları izlerken, ortalama yıllık akış miktarı olarak Fırat-Dicle havzasından sonra Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya Havzaları gelmektedir (Orman ve Su İşleri B., 2014).

25 nehir havzamız ve onun alt havzalarından oluşan havzalar sisteminin sürdürülebilir yönetimi ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasının önemli bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Sürdürülebilir havza yönetiminin temelini; mevcut arazi ve su kullanımı, bu kullanımın ekoloji ve biyo çeşitliliğe nasıl bir tesiri olduğu, sosyo ekonomik ve çevresel etkiler ve bu etkilerdeki değişimin nasıl sonuçlar doğurabileceğinin anlaşılması oluşturmaktadır (Orman ve Su İşleri B., 2014).

Tablo 1. Türkiye nehir havzaları ve genel özellikleri (Orman ve su işleri b., 2012).

Nehir Havzası Adı	Yağış alanı		Yıllık ortalama akış		Ortalama yıllık verim
	(km ²)	%	(km ³)	(%)	(l/s/km ²)
(01) Meriç-Ergene Havzası	14,560	1.9	1.33	0.7	2.9
(02) Marmara Havzası	24,100	3.1	8.33	4.5	11.0
(03) Susurluk Havzası	22,399	2.9	5.43	2.9	7.2
(04) Kuzey Ege Havzası	10,003	1.3	2.09	1.1	7.4
(05) Gediz Havzası	18,000	2.3	1.95	1.1	3.6
(06) Küçük Menderes Havzası	6,907	0.9	1.19	0.6	5.3
(07) Büyük Menderes Havzası	24,976	3.2	3.03	1.6	3.9
(08) Batı Akdeniz Havzası	20,953	2.7	8.93	4.8	12.4
(09) Antalya Havzası	19,577	2.5	11.06	5.9	24.2
(10) Burdur Gölü Havzası	6,374	0.8	0.50	0.3	1.8
(11) Akarçay Havzası	7,605	1.0	0.49	0.3	1.9
(12) Sakarya Havzası	58,160	7.5	6.40	3.4	3.6
(13) Batı Karadeniz Havzası	29,598	3.8	9.93	5.3	10.6
(14) Yeşilirmak Havzası	36,114	4.6	5.80	3.1	5.1
(15) Kızılırmak Havzası	78,180	10.0	6.48	3.5	2.6
(16) Konya Kapalı Havzası	53,850	6.9	4.52	2.4	2.5
(17) Doğu Akdeniz Havzası	22,048	2.8	11.07	6.0	15.6
(18) Seyhan Havzası	20,450	2.6	8.01	4.3	12.3
(19) Asi Havzası	7,796	1.0	1.17	0.6	3.4
(20) Ceyhan Havzası	21,982	2.8	7.18	3.9	10.7
(21) Fırat-Dicle Havzası	184,918	23.7	52.94	28.5	8.3
(22) Doğu Karadeniz Havzası	24,077	3.1	14.90	8.0	19.5
(23) Çoruh Havzası	19,872	2.6	6.30	3.4	10.1
(24) Aras Havzası	27,548	3.5	4.63	2.5	5.3
(25) Van Gölü Havzası	19,405	2.5	2.39	1.3	5.0
TOPLAM	779,452	100.0	186.05	100.0	

Kızılırmak ve Yeşilirmak havzasının bünyesinde barındırdığı ve bu çalışmanın yürütüldüğü iki önemli nehir olan, Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri taşıdığı su kapasitesi ve ihtiva ettiği balık popülasyonu açısından Türkiye iç sularında büyük bir önem taşımaktadır.

1.4. Kızılırmak ve Yeşilirmak Havzaları

Türkiye topraklarından doğarak yine Türkiye topraklarından denize dökülen 1.151 km'lik uzunluğu ile en uzun akarsu olan Kızılırmak, 78.180 km²' lik bir sahanın sularını Karadeniz'e boşaltmaktadır. Nehir, İç Anadolu'nun en doğusundaki Sivas ilinde Kızıldağ'ın güney yamaçlarından doğar, ilk önce batı ve güney batıya akar, daha sonra yay şeklinde biçimlenir. Önce batıya, daha sonra kuzey doğudaki Tuz Gölü'nü geçerek kuzey batıya akar. Daha sonra kuzey ve kuzeydoğuya yönelir. Burada Delice Irmağı ile birleşir ve kuzeybatıya akar. Batıda Devrez Nehri ile birlikte akar ve kuzeydoğuya doğru döner,

sonuçta Karadeniz'e boşalır. Sırasıyla Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Kırıkkale, Ankara, Çankırı, Çorum ve Samsun illerinden geçerken çok sayıda dere ve çayın sularını toplayarak Bafra Burnu'ndan Karadeniz'e ulaşır. Başlıca kolları Delice, Devrez ve Gök İrmak'tır. Yağmur ve kar sularıyla beslenen nehrin rejimi düzensizdir. Temmuz ve Şubat arasında düşük su düzeyinde akan nehir, Mart ayında hızla kabarmaya başlar ve Nisan ayında en yüksek su düzeyine ulaşır (Önal, 2009; Gül ve Yılmaz, 2002). Sahip olduğu su potansiyeli sebebiyle üzerinde 15 adet Hidroelektrik santrali mevcuttur.

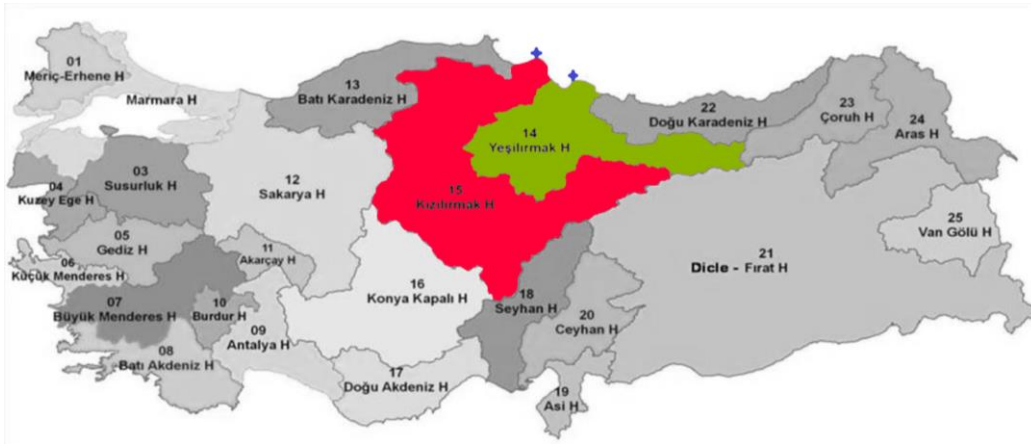
Kızılırmak nehrinin taşıdığı alüvyonların oluşturduğu Kızılırmak Deltası, Karadeniz kıyısında, Bafra sahilinden Karadeniz'e döküldüğü noktada bulunmaktadır. Delta Karadeniz sahilinde doğal özelliklerini korumuş en önemli ve en büyük sulak alanlardan biridir.

Fırat'tan sonra Türkiye'nin ikinci büyük havzası olan Kızılırmak Havzası, İç Anadolu'nun doğu bölümünde yer alır. Ülke topraklarının yaklaşık % 11'ini kaplayan havzanın geniş bölümü tepelik alan görünümündeyken, yalnızca kuzey ve doğu kesimleri dağlıktır. Kırşehir ve Kırıkkale illerinin bütünü; Sivas, Kayseri, Yozgat, Nevşehir, Kastamonu, Çankırı illerinin il merkezleri ve büyük bir kısmı; Niğde, Ankara, Çorum, Sinop, Aksaray ve Samsun illerinin önemli kısımları havza içinde kalır (Tübitak, 2010).

Toplam yağış alanı 78.646 km² olan Kızılırmak Havzası'nın yıllık ortalama yağış yüksekliği 446 mm; yıllık ortalama akışı ise 164,15 m³/s' dir. Havzanın kıyı kesimlerinde deniz, iç kesimlerinde ise karasal iklim özellikleri egemendir. En az yağış alan kesim havzanın çukurluk olan orta kesimleridir. Havzanın bu kesimlerinde yıllık yağış ortalaması 300–400 mm arasında değişmektedir. Kızılırmak Havzası'nın güneybatısını oluşturan Kayseri, endüstrinin en yoğun olduğu illerden biri ve havzanın en kalabalık yerleşim merkezidir (Tübitak, 2010).

Yeşilirmak Nehri, Türkiye'nin en önemli akarsularından biri olup, Türkiye'nin kuzey doğusunda yer alır. Yeşilirmak Nehri, Sivas'ın kuzeyinde Köseadağ eteklerinden doğarak Karadeniz'e dökülür. Yaklaşık 519 km uzunluğunda sahip olan Yeşilirmak Nehri Türkiye'nin en uzun 2. nehridir. Nehir Tokat, Amasya, Samsun illerinden geçerek çeşitli akarsularla birleşir. Nehir başlıca Tozanlı, Kelkit, Çekerek çayı olmak üzere üç kolun birleşmesinden meydana gelir. Kelkit çayı nehrin en büyük koludur. Doğduğu Köse Dağlarından itibaren batıya doğru akan Yeşilirmak, Tokat ve Turhal Ovalarından geçerek Amasya Ovası'ndan itibaren kuzeye yönelir, Canik Dağları'nı yararak Topuzlu ve Eğrikiraz Dağları arasından Çarşamba Ovası'na açılır. Nehrin kollarıyla beraber taşıdığı

alüvyonlar Çarşamba ovasını oluşturur. Bu ova içinden geniş bir delta yapan Yeşilırmak, Çatlı burnundan denize dökülür. Üzerinde Almus, Ataköy, Hasan Uğurlu ve Suat Uğurlu Barajları'nın kurulduğu Yeşilırmak nehri düzensiz bir rejime sahiptir. Havza alanı yaklaşık olarak 3.873.280 hektardır. Havzanın Türkiye alanına oranı % 5' dir. Yeşilırmak Havzası yağış alanı 36.129 km²' dir. Yıllık ortalama m²' ye düşen yağış 646 mm' dir. Tokat, Samsun, Amasya, Çorum, Sivas, Yozgat, Gümüşhane, Giresun, Erzincan, Ordu ve Bayburt olmak üzere 11 il havza sınırları içerisindedir. (URL-2, 2016; Tübitak, 2010) (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye su havzaları ve çalışma gerçekleştirilen noktalar

Kızılırmak ve Yeşilırmak havzalarından Karadeniz'e boşalan farklı debilerde ve uzunluklarda başka akarsular da mevcuttur. Bu akarsulardan bazıları; Engiz çayı, Taşkelik deresi, Abdal deresi, Terme çayı, Kütrün ırmağı, Mert ırmağıdır.

Kızılırmak havzasında bulunup Karadeniz'e dökülen Engiz çayı 30 km uzunluğa sahip olup yıllık ortalama debisi 2,63 m³/s' dir. 19 Mayıs ilçe merkezinde Samsun–Sinop karayolunu geçerek Karadeniz'e ulaşır. Alaçam ilçesinde Kızılırmak'ın batısından Karadeniz'e dökülen Taşkelik deresi 33 km uzunluğa ve 1,02 m³/s debiye sahiptir.

Yeşilırmak havzası sınırları içinde İrmaksırtı mevkiinde Yeşilırmak nehrinin batısında Samsun–Ordu karayolunu geçerek Karadeniz'e dökülen akarsulardan biri olan Abdal deresi yıllık ortalama 5,34 m³/s debiye sahiptir. Samsun Terme ilçesinde Yeşilırmak'ın doğusundan Karadeniz'e dökülen Terme çayı 35 km uzunlukta olup yıllık ortalama 7,05 m³/s debi ile akar. Kütrün ırmağı 1,48 m³/s yıllık ortalama debi ile Samsun il merkezinde Karadeniz'le birleşir. Samsun il merkezinden Karadeniz'e dökülen Yeşilırmak

havzasında bulunan bir diğer akarsu olan Mert ırmağı, 36 km uzunluğa sahiptir (Samsun İl Çevre Durum Raporu, 2012).

Kızılırmak ve Yeşilirmak havzalarında Karadeniz' e dökülen akarsular incelendiğinde, Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri; uzunlukları, debileri ve yağış alanları ile buldukları havzaları temsil etmesi bakımından önemli yer tutmaktadır.

1.5. Besin Elementleri ve Karasal Taşınımlar

Besin tuzu (nutrient) kelimesi tüm organizmaların gelişimi için önemli ve gerekli olan elementleri niteler. Besin tuzları (azot, fosfat ve silikat), birincil üreticilerin temel besin kaynağı olup inorganik maddelerdir. Tuzlu ve tatlı sularda besinlerini kendileri sentezleyen ototrof canlılar, çevresel koşulların üretim için uygun olması durumunda gerek derin sulardaki gerekse akarsular ve atmosfer yoluyla denize taşınan besin tuzlarını sıklıkla kullanırlar. Fotosentez yoluyla tüketilen besin tuzları, canlı hücresinde basit organik bileşiklerden başlayarak daha karmaşık ve temel yapı taşlarını oluşturan çok sayıda organik bileşiğin sentezinde kullanılır (Pilson vd., 1998; Parsons vd., 1984).

Sucul canlıların hayatlarını sürdürebilmeleri açısından besin tuzlarına ihtiyaç vardır. Azot, fosfor ve silikat gibi besin elementleri, planktonik organizmaların büyüme ve dağılımını ışık ile birlikte etkileyen en önemli faktörlerdendir. (Callow ve Petts, 1992; Horne ve Goldman, 1994). Besin elementlerinin seviyeleri, suda trofik seviyeyi de etkileyen unsurların başında gelmektedir. Trofik durum, sudaki besinlerle dere-akarsuların veya göllerin zenginleşme miktarını ifade eder. Trofik durum belirlenmesinde besin yüklemesi, besin konsantrasyonu, verimliliği, fitoplanktonun tür bileşimi, fauna ve flora miktarı ve niteliği gibi çok sayıda ölçüt kullanılır (Carlson, 1977).

Trofik durumlarına göre sular oligotrofik, mezotrofik ve ötrofik olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar. Biyolojik aktivitenin minimum, besin ve üretkenliğin düşük olduğu nispeten temiz kabul edilen sular oligotrofik sınıftadır. Daha çok besin ve bu nedenle daha çok biyolojik aktivitenin olduğu sular için ise seviye mezotrofik seviye olarak kabul edilmektedir. Besin bakımından zengin, yüksek biyolojik üretkenliğe sahip, yoğun fitoplankton büyümelerinden dolayı bulanık olan sular için seviye ötrofik olmaktadır (Carlson, 1977). Bu açıdan da bakılacak olursa, suda besin tuzlarının takip edilmesi ve düzeylerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

Suda bulunan çözülmüş besin tuzları azot, fosfat, karbon ve silikat formları olarak

nitelendirilir. Azot; organik içerikli azot, üre ve amino asitlerin indirgenmiş halidir. NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ formlarında bulunur. İnorganik amonyum ve nitrat formlarının her ikisi de fitoplanktonlarca talep edilen formlardır (McCarthy vd., 1977, McCarthy vd., 1984). Fosfatın orta, para ve meta fosfat olmak üzere üç yapısal hali bulunur. Silikat suda alüminyum silikat killeri, çözülmüş silikat ve kristalize silikat şekline bulunur.

Son çeyrek yüzyılda, Karadeniz'in özellikle kuzey ve batı kesimlerindeki besin tuzu yoğunluklarında önemli miktarlarda artış meydana gelmiştir. Besin tuzlarının Karadeniz'e taşınmasında, taşıdığı besin tuzu miktarı belirlenememesine rağmen atmosferin çok önemli bir kaynak olduğu bilinmektedir. Bununla beraber nehirlerin de besin tuzları taşınımındaki rolü oldukça yüksektir ve belli başlı nehirler aracılığıyla taşınan yıllık besin tuzu miktarı hakkında bazı çalışmalar mevcuttur (Bat vd., 2007).

Drenaj havzası oldukça geniş olan Karadeniz'in yüzey sularına hem karadan ve atmosferden hem de kendi ara tabaka sularından dikey karışım ve difüzyon yoluyla inorganik besin elementleri (fosfat, nitrat, amonyak) taşınmaktadır. Bu girdiler, fotosentez yoluyla hemen kullanıldığından, Karadeniz yüzey tabakasında inorganik besin tuzları birikimi olmamaktadır. Fotosentez yoluyla planktonlarca tüketilen inorganik besin tuzları, sentezlenen organik maddenin yapısına girerek yüzey sularında katı ve çözülmüş organik azot ve fosfor bileşiklerine dönüşmektedir (Salihoğlu ve Mutlu, 2000).

Karadeniz'de nehir etkisi dışında kalan alanların yüzey sularında azot ve fosfor derişimi oldukça düşüktür. Son 15 yılın ortalama değerleri, geçmiş bulgularla karşılaştırıldığında sistemli azalma yada artış eğiliminin olmadığı görülmüştür (Tuğrul vd., 1992; Murray vd., 1995; Yılmaz vd., 1998a). Açık sularda genellikle 0,07-0,3 μM aralığında değişen nitrat değerleri, kıyıda 0,5-0,8 μM seviyesine kadar ve nehirlerin döküldüğü delta bölgelerinde, örneğin Tuna nehri ağzında, 6-8 μM ' a (Cociasu vd., 1996) kadar yükselmektedir.

Sürdürülebilir bir ekosistem için su kalite parametrelerinin ve besin dinamiğinin ilk halkalarını oluşturan basamakların sürekli olarak takip edilmesi ve raporlanması gerekmektedir. Yarı kapalı bir deniz olan Karadeniz, dünya denizleri arasında önemli bir yer tutmakta, iklim değişiklikleri, ötrofikasyon, balıkçılık faaliyetleri ve kirlilik gibi değişik faktörlerden etkilenmektedir. İzleme projeleri bu tür faktörlerin araştırılması ve ortaya koyulması için önemlidir.

1.5.1. Azot

Azot, canlılar için temel bileşen olan amino asitler ile bunlardan oluşan protein ve peptidleri oluşturmaktadır. Bu sebeple canlı besin maddelerinin de vazgeçilmez bir bileşenidir.

Azot su ortamında çeşitli bileşimlerde bulunabilmektedir. Azotun yüzey suları ile atık sularda rastlanılan en yaygın formları, azalan oksidasyon kademesine göre nitrat azotu (NO_3^- -N), nitrit azotu (NO_2^- -N), amonyak azotu (NH_3^+ -N) ve organik azot (Org-N) şeklinde sıralanmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Çeşitli azot türleri için kısaltma ve tanımlamalar (Metcalf ve Eddy, 2001).

Azot Formu	Kısaltma	Tanım
Amonyak Gazı	NH_3	NH_3
Amonyum Azotu	NH_4^+ -N	NH_4^+ -N
Toplam Amonyak Azotu	TAN	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
Nitrit	NO_2^-	NO_2^-
Nitrat	NO_3^-	NO_3^-
Toplam İnorganik Azot	TIN	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$
Toplam Kjeldahl Azotu	TKN	Organik N + $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
Organik Azot	Organik N	$\text{TKN} - (\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+)$
Toplam Azot	TN	Organik N + $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$

Azotlu bileşiklerin sucul ortama geçmeleri birçok yolla olmakla birlikte, genellikle evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesi, kanalizasyon kaynaklı sızmalar ve artan besin ihtiyacını karşılamak için kısıtlı olan tarım arazilerindeki aşırı gübreleme neticesinde gerçekleşmektedir (Karagözoğlu vd., 1998).

Bir suda bulunan organik azot aerobik bakteriler aracılığıyla önce nitrite (NO_2^-) sonra nitrata (NO_3^-) yükseltgenir. Kirlenme uzun bir zaman önce olmuşsa, organik azot bütünüyle nitrata yükseltgenmiş demektir.

1.5.1.1. Nitrat Azotu (NO_3^- -N)

Genellikle bir azot ve üç oksijen atomundan oluşan negatif yüklü bir bileşik olan nitrat, sucul ortamlardaki verimliliği etkileyen önemli parametrelerden biridir (Atay, 1995). Sulardaki nitrat iyonları tarımsal amaçlı kullanılan nitratlı gübrelerden, hayvansal ve bitkisel atıkların içerdiği protein ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın

oksitlenmesinden, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucunda azotun doğrudan azot oksitlere yükseltgenmesi ve bu oksitlerin sudaki reaksiyonlarından kaynaklanmaktadır (Solak, 2003). Nitrat pek çok doğal su ortamlarında makul derişimlerde bulunur; ancak gerek atık suların deşarjı ve gerekse gübre kullanımına bağılı olarak nitrat derişimi yeraltı sularında yüksek değerlere çıkarak zararlı bir kirletici halini alabilir.

1.5.1.2. Nitrit Azotu (NO_2^- -N)

Sudaki azot formlarından biri olan nitrit, oldukça kararsız bir azot formu olup ortamda nitrifikasyon veya denitrifikasyon reaksiyonlarının gerçekleştiğini gösteren bir iyondur. Temiz sularda bulunmaz veya eser düzeyde bulunur. Kararsız olmasından ötürü ortamda birikim yapmadan nitrat iyonuna dönüşür (Boyd ve Tucker, 1998). Akuatik canlılar için zehirli olmasından dolayı doğal sularda bulunması sakıncalıdır. Sucul ortamlarda bulunması, ortamda evsel ve endüstriyel atık kaynaklı kirliliğin olduğuna işaret eder (Stevens ve Laughlin, 1994; Girgin ve Kazancı, 1994). Sulardaki nitrit'in kaynağını; organik maddeler, azotlu gübreler ve tabiattaki bazı mineraller teşkil etmektedir. Sudaki nitrit miktarının 1 mg/L'nin üzerine çıkması kirliliğin başladığını gösterir (Yılmaz vd., 1995).

Sularda nitrit düzeyinin 0,003 mg/l altında olması, nitrit bakımından sulara kirleticilerin karışmadığını göstermektedir (Wetzel, 2001).

1.5.1.3. Amonyum Azotu (NH_4^+ -N)

Amonyak, ortamın pH'sına bağılı olarak Amonyak veya Amonyum iyonu şeklinde bulunur. Amonyak azotu sudaki canlıların yaşaması için gerekli olan oksijeni azaltmakta, metallerin ve yapı malzemelerinin korozyonunu hızlandırmaktadır. Belediye, tarım ve endüstriyel atıkların oluşturduğu amonyak azotu, göl veya nehirlere oradan da içme suyu kaynaklarına karışmaktadır.

1.5.2. Fosfor

Canlı tabiat için azot gibi fosfor da çok önemlidir. Fosfor birçok yüksek enerjili

organik molekül içinde bulunur ve metabolizmada önemli rol oynar. Sularda genellikle fosfat halinde bulunur. Sulardaki fosfat atık sulardan geldiği gibi, topraktan da gelebilir.

Yüzeysel sularda birincil üretimi sınırlayıcı bir diğer besin maddesi olan fosforun azotla birlikte atık sularda yoğun miktarda bulunması halinde birincil üretimin artmasına ve ötrofikasyona neden olurlar (Göncü, 2001). Fosfatlar geçmişten bu yana göllerin kirlenmesinde etkili olmuştur. Bu sebepten suda fosfat tayini önemlidir (Gündüz, 1994).

Fosforun tatlı sulardaki miktarı sınırlıdır ve miktarını etkileyen kaynaklardan en önemlileri atık sular ve gübrelerdir. Sulardaki orto-fosfat fosforunun normal değerleri 0,05-0,30 mg/L arasındadır (Cirik ve Cirik, 2005).

1.5.3. Silikat

Yerkabuğunun yaklaşık % 95'ini oluşturan silikatlar koryakaların büyük bölümünün temel bileşenleridirler. Bütün silikat minerallerinin temel yapısal birimi, merkezinde bir silisyum atomu, köşelerinde ise silisyum atomuna bağlanmış dört oksijen atomu bulunan düzgün bir dörtyüzlüdür.

Sucul ortamlarda silisyum derişiminde mevsimlere, derinliğe, bölgelere bağlı değişimler gözleendiği, bir hücreli alg çoğalmasının fazla olduğu ilkbahar aylarında Si derişiminin çok düşük düzeyde bulunmasına karşın, fotosentez' in az yoğun olduğu kış aylarında derişimde yükselme görüldüğü bildirilmektedir (Egemen ve Sunlu, 1996).

1.5.4. Toplam Askıda Katı Madde

Genellikle sediment maddeleri, kaya zerreleri, çamur veya kil mineralleri, kolloidal organik madde parçaları ve planktonlardan ibarettir. İnsan faaliyetleri sonucu olarak yüzey sularındaki askıda katı maddelerin miktarı artabilir. Aynı zamanda tarım arazilerinde meydana gelen erozyon da askıda katı madde miktarını artırır. Dolayısıyla suyun bulanıklaşmasını, yoğunlaşmasını, toksisitesini artırabileceği gibi ışık geçirgenliğini ve oksijen miktarını azaltarak fauna ve flora üzerine çökelerek su canlılarına zarar verir. Suda bulunan askıda katı madde miktarının aşırı artması, balıklarda solungaç gibi hassas dokuların zarar görmesine, yavru ve yumurta ölümlerine yol açmaktadır (Serdar, 2015; (Alabaster ve Lloyd, 1980).

Ülkemiz su kaynaklarında önemli bir yere sahip olan Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinde Alkan vd (2013), Baytut (2010), Bakan ve Büyükgüngör (2000), Tuncer vd (1998), Demirci (1993), ve Büyükgüngör vd., (2013) tarafından su kalitesi verilerinin mevsimsel değişimi ve nehirlerle Karadeniz' e taşınan yük üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur.

Bu araştırmada bugüne kadar yapılmış çalışmalardan farklı olarak çözünmüş besin elementleri ve askı yük açısından Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin Karadeniz'e etki düzeyinin belirlenmesi amacı doğrultusunda mevsimsel periyotlarla gerçekleştirilmiş, yaklaşık üç yıllık bir süreçte elde edilmiş bir veri seti yardımıyla nehirler tarafından taşınan yükün belirlenmesi hedeflenmiştir.

Ortam kalitesini belirlemek üzere alınan su numunelerinde herhangi bir parametre için yapılan ölçümlere ait % 90 veya 95 düzeyini ifade eden değer, karakteristik değer olarak tanımlanmaktadır. Yani, karakteristik değer, veri setinde %90–95 olasılıkla aşılması gereken değeri göstermektedir. Ülkemiz yasal mevzuatında yer almakla birlikte fiili uygulama örnekleri henüz yeterince gerçekleşmemiş olan akarsulara ait karakteristik değerlerin belirlenmesi ve çalışma kapsamında elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası kalite kriterlerine göre değerlendirilmesi bu çalışmanın nihai hedefleri arasında yer almaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanı ve Örneklem İstasyonları

Karadeniz gibi yarı kapalı denizlerde karasal besin tuzu girdisi, ötrofikasyonu tetikleme riski olması sebebiyle önem arz etmektedir. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden Karadeniz'e taşınan çözünmüş besin elementi seviyelerinin belirlenmesi, bulunan her bir besin elementi için karakteristik değer hesaplaması yapılarak sonuçların Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nce hazırlanmış tabloya göre sınıflarının karşılaştırılması amaçlanan bu çalışmada, istasyon olarak Samsun ili sınırları içerisinde bulunan Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin Karadeniz'e döküldüğü noktalar seçilmiştir. Örneklem istasyonlarına ait bilgiler Tablo-3'te, numune alma noktaları uydu görüntüleri ise Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 3. Örneklem istasyonları ve konumsal bilgileri

İstasyon Kodu	Örneklem Yapılan Nehir	İstasyonun Bulunduğu İl/İlçe	İstasyonların Koordinatları
SB	Kızılırmak	Samsun-Bafra	N 41°43.687' E035°57.638'
SÇ	Yeşilirmak	Samsun-Çarşamba	N 41° 22.291' E036° 39.474'



SB- Kızılırmak (Bafra-Samsun)



SÇ- Yeşilirmak (Çarşamba-Samsun)

Şekil 2. Örneklem istasyonlarına ait uydu görüntüleri

2.1.2. Ölçüm ve Örneklemeler

Bu çalışma Şubat 2013 tarihinde başlamış, mevsimsel örnekleme gerçekleştirmek üzere Şubat, Mayıs, Ağustos ve Kasım aylarında saha çalışması sürdürülüp Şubat 2017 tarihinde sonlandırılmıştır. Çalışma boyunca toplam 14 dönem numune alımı gerçekleştirilmiştir. Samsun Bafra'da bulunan Kızılırmak nehrindeki istasyon kodu (SB), Çarşamba'da bulunan Yeşilirmak nehrindeki istasyon kodu (SÇ) olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Örneklemeler dönemi

Çalışma No	Örneklemeler Zamanı (Tarih ve Saat)	
	Kızılırmak (SB)	Yeşilirmak (SÇ)
1	26 Şubat 2013 (10:00)	26 Şubat 2013 (13:15)
2	7 Mayıs 2013 (14:14)	7 Mayıs 2013 (17:55)
3	13 Ağustos 2013 (10:25)	13 Ağustos 2013 (13:41)
4	27 Kasım 2013 (11:45)	27 Kasım 2013 (16:00)
5	25 Aralık 2014* (10:00)	25 Aralık 2014* (13:00)
6	25 Şubat 2015 (11:22)	24 Şubat 2015 (16:45)
7	28 Mayıs 2015 (18:10)	28 Mayıs 2015 (15:35)
8	6 Ağustos 2015 (18:10)	6 Ağustos 2015 (14:45)
9	13 Kasım 2015 (11:30)	12 Kasım 2015 (15:35)
10	2 Mart 2016 (11:15)	2 Mart 2016 (15:45)
11	4 Mayıs 2016 (16:00)	5 Mayıs 2016 (10:30)
12	23 Ağustos 2016 (17:40)	24 Mayıs 2016 (13:20)
13	17 Kasım 2016 (09:00)	16 Kasım 2016 (14:50)
14	15 Mart 2017 (16:00)	15 Mart 2017 (13:50)

* 2014 yılı içerisinde İlkbahar ve Yaz dönemleri için 5 Mayıs 2014 ve 4 Ağustos 2014 tarihlerinde örnekleme amaçlı istasyonlara gidilmesine rağmen barajlarda su tutulması sonucu nehir ağızlarında su bulunmaması gerekçesiyle numune alımı gerçekleştirilememiştir.

Su örnekleri, nehrin yoğun akan, deniz ile etkileşimin olmadığı, kıyısal etkiden uzak ağız kısmından alınmıştır. Yerinde ölçümü yapılan pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve

çözünmüş oksijen parametrelerinin ölçümü HACH 40QD model taşınabilir çoklu parametre ölçer su analiz seti vasıtasıyla anlık olarak ölçülmüş, diğer parametreler için gerekli olan su numunesi ise nehir suyu ile çalkalanmış temiz bir kovaya teleskopik numune alma çubuğu yardımı ile doldurulmuştur.

Çözünmüş besin elementi (nitrat, fosfat, silikat) analizleri için kullanılacak su numunesi 0,45 µm gözenek çapındaki membran filtrelerden (GF/C) filtre edilmiş ve 100 mL'lik polietilen numune kaplarına alınmışlardır. Süzme işlemi taşınabilir (el tipi) vakum pompası yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Azot (NO_3^- -N, NO_2^- -N) analizi için gerekli numune bir kaba, Fosfat ve silikat numuneleri de ayrı ayrı 100mL'lik kaplara süzülerek doldurulmuşlardır. Numuneler 3 tekrar okunacağı için her şişe için 3x100 mL örnek alınmıştır. Numuneler temiz kaplara doldurulmadan önce süzülen suyla çalkalanarak doldurulmuş, böylece kaplarda ortam suyu için azami koşullar sağlanmıştır.

Askıda katı madde, bulanıklık, toplam sertlik, sülfat ve klorofil-a analizleri için gerekli su numuneleri, herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan 1000 mL'lik polietilen numune şişelerine doldurulmuştur. 3 tekrar okuma yapılacağından her bir istasyonda 3x1000 mL klorofil-a, 3x1000 mL diğer parametreler için su alımı gerçekleştirilmiştir. Alımı gerçekleştirilen numuneler araç tipi soğutucu ile laboratuvara taşınmıştır (Şekil-3) .



Şekil 3. Saha çalışmalarından kareler

2.2. Metot

2.2.1. Yerinde Yapılan Ölçümler

Fizikokimyasal su kalite parametrelerinden olan sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen ölçümleri arazi çalışması öncesi kalibre edilen multi sensörlü su kalitesi ölçüm cihazı (Hach 40QD) ile anlık olarak gerçekleştirilmiştir. Yerinde yapılan ölçümlerde kullanılan ölçüm cihazına ait özellikler Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Su kalitesi ölçüm cihazına ait özellikler (Hach 40QD)

Parametre	Ölçüm Aralığı	Duyarlılık
pH	0-14 pH	±0,002 pH
Elektriksel İletkenlik	0,01-200.000 μ S/cm	±0,5%
Çözünmüş Oksijen	0,1-20 mg/L	±0,01 mg/L
Sıcaklık	0-60°C	±0,1°C

Ölçüm yöntemi açısından bakılacak olursa; su kalite parametrelerinden sıcaklık termometrik yöntem, pH ve elektriksel iletkenlik elektrometrik yöntem, çözünmüş oksijen ise LDO (Lüminesans çözünmüş oksijen) yöntem kapsamında, cihazın propları vasıtasıyla akarsuda anlık olarak belirlenmiştir. Askıda katı madde miktarı gravimetrik yöntem ile tayin edilmiştir.

2.2.2. Besin Elementi Analizleri

Sularda nitratın belirlenmesinde, Ultraviyole (UV) spektrofotometrik yöntemler, kadmiyum veya hidrazin sülfat indirgemesi takiben spektrofotometrik veya kolorimetrik yöntemler, kadmiyum indirgemeyi takiben sürekli akış analizi (CFA) veya akış enjeksiyon analiz (FIA) yöntemleriyle kolorimetrik olarak, iyon kromatografik yöntemler, yüksek performanslı sıvı kromatografik (HPLC) yöntemler ve iyon seçici nitrat elektrod ile potansiyometrik olarak ölçülebilmektedir (Serdar, 2015). Bu çalışmada, kadmiyum indirgemeyi takiben sürekli akış analiz yöntemi kullanılarak otoanalizör cihazında kolorimetrik olarak ölçüm yapılmıştır.

Sularda Nitrit’in belirlenmesinde ise, spektrofotometrik, kolorimetrik, sürekli akış analiziyle (CFA) kolorimetrik, iyon kromatografik, termometrik titrasyon, elektrokimyasal

metotlar, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ve biyolojik sensörler gibi cihaz ve metotlar kullanılarak ölçülebilmektedir (Serdar, 2015).

Bir diğer besin elementi olan fosfatın suda tayini için bazı metotlar mevcuttur. Kolorimetri, atomik absorpsiyon spektroskopisi, HPLC, akışa enjeksiyon analizi, spektrofotometrik metotlar gibi yöntemlerle ölçülebilmektedir. Bu yöntemler genellikle molibdovanadat ve amonyummolibdat kullanan spektrofotometrik yöntemlerdir (Yıldız, 2012).

Sularda reaktif silikat'ın belirlenmesinde, molibdat reaktifi kullanılarak akış enjeksiyon analiz (FIA) tekniği ile kolorimetrik, molibdat reaktifi kullanılarak sürekli akış analiz (CFA) tekniği ile kolorimetrik, molibdosilikat ile spektrofotometrik yada kolorimetrik olarak ölçülebilmektedir (Serdar, 2015).

Besin elementi analizleri için, kolorimetrik sürekli akış analizi yöntemi ile çalışan SEAL AA3 HR marka kimyasal oto analizör cihazı kullanılarak ölçüm gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Ölçüm ve analizlerin kalite kontrolü amacıyla örneklemeler 3 paralel gerçekleştirilmiş, her örnekleme döneminde rastgele belirlenmiş olan numunelerin bir kısmına standart ekleme prosedürü uygulanmıştır. Nihayi olarak yöntemlerin doğruluğunu test etmek için sertifikalı referans materalı kullanılmıştır. Söz konusu parametreler için Fapas tarafından düzenlenen yeterlilik testlerinden başarı sağlanmıştır.



Şekil 4. Otoanalizör cihazı

Nitrat azotun nitrite indirgenmesi sağlanan otomatik kadmiyum indirgeme (CFA SM 4500 NO₃⁻ F.) metodu, nitrit azotu otomatik kolorimetrik sürekli akış analizörü (CFA) metodu, amonyum azotu otomatik salisilat sürekli akış analizörü (CFA SM 4500 NH₃-G.) metodu, o-fosfat fosforu otomatik askorbik asit sürekli akış analizörü (CFA SM 4500-P F.)

metodu ve silikat otomatik molibdat sürekli akış analizörü (CFA SM SM 4500-SiO₂ E.) metodu, besin elementleri için kullanılan metotlardır (APHA, 2011).

Besin elementi analizleri için tüm reaktif pipetleri saf su içerisinde konularak cihaz çalıştırılır. Kimyasal Oto analizör ile kolorimetrik olarak Nitrit, Nitrat, Amonyak, Fosfat ve Silikat tayinleri için öncelikle cihazın yazılım programı (AACE 6.01) yardımıyla analizlerde kullanılacak kalibrasyon çözeltileri, kalite kontrol çözeltileri ve numunelere ait bilgilerin girildiği bir protokol hazırlanır. Baseline stabil oluncaya kadar (yaklaşık 30 dk) tüm sistem saf su ile yıkanır. Ardından cihaz aplikasyon notlarında belirtildiği şekilde reaktif pipetleri ilgili reaktif şişelerinin içerisinde yerleştirilir ve şişelerin ağızları parafilm ile kapatılır. En yüksek kalibrant kullanılarak pik yüksekliği % 90 seviyesinde olacak şekilde gain ayarı yapılır ve baseline (sıfır çizgisi) kararlı oluncaya kadar beklenir. Protokolü hazırlanmış olan analiz sayfası seçilerek sistem çalıştırılır. Cihaz oto örnekleyici yardımıyla protokolda belirtilen sırayla kalibrasyon, kontrol çözeltileri ve numuneleri alarak sisteme verir. Protokolda belirtilen sayıda numunenin analiz edilmesiyle sistem otomatik olarak durdurulur. Sonuçlar yazılım tarafından μM cinsinden hesaplanmış olarak verilir. Seyreltme varsa sonuçlar seyreltme faktörü ile çarpılır. Örnek analizleri tamamlandıktan sonra sistem temizlik prosedürüne uygun olarak yıkatılır. Yıkama tamamlandıktan sonra cihaz kullanma talimatına uygun olarak kapatılır.

Nitrat analizi için numunelerin analizinden önce kadmiyum kolonu şartlandırılır. Nitrit analizi yapılacak numunelerde asla asitle koruma yapılmamalıdır. Nitritin, nitrat ve amonyağa bakteriyel dönüşümünü engellemek için taze numunelerde acilen analiz yapılmalıdır. 1-2 günlük kısa dönem korumalar için numuneler -20°C 'de dondurulabilir veya $+4^{\circ}\text{C}$ 'de saklanabilir.

Silikat örneklemede kesinlikle cam şişeler kullanılmamalıdır ve silikat numunesi saklama için kimyasal koruma önerilmez. Asit eklenmesi reaktif silikat türlerinin polimerizasyonuna sebep olabilir. Örnekler toplanır toplanmaz herhangi bir kimyasal ilave etmeden karanlık ve serin ortamda ($+4^{\circ}\text{C}$) saklanmalıdır.

Fosfor plastik tarafından adsorbe edilebileceğinden, düşük derişimlerde fosfor içeren numuneler dondurulmadıkça plastik şişelerde saklanmamalıdır.

2.2.3. Diğer Ölçüm ve Analizler

Askıda katı madde, bulanıklık, toplam sertlik, sülfat ve klorofil-a miktarının belirlenmesinde kullanılacak su numuneleri herhangi bir ön işlem yapılmadan laboratuvar ortamına ulaştırılması sonrası su analiz laboratuvarında gerekli ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir.

Bulanıklık, nefelometrik yöntemle belirlenen parametresinin ölçümü, 0–450 FTU aralığında ölçüm yapabilen HACH DR/2000 model spektrofotometre cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Askıda katı madde tayini, suda bulanıklığı oluşturan maddelerin miktarının belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, askıda katı madde miktarı, SM 2540 D metoduna göre gravimetrik yöntemle tayin edilmiştir.

Toplam sertlik analizi SM 2340 C metoduna göre EDTA ile titrasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Sülfat tayininde, yaygın olarak gravimetrik kalıntı (yakma ve kurutmalı) ve türbidimetrik metotlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, türbidimetrik yöntem ile spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür.

Klorofil-a'nın belirlenmesinde standart olarak spektrofotometrik, florometrik ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, klorofil-aseton ekstraksiyonunu takiben spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan analiz metotları ve tayin limitleri Tablo 6' da verilmiştir.

Tablo 6. Kullanılan analiz metotları ve tayin limitleri

Parametre	Metot	Tayin Limiti	Kullanılan Cihaz
Nitrat Azotu	SM 4500 NO ₃ - F. / Modifiye Otomatik Kadmiyum İndirgeme Yöntemi	0,015 µM	
Nitrit Azotu	SM 4500 NO ₃ - F. / Modifiye Otomatik Kolorimetrik Yöntem	0,003 µM	
Amonyum Azotu	SM 4500 NH ₃ G. / Modifiye Otomatik salisilat yöntemi	0,040 µM	SEAL AA3 HR Kimyasal Otoanalizör
o-Fosfat Fosforu	SM 4500-P F. / Modifiye Otomatik askorbik asit indirgeme yöntemi	0,024 µM	
Silikat	SM 4500-SiO ₂ E. / Modifiye Otomatik molibdat reaktif silika yöntemi	0,030 µM	
Bulanıklık	Metot 8237 (DR2000) Absorptometrik Metot	0-450 FTU	Hach DR2000 Spektrofotometre
Klorofil-a	Aseton Ekstraksiyon Metodu sonrası Spektrofotometrik Tayin (SM 10200 H)	-	Shimadzu UV 1240 Spektrofotometre
Sülfat	Metot 8051: Sulfaver (Toz Kit)	0-65 mg/L	DR2000 Spektrofotometre

2.2.4. İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde Statsoft Statistica (Version 12) paket programı kullanılmıştır. Nehirler arasında yapılan karşılaştırmalar t testi, mevsimler arasında karşılaştırmalar ise varyans analizleri ile gerçekleştirilmiştir.

2.2.5. Besin Elementleri İçin Karasal Taşınım Miktarının Hesaplanması

Özellikle büyük şehirler için içme ve kullanma suyu kaynağı olarak kullanılan su havzaları aşırı yapılaşma, sanayi ve tarım gibi faaliyetler sonucu kirlenmektedir. Sulak alanlarda gerçekleştirilen bu antropojenik faaliyetler, hassas bir durumda olan kıyısal deniz ekosistemini tehdit etmektedir. Bu bakımdan nehirler tarafından taşınan besin girdilerinin ölçülmesi ve izlenmesi oldukça önemlidir.

Akarsular tarafından taşınan ton cinsinden yıllık ortalama besin elementi yükü (L), ölçülen derişim ile akarsu debisinin çarpımının yıllık değeri olarak hesaplanmaktadır (Gurumurthy vd., 2014).

$$L_{\text{yıllık}} (\text{ton.yıl}^{-1}) = \text{Debi} (\text{m}^3.\text{s}^{-1}) \times \text{Derişim} (\text{mg.L}^{-1}) \quad (1)$$

Richards (1998)' de mg/L cinsinden derişim ve m³/s cinsinden nehir debisi verisinden günlük yüke ulaşmada 0,0864 katsayısı kullanılmaktadır. Bu durumda günlük yük;

$$L_{\text{günlük}} (\text{ton.gün}^{-1}) = \text{Debi} \times \text{Derişim} \times 0,0892 \quad (2)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Bu çalışmada akarsular tarafından taşınan ortalama besin elementi miktarı (ton.yıl⁻¹), yukarıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

2.2.6. Besin Elementleri İçin Karakteristik Değer Hesaplanması

Su kalitesi karakteristik değeri, ortam kalitesini belirlemek üzere alınan su numunelerinde herhangi bir parametre için yapılan ölçümlere ait % 90 veya 95 değerini ifade eder. Karakteristik değerler, yüzdelik hesaplarında kullanılan istatistiksel hesaplama

yöntemleriyle hesaplanmaktadır. Yüzdelerik değeri hesaplarında tek bir standart yöntem olmayıp, literatürde kabul edilen çeşitli yöntemler mevcuttur. Karakteristik değerler, değişik istatistiksel dağılımlar göz önünde bulundurularak birden çok yöntem ile hesaplanabilmektedir (Tübitak, 2010).

Karakteristik değeri hesaplamada kullanılan yüzdelerik değeri kavramı geçmişte, 30 Kasım 2012 tarihinde yayınlanan “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” kapsamında yer almıştır. 15 Nisan 2015 ve 10 Ağustos 2016 tarihlerinde yapılan değişikliklerle yönetmelik “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” olarak revize edilmiştir. Yüzdelerik değeri hesabı kavramı güncel mevzuatta 29 Haziran 2012 tarihli “İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik” içeriğine yerleştirilmiştir.

Su kalitesi veri setlerinde karakteristik değeri hesaplanırken, % 90 veya % 95 ihtimalle aşılmayacak değeri belirlenmesi maksadıyla verilen istatistiksel yöntemler uygulanmakta ve belirlenen değeri üzerindeki veriler veri seti dışında bırakılmaktadır. Kalan verilerin aritmetik ortalaması sınıflandırmaya esas teşkil etmektedir. Yüzdelerik değeri hesaplamalarında, seçilen istatistiksel yöntemle bağı olarak gerekli asgari veri sayısı ile sıra numarası formülleri farklılık göstermektedir. Yüzdelerik hesaplamalar ilk 3 yılda numune sayısı 10’un üzerinde olan izleme verilerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Veri sayısı 10’dan az olduğunda yüzde değeri hesabı yapılamayacağından, verilerin aritmetik ortalaması alınarak kategori belirlenmektedir. Bu yöntemlerde kullanılan yüzde kesri ve yüzdelerik değeri formülleri Tablo 7’de verilmiştir (T.C. Resmi Gazete, 29.06.2012, 28338).

Tablo 7. İstatistiksel veri değerlendirme formülleri

Yöntem	Yüzde Kesri	Yüzdelerik Değeri	Gerekli Minimum Veri Sayısı (% 95’lik değeri için)
Hazen	$p = \frac{r - \frac{1}{2}}{n}$	$P = 100 \cdot \left(\frac{n - \frac{1}{2}}{n} \right) = 100 - \frac{50}{n}$	10
Weibull	$p = \frac{r}{n+1}$	$P = 100 \cdot \left(\frac{n}{n+1} \right) = \frac{100 \cdot n}{n+1}$	19
Logaritmik	$p = 0,95$ $p = 0,90$	$P = \log^{-1} (\mu + 1,65 \sigma)$ $P = \log^{-1} (\mu + 1,282 \sigma)$	Minimum 3 yıllık veri

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

Yapılan bu çalışmada toplanan veri sayısı dikkate alındığında karakteristik değer hesaplamasında Hazen İstatistiksel Veri Değerlendirme Yöntemi kullanılmıştır.

Hazen yönteminin uygulama adımları aşağıdaki şekildedir:

- n adet su kalitesi verisi küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sıralanmış veri seti X_i : $i = 1, 2, \dots, n$ olarak adlandırılır.
- Seçilen yöntemin gerektirdiği asgari veri sayısı kontrol edilir. Yeterli veri mevcutsa, Hazen yönteminin uygulanmasına geçilir.
- $p = \frac{P}{100}$ ve $r = pn + \frac{1}{2}$ eşitlikleri kullanılarak yüzde kesri (p) ve sıra numarası (r) hesaplanır. Sıra numarası genellikle kesirli bir sayıdır.
- Kesirli sıra numarasının bir altı ve üstündeki tam sayılara karşı gelen veriler arasında doğrusal enterpolasyon yapılarak, aşağıdaki ifade yardımıyla r'ye karşı gelen su kalitesi değeri (X_r) hesaplanır.

$$X_r = (1-f).X_i + f.X_{i+1} \quad (3)$$

X_i : r'nin tam kısmı, f: r'nin ondalık kısmı olarak ifade edilmektedir.

Bu çalışmada Hazen yöntemi kullanılarak nitrat azotu, nitrit azotu, amonyum azotu, o-fosfat fosforu ve silikat değişkenleri için karakteristik değerler hesaplanmıştır. Örnek olarak Yeşilirmak nehrinde çalışma boyunca elde edilen nitrat azotu verilerinin tamamı kullanılarak (Tablo 8) Hazen yöntemi ile karakteristik değer hesaplanması adımları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 8. Hazen yöntemi ile karakteristik değer hesabında kullanılan NO_3^- -N veri seti

NO_3^- -N Verileri (μM)	Sıralanmış NO_3^- -N Verileri (X) (μM)	Sıra No (r)
85,17	27,96	1
81,55	41,84	2
41,84	48,41	3
56,31	56,31	4
90,09	56,78	5
69,20	59,23	6
61,42	61,42	7
56,78	69,20	8
76,19	73,24	9
86,81	76,19	10
27,96	81,55	11
48,41	85,17	12
59,23	86,81	13
73,24	90,09	14

$$r = pn + \frac{1}{2} = 0,95 \times 14 + \frac{1}{2} = 13,8 \quad \left. \vphantom{r} \right\} p=0,95 \text{ için sıra no}$$

$$f = 13,8 - 13 = 0,8 \quad \left. \vphantom{f} \right\} r \text{'nin ondalık kısmı}$$

$$i = 13 \quad \left. \vphantom{i} \right\} \text{Tam sayı kısmı}$$

$$X_r = (1-f) \cdot X_i + f \cdot X_{i+1}$$

$$X_{13,1} = (1-0,8) \cdot X_{13} + 0,1 \cdot X_{14}$$

$$X_{13,1} = (1-0,8) \cdot 86,81 + 0,8 \cdot 90,09 = 89,434 \mu\text{M} \quad (\text{NO}_3^- \text{-N karakteristik değeri})$$

3. BULGULAR

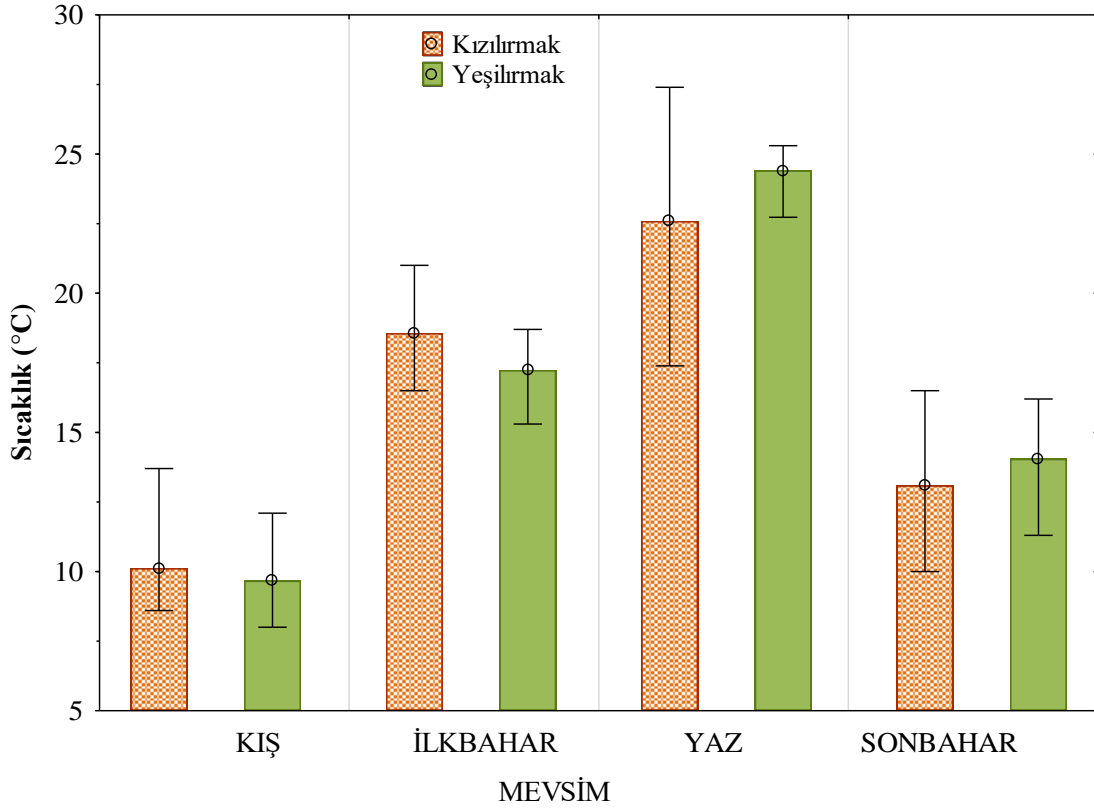
3.1. Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi Parametreleri

Bu çalışma kapsamında Kızılırmak ve Yeşilirmak nehir ağızlarında belirlenmiş istasyonlarda 2013-2017 yılları arasında mevsimsel periyotlarla gerçekleştirilmiş toplam 14 örnelemeye ait ölçüm ve analiz sonuçları minimum, maksimum ve ortalama değer olarak Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Ölçüm ve analizlere ait minimum, maksimum ve ortalama değerler

Parametre	Kızılırmak (SB)		Yeşilirmak (SÇ)	
	Ortalama± Std. Sp.	Min-Maks.	Ortalama± Std. Sp	Min-Maks.
Debi (m ³ /s)	93,9±63,1	6,5-182	133,3±71,0	9,9-249,7
Sıcaklık (°C)	15,5±5,7	8,6-27,4	15,7±5,7	8,00-25,3
pH	8,1±0,3	7,7-8, 5	7,9±0,3	7,3-8,3
Elektriksel İletkenlik (mS/cm)	1,47±0,56	0,19-2,28	0,55±0,34	0,05-1,59
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	10,10±1,19	7,90-12,50	9,19±1,73	6,56-11,74
Bulanıklık (FTU)	7,96±7,47	1,00-31,00	7,30±3,78	3,00-14,00
Askıda Katı Madde (mg/L)	18,1±29,1	2,6-112,6	13,3±18,4	3,7-75,5
Toplam Sertlik (mg CaCO ₃ /L)	400±101	152-573	246±66	180-420
Klorofil-a (µg/L)	1,46±1,87	0,02-7,57	1,25±1,26	0,10-3,57
Sülfat (mg/L)	387±123	235-725	60,3±9,1	40,8-78,3
Nitrat Azotu (µM)	35,23±12,47	16,79-63,06	65,30±18,33	27,96-90,09
Nitrit Azotu (µM)	1,39±0,91	0,24-3,18	0,84±0,45	0,33-1,84
Amonyum Azotu (µM)	7,64±3,33	2,46-12,14	5,21±4,82	1,25-20,19
o-Fosfat Fosforu (µM)	0,54±0,20	0,16-1,10	1,55±2,00	0,50-8,23
Silikat (µM)	272±68	172-435	275±58	181-398

Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinde belirlenmiş olan istasyonlarda sıcaklık, pH, Elektriksel İletkenlik, Çözünmüş Oksijen, Bulanıklık, Askıda Katı Madde, Toplam Sertlik, Klorofil-a, Sülfat, Nitrat Azotu, Nitrit Azotu, Amonyum Azotu, o-Fosfat Fosforu ve Silikat parametreleri ile Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen limitleri Şekil 5 - Şekil 18'de verilmiştir. Grafikler söz konusu parametrelere ait mevsimsel ortalama (box), minimum ve maksimum değerleri (whisker) içermektedir.



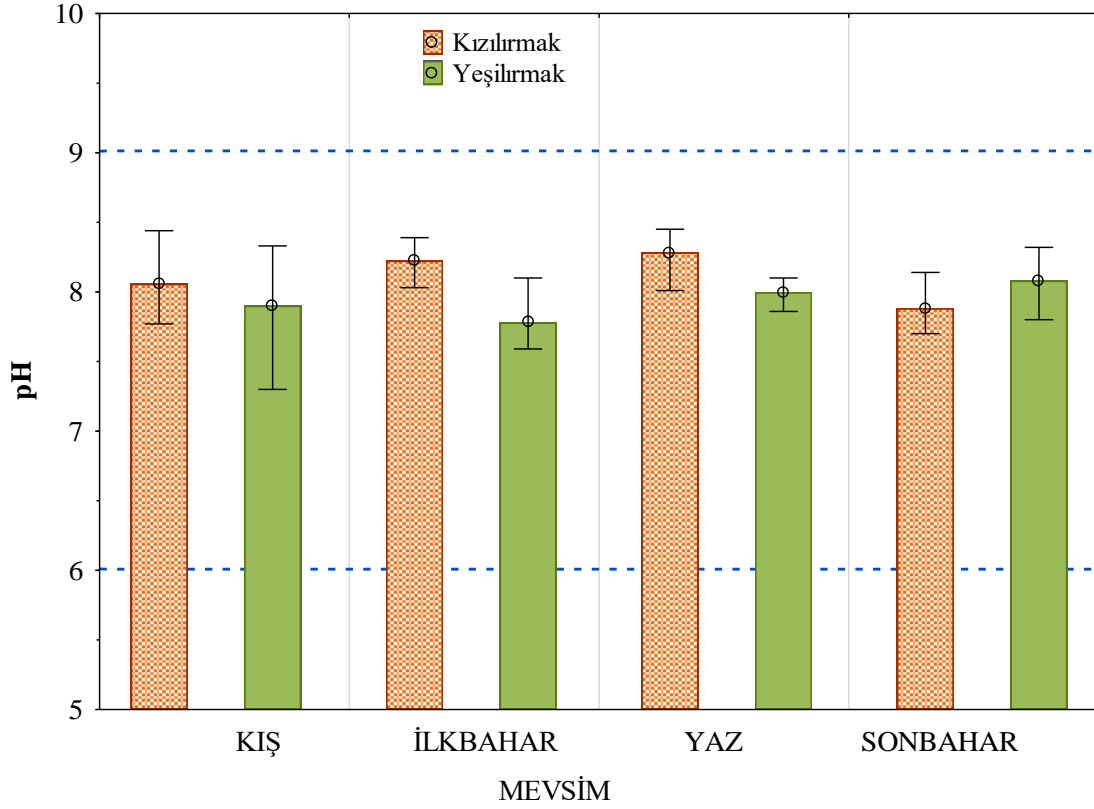
Şekil 5. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel sıcaklık değişimleri

Çalışma süresince ortalama sıcaklık değeri Kızılırmak nehrinde $15,5 \pm 5,7$ °C ve Yeşilirmak nehrinde $15,7 \pm 5,7$ °C olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama sıcaklık değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $10,1 \pm 2,4$ °C; $18,6 \pm 2,2$ °C; $22,6 \pm 5,0$ °C ve $13,1 \pm 3,1$ °C olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama sıcaklık değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $9,7 \pm 1,8$ °C; $17,2 \pm 1,7$ °C; $24,4 \pm 1,5$ °C ve $14,1 \pm 2,2$ °C olarak belirlenmiştir.

Kızılırmak nehrinde sonbahar ve yaz dönemi sıcaklık farklılıkları istatistiki açıdan $P=0,05$ düzeyinde önemsizken diğer tüm mevsimlerin birbirleri arasındaki farklılık

istatistiki açıdan anlamlıdır. Yeşilırmak nehrinde ilkbahar ve sonbahar sıcaklıkları benzerlik gösterirken diğer tüm mevsimlerdeki sıcaklık farklılıkları önemli düzeydedir.

Sıcaklık yönünden Kızılırmak ve Yeşilırmak nehirleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ($P<0.05$) anlamlı düzeyde değildir.

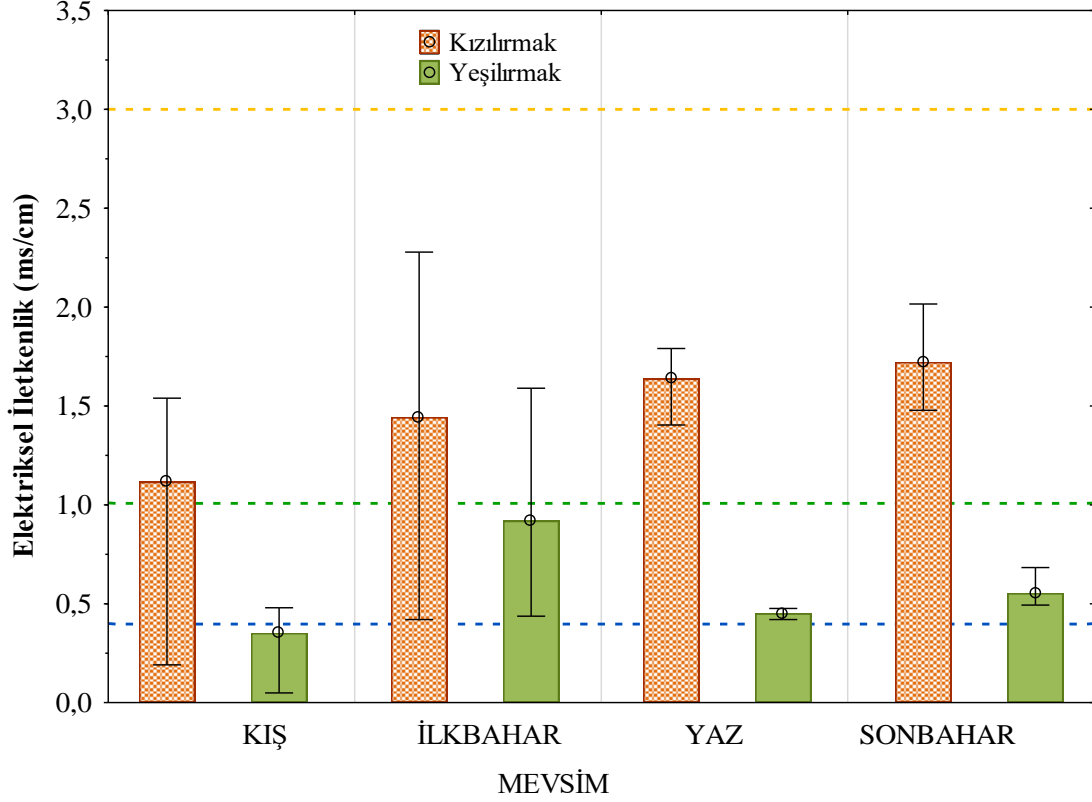


Şekil 6. Kızılırmak ve Yeşilırmak nehirleri mevsimsel pH değişimleri

Çalışma süresince ortalama pH Kızılırmak nehrinde $8,1\pm 0,3$ ve Yeşilırmak nehrinde $7,9\pm 0,3$ olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama pH değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $8,1\pm 0,3$; $8,2\pm 0,2$; $8,3\pm 0,2$ ve $7,9\pm 0,2$ olarak tespit edilmiştir. Yeşilırmak nehrinde mevsimsel ortalama pH değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $7,9\pm 0,4$; $7,8\pm 0,3$; $8,0\pm 0,1$ ve $8,1\pm 0,2$ olarak belirlenmiştir.

Mevsimsel pH farklılıkları Kızılırmak nehrinde istatistiksel olarak ($P<0.05$ düzeyinde) önemli değildir. pH değerleri bakımından benzer durum Yeşilırmak nehri için geçerlidir.

pH yönünden Kızılırmak ve Yeşılırmak nehirleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ($P<0.05$) düzeyinde önemsizdir.



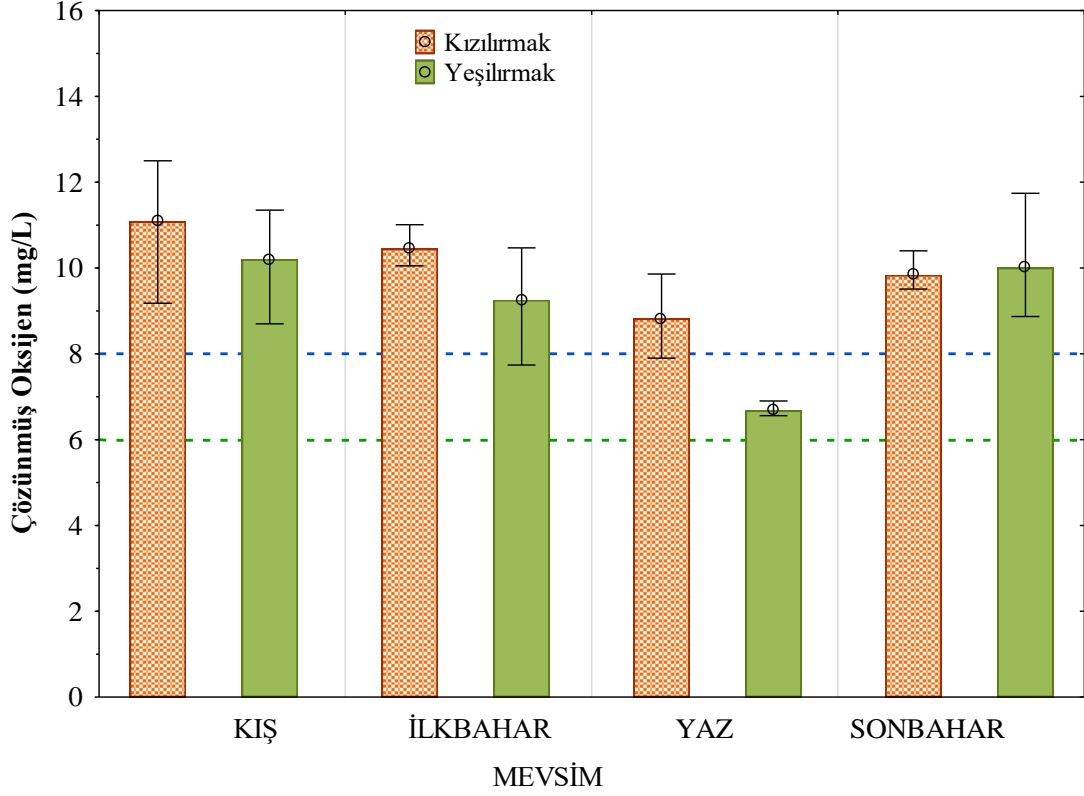
Şekil 7. Kızılırmak ve Yeşılırmak nehirleri mevsimsel elektriksel iletkenlik değişimleri

Çalışma süresince ortalama Elektriksel iletkenlik değeri Kızılırmak nehrinde $1,47\pm 0,56$ mS/cm ve Yeşılırmak nehrinde $0,55\pm 0,33$ mS/cm olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama Elektriksel iletkenlik değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $1,12\pm 0,56$ mS/cm; $1,44\pm 0,49$ mS/cm; $1,64\pm 0,43$ mS/cm ve $1,72\pm 0,43$ mS/cm olarak tespit edilmiştir. Yeşılırmak nehrinde mevsimsel ortalama Elektriksel iletkenlik değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $0,35\pm 0,20$ mS/cm; $0,91\pm 0,59$ mS/cm; $0,45\pm 0,02$ mS/cm ve $0,55\pm 0,08$ mS/cm olarak ölçülmüştür.

Hem Kızılırmak hem de Yeşılırmak nehri için ölçülen mevsimsel elektriksel iletkenlik (EC) derişimleri arasındaki farklılık $P<0.05$ düzeyinde önemli değildir.

Kızılırmak ve Yeşılırmak nehirleri arasında elektriksel iletkenlik yönünden farklılık istatistiki olarak $P<0,05$ düzeyinde anlamlıdır. Bu farklılık yaz (Kızılırmak: $1,64$ mS/cm,

Yeşilirmak: 0,45 mS/cm) ve sonbahar (Kızılırmak: 1,72 mS/cm, Yeşilirmak: 0,55 mS/cm) dönemlerindeki ortalamalardan kaynaklanmaktadır.



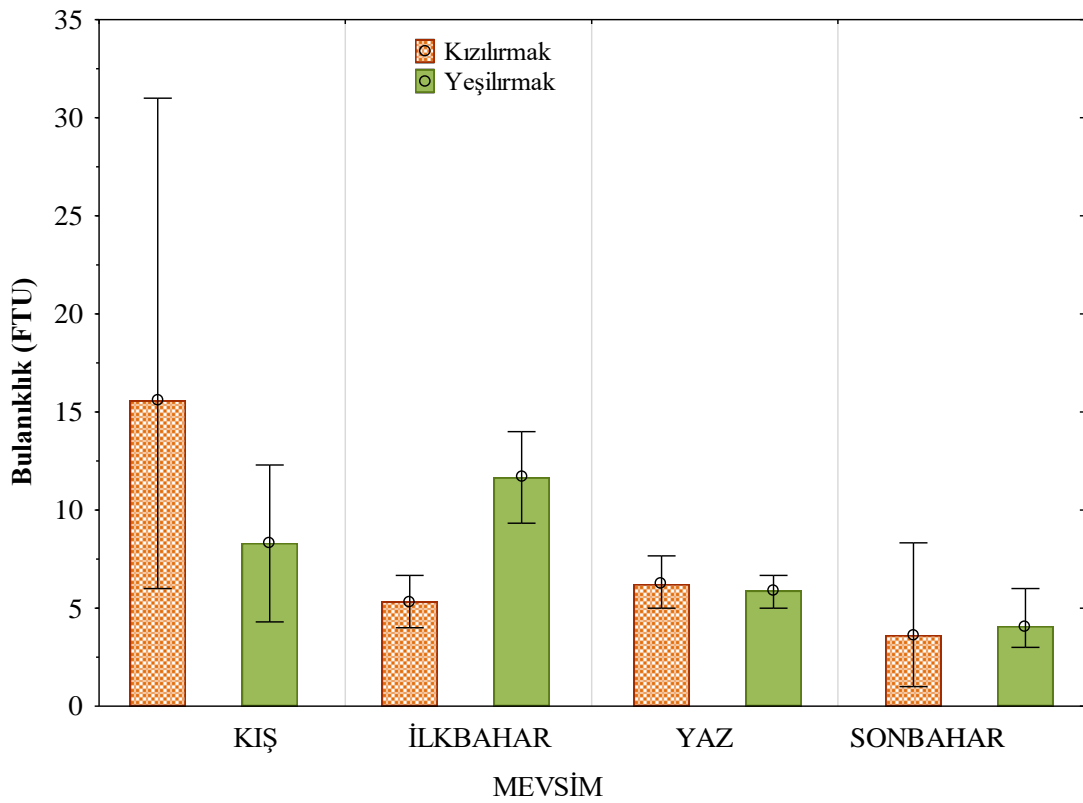
Şekil 8. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel çözünmüş oksijen değışimleri

Çalışma süresince ortalama çözünmüş oksijen derişimleri Kızılırmak nehrinde $10,10 \pm 1,19$ mg/L ve Yeşilirmak nehrinde $9,18 \pm 1,72$ mg/L olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş oksijen değeri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $11,08 \pm 1,43$ mg/L; $10,44 \pm 0,50$ mg/L; $8,82 \pm 0,98$ mg/L ve $9,83 \pm 0,39$ mg/L olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş oksijen miktarı kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $10,20 \pm 1,01$ mg/L; $9,25 \pm 1,38$ mg/L; $6,67 \pm 0,19$ mg/L ve $10,00 \pm 1,34$ mg/L olarak tespit edilmiştir.

Kızılırmak nehrinde en yüksek ortalama çözünmüş oksijen derişimi kış döneminde (11,8 mg/L), en düşük ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonu ise yaz döneminde (8,82 mg/L) tespit edilmiştir. Kış ve yaz mevsimlerindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu farklılıkları istatistiki olarak anlamlıdır. Yeşilirmak nehrinde en yüksek ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonu 10,2 mg/L ile kış döneminde, en düşük 6,62

mg/L ile yaz döneminde ölçülmüştür. Kış ve yaz mevsimleri ile yaz ve sonbahar mevsimleri çözünmüş oksijen derişimleri farklılıkları istatistiki olarak anlamlıdır.

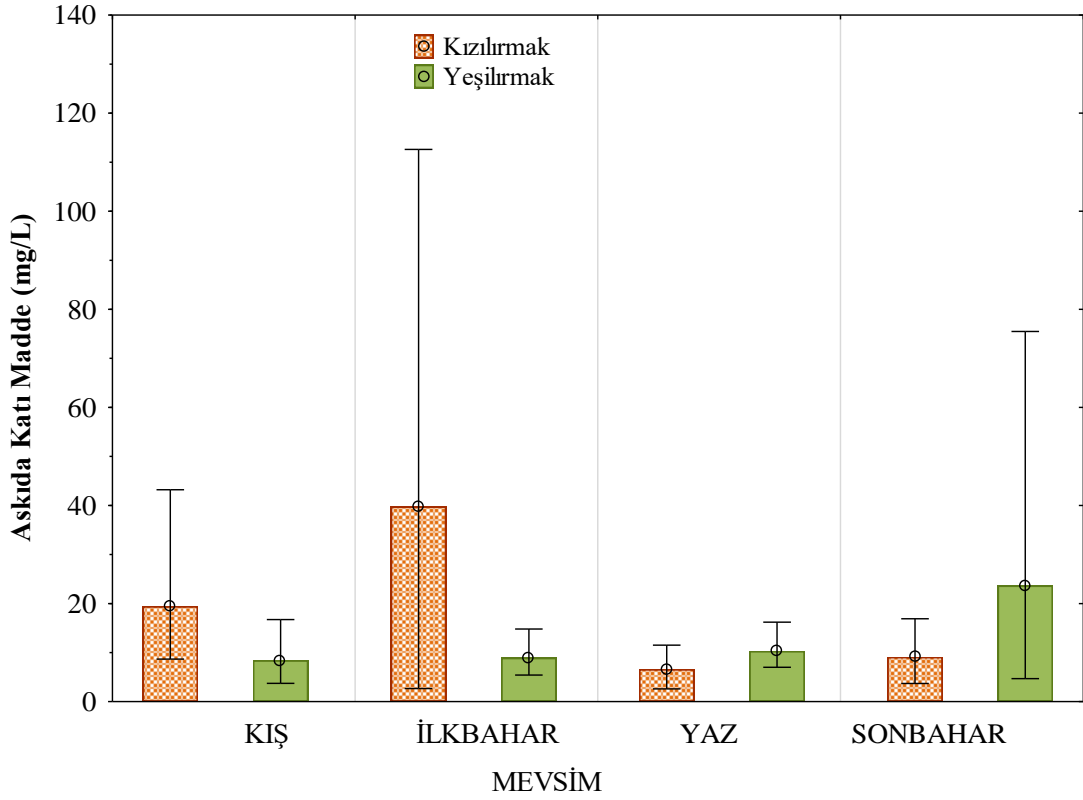
Elde edilen tüm veriler değerlendirildiğinde çözünmüş oksijen yönünden Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli olmamakla birlikte, yaz döneminde Yeşilirmak nehrindeki (6,68 mg/L) çözünmüş oksijen ortalaması istatistiki olarak anlamlı bir şekilde Kızılırmak nehrindeki (8,82 mg/L) ortalamadan daha düşüktür.



Şekil 9. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel bulanıklık değışimleri

Çalışma süresince ortalama Bulanıklık değeri (FTU) Kızılırmak nehrinde $7,96 \pm 7,47$ ve Yeşilirmak nehrinde $7,30 \pm 3,77$ olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama bulanıklık kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere FTU cinsinden sırasıyla $15,58 \pm 10,76$; $5,33 \pm 1,33$; $6,22 \pm 1,34$ ve $3,62 \pm 3,34$ olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama bulanıklık kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere FTU cinsinden sırasıyla $8,31 \pm 4,43$; $11,66 \pm 2,33$; $5,88 \pm 0,83$ ve $4,08 \pm 1,34$ olarak tespit edilmiştir.

Yeşilirmak nehri için en yüksek mevsimsel ortalama bulanıklık değeri 11,67 FTU olarak ilkbahar döneminde tespit edilmiştir. Bu ortalama değer en düşük ortalama bulanıklığın tespit edildiği sonbahar döneminden (4,08 FTU) anlamlı bir şekilde yüksektir. Kızılırmak ve Yeşilirmak bulanıklık yönünden sadece ilkbaharda istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir. İlkbaharda Yeşilirmak nehrinde tespit edilen ortalama bulanıklık değeri ($11,66 \pm 2,33$ FTU), Kızılırmak için belirlenen ortalama değerden ($5,33 \pm 1,33$ FTU) büyüktür. Bu durumun Yeşilirmak nehrinin ilkbahar döneminde alg gelişimi potansiyelinin Kızılırmak'a göre daha yüksek oluşu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.



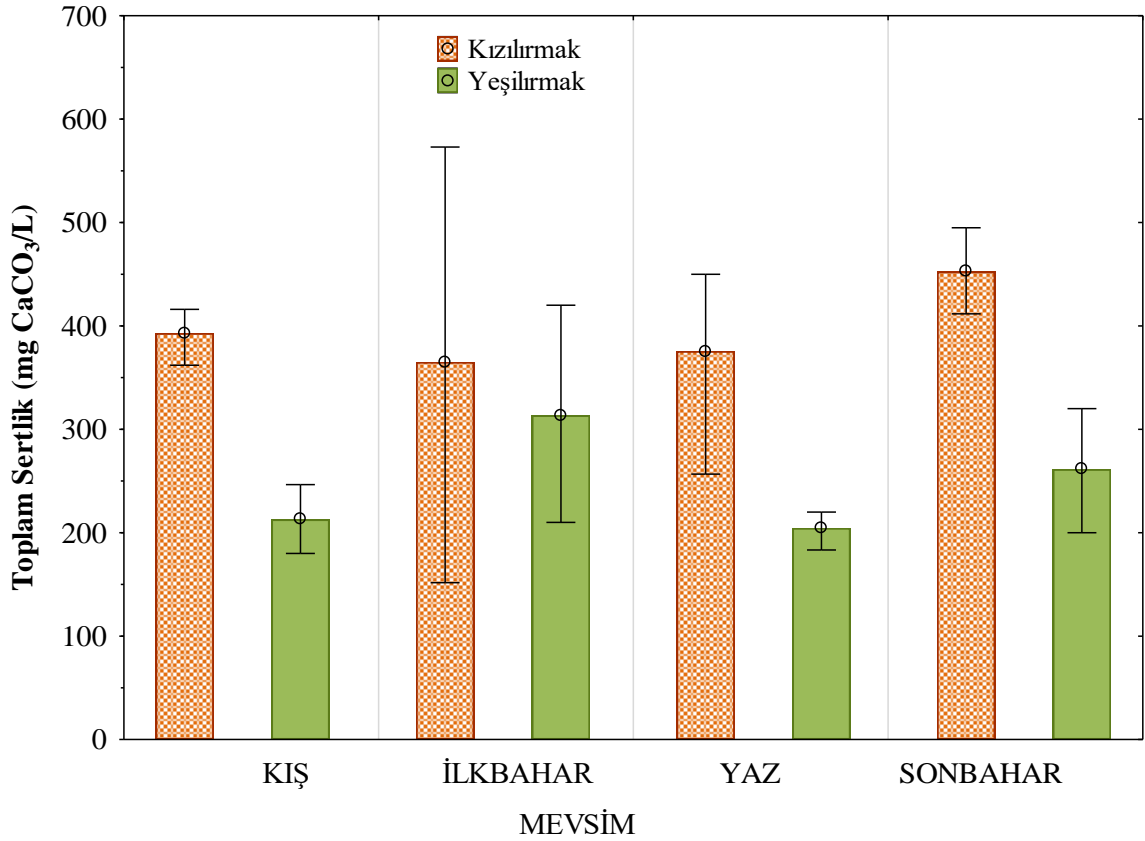
Şekil 10. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel askıda katı madde değişimleri

Çalışma süresince ortalama askıda katı madde miktarı Kızılırmak nehrinde $18,08 \pm 29,10$ ve Yeşilirmak nehrinde $13,27 \pm 18,43$ mg/L olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama askıda katı madde derişimi kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $19,42 \pm 15,97$ mg/L; $39,78 \pm 63,06$ mg/L; $6,60 \pm 4,53$ mg/L ve $9,08 \pm 6,15$ mg/L olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama askıda

katı madde derişimi kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $8,41\pm5,98$ mg/L; $8,90\pm5,13$ mg/L; $10,29\pm5,12$ mg/L ve $23,66\pm34,62$ mg/L olarak tespit edilmiştir.

Kızılırmak nehrinde en yüksek ortalama askı yük miktarı ilkbahar döneminde ($39,78$ mg/L) ve Yeşilirmak nehrinde ise sonbahar döneminde ($23,66$ mg/L) olarak tespit edilmekle birlikte hem Kızılırmak hem de Yeşilirmak nehirlerinde ölçülen mevsimsel askıda katı madde derişimleri arasında farklılık $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Askıda Katı Madde yönünden Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli değildir.



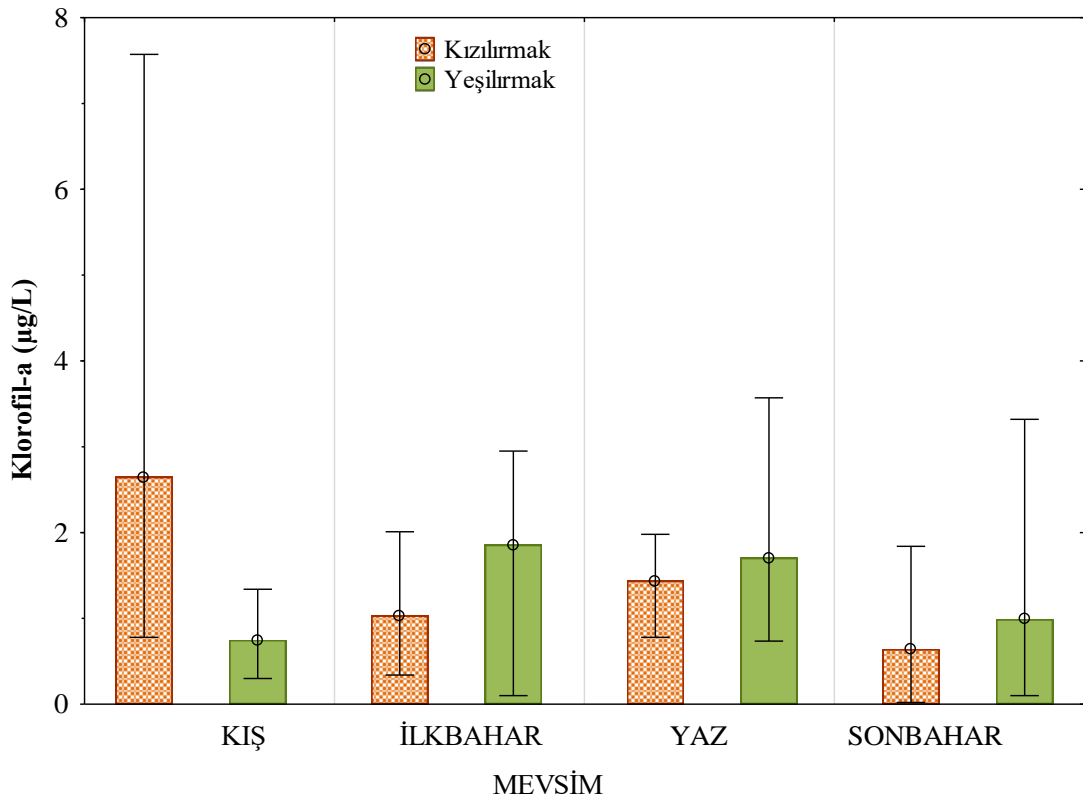
Şekil 11. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel toplam sertlik değişimleri

Çalışma süresince ortalama toplam sertlik Kızılırmak nehrinde 400 ± 101 (mg CaCO₃/L) ve Yeşilirmak nehrinde 246 ± 66 (mg CaCO₃/L) olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama toplam sertlik derişimi kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere (mg CaCO₃/L) cinsinden sırasıyla 393 ± 23 ; 365 ± 211 ; 376 ± 104 ve 452 ± 34 olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama sertlik derişimi

kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere (mg CaCO₃/L) cinsinden sırasıyla 213±29; 313±105; 204±19 ve 261±51 olarak belirlenmiştir.

Toplam sertlik mevsimsel ortalamaları arasındaki farklılıklar hem Kızılırmak hem Yeşilirmak nehirlerinde P<0.05 düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri arasında toplam sertlik yönünden farklılık istatistik olarak P<0,05 düzeyinde anlamlıdır. Bu farklılık kış, yaz ve sonbahar dönemlerindeki ortalamalardan kaynaklanmaktadır.

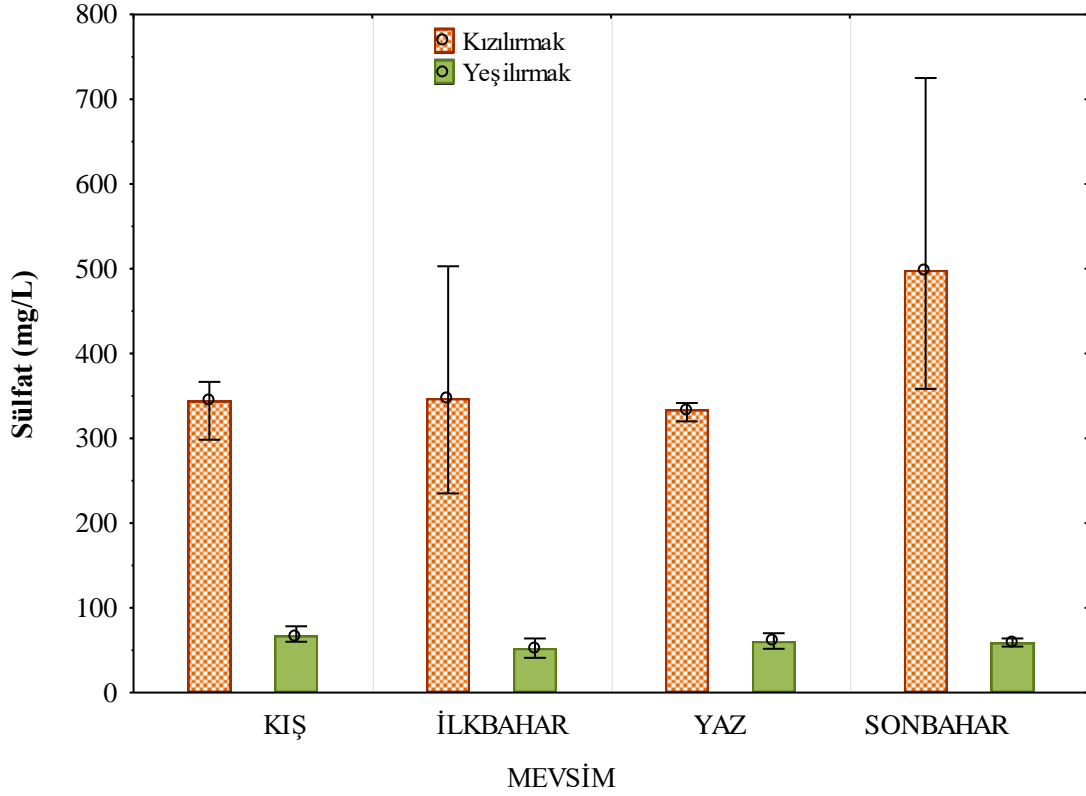


Şekil 12. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel klorofil-a değişimleri

Çalışma süresince ortalama Klorofil-a miktarı (µg/L) Kızılırmak nehrinde 1,46±1,87 µg/L ve Yeşilirmak nehrinde 1,25±1,26 µg/L olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş silikat derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 2,64±3,28 µg/L; 1,03±0,87 µg/L; 1,43±0,60 µg/L ve 0,64±0,84 µg/L olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama klorofil-a derişimi kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 0,74±0,46 µg/L; 1,85±1,53 µg/L; 1,70±1,61 µg/L ve 0,99±1,55 µg/L olarak tespit edilmiştir.

Klorofil-a mevsimsel derişimleri arasındaki farklılıklar hem Kızılırmak hem Yeşilirmak nehirlerinde $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Klorofil-a yönünden Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli değildir.

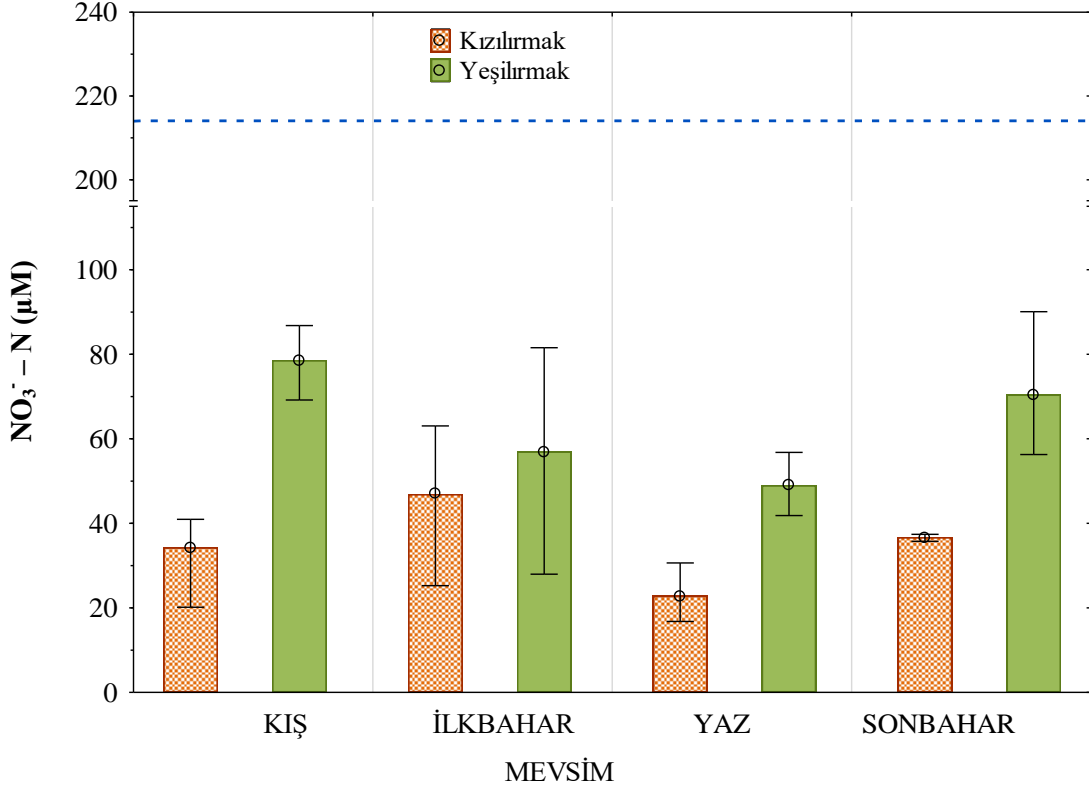


Şekil 13. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel sülfat değişimleri

Çalışma süresince ortalama sülfat derişimi Kızılırmak nehrinde 387 ± 123 mg/L ve Yeşilirmak nehrinde $60,3\pm9,1$ mg/L olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş sülfat derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 344 ± 31 mg/L; 347 ± 139 mg/L; 334 ± 12 mg/L ve 498 ± 169 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama klorofil-a derişimi kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 67 ± 8 mg/L; 52 ± 11 mg/L; 61 ± 9 mg/L ve 59 ± 4 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Sülfat mevsimsel derişimleri arasındaki farklılıklar hem Kızılırmak hem Yeşilirmak nehirlerinde $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri arasında sülfat yönünden farklılık istatistiki olarak $P<0,05$ düzeyinde anlamlıdır. Bu farklılık tüm mevsimler için önemlidir.

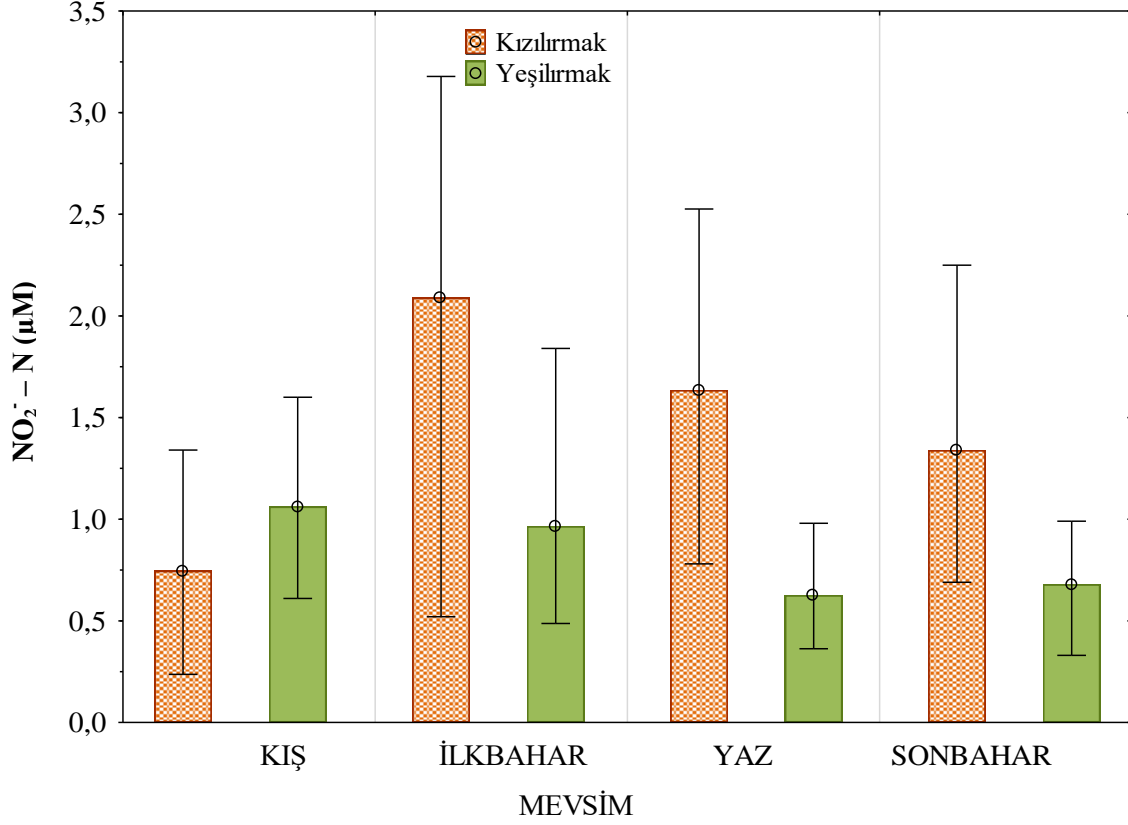


Şekil 14. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel nitrat azotu değışimleri

Çalışma süresince ortalama çözünmüş nitrat azotu derişimleri Kızılırmak nehrinde $35,23 \pm 12,47 \mu\text{M}$ ve Yeşilirmak nehrinde $65,29 \pm 18,33 \mu\text{M}$ olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş nitrat azotu derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $34,30 \pm 9,63 \mu\text{M}$; $46,90 \pm 19,49 \mu\text{M}$; $22,85 \pm 7,08 \mu\text{M}$ ve $36,70 \pm 0,70 \mu\text{M}$ olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş nitrat azotu derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $78,60 \pm 8,71 \mu\text{M}$; $56,97 \pm 27,07 \mu\text{M}$; $49,01 \pm 7,48 \mu\text{M}$ ve $70,45 \pm 15,76 \mu\text{M}$ olarak tespit edilmiştir.

Nitrat azotu mevsimsel derişimleri arasındaki farklılıklar hem Kızılırmak hem Yeşilirmak nehirlerinde $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri arasında nitrat azotu yönünden farklılık istatistiki olarak $P<0,05$ düzeyinde anlamlıdır. Bu farklılık kış, yaz ve sonbahar dönemlerindeki ortalamalardan kaynaklanmaktadır.

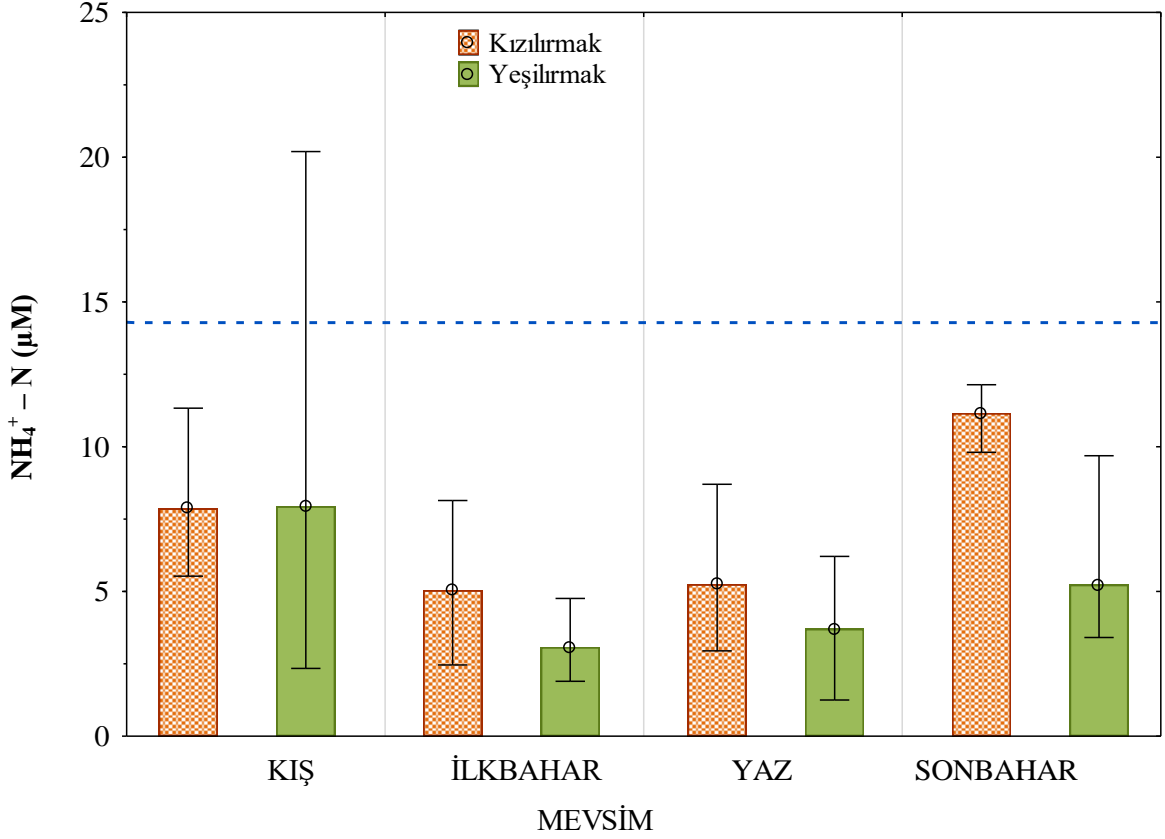


Şekil 15. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel nitrit azotu değişimleri

Çalışma süresince ortalama çözülmüş nitrit azotu (NO_2^- -N) derişimleri Kızılırmak nehrinde $1,39\pm0,91 \mu\text{M}$ ve Yeşilirmak nehrinde $0,84\pm0,45 \mu\text{M}$ olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama çözülmüş nitrit azotu derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $0,75\pm0,45 \mu\text{M}$; $2,09\pm1,39 \mu\text{M}$; $1,64\pm0,87 \mu\text{M}$ ve $1,39\pm0,91 \mu\text{M}$ olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama çözülmüş nitrit azotu derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $1,06\pm0,41 \mu\text{M}$; $0,97\pm0,76 \mu\text{M}$; $0,63\pm0,32 \mu\text{M}$ ve $0,68\pm0,32 \mu\text{M}$ olarak tespit edilmiştir.

Nitrit azotu mevsimsel derişimleri arasındaki farklılıklar hem Kızılırmak hem Yeşilirmak nehirlerinde $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Nitrit azotu yönünden Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli değildir.



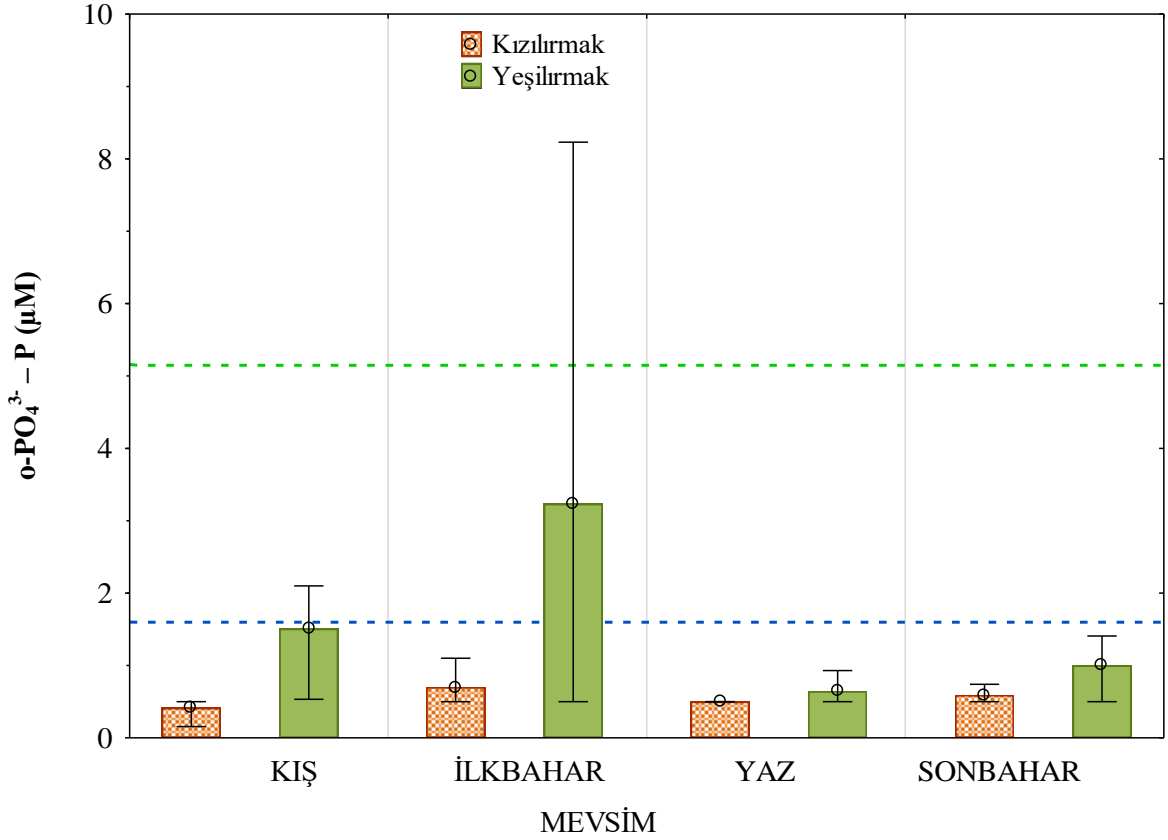
Şekil 16. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel amonyum azotu değişimleri

Çalışma süresince ortalama çözülmüş amonyum azotu ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) derişimleri Kızılırmak nehrinde $7,64 \pm 3,33 \mu\text{M}$ ve Yeşilirmak nehrinde $5,21 \pm 4,82 \mu\text{M}$ olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama derişimler kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $7,86 \pm 2,46$; $5,04 \pm 2,87$; $5,25 \pm 3,05$ ve $11,16 \pm 1,15$ olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama derişimler kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $7,94 \pm 8,34 \mu\text{M}$; $3,07 \pm 1,50 \mu\text{M}$; $3,70 \pm 2,48 \mu\text{M}$ ve $5,23 \pm 2,99 \mu\text{M}$ olarak tespit edilmiştir.

Kızılırmak nehrinde sonbahar ($11,16 \mu\text{M}$) döneminde ölçülen amonyum azotu derişimleri yaz ($5,25 \mu\text{M}$) ve ilkbahar ($5,04 \mu\text{M}$) dönemindeki derişimlere göre istatistiki olarak ($P < 0.05$) önemli düzeyde yüksektir.

Yeşilırmak nehrinde ölçülen mevsimsel amonyum azotu derişimleri arasında farklılık $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Amonyum azotu yönünden Kızılırmak ve Yeşilırmak nehirleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli olmamakla birlikte, sonbahar dönemindeki Amonyum azotu farklılıkları (Kızılırmak: 11,16 μM , Yeşilırmak: 5,22 μM) anlamlıdır.

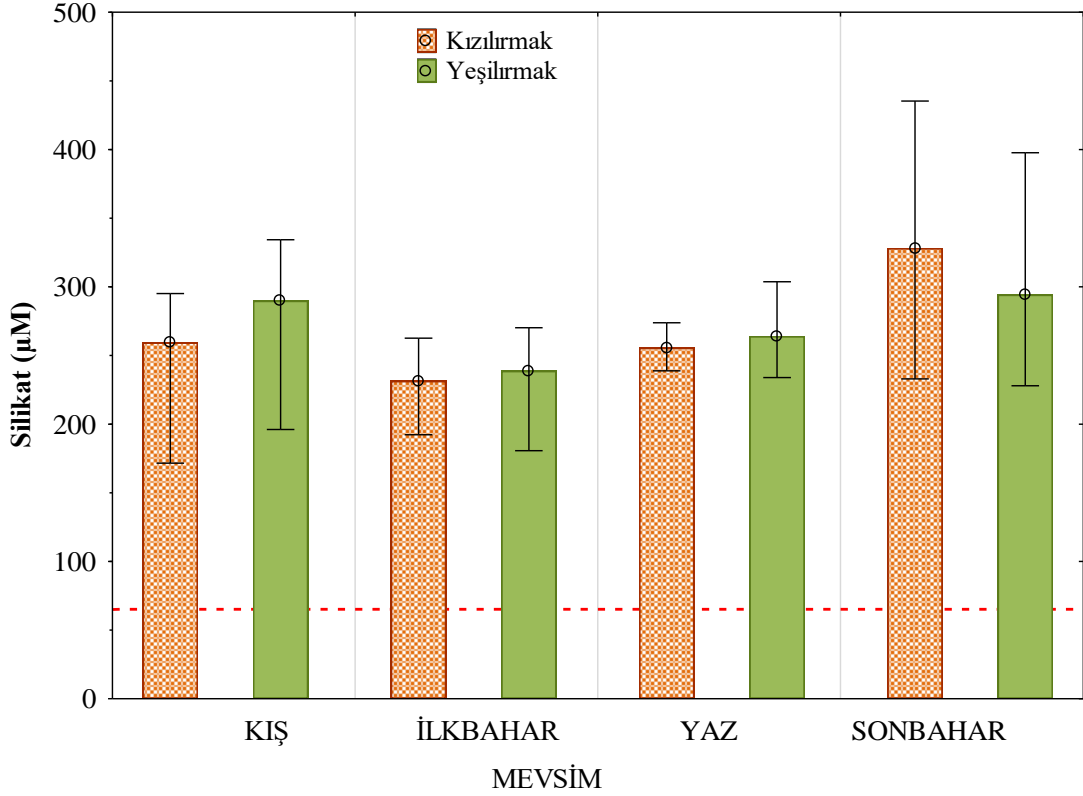


Şekil 17. Kızılırmak ve Yeşilırmak nehirleri mevsimsel o-fosfat fosforu değışimleri

Çalışma süresince ortalama çözünmüş orto fosfat fosforu ($\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$) derişimleri Kızılırmak nehrinde $0,55\pm0,20$ μM ve Yeşilırmak nehrinde $1,55\pm2,00$ μM olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $0,41\pm0,17$ μM ; $0,70\pm0,35$ μM ; $0,50\pm0,01$ μM ve $0,59\pm0,12$ μM olarak tespit edilmiştir. Yeşilırmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $1,51\pm0,70$ μM ; $3,23\pm4,33$ μM ; $0,64\pm0,25$ μM ve $1,00\pm0,44$ μM olarak tespit edilmiştir.

o-fosfat fosforu mevsimsel derişimleri arasındaki farklılıklar hem Kızılırmak hem Yeşilirmak nehirlerinde $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

o-fosfat fosforu yönünden Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli olmamakla birlikte, Kış dönemindeki $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ farklılıkları (Kızılırmak: $0,41 \mu\text{M}$, Yeşilirmak: $1,51 \mu\text{M}$) anlamlıdır.



Şekil 18. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel silikat değişimleri

Çalışma süresince ortalama çözünmüş silikat (Si) derişimi Kızılırmak nehrinde $272\pm68 \mu\text{M}$ ve Yeşilirmak nehrinde $275\pm58 \mu\text{M}$ olarak belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş silikat derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $259\pm59 \mu\text{M}$; $231\pm36 \mu\text{M}$; $256\pm16 \mu\text{M}$ ve $328\pm96 \mu\text{M}$ olarak tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde mevsimsel ortalama çözünmüş silikat derişimleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla $290\pm63 \mu\text{M}$; $239\pm50 \mu\text{M}$; $264\pm36 \mu\text{M}$ ve $294\pm76 \mu\text{M}$ olarak tespit edilmiştir.

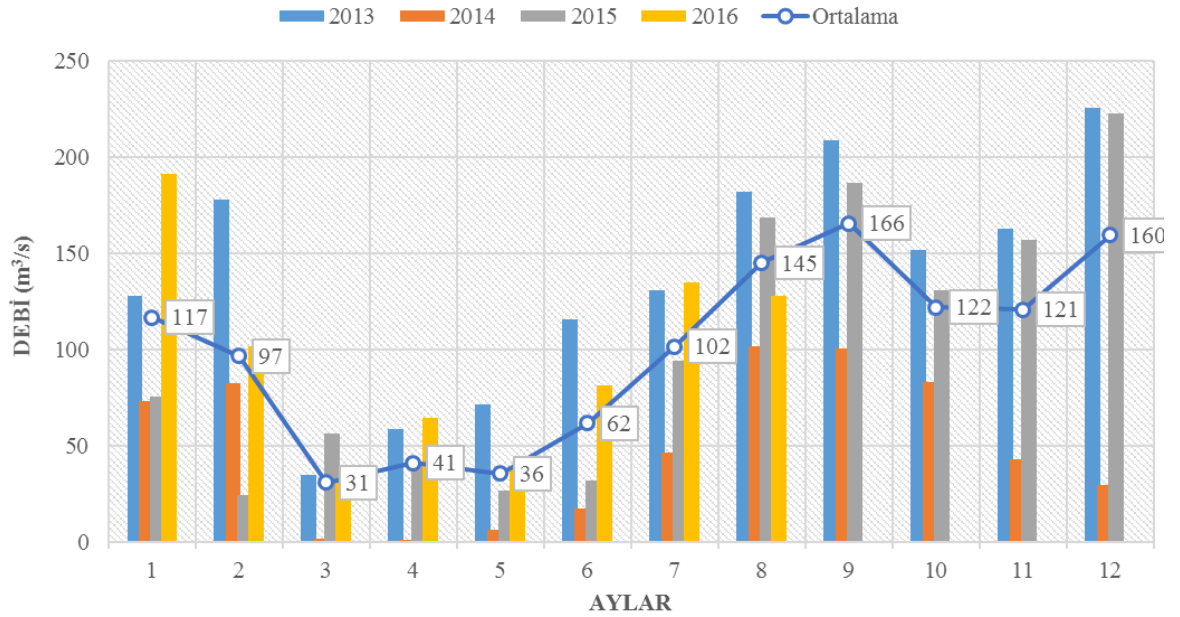
Silikat mevsimsel derişimleri arasındaki farklılıklar hem Kızılırmak hem Yeşilirmak nehirlerinde $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Silikat yönünden Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli değildir.

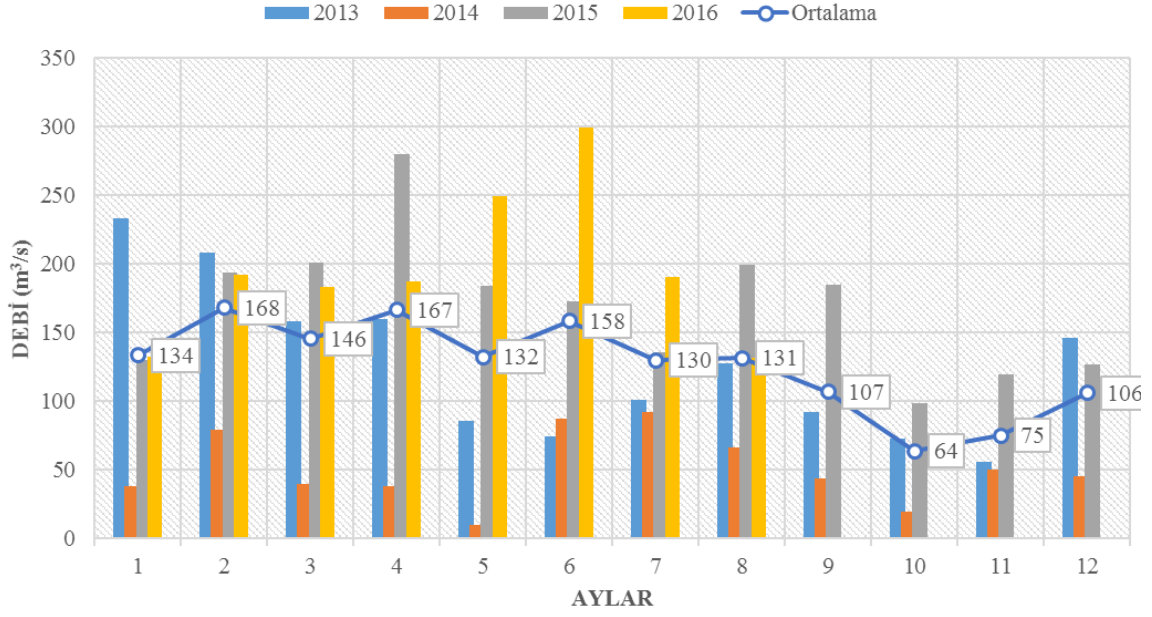
3.2. Toplam Askı Yük ve Çözünmüş Besin Elementleri Taşınım Miktarları

Bu çalışma kapsamında toplam askıda katı madde ve besin elementi taşınımını akarsularda ölçülen derişimler ile akarsuların ilgili ay için ortalama debileri kullanılarak bölüm 2.2.4'te açıklandığı şekilde hesaplanmıştır.

Çalışma süresince Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerine ait yıllara göre aylık ortalama debiler DSİ genel müdürlüğünden tedarik edilmiştir. Yıllara bağlı olarak Kızılırmak nehri için aylık ortalama debiler Şekil 19'da, Yeşilirmak nehri için aylık ortalama debiler ise Şekil 20'de verilmiştir.



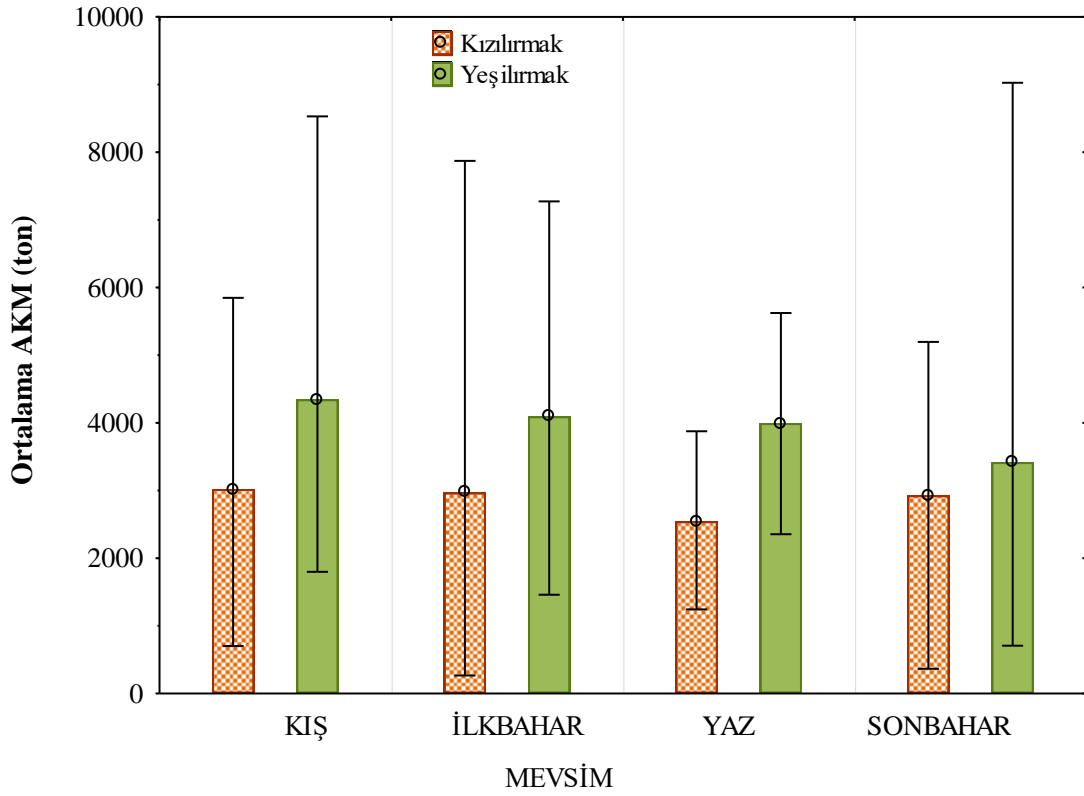
Şekil 19. Kızılırmak nehrinin yıllara göre debileri (m^3/s)



Şekil 20. Yeşilirmak nehrinin yıllara göre debileri (m^3/s)

Örnekleme dönemlerine karşılık gelen mevsimlerde Kızılırmak nehri için ortalama debiler büyükten küçüğe doğru yaz ($160 m^3/s$), sonbahar ($117 m^3/s$), kış ($78 m^3/s$) ve ilkbahar ($45 m^3/s$) şeklinde sıralanmaktadır. Yeşilirmak nehrinde ise bu sıralama kış ($195 m^3/s$), ilkbahar ($174 m^3/s$), yaz ($153 m^3/s$) ve sonbahar ($74 m^3/s$) şeklinde olup, Yeşilirmak nehrinin sonbahar debisi diğer tüm dönemlere göre $P=0,05$ düzeyinde anlamlı şekilde düşük çıkmıştır.

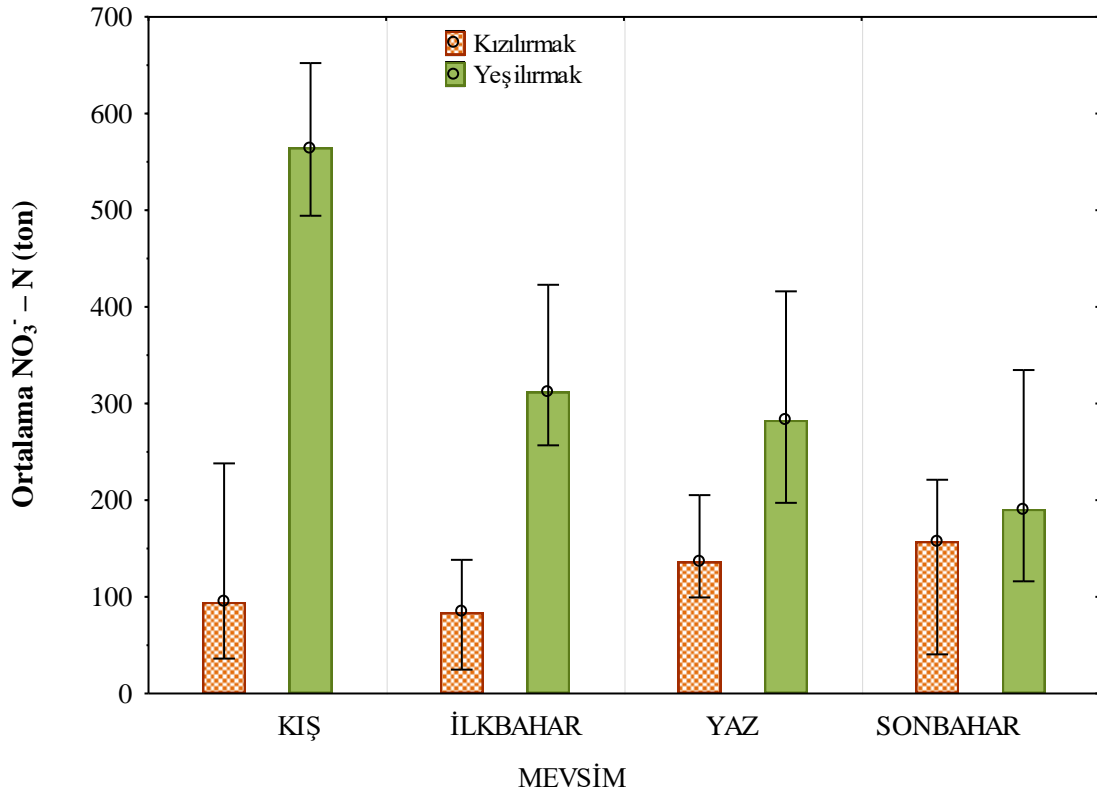
Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri yoluyla Karadeniz'e taşınan toplam askıda katı madde ve çözülmüş besin elementleri (NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, Si) mevsimsel ortalama miktarları Şekil 21 – Şekil 26'da verilmiştir.



Şekil 21. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama askıda katı madde yükü

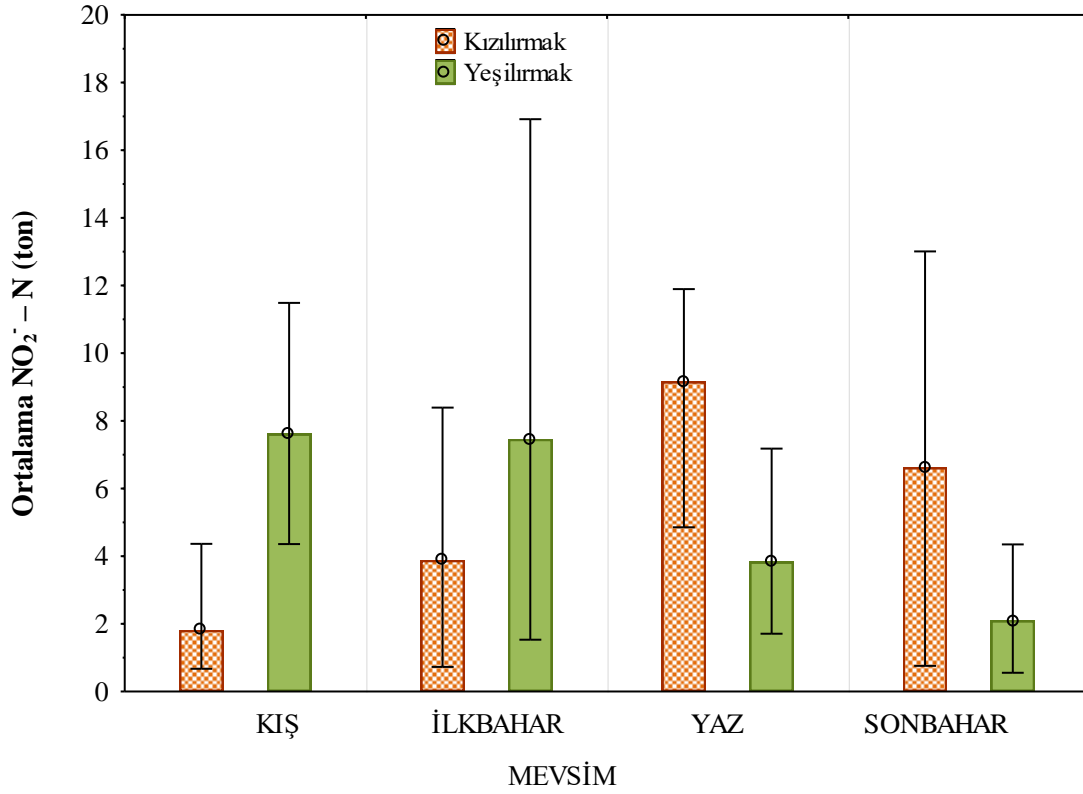
Kızılırmak nehrinden Karadeniz'e taşınan mevsimsel ortalama askı yük girdisi ton cinsinden kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 3022, 2970, 2546, 2928' dir. Yeşilirmak kaynaklı mevsimsel ortalama askı yük değerleri ise kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 4348 ton, 4097 ton, 3997 ton ve 3420 ton olarak hesaplanmıştır. Şekil 20'de görüleceği üzere Yeşilirmak tarafından Karadeniz'e taşınan ortalama askı yük miktarı tüm mevsimler için Kızılırmak'a göre yüksektir. Bununla birlikte özellikle yaz mevsimi dışındaki tüm mevsimlerde her iki nehir için de minimum ve maksimum değerler arasında önemli farklar söz konusudur.

Çalışma süresince elde edilen verilerden hareketle Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden Karadeniz'e taşınan yıllık ortalama toplam askıda katı madde yükü $82030 \text{ ton.yıl}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.



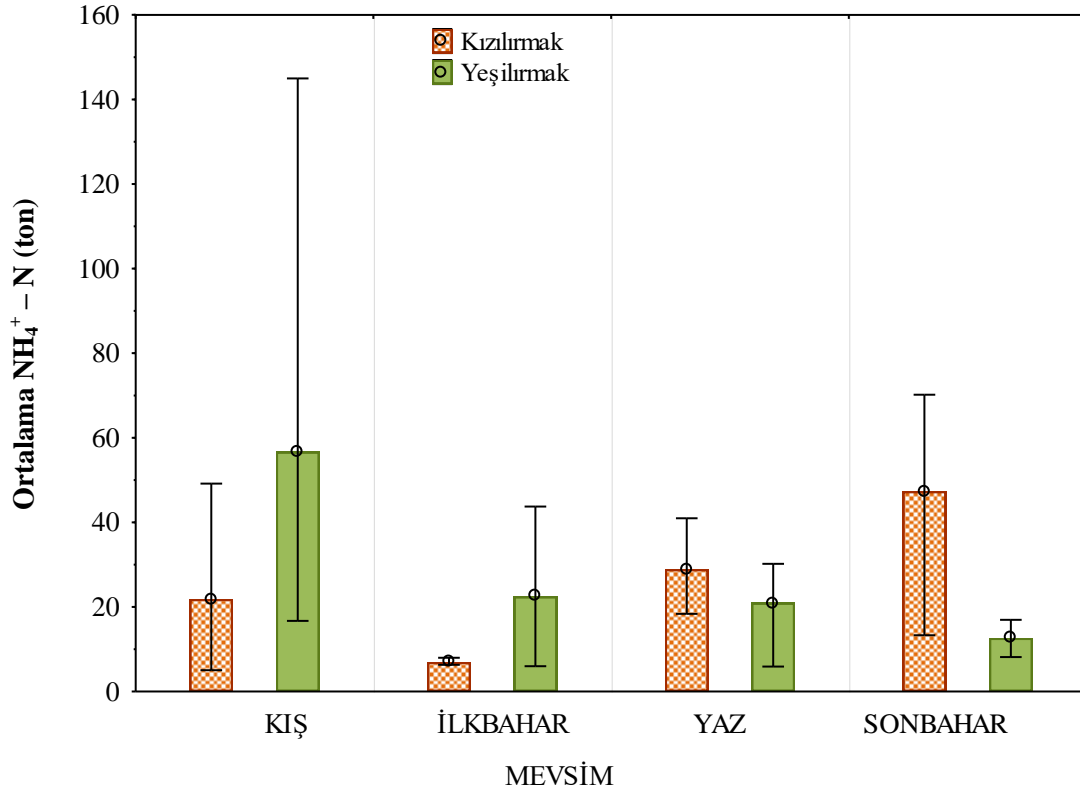
Şekil 22. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama nitrat azotu yükü

Çalışma süresince Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden Karadeniz'e taşınan yıllık ortalama $\text{NO}_3^- \text{-N}$ miktarı $5550 \text{ ton.yıl}^{-1}$ olduğu belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinden Karadeniz'e gelen mevsimsel ortalama $\text{NO}_3^- \text{-N}$ girdisi ton cinsinden kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 95, 84, 136, 157' dir. Yeşilirmak nehrinden kaynaklı mevsimsel ortalama $\text{NO}_3^- \text{-N}$ değerleri ton cinsinden kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 565, 312, 283, 191' dir. $\text{NO}_3^- \text{-N}$ değişkeni için çalışma boyunca nehir girdileri karşılaştırıldığında (Şekil 22), Yeşilirmak nehri, her mevsimde Kızılırmak nehrinden daha fazla Karadeniz'e $\text{NO}_3^- \text{-N}$ taşınımı gerçekleştirmiş, özellikle kış mevsimindeki taşınımın yaklaşık 6 kat daha fazla olduğu görülmüştür.



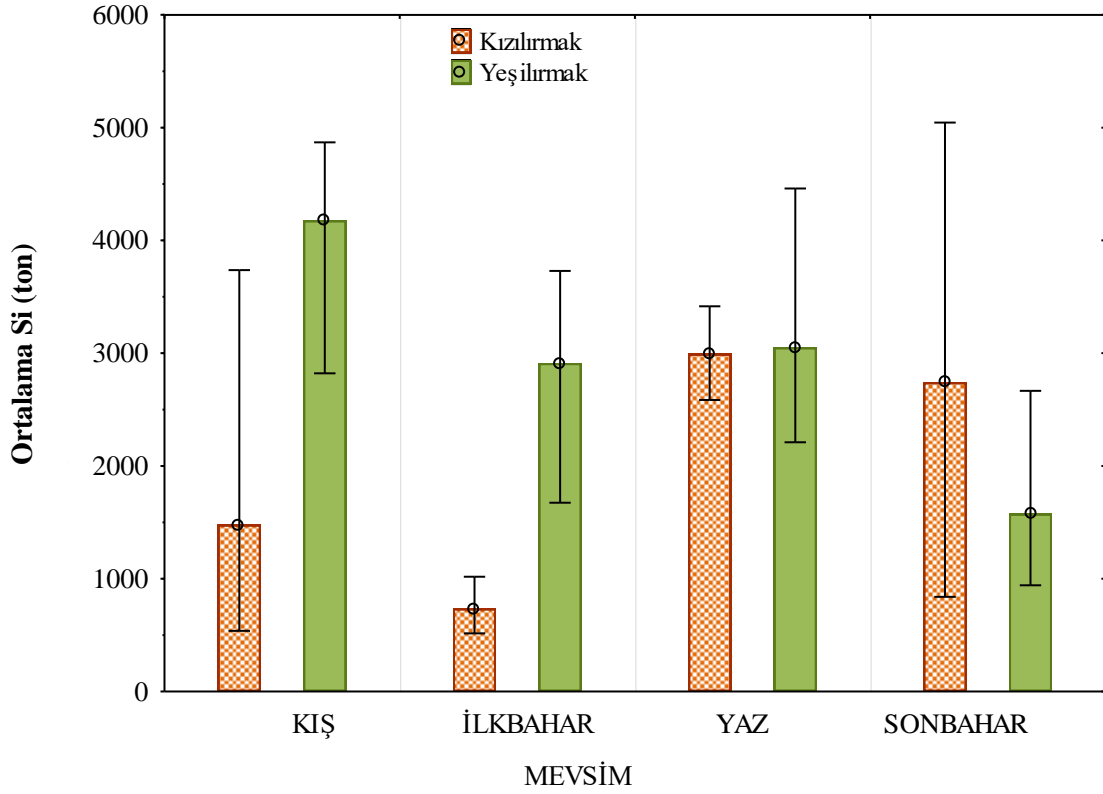
Şekil 23. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama nitrit azotu yükü

Çalışma süresince Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden Karadeniz'e taşınan yıllık ortalama $\text{NO}_2^- \text{-N}$ miktarı 124 ton.yıl^{-1} olduğu belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinden Karadeniz'e gelen mevsimsel ortalama $\text{NO}_2^- \text{-N}$ girdisi kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 2 ton, 4 ton, 9 ton, 7 ton bulunmuştur. Yeşilirmak nehrinden kaynaklı mevsimsel ortalama $\text{NO}_2^- \text{-N}$ değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 8 ton, 7 ton, 4 ton, 2 ton olarak hesaplanmıştır. $\text{NO}_2^- \text{-N}$ değişkeni için çalışma boyunca nehir girdileri mevsimsel olarak karşılaştırıldığında kış ve ilkbahar mevsimlerinde Yeşilirmak tarafından taşınımın fazla olduğu görülürken bu durum yaz ve sonbahar mevsimlerinde Kızılırmak nehriyle gerçekleşen taşınımın daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 23'te de açıkça görüleceği üzere her iki nehir için de tüm mevsimlerde minimum ve maksimum değerler arasındaki fark yüksektir.



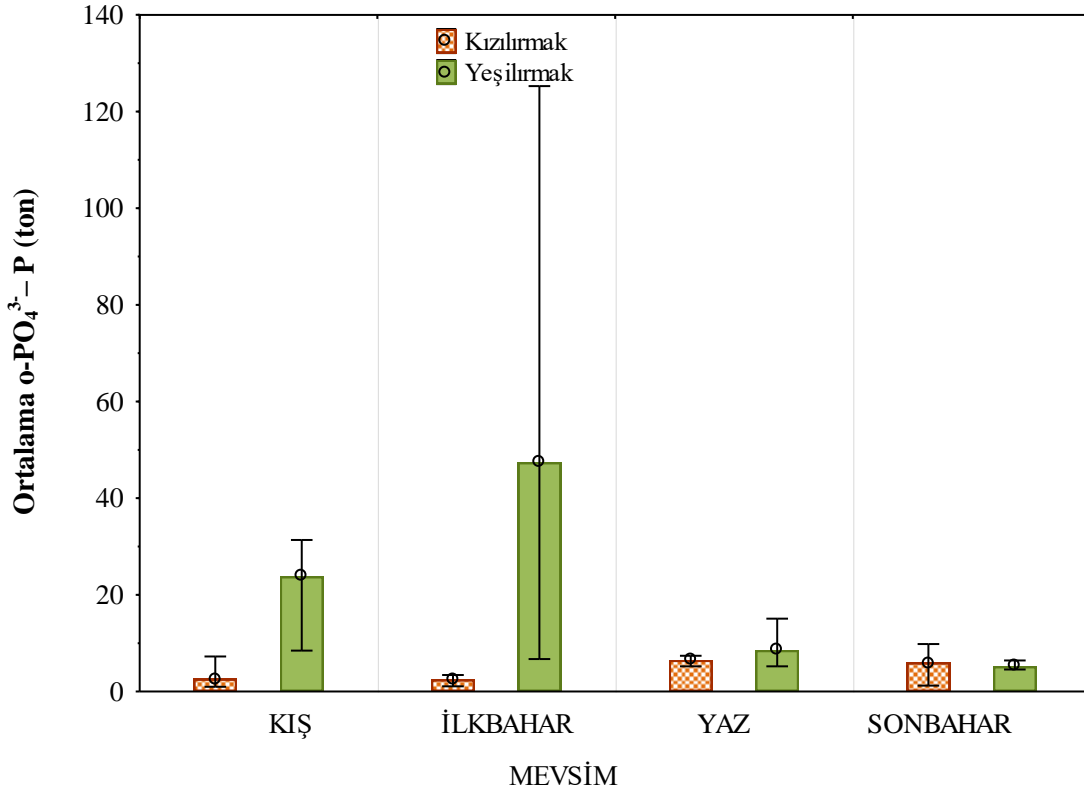
Şekil 24. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama amonyum azotu yükü

Çalışma süresince Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden Karadeniz'e taşınan yıllık ortalama $\text{NH}_4^+\text{-N}$ miktarı 678 ton.yıl^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Kızılırmak nehrinden Karadeniz'e gelen mevsimsel ortalama $\text{NH}_4^+\text{-N}$ girdisi kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 22, 7, 29, 47 tondur. Yeşilirmak nehrinden kaynaklı mevsimsel ortalama $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 57, 22, 21, 13 tondur. Yeşilirmak nehrinde kış mevsiminde minimum ve maksimum değerler arasındaki fark diğer mevsimlere göre fazladır. En yüksek taşınım diğer mevsimlerden oldukça farklı olarak 2017 yılı kış mevsiminde Yeşilirmak nehrinden 145 ton olarak gerçekleşmiştir. Çalışma boyunca nehir girdileri mevsimsel olarak karşılaştırıldığında kış ve ilkbahar mevsimlerinde Yeşilirmak tarafından taşınımın fazla olduğu görülürken yaz ve sonbahar mevsimlerinde Kızılırmak nehriyle gerçekleşen taşınımın daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 25. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama silikat yükü

Çalışma süresince Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden Karadeniz'e taşınan yıllık ortalama Silikat miktarının $59100 \text{ ton.yıl}^{-1}$ olduğu belirlenmiştir. Kızılırmak nehrinden Karadeniz'e gelen mevsimsel ortalama Si girdisi kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 1478, 735, 2993, 2742 tondur. Yeşilirmak nehrinden kaynaklı mevsimsel ortalama Si değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 4176, 2911, 3050, 1575 tondur. Si değişkeni için çalışma boyunca nehir girdileri mevsimsel açıdan karşılaştırıldığında, yaz mevsiminde değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kış ve ilkbahar mevsimlerinde Yeşilirmak tarafından taşınımın fazla olduğu görülürken, sonbahar mevsiminde Kızılırmak nehriyle gerçekleşen silikat girdisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 26. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri mevsimsel ortalama o-fosfat fosforu yükü

Çalışma süresince Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden Karadeniz'e taşınan yıllık ortalama $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ miktarı ton cinsinden 295 ton.yıl^{-1} olarak hesaplanmıştır. Kızılırmak nehrinden Karadeniz'e gelen mevsimsel ortalama $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ girdisi kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 3, 2, 6, 6 tondur. Yeşilirmak nehrinden kaynaklı mevsimsel ortalama $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ değerleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere sırasıyla 24, 47, 8, 5 dir. $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ değişkeni için çalışma boyunca nehir girdileri mevsimsel olarak karşılaştırıldığında sonbahar mevsimi dışında tüm mevsimlerde Yeşilirmak tarafından gerçekleşen taşınımın fazla olduğu görülmektedir. Grafik incelendiğinde minimum ve maksimum değerlerin genelde ortalamaya yakın bir seviyede olduğu okunsa da, Yeşilirmak tarafından 2015 yılı ilkbaharında $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ taşınımının belirgin bir şekilde yüksek seviyede gerçekleştiği görülebilir.

3.3. Çözünmüş Besin Elementleri İçin Hesaplanan Karakteristik Değerler

Ortam kalitesini belirlemek üzere alınan su numunelerindeki herhangi bir parametre için yapılan ölçümlere ait veri setlerinde % 90 veya 95 oranında çalışma alanını yansıtan ve istatistiksel hesaplama ile belirlenen değer, karakteristik değerdir. Karakteristik değer belirlenmesi sayesinde yapılan çalışmaya ait veri setinin doğruluk payı artmış olur.

Bu çalışmada Bölüm 2.2.5'te izah edildiği şekilde Hazen yöntemi yardımıyla Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinde yapılan ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak her bir parametre için karakteristik değerler hesaplanmış ve belirlenen karakteristik değerler Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri için hesaplanmış çözünmüş besin elementleri karakteristik değerleri (%95)

Parametre	Kızılırmak (SB)	Yeşilirmak (SÇ)
NO ₃ ⁻ -N (µM)	60,93	89,43
NO ₂ ⁻ -N (µM)	3,06	1,79
NH ₄ ⁺ -N (µM)	12,13	18,09
o-PO ₄ ³⁻ -P (µM)	1,03	7,00
Silikat (µM)	424	385

Karakteristik değerler göz önüne alındığında fosfat, nitrat ve amonyum derişimleri açısından Yeşilirmak nehrinin Kızılırmak nehrine göre daha yüksek besin elementi içerdiği, bununla birlikte silikat ve nitrit azotu yönünden ise Kızılırmak nehrindeki karakteristik değerlerin Yeşilirmak nehrine oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Su kalitesi izleme sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan önemli yönetmeliklerden birisi Orman Su İşleri Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğidir. Yönetmeliğin ekleri arasında; Ek 1: Yüzeysel su kütlelerinde baskı ve etkilerin değerlendirilmesi, Ek 2: Yerüstü Su Kütlelerinin Kalite durum sınıflandırması, Ek 3: Yüzeysel Su kütlelerinde koruma bölgeleri, Ek 4: Yüzeysel Su kütlelerinde Çevresel Kalite Standartlarının Belirlenmesi, Ek 5: Yerüstü su Kütlelerinde Bazı Parametreler İçin Çevresel Kalite Standartları ve Kullanım Maksatları, Ek 6: yerüstü Su Kütlelerinin traofik seviyeleri, Ek 7: Yerüstü Su Kütlelerinde Karışım Bölgeleri, Ek 8: Yüzeysel Su Kütlelerinde Karışım Bölgeleri ile ilgili düzenlemeler yer almaktadır. Önceden 31 Aralık 2004 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nce karşılaştırmalarda kullanılan Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosu 30 Kasım 2012 tarihinde mülga olmuş ve bu yüzden yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir.

Bir izleme çalışması sonucunda elde edilen veri setinin bu yönetmelik esas alınarak değerlendirilmesinde karakteristik değerden faydalanılmaktadır. Parametrelere ilişkin karakteristik değerlerin hesaplanmasına Bölüm 2.2.5' te değinilmiştir. Su kalite kategorisinin belirlenmesinde karakteristik değerlerin bulunabilmesi için kullanılan yüzdelik değer hesabı yöntemlerinden Hazen Yöntemi ile hesaplanmış değerler ışığında izleme sonuçlarımıza ait karakteristik değerlerin altında ve üzerinde kalan veriler veri seti dışında bırakılarak, hazırlanan grafikler Şekil 5-18' da verilmiştir.

Şekil 14' te görüleceği üzere Kızılırmak ve Yeşilirmak Nehirleri "Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" tablosu (Ek-5-Tablo-2) ile karşılaştırıldığında tüm mevsimsel sonuçların NO_3^- -N açısından Sınıf-I kategorisinde bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı yönetmelik kapsamında NH_4^+ -N yönünden Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin çalışılan tüm mevsimlerde Sınıf-I kategorisinde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 16). o-PO_4^{3-} -Pyönünden Kızılırmak nehri çalışılan tüm mevsimlerde, Yeşilirmak nehri ise kış, sonbahar ve yaz dönemlerinde Sınıf-I kategorisinde bulunurken ilkbaharda Sınıf-II kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 17).

Söz konusu yönetmeliği Ek 5, Tablo 2’de çözülmüş silikat derişimi ile ilgili bir limit değeri mevcut değildir. Bununla birlikte yönetmeliğin Ek-5 Tablo-4’te yer alan belirli kirleticiler ve öncelikli maddelere ilişkin su kalitesi izleme sonuçlarının değerlendirilmesinde kendi su kütlesi kategorisine göre 1 yıllık izleme verilerinin aritmetik ortalamasının, yıllık ortalama çevresel kalite standardı (YO-ÇKS) sınır değeri ile karşılaştırılması gerekli olduğu belirtilmektedir. Kızılırmak nehrinde 2013, 2015, 2016 yılları için ortalama silikat değerleri (μM) sırasıyla $240,99\pm 38,71$; $307,99\pm 87,98$ ve $265,91\pm 19,93$; Yeşilirmak nehrinde ise sırasıyla $261,10\pm 40,84$; $302,76\pm 26,18$ ve $248,84\pm 53,69$ olarak ölçülmüştür. Akarsularda tespit edilen silikat derişimlerinin tüm mevsimlerde ilgili yönetmelik Ek-5 Tablo-4’te verilen limit değerin ($1830\mu\text{g/L}=59,03\mu\text{M}$) üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 18).

Su kalitesi izleme sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer önemli yönetmelik Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından 29 Haziran 2012 tarihinde yayınlanan İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmeliğidir. Yönetmeliğin Ek-1: Kategorilere göre su kalite standartları tablosu göz önüne alındığında, içme suyu elde edilmesi planlanan yüzeysel suları zorunlu (Z) ve kılavuz değerlere (K) göre A1, A2 ve A3 olmak üzere üç farklı kategoriye ayrılmış ve her biri için ayrı arıtma sınıfları belirlenmiştir. Burada A1 kategorisi, basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebilir suları, A2 kategorisi fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebilir suları, A3 kategorisi ise fiziksel veya kimyasal arıtma, ileri arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebilir suları temsil etmektedir. Yönetmelik kapsamındaki su kalite standartları tablosu (Tablo 11) aşağıda verilmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar tablo ile karşılaştırılacak olursa, Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri pH açısından her üç kategorideki sınır değerleri sağlamaktadır. Sıcaklık parametresi ele alındığında, Kızılırmak ve Yeşilirmak nehri ortalama sıcaklık değerleri aynı şekilde her üç kategori için sınır değerin altında bulunmaktadır. Elektriksel iletkenlik değişkeni incelendiğinde, Yeşilirmak nehri $0,55\pm 0,34$ mS/cm değeri ile sınırın altında olmakla birlikte Kızılırmak nehri $1,47\pm 0,56$ mS/cm değeri ile sınır değerin üzerindedir. Askıda Katı Madde miktarı, gerek Kızılırmak nehrinde ($18,09\pm 29,11$ mg/L), gerekse Yeşilirmak nehrinde ($13,28\pm 18,44$ mg/L) A1 kategorisi sınır değeri altında bulunmaktadır. Nitrat değişkeni için Kızılırmak ($2,17$ mg/L) ve Yeşilirmak ($4,02$ mg/L) A1 kategorisinin dahi oldukça altında çıkmıştır.

Tablo 11. Yüzey suları için kategorilere göre su kalite standartları

	A1 K	A1 Z	A2 K	A2 Z	A3 K	A3 Z
pH	6,5- 8,5		5,5-9		5,5-9	
Toplam askıda katı madde (AKM) (mg/L)	25					
Sıcaklık (°C)	22	25 (İ)	22	25 (İ)	22	25 (İ)
İletkenlik (20 °C'de) (µS/cm)	1000		1000		1000	
Nitrat (mg NO ₃ /L)	25	50 (İ)		50 (İ)		50 (İ)
Sülfat (mg SO ₄ /L)	150	250	150	250 (İ)	150	250 (İ)
Reaktif fosfor (Ortofosfat ve kolay hidroliz olabilen kondanse fosforlar) (mg P/L)	0,4		0,7		0,7	

Sülfat değerleri Kızılırmak nehrinde (289,93±183,59 mg/L) sınır değerinin çok üzerinde yer alırken, Yeşilirmak nehrinde (86,54±92,80 mg/L) sınır değerinin altında kalmıştır. o-PO₄³⁻-P açısından Kızılırmak nehri (0.02 mg/L) ve Yeşilirmak nehri (0,05 mg/L) sınır değerlerinin altında kalmışlardır. Söz konusu yönetmeliğe göre Kızılırmak nehrinde elektriksel iletkenlik ve sülfat derişimleri sınırlayıcı faktörlerdir.

İlgili yönetmelikte 6.maddede belirtildiği üzere A3 kategorisi için verilmiş olan zorunlu sınır değerleri aşan, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kirlilik içeren suların içme ve kullanma suyu olarak kullanımı tercih edilmez. Bu sular kategorilere göre verilmiş olan arıtma sınıflarından geçirildikten sonra nihai olarak insani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile belirlenmiş olan içme suyu standartlarını sağlamasının esas teşkil ettiği belirtilmektedir.

Tarımsal kaynaklı nitratın suda neden olduğu kirlenmenin tespit edilmesi, azaltılması ve önlenmesinin amaçlandığı Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından 23 Temmuz 2016 tarihinde yayınlanmıştır. Bitkisel üretimde verimi ve kaliteyi artırmak amacıyla tarımsal alana uygulanan ve azot ya da azot bileşikleri içeren gübrelerin kullanımı, azot bileşiklerinin doğrudan veya dolaylı olarak suya boşaltımı veya karışmasına sebep olurken, insan sağlığına, canlı kaynaklara, su ürünlerine, su ekosistemlerine ve suyun diğer meşru kullanımına zarar verebilmektedir.

Söz konusu yönetmeliğin 5. Maddesine göre 50 mg/L' den fazla nitrat içeren ve önlem alınmadığı takdirde içecek olan tüm yer üstü ve yer altı sular, doğal tatlı su gölleri, diğer tatlı su kaynakları, haliçler tespit edilecektir. 10. Maddesine göre ise Yer üstü suyu örnek alma istasyonlarında ayda bir kez, Yer altı su kütlelerini temsil eden örnek alma

istasyonlarında yılda dört kez, Nitrat derişimi 25 mg/L'nin altında bulunan ve nitrat içeriğini artırması olası herhangi bir yeni faktörün görülmemesi durumunda her sekiz yılda bir izleme programı tekrarlanır. Bunun dışında kalan durumlarda izleme programı her dört yılda bir tekrarlanması öngörülmektedir. Bu bağlamda mevsimsel periyotlarla gerçekleştirilen örnekleme ile Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri için ortalama nitrat derişimleri sırasıyla 2.17 mg/L ve 4.02 mg/L olarak belirlenmiştir. Her iki nehir için belirlenen ortalama nitrat derişimlerinin Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği kapsamında verilen sınır değeri olan 50 mg/L'nin altında olduğu tespit edilmiştir.

Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin besin elementleri taşınımı ile ilgili olarak yapılan çalışmalar sınırlı olup besin elementleri ve toplam askı yük taşınımı ile ilgili Tuncer vd'nin (1998) 1993 yılında, Bakan ve Büyükgüngör'ün (2000) 1996 yılında ve Büyükgüngör vd'nin (2013) 2008 yılında gerçekleştirdiği çalışmalar mevcuttur.

Bu tez kapsamında yürütülen çalışmada nehirler vasıtasıyla Nitrat azotu (NO_3^- -N) cinsinden Karadeniz'e ulaşan azot miktarları incelendiğinde, Yeşilirmak tarafından taşınan yükün (4120 ton.y^{-1}), Kızılırmak tarafından taşınan yüke (1430 ton.y^{-1}) göre yaklaşık 3 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

İnorganik azot cinsinden Kızılırmak tarafından Karadeniz'e taşınan yükün %75-85'ini nitrat azotu (NO_3^- -N) fraksiyonu oluşturmaktadır. Nitrat kökenli azotun toplam inorganik azota oranının sonbaharda minimum ilkbaharda ise maksimum düzeyde olduğu belirlenmiştir. Yeşilirmak nehrinde ise Nitrat kökenli azotun toplam inorganik azota oranını tüm mevsimlerde birbirine yakın olmakla birlikte % 90 düzeyindedir.

Bu çalışmada Kızılırmak nehri için tahmin edilen yıllık nitrat azotu (1430 ton.y^{-1}) taşınımı, Tuncer vd (1998) tarafından 1993 yılında tespit edilen sonuçlara (1694 ton.y^{-1}) oldukça yakındır. 1996 yılında (Bakan ve Büyükgüngör, 2000) ve 2008 yılında (Büyükgüngör vd., 2013) gerçekleştirilen iki ayrı çalışmada tespit edilen NO_3^- -N taşınım miktarları hem birbirinden (7765 ton.y^{-1} ; 11519 ton.y^{-1}) hem de bu çalışmada elde edilen sonuçlardan oldukça farklıdır. Bu çalışmada Yeşilirmak nehri için hesaplanan Nitrat azotu (NO_3^- -N) taşınım miktarları, Bakan ve Büyükgüngör (2000) ve Tuncer vd (1998) tarafından hesaplanan değerlere yakın olmasına rağmen Büyükgüngör vd (2013) tarafından belirlenen miktarların yaklaşık 2-3 katı düzeyindedir.

Bu çalışmada Nitrit azotu (NO_2^- -N) cinsinden Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden eşit düzeyde (62 ton.y^{-1}) taşınım olduğu belirlenmiştir.

İnorganik azot cinsinden Kızılırmak tarafından Karadeniz'e taşınan yükün % 2-5'ini nitrit azotu (NO_2^- -N) fraksiyonu oluşturmaktadır. Nitrit kökenli azotun toplam inorganik azota oranının kış döneminde minimum yaz döneminde ise maksimum düzeyde olduğu belirlenmiştir. Yeşilirmak nehrinde ise Nitrit kökenli azotun toplam inorganik azota oranı ilkbaharda maksimum olmakla birlikte % 2'nin altındadır.

Hesaplanan bu yıllık ortalama Nitrit azotu taşınım miktarları, Kızılırmak nehrinde Tuncer vd (1998) tarafından ortaya konulan sonuçların üç katı olmasına rağmen Bakan ve Büyükgüngör (2000) ve Büyükgüngör vd' nce (2013) bulunan miktarların yarısı düzeyindedir. Yeşilirmak nehri için Tuncer vd (1998), Bakan ve Büyükgüngör (2000) ve Büyükgüngör vd (2013) tarafından bulunan NO_2^- -N taşınım miktarları farklılık göstermekle birlikte sırasıyla 56 ton.y⁻¹, 211 ton.y⁻¹ ve 27,4 ton.y⁻¹ olarak ifade edilmiştir.

Yürütülen çalışmada Kızılırmak (329 ton.y⁻¹) ve Yeşilirmak (349 ton.y⁻¹) nehirlerinden amonyum azotu (NH_4^+ -N) cinsinden Karadeniz'e taşınan azot miktarları birbirine yakın çıkmıştır.

İnorganik azot cinsinden Kızılırmak tarafından Karadeniz'e taşınan yükün % 10-25'ini amonyum azotu (NH_4^+ -N) fraksiyonu oluşturmaktadır. Amonyum kökenli azotun toplam inorganik azota oranının ilkbahar döneminde minimum sonbahar döneminde ise maksimum düzeyde olduğu belirlenmiştir. Yeşilirmak nehrinde ise amonyum kökenli azotun toplam inorganik azota oranı tüm mevsimlerde birbirine yakın olmakla birlikte % 10'un altındadır.

Bu değerler, 2008 yılındaki çalışmada (Büyükgüngör vd., 2013) belirlenen Yeşilirmak nehri amonyum azotu taşınım miktarı (295 ton.y⁻¹) ile benzerlik gösterirken, Kızılırmak nehri ile taşınan amonyum azotu miktarının (150 ton.y⁻¹) yaklaşık iki katıdır. 1996 yılında (Bakan ve Büyükgüngör, 2000) ve 1993 yılında (Tuncer vd., 1998) gerçekleştirilen çalışmalarda tespit edilen Kızılırmak nehri NH_4^+ -N taşınım miktarları birbirlerine nispeten yalın olmakla birlikte (6139 ton.y⁻¹; 2471 ton.y⁻¹) bu çalışmada elde edilen sonuçlardan oldukça farklıdır. Yeşilirmak nehrinde de benzer şekilde geçmişteki iki çalışmada birbirine yakın sonuçlar belirlenmişken (2894 ton.y⁻¹; 4776 ton.y⁻¹) mevcut çalışma sonuçlarından oldukça farklıdır.

Bu çalışmada o-fosfat fosforu (o-PO_4^{3-} -P) bakımından Yeşilirmak tarafından gerçekleşen taşınım (243 ton.y⁻¹), Kızılırmak nehriyle gerçekleşen taşınımına (52 ton.y⁻¹) kıyasla yaklaşık 5 kat fazladır. Bu sonuçlar ile Bakan ve Büyükgüngör (2000) tarafından 1996 yılında yapılan çalışma sonuçları karşılaştırıldığında, Kızılırmak nehri ile taşınan o-

PO_4^{3-} -P miktarı (78,8 ton.y⁻¹) benzer iken, Yeşilirmak nehri ile gerçekleşen taşınımın (3277 ton.y⁻¹) oldukça altındadır.

Silikat değişkeni açısından bu çalışmaya ait nehir girdileri incelendiğinde, Yeşilirmak nehrinin taşıdığı yük (35048 ton.y⁻¹) Kızılırmak nehrinin taşıdığı yüke (24056 ton.y⁻¹) kıyasla oldukça fazladır.

Bu çalışmada askıda katı madde değişkeni için taşınım miktarı incelendiğinde Yeşilirmak nehri ile taşınan yükün (47445 ton.y⁻¹), Kızılırmak nehri ile taşınan yükten (34585 ton.y⁻¹) fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar 1993 yılındaki (Tuncer vd., 1998) çalışmada tespit edilen Kızılırmak nehri askı yük taşınımı ile karşılaştırıldığında yakın bir sonuç (43900 ton.y⁻¹) olmasına karşın, 1996 yılındaki (Bakan ve Büyükgüngör, 2000) çalışma sonucundan (296815 ton.y⁻¹) oldukça düşük çıkmıştır. Bu çalışma ile geçmiş yıllara ait çalışmalar Yeşilirmak nehri açısından karşılaştırıldığında ise, 1996 yılındaki (Bakan ve Büyükgüngör, 2000) sonuçların (71563 ton.y⁻¹) yaklaşık 2 kat, 1993 yılındaki (Tuncer vd., 1998) sonuçların (192000 ton.y⁻¹) yaklaşık 5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri için su kalitesi çalışmaları mevsimsel ve yıllık periyotta incelendiğinde, Alkan vd (2013), Büyükgüngör vd' (2013), Baytut (2010) ve Demirci (1993) tarafından gerçekleştirilmiş olan araştırmalar mevcuttur.

Alkan vd (2013) tarafından 2012 yılında aylık periyotta Orta ve Doğu Karadeniz bölgesindeki 10m³/s üzeri debiye sahip olan 13 farklı derede gerçekleştirilen çalışma sonuçları incelendiğinde, Kızılırmak nehrinde çözünmüş NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, o- PO_4^{3-} -P ve Si derişimleri yaklaşık olarak sırasıyla, 50 μ M; 2,9 μ M; 12 μ M; 0,8 μ M ve 290 μ M olarak belirlendiği görülmüştür. Aynı çalışmada Yeşilirmak nehrinde belirlenen yıllık ortalama derişimlerin ise yaklaşık olarak 67 μ M; 0,9 μ M; 6 μ M; 0,6 μ M ve 255 μ M olduğu tespit edilmiştir.

Büyükgüngör vd' nin (2013) 2008 yılında gerçekleştirdiği çalışmada elde edilen değerler incelendiğinde Kızılırmak nehrinde , yıllık ortalama NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, Toplam Fosfat (TP) derişimleri sırasıyla 0.5870 mg/L; 0.0073 mg/L; 0.0105 mg/L; 0.9420 mg/L olarak belirlenmiştir. Yeşilirmak nehrinde elde edilen yıllık ortalama NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, Toplam Fosfat (TP) derişimleri ise 0.98 mg/L; 0.0143mg/L; 0.1218 mg/L; 0.3203 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Baytut (2010) tarafından Temmuz 2007–Aralık 2008 döneminde gerçekleştirilen çalışmada Kızılırmak nehrinin Karadeniz'e döküldüğü seçili 5 noktada nehir ağızı

fitoplanktonu ile nutrient etkileşimi incelenmiştir. Tez kapsamında çalıştığımız örnekleme noktasında oldukça yakın bir konuma sahip olan nehir ağzı istasyonundaki elde edilen bulgulara göre, nitrat + nitrit azotu derişimi Temmuz 2007-Şubat 2008 ayları arası 10 mg/L'nin altında olmasına karşılık Ekim (2008) ayında 24,8 mg/L ile en yüksek derişime sahip olmuştur. Silikat derişimi ortalama 2,20 mg/L olarak hesaplanmıştır. o-fosfat ise en yüksek Ağustos (2008) ayında 2,37 mg/L olarak belirlenmiştir.

Demirci (1993) tarafından 1993 yılında Samsun bölgesindeki yüzey ve içme sularında 15 günlük periyotta 6 ay süreli nitrat nitrit tayini için yüksek lisans çalışması yapılmıştır. Bölgedeki 7 akarsuda ve şehir içme suyunda gerçekleştirilen araştırmanın Kızılırmak ve Yeşilirmak sonuçları incelendiğinde ortalama nitrat derişimleri sırasıyla 6,49mg/L; 5,62 mg/L; ortalama nitrit derişimleri ise 38,8 mg/L; 73,5 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada her iki nehrde de nitrit derişimleri temmuz ve ağustos aylarında en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür.

Çalışma kapsamında değişkenler arasındaki korelasyonlardan elde edilen sonuçlar mevsimlere bağlı olarak incelendiğinde;

Kızılırmak nehrinde ölçülen Nitrat azotu (NO_3^- -N) derişimlerinin o- PO_4^{3-} -P (0,97; kış), Si (0,98; kış) ve EC (0,99; kış) ile pozitif, klorofil-a (-0,98; kış) ve toplam sertlik (-0,97; sonbahar) değişkenleri ile negatif yüksek korelasyonlar gösterdiği tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde ise sonbahar dönemindeki Nitrat azotu (NO_3^- -N) derişimlerinin pH (-0,95) ile negatif Silikat (0,98) ile yüksek düzeyde pozitif korelasyonlara sahip olduğu belirlenmiştir.

Kızılırmak nehrinde NO_2^- -N ile Si (0,99;Yaz) arasında pozitif korelasyon vardır. Yeşilirmak nehrinde NO_2^- -N ise Si (0,99;Yaz) değişkeni pozitif, o- PO_4^{3-} -P(-0,95;sonbahar) değişkeni negatif yüksek korelasyona sahiptir.

Kızılırmak nehrinde NH_4^+ -N ile sıcaklık (0,96;kış) değişkeni arasında pozitif, pH (-0,99;ilkbahar)ve sertlik (-0,99;yaz) değişkenleri arasında yüksek düzeyde negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir. Yeşilirmak nehrinde NH_4^+ -N ile elektriksel iletkenlik (-0,95;kış), Si (-0,99;kış) ve sülfat (-0,99;yaz) değişkenleri negatif, askıda katı madde (0,99;sonbahar) değişkeni pozitif korelasyona sahiptir.

Kızılırmak nehrinde o- PO_4^{3-} -P ile Elektriksel iletkenlik (0,97;kış), Si (0,99;kış) ve pH (0,98;sonbahar) parametreleri pozitif, klorofil-a (-0,99;kış) değişkeni yüksek düzeyde negatif korelasyona sahiptir. Yeşilirmak nehrinde o- PO_4^{3-} -P ile Elektriksel iletkenlik

(0,97;kış), askıda katı madde (0,99;ilkbahar), debi (0,99;yaz) ve çözünmüş oksijen (0,99;yaz) değişkenleri önemli seviyede pozitif korelasyona sahiptir.

Çözünmüş oksijen ile bulanıklık (0,96;sonbahar) ve debi (0,99; yaz) dönemi ilişkisinde pozitif, debi (-0,99;kış) dönemi negatif yüksek korelasyona sahiptir.

Kızılırmak nehrinde Silikat ile elektriksel iletkenlik (0,98;kış) değişkeni yüksek seviyede pozitif, klorofil-a (-0,99;kış) değişkeni ile önemli düzeyde negatif korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde Silikat ile elektriksel iletkenlik (0,98;kış) değişkeni önemli düzeyde pozitif korelasyonlara, pH (-0,99;ilkbahar) ve sülfat (-0,99;ilkbahar) değişkenler arasında yüksek seviyede negatif korelasyonlar söz konusudur.

Yeşilirmak nehrine ait debi verileri ile çözünmüş oksijen ile (-0,99;kış) döneminde negatif, (0,99;yaz) döneminde önemli seviyede pozitif korelasyonların varlığı tespit edilmiştir.

Kızılırmak nehrinde ölçülen sıcaklık değerlerinin, çözünmüş oksijen (-0,99; Yaz) değişkeni ile negatif yüksek korelasyonlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Yeşilirmak nehrinde sıcaklık değerleri ile elektriksel iletkenlik (-0,99;ilkbahar) ve klorofil-a (-0,99;Yaz) değişkenleri yüksek seviyede negatif korelasyonlara sahiptir.

Kızılırmak nehrinde pH değerleri ile Elektriksel iletkenlik (EC) (0,99;yaz) parametresi arasında pozitif korelasyonların mevcut olduğu belirlenmiştir.

Kızılırmak nehrinde Elektriksel iletkenlik sonuçları Klorofil-a (-0,98;kış) değişkeni ile negatif yüksek korelasyonlar göstermiştir. Yeşilirmak'ta elektriksel iletkenlik ile Klorofil-a (0,98;sonbahar) değişkeni arasında pozitif yüksek korelasyon gösterdiği belirlenmiştir.

Kızılırmak nehrinde Bulanıklık ile askıda katı madde (0,98;kış), (0,99;Yaz) dönemlerinde yüksek pozitif korelasyona sahipken, Toplam sertlik (-0,95;kış) değişkeni ile yüksek negatif korelasyona sahip olduğu sonucu ortaya çıkarılmıştır.

Kızılırmak nehrinde Askıda katı madde ile sülfat (-0,96;kış) arasında negatif korelasyon görülmektedir.

Kızılırmak nehrinde Toplam sertlik NO_2^- -N (-0,97; sonbahar) değişkeni ile negatif yüksek korelasyon gösterdiği belirlenmiştir.

5. SONUÇ

Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinde 3 yıl süresince mevsimsel periyotlarla yapılan ölçüm ve örneklemlerle gerçekleştirilen bu çalışma ile;

- Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine göre NO_3^- -N ve NH_4^+ -N yönünden Sınıf-I kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Kızılırmak nehri o-PO_4^{3-} P açısından Sınıf-I kategorisinde bulunmasına rağmen Yeşilirmak nehrinde ilkbahar dönemi sonuçları risk düzeyini Sınıf-II kategorisine çıkarmıştır. Akarsulardaki silikat derişimlerinin ise aynı yönetmelik kapsamında, yerüstü su kaynakları için belirli kirleticiler ve çevresel kalite standartlarına ilişkin limit değerin ($1830\mu\text{g/L}=59,03\mu\text{M}$) üzerinde olduğu belirlenmiştir.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayınlanan İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmeliğine göre Kızılırmak nehrinde ölçülen elektriksel iletkenlik ve sülfat derişimleri sınırlayıcı faktörler arasında yer almaktadır.
- Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliğine göre her iki nehir için belirlenmiş olan ortalama nitrat derişimlerinin yönetmelikte ifade edilen 50 mg/L sınır değerin altında olması nedeniyle tarımsal kaynaklı nitrat kirliliğinin tehdit oluşturacak düzeylere ulaşmadığı belirlenmiştir.
- Yeşilirmak nehri ile Karadeniz'e taşınan toplam askı yük, nitrat, silikat ve fosfat miktarları Kızılırmak nehrinden kaynaklanana göre daha yüksek düzeydedir. Amonyum ve nitrit formunda taşınan inorganik azot miktarlarının her iki nehir için birbirine yakın düzeylerde olduğu ortaya konulmuştur.
- Literatürde veri eksikliği söz konusu olan Si taşınım düzeyleri yaklaşık olarak Yeşilirmak için 35 bin ton.yıl^{-1} ve Kızılırmak için ise 24 bin ton.yıl^{-1} olarak belirlenmiştir.
- Ülkemiz yasal mevzuatında yer almakla birlikte, Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirleri için literatürde rastlanılmayan ve ileride yapılacak çalışmalarda kullanılacak karakteristik değerler, bu çalışma kapsamında besin elementlerinin her biri için hesaplanmıştır. Elde edilen değerler ışığında Yeşilirmak nehrinde fosfat, nitrat ve

amonyum karakteristik değerlerinin, Kızılırmak nehrinde ise silikat ve nitrit azotu karakteristik değerlerinin daha yüksek düzeyde bulunduğu tespit edilmiştir.

6. ÖNERİLER

Ülkemizde su yönetimi ile ilgili birçok bakanlığın yetki ve sorumluluk sahibi olması ve bakanlıkların değişmesi sonucu yasal mevzuatın da sürekli değişime uğraması, bir yetki karmaşasının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Orman Su İşleri Bakanlığı bünyesinde Su Yönetimi Genel Müdürlüğünün kurulmasıyla nispeten ilerlemeler sağlanmış olmasına rağmen bazı konularda iyileştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Mevzuatlarla ilgili çalışmalar yürütülürken uzun süreli yürürlükte olacak şekilde, daha kapsayıcı, yetki ve sorumluluk sahiplerinin daha net ortaya konulduğu bir mevzuat oluşturulması önemlidir.

Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden Karadeniz'e taşınan besin elementi düzeylerinin araştırılmasının hedeflendiği bu çalışmada, taşınan yük hesabında kullanılan debi verileri Devlet Su İşleri Samsun Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Ulaşılan bu veriler aylık ortalama debiler olup, çalışma yapılan güne ve örnekleme anına ait değildir. Kanaatimizce, yük hesabında kullanılacak debi değerlerinin örnekleme zamanına ait olması daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesi açısından önemlidir.

Ülkemizde üniversiteler ve kamu kurumları başta olmak üzere birçok kurum ve kuruluş, tarafından fen/mühendislik ve sosyal bilimler alanında havza ölçeğinde çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Yapılan bu çalışmalar sırasında ihtiyaç duyulan bazı temel verilerin (meteorolojik veriler, debi, nüfus, ithalat, ihracat vb.), görev ve sorumluk alanında yer alması itibariyle kamu kurumları tarafından sürekli veri toplanması gerçekleştirilmektedir. Fakat bu verilere ihtiyaç duyulan bazı araştırmaları yürüten kurum/araştırmacılar tarafından ilgili verilere ulaşmada bazı zorluklar yaşanmaktadır. Nihayetinde ülke yararına bir şeyler yapılması amaçlanmış olan bu çalışmalar için gerekli verilere daha kolay ve zahmetsiz şekilde ulaşılabilir olması ve hatta yapılan çalışmalarda tekröre düşmemek ve ülke ekonomisini zarara uğratmamak adına özellikle temel verileri kapsayan ulusal bir veri seti sistemi oluşturulabilmesi ülkesel öncelikler arasında yer almalıdır.

Mevcut su kaynaklarının kalitesinin her geçen gün daha önemli hale geldiği ülkemizde, su kalitesi parametrelerinin yetişmiş nitelikli personel tarafından sistematik takibi ve izlenmesi gereklidir. Bu yüksek lisans çalışması kapsamında fiziko kimyasal parametrelerle sınırlanan araştırmaların biyolojik, hidrolojik ve diğer önemli faktörleri de kapsayan bütüncül bir yaklaşımla havza ölçeğinde ele alınması yerinde olacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Abay, O.,2008. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi'nde Nehir Havza Yönetiminin Önemi, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci, Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Havza Kirliliği Konferansı, İzmir.
- Alabaster, J.S. ve Lloyd, R., 1980. Water Quality Criteriafor Freshwater Fish. Butterworths, London-Boston, 297 pp.
- Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbaş, U., Zengin, B., ve Kılıç, M.B, 2013. Physico-Chemical Characteristics and Nutrient Levels of the Eastern Black Sea Rivers, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13,4, 847-859.
- APHA, A., 2011, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater, In: E.W., Rice, A. D., Eaton, R. B., Baird, L. S., Clesceri (Eds), American Public Health Association, New York.
- Atalık, A., 2006. Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri, Bilim ve Ütopya, 139, 18-21.
- Atay, R., 1995. Su Kirliliği Laboratuvar Notları, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, 17-54 s.
- Bakan, G ve Büyükgüngör, H., 2000. The Black Sea, Marine Pollution Bulletin, Elsevier Science, No: 41(1-6), 24-43.
- Barr, J.,Grego, S., Hassan, E., Niasse, M., Rast, W. ve Talafre, J., 2012. Regional Challenges, Global Impacts in Managing Waterunder Uncertainty and Risk, UN World Water Development Report 4.
- Bat, L., şahin, F., Satılmış, H., Üstün, F., Özdemir, Z. B., Kıdeys, A. E ve Shulman, G. E, 2007. Karadeniz'in Değişen Ekosistemi ve Hamsi Balıkçılığına Etkisi, Journal of Fisheries Sciences.com.
- Baytut, Ö., 2010. Kızılırmak Nehir Ağzı Fitoplanktonu Ve Nutrientlerle Etkileşimleri, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun
- Bilen, Ö., 2008. Türkiye'nin Su Gündemi: Su Yönetimi ve AB Su Politikaları, Ankara.
- Bodeanu, N., 1989. Algal blooms and development of the main phyto planktonic species at the Romanian Black Sea littoral under eutrophication conditions. Cercet. Mar. I. R. C. M. 22,107-125.
- Boran, M. ve Karaçam, H. 1996. Değirmendere ve Karadere'de (Trabzon, Türkiye) Kirlenici Akışlarının Mevsimsel Değişimi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Dergisi 13, 3-4, 396.

- Boyd, C.E. ve Tucker, C.S. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management, Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA, 700 pp.
- Budak, S., Duranyıldız, İ. ve Yetiş, Ü. 1997. Ulusal Çevre Eylem Planı Su Kaynakları Yönetimi. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Büyükgüngör, H., Bakan, G., Akbal, F., 2013. "Land-based Pollution Monitoring and Assessment of Black Sea Region of Turkey", Turkish Black Sea Fisheries, Turkish Marine Research Foundation, 40, 108-131, İstanbul.
- Can, G., 2015. Entegre Su Yönetiminde Yasal- Kurumsal Yapı ve İşleyiş, Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Callow, P. ve Petts, G. 1992. The Rivers Hand Book Hydrological and Ecological Principles 1., Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Carlson, R.E., 1977. A Trophic State Index For Lakes, Limnology and Oceanography. 22, 361-369.
- Cirik, S. ve Cirik, Ş. 2005. Limnoloji, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi, İzmir, 166 s.
- Cociasu, A., Dorogan, L., Humborg, C., ve Popa L. 1996. Long-term Ecological Changes in Romanian Coastal Waters of the Black Sea, Marine Pollution Bulletin, 32, 32-38.
- Çiçek, İ. ve Ataoğlu, M. 2009. Türkiye'nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım, Coğrafi Bilimler Dergisi, 7, 51-64.
- Çiçek, N., 2010. Su Çerçeve Direktifi ve Büyük Menderes Nehir Havzası Yönetim Planı Örneğinde AB ve Türkiye Yaklaşımı, Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Demirci, A., 1993. Samsun Bölgesi (Bafra – Çarşamba) Yüze ve İçme Sularında F^- , NO_3^- , NO_2^- İyonlarının İyon Seçici Elektrotlar ile Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Egemen, Ö. ve Sunlu, U., 1999. Su Kalitesi (Ders Kitabı), Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:14 3. Baskı, İzmir, 153 s.
- G. P. Gurumurthy, K. Balakrishna, M. Tripti, Stéphane Audry, Jean Riotte, J. J. Braun, H. N. Udaya Shankar, 2014. Geo chemical behaviour of dissolved trace elements in a monsoon-dominated tropical river basin, South western India, Environmental Science and Pollution Research, 21, 7, 5098–5120.
- Girgin, S. ve Kazancı, N., 1994. Ankara Çayı'nda Su Kalitesini Belirlemek İçin Taban Büyük Omurgasızların Fiziko-Kimyasal Parametrelerle Birlikte Kullanılması. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi Bildiri Kitabı, Edirne, 235-239.

- Göncü, S., 2001. SeydiSuyu'nda Azot ve Fosfor Döngüsünün Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Gül, A. ve Yılmaz, M., 2002. Kızılırmak Nehri Delice Irmağı'nda Yaşayan *Capoetatinca* (Heckel, 1843)'nın Büyüme Özellikleri, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Ankara, 22, 1, 13-24.
- Gündüz, T., 1994. Çevre Sorunları, Bilge Yayıncılık, Ankara.
- Horne, AJ. ve Goldman, CR., 1994. Limnology, Second Edition, McGraw-HillInc., USA.
- İlgar R., 2009, "Dünya Su Yönetimi, Su Eğitimi / World Water Management and Water Education", 1. Uluslararası Türkiye Eğitim Araştırmaları Kongresi, Mayıs, ÇanakkaleBildiriler Kitabı, 1-22.
- Karagözoğlu, B., Altın, A. ve Altın, S., 1998. Sularda Bulunan Nitratın Kaynakları, İnsan Sağlığına Etkileri ve Arıtma Yöntemleri, I. Atıksu Sempozyumu, Mayıs, Kayseri, Bildiri Kitabı, 50-56.
- McCarthy, J., Taylor, W. ve Taft, J., 1977. Nitrogenous nutrition of the plankton in the Chesapeake Bay. *Limnol. Oceanography*, 22, 996-1011.
- McCarthy, J., Kaplan, W. ve Nevins, J. L., 1984. Chesapeake Bay, nutrients and phytoplankton Dynamics: 2. Sources and sinks of NO_2^- , *Limnol. Oceanography*, 29, 84-98.
- Metcalf ve Eddy, 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*, Third edition, McGraw-Hill, New York.
- Murray, J.M., Codispoti, L.A. ve Freiderich, G.E. 1995. Oxidation-Reduction Environments: The Suboxic Zone in the Black Sea, In: *Aquatic Chemistry*, Huang, C.P., Omelia, C.R. ve Morgan, J.J. (eds.), ACS Advances in Chemistry Series, 244, 157-176.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2014. Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023), Ankara.
- Özsoy, S. Su ve Yaşam, 2009. Suyun Toplumsal Önemi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Parsons, TR., Takahashi, M. ve Hargrave, B., 1984. *Biological Oceanographic Processes*, 3rd ed., Pergamon Press, Oxford.
- Pilson, MEQ., 1998. *An Introduction to the Chemistry of the Sea*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Richards, R. P. 1998. Estimation of pollutant loads in rivers and streams: A guidance document for NPS programs. Project report prepared under Grant X998397-01-0, US Environmental Protection Agency, Region VIII, Denver, 108.

- Salihoğlu, I., ve E. Mutlu. 2000. Ulusal deniz araştırma ve izleme programı, Akdeniz, Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz ve Atmosfer Alt projeleri, 1995–1999 dönemi sentez raporu, TÜBİTAK, Ankara.
- Samsun Valiliği, 2013, Samsun İl evre Durum Raporu. İl evre ve Őehircilik Müdürlüğü, Samsun.
- Serdar, S., 2015. Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Solak, C.N., 2003. Akçay (Muğla-Denizli)'ın Fiziko-Kimyasal ve Epilitik Alg Florası Yönünden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Muğla.
- Soylak, M. ve Doğan, M. 2000. Su Kimyası, Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri.
- Stevens, R.J. ve Laughlin, R.J., 1994. Determining Nitrogen in Nitrite or Nitrate by Producing Nitrous Oxide, Soil Science Society of America Journal, 58, 1108-1116.
- Sümer, V., 2012. Yeni ereve Su Kanununa Doğru: Su Kanunu Taslağı zerine Notlar. Orta Doğu Stratejik Araştırmalar Merkezi (ORSAM).
- Taş, B., 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. Ekoloji 15, 61, 6-15.
- T.C. Resmi Gazete, 2012. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 27483, Ek-1-7.
- T.C. Resmi Gazete, 2015. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 29327, Ek-1-7.
- T.C. Resmi Gazete, 2016. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, Ek-1-7.
- T.C. Resmi Gazete, 2012. İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi, 28338, Ek-2.
- Tepe, Y., 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi, Ekoloji 70, 38-46.
- Tolmazin, D., 1985. Changing coastal oceanography of the Black Sea. I: Northwestern Shelf., Prog. Oceanog., 15, 217-276.
- Tuncer, G., Karakas, T., Balkas ,I.T., Gokay, C.F., Aygnn, S., Yurteri, C. ve Tuncel, G., 1998. Land-based Sources of Pollution along the Black Sea Coast of Turkey: Concentrations and Annual Loads to the Black Sea, Marine Pollution Bulletin, 36, 6, 409-423.

- Tuğrul, S., Baştürk, Ö., Saydam, C., ve Yılmaz, A. 1992. Changes in the Hydrochemistry of the Black Sea Inferred from Water Density Profiles, *Nature*, 359, 137-139.
- Tübitak-MAM, 2010. Çevre Enstitüsü, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi-Kızılırmak Havzası, Proje Nihai Raporu, Kocaeli.
- Tübitak-MAM, 2010. Çevre Enstitüsü, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi-Yeşilirmak Havzası, Proje Nihai Raporu, Kocaeli.
- TÜSİAD, 2008. Türkiye Sanayici ve İş Adamları Derneği, Türkiye’de Su Yönetimi: Sorunlar ve Öneriler.
- URL-1, www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari, Su Kaynakları, 30 Eylül 2016
- URL-2, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ye%C5%9Fil%C4%B1rmak>, 1 Ekim 2016.
- Wetzel, R.G. ve Likens, G.E., 2000. *Limnological Analyses*. Springer Science Business Media, Inc. United States of America, 435 pp.
- WSSD, 2002. Implementation Report. World Summit on Sustainable Development, 26 Ağustos- 4 Eylül 2002, Johannesburg -GÜNEY AFRİKA, Summit, Johannesburg. "World summit on sustainable development." Johannesburg, South Africa.
- Yıldız, F.B. 2012. Marmara Denizi Sedimanlarında Fosfat Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, M., Gül, A. ve Solak, K., 1995. Kapulukaya Baraj Gölü (Kırıkkale)'nün Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Balıkçılık açısından Değerlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8, 1, 136-152.

ÖZGEÇMİŞ

Muhammed Baran KILIÇ 1984 yılında İstanbul-Beşiktaş'ta doğdu. İlk öğrenimini Şair Nedim İlk Öğretim Okulunda, Orta öğrenimini Kadıköy Mehmed Bayazid Lisesinde tamamladı. 2003 yılında Eskişehir Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başlayıp, 1 yıl İngilizce hazırlık sınıfı da dahil olmak üzere 5 yıllık eğitimin sonunda 2008 yılında Çevre Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 2 yıl özel sektör deneyimi sonrasında 2011 yılında Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne atandı. 2013 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine halen devam ettirmektedir. İyi derecede İngilizce bilen Muhammed Baran KILIÇ, evli ve 1 çocuk babasıdır.