

**TORTUM ÇAYI VE KOLLARININ (ERZURUM)
FİZİKO-KİMYASAL PARAMETRELERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Mine KÖKTÜRK

**Yüksek Lisans Tezi
Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP
2013
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TORTUM ÇAYI VE KOLLARININ (ERZURUM) FİZİKO-
KİMYASAL PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mine KÖKTÜRK

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSİLİĞİ ANA BİLİM DALI

**ERZURUM
2013**

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**TORTUM ÇAYI VE KOLLARININ (ERZURUM) FİZİKO-KİMYASAL
PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP danışmanlığında, Mine KÖKTÜRK tarafından hazırlanan bu çalışma 28.06.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gonca ALAK

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Özden FAKIOĞLU

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan **EFEOĞLU**
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: 2012/203

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TORTUM ÇAYI VE KOLLARININ (ERZURUM) FİZİKO-KİMYASAL PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mine KÖKTÜRK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP

Bu araştırmada, Tortum Çayı'nda belirlenen 9 istasyondan Haziran 2012- Mayıs 2013 tarihleri arasında aylık su örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde azot ve fosfor fraksiyonları ile toplam demir, silikat, sülfat konsantrasyonlarının ve bazı su kalite parametrelerinin (su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH) mevsimlere ve istasyonlara bağlı değişimleri incelenmiştir. Çalışma süresince elde edilen değerler (en küçük ve en büyük) şu şekilde bulunmuştur: Amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) ($0,02\pm0,0004$ ve $0,88\pm0,0074$ mg/L), nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$) ($0,03\pm0,00$ ve $1,47\pm0,0396$ mg/L), nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) ($0,01\pm0,00$ ve $0,67\pm0,001$ mg/L), toplam ortofosfat (TOP) ($0,00\pm0,00$ ve $29,14\pm0,686$ mg/L), toplam fosfor (TP) ($0,00\pm0,00$ ve $0,57\pm0,686$ mg/L), demir (Fe) ($0,01\pm0,00$ ve $1,12\pm0,008$ mg/L), silikat (Si) ($1,55\pm0,0076$ ve $3,84\pm0,0032$ mg/L), sülfat (SO_4) ($1,68\pm0,687$ ve $92,11\pm12,4965$ mg/L), su sıcaklığı ($3,19\pm0,77$ ve $21,21\pm1,40$ °C), çözülmüş oksijen (ÇO) ($7,81\pm1,17$ ve $15,93\pm0,79$ mg/L), pH ($8,38\pm0,19$ ve $9,22\pm0,29$), alkalinite ($40,00\pm10,00$ ve $244,44\pm96,84$ mg/L CaCO_3) toplam askıda katı madde (AKM) ($1,74\pm0,93$ ve $6,18\pm3,11$ mg/L), Ca^{+2} sertliği ($22,84\pm9,28$ ve $37,91\pm11,41$ mg/L CaCO_3), toplam sertlik (TS) ($106,78\pm75,23$ ve $204,11\pm68,32$ mg/L CaCO_3). Sonuç olarak, Tortum Çayı ve kollarından gelen evsel atık, hayvansal orjinli gübre, hidro elektrik santrallerinin kurulması sebebiyle kirlilik tehdidi altındadır. Tortum Çayı ve kollarının fiziksel ve kimyasal tüm özellikleri, su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartları göre incelendiğinde su sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve sülfat değerleri hariç düşük kaliteli (3. sınıf) su standardında olduğunu söylenebilir.

2013, 71 sayfa

Anahtar Kelimeler: Azot Fraksiyonları, Fosfor Fraksiyonları, Demir, Silikat, Su Kalitesi, Tortum Çayı

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION of PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS in TORTUM RIVER and TRIBUTARIES (ERZURUM)

Mine KÖKTÜRK

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP

In this research, water samples had been taken monthly from nine stations, in the Tortum River between June 2012 and May 2013. In this samples were investigated related to seasonal and stations changes of nitrogen and phosphorus fractions, total iron, silicate, sulfate concentrations and some water quality parameters (water temperature, dissolved oxygen, pH). The measured data were given as following (minimum and maximum): ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) (0.02 ± 0.0004 and 0.88 ± 0.0074 mgL^{-1}), nitrite nitrogen ($\text{NO}_2\text{-N}$) (0.03 ± 0.00 and 1.47 ± 0.0396 mgL^{-1}), nitrate nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) (0.01 ± 0.00 and 0.67 ± 0.001 mgL^{-1}), total orthophosphate (TOP) (0.00 ± 0.00 and 29.14 ± 0.686 mgL^{-1}), total phosphorus (TP) (0.00 ± 0.00 and 0.57 ± 0.686 mgL^{-1}), total iron (Fe) (0.01 ± 0.00 and 1.12 ± 0.008 mgL^{-1}), silica (Si) (1.21 ± 0.0024 and 3.84 ± 0.0032 mgL^{-1}), sulfate (SO_4) (1.68 ± 0.687 and 92.11 ± 12.4965 mgL^{-1}), water temperature (3.19 ± 0.77 and 21.21 ± 1.40 $^{\circ}\text{C}$), dissolved oxygen (7.81 ± 1.17 and 15.93 ± 0.79 mgL^{-1}), pH (8.38 ± 0.19 and 9.22 ± 0.29), alkalinity (40.00 ± 10.00 and 244.44 ± 96.84 mgL^{-1} CaCO_3), total suspended solid matter (TSS) (1.74 ± 0.93 and 6.18 ± 3.11 mgL^{-1}), calcium (Ca^{++}) (622.84 ± 9.28 and 37.91 ± 11.41 mgL^{-1}), total hardness (106.78 ± 75.23 ve 204.11 ± 68.32 mgL^{-1} CaCO_3). As a result, Tortum River and tributaries have been under threated because of domestic waste, fertilizer, hydroelectric plant. When the all physical and chemical characteristics of Tortum River and tributaries were examined according to the inland water quality standards declared in water pollution law, it can be said that the river has a low water quality standard (Class III) except for water temperature, dissolved oxygen and sulfate.

2013, 71 pages

Keywords: Nitrogen Fractions, Phosphorus Fractions, Iron, Silica, Water Quality, Tortum River

TEŞEKKÜR

Çalışmam sürecince bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, yardım ve ilgilerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP'e, laboratuvar ve yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Özden FAKİOĞLU'na ve istatistiksel analizler sırasında yardımlarını gördüğüm Sayın Doç. Dr. Murat ARSLAN'a teşekkürü bir borç bilirim. Laboratuvar imkanı sağlayan Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanlığı'na teşekkür ederim.

Arazi çalışmasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarıma ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan anneme ve babama ayrıca tez çalışmamda bana desteklerini esirgemeyen Gülsevîm DEMİRCİOĞLU ve Mehmet AKSOY'a çok teşekkür ederim.

Mine KÖKTÜRK

Temmuz 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	6
2.1. Nehir Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri	6
2.1.1. Fiziksel parametreler	6
2.1.1.a. Sıcaklık	6
2.1.1.b. Akış hızı	7
2.1.1.c. Askıda katı madde	7
2.1.2. Kimyasal Parametreler	8
2.1.2.a. Oksijen.....	8
2.1.2.b. pH ve karbondioksit (CO ₂).....	9
2.1.2.c. Sertlik.....	10
2.1.2.d. Alkalinite	11
2.1.2.e. Sülfat.....	12
2.1.2.f. Azot.....	13
2.1.2.g. Fosfor.....	15
2.1.2.h. Bakır	17
2.1.2.i. Demir.....	18
2.1.2.j. Silikat	18
2.2. Literatür Özeti	19
2.3. Tortum Çayı Havzası'nın Özellikleri.....	27
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	31
3.1. Materyal.....	31
3.1.1. Araştırma yeri.....	31

3.1.2. İklim	35
3.2. Yöntem	36
3.2.1. Numune alımı	36
3.2.2. Laboratuvar analizi	37
3.2.2.a. Askıda katı madde	37
3.2.2.c. Ca ve Mg Sertliği	38
3.2.2.d. Alkalinite	38
3.2.2.e. Amonyak-Azotu	38
3.2.2.f. Nitrat-Azotu	39
3.2.2.g. Nitrit-Azotu	39
3.2.2.h. Toplam Fosfor	39
3.2.2.i. Toplam Ortofosfat	39
3.2.2.j. Sülfat	39
3.2.2.k. Silikat	39
3.2.2.l. Bakır	40
3.2.2.m. Demir	40
3.2.3. İstatistiksel analizler	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	41
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	58
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	72

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
AKM	Askıda katı madde
°C	Santigrat derece
Ca	Kalsiyum
Ca(HCO ₃) ₂	Kalsiyum bikarbonat
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	Avrupa Komisyonu
EDTA	Etilen diamin tetra asitik asit
Fe	Demir
FS°	Fransız Sertliği
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
H	Hidrojen
H ₂ CO ₃	Karbonik asit
H ₂ O	Su
HCO ₃	Bikarbonat
HES	Hidro Elektrik Santrali
kg	Kilogram
kg/m ³	Bir metre küpteki kilogram
L	Litre
m	Metre
m ³	Metreküp
m ³ /sn	Bir saniyedeki metreküp
meq/L	Bir litredeki miliekivalent
mg	Miligram
mgCaCO ₃ /L	Bir litredeki miligram kalsiyum karbonat
Mg(HCO ₃) ₂	Magnezyum bikromat
mg/kg	Bir kilogramdaki miligram

mg/L	Bir litredeki miligram
ng/m ³	Bir metreküpteki nanogram
NH ₃ -N	Amonyak azotu
NO ₂ -N	Nitrit azotu
NO ₃ -N	Nitrat azotu
pH	H iyonu derişiminin 10 tabanında (-) logaritması
ppm	Toplam madde miktarının milyonda birlik kısmı
Si	Silikat
SO ₄	Sülfat
TOP	Toplam ortofosfat
TP	Toplam fosfor

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Azot döngüsü	14
Şekil 2.2. Fosfor döngüsü	17
Şekil 2.3. Araştırma sahası ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası.....	28
Şekil 3.1. Torum Çayı ve kollarına ait istasyonlar	32
Şekil 3.2. 1970-2011 yılları arasındaki aylık ortalama yağış miktarı	35
Şekil 4.1. Tortum Çayı ve kollarındaki su sıcaklığı değerinin aylara bağlı değişimi.....	41
Şekil 4.2. Tortum Çayı ve kollarındaki çözünmüş oksijen değerinin aylara bağlı değişimi	42
Şekil 4.3. Tortum Çayı ve kollarındaki pH değerinin aylara bağlı değişimi	43
Şekil 4.4. Tortum Çayı ve kollarındaki askıda katı madde değerinin aylara bağlı değişimi	44
Şekil 4.5. Tortum Çayı ve kollarındaki Ca^{+2} sertliği değerlerinin aylara bağlı değişimi	45
Şekil 4.6. Tortum Çayı ve kollarındaki toplam sertlik değerlerinin aylara bağlı değişimi	46
Şekil 4.7. Tortum Çayı ve kollarındaki alkalinite değerlerinin aylara bağlı değişimi	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya nehir sularının ortalama kompozisyonu (mg/L).....	5
Çizelge 2.1. Suların sertlik değerlerine göre sınıflandırılması	11
Çizelge 2.2. Tortum meteoroloji istasyonu sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı (°C)*	29
Çizelge 2.3. Tortum meteoroloji istasyonu aylık ortalama yağış değerleri (1975-2009)	30
Çizelge 3.1. Tortum Çayı'nın 1992-2012 yılları arasındaki aylık ortalama akım değerleri(m ³ /sn).	36
Çizelge 4.1. Tortum Çayı ve kollarında su sıcaklığı değeri.....	41
Çizelge 4.2. Tortum Çayı ve kollarında çözülmüş oksijen değeri (mg/L).....	42
Çizelge 4.3. Tortum Çayı ve kollarında pH değeri	43
Çizelge 4.4. Tortum Çayı ve kollarında askıda katı madde değeri	44
Çizelge 4.5. Tortum Çayı ve kollarında Ca ⁺² sertliği değeri	45
Çizelge 4.6. Tortum Çayı ve kollarında toplam sertlik değeri.....	46
Çizelge 4.7. Tortum Çayı ve kollarında alkalinite değeri	47
Çizelge 4.8. Tortum Çayı ve kollarında amonyak derişiminin aylara ve istasyonlara bağlı değışimi	50
Çizelge 4.9. Tortum Çayı ve kollarında nitrit derişiminin aylara ve istasyonlara bağli değışimi	51
Çizelge 4.10. Tortum Çayı ve kollarında nitrat derişiminin aylara ve istasyonlara bağli değışimi	52
Çizelge 4.11. Tortum Çayı ve kollarında toplam ortofosfat derişiminin aylara ve istasyonlara bağli değışimi	53
Çizelge 4.12. Tortum Çayı ve kollarında toplam fosfor derişiminin aylara ve istasyonlara bağli değışimi	54
Çizelge 4.13. Tortum Çayı ve kollarında demir derişiminin aylara ve istasyonlara bağli değışimi	55
Çizelge 4.14. Tortum Çayı ve kollarında silikat derişiminin aylara ve istasyonlara bağli değışimi	56

Çizelge 4.15. Tortum Çayı ve kollarında sülfat derişiminin aylara ve istasyonlara bağlı değişimi	57
--	----

1. GİRİŞ

Doğal bir kaynak olan tatlısu, yeryüzünde yaşamın sürekliliği için en temel gereksinimdir. Ancak insanın kullanabileceği su, dünyadaki toplam suyun yalnızca %0,5'ini oluşturur. Yeraltı suyu, topraktaki nem, akarsular ve göllerin hepsi bu oranın içindedir. Her yıl göllerde ve akarsularda yaklaşık $0,63 \times 10^{14}$ ton su buharlaşırken, yağışlarla yeryüzüne yılda yaklaşık $3,5 \times 10^4$ ton su ulaşır. Kutuplardaki buzullar kapladıkları $1,5 \times 10^7$ km²'lik alanla yeryüzü en büyük tatlı su deposunu oluştururlar (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Tüm canlıların yaşamında vazgeçilmez bir yeri olan su, artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılayamamakta ve birçok toplum için önemli bir sorun haline gelmektedir. Aşırı kullanım nedeniyle, giderek yeraltı su tablasının seviyesi azalırken, çevresel etkilerden dolayı da yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının kirlilik oranı artmaktadır. Bu durum tatsuların daha dikkatli ve titiz kullanılmasını gerektirmektedir.

Tatlı sulardaki kirlilikten dolayı su kalitesi kavramı ve su standartları ortaya çıkmıştır. Bu standartların ortaya çıkmasındaki nedenlerden biri suda yaşayan birçok canlının kirliliğe bağlı olarak varlıklarını sürdürmez hale gelmesi, diğeri ise tüketilebilir ve kullanılabilir su kaynaklarının giderek yok olmasıdır. Gelişmiş ülkelerde de su kalitesi giderek en çok üzerinde durulan çevre sağlığı sorunlarından birisi olma özelliğindedir. Patojenik mikroorganizmalar en önemli kirletici öge olma özelliğini sürdürmekle birlikte, artan endüstrileşme, hatalı endüstriyel yerleşim, aşırı gübre ve pestisit kullanımına bağlı olarak su kaynaklarının kimyasal kirlenmesi giderek artmaktadır. Suyun kimyasal izlenmesi giderek patolojik izlenmesine yakın bir izleme sıklığı kazanmaktadır. Endüstri ve tarımda günümüzde 60.000 in üzerinde kimyasal kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu 1994).

Sularda meydana gelen kirlenmeyi ve etkilerini belirleme çalışmalarında su kalitesinin fiziksel ve kimyasal açıdan değerlendirilmesi suyun o anki durumu hakkında bilgi vermesi açısından oldukça önemlidir (Barlas 1995; Kazancı vd 1997).

Su kalitesi kriterleri ile su kalitesi standartları birbirinden farklı kavramlardır. Kriterler suyun güvenli olarak kullanımını sağlayan ve suyun kalitesini bozan değişik maddeler üzerine getirilen kalitatif ve kantitatif sınırlamalardır. Standartlar ise, bu kriterlerle beraber belirli kullanım amaçlarını ve kalitesini koruyabilecek şekilde planlanmış gerekli arıtmalar ile denetim yollarıdır. Kriterler bilimsel kararlardır, standartlar su kullanımlarında uyulması gereken kuralları kapsayan uygulanabilir açıklamalardır. Kriterler ancak yeni bilimsel veriler elde edildikçe değişebilir. Kriterler belirli koşullar altındaki değişimleri ve bazı faktörlerin birbirleri ile olan etkileşimlerini de göz önünde bulundurur. Diğer taraftan, standartlar daha statik olup, çoğunlukla etkenlerin, istatistiksel değişme miktarları için açıklama yapmaksızın normal sonuçlarını veya etkenlerini gösterirler (Güler ve Çobanoğlu 1994).

Akarsu ve göl sistemlerinin su kalitesini belirlemek amacıyla bir çok kriter geliştirilmiştir. Bu kriterlerden bazıları dünya geneli tarafından kabul edilirken, bazı kriterler her ülke için özel olarak geliştirilmiştir. Bütün dünyada geçerliliği olan WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından hazırlanan su kalite değerlerinin yanı sıra Avrupa ülkeleri tarafından hazırlanan Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye'de Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kanunda geçen Kıta İçi Yüzeysel Suları Standart'larına göre iç sular 4 ana sınıfa ayrılmıştır (Anonim 2004). Buna göre;

- Sınıf I : Yüksek kaliteli su,
- Sınıf II : Az kirlenmiş su,
- Sınıf III : Kirli su,
- Sınıf IV : Çok kirlenmiş su.

Akarsular, devamlı akışın olduğu tatlısu ekosistemleri olup küçük dereler, yağmur, kar ve kaynak suları ile beslenir. Tatlı sular içinde %0,003'lük gibi çok küçük bir paya sahip

akarsular, gerek sanayi, gerekse evsel kökenli atık sular vasıtasıyla kirletilmekte ve su kaliteleri bozulmaktadır (Soylak ve Doğan 2000).

Akarsular belli bir seviyeye kadar olan kirliliği arıtma özelliğine sahiptir. Bir akarsudaki su kalitesi ile hidromekanik ve hidrolojik özellikler arasında çok yakın bir ilişki vardır. Akarsulardaki debiler bu ortamlara verilen kirleticilerin seyreltilmesi ve taşınmasını sağlayarak, ortamlarda meydana gelecek kirletici birikimlerini birinci derecede etkilerler (Anonim 2006).

Akarsular, sürekli değişim içinde olan sistemlerdir ve havzalarındaki değişimlerden göllere göre çok daha fazla etkilenirler. Akarsuların canlı topluluğunda belirgin bir süksasyon gelişmeyebilir ve kirlenme canlı kompozisyonunu tamamen değiştirebilir. Akışın sürekli olması nedeniyle akarsularda kirlenmeden sonra iyileşme çok daha çabuk gerçekleşir. Akarsularda bulunan canlı toplulukları akıntı hızına bağlı değişimler gösterirler.

Akarsulardaki kalite belirlenmesinde ölçüm ve istatistiksel analiz önemlidir. Örneğin, akarsuların hiçbirinde yeteri kadar, bilimsel bir değerlendirme yapabilecek düzeyde, mikro kirletici (ağır metaller, pestisidler vb.) ölçümleri yapılmamaktadır. Organik kirleticilerin aksine bu tür toksik ve kalıcı unsurların, kaynaktan denize döküldüğü noktaya (doğduğu yerden denize döküldüğü yere) kadar akarsular boyunca bozunmadan ve giderek artan miktarlarda toplanarak taşındığı düşünülürse, ortaya çıkan problemin boyutları anlaşılır (Serdar 2004).

Nehirlerin biyo-fiziksel özellikleri, havzanın vejetasyonuna, akım hızına ve sediment taşıma kapasitesine bağlı olarak değişim gösterir. Nehir suları, askıda organik madde, askıda inorganik madde, çözünmüş iyonlar, gazlar, çözünmüş organik madde ve özellikle çözünmüş besin maddeleri içeren bir sucul ekosistemidir. Nehir ekosistemlerinin ekolojik durumunu belirlenmesinde azot, fosfor, silikat gibi kimyasal elementlerin rolü çok önemlidir (Çelik ve Pulatsü 2003; Topçu vd 2010).

Yüzey ve yer altı sularındaki fosfat, kayalarından ve topraktan, bozunan bitkisel ve hayvansal atıklardan, evsel ve endüstriyel atıklardan, arıtma tesisi atık sularından, katı atık depo alanlarından, tarımda kullanılan gübrelerden, sulamadan dönen atık sulardan kaynaklanır. Aşırı miktardaki fosfor içeren arıtılmamış atık sular ve sulamadan dönen sular yüzeysel sulara verildiğinde ötrofikasyona neden olmakta, algler aşırı miktarda çoğalarak alg patlaması oluşturmaktadır (Newbold 1992).

Amonyum tuzları ve nitratlar canlıların metabolik artıkları ve ölü bünyeleri tarafından sağlanan organik azot bileşiklerinin parçalanmasıyla sağlanır. Mesela protein parçalanması bu açıdan önemli olup aminofikasyon (amonyaklaşma) ile protein parçalanarak amonyum iyonu haline dönüştürülür. Bu amonyum iyonlarının bir kısmı bitkiler tarafından besin maddesi olarak kullanılırken diğer kısmı önce nitrite sonra nitrate yükseltgenirler. Bu olaya nitrifikasyon denir. Bu olay ototrof ve heterotrof bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Nitrifikasyonu gerçekleştiren nitrosomas amonyumu nitrite dönüştürür (Wetzel and Likens 2001).

Demir birleşikleri organik kompozisyonla ilişki olup, genellikle yüzey sularının yanı sıra çözünmüş organik maddenin ve hümik maddelerin yoğun olduğu yerlerde derişimleri yüksektir. Akarsularda demir az miktarda olmasına karşın devamlı bulunmaktadır (Wetzel 2001).

Silikat, tatlı sularda bulunan diğer bir sınırlayıcı elementtir ve diatomların hücre yapılarında olması sebebiyle önem taşımaktadır (Allan 1995).

Nehir suyu kalite kriterleri, sadece toprak erozyonundan kaynaklanan doğal süreçten değil aynı zamanda yağışlar, mevsimsel değişimler ve hatta antropojenik kaynaklardan da etkilenir (Gutierrez *et al.* 2008). Dünyadaki nehir sularının ortalama kompozisyonu Çizelge 1.1'de verilmiştir (Livingstone 1963; Benoit 1969).

Çizelge 1.1. Dünya nehir sularının ortalama kompozisyonu (mg/L)

Bölgeler	Ca	SO ₄	NO ₃	Fe	SiO ₂
Kuzey Amerika	21,0	20,0	1,0	0,16	9,0
Güney Amerika	7,2	4,8	0,7	1,4	11,9
Avrupa	31,1	24,0	3,7	0,8	7,5
Asya	18,4	8,4	0,7	0,01	11,7
Afrika	12,5	13,5	0,8	1,3	23,2
Avustralya	3,9	2,6	0,05	0,3	3,9
Dünya	15,0	11,2	1,0	0,67	13,1

Türkiye’de, başlıca 36 adet akarsu bulunmakta olup, bunlar toplam 178,000 km uzunluğundadır (Cirik ve Cirik 1999). Ayrıca Türkiye’de dağlarda bulunan küçük göllerle birlikte 120’den fazla doğal göl bulunmaktadır. DSİ tarafından inşa edilerek işletmeye alınmış büyük baraj adedi 544 olup, diğer kuruluşlarca yapılan 11 adet büyük baraj da ilave edilince, Türkiye’deki büyük baraj sayısı 555 adete ulaşmaktadır (Anonim 2013d).

Tortum Çayı dünyanın 3. büyük şelalesi olan Tortum Şelalesi’ni ve heyelan sonucu oluşan Tortum Gölü’nü de besleyen en önemli kaynaktır. Çay, sulama suyu amaçlı kullanılmasının yanı sıra üzerinde dört adet alabalık çiftliği, dört adet taş ocağı, iki adet beton santrali ve üç adet tamamlanmamış HES projesi bulunmaktadır. Çay üzerinde ayrıca Serdarlı Göleti ve Tortum Kapıkaya Göleti inşa halindedir.

Bu çalışmadaki amacımız, Tortum Çayı ve kollarındaki suyun fiziko-kimyasal parametrelerinin mevsimlere ve istasyonlara bağlı olarak değişimlerinin incelenmesi, çayın su kalite standardının belirlenmesidir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Nehir Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri

2.1.1. Fiziksel parametreler

2.1.1.a. Sıcaklık

Su sıcaklığı, sudaki canlıların tüm biyolojik faaliyetlerini etkileyen önemli bir fiziksel faktördür. Çünkü atmosfer basıncı ile dengeli olarak sudaki oksijen miktarı, metabolik aktiviteleri, embriyonik gelişmeleri, büyüme oranlarını ve daha birçok olayı etkiler (Serdar 2004).

Bir ortamın sıcaklığı ile kimyasal reaksiyon hızı arasında doğrusal bir orantı vardır. Sıcaklık, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyon hızlarını doğrudan etkilediği gibi yüzeysel sularda su kalitesini etkileyen önemli faktörlerden biridir (Bozyiğit ve Karaarslan 1998). Su kalitesi açısından önem taşıyan tad, koku, bulanıklık ve renk gibi fiziksel parametreler sıcaklıkla yakından ilişkilidir. Ayrıca sıcaklık azaldıkça suyun viskozitesi, çökme hızı ve süzülmede de azalma olmaktadır. Kinematik viskozitenin sıcaklıkla değişimi nedeniyle suda bulunan askıdaki katı maddelerin çökme hızı etkilenmekte, 10°C sıcaklık artışı sonucunda çökme verimi 1/4 ile 1/3 artış göstermektedir (Chapman 1992).

Sıcaklığın etkisiyle yüzeysel sulardaki doğal arıtma potansiyelinin, yaz mevsiminde kış mevsimine oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak alıcı ortamlarda su sıcaklığının doğal arıtım için 7-12°C arasında olması bu doğal arıtımın en iyi şekilde gerçekleştiğini ve sıcaklığın doğal arıtım için önemli bir parametre olduğunu göstermektedir (Chapman 1992; Bozyiğit ve Karaarslan 1998).

Sıcaklığa göre suların sınıflandırılması (Serdar 2004);

Hipotermal sular	: $t < 20^{\circ}\text{C}$
Termal sular	: $20^{\circ}\text{C} < t < 34^{\circ}\text{C}$
İzotermal sular	: $34^{\circ}\text{C} < t < 38^{\circ}\text{C}$
Hipertermal sular	: $t > 38^{\circ}\text{C}$

2.1.1.b. Akış hızı

Akarsu akımı veya deşarj belirli bir zaman periyodunda belirli bir noktadan geçen su hacmidir. Akarsuyun akımı yıl içerisinde mevsimlere bağlı olarak değiştiğini ve çoğu akarsu için en düşük olduğu ayların Ağustos ve Eylül olduğunu bildirmiştir (Anonymous 1997). Akarsu akımını, yağış miktarı, rejimi, yağış tipi, zemin özelliği, kaynak suları, sıcaklık ve buharlaşma koşulları etkiler.

2.1.1.c. Askıda katı madde

Doğal ve atık sulardaki askıda veya çözünmüş haldeki maddeler katı maddeler olarak isimlendirilirler. Katı maddelerin alışılmış tanımı şu şekildedir; buharlaşma işleminden ve $103-105^{\circ}\text{C}$ 'de kurutmadan sonra geriye kalan maddelerin tümü katı madde olarak tanımlanır ve yüksek oranda katı madde içeren sular içme ve endüstriyel amaçla kullanılamazlar. Yer altı suları genellikle katı madde bakımında temizken, yüzey suları katı madde ile yüklüdür. Sularda katı maddeler tanecik boyutlarına göre çözünmüş, kolloid ve askıda katı maddeler olarak sınıflandırılırlar. Sudaki önemli parametrelerden biri olan askıda katı maddenin oluşması doğal olarak olduğu gibi (erozyon, rüzgar vb.) beşeri faaliyetler sonucunda da sulara karışabilir (Şengül ve Müezzinoğlu 1993).

Askıdaki katı maddenin bir diğer tanımı da rüzgarlar, yağmur suları, erozyon ve diğer yollardan sucul ortama taşınan partikül maddelerin meydana getirdiği birikimdir. Bu partikül maddeler sucul ortamda türbidite'ye neden olurlar. Bu olay daha çok nehir, dere ve deşarjların kıyılara açıldığı bölgelerde görülür. Sucul ortama karışan bu katı partiküller hem ışığın ortamda yayılmasına engel olmakta ve fotosentezi önlemekte, hem de fauna-flora bireyleri üzerine çökerek bunların fizyolojik aktivitelerinin

azalmalarına bunun yanısıra ölümlerine sebep olurlar. Bu olay hem karada hem de sucul ortamda görülebilir. Bu tip olayların oluştuğu ortamlarda gıda zincirlerinde kopmalar, büyük ölçüde ölümler, bunların bozunmaları ve ayrışmaları esnasında kokuşmalar ortaya çıkmaktadır.

Askıda katı maddeler balığın hareketini kısıtlar, hastalılara karşı direncini azaltır, balık yumurta ve larvalarının gaz alışverişine etki ederek normal gelişmelerini önler. Bununla birlikte balığın besin bulma yeteneğini ve doğal göç hareketlerini de engelleyebilirler. Yumurta bırakma yerlerinin çökelen katılarla dolmasıyla balıklar bu alanları yumurta bırakma alanı olarak tercih etmemektedirler.

Reid (1961), askıda katı maddelerle ilgili olarak göl ve akarsu karakteristikleri arasındaki başlıca farkların, maddelerin akarsu boyunca dağılımı, bileşimi ve nispi konsantrasyonu ile ilgili olduğunu ve drenaj havzasının jeokimyasal yapısı, yüzey akışlardaki ve düşen yağış miktarındaki mevsimsel değişimlerin küçük akarsuların bileşimini etkilediğini bildirmiştir.

Gwynne (1993), Shasta Nehri'nde akarsudaki askıda katı maddelerin önemli kaynaklarını mineralize olmuş kaynak suları ve sulama sularının yüzeysel akışı olduğunu bildirmiştir.

2.1.2. Kimyasal Parametreler

2.1.2.a. Oksijen

Bütün canlılar, metabolizmalarını devam ettirebilmek, karbonhidratları-yağları okside ederek enerji elde etmek için oksijene gereksinim duyarlar. Sedimentte bulunan organik maddelerin, ölmüş bitki ve hayvanların parçalanması ve ayrışmasında bakterilerin etkisi önemlidir. Bakteriler önemli miktarda oksijen tüketirler. Sularda yaşayan bitkiler (gündüzleri fotosentez) ve hayvanlarda önemli miktarda oksijen tüketimine neden olurlar.

Aerobik ortamlarda yaşayan organizmaların çoğalmalarında ve bunların enerji üreten bütün faaliyetlerinde çözünmüş oksijene gerek duyulmaktadır. Sudaki çözünmüş oksijen suda yaşayan bakterilerin fotosentez olayı sonucu oluşan oksijen ve havadaki oksijenden meydana gelmektedir. Sularda bulunan çözünmüş oksijen konsantrasyonu fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal aktivitelere bağlıdır. Sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu sıcaklık ve tuzluluğun bir fonksiyonu olup bu parametrelerle ters orantılıdır (Yalçın ve Gürü 2002).

Çözünmüş oksijen, su kirlenmesinde ve atık su tesislerinin kontrolündeki en önemli parametrelerden biridir. Ayrıca, organik madde ölçümü için kullanılan biyokimyasal oksijen ihtiyacı parametresi çözünmüş oksijen ölçümüne dayanmaktadır. Kimyasal oksijen ihtiyacı parametresi ise çözünmüş oksijen cinsinden ifade edilmektedir.

Hem (1985), soğuk sular daha fazla oksijen tutma kapasitesine sahip olduğundan akarsularda çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının kışın daha yüksek, yazın ise daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bordalo *et al.* (2001), Bangpakong Nehri sularının kurak mevsim boyunca düşük oksijen içeriği ile karakterize olduğunu ifade etmişlerdir.

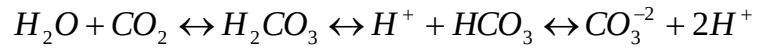
Tanyolaç (1993), bir akarsuyun sığ başlangıç kısımlarında atmosferden difüzyonla veya o bölgede bulunan yüksek yapılı su bitkileri ve zengin alg toplulukları sayesinde fotosentez sonucu kazanılan oksijenin suyun akışıyla birlikte aşağıya doğru taşındığını bildirmiştir.

2.1.2.b. pH ve karbondioksit (CO₂)

Suyun asidik veya bazik olduğunu belirten değer pH olarak bilinir. Daha kesin bir ifadeyle pH sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonunu belirtir ve molar hidrojen iyon konsantrasyonunun negatif logaritması ($-\log[H]$) olarak tanımlanır. pH değeri 0–14 arasında değer almaktadır ve $pH < 7$ olduğunda asidik, $pH > 7$ ise bazik olarak tanımlanır (Egemen 2005).

Sularda pH değerini belirleyen en önemli etken, sıcaklık ve basınç değişimlerine göre kolayca değişim gösteren CO_2 , HCO_3^- ve CO_3^{2-} dengesidir. pH değeri suların temizlenmesinde, arıtılmasında büyük önem taşıdığı için sürekli kontrol altında tutulmalıdır. Ayrıca renk yoğunluğu da pH değerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Su kalitesi çalışmalarında renk ölçümleri pH 8.3'de yapılmalıdır (Yaramaz 1997). Sudaki pH değeri 5'in altına düştüğünde asitli yağmurların etkisiyle veya 5'in üzerine çıktığında (alg patlaması olduğunda) stres oluşacağından balıklar ölür.

Karbondioksit atmosferde bulunur ve endüstriyel kirlilik sebebiyle atmosferdeki oranı artar. Karbondioksit oksijene göre 200 kat daha fazla suda çözülür. Gün batımından sonra çözünmüş oksijen konsantrasyonu düşer. Çünkü fotosentez durur ve havuzdaki tüm bitki ve hayvanlar oksijen tüketirler. Solunum sırasında salınan karbondioksit (CO_2) su (H_2O) ile etkileşerek karbonik asit oluşturur ve pH düşer (Wetzel 2001).



2.1.2.c. Sertlik

Sertlik, suların içme, kullanma ve endüstri amacıyla kullanımında önemli bir kalite özelliği olup içerisinde erimiş halde bulunan kalsiyum ve magnezyum tuzlarından meydana gelmektedir. Sudaki demir, alüminyum, çinko, stronsiyum ve mangan tuzları da sertliğe neden olsalar da bulundukları konsantrasyonlarda fazla etkili değildir. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonatları; $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ve $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 'geçici sertliği' veya 'karbonat sertliğini', kalsiyum ve magnezyumun bikarbonat dışındaki bileşikleri (klorür, sülfat, nitrat, fosfat ve silikatları) ise 'kalıcı sertliği' veya 'karbonat olmayan sertliği' meydana getirirler. Karbonat sertliği ve karbonat olmayan sertlik toplamı ise 'toplam sertliği' vermektedir. Bikarbonatlardan ileri gelen geçici sertlik suların kaynatılması ile giderilebilir veya sönmüş kireç ilavesi ile kalsiyum veya magnezyum karbonatları halinde çöktürülür. Kalsiyum ve magnezyum klorür, sülfat ve diğer tuzlardan ileri gelen kalıcı sertlik ise Na_2CO_3 (soda) ve NaOH (sodyum hidroksit) ilave edilerek erimeyen karbonat ve hidroksitleri halinde çöktürülür (Yaman 2013).

Suların sertliği, 1 litre suda yaygın olarak içerdikleri sertlik veren maddelerin (kalsiyum oksit veya karbonatlarının) mg olarak miktarları ile belirlenir ve sertlik derecesi birimi, miliekiivalent/L (1mek/L = 50 mg/L CaCO_3) veya mg/L CaCO_3 (ppm CaCO_3) ile ifade edilir. Her ülkede kullanılan sertlik derecesi birimleri değişik olup bu birimler birbirine dönüştürülebilir. Ülkemizde yaygın olarak Fr (Fransız sertlik derecesi) kullanılmaktadır. Suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması Çizelge 2.1'de verilmiştir (Serdar 2004).

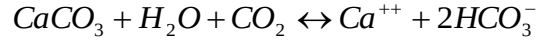
Çizelge 2.1. Suların sertlik değerlerine göre sınıflandırılması (Serdar 2004)

0-75 mg CaCO_3 /L	0-14 Fr	Yumuşak Sular
75-150 mg CaCO_3 /L	14-22 Fr	Orta-Sert Sular
150-300 mg CaCO_3 /L	22-54 Fr	Sert Sular
>300 mg CaCO_3 /L	>54 Fr	Çok Sert Sular

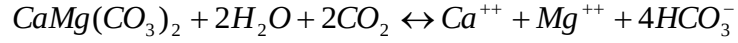
2.1.2.d. Alkalinite

Suların alkalinitesi, içerdiği çözülmüş maddelerin asitlerle tepkimeye girme ve nötrleşme kapasitesidir. Hemen hemen bütün doğal sularda alkalinite, karbonat (CO_3)⁻² ve hidroksit (OH^-) iyonlarından dolayı ortaya çıkmaktadır. Doğal sularda alkaliniteyi oluşturan temel parametreler, atmosferik karbondioksit ile toprakta doymun olmayan bölgede üretilen gazlardır. Doğal suların alkaliniteleri nadir olarak 500 ppm CaCO_3 'ü aşmaktadır (Doğan 1981).

Su içindeki baz miktarı total alkalinite olarak bilinir. Bir başka deyişle suyun tamponlanma süresi olarak bilinir ve mg/L=ppm=meq/L CaCO_3 olarak ifade edilir. Karbonat (CO_3) ve Bikarbonatlar (HCO_3) alkalinitenin en yaygın ve en önemli maddeleridir. Alkalinite belirli pH değerlerinden önce suyun tamponlandığı asit miktarıyla belirlenir. Toplam alkalinite mg/L=ppm=meq/L olarak ifade edilir. Yer üstü ve yer altı sularının karbonat (CO_3), bikarbonat (HCO_3) alkalinitesi karbondioksit (CO_2), su (H_2O) ve kireç taşlarından oluşmaktadır (Doğan 1981).



veya



Makul derecede yüksek alkaliniteli sular ve aynı derecede sertliğe, nötral veya hafif bazik pH'a sahip sular dalgalanma göstermezler.

2.1.2.e. Sülfat

Yer altı sularında jips ve anhidrit başta olmak üzere piritin oksidasyonu ile oluşan sülfat, çevre sularına doğal yollardan karışan en önemli iyonlardan biridir. Bütün doğal sularda değişen miktarlarda sülfat bulunmaktadır ve bazı endüstriyel atık suların sülfat içeriği fazla olup doğal sulara karıştıklarında onlarında sülfat miktarını arttırmaktadır. Suda yüksek sülfatın anlamı, yüksek sertlik, yüksek sodyum tuzu, yüksek asidite ve suda oluşan acımsı tattır. Sülfatlar, bekletme havuz sularında $CaSO_4$ (Kalsiyumsülfat) ve $MgSO_4$ (Magnezyumsülfat) çökeltileri oluşturduğundan bu tip sularda çok düşük miktarlarda tutulmalıdırlar. Ayrıca sülfat değeri yüksek konsantrasyonlarda olduğunda evsel atık sularının uzaklaştırıldığı beton kanallarda, metal borularda korozyon etki yaparak boruların zarar görmesine sebep olmaktadır (Güler ve Çobanoğlu 1997).

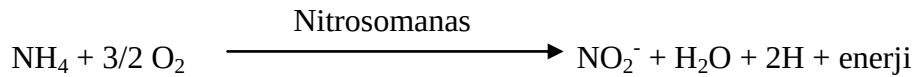
Akarsularda sülfür substratın yapısına bağlı olarak değişik miktarlarda bulunur. Substratın önemi, içindeki minerallerin eriyebilirliği oranına bağlıdır. Eğer nehir organik bakımından zengin bataklıklardan yavaş yavaş akarsa, çürümeler nedeniyle bu gaz oluşabilir. Ayrıca sülfatın indirgenmesinden oluşur (Tanyolaç 2009).

Wetzel (2001), sularda sülfat miktarının 5-30 mg/L arasında değiştiğini ve ortalama değerin ise 11 mg/L olduğunu bildirmiştir. Akarsulardaki sülfat miktarının ise substrat yapısına bağlı olarak değiştiği ve substratın önemini içindeki minerallerin çözünürlüğüne ve oranına bağlı olduğu kaydedilmiştir (Tanyolaç 1993).

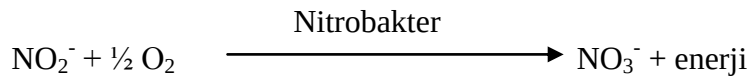
2.1.2.f. Azot

Azot bileşikleri su kirliliği açısından ötrofikasyon oksijen bilançosunu etkilemesi ve içme sularında oluşturdıkları toksikolojik sorunlar nedeniyle oldukça önemlidir.

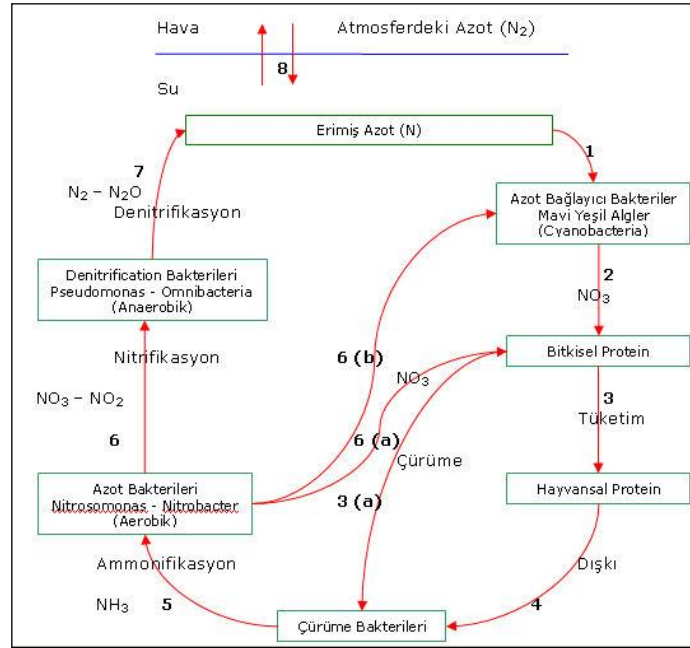
Azot gerek canlı bünyesinde gerek besin maddelerinde ve gerekse ölü organizmalarda bulunmakla birlikte doğada azot çevrimi denen bir döngü içinde dolanım halindedir. Azot bileşikleri mevsimsel olarak dalgalanma gözlenir. Azot çevriminin en önemli aşamaları moleküler azotun (havadaki serbest azot) bağlanması, amonyaklaşma, nitrifikasyon ve denitrifikasyon olayıdır. Moleküler azotun bağlanması %78 oranında atmosferdeki serbest azotun kullanılması şeklindedir. Bu amonyum iyonlarının bir kısmı bitkiler tarafından besin maddesi olarak kullanılırken diğer kısmı önce nitrite sonra nitrate yükseltgenirler. Bu olaya nitrifikasyon denir. Bu olay ototrof ve heterotrof bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Nitrifikasyonu gerçekleştiren nitrosomanas amonyumu nitrite dönüştürür (Tanyolaç 2009) (Şekil 2.1).



Daha sonra nitrat bakterileri de (Nitrobakterler grubu) nitriti nitrate dönüştürür.



Nitrifikasyon sadece çözünmüş oksijen varlığında oluşabilmektedir. Anoksit koşullarda ve nötre yakın pH değerlerinde ve ayrıca organik hidrojen vericilerinin bulunması halinde ise denitrifikasyon oluşur. Denitrifikasyonda nitrat nitrite ve sonra azot oksitler aracılığıyla moleküler azota indirgenir. Bu süreç bir solunumu andırdığından nitrat solunumu olarak da adlandırılır (Wetzel 2001).



Şekil 2.1. Azot döngüsü

Sularda azotun nitrit şekli, ya nitratin indirgenmesi ya da amonyum (NH_4) bileşiklerinin oksitlenmesi ile görülür. Amonyak ve nitrit sulardaki organik kirlenmeyi gösterdiğinden sularda detaylı bir bakteriyolojik inceleme gerektirmektedirler. Doğal sular içinde bulunan nitrit kısa sürede nitrata dönüşmektedir. Nitrit, doğal sularda 10 mg/L miktarında olabilmektedir (Atabey 2005). Daha yüksek miktarları evsel ve endüstriyel atık sularda, özellikle biyolojik olarak arıtma çözeltilerinde ve kirlenmiş kaynaklarda görülmektedir.

Nitrit sularda düşük miktarda bulunan bir azot bileşiğidir. Nitrit iyonu sularda oldukça yaygın olarak görülür, fakat nitrata oranla oldukça düşük miktarlarda bulunur. Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar, evsel atık sular, tarımda kullanılan gübreler, endüstriyel atık sular, atmosferdeki azotun yıkanması, yüzey ve yer altı sularına nitrit sağlayan başlıca kaynaklardır. Yeterli derecede nitrifikasyona uğramamış evsel atık suların alıcı ortama verilmesi halinde bu ortamlarda çok yüksek nitrit değerlerine rastlanılabilir. Nitrit insanlar ve hayvanlar için nitrattan daha fazla zararlı etkiye sahiptir.

Azot bileşiklerinin en ileri oksitlenme ürünü olan nitratlar toprakta, suda ve sebzelerde bol miktarlarda bulunmaktadır. Sudaki nitratın kaynağı jeolojik formasyonlardan ziyade azotlu bileşiklerdir. En önemli kaynakları ekili alanlarda kullanılan kimyasal gübreler, çiftlik hayvanlarının beslenme alanlarındaki drenaj suları, lağım çamuru, bitkisel ve hayvansal maddelerin çürümesi, evsel ve endüstriyel atıklardır. Bu nedenle nitrat kırsal alanlardaki sularda, yüzey sularında ve sığ kuyularda daha çok bulunur (Wetzel 2001).

Kirlenmiş doğal sular 5 mg/L nitrat içerirler. Yüzey sularındaki nitrat bitkiler tarafından besin olarak kullanılır ve hücrelerinde proteine çevrilir. WHO (World Health Organization), CEC (Commission for Environmental Cooperation) ve TSE (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartı) 266, 50 mg/L nitrat değerini maksimum değer olarak kabul etmiştir. Sularda 5-10 mg/L dahi nitratın bulunması halinde bu sularda kirlilik tehdidi olduğu kabul edilerek içme suyu olarak kullanılması durumunda mutlaka bakteriyolojik analizler yapılmalıdır (Atabey 2005).

2.1.2.g. Fosfor

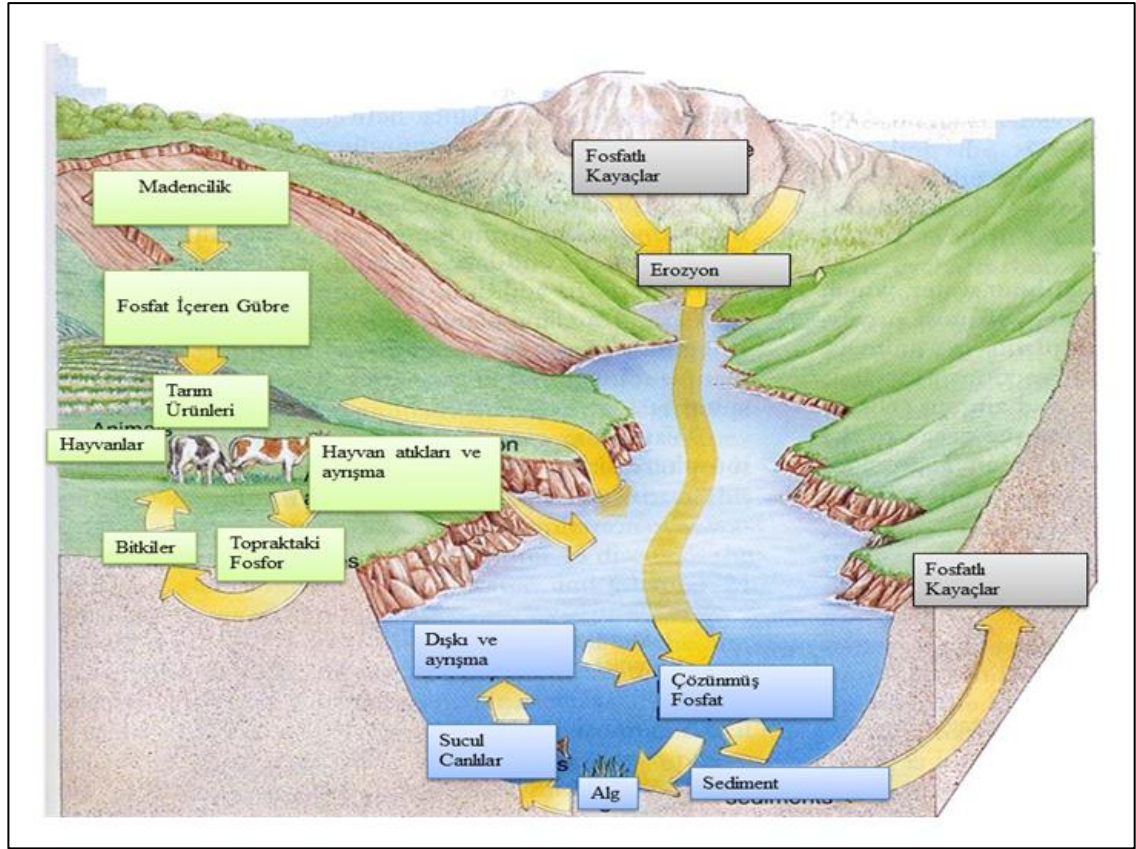
Apatit minerali olarak doğada bulunan fosfor hemen hemen tüm organizmaların yaşamında vazgeçilmez elementlerden biridir. Fosfor suya kaya ve topraktan geçebildiği gibi mineral cevherlerinden, yapay gübrelerden, evsel ve endüstriyel atıklardan da karışabilir. Fosfora çoğunlukla gıda sanayi atık sularında rastlanır. Sudaki fosfor ortofosfat, polifosfat ve organik fosfat halinde bulunmaktadır.

Fosforun sudan uzaklaştırılması bitkiler tarafından kullanılması ve toprakta tutulması sayesinde gerçekleştirilir. Doğal su kaynaklarında ötrofikasyon için minimum fosfat limiti 50 µg/l dir. Fosfat için içme ve kullanma sularında herhangi bir bir sınır değeri konulmamıştır. Ancak, fosfatın varlığı su depolarında alglerin çoğalmasını kolaylaştırarak içme sularında kötü koku ve tat problemleri yaratabilmektedir (Çobanoğlu 1997).

Tatlısu ekosistemlerinde çözülmüş toplam fosfor, organik fosforla (ortofosfor) eş değer orandadır (Wetzel and Likens 2001). Fosfor doğada fosfatlar halinde bulunmaktadır. Fosfatlar;

1. Ortofosfatlar
2. Polifosfatlar
3. Metafosfatlar
4. Ultrafosfatlar olarak sınıflandırılmaktır (Egemen 2005).

Canlılar öldüğü zaman organik fosforun önemli bir kısmı ortofosfor olarak ortama geçer. Ayrıca bakterilerin ayrıştığı organik atıklardaki fosfor parçaları da ortama dağılır. Canlılar öldükleri zaman çürüme sonucu çözülmüş organik fosfor oluşur. Amonyum, nitrit ve nitrat gibi anorganik fosfor bitkiler tarafından alınarak zooplankton ve diğer sucul hayvanların kullanabileceği organik madde haline dönüştürülür. Bitki ve hayvanlar öldüğü zaman erimiş fosfat oluşur. Bu fosfor fosfataz enzimleri ve bakterilerin etkisiyle tekrar anorganik fosfata dönüşür. Bundan başka hayvansal metabolizma sonucu oluşan anorganik fosfor ve nehirlerin taşıdığı fosforda ortamda birikerek tekrar bitkilerin kullanabileceği anorganik fosfatı oluştururlar (Tanyolaç 2009) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Fosfor döngüsü (Anonim 2013).

2.1.2.h. Bakır

Suda doğal olarak bulunmayan bakır, daha çok defenfektan maddesi olarak kullanılan bakır sülfat eriğinden veya bakır boruların korozyona uğramasıyla su içine karışmaktadır. Bakır hayvanların, bitkilerin yaşaması ve klorofil oluşumu başta olmak üzere çeşitli enzimlerin gelişimi için bulunması gereken temel bir elementtir. (Güler ve Çobanoğlu 1994)

Tarımsal kesimlerde havadaki ortalama bakır konsantrasyonu $5-50 \text{ ng/m}^3$ iken endüstriyel kirlenmemiş bölgelerdeki deniz suyundaki bakır konsantrasyonu $0,15 \text{ µg/L}$ ve tatlı suda ise $1-20 \text{ µg/litre}$ 'dir. Doğal suların pH değerine bağlı olarak çözünürlük sınırındaki azalma sonucu bakır doğal ve yeraltı sularında yaklaşık $16 - 5000 \text{ mg/kg}$

(kuru ağırlık) arasında bulunur. Kirletilmemiş toprakta bakır konsantrasyonu ortalama 30 mg/kg (sınır değeri 2-250 mg/kg) seviyelerindedir (Yaman 2013).

2.1.2.i. Demir

Demir ve mangan yeraltı sularında hemen her zaman, yüzeysel sularda ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun yaratmaktadırlar. Demir suda çözünmeyen Fe^{+3} (ferrik) ve çözünen Fe^{+2} (ferro) hallerinin her iki şeklinde de bulunmaktadır. İki değerlikli demir oksijenin bulunmayışından dolayı yeraltı sularında bulunur (Yaman 2013).

Demir az miktarda olmakla beraber akarsularda genellikle bulunan bir elementtir. Temiz sularda bu iyon sürekli havalanma ve oksijenin bulunuşu sebebiyle ferrik formdadır. Organik çürümenin fazla olduğu yerlerde, oksijen azalması, ferro duruma geçmesine ve demir hidroksitin çökmesine neden olur. Aynı şekilde akarsuların durgun göletlerinde, özellikle sellerden sonra, demir bakterileri çabucak çoğalarak gölette demirli madde kümeleri oluştururlar (Tanyolaç 2009).

2.1.2.j. Silikat

Tatlı sularda silisyum ($SiOH_4$), silikat (Si^{+4}) veya silisyum dioksit (SiO_2) olarak 2 formda bulunur. Çözünmüş silikat tatlı sularda genellikle orta seviyede bulunur. Temelde iyonize ve aktif olmayan kimyasal parametre olmasına karşın, çözünmüş silikat diatomlar ve birkaç diğer alg gruplarının hücre duvarlarında büyük miktarlarda birikirler. Büyük nehir ve göllerde ilkbahar aylarında diatomların çoğalmasıyla silikat konsantrasyonu azalmaktadır (Wetzel 2001; Wetzel and Likens 2001).

2.2. Literatür Özeti

Brazilya'nın Sergipe Bölgesi'ndeki Poxim Nehri'nin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ortalama oksijen değeri 5,66 mg/L, alkalinite 204,22 mg/L, toplam sertlik 486,58 mg/L, Ca^{+2} sertliği 50,09 mg/L, sülfat 95,17 mg/L, amonyak 0,14 mg/L, nitrit 0,01 mg/L, nitrat değeri 0,35 mg/L, ortofofat 0,03 mg/L ve toplam fosfor 0,25 mg/L olarak bildirilmiştir (Netto *et al.* 2013).

Hindistan'da bulunan Kharicut Kanal'ı ve Sabarmati Nehri'nin sediment ve suda ağır metal kirliliğinin mevsimsel değişimini araştırmışlar ve sonuçta bakır değerini 12,9µg/L olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada sedimentteki ağır metal konsantrasyonunun sudakinden daha fazla olduğunu ayrıca nehrin aşağı kısımlarında ağır metal düzeyinin daha fazla olduğu tespit etmişlerdir (Kumar *et al.* 2013).

Shin *et al.* (2013)'ları Kuzey New Jersey Eyaleti'nde bulunan Hackensack Nehri'nin su kalitesi üzerine antropojenik etkilerin değerlendirilmesi çalışmasında demir değerini ortalama 0,38-2,08 mg/L ve askıda katı madde miktarını ortalama 17-62 mg/L olarak saptamışlardır.

Amerika'daki Mississippi Nehri üzerinde yürütülen bir çalışmada, havzalardan St.Francisville'de toplam fosfor değeri 1981-1987 yıllarında $6,6 \pm 0,4 \mu\text{g/L}$, Nitrat değeri $119,9 \pm 6,4 \mu\text{g/L}$, Silikat değeri $106,9 \pm 3,5 \mu\text{g/L}$, Luling'de toplam fosfor değeri 1981-1987 yıllarında $9,0 \pm 0,5 \mu\text{g/L}$, Nitrat değeri $110,6 \pm 4,6 \mu\text{g/L}$, Venice'de toplam fosfor değeri 1981-1987 yıllarında $7,4 \pm 0,4 \mu\text{g/L}$, Nitrat değeri $111,1 \pm 4,3 \mu\text{g/L}$ belirlenmiştir. Mississippi Nehri üzerine fosforlu ve azotlu gübre kullanımından kaynaklı baskı olduğu belirlenmiştir (Turner and Rabalais 2013).

Burdur İli Kestel Deresi'nin nitrit değerleri, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterlerine göre III. sınıf su kalitesine sahiptir. Ayrıca Avrupa Birliği Komisyonunun Tatlı Su Balıkları Direktifi'ne (EC Direktiflerine) göre de nitrit

değerleri salmonidler için bildirilen sınır değerlerin üzerinde tespit etmişlerdir (Bulut vd 2012).

Öterler vd (2012), Sazlıdere Deresi'nde (Edirne) yürüttükleri araştırmada, su kalitesini III. ve IV. sınıf su kalitesine daha yakın değerlerde olduğunu bildirmişlerdir.

Çoruh Havzası'nda farklı derelerde yürütülen çalışmada, Cenker, Mülk ve Kan dereleri bulanıklık, pH, sıcaklık, çözünmüş madde, nitrat, nitrit ve toplam sertlik yönünden incelenmiş, sonuçta Mülk Deresi, bulanıklık ve nitrat değerleri bakımından diğer derelerden önemli derecede düşük, toplam sertlik bakımından ise diğerlerinden yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca Kan Deresi çözünmüş madde miktarı diğer istasyonlardan önemli derecede düşük bulunmuştur. İncelenen diğer parametreler bakımından ise dereler arasında önemli farklılıklar bulunmadığı bildirilmiştir (Bektaş vd 2011).

Hindistan'nın Rambur Bölgesi'ndeki Kosi Nehri'nde yürütülen bir çalışmada, su sıcaklığı değerleri en yüksek 21,7°C, en düşük 17,8°C, pH değerleri en yüksek 8,5°C, en düşük 7,2°C, alkalinite değerleri en yüksek 516 ppm, en düşük 154 ppm, sertlik değerleri 181-296 ppm aralığında, nitrat değerleri 4,7-48 ppm aralığında, fosfat değerleri 3,3-6,7 ppm aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonunda Kosi Nehri'nin tüketim, evsel ve sulama amaçlı kullanıma uygun olmadığını saptamışlardır (Yadav and Rajesh 2011).

Pakistan'da bulunan Siran Nehri su kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla yürüten çalışmada, çözünmüş oksijen değerleri kış aylarında 5,1(4,5-8,5) mg/L, yaz aylarında 4,5 (4,1-7,5) mg/L, pH değerleri kış aylarında 7,5 (7,2-7,8), yaz aylarında 7.1 (6.7-7.2), toplam sertlik değerleri ortalama 35-85 mg/L, askıda katı madde değerleri kış aylarında 13,1(8,3-18) mg/L, yaz aylarında 16,1(10,5-20) mg/L, nitrojen azotu (nitrit+nitrat) değerleri kış aylarında 3,8(2,6-5,2) mg/L, yaz aylarında 3,8(2,9-4,9) mg/L, toplam fosfor değerleri kış aylarında 93.7 (56 - 135) µg/L, yaz aylarında 107 (75 - 151) µg/L, sülfat değerleri kış aylarında 39,8(15-50) mg/L, yaz aylarında 39,5(18-70) mg/L olarak saptanmıştır. Sonuç olarak nehirdeki kirliliğin sebebi direk nehre verilen evsel atıklar

ve bölgede yapılan tarımsal faaliyetlerde kullanılan hayvansal kökenli gübreler olduğu tespit etmişlerdir (Zeb *et al.* 2011).

Berdan Çayı (Tarsus-Mersin)'nın en düşük ve en yüksek akım dönemlerinde bazı fiziko-kimyasal parametrelerin incelenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, akarsu kalitesine, kirletici maddelerin yanı sıra yağışlar, sıcaklık ve su akımı da etkili olduğu bildirilmiştir (Özbay vd 2011).

Öner ve Çelik (2011), Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan alınan su ve sediment örneklerinde bazı kirlilik parametrelerini araştırmışlardır. Gediz Nehri, bölgedeki sanayi kuruluşları, evsel atıklar ya da tarımsal alanlardan gelen tarım ilaçları ve suni gübrelerle kirlenme tehdidi altında olduğu görülmüş olup, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği su kalite kriterleri ile karşılaştırıldığında Aşağı Gediz Havzası için Gediz Nehir'i su kalitesinin IV. sınıf su kalitesinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Üstün (2011)'ün, Nilüfer Çayı'nda (Bursa) ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi çalışmasında, çayın su kalitesinin havza boyunca yıldan yıla kötüleştiği tespit etmiştir. Yoğun atık su deşarjı çayda atık su ağırlıklı bir akış oluşturmuş ve su kalitesi zamanla kötüleşmiştir. Nilüfer çayı ortalama metal konsantrasyonları genellikle uluslararası standartlardan yüksek olduğu ve havzadaki insan aktiviteleri ile bağlantılı olarak Nilüfer Çayı'nda metal kirliliği saptamışlardır.

Kıvrak ve Gürbüz (2010), Tortum Çayı'nın (Erzurum) Epipelik Diyatomeleleri ve Bazı Fizikokimyasal Özellikleri ile ilişkisi adlı çalışmada, Tortum Çayı'nın fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları, çayın başlangıç kısımlarında ötrofikasyon olduğunu, çayın orta ve son kısımlarının ise organik olarak kirlendiğini belirlemişlerdir.

Fırtına Deresi'nin (Rize) su kalitesini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, Fırtına Deresi suyunun fiziksel ve kimyasal tüm özellikleri, su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre fosfat fosforu hariç yüksek kaliteli (Sınıf 1) su standardında ve insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmeliğe uygun olduğu tespit

edilmiştir. Dolayısıyla Fırtına Deresi sularının; sadece dezenfeksiyon ile içme suyu temininin yanında, rekreasyonel amaçlar, su ürünleri yetiştiriciliği ve diğer amaçlar için kullanılabilir su özelliğinde olduğunu bildirmişlerdir (Gedik vd 2010).

Kumbur vd (2008)'lerinin, Mersin İli'nde tarımsal alanlarda kullanılan kimyasalların bazı çayların su kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi çalışmasında, pH, tuzluluk ve iletkenlik gibi parametrelerin kullanılan tarımsal kimyasalların etkisiyle herhangi bir değişim göstermediği saptanmasına rağmen Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" ile karşılaştırıldığında; metal içerikleri bakımından Adanalıoğlu, Kazanlı ve Homurlu beldelerinde bazı noktalarda IV.Sınıf su kalitesine kadar düşüşler olduğu saptamışlardır.

Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı'nda yürütülen bir çalışmada, hafif alkali karakterde su özelliğinde olduğu tespit edilmiştir. Kıta içi su kaynakları için belirlenen kalite kriterleri dikkate alındığında, Kürk Çayı'nın klorür değerleri bakımından II. sınıf (az kirli su) ve diğer parametreler açısından ise I. sınıf (yüksek kaliteli su) su özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Kürk Çayı'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri, akarsu havzasının jeomorfolojisine ve yatağının morfometrik özelliklerinin yanı sıra akarsuyun akış hızına ve taşıdığı su miktarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ifade etmişlerdir (Şen ve Gölbaşı 2008).

Erzurum İli'nde yürütülen ve bazı kaynakların su kalite değerleri araştırılmış, Tortum Çayı'ndaki SO_4 değeri 0,55mg/L, NO_3 değeri 0,08mg/L, Fe değeri 0,002 mg/L olarak tespit etmişlerdir (Kızıloğlu vd 2007).

Büyük Menderes Nehri su kalite ölçümlerinin su ürünleri açısından incelenmesi amacıyla yürütülen araştırmada, nehir suyu genel olarak kirli olmasına rağmen Akçay, İkizdere gibi nehrlerin bazı kolları halen birinci sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Fakat genel tablo olarak nehir suyu 4. sınıf su kalitesinde saptamıştır (Küçük 2007).

Sakarya Havzası'ndaki Mudurnu Deresi ve kollarında yürütülen bir araştırmada, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği açısından değerlendirildiğinde kimyasal parametreler A grubu II. sınıf (az kirlenmiş su) olarak, organik parametreler ise B grubu IV. sınıf (çok kirlenmiş su) olarak bildirmiştir (Bayraktar 2007).

Kızılırmak Nehri su kalitesi belirlenmesi ve ötrofikasyona bağlı risk değerlendirilmesi çalışmasında, Kızılırmak Nehri'nde kıta içi su kalite sınıflamalarında yükselmeler görülmektedir. Ulaşılan bu kirlilik düzeyleri, Kızılırmak Nehri için artık uyarı düzeyinde kabul edilmesi gerektiği; aksi taktirde, sulak alan ekosisteminin dengesi, bozulacak, bu da sulak alan kaybıyla sonuçlanacağı; bu nedenle birtakım önlemlerin alınması uygun olacağı belirtmiştir (Tülek 2006).

Sukatar vd (2006) tarafından, İzmir İli Menemen İlçesi sınırları içinde yer alan Emiralem Deresinin bazı biyolojik ve fiziko-kimyasal özelliklerini incelemek ve bu özelliklere dayanarak su kalitesini belirlemek amacı ile yapılmış çalışmada, Emiralem Deresi'nin henüz yoğun bir kirlilik yükü taşımadığı bildirilmiştir.

Eşen Çayı (Kocaçay)'ında yürütülen bir araştırmada, Eşen Çayı üzerinde yoğun bir kirlilik baskısı bulunmadığı gözlemlenmiş; Ancak akarsuyun alt havzalarında bulunan örnekleme noktalarında orta dereceli bir kirlilik gözlemlendiği bildirilmiştir (Yorulmaz 2006).

Yıldırım (2006), Fırınz Çayı (Kahramanmaraş)'nda yürütmüş olduğu çalışmada, Fırınz Çayı'nın su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre yüksek kaliteli su standardında olduğu tespit etmişlerdir.

Kurtulmuş (2006), Çark Deresi'nin (Sakarya) Kirlilik Kaynaklarının ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi adlı yüksek lisans tez çalışmasında, Çark Deresi'ndeki suyun kalitesini 2. sınıf olarak bulmuştur.

Dirican ve Barlas (2005)'ın, Dipsiz ve Çine Çayı'nın (Muğla-Aydın) fiziko-kimyasal özellikleri ve balıklarının belirlenmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada, Dipsiz ve Çine Çayı'nın su kirliliği kontrol yönetmeliğinde verilen kıta içi su kaynakları sınıflarına göre değerlendirildiğinde istasyonların tümü sınıf II - az kirlenmiş su sınıfında bulunmuştur. Buna göre, akarsu kaynak bölgesinden, Büyük Menderes Nehri ile birleştiği nehir ağzı bölgesine kadar su kalitesi sınıfında herhangi bir değişme olmadan devam ettiği, su kirliliği kontrol yönetmeliğinde bu sınıfa dahil olan suların ileri veya uygun arıtma ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık dışında balık üretimi ve teknik usuller tebliğinde verilecek olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu gibi ihtiyaçlar için uygun olduğu tespit etmişlerdir.

Gültekin vd (2005) tarafından, Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzası'ndaki suların kalitesini incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, Değirmendere ve kollarına ait sular pH miktarına göre yüksek kaliteli su sınıfında, ancak NO_2 miktarına göre Sümela Deresi yüksek kaliteli su, Meryemana, Maçka ve Galyan Dere suları kirli su, Değirmendere suyu ise çok kirlenmiş su sınıfında bulunmuştur.

Verip vd (2005)'nin, İyidere (Trabzon)'nin su kalitesinin belirlenmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada, İyidere'nin su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre incelendiğinde yüksek kaliteli su standartlarında olduğunu ve dolayısıyla İyidere sularının sadece dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaç, hayvan üretimi, çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar için kullanılabilir bir su kaynağı özelliğinde olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca balık yetiştiriciliği açısından değerlendirildiğinde bazı mineral tuzlar açısından yetersiz olduğunu saptamışlardır.

Kara ve Çömlekçioğlu (2004), Karaçay'ın (Rize) kirliliğinin biyolojik ve fiziko-kimyasal parametrelerle incelenmesi adlı çalışmada Karaçay'ın önemli derecede kirlilik baskısı altında olduğunu ve bu kirlilikten sucul organizmaların önemli derecede etkilendiğini ifade etmişlerdir.

Çelik ve Pulatsü (2003), Yukarı Sakarya Nehri'nde (Eskişehir) yürüttükleri çalışmada, pH ve nitrat-azotu değerleri dikkate alındığında, su kalitesi açısından I. sınıfa girdiği, nitrit konsantrasyon düzeylerinin ise su kirlenmesi açısından olumsuz bir durum sergilediğini tespit etmişlerdir.

Kayar ve Çelik (2003), Gediz Nehri bazı kirlilik parametrelerinin tayini ve su kalitesinin belirlenmesi ile ilgili araştırmada, su kalitesi indeksleriyle karşılaştırıldığında nehir suyunun üçüncü sınıf bir sulama suyu kalitesinde olduğunu bildirmişlerdir.

Ging and Otero (2003), Teksas'ta bazı akarsularda yaptıkları karşılaştırmalı su kalitesi çalışmasında, su sıcaklığı ile oksijen konsantrasyonu arasında bir ilişkinin bulunduğunu kaydetmişlerdir ve Frio nehrinde en düşük ortalama çözülmüş oksijen konsantrasyonunun ortalama su sıcaklığının 28,1°C olduğu haziran ayında 7,1 mg/L, en yüksek ortalama çözülmüş oksijen konsantrasyonunun ise ortalama su sıcaklığının 12,2°C olduğu aralık ayında 11,8 mg/L olarak ölçüldüğünü ve diğer akarsularda da buna benzer bir ilişkinin olduğunu belirlemişlerdir.

Alaş ve Çil (2002), Aksaray İline içme suyu sağlayan bazı kaynaklarda su kalite parametrelerinin incelenmesi çalışmasında, Mamasın Baraj Gölü (Aksaray)'nü besleyen kaynaklardan Melendiz Çayı ve Karasu Çayı'nın I. sınıf su kalitesinde olduğu ve arıtma işleminden sonra bu kaynak sularının içme suyu kriterlerine (WHO, AB ve TS266) uygun hale getirildiğini bildirmişlerdir.

Taşdemir ve Göksu (2001), Asi Nehri'nin (Hatay) bazı su kalite özellikleri adlı çalışmada, Asi Nehri'nin az kirli su sınıfında ve kirlenme tehdidi altında olduğunu bildirmişlerdir. Asi Nehri'nde nitrat azotu değerlerinin 0,0003-4,91 mg/L arasında, ortalama nitrat azotu değerlerinin ise 2,12-2,90 mg/L arasında değiştiğini ve nitrat değerlerinin ilkbahar aylarında arttığını ifade etmiştir. Asi Nehri'nde reaktif fosfor değerlerinin 0,002-2,44 mg/L, ortalama reaktif fosfor değerlerinin ise 0,11-0,73 mg/L arasında değiştiğini ve yüksek reaktif fosforun değerlerinin evsel atıkların karışmasından dolayı olabileceğini bildirmişlerdir.

Varga *et al.* (1990), Tuna Nehri'nde nitrat iyonu değerlerinin 3,2-10,2 g/m³ arasında değiştiğini ve yüksek değerlerin çok düşük sıcaklıklarda meydana geldiğini bildirmişlerdir. En yüksek değerlerin şubat ve mart aylarında eriyen karların etkisiyle tarımsal arazilerden gelen gübrelerin karışmasıyla ortaya çıktığını ve bu aylardan sonra sıcaklığın ve güneş ışınlarının artmasıyla birlikte azalma gösterdiğini bildirmişlerdir.

Boran ve Sivri (2001), Solaklı Deresi'nde (Trabzon) ortalama nitrat değerini 1,1 mg/L, Sürmene deresinde ise 1,0 mg/L olarak hesaplamıştır. Solaklı ve Sürmene derelerinde nitrat değerlerinin ilkbahar başlangıcında yüksek olduğu ve zamanla düzenli bir şekilde azaldığını belirlemişlerdir.

Koçer (2001), Kürk ayı'nda (Elazığ) en düşük nitrat azotu konsantrasyonunu 1400 µg/L olarak aralık ayında, en yüksek nitrat azotu konsantrasyonunu ise 4117 µg/L olarak nisan ayında tayin etmiş ve ortalama nitrat azotu konsantrasyonunu 2816 µg/L olarak hesaplamıştır.

Bordalo *et al.* (2001), fosfor değerlerinin yağışlı mevsimlerde 0,11-2,3 mg/L arasında ve ortalama 0,62 mg/L kurak mevsimde ise 0,04-1,51 mg/L ve ortalama 0,33 mg/L olduğunu bildirmişlerdir. Yağışlı mevsimlerde tayin edilen yüksek değerler ile belirgin bir şekilde mevsimsel farklılıklar görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Samsun Mert Irmağı Karadeniz deşarjında yüzey sediman ve su kalite araştırması ile ilgili çalışmada, Mert Irmağı'nın, evre mevzuatı-su kirliliği kontrol yönetmeliği- kıta içi su kalite sınıflandırılmasına göre genel olarak kirli su özelliği taşımakta olduğunu, bu kirliliğin ağırlıklı olarak evsel atık sulardan kaynaklandığını ve su tabakasının bu kirlilik yükünün sediman tabakasında da özellikle yüksek organik madde içeriği ile kendini gösterdiğini bildirmişlerdir (Bakan ve şener 2000).

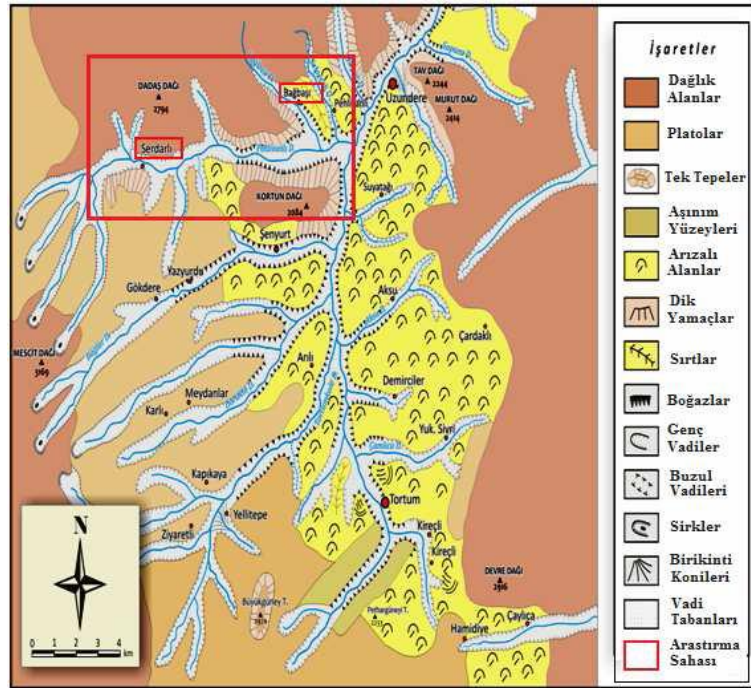
Yuvarlak ay (Köyceğiz-Muğla)'ın fiziko-kimyasal ve biyolojik yönden incelenmesi sonucunda ayda sürekli, hafif ve orta derecede kirlilik olduğunu saptamışlardır (Barlas vd 2000).

Ekholm *et al.* (2000), bir tarımsal nehir sisteminde nehre karışan akarsuların karışma öncesinde, çözünmüş reaktif fosfor konsantrasyonunu 12-42 µg/L arasında değiştiğini, nehir yatağında ise çözünmüş reaktif fosfor konsantrasyonunun sürekli 43 µg/L de sabit kaldığını rapor etmişlerdir.

Varga *et al.* (1990), Tuna Nehri'nde fosfat iyonu değerlerinin 0,08-0,8 g/m³ arasında değiştiğini ve mevsimsel dalgalanmaların su sıcaklığındaki değişimler, güneş ışığı ve bitki gelişimi nedeniyle olduğunu bildirmişlerdir.

2.3. Tortum Çayı Havzası'nın Özellikleri

Doğu Karadeniz dağları arasında, Çoruh ırmağının kollarından birini oluşturan Tortum Çayı vadisi, genel görünümü itibariyle bir su toplama havzasıdır. Havzayı, batıdan Mescit dağları (3239 m.) doğudan ise Akdağlar (3047 m.) sınırlandırır. Tortum Çayı havzasının jeomorfolojik özellikleri genel olarak birbirinden farklı iki üiteden oluşmaktadır. Bunlar, dar ve derin vadi tabanları ile tepelik alanlardır. Söz konusu yer şekillerinin meydana gelmesinde bölgenin jeolojik yapısı, tektonik hareketler ve dış etkenlerin rolü büyüktür. Tortum Çayı havzasının yüzey şekilleri, jeolojik yapı ve akarsu erozyonu tarafından şekillendirilmiştir. Mezozoik formasyonları, Tortum çayı ile derin bir şekilde yarılmıştır. Vadi tabanları ile dağların en yüksek bölümleri arasında önemli yükselti farkları bulunmaktadır (Atalay vd 1985).



Şekil 2.3. Araştırma sahası ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası (Yılmaz 1991).

Tortum çayı havzası iklim şartları, kökeni bölge dışında olan hava kütleleri ile yükseklik, bakı, dağların uzanışı gibi doğal çevre faktörlerinin etkisi altındadır (Yılmaz 1991). Bununla beraber sahada iklimi etkileyen yerel koşullarda bulunmaktadır. Yerel şartlardan en önemlileri; yükselti ve dağların uzanış doğrultularıdır. Kuzeyde uzanan Doğu Karadeniz dağları, kuzeyden sokulan hava kütlelerinin iç kısımlara kadar ilerlemesini önemli şekilde etkilemekte, güneyde bulunan sıradağlar da güney yönünden gelen hava kütlelerinin kuzeye yani Karadeniz'e doğru sokulmasını geniş ölçüde engellemektedir (Atalay vd 1985).

Sahanın idari olarak bağlı olduğu Erzurum il merkezinde yıllık ortalama sıcaklık $5,3^{\circ}\text{C}$ iken, Tortum ilçe merkezinde $8,19^{\circ}\text{C}$ 'dir. Tortum Meteoroloji İstasyonunun 35 yıllık (1975-2009) gözlem sonuçları incelendiğinde sahada karasal iklimin il merkezine göre az da olsa ılımanlaştığı fark edilir. Bu durumun oluşmasında yükselti farkı, sahanın bulunduğu konum ve çevresindeki yer şekilleri etkili olmuştur. Sıcaklığın vejetasyon süresi ve toprak sıcaklığı üzerindeki etkilerine bakıldığında; Tortum'un ortalama sıcaklığı Erzurum'dan $2,89^{\circ}\text{C}$ daha fazladır ve buna bağlı olarak Tortum'da vejetasyon

başlama süresi yaklaşık 25-30 gün daha erken olmakta ve yetiştirilen ürün çeşidi de artmaktadır (Yılmaz 1991) (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Tortum meteoroloji istasyonu sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı (°C)*

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Ortalama Sıcaklık	-3,6	-2,4	1,6	7,8	12	16	20	20	15	9,6	3,4	-1,7	8,19
Ortalama yüksek sıcaklık	2	3,1	7,1	13,8	19	24	28	29	24	18	9,9	3,8	15,18
Maksimum sıcaklık	13,4	14	22,2	27,3	31	33	38	37	35	30	21	15	26,29
Ortalama düşük sıcaklık	-8,7	-7,6	-3,4	2,1	5,6	8,7	12	12	7,2	3	-1,8	-6,6	1,87
Minimum sıcaklık	-26,6	-25	-25	-13	-6	0	1	3,9	-2	-8	-19	-25	-11,99

*Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (1975-2009).

Tortum Meteoroloji İstasyonu verileri incelendiğinde çalışma alanında yılın bütün aylarında yağış görülmekle birlikte en fazla yağış ilkbahar ve yaz aylarında görülür. İlkbahar maksimumu, bu mevsimin hava kütleleri arasındaki mücadelenin daha şiddetli olması dolayısıyla çok daha belirgindir. Kış mevsiminde, Doğu Anadolu üzerinde yerleşen kutbi cephenin geri çekilirken kuzeydoğu bölgesi üzerine varışı, yaz başlarını bulur ve dolayısıyla bu sahalarda ilkyaz maksimumu şeklinde beliren, bol yağışlar meydana gelir (Arınç 2003).

Tortum İlçesinin yıllık ortalama kar yağışlı günler sayısı 38.3 gündür. Kar yağışlı günlerin en fazla olduğu ayları; Ocak (8.2 gün), Şubat (9 gün) ve Mart (7.3 gün) oluşturmaktadır (Çizelge 2.3). Sahadaki karla örtülü gün sayısı ise 75.9 günü bulmaktadır. Bu değerler sahada yükseltiye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Vadi tabanları ile yüksek kesimlerde kar yağışlarının başladığı gün ile karların kalktığı günlerin değişiklik gösterdiği gözlenmiştir (Atalay 1983).

Çizelge 2.3. Tortum meteoroloji istasyonu aylık ortalama yağış değerleri (1975-2009)*

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllar
Ortalama													
yağış	3.7	1.4	9.9	7.3	4.6	7.1	8.8	3.7	2	3.3	7.4	9.5	68.7
(mm)													

*Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Tortum İlçesi iklim tipinin özellikleri, kurak-az nemli, mezotermal, su fazlası olmayan yahut pek az olan ve kontinental şartlara yakın iklim tipi görülmektedir. Bölge, yarı kurak sahalarla nemli sahalar arasındadır. Ancak daha çok nemli bölgelere yakın özellikler göstermektedir. Çünkü Ağustos ve Eylül ayı kurak, Temmuz ayı yarı kurak geçmekte ise de, yılın diğer ayları yağışlı geçmektedir (Yılmaz 1991).

Kuvvetli izolasyon şartlarının gerçekleştiği kuytu ve nemli çok küçük ortamların bulunduğu Tortum vadisinde, İran-Turan step vejetasyonu yanında Avrupa-Sibirya elementleri ile Akdeniz fitocoğrafya bölgesine ait bitkiler de bulunmaktadır (Atalay 1983).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

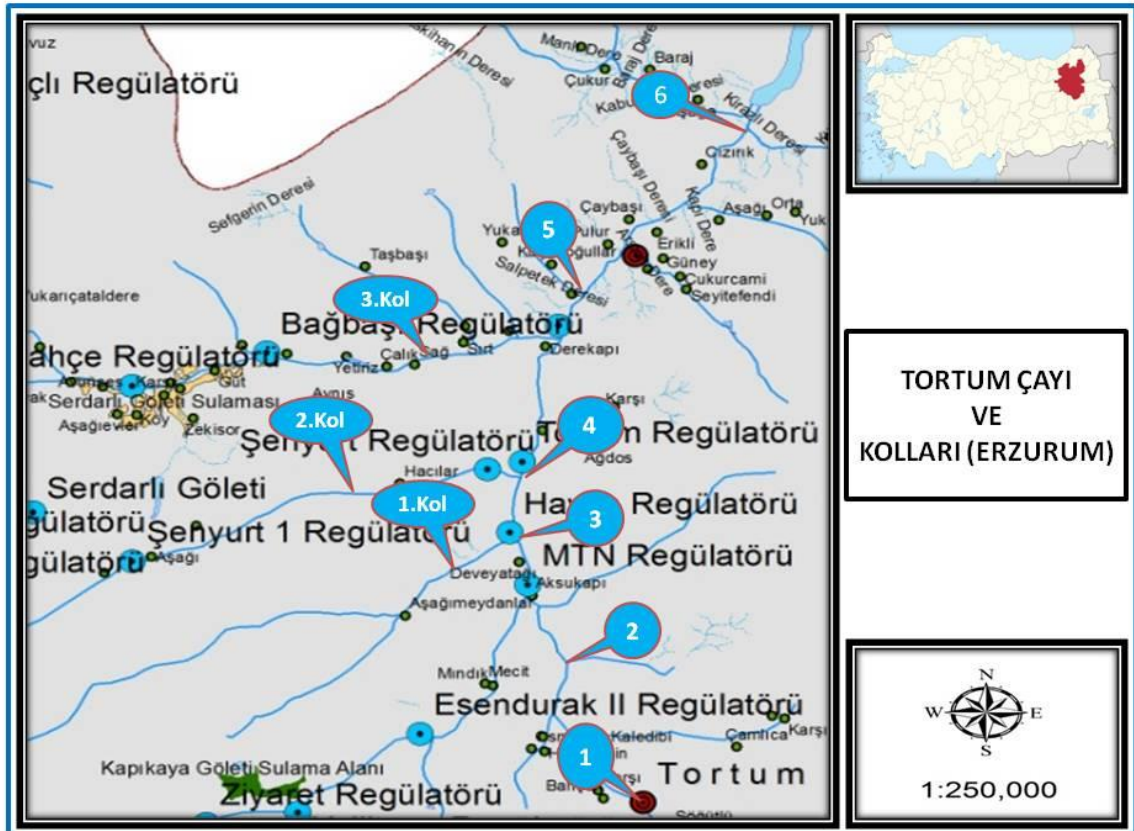
Mescit, Yıldızdağı ve Eğerli dağlarından çıkan Tortum ayı, Tortum İlçesi'nin de bulunduğu havzanın bütün sularını toplar ve Tortum Gölü'ne dökülür. Gölün kıyısında büyük bir ağlayan oluşturur. Daha sonra Artvin il sınırında Oltu ayı ile birleşir. Yaklaşık 50 km uzunluğa sahiptir. Tortum ayı hızlı akan bir nehir sistemidir (Kıvrak ve Gürbüz 2010).

Tortum ayı, Tortum Havzası'nı geçerken dik yamaçlar arasında etraftan gelen Sağır Suyu, dk ayı, Dikyar Suyu, Uzundere Suyu gibi derelerin suları ile beslenerek Tortum Gölü'ne dökülür. Gölün büyüklüğü yaklaşık 6,6 km² dir. Tortum ayı gle doğru ilerleyen küçük bir delta oluşturup, gölü ve meşhur Tortum şelalesi'ni meydana getirir. Yusufeli yakınlarında Oltu ayı ve İspir Suyu ile birleşerek, oruh Irmağı adını alır ve Karadeniz'e dökülür. Tortum ayı'nın aylık ortalama debisi eylül ayında en az (80.04 m³) mayıs ayında en çok (859.4 m³) değerine ulaşmaktadır. Tortum ayı'nın ilkbaharda tařıdđı su 377 m³/sn ye düşmektedir. Tortum ayı'nın ortalama akımı 8.980 m³/sn, en çok akımı 69.9 m³/sn ve en az akımı 1.58 m³/sn dir. Tortum ayı'nın ana yatağı üzerinde Tortum'a 34 km uzaklıkta Dikyar Köyü'nün "Engzek Kapı" mevkiinde akım ve süspanse sedimet ölçümlerinin yapıldđı bir gözlem yeri bulunmaktadır. Tortum ayı civarındaki dik yamaçlardan erozyonla akan topraklar, Tortum Gölü'ne doğru giderek Denizbaşı mevkiinde küçük deltalar oluşturur. Zaman zaman çiftçiler, bu alüvyonlu toprakları alarak tarım arazilerinde kullanırlar. Tortum Gölü havzasını korumak için ağaçlandırma çalışması ve derelerde taşkın koruma çalışmaları yapılmaktadır (Anonim 2013c).

Tortum Çayı'nı besleyen kolların her iki yanında yerleşim merkezleri bulunmaktadır. Bu alanda kanalizasyon ve evsel atık toplama sistemi gelişmediğinden bu kirleticiler önce çayı besleyen kollara oradan da çaya karışmaktadır.

Tortum Çayı'nda *Salmo rizeensis* (Alabalık), *Capoeta banarescui* (Siraz balığı), *Barbus artvinica* (Bıyıklı balık), *Alburnoides fasciatus* (Noktalı inci balığı), *Oxynoemacheilus* sp. (Çöpçü balığı) bulunmaktadır (Turan vd 2006; Turan vd 2009; Turan vd 2013).

Bu çalışma, Tortum Çayı ve devamlı akışın olduğu kollarda yürütülmüştür. Tortum Çayı ve kollarına ait harita ve istasyonlar Şekil 3.1'de verilmiştir. Arazide koordinatların belirlenmesi için Magellan marka GPS (Utmed50 6°C) kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Torum Çayı ve kollarına ait istasyonlar

1.istasyon

- @Tortum İlçesi girişi
- @Koordinatlar
37716814 D
4462731 K
- @Kot(m)
1600 m

**2.istasyon**

- @ Demirciler Köprüsü
- @ Tortum ilçesinden 10 km uzaklıkta
- @ Koordinatlar
37713301 D
4470514 K
- @ Kot(m)
1412 m

**3.istasyon**

- @ Vişneli Köyü Giriş;
Tortum ilçesinden 17 km uzaklıkta
- @ Koordinatlar
37711235 D
4476377 K
- @ Kot(m)
1273 m

**4.istasyon**

- @ Şenyurt Köyü Giriş;
Tortum ilçesinden 23 km uzaklıkta
- @ Koordinatlar
37711450 D
4479115 K
- @ Kot(m)
1239 m



5.istasyon

- ☉ Kireçli Köprü Giriş;
Tortum ilçesinden 32 km
uzaklıkta
- ☉ Koordinatlar
37712189 D
4484354 K
- ☉ Kot(m)
1164 m

**6.istasyon**

- ☉ Altıçanak Köyü Giriş;
Tortum İlçesinden 45 km
uzaklıkta
- ☉ Koordinatlar
37719540 D
4493527 K
- ☉ Kot(m)
1039 m

**1.kol**

- ☉ Vişneli Köyü; Vişneli
Köprüsünden içeri doğru
0,2 km uzaklıkta
- ☉ Koordinatlar
37711171 D
4476334 K
- ☉ Kot(m)
1275 m

**2.kol**

- ☉ Şenyurt Köyü; Şenyurt
Köprüsünden içeri 0,4
km uzaklıkta
- ☉ Koordinatlar
37711148 D
4479260 K
- ☉ Kot(m)
1247 m

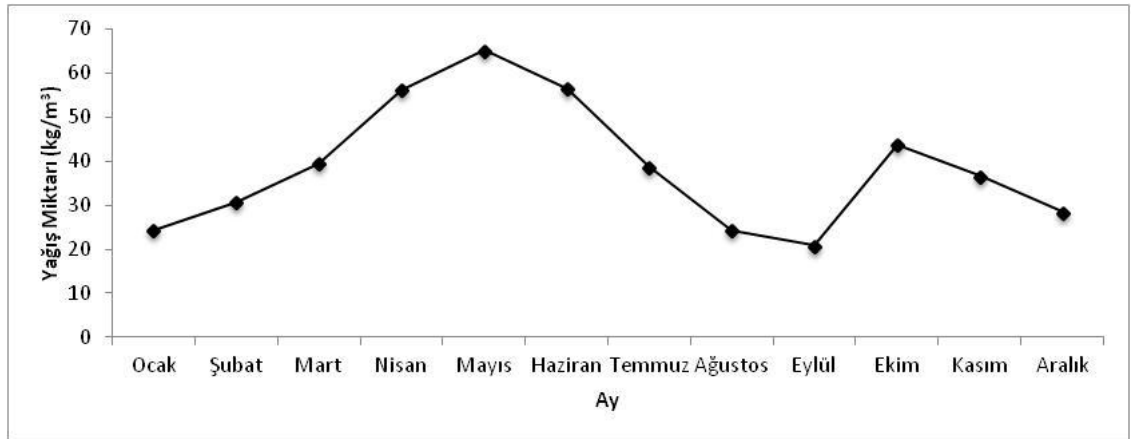




3.1.2. İklim

İlçe Karadeniz bölgesinde olması sebebiyle, Doğu Karadeniz iklimi görülür. İlkbahar yağışları boldur, sıkça sel felaketi yaşanmasına sebep olur. Ayrıca yüksek kesimlerde karasal iklimde mevcuttur (Kıvrak ve Gürbüz 2010).

Tortum İlçesi'ne bağlı yağış miktarı Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. 1970-2011 yılları arasındaki aylık ortalama yağış miktarı (Meteoroloji 12. Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır)

3.2. Yöntem

3.2.1. Numune alımı

Tortum Çayı'nda yürütülen bu çalışma, Haziran 2012-Mayıs 2013 tarihleri arasında Tortum Çayı'ndan 6 ve çayı besleyen 3 koldan alınan örneklerle yürütülmüştür. Ağustos 2012 tarihinde arazi ve yol şartlarından dolayı örnek alınamamıştır. Su örnekleri, çayın ortasından, 0,5 cm derinlikten, polipropilen şişeler 3 kere çalkalandıktan sonra alınmıştır.

Çalışmamızda, su sıcaklığı, pH, çözünmüş oksijen Terhmo marka pHmetre ve Oksijenmetre cihazları ile yerinde ölçülmüştür. Debi, pratikte kullanılan hacimsel debi ölçüm metodu ile belirlenmiştir. Su örneklerinin kimyasal analizi, Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi laboratuvarında yapılmıştır. Akış hızı ait Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Tortum Çayı'nın 1992-2012 yılları arasındaki aylık ortalama akım değerleri(m³/sn).

Aylar Yıllar	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1992	4,80	4,80	5,00	5,00	5,00	5,00	12,50	31,20	36,90	10,50	5,07	5,47
1993	6,26	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	28,00	73,10	49,80	14,80	7,48	5,91
1995	5,25	5,80	6,60	5,45	5,69	7,45	13,20	34,30	30,10	9,67	4,55	5,81
1996	7,34	7,71	6,39	5,11	6,72	5,38	12,40	42,90	21,10	6,80	2,38	2,72
1997	4,13	3,41	3,33	2,47	1,64	3,34	19,90	43,70	21,40	9,21	5,07	6,23
1998	9,00	7,90	6,83	6,27	6,36	7,31	41,70	48,00	35,00	8,41	4,54	5,43
1999	5,52	5,80	7,16	6,50	6,07	6,32	18,20	37,60	24,70	14,20	3,44	5,70
2002	3,30	4,57	4,70	4,70	4,70	6,12	19,60	40,40	43,60	26,80	8,59	5,70
2010	9,57	8,03	7,40	7,37	8,47	22,80	28,90	45,90	43,50	20,30	8,49	7,15
2011	10,80	5,21	4,60	3,32	3,80	5,64	20,60	36,00	26,50	3,46	1,98	5,29
2012	6,11	6,83	6,41	6,42	5,86	6,60	14,30	21,90	12,00	4,37	4,76	5,49

3.2.2. Laboratuvar analizi

3.2.2.a. Askıda katı madde

Su numunesi, vakum veya basınçla çalışan bir cihaz kullanılarak cam süzgeçten süzülür, süzgeç 105°C'da kurutulur ve süzgeç üzerindeki kalıntı kütlesi tartılarak tespit edilmiştir (Anonim 1999).

Askıda katı madde muhtevası, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$p = \frac{1000 (b-a)}{V}$$

Burada,

p: Askıda katı madde muhtevası, mg/L

b: Süzme sonrası süzgeç ve kalıntının kütlesi, mg

a: Süzme öncesi süzgecin kütlesi, mg

V: Numune hacmi, ml

3.2.2.b. Toplam sertlik

50 ml örnek üzerine Tampon I ve bir spatül ucu eriochrome siyahı indikatöründen ilave edilir. Şarap renginden mor maviye dönünceye kadar N/100 EDTA ile titrasyon yapılmıştır (Anonymous 1975).

Toplam Sertlik= A (FS°)

A=Harcanan N/100'lük EDTA miktarı (mL)

3.2.2.c. Ca ve Mg Sertliği

Örnek suyun pH'sı sodyum hidroksitle 12-13'e ayarlanır. Bu şartlarda suda bulunan magnezyum, $Mg(OH)_2$ halinde çöker. İndikatör olarak kullanılan mürekoid, kalsiyum iyonları ile pembe renk verir. Dönüm noktasında leylak moru olur ki, bu müreksidin kendi rengidir (Anonymous 1975).

$$Ca^{++} \text{ mg/L} = 4 \times B, \quad B: \text{harcanan (N/100) EDTA miktarı (ml)}$$

Magnezyum miktarı hesap yolu ile bulunur. Toplam sertlik için harcanan EDTA miktarından (A ml), kalsiyum için harcanan EDTA miktarı (B ml) çıkarılır, sonuç 2,43 ile çarpılarak hesaplanmıştır.

$$Mg^{++} \text{ (mg/L)} = (A-B) \times 2,43 \text{ (Anonymous 1975).}$$

3.2.2.d. Alkalinite

25 ml örnek su içerisine 2-3 damla metiloranj indikatörü damlatılır. Örneğin rensi sarıdan hafif pembemsi oluncaya kadar N/10'luk HCl ile titrasyon yapılmıştır (C ml) (Anonymous 1975)

$$\text{Bikarbonat alkalinitesi} = 4 \times C \text{ meq/l (CaCO}_3\text{)}$$

$$1 \text{ meq/l CaCO}_3 = 50 \text{ mg/L CaCO}_3$$

3.2.2.e. Amonyak-Azotu

Nessler tekniği ile APHA (1995)'a göre yapılmıştır. Sonuçlar Backman marka spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okunmuştur.

3.2.2.f. Nitrat-Azotu

Brucine sülfat kullanarak APHA (1995)'a göre yapılmıştır. Sonuçlar Backman marka spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okunmuştur.

3.2.2.g. Nitrit-Azotu

N-1 Naftiletildiamin kullanarak APHA (1995)'a göre yapılmıştır. Sonuçlar Backman marka spektrofotometrede 523 nm dalga boyunda okunmuştur.

3.2.2.h. Toplam Fosfor

Askorbik asit kullanarak APHA (1995)'a göre yapılmıştır. Sonuçlar Backman marka spektrofotometrede 720 nm dalga boyunda okunmuştur.

3.2.2.i. Toplam Ortofosfat

Askorbik asit kullanarak APHA (1995)'a göre yapılmıştır. Sonuçlar Backman marka spektrofotometrede 720 nm dalga boyunda okunmuştur.

3.2.2.j. Sülfat

Baryum klorür kullanarak APHA (1995)'a göre yapılmıştır. Sonuçlar Backman marka spektrofotometrede 420 nm dalga boyunda okunmuştur.

3.2.2.k. Silikat

Silikomolibdat metodu ile Wetzel and Likens (2001)'e göre yapılmıştır. Sonuçlar Backman marka spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okunmuştur.

3.2.2.1. Bakır

EDTA ile titrimetrik yöntemle (Anonim 1999) yapılmıştır.

3.2.2.m. Demir

Toplam demir tayini fenantrolin yöntemi ile spektrofotometrede 510 nm'de ölçülerek belirlenmiştir (APHA 1995).

3.2.3. İstatistiksel analizler

Tortum Çayı'nda yürütülen bu çalışmada seçilen 9 istasyona ait verilerin aylara ve istasyonlara bağlı değişimi Statistica 10 Trial programında incelenmiştir. Amonyak-azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$), Nitrit-azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$), Nitrat-azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$), Toplam Ortofosfat (TO), Toplam Fosfor (TP), Demir (Fe), Silikat (Si), Sülfat (SO_4) istasyonlar ve mevsimlerin birlikte etkisini araştırmak için faktöriyel düzende iki faktörlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanarak analiz edilmiştir. Gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Gruplar arası farklılığın önem düzeyinin belirlenmesinde En Küçük Önemli Fark (LSD-EÖF) testi kullanılmıştır.

Su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH, toplam sertlik, Ca sertliği, alkalinite, askıda katı madde ve bakır verileri Excel 2007 programında ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır.

Tüm istatistik hesaplamalar ve kontroller Kesici ve Kocabaş'a (2007) göre yapılmıştır.

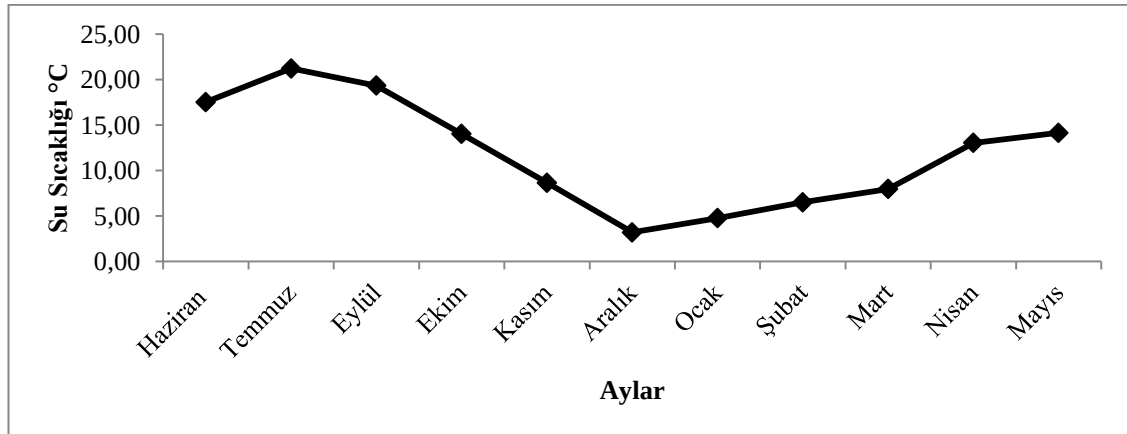
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen su sıcaklığı değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.1 verilmiştir. Araştırma süresince su sıcaklığı, en düşük 2. kolda (8. istasyon) Aralık ayında ($2,30^{\circ}\text{C}$), en yüksek ise 3. kolda (9. istasyon) Temmuz ayında ($22,60^{\circ}\text{C}$) ölçülmüştür.

Çizelge 4.1. Tortum Çayı ve kollarında su sıcaklığı değeri

Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Haziran	Temmuz	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1.istasyon	15,60	18,16	16,40	12,60	7,60	2,40	4,70	6,00	8,50	14,70	14,80
2.istasyon	18,10	21,90	19,50	15,80	7,50	3,70	6,80	8,50	10,80	15,60	17,60
3.istasyon	17,80	21,20	19,30	14,40	8,20	3,50	4,60	6,60	9,20	13,30	14,70
4.istasyon	17,50	21,20	19,80	13,90	9,00	2,90	5,10	6,60	6,90	12,60	13,30
5.istasyon	18,50	22,50	22,00	14,70	9,70	2,60	4,40	6,40	7,20	12,10	12,90
6.istasyon	18,30	22,00	21,80	14,40	10,80	3,00	4,40	6,00	7,00	11,50	13,60
7.istasyon	18,20	21,40	19,10	14,10	8,10	3,60	4,40	6,30	8,40	13,70	14,70
8.istasyon	15,70	19,90	16,80	11,50	7,50	2,30	3,00	5,30	6,30	11,20	12,00
9.istasyon	18,00	22,60	19,20	14,80	9,50	4,70	5,40	6,90	7,40	12,50	13,70
Ortalama	17,52	21,21	19,32	14,02	8,66	3,19	4,76	6,51	7,97	13,02	14,14
Std sapma	1,10	1,40	1,89	1,27	1,16	0,77	1,01	0,88	1,40	1,45	1,59
Min	15,60	18,16	16,40	11,50	7,50	2,30	3,00	5,30	6,30	11,20	12,00
Max	18,50	22,60	22,00	15,80	10,80	4,70	6,80	8,50	10,80	15,60	17,60

Tortum Çayı ve kollarında yaz aylarında su sıcaklığı değeri yüksekken (Temmuz), kış aylarında özellikle Aralık ayında düşük değerde bulunmuştur. (Şekil 4.1)



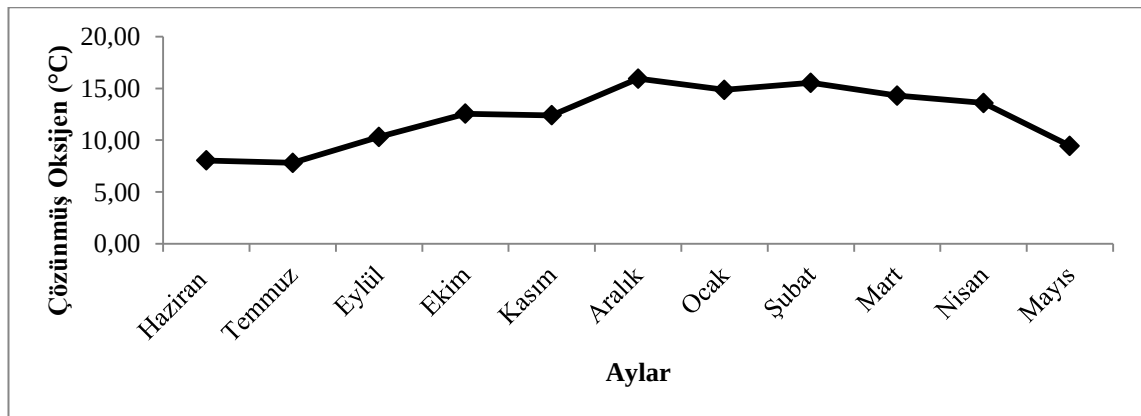
Şekil 4.1. Tortum Çayı ve kollarındaki su sıcaklığı değerinin aylara bağlı değişimi

Araştırma dönemi boyunca, oksijen değerine ait en yüksek değer Aralık ayında (17,06 mg/l) 6. istasyonda, en düşük değer ise Temmuz ayında (6,04 mg/l) 6. istasyonda saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Tortum Çayı ve kollarında çözünmüş oksijen değeri (mg/L)

Oksijen(mg/L)	Haziran	Temmuz	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1.istasyon	8,65	7,15	9,56	11,94	11,94	15,08	14,24	15,27	12,99	12,16	9,75
2.istasyon	8,01	8,28	9,96	13,33	12,91	14,97	13,65	13,90	13,04	11,91	8,31
3.istasyon	7,22	6,22	12,46	12,31	12,07	15,74	14,70	14,74	14,15	14,77	11,23
4.istasyon	7,48	8,79	11,47	12,83	12,38	16,36	15,39	16,65	14,83	13,58	11,28
5.istasyon	9,56	8,30	8,96	13,51	13,83	16,89	16,04	16,68	15,21	14,62	8,76
6.istasyon	6,32	6,04	7,12	14,90	12,48	17,06	15,48	16,01	15,06	13,60	7,08
7.istasyon	7,91	7,77	10,67	12,50	11,38	15,48	14,46	16,16	13,94	13,09	10,47
8.istasyon	8,02	8,18	8,86	12,69	12,62	16,33	14,92	14,64	14,83	14,29	7,05
9.istasyon	9,22	9,6	13,8	9,00	12,01	15,49	14,8	15,80	14,66	14,21	11,1
Ortlama	8,04	7,81	10,32	12,56	12,40	15,93	14,85	15,54	14,30	13,58	9,45
Std sapma	1,00	1,17	2,03	1,59	0,70	0,76	0,72	0,96	0,83	1,03	1,71
Min	6,32	6,04	7,12	9,00	11,38	14,97	13,65	13,90	12,99	11,91	7,05
Max	9,56	9,60	13,80	14,90	13,83	17,06	16,04	16,68	15,21	14,77	11,28

Tortum Çayı ve kollarında yaz aylarında çözünmüş oksijen değeri düşük bulunurken, kış aylarında yüksek değerde bulunmuştur (Şekil 4.2).



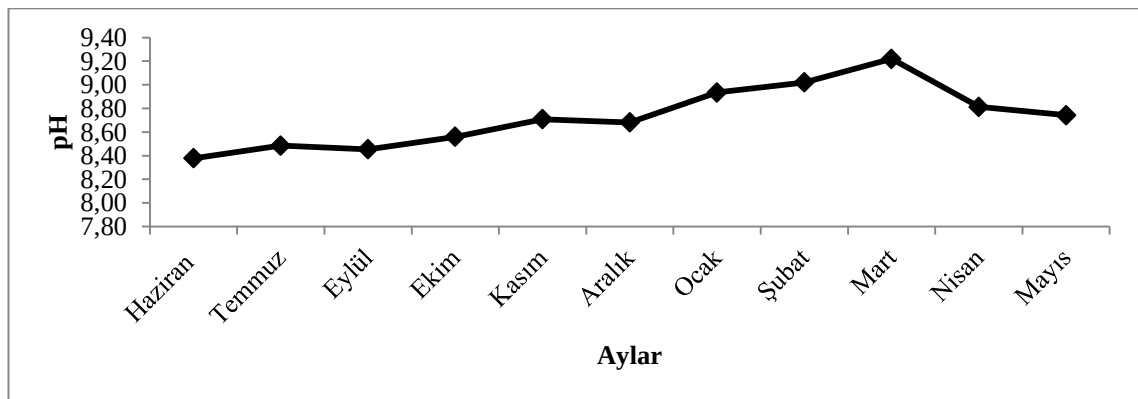
Şekil 4.2. Tortum Çayı ve kollarındaki çözünmüş oksijen değerinin aylara bağlı değişimi

Araştırma periyodu boyunca, Tortum Çayı ve kollarında ortalama pH değeri, en yüksek Mart ayında ($9,22 \pm 0,29$), en düşük değeri Haziran ayında ($8,38 \pm 0,19$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Tortum Çayı ve kollarında pH değeri

pH	Haziran	Temmuz	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1.istasyon	7,96	8,13	8,29	8,38	8,44	8,35	8,98	8,92	8,95	8,46	9,17
2.istasyon	8,24	8,27	8,39	8,44	8,57	8,19	8,67	8,75	8,80	8,53	8,67
3.istasyon	8,52	8,58	8,68	8,77	8,76	8,61	8,97	9,30	9,25	8,56	8,92
4.istasyon	8,42	8,74	8,61	8,60	8,68	8,65	9,08	9,06	9,07	8,85	8,85
5.istasyon	8,40	8,55	8,37	8,54	8,73	8,88	8,90	9,01	9,10	9,01	8,50
6.istasyon	8,47	8,52	8,34	8,53	8,89	8,84	8,61	8,58	9,28	9,11	8,03
7.istasyon	8,61	8,53	8,69	8,78	8,78	8,91	9,16	9,31	9,43	8,65	9,25
8.istasyon	8,42	8,57	8,41	8,58	8,82	8,86	9,13	9,22	9,80	8,99	9,23
9.istasyon	8,36	8,48	8,31	8,42	8,71	8,84	8,91	9,03	9,30	9,16	8,06
Ortalama	8,38	8,49	8,45	8,56	8,71	8,68	8,93	9,02	9,22	8,81	8,74
Std sapma	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,26	0,19	0,25	0,29	0,27	0,47
Min	7,96	8,13	8,29	8,38	8,44	8,19	8,61	8,58	8,80	8,46	8,03
Max	8,61	8,74	8,69	8,78	8,89	8,91	9,16	9,31	9,80	9,16	9,25

Tortum Çayı ve kolları üzerinde yapılan bu araştırmada, pH değeri Haziran ayından itibaren artmaya başlamıştır. Mart ayında en yüksek değerine ulaştıktan sonra tekrar azalmaya başlamıştır (Şekil 4.3).



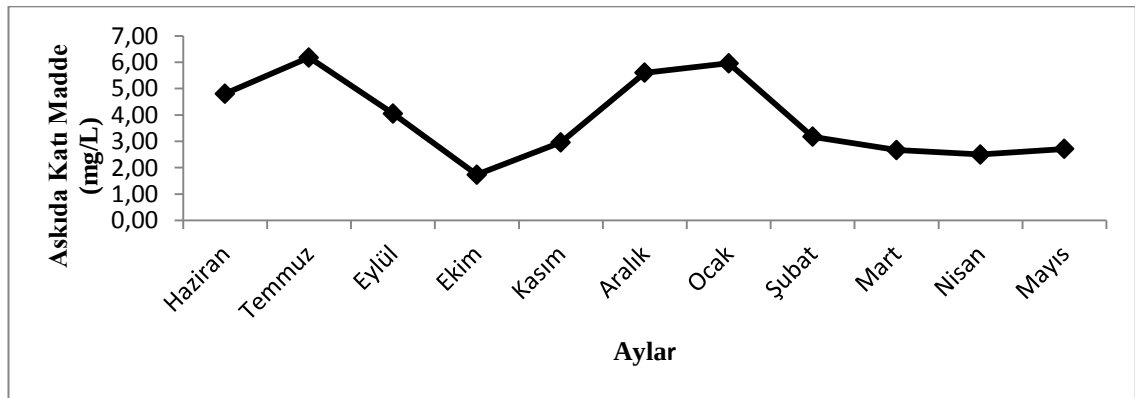
Şekil 4.3. Tortum Çayı ve kollarındaki pH değerinin aylara bağlı değişimi

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen askıda katı madde değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.4 verilmiştir. Araştırma süresince askıda katı madde, en düşük 8. istasyon (2.kol) Ekim ayında (0.73 mg/L), en yüksek değeri ise 9. istasyon (3. kol) Temmuz ayında (9.97 mg/L) ölçülmüştür.

Çizelge 4.4. Tortum Çayı ve kollarında askıda katı madde değeri

A.K.M mg/L	Haziran	Temmuz	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1.istasyon	3,84	4,77	5,41	0,93	1,58	5,90	4,74	2,15	4,85	2,48	2,62
2.istasyon	4,56	6,41	4,02	1,40	2,11	5,39	4,36	1,80	1,95	1,26	2,04
3.istasyon	3,92	9,65	2,99	1,23	1,49	5,91	9,14	4,19	2,17	2,68	2,62
4.istasyon	6,16	2,29	2,67	1,04	1,62	5,47	5,32	1,90	2,22	3,04	2,72
5.istasyon	7,60	5,69	3,99	2,80	5,55	5,62	7,19	2,28	2,30	2,30	2,72
6.istasyon	3,68	9,81	3,85	3,02	5,31	5,48	5,42	4,98	2,32	2,70	3,04
7.istasyon	4,32	1,77	4,38	1,50	5,27	4,96	5,79	4,80	4,59	2,56	2,82
8.istasyon	4,68	5,25	5,23	0,73	2,50	6,16	6,36	4,43	1,80	2,80	2,96
9.istasyon	4,44	9,97	3,95	2,96	1,19	5,52	5,30	2,03	1,81	2,64	2,82
Ortalama	4,80	6,18	4,06	1,74	2,96	5,60	5,96	3,17	2,67	2,50	2,71
Std sapma	1,28	3,11	0,90	0,93	1,85	0,35	1,46	1,38	1,18	0,51	0,29
Min	3,68	1,77	2,67	0,73	1,19	4,96	4,36	1,80	1,80	1,26	2,04
Max	7,60	9,97	5,41	3,02	5,55	6,16	9,14	4,98	4,85	3,04	3,04

Tortum Çayı ve kolları üzerinde yapılan bu araştırmada, askıda katı madde değeri Haziran ayından itibaren artmaya başlamıştır. Temmuz ve Aralık aylarında en yüksek değerine ulaştıktan sonra tekrar azalmaya başlamıştır (Şekil 4.4)



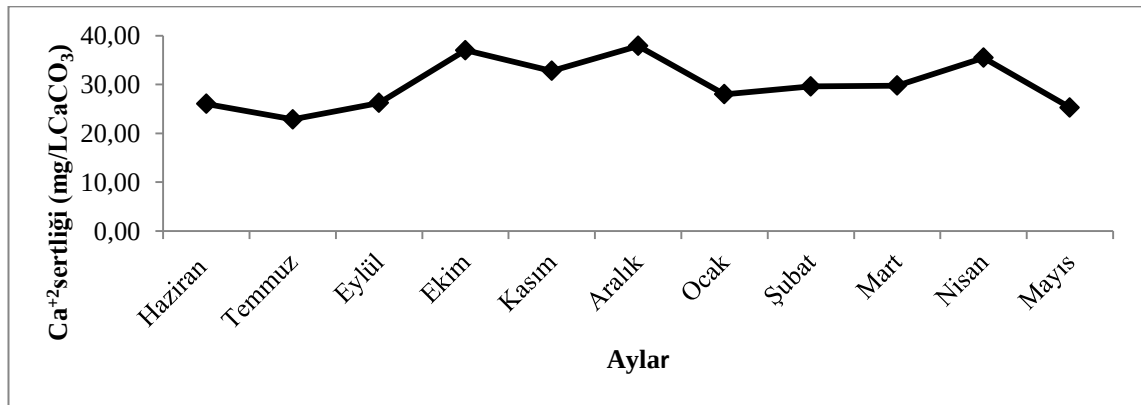
Şekil 4.4. Tortum Çayı ve kollarındaki askıda katı madde değerinin aylara bağlı değişimi

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen Ca^{+2} sertliği değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.5 verilmiştir. Araştırma süresince, en düşük Ca^{+2} sertliği değeri 2. istasyonda Temmuz ayında (6,00 mg/L), en yüksek değer ise 1. istasyonda Nisan ayında (64,00 mg/L) saptanmıştır.

Çizelge 4.5. Tortum Çayı ve kollarında Ca^{+2} sertliği değeri

Ca^{+2} (mg/L CaCO_3)	Haziran	Temmuz	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1.istasyon	29,20	11,60	40,00	48,00	47,20	60,00	48,80	44,00	58,00	64,00	41,20
2.istasyon	20,80	6,00	18,80	40,00	26,00	50,00	30,80	35,20	42,00	50,40	36,80
3.istasyon	22,80	27,20	29,20	34,00	34,80	36,40	28,00	24,80	21,20	20,00	22,80
4.istasyon	27,20	16,40	27,60	34,80	33,20	40,00	27,20	30,80	31,60	28,80	21,20
5.istasyon	30,40	31,60	16,40	34,80	38,80	40,00	24,80	27,60	29,20	36,40	22,00
6.istasyon	27,60	27,20	20,00	46,00	34,00	32,00	24,40	26,00	24,00	40,40	24,00
7.istasyon	20,40	24,80	24,00	26,00	26,80	27,20	19,60	24,80	14,00	20,40	15,20
8.istasyon	24,80	32,00	32,80	28,80	24,40	23,20	19,20	20,40	16,80	21,20	16,80
9.istasyon	31,20	28,80	27,20	40,80	30,00	32,40	29,20	32,80	31,20	37,60	27,60
ortalama	26,04	22,84	26,22	37,02	32,80	37,91	28,00	29,60	29,78	35,47	25,29
std sapma	3,81	9,28	7,42	7,35	7,16	11,41	8,76	7,05	13,58	14,92	8,66
min	20,40	6,00	16,40	26,00	24,40	23,20	19,20	20,40	14,00	20,00	15,20
max	31,20	32,00	40,00	48,00	47,20	60,00	48,80	44,00	58,00	64,00	41,20

Tortum Çayı ve kolları üzerinde yapılan bu araştırmada, Ca^{+2} sertliği değeri Ekim, Aralık ve Nisan aylarında en yüksek değerine ulaştıktan sonra tekrar azalmaya başlamıştır (Şekil 4.4)



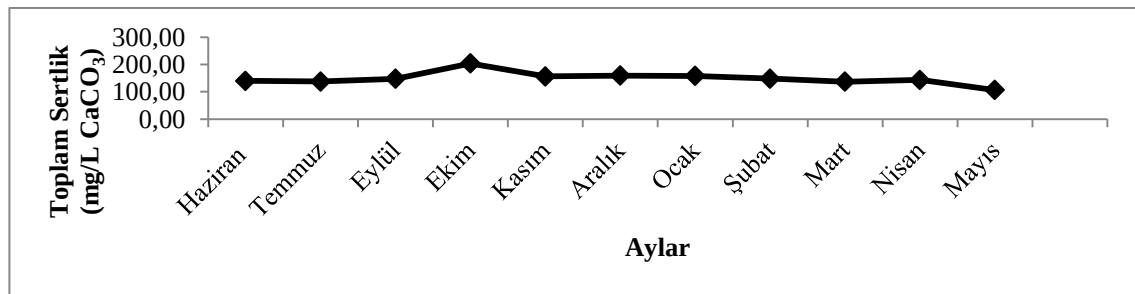
Şekil 4.5. Tortum Çayı ve kollarındaki Ca^{+2} sertliği değerlerinin aylara bağlı değişimi

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen toplam sertlik değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.6 verilmiştir. Araştırma süresince, en düşük toplam sertlik değeri 8. istasyon (2. kol) Mayıs ayında (42,00 mg/L), en yüksek değer ise 1. istasyon Ekim ayında (325,00 mg/L) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. Tortum Çayı ve kollarında toplam sertlik değeri

Toplam Sertlik mg/L CaCO ₃	Haziran	Temmuz	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1.istasyon	285,00	255,00	236,00	325,00	228,00	275,00	237,00	204,00	210,00	201,00	191,00
2.istasyon	262,00	245,00	216,00	323,00	295,00	300,00	282,00	280,00	250,00	281,00	270,00
3.istasyon	95,00	102,00	115,00	170,00	142,00	145,00	165,00	120,00	100,00	84,00	94,00
4.istasyon	128,00	78,00	124,00	182,00	169,00	170,00	170,00	190,00	155,00	114,00	73,00
5.istasyon	133,00	110,00	155,00	175,00	140,00	150,00	148,00	150,00	133,00	142,00	78,00
6.istasyon	109,00	114,00	135,00	166,00	98,00	115,00	130,00	140,00	96,00	148,00	95,00
7.istasyon	72,00	106,00	107,00	156,00	100,00	90,00	106,00	91,00	80,00	106,00	43,00
8.istasyon	78,00	110,00	120,00	170,00	100,00	77,00	80,00	60,00	100,00	84,00	42,00
9.istasyon	99,00	118,00	120,00	170,00	136,00	112,00	107,00	100,00	110,00	132,00	75,00
ortalama	140,11	137,56	147,56	204,11	156,44	159,33	158,33	148,33	137,11	143,56	106,78
std sapma	78,45	64,81	46,77	68,32	66,30	78,55	65,27	67,52	57,92	62,97	75,23
min	72,00	78,00	107,00	156,00	98,00	77,00	80,00	60,00	80,00	84,00	42,00
max	285,00	255,00	236,00	325,00	295,00	300,00	282,00	280,00	250,00	281,00	270,00

Tortum Çayı ve kolları üzerinde yapılan bu araştırmada, toplam sertlik değeri Haziran ayından itibaren artmaya başlamıştır. Mart ayında en yüksek değerine ulaştıktan sonra tekrar azalmaya başlamıştır (Şekil 4.3).



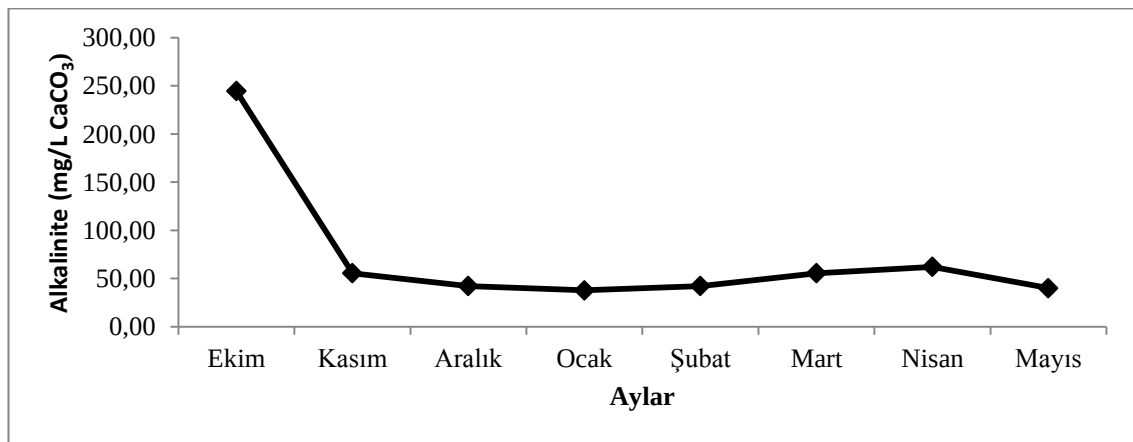
Şekil 4.6. Tortum Çayı ve kollarındaki toplam sertlik değerlerinin aylara bağlı değişimi

Tortum Çayı'nda araştırma süresince ortalama alkalinite değeri, en düşük ($40,00 \pm 10,00$ mg/L) Mayıs ayında, en yüksek değeri ise ($244,4 \pm 96,84$ mg/L) Ekim ayında saptanmıştır.

Çizelge 4.7. Tortum Çayı ve kollarında alkalinite değeri

Alkalinite mg/L CaCO ₃	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1.istasyon	220	40	40	60	40	80	100	20
2.istasyon	160	120	20	60	20	40	100	40
3.istasyon	120	100	40	20	20	60	100	40
4.istasyon	140	40	20	80	40	60	60	40
5.istasyon	360	40	100	40	40	80	40	40
6.istasyon	200	40	40	20	40	80	40	60
7.istasyon	340	20	40	20	60	20	40	40
8.istasyon	360	40	40	20	60	40	40	40
9.istasyon	300	60	40	20	60	40	40	40
ortalama	244,44	55,56	42,22	37,78	42,22	55,56	62,22	40
std sapma	96,84	32,83	23,33	23,33	15,63	21,86	29,06	10
min	120	20	20	20	20	20	40	20
max	360	120	100	80	60	80	100	60

Araştırma periyodu boyunca alkalinite değeri ekim ayından itibaren azalmıştır (Şekil 4.7)



Şekil 4.7. Tortum Çayı ve kollarındaki alkalinite değerlerinin aylara bağlı değişimi

Tortum Çayı ve kollarında yürütülen bu çalışmada, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, TOP, TP, Fe, Si ve SO_4 konsantrasyonlarının istasyon ve aylara bağlı değişimleri ANOVA testi ile incelenmiş ve istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). LSD testine göre bütün parametrelerin aylar ve istasyonlara göre değişimleri Çizelge 4.8-4.15'de verilmiştir.

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen amonyak değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.8 verilmiştir. Tortum Çayı'nda araştırma süresince, en düşük ortalama amonyak değeri 7. istasyon(1.kol) Aralık ayında $0,02\pm0,0004$ mg/L, en yüksek değer ise 2. istasyon Eylül ayında $0,88\pm0,0074$ mg/L ölçülmüştür.

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen nitrit değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.9 verilmiştir. Tortum Çayı'nda araştırma süresince, en düşük ortalama nitrit değeri 5.,6.,7. ve 9. istasyonlar Eylül ayında $0,03\pm0,0000$ mg/L, en yüksek değer ise 2. istasyon Temmuz ayında $1,47\pm0,0396$ mg/L ölçülmüştür.

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen nitrat değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.10 verilmiştir. Tortum Çayı'nda araştırma süresince, en düşük ortalama nitrit değeri 7. istasyon Ocak ve Mayıs aylarında $0,01\pm0,0011$ mg/L, en yüksek değer ise 2. istasyon Kasım ayında $0,67\pm0,0009$ mg/L ölçülmüştür.

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen toplam ortofosfat değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.11 verilmiştir. Tortum Çayı'nda araştırma süresince, en düşük ortalama ortofosfat değeri 6. ve 7. istasyonlarda Aralık ayında $0,00\pm0,00$ mg/L, en yüksek değer ise 2. istasyon Mart ayında $29,14\pm0,6857$ mg/L ölçülmüştür.

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen toplam fosfor değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.12 verilmiştir. Tortum Çayı'nda araştırma süresince, en düşük ortalama toplam fosfor değeri Aralık ayında 9. istasyon hariç $0,01\pm0,0000$ mg/L, en yüksek değer ise 2. istasyon Nisan ayında $0,57\pm0,0068$ mg/L ölçülmüştür.

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen demir değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.13 verilmiştir. Tortum Çayı'nda araştırma süresince, en düşük ortalama demir değeri Haziran ayında 1. ve 2.istasyonlarda, Temmuz ayında 1.istasyonda, Aralık ayında 2.istasyonda, Ekim ayında 5. ve 8. istasyonlarda ve Şubat 9. istasyonda $0,01\pm0,0001$ mg/L, en yüksek değer ise 5. istasyon Temmuz ayında $1,12\pm0,0008$ mg/L ölçülmüştür.

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen silikat değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.14 verilmiştir. Tortum Çayı'nda araştırma süresince, en düşük ortalama silikat değeri 9.istasyon(3.kol) Ekim ayında $1,21\pm 0,0024$ mg/L, en yüksek değer ise 1. istasyon Ocak ayında $3,84\pm0,0032$ mg/L ölçülmüştür.

Araştırma süresince Tortum Çayı'nda ölçülen sülfat değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.15 verilmiştir. Tortum Çayı'nda araştırma süresince, en düşük ortalama sülfat değeri 7.istasyon (1.kol) Mayıs ayında $1,68\pm0,0687$ mg/L, en yüksek değer ise 2. istasyon Aralık ayında $92,11\pm12,4965$ mg/L ölçülmüştür.

Çizelge 4.8. Tortum Çayı ve kollarında amonyak derişiminin aylara ve istasyonlara bağı değışimi (Ortalama ± Standart sapma, mg/L) (n=4).

İSTASYONLAR									
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Haziran	0,13±0,0012 ^{bE}	0,08±0,0002 ^{aF}	0,07±0,0001 ^{fG}	0,07±0,0000 ^{eF}	0,07±0,0002 ^{dH}	0,07±0,0001 ^{dI}	0,07±0,0001 ^{hI}	0,07±0,0000 ^{cF}	0,08±0,0002 ^{gH}
Temmuz	0,77±0,0110 ^{cE}	0,67±0,0031 ^{aG}	0,48±0,0032 ^{fH}	0,57±0,0047 ^{dG}	0,60±0,0060 ^{hH}	0,56±0,0050 ^{bF}	0,50±0,0019 ^{eH}	0,52±0,0046 ^{fG}	0,53±0,0014 ^{gI}
Eylül	0,71±0,0025 ^{bE}	0,88±0,0074 ^{dH}	0,48±0,0014 ^{fF}	0,55±0,0057 ^{aE}	0,60±0,0037 ^{eG}	0,61±0,0026 ^{cG}	0,42±0,0012 ^{gH}	0,51±0,0035 ^{fF}	0,48±0,0012 ^{hG}
Ekim	0,12±0,0009 ^{aD}	0,13±0,0007 ^{bD}	0,06±0,0003 ^{fF}	0,07±0,0002 ^{cD}	0,08±0,0004 ^{dF}	0,09±0,0003 ^{eH}	0,04±0,0002 ^{hH}	0,06±0,0001 ^{gF}	0,06±0,0007 ^{fF}
Kasım	0,10±0,0006 ^{bE}	0,06±0,0003 ^{aE}	0,06±0,0000 ^{cG}	0,05±0,0003 ^{fG}	0,06±0,0002 ^{hH}	0,07±0,0011 ^{dK}	0,08±0,0011 ^{eG}	0,07±0,0001 ^{iG}	0,07±0,0001 ^{gH}
Aralık	0,05±0,0002 ^{aC}	0,05±0,0002 ^{cE}	0,03±0,0003 ^{fC}	0,03±0,0003 ^{eC}	0,03±0,0002 ^{fD}	0,03±0,0001 ^{fE}	0,02±0,0004 ^{dD}	0,03±0,0001 ^{dC}	0,03±0,0003 ^{bC}
Ocak	0,04±0,0004 ^{aA}	0,07±0,0007 ^{bB}	0,03±0,0003 ^{iB}	0,03±0,0002 ^{dA}	0,03±0,0000 ^{cA}	0,03±0,0004 ^{eB}	0,03±0,0001 ^{hA}	0,03±0,0003 ^{gA}	0,03±0,0004 ^{fA}
Şubat	0,04±0,0004 ^{bB}	0,07±0,0007 ^{aA}	0,03±0,0003 ^{gA}	0,03±0,0002 ^{eB}	0,03±0,0000 ^{dB}	0,03±0,0004 ^{cA}	0,03±0,0001 ^{hB}	0,03±0,0003 ^{fB}	0,03±0,0004 ^{gB}
Mart	0,05±0,0005 ^{bC}	0,04±0,0012 ^{aC}	0,04±0,0003 ^{fE}	0,05±0,0010 ^{eC}	0,04±0,0005 ^{dC}	0,05±0,0006 ^{cC}	0,03±0,0008 ^{hE}	0,03±0,0005 ^{gE}	0,03±0,0001 ^{gE}
Nisan	0,09±0,0012 ^{aD}	0,09±0,0017 ^{fF}	0,03±0,0000 ^{fD}	0,06±0,0001 ^{hE}	0,05±0,0002 ^{fE}	0,04±0,0002 ^{cD}	0,03±0,0000 ^{bC}	0,03±0,0001 ^{eD}	0,03±0,0001 ^{dD}
Mayıs	0,04±0,0004 ^{bE}	0,08±0,0004 ^{aG}	0,03±0,0001 ^{fG}	0,03±0,0002 ^{gG}	0,03±0,0001 ^{dH}	0,03±0,0007 ^{eK}	0,03±0,0004 ^{iI}	0,03±0,0002 ^{cF}	0,03±0,0002 ^{hH}
ABCDEFGHIKL Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05). abcdefghi Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).									

Çizelge 4.9. Tortum Çayı ve kollarında nitrit derişiminin aylara ve istasyonlara bağı değişimi (Ortalama $\pm$ Standart sapma, mg/L) (n=4).

İSTASYONLAR									
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Haziran	0,24 $\pm$ 0,0113 ^{bD}	0,63 $\pm$ 0,0059 ^{bG}	0,12 $\pm$ 0,0000 ^{aA}	0,16 $\pm$ 0,0000 ^{bC}	0,18 $\pm$ 0,0000 ^{bD}	0,16 $\pm$ 0,0000 ^{cD}	0,07 $\pm$ 0,0000 ^{eB}	0,27 $\pm$ 0,0000 ^{cB}	0,12 $\pm$ 0,0000 ^{dA}
Temmuz	0,15 $\pm$ 0,0000 ^{bF}	1,47 $\pm$ 0,0396 ^{aF}	0,19 $\pm$ 0,0080 ^{fG}	0,24 $\pm$ 0,0069 ^{dG}	0,83 $\pm$ 0,0080 ^{eF}	0,99 $\pm$ 0,0000 ^{cE}	0,06 $\pm$ 0,0069 ^{hD}	0,24 $\pm$ 0,0699 ^{dD}	0,14 $\pm$ 0,0138 ^{gE}
Eylöl	0,10 $\pm$ 0,0042 ^{cB}	0,19 $\pm$ 0,0042 ^{bD}	0,06 $\pm$ 0,0000 ^{eB}	0,05 $\pm$ 0,0042 ^{aB}	0,03 $\pm$ 0,0000 ^{aC}	0,03 $\pm$ 0,0000 ^{cC}	0,03 $\pm$ 0,0000 ^{eA}	0,06 $\pm$ 0,0000 ^{dA}	0,03 $\pm$ 0,0000 ^{eB}
Ekim	0,48 $\pm$ 0,0060 ^{dA}	0,74 $\pm$ 0,0060 ^{aB}	0,22 $\pm$ 0,0098 ^{gC}	0,26 $\pm$ 0,0139 ^{cA}	0,21 $\pm$ 0,0069 ^{bA}	0,19 $\pm$ 0,0180 ^{fB}	0,06 $\pm$ 0,0060 ^{cC}	0,21 $\pm$ 0,0069 ^{gC}	0,16 $\pm$ 0,0098 ^{hC}
Kasım	0,29 $\pm$ 0,0069 ^{bE}	0,46 $\pm$ 0,0060 ^{aC}	0,24 $\pm$ 0,0060 ^{eK}	0,34 $\pm$ 0,0115 ^{dH}	0,32 $\pm$ 0,0170 ^{dG}	0,19 $\pm$ 0,0000 ^{cE}	0,09 $\pm$ 0,0060 ^{fD}	0,37 $\pm$ 0,0069 ^{dE}	0,17 $\pm$ 0,0000 ^{cC}
Aralık	0,25 $\pm$ 0,0059 ^{cF}	0,40 $\pm$ 0,0000 ^{aE}	0,14 $\pm$ 0,0059 ^{fI}	0,26 $\pm$ 0,0059 ^{eI}	0,21 $\pm$ 0,0000 ^{dH}	0,16 $\pm$ 0,0059 ^{eG}	0,06 $\pm$ 0,0059 ^{gD}	0,36 $\pm$ 0,0059 ^{bC}	0,16 $\pm$ 0,0059 ^{fG}
Ocak	0,43 $\pm$ 0,0000 ^{eG}	0,43 $\pm$ 0,0080 ^{aA}	0,50 $\pm$ 0,0069 ^{eF}	0,44 $\pm$ 0,0000 ^{dF}	0,44 $\pm$ 0,0000 ^{cB}	0,34 $\pm$ 0,0000 ^{bA}	0,27 $\pm$ 0,0080 ^{fD}	0,34 $\pm$ 0,0000 ^{dD}	0,31 $\pm$ 0,0080 ^{eE}
Şubat	0,25 $\pm$ 0,0000 ^{bH}	0,47 $\pm$ 0,0096 ^{aI}	0,16 $\pm$ 0,0059 ^{cL}	0,22 $\pm$ 0,0059 ^{dK}	0,21 $\pm$ 0,0000 ^{eI}	0,24 $\pm$ 0,0096 ^{eH}	0,08 $\pm$ 0,0000 ^{fE}	0,22 $\pm$ 0,0000 ^{cF}	0,14 $\pm$ 0,0068 ^{fH}
Mart	0,50 $\pm$ 0,0264 ^{bC}	0,68 $\pm$ 0,0138 ^{aC}	0,32 $\pm$ 0,0069 ^{eE}	0,72 $\pm$ 0,0069 ^{cE}	0,73 $\pm$ 0,0132 ^{dF}	0,50 $\pm$ 0,0000 ^{eF}	0,31 $\pm$ 0,0287 ^{gD}	0,39 $\pm$ 0,0000 ^{gD}	0,29 $\pm$ 0,0000 ^{fD}
Nisan	0,91 $\pm$ 0,0069 ^{eE}	1,38 $\pm$ 0,0113 ^{aF}	0,30 $\pm$ 0,0000 ^{fD}	1,06 $\pm$ 0,0069 ^{cD}	1,09 $\pm$ 0,0132 ^{dE}	0,68 $\pm$ 0,0069 ^{gF}	0,19 $\pm$ 0,0069 ^{iD}	0,30 $\pm$ 0,0080 ^{dD}	0,23 $\pm$ 0,0000 ^{hD}
Mayıs	0,28 $\pm$ 0,0180 ^{dF}	0,73 $\pm$ 0,0151 ^{aH}	0,11 $\pm$ 0,0000 ^{gH}	0,20 $\pm$ 0,0098 ^{cE}	0,19 $\pm$ 0,0060 ^{eF}	0,25 $\pm$ 0,0247 ^{fG}	0,08 $\pm$ 0,0000 ^{hD}	0,17 $\pm$ 0,0115 ^{hD}	0,23 $\pm$ 0,0115 ^{fD}

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

Çizelge 4.10. Tortum Çayı ve kollarında nitrat derişiminin aylara ve istasyonlara bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ Standart sapma, mg/L) (n=4).

İSTASYONLAR									
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Haziran	0,23 $\pm$ 0,0000 ^{dD}	0,33 $\pm$ 0,0000 ^{aC}	0,16 $\pm$ 0,0000 ^{hC}	0,19 $\pm$ 0,0000 ^{fD}	0,20 $\pm$ 0,0000 ^{eD}	0,19 $\pm$ 0,0009 ^{gC}	0,15 $\pm$ 0,0000 ^{iB}	0,26 $\pm$ 0,0000 ^{bB}	0,24 $\pm$ 0,0000 ^{cA}
Temmuz	0,23 $\pm$ 0,0000 ^{aE}	0,17 $\pm$ 0,0000 ^{cF}	0,08 $\pm$ 0,0000 ^{hF}	0,13 $\pm$ 0,0000 ^{eE}	0,11 $\pm$ 0,0011 ^{gF}	0,14 $\pm$ 0,0000 ^{dE}	0,05 $\pm$ 0,0011 ^{iG}	0,19 $\pm$ 0,0000 ^{bE}	0,11 $\pm$ 0,0000 ^{fE}
Eylül	0,15 $\pm$ 0,0000 ^{bF}	0,11 $\pm$ 0,0000 ^{eG}	0,08 $\pm$ 0,0011 ^{fE}	0,08 $\pm$ 0,0000 ^{gH}	0,18 $\pm$ 0,0011 ^{aE}	0,14 $\pm$ 0,0011 ^{dE}	0,06 $\pm$ 0,0000 ^{hF}	0,14 $\pm$ 0,0000 ^{cF}	0,03 $\pm$ 0,0000 ^{iK}
Ekim	0,26 $\pm$ 0,0027 ^{cB}	0,40 $\pm$ 0,0000 ^{aB}	0,19 $\pm$ 0,0000 ^{fB}	0,21 $\pm$ 0,0000 ^{eB}	0,24 $\pm$ 0,0000 ^{dC}	0,19 $\pm$ 0,0000 ^{gD}	0,10 $\pm$ 0,0000 ^{iC}	0,27 $\pm$ 0,0000 ^{bA}	0,17 $\pm$ 0,0000 ^{hD}
Kasım	0,27 $\pm$ 0,0000 ^{eA}	0,67 $\pm$ 0,0009 ^{aA}	0,28 $\pm$ 0,0000 ^{dA}	0,34 $\pm$ 0,0000 ^{bA}	0,29 $\pm$ 0,0000 ^{cB}	0,23 $\pm$ 0,0000 ^{hB}	0,21 $\pm$ 0,0000 ^{iA}	0,25 $\pm$ 0,0009 ^{fC}	0,24 $\pm$ 0,0000 ^{gB}
Aralık	0,05 $\pm$ 0,0000 ^{iK}	0,07 $\pm$ 0,0011 ^{cI}	0,06 $\pm$ 0,0000 ^{dH}	0,07 $\pm$ 0,0000 ^{bI}	0,05 $\pm$ 0,0000 ^{gI}	0,07 $\pm$ 0,0009 ^{aH}	0,06 $\pm$ 0,0000 ^{eE}	0,05 $\pm$ 0,0000 ^{hI}	0,06 $\pm$ 0,0000 ^{fG}
Ocak	0,06 $\pm$ 0,0027 ^{bH}	0,07 $\pm$ 0,0009 ^{aI}	0,03 $\pm$ 0,0011 ^{eK}	0,04 $\pm$ 0,0000 ^{cK}	0,04 $\pm$ 0,0009 ^{cK}	0,04 $\pm$ 0,0009 ^{dK}	0,01 $\pm$ 0,0000 ^{gK}	0,03 $\pm$ 0,0000 ^{eL}	0,02 $\pm$ 0,0009 ^{fL}
Şubat	0,03 $\pm$ 0,0000 ^{eL}	0,06 $\pm$ 0,0011 ^{aK}	0,02 $\pm$ 0,0000 ^{fL}	0,02 $\pm$ 0,0000 ^{gL}	0,05 $\pm$ 0,0009 ^{bI}	0,04 $\pm$ 0,0011 ^{dI}	0,04 $\pm$ 0,0000 ^{dI}	0,05 $\pm$ 0,0011 ^{cK}	0,04 $\pm$ 0,0000 ^{dI}
Mart	0,05 $\pm$ 0,0009 ^{fI}	0,09 $\pm$ 0,0019 ^{cH}	0,07 $\pm$ 0,0000 ^{gG}	0,11 $\pm$ 0,0011 ^{aF}	0,07 $\pm$ 0,0009 ^{dG}	0,11 $\pm$ 0,0018 ^{bF}	0,05 $\pm$ 0,0000 ^{hH}	0,05 $\pm$ 0,0009 ^{eH}	0,05 $\pm$ 0,0000 ^{fH}
Nisan	0,24 $\pm$ 0,0000 ^{cC}	0,29 $\pm$ 0,0011 ^{bD}	0,15 $\pm$ 0,0009 ^{hD}	0,19 $\pm$ 0,0009 ^{gC}	0,34 $\pm$ 0,0000 ^{aA}	0,23 $\pm$ 0,0000 ^{dA}	0,10 $\pm$ 0,0000 ^{iD}	0,20 $\pm$ 0,0000 ^{fD}	0,21 $\pm$ 0,0009 ^{eC}
Mayıs	0,06 $\pm$ 0,0000 ^{gG}	0,24 $\pm$ 0,0009 ^{aE}	0,04 $\pm$ 0,0009 ^{hI}	0,11 $\pm$ 0,0015 ^{cG}	0,07 $\pm$ 0,0024 ^{fH}	0,08 $\pm$ 0,0000 ^{eG}	0,01 $\pm$ 0,0011 ^{iL}	0,08 $\pm$ 0,0009 ^{dG}	0,13 $\pm$ 0,0000 ^{bE}
ABCDEFGHIKL Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05). abcdefghi Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).									

Çizelge 4.11. Tortum Çayı ve kollarında toplam ortofosfat derişiminin aylara ve istasyonlara bağı değişimi (Ortalama $\pm$ Standart sapma, mg/L) (n=4).

İSTASYONLAR									
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Haziran	5,67±0,0000 ^{aD}	3,33±0,0000 ^{dF}	3,08±0,1667 ^{eB}	3,92±0,1667 ^{cD}	4,33±0,0000 ^{bC}	2,33±0,0000 ^{fC}	3,33±0,0000 ^{dB}	4,00±0,0000 ^{cB}	1,00±0,0000 ^{gC}
Temmuz	3,58±0,1667 ^{bE}	9,33±0,2722 ^{aD}	2,33±0,0000 ^{dC}	2,08±0,1667 ^{eF}	2,67±0,0000 ^{cE}	2,67±0,0000 ^{cC}	1,33±0,0000 ^{fE}	2,50±0,1925 ^{cE}	1,00±0,0000 ^{gC}
Eylül	5,67±0,0000 ^{bD}	8,92±0,5693 ^{aD}	3,17±0,1925 ^{eB}	5,17±0,4303 ^{cC}	2,33±0,0000 ^{fE}	1,42±0,1667 ^{gC}	1,00±0,0000 ^{hF}	3,67±0,0000 ^{dC}	0,83±0,1925 ^{hD}
Ekim	7,83±0,4303 ^{bC}	8,92±0,3191 ^{aD}	3,17±0,1925 ^{cB}	1,92±0,1667 ^{eF}	3,08±0,1667 ^{cD}	2,42±0,1667 ^{dD}	1,67±0,0000 ^{eD}	2,42±0,1667 ^{dE}	0,67±0,0000 ^{fE}
Kasım	4,00±0,0000 ^{aE}	2,00±0,0000 ^{bG}	1,67±0,0000 ^{cE}	1,58±0,1667 ^{cG}	1,50±0,1925 ^{cF}	1,42±0,1667 ^{dC}	1,33±0,0000 ^{dE}	2,00±0,0000 ^{bE}	0,67±0,0000 ^{eE}
Aralık	0,92±0,1667 ^{aF}	0,67±0,0000 ^{bH}	0,67±0,0000 ^{bF}	0,67±0,0000 ^{bH}	0,33±0,0000 ^{dG}	0,00±0,0000 ^{eG}	0,00±0,0000 ^{eH}	0,58±0,1667 ^{cF}	0,00±0,0000 ^{eH}
Ocak	3,67±0,2722 ^{aE}	2,42±0,6310 ^{bG}	0,17±0,1925 ^{eG}	1,42±0,1667 ^{cG}	1,33±0,2722 ^{cF}	0,42±0,1667 ^{dF}	0,58±0,1667 ^{dG}	0,33±0,0000 ^{dG}	0,33±0,0000 ^{dG}
Şubat	8,83±0,4303 ^{aB}	5,58±0,1667 ^{bE}	2,00±0,4714 ^{dD}	2,00±0,0000 ^{dF}	2,33±0,0000 ^{cE}	1,67±0,0000 ^{eC}	1,33±0,0000 ^{fE}	1,33±0,0000 ^{fF}	0,00±0,0000 ^{gH}
Mart	14,63±0,3733 ^{cA}	29,14±0,6857 ^{aA}	10,17±0,4377 ^{eA}	9,94±0,4377 ^{eB}	16,00±0,6465 ^{bA}	12,23±1,0136 ^{dA}	4,80±0,2639 ^{fA}	5,03±0,0000 ^{fA}	2,51±0,2639 ^{gB}
Nisan	7,75±0,1667 ^{dC}	14,67±0,0000 ^{aB}	1,67±0,0000 ^{gE}	10,67±0,2722 ^{cA}	12,33±0,0000 ^{bB}	7,17±0,1925 ^{eB}	0,00±0,0000 ^{hH}	0,33±0,0000 ^{fG}	0,50±0,1925 ^{fF}
Mayıs	7,75±0,4194 ^{bC}	12,33±0,0000 ^{aC}	3,00±0,0000 ^{cB}	3,33±0,0000 ^{cE}	2,67±0,0000 ^{dE}	2,17±0,1925 ^{eC}	2,58±0,1667 ^{dC}	3,33±0,0000 ^{cD}	3,00±0,0000 ^{cA}
ABCDEFGHIKL Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05). abcdefghı Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).									

Çizelge 4.12. Tortum Çayı ve kollarında toplam fosfor derişiminin aylara ve istasyonlara bağı değışimi (Ortalama $\pm$ Standart sapma, mg/L) (n=4).

İSTASYONLAR									
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Haziran	0,13±0,0000 ^{aD}	0,09±0,0000 ^{bG}	0,08±0,0107 ^{cA}	0,07±0,0000 ^{dE}	0,07±0,0000 ^{dE}	0,06±0,0000 ^{eD}	0,08±0,0000 ^{cA}	0,09±0,0000 ^{bB}	0,03±0,0000 ^{fB}
Temmuz	0,11±0,0000 ^{bF}	0,09±0,0000 ^{dH}	0,06±0,0041 ^{fB}	0,09±0,0000 ^{cC}	0,13±0,0000 ^{aB}	0,09±0,0000 ^{dB}	0,04±0,0000 ^{gC}	0,07±0,0000 ^{eD}	0,03±0,0000 ^{hB}
Eylül	0,18±0,0041 ^{bB}	0,24±0,0058 ^{aC}	0,08±0,0000 ^{dA}	0,11±0,0000 ^{cB}	0,06±0,0000 ^{eF}	0,06±0,0000 ^{fD}	0,04±0,0000 ^{gC}	0,11±0,0000 ^{cA}	0,02±0,0000 ^{hD}
Ekim	0,18±0,0000 ^{aB}	0,14±0,0000 ^{bE}	0,08±0,0041 ^{cA}	0,07±0,0000 ^{dE}	0,05±0,0000 ^{gG}	0,06±0,0000 ^{fD}	0,04±0,0000 ^{hD}	0,06±0,0000 ^{eE}	0,02±0,0000 ^{iD}
Kasım	0,08±0,0036 ^{aH}	0,04±0,0000 ^{dK}	0,03±0,0000 ^{eE}	0,08±0,0000 ^{aD}	0,04±0,0000 ^{cH}	0,05±0,0000 ^{bE}	0,04±0,0000 ^{cC}	0,04±0,0036 ^{cG}	0,03±0,0041 ^{fC}
Aralık	0,00±0,0000 ^{eK}	0,01±0,0000 ^{bD}	0,00±0,0000 ^{eF}	0,00±0,0000 ^{eI}	0,01±0,0000 ^{cK}	0,01±0,0036 ^{dF}	0,01±0,0000 ^{cE}	0,01±0,0000 ^{bH}	0,02±0,0036 ^{aE}
Ocak	0,05±0,0036 ^{aI}	0,05±0,0000 ^{bI}	0,00±0,0000 ^{dF}	0,01±0,0000 ^{cH}	0,00±0,0000 ^{dL}	0,01±0,0000 ^{cG}	0,00±0,0000 ^{dF}	0,01±0,0000 ^{cI}	0,00±0,0000 ^{dG}
Şubat	0,14±0,0000 ^{aC}	0,09±0,0090 ^{bG}	0,04±0,0000 ^{eD}	0,04±0,0000 ^{cG}	0,04±0,0000 ^{eI}	0,06±0,0000 ^{dD}	0,04±0,0000 ^{eD}	0,06±0,0000 ^{dF}	0,01±0,0000 ^{fF}
Mart	0,114±0,0000 ^{bE}	0,123±0,004 ^{aF}	0,032±0,004 ^{fD}	0,061±0,004 ^{eF}	0,089±0,007 ^{cC}	0,088±0,004 ^{cB}	0,041±0,0,007 ^{dC}	0,045±0,004 ^{dG}	0,013±0,004 ^{gE}
Nisan	0,22±0,0058 ^{cA}	0,57±0,0068 ^{aA}	0,05±0,0000 ^{eC}	0,22±0,0068 ^{cA}	0,31±0,0090 ^{bA}	0,21±0,0058 ^{dA}	0,01±0,0000 ^{fE}	0,01±0,0000 ^{fI}	0,01±0,0041 ^{fE}
Mayıs	0,10±0,0000 ^{bG}	0,27±0,0000 ^{aB}	0,06±0,0036 ^{gB}	0,07±0,0000 ^{dE}	0,08±0,0000 ^{cD}	0,08±0,0041 ^{eC}	0,07±0,0036 ^{fB}	0,08±0,0000 ^{cC}	0,10±0,0000 ^{bA}
ABCDEFGHIKL Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05). abcdefghi Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).									

Çizelge 4.13. Tortum Çayı ve kollarında demir derişiminin aylara ve istasyonlara bağı değışimi (Ortalama ± Standart sapma, mg/L) (n=4).

İSTASYONLAR									
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Haziran	0,01±0,0000 ^{hF}	0,01±0,0000 ^{gl}	0,03±0,0000 ^{fl}	0,05±0,0000 ^{eH}	0,12±0,0000 ^{bE}	0,12±0,0008 ^{cE}	0,09±0,0000 ^{dC}	0,14±0,0000 ^{aA}	0,03±0,0000 ^{fE}
Temmuz	0,01±0,0001 ^{IG}	0,75±0,0009 ^{bA}	0,23±0,0000 ^{eD}	0,48±0,0000 ^{cB}	1,12±0,0008 ^{aA}	0,39±0,0000 ^{dC}	0,08±0,0026 ^{gD}	0,08±0,0000 ^{fE}	0,06±0,0008 ^{hD}
Eylül	0,10±0,0000 ^{fD}	0,43±0,0008 ^{bD}	0,11±0,0000 ^{dF}	0,45±0,0000 ^{aC}	0,11±0,0000 ^{eE}	0,25±0,0000 ^{cD}	0,03±0,0000 ^{IG}	0,07±0,0000 ^{gE}	0,06±0,0000 ^{hD}
Ekim	0,21±0,0000 ^{eB}	0,36±0,0009 ^{cE}	0,42±0,0009 ^{bB}	0,45±0,0009 ^{aC}	0,01±0,0000 ^{gH}	0,25±0,0000 ^{dD}	0,08±0,0000 ^{fD}	0,01±0,0001 ^{gl}	0,00±0,0000 ^{hF}
Kasım	0,08±0,0537 ^{cE}	0,14±0,0439 ^{aG}	0,08±0,0203 ^{cG}	0,11±0,0100 ^{bG}	0,11±0,0370 ^{bE}	0,13±0,0655 ^{aE}	0,03±0,0054 ^{eG}	0,03±0,0077 ^{fG}	0,05±0,0220 ^{dD}
Aralık	0,02±0,0000 ^{cF}	0,01±0,0000 ^{fl}	0,02±0,0008 ^{dK}	0,02±0,0008 ^{eK}	0,02±0,0008 ^{dG}	0,03±0,0000 ^{bF}	0,03±0,0000 ^{aG}	0,03±0,0000 ^{bG}	0,03±0,0000 ^{bE}
Ocak	0,09±0,0000 ^{dD}	0,13±0,0000 ^{bG}	0,06±0,0000 ^{eH}	0,14±0,0008 ^{aF}	0,06±0,0008 ^{eF}	0,12±0,0008 ^{cE}	0,05±0,0000 ^{fF}	0,04±0,0000 ^{hF}	0,04±0,0000 ^{gD}
Şubat	0,12±0,0000 ^{aC}	0,12±0,0000 ^{aH}	0,03±0,0009 ^{dI}	0,03±0,0009 ^{cI}	0,03±0,0000 ^{eG}	0,11±0,0009 ^{bE}	0,02±0,0000 ^{gH}	0,02±0,0008 ^{fH}	0,01±0,0000 ^{hF}
Mart	0,20±0,0008 ^{hB}	0,46±0,0008 ^{bC}	0,25±0,0000 ^{fC}	0,37±0,0000 ^{dD}	0,38±0,0000 ^{cC}	0,60±0,0008 ^{aB}	0,31±0,0008 ^{eA}	0,09±0,0000 ^{iD}	0,22±0,0000 ^{gB}
Nisan	0,26±0,0008 ^{fA}	0,71±0,0009 ^{dB}	0,41±0,0028 ^{eA}	1,08±0,0008 ^{aA}	1,03±0,0008 ^{bB}	0,84±0,0009 ^{cA}	0,11±0,0000 ^{iB}	0,11±0,0000 ^{hC}	0,17±0,0000 ^{gC}
Mayıs	0,13±0,0000 ^{gC}	0,39±0,0000 ^{aF}	0,14±0,0000 ^{eE}	0,15±0,0000 ^{dE}	0,31±0,0008 ^{bD}	0,12±0,0000 ^{hE}	0,06±0,0008 ^{iE}	0,14±0,0000 ^{fB}	0,31±0,0008 ^{cA}
ABCDEFGHIKL Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05). abcdefghi Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).									

Çizelge 4.14. Tortum Çayı ve kollarında silikat derişiminin aylara ve istasyonlara bağı değışimi (Ortalama ± Standart sapma, mg/L) (n=4).

İSTASYONLAR									
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Haziran	1,84±1,2536 ^{bc}	3,45±0,0014 ^{aA}	3,57±0,0020 ^{aA}	3,23±0,0014 ^{aB}	3,12±0,0000 ^{aB}	2,62±0,0013 ^{aD}	3,42±0,0013 ^{aA}	3,08±0,0000 ^{aB}	2,25±0,0000 ^{bA}
Temmuz	3,23±0,0013 ^{aA}	2,91±0,0013 ^{fd}	3,12±0,0013 ^{eB}	3,16±0,0013 ^{dD}	3,22±0,0013 ^{bA}	2,54±0,0032 ^{gF}	3,17±0,0013 ^{cB}	2,50±0,0013 ^{hD}	2,06±0,0013 ^{iC}
Eylül	3,08±0,0000 ^{bA}	2,70±0,0038 ^{dE}	3,06±0,0068 ^{cC}	3,22±0,0024 ^{aC}	2,67±0,0013 ^{fE}	2,58±0,0024 ^{gE}	2,64±0,0000 ^{eF}	2,31±0,0000 ^{hG}	1,94±0,0000 ^{iF}
Ekim	2,57±0,0000 ^{aB}	2,37±0,0000 ^{cl}	2,52±0,0013 ^{bH}	2,03±0,0013 ^{eL}	2,29±0,0000 ^{dH}	2,03±0,0000 ^{eH}	2,03±0,0046 ^{eK}	1,68±0,0056 ^{fK}	1,21± 0,0024 ^{gL}
Kasım	2,94±0,0025 ^{aB}	2,63±0,0013 ^{bF}	2,61±0,0013 ^{cG}	2,50±0,0000 ^{eG}	1,70±0,0150 ^{gL}	1,55±0,0076 ^{hL}	2,52±0,0000 ^{dH}	2,52±0,0015 ^{dC}	1,97±0,0000 ^{fd}
Aralık	2,40±0,0000 ^{bB}	1,73±0,0021 ^{fK}	2,24±0,0043 ^{dK}	2,27±0,0015 ^{cK}	1,73±0,0013 ^{fK}	1,96±0,0015 ^{eK}	2,28±0,0015 ^{al}	1,63±0,0038 ^{gL}	1,22±0,0015 ^{hK}
Ocak	3,84±0,0032 ^{aA}	3,01±0,0054 ^{cC}	2,84±0,0000 ^{fE}	2,81±0,0013 ^{gE}	2,98±0,0032 ^{dC}	2,88±0,0025 ^{EB}	3,06±0,0013 ^{bC}	2,32±0,0000 ^{hF}	1,86±0,0000 ^{iG}
Şubat	2,89±0,0013 ^{bB}	2,60±0,0013 ^{cG}	2,28±0,0013 ^{fl}	2,45±0,0015 ^{dH}	1,88±0,0000 ^{gI}	3,62±0,0013 ^{aA}	1,86±0,0000 ^{hL}	2,36±0,0000 ^{eE}	1,68±0,0013 ^{iH}
Mart	2,44±0,0013 ^{bB}	1,87±0,0021 ^{hL}	2,09±0,0000 ^{gL}	2,38±0,0015 ^{dl}	2,39±0,0013 ^{cF}	2,13±0,0000 ^{eG}	2,56±0,0013 ^{aG}	2,10±0,0013 ^{fl}	1,33±0,0013 ^{il}
Nisan	2,71±0,0248 ^{fB}	3,22±0,0046 ^{bB}	2,90±0,0024 ^{eD}	3,39±0,0043 ^{aA}	2,95±0,0013 ^{dD}	2,65±0,0013 ^{gC}	2,71±0,0014 ^{fd}	3,13±0,0014 ^{cA}	2,13±0,0014 ^{hB}
Mayıs	3,31±0,0020 ^{aA}	2,51±0,0000 ^{eH}	2,74±0,0013 ^{bF}	2,63±0,0013 ^{dF}	2,32±0,0013 ^{IG}	1,97±0,0014 ^{hl}	2,69±0,0014 ^{cE}	2,20±0,0013 ^{gH}	1,95±0,0024 ^{iE}
ABCDEFGHIKL Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05). abcdefghi Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).									

Çizelge 4.15. Tortum Çayı ve kollarında sülfat derişiminin aylara ve istasyonlara bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ Standart sapma, mg/L) (n=4).

İSTASYONLAR									
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Haziran	39,93 $\pm$ 0,0000 ^{bF}	82,27 $\pm$ 0,0000 ^{aB}	12,78 $\pm$ 0,0000 ^{fK}	20,34 $\pm$ 0,0000 ^{dH}	20,62 $\pm$ 0,0000 ^{cG}	13,33 $\pm$ 0,0000 ^{eH}	7,08 $\pm$ 0,0000 ^{hI}	6,67 $\pm$ 0,0000 ^{iD}	9,62 $\pm$ 0,0000 ^{gF}
Temmuz	38,71 $\pm$ 0,0798 ^{bG}	90,52 $\pm$ 0,1499 ^{aA}	13,46 $\pm$ 0,0317 ^{eI}	10,97 $\pm$ 0,0000 ^{fK}	15,48 $\pm$ 0,1158 ^{dI}	18,04 $\pm$ 0,0366 ^{cE}	10,88 $\pm$ 0,0366 ^{fF}	7,77 $\pm$ 0,0366 ^{hB}	10,50 $\pm$ 0,0366 ^{gE}
Eylül	34,80 $\pm$ 0,1201 ^{bI}	69,86 $\pm$ 0,1214 ^{aC}	16,00 $\pm$ 0,0607 ^{gH}	21,56 $\pm$ 0,0000 ^{eG}	31,19 $\pm$ 0,0951 ^{cA}	26,38 $\pm$ 0,0518 ^{dA}	16,81 $\pm$ 0,0000 ^{fA}	13,00 $\pm$ 0,0000 ^{iA}	15,65 $\pm$ 0,0317 ^{hA}
Ekim	35,49 $\pm$ 0,0819 ^{cH}	66,20 $\pm$ 0,0607 ^{aC}	24,62 $\pm$ 0,0317 ^{eE}	40,58 $\pm$ 0,0317 ^{bC}	29,32 $\pm$ 0,0317 ^{dC}	22,72 $\pm$ 0,0607 ^{fB}	13,03 $\pm$ 0,0366 ^{hC}	7,83 $\pm$ 0,0366 ^{iB}	15,71 $\pm$ 0,0317 ^{gA}
Kasım	41,72 $\pm$ 0,1668 ^{bC}	88,35 $\pm$ 0,1370 ^{aA}	26,15 $\pm$ 0,0317 ^{eD}	37,74 $\pm$ 0,0000 ^{cD}	29,48 $\pm$ 0,0317 ^{dB}	19,36 $\pm$ 0,0317 ^{fC}	11,58 $\pm$ 0,7424 ^{gE}	4,85 $\pm$ 0,0366 ^{iG}	10,50 $\pm$ 0,0366 ^{hE}
Aralık	43,86 $\pm$ 0,0366 ^{bA}	92,11 $\pm$ 12,4965 ^{aA}	28,73 $\pm$ 0,0518 ^{cC}	40,96 $\pm$ 0,0317 ^{bB}	26,45 $\pm$ 0,0518 ^{cD}	16,52 $\pm$ 0,0366 ^{dG}	12,70 $\pm$ 0,0317 ^{dD}	4,53 $\pm$ 0,0366 ^{eH}	12,10 $\pm$ 0,0607 ^{dB}
Ocak	41,37 $\pm$ 0,0798 ^{bD}	78,14 $\pm$ 0,1867 ^{aB}	32,93 $\pm$ 0,0607 ^{dB}	41,07 $\pm$ 0,0634 ^{cA}	29,54 $\pm$ 0,0317 ^{eB}	18,30 $\pm$ 0,0634 ^{fD}	15,36 $\pm$ 0,0607 ^{gB}	4,50 $\pm$ 0,0000 ^{iH}	10,48 $\pm$ 0,0317 ^{hE}
Şubat	40,26 $\pm$ 0,0344 ^{bE}	62,30 $\pm$ 0,1190 ^{aD}	22,82 $\pm$ 0,0561 ^{dF}	34,93 $\pm$ 0,0344 ^{cE}	22,56 $\pm$ 0,0658 ^{eE}	5,34 $\pm$ 0,0658 ^{iL}	10,24 $\pm$ 0,0000 ^{gG}	5,50 $\pm$ 0,0000 ^{hF}	11,29 $\pm$ 0,0658 ^{fD}
Mart	42,46 $\pm$ 0,0658 ^{bB}	61,82 $\pm$ 0,1190 ^{aD}	16,87 $\pm$ 0,2541 ^{eG}	30,70 $\pm$ 0,0344 ^{cF}	19,59 $\pm$ 0,1485 ^{dH}	11,60 $\pm$ 0,0658 ^{gI}	3,66 $\pm$ 0,0344 ^{iK}	6,98 $\pm$ 0,1316 ^{hC}	11,72 $\pm$ 0,0687 ^{fC}
Nisan	31,03 $\pm$ 0,0397 ^{cK}	50,45 $\pm$ 0,3764 ^{aE}	36,17 $\pm$ 0,2882 ^{bA}	18,69 $\pm$ 0,0972 ^{eI}	22,25 $\pm$ 0,1174 ^{dF}	16,74 $\pm$ 0,0397 ^{fF}	8,02 $\pm$ 0,0344 ^{hH}	5,81 $\pm$ 0,0887 ^{iE}	8,81 $\pm$ 0,0344 ^{gG}
Mayıs	26,22 $\pm$ 0,0397 ^{bL}	64,38 $\pm$ 0,0658 ^{aD}	8,87 $\pm$ 0,0000 ^{cL}	8,93 $\pm$ 0,0000 ^{cL}	8,76 $\pm$ 0,0397 ^{dK}	8,13 $\pm$ 0,0344 ^{fK}	1,68 $\pm$ 0,0687 ^{hL}	1,94 $\pm$ 0,0865 ^{gI}	8,47 $\pm$ 0,0344 ^{eH}
ABCDEFGHIKL Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05). abcdefghi Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).									

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırma ile Tortum Çayı ve kollarında, akarsuyun bazı fiziko-kimyasal (su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH, askıda katı madde, toplam sertlik, kalsiyum sertliği, alkalinite, bakır, azot ve fosfor fraksiyonları, demir, silikat ve sülfat konsantrasyonları) parametreleri araştırılmıştır.

Bu Araştırma süresinde su sıcaklığı değerleri 2,30°C ile 22,60°C arasında olduğu saptanmıştır. Kıvrak ve Gürbüz (2010), 2005-2006 yılları arasında Tortum Çayı'nda su sıcaklığı değerlerini 1,6°C ile 18,5°C arasında tespit etmişlerdir. Bu farklılığın nedeni olarak akarsularda su sıcaklığının yüksekliğe, iklim, atmosfer şartlarına, akıntı hızına ve nehir yatağının yapısına göre değiştiği söylenebilir. Ayrıca akarsu yatağında gölge yapan bitkilerin bulunması, akarsu önünde oluşabilecek setler, soğuk su karışımları ve akarsu içine akan yer altı sularının su sıcaklığının değişmesinde etkili olduğu belirtilmiştir (Anonymous 1997).

Araştırma periyodu boyunca, Tortum Çayı'nda en düşük su sıcaklığı Aralık ayında 8. istasyonda (2. Kol) (2,30°C), en yüksek sıcaklık ise Temmuz ayında (22,60°C) 9. istasyonda (3. Kol) ölçülmüştür. Su sıcaklığının düşük olması, çalışma sahasının rakımının yüksek olmasıyla açıklanabilir. Townsend (1980)'da, akarsu suyunun sıcaklığının üst akarsu bölgesinden alt akarsu bölgesine doğru gidildikçe azaldığını bildirmiştir. Jonnalagadda ve Mhere (2001)'da, Odzi Nehri üzerinde yaptıkları çalışmada su sıcaklığının mevsimler ve rakıma bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir.

Tortum Çayı ve kollarında yürütülen bu çalışmada su sıcaklığı değeri Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre sıcaklık parametresi 25°C 'den düşük olması her istasyon I.sınıf su kalitesine sahip olduğunu göstermektedir (Anonim 2004).

Çözünmüş oksijenin suda varlığı, sucul hayatın devamı ve suyun kalitesi açısından temel öneme sahiptir. Bundan dolayı, oksijen en çok kullanılan su kalite parametresidir. Araştırma süresinde çözünmüş oksijen değerlerinin 6,04 ile 17,06 mg/L arasında olduğu saptanmıştır. Araştırma periyodu boyunca, Tortum Çayı'nda çözünmüş oksijen 6. istasyonda Temmuz ayında (6,04°C) en düşük, en yüksek Aralık ayında (17,06 mg/L) ölçülmüştür. Bunun sebepleri olarak çözünmüş ve askıdaki katı maddenin yüksek seviyelerde biyolojik ve kimyasal oksijen ihtiyacını arttırdığını ve buda çözünmüş oksijen seviyesini düşürdüğü bildirilmiştir (Jonnalagadda and Mhere 2001; Hem 1985). Bunun yanı sıra çözünmüş oksijen değeri, akarsularda mevsimsel, aylık, günlük ve hatta gece gündüz periyodunda değişiklikler meydana geldiğini bildirmişlerdir (Webb and Walling 1992).

Bu çalışmada 6,04 ile 17,06 mg/L arasında ölçülmüştür. Kıvrak ve Gürbüz (2010) Tortum Çay'ında yürüttükleri araştırmada ise çözünmüş oksijen değerlerini 6,2 ile 13,2 mg/L arasında tespit etmişlerdir. Araştırmada süresince 6. istasyonda dere yatağı içerisinden çekilen dere kumu nedeniyle dere yatağı değişmekte, akış hızı artmakta ve bu da çözünmüş oksijen değerinin artmasına neden olduğu tahmin edilmektedir.

Tortum Çayı ve kollarında araştırma çözünmüş oksijen parametresi Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre 8 mg/L'den büyük olduğu için I. sınıf su kalitesine sahiptir (Anonim, 2004).

Tortum Çayı ve kollarına ait aylık ortalama akım değerleri DSİ Erzurum Bölge Müdürlüğünden alınmış olup en yüksek değer, Mayıs ayında (21,90 m³/sn), en düşük değer Temmuz ayında (4,37 m³/sn) olarak tespit etmişlerdir. Bir akarsuyun akımı, akarsu havzasının yapısı, jeolojisi, bölgenin coğrafik ve klimatolojik özellikleriyle doğrudan ilişkilidir (Bartram and Ballance 1996). Akımın mevsimlere bağlı olarak değiştiğini ve çoğu akarsu için akımın en düşük olduğu ayları ağustos ve eylül olarak bildirmişlerdir (Anonymous 1997).

Moore and Miner (1997), genel olarak su hacmi az olan akarsulardaki sıcaklık değişimlerinin, su hacmi fazla olan akarsulara göre daha hızlı olduğunu ve özellikle yaz aylarında azalan akıma bağlı olarak su sıcaklıklarının daha hızlı arttığını bildirmişlerdir. Sinokrot and Gulliver (2000), Platte Nehri'nde su sıcaklığı ile su akımı arasında açık bir ilişkinin bulunduğunu, özellikle yaz aylarında düşük akarsu akışlarının yüksek su sıcaklıkları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Araştırma süresinde toplam askıda katı madde değerlerinin 0,73 ile 9,97 mg/L arasında olduğu saptanmıştır. Araştırma periyodu boyunca, ortalama askıda katı madde değeri (3,85 mg/L) düşük bulunmuştur. Sulardaki toplam askıda katı maddeler doğal kaynaklardan, evsel-endüstriyel atık sulardan ve tarımsal alanlardan kaynaklanır. Toplam askıda katı madde miktarının yüzey suları için 5 mg/L olması gerektiğini bildirilmiştir (Anonymous 1997).

Bu çalışmada, 6., 8. (2.kol) ve 9. istasyonlarda (3.kol) askıda katı madde değerleri sırasıyla 9,80 mg/L, 6,36 mg/L ve 9,97 mg/L bulunmuştur. Walling and Webb (1986), akarsularla taşınan askıda katı madde yükünün büyük bir kısmının su, kaya ve toprak mineralleri arasındaki kimyasal reaksiyonlardan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Buna bağlı olarak, 8. ve 9. istasyon üzerinde HES baraj inşasının olması, 6. istasyonda ise dere kumu şantiyesinin bulunması bu istasyonlarda askıda katı maddenin fazla olmasını açıklayabilir.

Hem (1985), genel olarak kirlenmemiş bölgelerdeki akarsuların pH aralıklarının 6,5-8,5 arasında olduğunu ve gece oksidasyon yoluyla organizmaların ortama verdiği karbondioksit ve gün boyunca çözünmüş karbondioksitin akuatik organizmalar tarafından fotosentezde kullanılması sonucu pH da iniş çıkışlar meydana gelebileceğini ifade etmişlerdir. Araştırma süresinde pH değerlerinin 7,96 ile 9,80 arasında olduğu saptanmıştır. Araştırma periyodu boyunca, Tortum Çayı'nda en düşük pH değeri Haziran ayında 1. istasyonda (7,96), en yüksek ise Mart ayında (9,80) 8. istasyonda (2.kol) ölçülmüştür.

Tortum Çayı ve kollarında yürütülen bu araştırmada havza yapısının tektonik hareketler sonucu oluşmuş olması ve yağış oranının yüksek olması sebebiyle ortalama pH değeri 8,73 olarak bulunmuştur. Kıvrak ve Gürbüz, (2010)'da Tortum Çayı'nda yürütmüş oldukları araştırmada ise pH değerlerini 7,3 ile 8,2 arasında tespit etmişlerdir. Hauraki (2003), suyun pH'sının önemli ölçüde akarsu havzasının toprak yapısı ve jeolojisinin belirlediğini, akarsu havzasının jeolojisine bağlı olarak akarsularda pH'ın genellikle 6,0 ile 9,0 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Tortum Çayı ve kollarında yürütülen bu araştırmada pH parametresi Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre 6,0-9,0 aralığında olduğu için III. sınıf su kalitesine sahiptir (Anonim 2004).

Araştırma süresinde alkalinite değerlerinin 20 ile 360 mg/L CaCO_3 arasında olduğu saptanmış olup, Tortum Çayı'nda en düşük alkalinite değeri (20 mg/L CaCO_3), en yüksek ise Ekim ayında (360 mg/L) 8. istasyonda (2.kol) ve 5.istasyonda hesaplanmıştır. Yadav and Rajesh (2011), Kosi Nehri'nde yürüttükleri araştırmada alkalinite değerlerini en yüksek 516 ppm ve en düşük 154 ppm olarak tespit etmişlerdir. Başka bir araştırmada ise Netto *et al.* (2013)'de Poxim Nehri'nde ortalama alkalinite değerini 204,22 mg/L CaCO_3 olarak belirlemişlerdir.

Araştırma periyodu boyunca ortalama toplam sertlik değeri 149,02 mg CaCO_3 /L olarak tespit edilmiştir. Peavy *et al.* (1985), suları sertlik derecesine göre 50 mg CaCO_3 /L den küçük olan suların yumuşak, 50-150 mg CaCO_3 /L arasında olan suların orta sert, 150-300 mg CaCO_3 /L arasında olan suların sert ve 300 mg CaCO_3 /L'den büyük olan suların ise çok sert su sınıfına girdiğini belirtmiştir. Tortum Çayı orta sert sınıf sulara girmektedir.

Doğal sulara sülfatın girişi bölgesel litoloji, sülfat içeren gübreler ve atmosferik yağışlarla olmaktadır. Ayrıca sülfattan sülfat veya serbest sülfürü içeren toprakların ve taşların jeokimyasal aşınması boyunca serbest kalmaktadır (Wetzel 2001; Allen 1995).

Erzurum'un Tortum İlçesi çok yağış alan bir bölge olup yaylalarda besicilik yapılmaktadır.

Allan (1995), dünya nehirlerinin ortalama sülfat konsantrasyonunu insan aktiviteleri tarafından etkilenmiş nehir sularında 11.5 mg/L, kirlenmemiş nehir sularında ise 8.3 mg/L olduğunu ifade etmiştir. Yaptığımız çalışmadaki sülfat değerlerinin dünya nehirlerinin ortalama sülfat konsantrasyonundan yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tortum Çayı ve kollarında yürütülen bu çalışmada en düşük sülfat konsantrasyonu $1,68 \pm 0,0687$ mg/L, en yüksek konsantrasyonu $92,11 \pm 12,4965$ mg/L bulunmuştur. Kıvrak ve Gürbüz (2010)'da Tortum Çayı'nda araştırma süresi içinde sülfatın ortalama değerini 8,85 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Kürk Çayı'nda yürütülen bir çalışmada ise en düşük sülfat konsantrasyonunu 13.7 mg/L, en yüksek sülfat konsantrasyonunu ise 39.6 mg/L olarak tayin etmişler ve ortalama sülfat konsantrasyonunu 25.7 mg/L olarak hesaplamışlardır (Şen vd. 1999).

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri değerlendirildiğinde Tortum Çayı ve kolları sülfat bakımından I. sınıf su kalitesine girmektedir (Anonim 2004).

Amonyak sularda çözünmüş amonyak ve amonyum iyonlarından oluşur. Doğal sulardaki amonyak derişimleri genellikle 0,1 mg/L'den azdır. Atıksularda ise 30 mg/L'den yüksek derişimlere rastlanabilir. Yer altı sularındaki amonyak derişimi genellikle düşüktür. Bu nedenle balıkçılık yapılan sularda amonyak için tolerans sınırı 0,10 mg/L'dir. Araştırma süresince en düşük amonyak değeri $0,02 \pm 0,0004$ mg/L, en yüksek amonyak değeri $0,88 \pm 0,0074$ mg/L olarak tespit edilmiştir.

Araştırma periyodu boyunca nitrit değeri en yüksek $1,47 \pm 0,0396$ mg/L, en düşük $0,03 \pm 0,0000$ mg/L olarak hesaplanmıştır. Newbold (1992), kirlenmemiş nehirlerde nitrit değerinin 1 µg/L olduğunu bildirmiştir.

Tortum Çayı ve kollarında yürütülen bu çalışmada ortalama nitrit değeri 0,33 mg/L olarak hesaplanmıştır. Koçer (2001), Kürk Çayı'nda en düşük nitrit azotu

konsantrasyonunu 2,8 µg/L olarak kasım ayında, en yüksek nitrit azotu konsantrasyonunu 8,6 µg/L olarak şubat ayında tayin etmiş ve ortalama 6.1 µg/L olarak hesaplamıştır. Kıvrak ve Gürbüz (2010)'da Tortum Çayı'nda araştırma süresi içinde nitrit değerlerini 0,004 ile 0,76 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Tortum Çayındaki Değerlerin diğer alışmalardan yüksek olma sebebini ise kanalizasyon atıkları ve köylerden gelen evsel atıklara bağlayabiliriz.

Yüzey sularında 5 mg/L'den fazla nitrat içeriği kirlenme göstergesi olabilir. Yer altı sularında nitrat miktarı 450 mg/L'ye kadar çıkar. Azotlu gübrelerin kullanıldığı tarım alanlarında yer altı sularında nitrat derişimi 1000 mg/L'yi aşabilir. Kirlenmemiş nehirlerde ortalama nitrat konsantrasyonu 100 µg/L, amonyak ve nitrit konsantrasyonları ise 15µg/L ve 1µg/L dir (Calow and Petts 1994). Bu araştırmada nitrat değeri 0,14 mg/L olarak saptanmıştır.

Horne and Goldman (1994) ise, kirlenmemiş Kuzey Amerika nehirlerinde nitrat-azotu konsantrasyonunun 0,5-1,0 mg/L olarak saptandığını, genel olarak nehirlerde nitratın 0,003-7,00 mg/L arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Azotun nehirlerde partiküler formu %3 düzeyinde, çözünmüş fraksiyonları %97 düzeyinde bulunmaktadır. Eberhard and Larson (2000), nitratın nehir ve akarsularda topraktan, hayvan ve bitki atıklarından, atık sulardan ve gübrelerden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Araştırma süresi boyunca nitrat değeri en düşük 0,01±0,00 mg/L, en yüksek değeri 0,67±0,001 mg/L olarak hesaplanmıştır. Şen vd (1999), Kürk Çayı'nda nitrat değerlerinin 0-3,71 mg/L arasında değiştiğini ve ortalama değeri 0,7 mg/L olarak hesaplamıştır. Kıvrak ve Gürbüz, (2010)'da Tortum Çayı'nda araştırma süresi içinde nitrat değerlerini 0,1 ile 6,2 mg/L olarak tespit etmişlerdir.

Tortum Çayı ve kollarında yürütölen bu araştırmada ortalama toplam fosfor değeri 0,08±0,001 mg/L olarak tespit edilmiştir. Meybeck and Helmer (1989), kirlenmemiş nehirlerde ortalama reaktif fosfor konsantrasyonunu 0,01 mg/L olarak bildirmişlerdir.

Kara ve Çömlekçioğlu (2004), Karaçay'da fosfat miktarının 0,22-6,83 mg/L arasında değiştiğini tüm istasyonlarda fosfat kirliliğinin olduğunu ifade etmişlerdir.

Araştırma süresince en düşük toplam ortofosfat değeri ($0,00 \pm 0,0000$ mg/L) Aralık ayında 6., 7. ve 9. istasyonlarda saptanırken, en yüksek değeri ($29,14 \pm 0,6857$ mg/L) 2. istasyon Mart ayında saptanmıştır. Elberthard and Larson (2000), fosforun nehir ve akarsulara hayvan, insan ve bitki artıkları, gübreler, deterjanlar, toprak erozyonu ve şiddetli yüzey akışları ile girdiğini bildirmişlerdir.

Bu araştırmada ortalama toplam ortofosfat değeri 3,82 mg/L olarak hesaplanmıştır. Filtre edilmemiş tatlısu örneklerinde toplam fosfor konsantrasyonu organik fosfor konsantrasyonu ile hemen hemen eşit veya üzerinde olabilir (Wetzel and Likens 2001). Netto *et al.* (2013) Poxim Nehri'nin ortalama ortofosfat değeri 0,03 mg/L ve toplam fosfor değeri 0,25 mg/L olarak belirlemişlerdir. Kıvrak ve Gürbüz, 2005-2006 yılları arasında Tortum Çayında araştırma süresi içinde fosfat değerlerini 0,07 ile 0,256 mg/L arasında tespit etmişlerdir.

Araştırma süresi boyunca ortalama demir değeri 0,19 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çelik ve Pulatsü (2003)'de Yukarı Sakarya Nehri'nde toplam demir değerlerini 0,02-0,05 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Shin *et al.* (2013) Hackensack Nehri'nin demir değerini ortalama 0,38-2,08 mg/L olarak bulmuşlardır.

Bakır bütün canlılar için gerekli bir element olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarının birçok organizmayı olumsuz etkilediği bilinmektedir. Suların ve sedimentlerin bakır ile kontaminasyonunda en belirgin antropojenik kaynaklar tarımda kullanılan bakır bazlı gübreler ve fungusitler olarak belirlenmiştir (Oliveira-Filho *et al.* 2004). Bu araştırmada bakır değeri tespit edilmemiştir.

Tortum Çayı ve kollarında yürütülen bu araştırmada en düşük değeri $1,21 \pm 0,0024$ mg/L en yüksek silikat değeri ise $3,84 \pm 0,0032$ mg/L olarak hesaplanmıştır. Büyük nehirler ve

göllerde bahar aylarında alg çoğalması ile silikat konsantrasyonu azalmaktadır (Wetzel 2001).

Sonuç olarak, bu araştırmada çay üzerinde bulunan dört adet alabalık çiftliğinin, suyun fiziko-kimyasal parametreler üzerine olan etkisi havzadan gelen evsel atık, hayvansal orjinli gübre, hidro elektrik santrallerinin etkisinden daha az tespit edilmiştir. Tortum Çayı ve kolları, pH, nitrit ve toplam fosfor değerlerine göre kirli akarsular sınıfına girmektedir. Tortum Çayı ve kollarının sürdürülebilir kullanımı ve ekosistemin devamlılığı için,

1. Kollardan gelen evsel atıkların bir kanalizasyon sistemiyle toplanması; katı atıklar için bir depo veya toplama araçlarının temin edilmesi,
2. Tarım arazilerinde kullanılan organik gübrenin kullanımında halkın bilinçlendirilmesi,
3. Tortum Çayı üzerinde kurulmuş olan taş ocaklarının ve dere kumu çeken ocakların yetkililer tarafından kontrol altında tutulması,
4. Çay üzerinde ve kollarında kurulacak olan hidroelektrik santrallerinin etkilerinin doğru olarak tespit edilip, ekosisteme en az zararlı santrallerin inşa edilmesinin sağlanması önerilir.

7. KAYNAKLAR

- Alaş, A., ve Çil, O.Ş., 2002. Aksaray İline İçme Suyu Sağlayan Bazı Kaynaklarda Su Kalite Parametrelerinin incelenmesi, Ekoloji Çevre Dergisi, Sayı 42, 40-44.
- Allan, J.D., 1995. Stream Ecology Structure And Function Of Runnin Waters. Cluwer academic publishers, London, 388p.
- Anonim 1999. Türk Standardı. Su Kalitesi-Askıda Katı Maddelerin Tayini-Cam Süzgeçten Süzme Metodu. Ankara.
- Anonim 2004. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı, s. 1-55. Ankara.
- Anonim 2006. Çevre Durum Raporu, <http://csb>. Erişim tarihi: 05.06.2013.
- Anonim 2013a. Fosfor Döngüsü. <http://andersonapes.pbworks.com> Erişim Tarihi: 05.04.2013.
- Anonim 2013b. Azot Döngüsü. <http://www.ossbiyoloji.net> Erişim Tarihi: 05.04.2013.
- Anonim 2013c. Tortum Çayı. <http://www.uzundere.bel.tr/tortumcayi.html>. Erişim tarihi: 03.04.2013.
- Anonim 2013d. Toprak Su Kaynakları. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. Erişim Tarihi: 06.05.2013.
- Anonymous 1997. Volunteer Stream Monitoring: A Metholds Manual. United States Environmental Protection Agwncy (USEPA). Office of Water 4503F, Washington, EPA 841 B-97-003.
- Anonymous 1975. Standart methods for the examination of water and wastewater. John D. Ducas Co., p.1-1193, USA.
- APHA 1995. Su ve Atıksu Sınav için standart yöntemleri, 19. baskı. Amerikan Halk Sağlığı Birliği, Washington, DC.
- Arınç, K., 2003. Türkiye Coğrafyası Cilt 2, Erzurum: Coğrafya Serisi.
- Atabey, E., 2005. Tıbbi Jeoloji, TMMO Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 124-134.
- Atalay, İ., 1983. Türkiye Vejetasyon Coğrafyasına Giriş, İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No 19.
- Atalay, İ., Tetik, M., Yılmaz, Ö., 1985. Kuzey Doğu Anadolu'nun Ekosistemleri, Ormancılık Ar.
- Bakan, G., ve Şenel, B., 2000. Samsun Mert Irmağı-Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması, Turk J Engin Environ Sci 24, 135-141. Tubitak
- Bakan, G., ve Şener, B., 2000. Samsun Mert Irmağı-Karadeniz deşarjında yüzey sediman (Dip çamur) ve su kalite araştırması, Tübitak, 24, 135-141.
- Barlas, M., Yılmaz, F., İmamoğlu, Ö., ve Akkoyun, Ö., 2000. Yuvarlak Çay (Köyceğiz-Muğla) 'ın fizikokimyasal ve biyolojik yönden incelenmesi, su ürünleri sempozyumu, Sinop, 249- 265.
- Barlas, M., 1995. Akarsu Kirlenmesinin Biyolojik ve Kimyasal Yönden Değerlendirilmesi ve Kriterleri. In: Aras S ve ark. (eds), Doğu Anadolu Bölgesi I. (1993) ve II. (1995) Su Ürünleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, Haziran 1993-Haziran 1995, Erzurum, 465-479.
- Bartram, J., and Ballance, R., 1996. Water Quality Monitoring. Spon Pres, London, 383p.

- Bayraktar, İ., 2007. Mudurnu Deresi ve Kollarında Su Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bektaş, S., Yıldırım, A., Becer Özvarol, Z.A., 2011. Çoruh Havzası Farklı Alabalık Derelerinin Bazı Su Kalite Parametreleri Yönünden Karşılaştırılması, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 4 (1): 61-66.
- Benoit 1969. Geochemistry of Eutrophication. In. Eutrophication: Causes, Consequens, Correctives. National Academy of Science, Washington, USA. p. 614-630.
- Boran, M., ve Sivri, N., 2001. Trabzon (Türkiye) il sınırları içerisinde bulunan Solaklı ve Sürmene Dereleri'nde nutrient ve askıda katı madde yüklerinin belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18 (3-4), 343-348.
- Bordalo, A.A., Nilsumranchit, W., and Chalermwat, K., 2001. Water quality and uses of the Bangpakong River (Eastern Thailand), *Water Research*, 35 (15), 3635-3642.
- Bozyiğit, R. ve Karaarslan, T., 1998. Çevre Bilgisi Kitabı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Çınar, Ş., Küçükara, R., Savaşer, S., Tokatlı, C., Öztürk, G. N., Köse, E., 2012. Kestel Deresi (Burdur) Su Kalitesinin Belirlenmesi ve Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Sayı 28, Ağustos 2012.
- Calow, P., and Petts, G.E., 1994. The Rivers Handbook Hydrological and Ecological Principles, Blackwell Scientific Publications, London Edinburgh Boston, Oxford.
- Chapman, D., 1992. Water Quality Assessment. In: Chapman D on behalf of UNESCO, WHO and UNEP, 58s, London.
- Cirik, S., ve Cirik, Ş., 1999. Limnoloji, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Çelik, N., ve Pulatsü, S., 2003. Yukarı Sakarya Nehri'nde Azot Fraksiyonları ile Toplam Demir ve Silikat Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9 (4) 408-414.
- Çobanoğlu, S., 1997. New phytoseiid mites (Acarina: Mesostigmata) for Turkish fauna. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 21: 361-370.
- Dirican, S., ve Barlas, M., 2005. Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri Ve Balıkları, *Ekoloji* 14, 54, 25-30.
- Doğan, L., 1981. Hidrojeolojide Su Kimyası, DSİ yayınları, Ankara, 178s.
- Eberhardt, A. and Larson, L., 2000. Water Quality Monitoring in the Mystic River watershed: A Study of 10 sites (July-December 2000), MRWA Mystic Monitoring Network, 52p.
- Egemen, Ö., 2005. Su Kalitesi. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:14, İzmir.
- Ekholm, P., Kallio, K., Salo, S., Pietilainen, O.P., Rekolainen, S., Laine, Y., and F.W.B., 1998. Loading of solute and suspended solids from rural catchment areas Flowing into Lake Victoria in Uganda, *Water Research*, 32, 9, 2776-2786.
- Gedik, K., Verep, B., Terzi, E., Fevzioğlu, S., 2010. Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko Kimyasal Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi, *Ekoloji* 19, 76, 25-35.
- Ging, P.B. and Otero, C.L., 2003. Comparison of Temperature, Specific Conductance, pH and Dissolved Oxygen at Selected Basic Fixed Sites In South-Central Texas, 1996-1998, U.S. Geological Survey Open-File Report 03-087, 18p.

- Gutierrez, R., Cleves, M., Gould, W., and Marchenko, Y., 2008. An Introduction to Survival Analysis Using Stata, Published by Stata Press, 4905 Lakeway Drive, College Station, Texas, USA.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1994. Çevre Kirliliği ve İnsan Vücudu, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No. 3, TC Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, TC Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, ISBN 975-7572-51-9, Ankara.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:43. Ankara.
- Gültekin, F., Dilek, R., Fırat Ersoy, A., Ersoy, H., 2005. Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 29 (1).
- Gwynne, B.A., 1993. Investigation of Water Quality Conditions in the Shasta River Siskiyou Country, California Regional Water Quality Control Board North Coast Region, 26p.
- Hauraki, 2003. Water Quality Parameters, Chemical and Physical Factors Influencing Water Quality in Rivers and Streams, Hauraki District Council, 38p.
- Hem, J.D., 1985. Study and Interpretation of the chemical characteristics of Natural Water. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 263p.
- Horne, A.J. and Goldman, C.R., 1994. Limnology. Second Edition. 576p., USA.
- Jonnalagadda, S.B., and Mhere, G., 2001. Water quality of the Odzi River in the Eastern Highlands of Zimbabwe, Water Research, 35(10), 2371-2376.
- Kara, C., ve Çömlekçi, U., 2004. Karaçay (Kahramanmaraş)'ın kirliliğinin biyolojik ve fiziko-kimyasal parametrelerle incelenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 7, 1, 7.s.
- Kayar, V.N., ve Çelik, A., 2003. Gediz Nehri kimi kirlilik parametrelerinin tayini ve su kalitesinin belirlenmesi, Ekoloji Çevre Dergisi, 12, 47, 17-22.
- Kazancı, N., Bayhan, E., Suliman, N., Şahbaz, A., İleri, Ö., Özdoğan, M., Temel, A., Ekmekçi, M., 1997. Manyas Gölü ve son çökelleri. In: Neojen ve Türk Bilim için Güney Marmara Bölgesi, Raporu Kuvaterner Evrimi. Teknik. Res. Konseyi (TÜBİTAK), Proje no. YDABÇAG-426 / G, Ankara, s 192-238 (Türkçe).
- Kesici, T., ve Kocabaş, Z., 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Biyoistatistik. No: 94. 366, Ankara.
- Kıvrak, E., ve Gürbüz, H., 2010. Tortum Çayı'nın (Erzurum) Epipelik Diatomeleri ve Bazı Fizikokimyasal Özellikleri ile ilişkisi, Ekoloji 19, 74, 102-109.
- Kızıloğlu, F.M., Kuşlu, Y., Tunç, T., Yanık, R., 2007. Erzurum İlindeki Bazı Su Kaynaklarının Kalitelerinin Bitki, Toprak ve Sulama Sistemi Açısından Değerlendirilmesi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 38 (2), 173-179.
- Koçer, M.A.T., 2001. Hazar Gölü'ne boşalan akarsuların göle taşıdığı organik madde, bitki besin maddeleri ve katı madde miktarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 90s.
- Kumar, R. N., Solanki, R., Kumar, J.I.N., 2013. Seasonal variation in heavy metal contamination in water and sediments of river Sabarmati and Kharicut canal at Ahmedabad, Gujarat, Environ Monit Assess 185:359–368.
- Kumbur, H., Özsoy, H. D., Özer, Z., 2008. Mersin İlinde Tarımsal Alanlarda Kullanılan Kimyasalların Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Ekoloji 17, 68, 54-58.
- Kurtulmuş, Y., 2006. Çark Deresinin Kirlilik Kaynaklarının ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Küçük, S., 2007. Büyük Menderes Nehri Su Kalite Ölçümlerinin Su Ürünleri Açısından İncelenmesi, ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 2007; 4(1-2) : 7 – 13.
- Livingstone, D.A., 1963. Data of Geochemistry. Sixty Edition. U.S. Government Printing Office Washington, USA. 440p.
- Meybeck, M. and Hemler, R., 1989. The quality of river system: from pristine stage to global pollution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (Global and Planetary Section)*. 75, 283-309.
- Moore, J.A., and Miner, J.R., 1997. Stream Temperatures. Oregon State University, Oregon, 6p.
- Netto A., Borges A.O., and Garcia, C.A., 2013 Physical and chemical characteristics of water from the hydrographic basin of the Poxim River, Sergipe State, Brazil, *Environ Monit Assess* 185:4417–4426.
- Newbold, J.D., 1992. Cycles and spirals of nutrients, In: P. Calow and G.E. Petts (eds.), *The Rivers Handbook Hydrological and Ecological Principles*, Blackwell Scientific Publ., Oxford. 525p.
- Oliveira-Filho, E.C., Lopes, R.M., Paumgarten, F.J.R., 2004. Comparative study on the susceptibility of freshwater species to copper-based pesticides. *Chemosphere* 56, 369-374.
- Öner, Ö., ve Çelik, A., 2011. Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi, *Ekoloji* 20, 78, 48-52.
- Öterler, B., Taş, M., ve Kırgız, T., 2012. Sazlıdere Deresi'nin (Edirne), Su Kalite Parametreleri ve Algal Florasının Mevsimsel Değişimi, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 5 (1): 49-55, 2012.
- Özbay, Ö., Göksu, M.Z.Lugal., Alp, M.T., 2011. Bir Akarsu Ortamında (Berdan Çayı, Tarsus-Mersin) En Düşük ve En Yüksek Akım Dönemlerinde Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerin İncelenmesi, *Fırat Üniv. Fen Bilimleri Dergisi Fırat Univ. Journal of Science* 23 (1), 31-39.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R., and Tchobanoglous, G., 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill Book Company, New York, 699p.
- Reid, G.K., 1961. *Ecology of Inland Water and Estuaries*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 375p.
- Serdar, O., 2004. İyidere (Trabzon)'nin Su Kalitesi ve Kirliliği Lisans Tezi, KTÜ. Rize Su Ürünleri, Rize.
- Shin, J.Y., Artigas, F., Hobbie, C., Lee, Y.S., 2013. Assessment of anthropogenic influences on surface water quality in urban estuary, northern New Jersey: multivariate approach, *Environ Monit Assess* (2013) 185:2777–2794.
- Sinokrot, B.A., and Gulliver, J.S., 2000. In-stream flow impact on river water temperatures, *Journal of Hydraulic Research*, 38, 5, 339-350.
- Soylak, A.O., ve Doğan, M., 2000. Su kimyası 120. cilt/Erciyes Üniversitesi yayınları. Erciyes Üniversitesi. Kayseri.
- Sukatar, A., Yorulmaz, B., Ayaz, D., Barlas, M., 2006. Emiralem Deresi'nin (İzmir-Menemen) Bazı Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik (Bentik Makroomurgasızlar) Özelliklerinin İncelenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10-3 (2006), 328-333.
- Şen, B., ve Gölbaşı, S., 2008. Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı'nın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, cilt 25, Sayı 4: 353–358.

- Şen, B., Alp, M.T., Özrenk, F., Ercan, Y., ve Yıldırım, V., 1999. A study on the amounts of plant nutrients and organic matter carried into Lake Hazar (Elazığ Turkey), *Fresenius Envir .Bull.* 8, 272-279.
- Şengül, F., ve Müezzinoğlu, A., 1993. Çevre Kimyası, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 228, İzmir, 243s.
- Şengül, F., ve Müezzinoğlu, A., 1995. Çevre Kimyası. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:228, İzmir, 243s.
- Tanyolaç, J., 1993. Limnoloji. Hatipoğulları Yayınları, Ankara, 263s.
- Tanyolaç, J., 2009. Limnoloji. Hatipoğlu Yayınları: 67. s. 290. Ankara.
- Taşdemir, M., ve Göksü, Z.L., 2001. Asi Nehri'nin (Hatay-Türkiye) bazı su kalite özellikleri, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18, 1-2, 55-64.
- Topçu, A., Fakıoğlu, Ö., Zincir, Ö. ve Korkmaz, A. Ş., 2010. Seasonal variations of some physico-chemical parameters in a lentic system: Kirmir Creek and tributaries. Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(2): 895-898.
- Townsend, C.R., 1980. *The Ecology Of Streams and Rivers*. Edward Arnold, London, 68p.
- Turan, D., Kottelat, M., ve Engin, S., 2009. Yerleşik ve göçmen alabalık iki yeni tür, kuzey Anadolu'nun akışları (Salmoniformes: Salmonidae) in simpatrik. *Ihtiol. Explor. Freshwat.* 20 (4) :333-364.
- Turan, D., Kottelat, M., Ekmekçi, F.G., ve İmamoğlu ,H.O., 2006. Bir revirew *Capoeta tinca* Türkiye'den iki yeni tür (Cyprinidae Teleostei) açıklamaları ile,. *Rev Suisse de Zoologie* 113 (2) :421-436.
- Turan, D., Ekmekçi, FG., Kaya, C., ve Güçlü, S.S., 2013. *Alburnoides manyasensis* (Actinopterygii, Cyprinidae), sazan balık formu Manyas Gölü havzası, Türkiye'nin yeni bir tür. *Zookeys* 276:85-102.
- Turner, R.E., ve Rabalais, N.N., 2013. Changes in Mississippi River Water Quality this Century, American Institute of Biological Sciences.
- Tülek, S., 2006. Kızılırmak Nehri Su Kalitesi Belirlenmesi ve Ötrofikasyona Bağlı Risk Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Üstun, G.E., 2011. The Assessment of Heavy Metal Contamination in the Waters of the Nilufer Stream in Bursa, *Ekoloji* 20, 81, 61-66.
- Varga, P., Abraham, M., and Simor, J., 1990. Water quality of the Danube in Hungary and its major determining factors, In: M. Miloradov (ed.) *Water Pollution Control in The Danube Basin*, Water Science and Technology, 22, 5, 113-118.
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D., Şahin, C., 2005. İyidere (Trabzon)'nin Fiziko-Kimyasal Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi, *Ekoloji* 14, 57, 26-35.
- Walling, D.E., and Webb, B.W., 1986. Solutes in River Systems. In: S.T. Trudgill (ed.), *Solute Processes*. John Wiley & Sons, Chichester, UK. Pp, 251-327.
- Webb, B.W., and Walling, D.E., 1992. Water quality, physical carateristic, In: P. Calow and G.E. Pets (eds.) *The Rivers Handbook Hidrological and Ecological Principles*, Blackwell Scientific Publ. Oxford. 526p.
- Wetzel, R.G., 2001. *Limnology*. W.B. Saunders Company, London, 743p.
- Wetzel, R.G., ve Likens, G.E., 2001. *Limnological Analyses*. 2 th edition, Springer Verlag, New York, 391p.
- Yadav S.S., and Kumar, R., 2011. Monitoring Water quality of Kosi River in Rampur District, Uttar Pradesh, India, *Advances in Applied Science Research*, 2 (2): 197-201.

- Yalçın, H., ve Gürü, M., 2002. Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Yaman, M., 2013. Su Kimyası Ders Notları www.profdrmehmetyaman.com (Basılmamış).
- Yaramaz, Ö., 1997. Su Kalitesi, EÜ Basımevi, Yayın No:4, İstanbul.
- Yıldırım, N., 2006. Fırınz Çayı (Kahramanmaraş)'nın Fiziko-Kimyasal ve Bazı Biyolojik (Bentik makroinvertebrat) Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı.
- Yılmaz, O., 1991. Tortum Çayı Havzasının Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası, Yayımlanmış Doktora Tezi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yorulmaz, B., 2006. Eşen Çayı (Kocayay) Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Açısından İncelenmesi, Doktor Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zeb, B.S., Malik, A.H., Waseem, A., Mahmood, Q., 2011. Water quality assessment of Siran river, Pakistan, International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(34), pp. 7789 – 7798.

ÖZGEÇMİŞ

Mine KÖKTÜRK, 18.04.1983 tarihinde İzmir'in Kemalpaşa İlçesinde doğdu. İlköğretimini Atatürk İlköğretim Okulu'nda, orta öğrenimini Kemalpaşa İmam Hatip Lisesinde, lise eğitimini Özel Rabia Hatun Koleji'nde tamamladı. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Maçka Meslek Yüksek Okulu'ndan mezun oldu. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Rize Su Ürünleri Fakültesi'nde lisans eğitimini tamamladı. Halen Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.