



T.C.

**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**ARTVİN BÖLGESİ KÜLTÜR BALIKÇILIĞI ÇEVRESEL
ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA: BORÇKA BARAJ
GÖLÜ ÖRNEĞİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Kenan İNCE

Danışman

Prof. Dr. Bülent VEREP

RİZE

2024

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalında, Prof. Dr. Bülent VEREP danışmanlığında, Kenan İNCE tarafından hazırlanan *Artvin Bölgesi Kültür Balıkçılığı Çevresel Etkileşimi Üzerine Bir Çalışma: Borçka Baraj Gölü Örneği* adlı bu tez çalışması, 19/11/2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Ünvanı, Adı SOYADI	İmza
Başkan	: Prof. Dr. Bülent VEREP	
Üye	: Prof. Dr. Davut TURAN	
Üye	: Prof. Dr. Cengiz MUTLU	

ETİK BEYAN

Su Ürünleri Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Artvin Bölgesi Kültür Balıkçılığı Çevresel Etkileşimi Üzerine Bir Çalışma: Borçka Baraj Gölü Örneği” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması hâlinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılacak bir durumun ortaya çıkması hâlinde, Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

19/11/2024

Kenan İNCE

ÖN SÖZ

“Artvin Bölgesi Kültür Balıkçılığı Çevresel Etkileşimi Üzerine Bir Çalışma: Borçka Baraj Gölü Örneği” başlıklı bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Ana Bilim Dalı’nda ‘Yüksek Lisans Tezi’ olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, tez konusunun belirlenmesinden sonlandırılmasına kadar her aşamada emeği olan, bilgi ve deneyimini paylaşan, çalışmanın yürütülmesinde önemli katkıları olan, büyük bir özveri ve sabırla tezimin neticelendirilmesini sağlayan değerli Hocam Prof. Dr. Bülent VEREP’ e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın ilerleyişinde fikir ve eleştirileriyle yön veren tez izleme komitesi üyelerine yapmış oldukları katkılardan dolayı teşekkür ederim. Yine çalışmanın her safhasında yakın ilgi ve önerileriyle yönlendiren, görüş ve yardımlarını esirgemeyen Artvin İl Tarım Müdürlüğü Su Ürünleri Şube Müdürü Sayın Cemil DAĞCI’ ya teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarında sürekli yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Kuzuoğlu Su Ürünleri Artvin Borçka Ekibi olan eski çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ediyorum. Laboratuvar çalışmalarında sürekli yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi ‘nden Sayın Hocam Prof. Dr. Bülent VEREP’ e çok teşekkür ediyorum.

Son olarak, hayatımın neşesi kızım Duru İNCE’ ye, ilgi ve anlayışıyla her zaman yanımda olan, hakkını ne yapsam ödeyemeyeceğim ve çok şey borçlu olduğum eşim Rengin İNCE’ ye sonsuz sevgilerimi sunarım.

Bu çalışmanın, ilgili tüm kesimlere faydalı olmasını temenni ederim.

Kenan İNCE

RİZE/2024

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖN SÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
KISALTMALAR.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	X
GİRİŞ.....	1
1. GENEL BİLGİLER.....	5
1.1. Su Kaynakları	5
1.1.1. Dünya’da Su Kaynakları	5
1.1.2. Türkiye’ de Su Kaynakları	7
1.2. Hidrolojik Döngü	9
1.3. Su Kalitesi Kavramı.....	10
1.3.1. Su Kalitesi Sınıfları	10
1.3.2. Su Kalitesine Etki Eden Faktörler	13
1.3.2.1. Doğal Faktörler	14
1.3.2.2. İnsan Faaliyetlerinin Etkileri.....	14
1.4. Kültür Balıkçılığı ve Türkiye Su Ürünleri Üretiminde Yeri.....	14
1.5. Baraj Göllerinde Ağ Kafeslerdeki Üretim Hakkında	14
2. MATERYAL ve YÖNTEM	16
2.1. Materyal	16
2.1.1. Çalışma Alanı	16
2.2. Yöntem	18
2.2.1. Arazi Çalışmaları.....	18
2.2.1.1.Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi	18
2.2.1.1.1. Borçka Barajı Örnekleme Noktaları.....	19
2.2.2. Su Kalitesi Parametreleri.....	20
2.2.2.1. Fiziksel Parametreler.....	20

2.2.2.1.1. Su Sıcaklığı.....	20
2.2.2.1.2. pH.....	20
2.2.2.1.3. Elektriksel İletkenlik	21
2.2.2.1.4. Tuzluluk.....	21
2.2.2.1.5. Çözünmüş Oksijen	21
2.2.2.1.6. Askıda Katı Madde.....	22
2.2.2.2. Kimyasal Parametreler	22
2.2.2.2.1. Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	22
2.2.2.2.2. Orto-fosfat (PO ₄ -P).....	23
2.2.2.2.3 Alkalinite	23
2.2.2.3. Su Kalitesi Parametrelerinin Ölçümü.....	23
2.2.2.4. Su Örnekleri Alınması.....	24
2.2.3. Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları	24
2.2.3.1. Su Örneklerinin Analizi.....	24
2.2.3.1.1. Yerinde Ölçülen Fiziksel Ölçümler	24
2.2.3.1.2. Spektrofotometre İle Yapılan Ölçümler.....	24
2.2.4. Ekolojik Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi	25
3. BULGULAR	26
3.1. Su Kalitesi Parametreleri	26
3.1.1. Su Sıcaklığı	26
3.1.2. pH.....	27
3.1.3. Elektriksel İletkenlik	29
3.1.4. Çözünmüş Oksijen (mg/L).....	30
3.1.5. Seki Diski Mesafesi (Işık geçirgenliği).....	32
3.1.6. Askıda Katı Madde.....	33
3.1.7. Toplam Çözünmüş Katı Madde (mg/L)	35
3.1.8. Orto- Fosfat (PO ₄ -P).....	36
3.1.9. Nitrat Azotu (NO ₃ -N).....	37
3.1.10. Nitrit Azotu (NO ₂ -N).....	39
3.1.11. Toplam Fosfor ve Ekolojik Taşıma Kapasitesi.....	40
4. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME	42
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	44
KAYNAKÇA.....	45

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Su Ürünleri
Tez Türü : Yüksek Lisans
Danışman : Prof. Dr. Bülent VEREP
Hazırlayan : Kenan İNCE
Yıl : 2024
Sayfa Sayısı : 69

ÖZET

ARTVİN BÖLGESİ KÜLTÜR BALIKÇILIĞI ÇEVRESEL ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA: BORÇKA BARAJ GÖLÜ ÖRNEĞİ

Su havzalarında ormanlık alanların özellikle üst kısımlarında madencilik, taş ocakları, nehir tipi hidroelektrik santral tesisleri ile yol inşaatları gibi çok sayıda yatırımlar nedeniyle bazı olumsuz ekolojik ve çevresel değişimler oluşmaktadır. Borçka Barajı Havzası (BBH) da yukarıda sıralanan müdahalelerin yanında gölde faaliyette bulunan ağ kafeslerde yapılan kültür balıkçılığının etkilenmektedir. Bu nedenle, BBH rezervuarına ulaşan suyun rejimi ve kalitesi ile baraj gölünün çevresel durumunun tespit edilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Borçka baraj gölünde Kültür Balıkçılığı üretimi yapan tesislerin organik ve inorganik atıklar ile su kalitesine olumlu veya olumsuz etki edip etmediği ve gölün ekolojik taşıma kapasitesini düşürüp düşürmediği de bu çalışmada cevaplanmaya çalışılmaktadır.

Çalışmada 7 örnekleme noktasından Şubat 2023- Ocak 2024 tarihleri arasında aylık olarak pH, sıcaklık, toplam çözünmüş katı madde, iletkenlik, fosfat, nitrit ve nitrat Azotu değerleri ölçülmüştür. Borçka Barajında ortalama çöz. katı madde 119 mg/L, pH 8,3, Elektriksel İletkenlik 203 µs/cm, orto- fosfat 0,09 mg/L ve nitrit azotu 0,01 mg/L olarak ölçülmüştür.

Kafeslerde balık yetiştiriciliği açısından yıllık üretim kapasitesi fiili olarak 6.000 ton/yıl olan barajda son yıllarda 4.500 ton/yıl'a kadar üretim tonajının düşürülmesine rağmen bu çalışmanın sonuçlarına göre Borçka baraj gölünün ekolojik taşıma kapasitesinin oldukça üzerinde olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Su Kalitesi, Su Rejimi, Kültür Balıkçılık.

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Aquaculture
Thesis Type : Master's Thesis
Supervisor : Prof. Dr. Bülent VEREP
Author : Kenan İNCE
Year : 2024
Pages : 69

ABSTRACT

A RESEARCH ON THE ENVIRONMENTAL INTERACTION OF CULTURAL FISHING IN THE ARTVİN REGION: THE EXAMPLE OF BORÇKA DAM LAKE

Some negative ecological and environmental changes occur in water basins, especially in the upper parts of forested areas, due to many investments such as mining, quarrying, river type hydroelectric power plant facilities and road construction. In addition to the interventions listed above, Borcka Dam Basin (BBH) is also affected by aquaculture in net cages operating in the lake. Therefore, the aim of this study is to determine the regime and quality of the water reaching the BBH reservoir and the environmental status of the dam lake. In this study, it is tried to answer whether aquaculture facilities in Borcka dam lake have a positive or negative impact on water quality with organic and inorganic wastes and whether they reduce the ecological carrying capacity of the lake.

In the study, pH, temperature, total dissolved solids, conductivity, phosphate, nitrite and nitrate Nitrogen values were measured monthly from 7 sampling points between February 2023 and January 2024. Solve for the average at Borcka Dam. solids measured 119 mg/L, pH 8.3, Electrical Conductivity 203 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ortho-phosphate 0.09 mg/L, and nitrite nitrogen 0.01 mg/L.

Although the production tonnage of the dam, which actually has an annual production capacity of 6,000 tons/year in terms of fish farming in cages, has been reduced to 4,500 tons/year in recent years, according to the results of this study; It was understood that the ecological carrying capacity of Borcka dam lake is much higher than the ecological carrying capacity.

Keywords: Water quality, Water regime, Aqua Culture.

KISALTMALAR

AKM	: Askıda katı madde
BBH	: Borçka Barajı Havzası
BBR	: Borçka Barajı Rezervuarı
°C	: Santigrat derece
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DSİ	: Devlet Su İşleri
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konum Belirleme Sistemi)
HDH	: Hatıla Deresi Havzası
L	: Litre
m	: Metre
MDH	: Murgul Deresi Havzası
mg/l	: Bir litredeki miligram
NH ₃ -N	: Nitrat azotu
NT-HES	: Nehir Tipi Hidroelektrik Santrali
pH	: H iyonu derişiminin 10 tabanında (-) logaritması
PO ₄ -P	: Fosfat fosforu
ppm	: Toplam madde miktarının milyonda birlik kısmı
Ppt	: Toplam madde miktarının binde birlik kısmı
TDS	: Toplam Çözünmüş Madde
TN T	: Toplam azot
µg/l	: Bir litredeki mikrogram

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Havzalara göre yıllık ortalama yüzey suyu potansiyeli	8
Tablo 2. Kıta içi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri	11
Tablo 3. Borçka barajı örnekleme noktaları	19
Tablo 4. Borçka baraj göletine ait bu sıcaklığı değerleri (°C).....	26
Tablo 5. Borçka baraj göletine ait pH değerleri	28
Tablo 6. Ölçüm noktalarında tespit edilen elektriksel iletkenlik değerleri	29
Tablo 7. Ölçüm noktalarındaki çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri	30
Tablo 8. Ölçüm noktalarındaki görünürlük (cm) değerleri	32
Tablo 9. Ölçüm noktalarındaki askıda katı madde (AKM) değerleri.....	33
Tablo 10. Ölçüm noktalarındaki tuzluluğun değerleri	35
Tablo 11. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama Orto-fosfat (PO ₄ -P) değerleri	36
Tablo 12. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama nitrat azotu (NO ₃ -N) değerleri	37
Tablo 13. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama nitrat azotu (NO ₂ -N) değerleri	39
Tablo 14. Ölçüm noktalarındaki toplam ve inorganik fosfor değerleri.....	41

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Dünyadaki Su Dağılımı (USGS, 2016a)	6
Şekil 2. Ülkelerin Kişi Başına Yıllık Yenilenebilir Su Kaynakları (FAO, 2016)	7
Şekil 3. Türkiye'nin Havza Haritası (DSİ, 2015).....	8
Şekil 4. Su Döngüsü (USGS, 2016b)	9
Şekil 5. Çalışma Alanının genel konumu ve görünümü	16
Şekil 6. Çalışma alanından bazı görüntüler (Foto: Kenan İNCE).....	17
Şekil 7. Örnekleme Noktaları	18
Şekil 8. Ölçüm Cihazları (Foto: Kenan İNCE).....	23
Şekil 9. Su sıcaklığı	27
Şekil 10. pH değerleri	28
Şekil 11. Elektriksel İletkenlik.....	30
Şekil 12. Çözülmüş oksijen değerleri	31
Şekil 13. Işık geçirgenliği	33
Şekil 14. Askıda Katı Madde Grafiği	34
Şekil 15. TDS değerleri	35
Şekil 16. Yıllık Orto- Fosfat değerleri.....	37
Şekil 17. Ölçülen Nitrat Azotu Değerleri	38
Şekil 18. Nitrit Azotu değerleri.....	39

GİRİŞ

Su, yaşamın devam edebilmesi için vazgeçilmez bir gereksinim ve alternatifi bulunmayan doğal bir kaynaktır. Canlıların birbiriyle etkileşim içerisinde bulunduğu ekosistemin en temel parçalarından biri sudur ve dolayısı ile ekosistemin sürdürülebilirliği önemli oranda suya bağlıdır. Su, insan yaşamının temel ihtiyaçlarını karşılamasının yanı sıra tarım, enerji üretimi, sanayii, ulaşım gibi toplumsal ve ekonomik gelişmelerin de kaynağıdır (WWAP, 2015). Bu nedendir ki tarih boyunca medeniyetler su kıyılarında veya yakın bölgelerde kurulmuş ve gelişmişlerdir. Dünya nüfusunun artışı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan kentleşme, içme-kullanma suyu talebi, sanayide ve tarımdaki gelişimler suya olan ihtiyacın devamlı olarak artmasına neden olmaktadır. Bu gelişmelerin beraberinde getirdiği çevre kirliliği sorunları da suyun niceliğinin (miktarının) yanında niteliğinin (kalitesinin) de korunması gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Dünyanın büyük bir bölümü sularla kaplı olmasına rağmen kullanılabilir su miktarı oldukça azdır (YILDF, 2018). Su dağılımı ise dünyanın her yerinde eşit olmayıp bölgelere göre farklılık göstermektedir (USGS, 2016a). Bu nedenle temiz ve yeterli seviyede tatlı su kaynağına ulaşma, dünyanın değişen koşullarına ve özellikle de artmakta olan nüfusuna bağlı olarak önemi sürekli artan ve dolayısı ile güncelliğini kaybetmeyen bir sorun olarak insanoğlunun karşısındadır. Öte yandan, son yıllarda tüm doğal kaynaklar gibi tatlı su kaynakları üzerinde de ciddi etkileri olduğu/olacağı düşünülen iklim değişikliği olgusu da göz önünde bulundurulduğunda (Yıldırım, 2018) sorunun boyutunun yakın gelecekte daha da artacağı açıktır.

Dünya üzerindeki sabit su arzına rağmen suya olan talep giderek artmakta ve su kıtlığı olarak dünyanın birçok bölgesinde etkisini göstermektedir (Barlow, 2009). Örneğin, ülkemizde 10 yıl öncesine kadar 3000 m³ üzerinde olan kişi başına kullanılabilir su miktarının son yıllarda 1400 m³ civarlarına kadar düştüğü artık devlet kurumları tarafından da kabul edilmektedir (KB, 2014). Yıllık su tüketimi 54 milyar metreküp olan ülkemizde, bu suyun 40 milyar metreküpü (%74) sulama, 7 milyar metreküpü (%13) içme-kullanma, 7 milyar metreküpü ise (%13) sanayi suyu ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılıyor. Yapılan projeksiyonlarda, su kaynaklarının korunması ve yönetimi konusunda yeterli önlem alınmadığı ve iyileştirme yöntemleri

uygulanmadığı takdirde ülkemizin orta vadede su kıtlığı çeken 2 bin ülke durumuna gelmesinin kaçınılmaz olacağı tahmin edilmektedir (OSİB, 2012; KB, 2014).

Su kaynaklarının yeterli miktarda sağlanmasının yanında suyun kalitesinin de bazı ölçütler çerçevesinde yüksek seviyede bulunması gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında, su kaynaklarını tehdit eden ve kullanılabilirliğini kısıtlayan faktörlerden biri de su kirliliğidir (Haddeland ve ark., 2014). Su kirliliği insan müdahalesi ile ortaya çıkan, su kaynaklarının kullanımını kısıtlayan veya engelleyen ve ekonomik olumsuzluklar ortaya çıkaran bir kalite değişimidir (Şengün, 2013). Su kalitesi; suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin göstergesidir. Su kalitesi yönetimi; su kaynakları yönetiminin temel bileşeni olmakla birlikte kirleticilerin kaynağında bertaraf edilerek, su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi için gerekli tedbirlerin belirlenmesi ve uygulanması olarak tanımlanabilir. Yer üstü sularında rastlanan başlıca sorunlardan biri azot ve fosfor gibi besin maddelerinin su kaynaklarına ulaşmaları sonucu ortaya çıkan alg miktarındaki artış olarak tanımlanan ötrofikasyon problemidir. Su kaynaklarının miktar, kalite ve ekosistemler açısından korunmasına yönelik faaliyetlerin ve planlamaların olumlu etkilerinin yansımaları, hızla gelişen sanayi, tarım sektörü ve nüfus artışı sebebiyle yavaş olmaktadır.

Devamlı ve temiz su üretimini sağlayan ana unsurlar arasında orman, mera ve yüksek dağ ekosistemleri en başta gelmektedir. Ancak su, hava ve toprak gibi çevresel kaynaklar bütününe bir parçasıdır. Bu kaynaklar sürekli birbirleriyle etkileşim halindedir. Bu kaynaklardan birine yapılan müdahale diğer bağlantılı olduğu tüm kaynakları da etkileyecektir. Bu kapsamda su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir yönetimi ve geliştirilmesi için diğer kaynaklarla olan ilişkileri de dikkate alınmalıdır. Bu sebeptir ki, su kaynaklarımızın havza bazında sürdürülebilir bir su yönetimi felsefesi ve yaklaşımı ile ve diğer çevresel kaynaklarla birlikte yönetilmesi zorunlu hale gelmektedir (Aladağ ve ark., 2008; Hızal ve ark., 2008).

Ormanlık havzaların su kalitesi, miktarı ve rejimi üzerine birçok olumlu etkileri vardır. Hidrolojik bir fonksiyon görevi yapan ormanlık havzalar, taban suyu, akarsu, tatlı su gölü ve barajlardaki suların temiz tutulmasını, su kaynaklarının sürekli ve düzenli olmasını sağlarlar. Aynı zamanda enerji ihtiyacının yanı sıra barajlar da su toplamak ve istenildiği zaman yeterli ve kaliteli su sağlamak amacıyla kullanılmalarından dolayı oldukça önemli bir yer teşkil etmektedirler (Yüksel ve ark.,

2011). Buradan yola 3 çıkarak barajların su kalitesi ve buna etki eden etmenler bakımından içinde yer aldığı havzaların değerlendirilmesi ve doğal kaynak kullanımının sürekli yararlanılabilir durumda tutacak önlemlerin alınması oldukça önemlidir (Erol, 2006). Bu bakımdan baraj havzalarındaki doğal kaynaklar, su üretimi ve kalitesini yüksek düzeyde tutmak ve sedimantasyon problemini en aza indirmek için havza yönetimi ilkelerine göre plânlanmalıdır (Balcı, 1996). Bunlara ilaveten, su kaynaklarının hem miktar hem de kalite açısından sürdürülebilirliği hidrolojik döngüyü sağlayan hidrolojik bileşenlere de (yağış, yüzeysel akış, yer altı suyu, evapotranspirasyon vb.) bağlıdır. Havza bazında hidrolojik döngü, suyun buhar halinde yağmura, yağmurdan yer yüzeyine düşerek yer altına sızması veya yüzey akışı ile göller ve rezervuarlarda birikmesi, evaporasyon ve transpirasyon ile tekrar su buharına dönüşmesiyle gerçekleşir.

Son yıllarda, su kaynaklarının planlanması ve yönetilmesinde Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) büyük rol oynamaktadır. Bu sayede hidrolojik süreç, iklimsel faktörler ve havza karakteristiklerine ait parametreler sayısallaştırılarak başta yüzey akışı olmak üzere, tarımsal havzalardan besin taşınımı, sediment verimi gibi hidrolojik bileşenleri tahmin etmek için CBS teknolojileri ile çok sayıda fiziksel tabanlı bilgisayar simülasyon modelleri geliştirilmiştir (Gölpınar, 2017). Modellemeler, teknolojinin hızla geliştiği günümüzde yüksek hızlı bilgisayarlar sayesinde, gelişmiş cihazlar yardımıyla elde edilen daha iyi ölçümler ile elde edilmiş daha çok veriyi kullanarak gerçeğe yakın simülasyonlar yapabilmektedirler (Cüceloğlu, 2013). Bu modeller içinde dünya genelinde en yoğun olarak tercih edilenler arasında WEPP, AGNPS, PESTFADE, WEAP, MIKE SHE, HSPF ve SWAT örnekleri verilebilir (Yuksel ve ark., 2008; Cüceloğlu, 2013; Song ve ark., 2015; Pandey ve ark., 2016).

Su kaynaklarının enerji üretimi yanında sürdürülebilir bir çevre stratejisiyle ülke ekonomisine katkıda bulunacak bir sektör olan kültür balıkçılığı amacıyla kullanılması hususunda ülkemizin Su ürünleri üretim alanlarının genişliği ve filonun büyüklüğü dikkate alınarak daha fazla kontrol ve denetim etkinliği sağlayacak çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Yasa dışı, kural dışı avcılığın önlenmesi ve cezalarda caydırıcılığın sağlanması için daha fazla gayret gösterilmelidir. Mevcut su ürünleri yetiştiricilik tesislerinin kapasite artırmalarını veya yeni tesislerin kurulmasını

güçleştirecek bürokratik işlemlerin azaltılmasına yönelik politikalar geliştirilmelidir. Su kaynaklarının sektörler arasında paylaşımından kaynaklanan problemlerin su ürünleri üretimini olumsuz etkilememesi için kaynak yönetim politikaları geliştirilmelidir. Yetiştiricilik tesisleri; yeni teknolojilerin kullanımı, daha az su ve enerji kullanımı, çevre dostu yetiştiricilik yöntemlerinin kullanılması konularında teşvik edilmelidir. Baraj göllerinde ağ kafeslerdeki üretimin en büyük avantajı konum, rakım ve su kalitesine göre 12 ay boyunca üretim yapılabilir. Türkiye’de su ürünleri üretiminin %60,5’ini yetiştiricilik üretimi oluşturmaktadır. Yetiştiricilik üretiminin %72’si denizlerde %28’i iç sularda gerçekleşmiştir. Yetiştirilen en önemli balık türü iç sularda 145 bin 649 ton ile alabalık, denizlerde ise 156 bin 602 ton ile levrek ve 152 bin 469 ton ile çipura olmuştur. İç sularda gerçekleştirilen yetiştiricilik üretim miktarı, önceki dönemlerde denizlerdekinden fazla olmasına karşın son 10 yıldır denizlerdeki üretim miktarı iç sulardan gerçekleşen üretim miktarından fazladır. Bu tez çalışmasının ana amaçları arasında;

- proje alanı olarak belirlenen Borçka Barajı Havzası’nın (BBH) toplam %78’lik önemli bir kısmını oluşturan ve farklı arazi kullanımlarına sahip 4 alt havzanın yüzey sularının katıldığı baraj gölünün öncelikle fiziko-kimyasal su kalitesini belirlemek,
- sonrasında ise elde edilen bu veriler yardımıyla kültür balıkçılık üretimi yapılan Borçka barajının kültür balıkçılığı açısından taşıma kapasitesini belirleyerek mevcut üretim kapasitesiyle karşılaştırmak,

Bu amaçlar doğrultusunda çalışma alanındaki kültür balıkçılığının oluşabilecek farklı müdahaleler ve çevresel etkiler sonucunda meydana gelebilecek yeni/farklı senaryoların Artvin ilinin kültür balıkçılığı potansiyelinde ne tür değişimler oluşturabileceği tartışılacaktır.

1. GENEL BİLGİLER

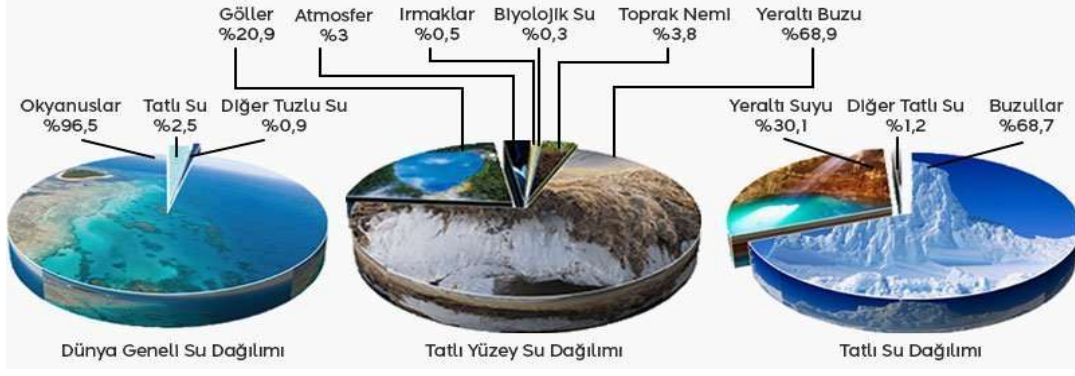
1.1. Su Kaynakları

Su, canlılar için bir yaşam ortamıdır. Tüm canlı yaşamı için büyük önem taşıması nedeni ile değerli ve aynı zamanda kısıtlı bir kaynaktır. Yeryüzünün 3/4'ünün sularla kaplı olmasına rağmen içilebilir nitelikteki su oranı ancak %0,74 civarındadır (USGS, 2016a). Bu nedenle temiz ve yeterli miktarda tatlı su kaynağına ulaşmak, topografik şartlara ve özellikle de giderek artmakta olan nüfusa bağlı olarak önemi sürekli artmaktadır. Tarihte en eski kabilelerden günümüze kadar çok değerli kabul edilen bu kaynağı elde etmek, korumak ve kaynağını tehlikeye atmadan yeterli miktarda sağlamak güncelliğini kaybetmeyen bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Alternatifi bulunmayan ve zaten kısıtlı bulunan tatlı su kaynakları son yüzyılda sanayii devriminin ve teknolojinin gelişmesi ile daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Suyun bu ilerleyişteki rolü en önde yer almaktadır. Çünkü su, temel insani ihtiyaçların karşılanması yanı sıra tarım, enerji üretimi, endüstri, ulaşım ve turizmin de kaynağıdır. Birçok ülke gelişmişlik seviyesine kendi su kaynaklarından en iyi faydayı sağlayarak ulaşmışlardır (Türkyılmaz, 2010; Muluk ve ark., 2013). Ancak nüfus artışı, göç ve şehirleşmenin artması ile su tüketimi de artmaktadır. Öte yandan da gelişmeye bağlı sürekli ve aşırı kullanılan çevresel kaynaklardan aynı zamanda su kaynaklarının sağlanması nedeni ile su kullanımı kısıtlanmaya başlanmıştır (Muslu, 2015). Bütün bunlara bir de tatlı su kaynakları üzerinde ciddi etkileri olacağı düşünülen iklim değişikliği olgusu da göz önünde bulundurulduğunda sorunun boyutunun yakın gelecekte daha da artacağı açıktır (Kılıç, 2008; Karaman ve Gökalp, 2010; Yüksel ve ark., 2011; Ertürk, 2012; Haddeland ve ark., 2014).

1.1.1. Dünya'da Su Kaynakları

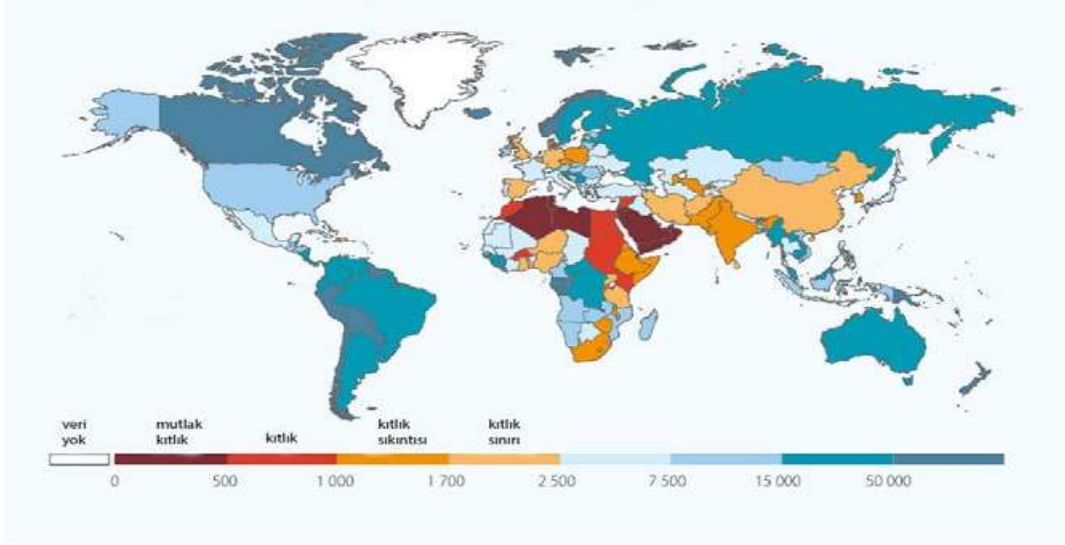
Dünyadaki toplam 1,4 milyar km³ olan su miktarının %97,5'i tuzlu su olarak okyanuslarda ve denizlerde, %2,5'i tatlı su olarak buzullarda, yeraltında, nehir ve göllerde bulunmaktadır (Şekil 1). %2,5 olan tatlı su kaynaklarının da %68,7'si buzullarda, %30,1'i yer altında ve geriye kalan %1,3'lük kısmı ise yerüstü suları olarak akarsularda, göllerde ve atmosferde bulunmaktadır (WWAP, 2015; USGS, 2016a).



Şekil 1. Dünyadaki su dağılımı

Dünyadaki kullanılabilir tatlı su kaynaklarına baktığımızda toplam su miktarına oranla çok küçük olduğunu görmekteyiz (Şekil 1). Aynı zamanda yeryüzündeki su kaynaklarının ve nüfusun kıtalara göre dağılımına baktığımızda aynı oranlarda olmadığını görürüz. Nüfusun en fazla olduğu Asya kıtası toplam dünya nüfusunun %60'ını oluştururken toplam tatlı su kaynaklarının ise ancak %36'sı payına düşmektedir. Buna karşılık, Kuzey ve Güney Amerika dünya nüfusunun %14'ünü barındırırken tatlı su kaynaklarının ise %41'ine sahiptir.

Avrupa ve Afrika'nın her birisi dünya nüfusunun yaklaşık %14'üne sahip iken dünyadaki su kaynaklarının sırasıyla %8 ve %11 kadarına sahiptirler. Avustralya ve adaların ise dünya nüfusuna oranı %1 ve su kaynaklarındaki payı da %5'tir. Bu tablodan da anlaşılmaktadır ki dünyadaki su kaynakları da nüfus oranlarıyla doğru orantılı olmayacak şekilde bir dağılım göstermektedir (Oki ve Kanae, 2006; DPT, 2007; Türkyılmaz, 2010). Su kaynaklarının çok ve nüfus yoğunluğunun az olduğu ülkeler su zengini konumunda olurken, su kıtlığı çeken ve nüfus yoğunluğuna sahip olan ülkeler su fakirliğine doğru gitmektedir. Ülkelerin su varlığının belirlenmesi ve sınıflandırmasında birçok kriter bulunmaktadır. En genel kriter kullanılarak yapılan sınıflandırmaya göre; yılda kişi başına düşen ortalama kullanılabilir su miktarı (Şekil 2) 1000 m³'ten az olan ülkeler "su fakiri", 2000 m³'ten az olan ülkeler "su azlığı", 8000-10000 m³'ten fazla olan ülkeler ise "su zengini" olarak kabul edilmektedir (DPT, 2007; DSİ, 2015).



Şekil 2. Ülkelerin kişi başına yıllık yenilenebilir su kaynakları

Su kaynaklarının miktarının değişmiyor olmasına karşılık son 50 yılda nüfusa ve gelişmelere bağlı olarak su tüketimi üç katına çıkmıştır (WWAP, 2015). Su, yenilenebilir doğal bir kaynaktır, ancak son yıllarda tüketimi yenilenebilir miktarın üzerindedir. Bu şekilde devam ettiğinde yakın gelecekte su kıtlığının en önemli sorunlardan biri olacağı öngörülmektedir. Dünyada kişi başına su tüketimi yılda ortalama 800 m³ civarındadır. Toplam dünya nüfusunun yaklaşık %20'sine karşılık gelen 1,4 milyar insan yeterli içme suyuna erişememektedir. Bazı tahminlere göre 3 milyardan fazla insanın 2025 yılında su kıtlığına maruz kalacağı öngörülmektedir. 2050 yılına gelindiğinde de 9 milyarın üzerinde olması beklenen dünya nüfusunun yaklaşık %40'ının su sıkıntısı çekeceği tahmin edilmektedir (WRG, 2009; WWAP, 2015).

1.1.2. Türkiye' de Su Kaynakları

Türkiye'nin yağış miktarı yılda ortalama 643 mm olup bu oran yıllık ortalama 501 km³ suya karşılık gelmektedir. Bu suyun 274 km³'lük kısmı buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönerken, 69 km³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 km³ kısmı ise akışa geçerek denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşmaktadır (DSİ, 2015).

Ayrıca sınırı aşan akarsular ile komşu ülkelerden ülkemize gelen 7 km³ su ile Türkiye'nin brüt su potansiyeli 193 km³ olmaktadır. Akiferleri besleyen 41 km³ su miktarı da eklenirse Türkiye'nin toplam yenilenebilir su kaynakları potansiyeli 234

km³ olmaktadır. Tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli ortalama yıllık toplam 112 km³ olup, 44 km³'ü kullanılabilir (KB, 2014; DSİ, 2015).

Ülkemiz topografik yapısına bağlı olarak 25 hidrolojik su havzasına ayrılmıştır. Bu havzaların toplam yıllık ortalama akışları 186 km³'tür. Su havzalarının her birinde yıllık yağış miktarı farklılık göstermektedir. Bu nedenle her havzanın su potansiyeli de farklıdır. Ülkemizin hidrolojik birim olarak 25 ana havzası (Şekil 3) ve bunların yıllık su verimleri Tablo 1 ve Tablo 2' de gösterilmiştir (Akın ve Akın, 2007; DSİ, 2015).



Şekil 3. Türkiye'nin havza haritası

Tablo 1. Havzalara göre yıllık ortalama yüzey suyu potansiyeli

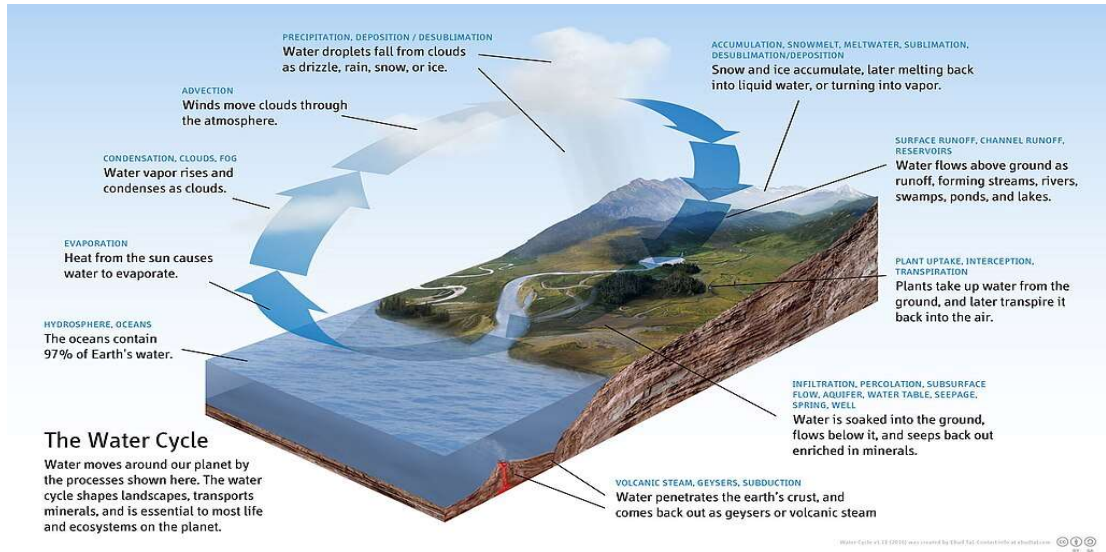
Havza No	Havzanın Adı	Havza Yağış alanı (km ²)	2020	
			Ortalama Yıllık Akış (km ³)	Potansiyel İştirak Oranı (%)
01	Meriç Ergene	14.486,0	1,7	0,9
02	Marmara	23.074,0	7,4	4,0
03	Susurluk	24.319,0	5,0	2,7
04	Kuzey Ege	9.861,0	2,0	1,1
05	Gediz	17.137,0	1,8	1,0
06	Küçük Menderes	6.963,0	0,6	0,3
07	Büyük Menderes	25.960,0	3,0	1,6
08	Batı Akdeniz	20.956,0	6,5	3,5
09	Antalya	20.249,0	12,9	7,0
10	Burdur Göller	6.294,0	0,2	0,1

Tablo 1 (Devamı). Havzalara göre yıllık ortalama yüzey suyu potansiyeli

Sıra No	Havza Adı	Yıllık Ortalama Yüzey Suyu Potansiyeli (mm)	Ortalama Yağış (mm)	Ortalama Akış (mm)
11	Akarçay	7.995,0	0,4	0,2
12	Sakarya	63.303,0	6,5	3,5
13	Batı Karadeniz	28.855,0	10,8	5,8
14	Yeşilirmak	39.595,0	7,0	3,8
15	Kızılırmak	82.181,0	7,0	3,8
16	Konya Kapalı	49.930,0	2,4	1,3
17	Doğu Akdeniz	21.150,0	7,6	4,1
18	Seyhan	22.035,0	6,2	3,3
19	Asi	7.886,0	1,8	1,0
20	Ceyhan	21.391,0	7,7	4,2
21	Fırat- Dicle	176.143,0	56,3	30,4
22	Doğu Karadeniz	22.846,0	16,4	8,9
23	Çoruh	20.248,0	7,0	3,8
24	Aras	27.775,0	4,5	2,4
25	Van Gölü	17.861,0	2,6	1,4
Toplam		778.493	185,37	100

1.2. Hidrolojik Döngü

Suyun buharlaşması ile okyanus ve denizlerden atmosfere, atmosferden yağışlarla yeryüzüne ve yeniden yüzeysel akışlarla deniz ve okyanuslara ulaşması süreci hidrolojik döngü (su döngüsü) olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4). Enerjisini güneşten alan bu döngünün bir başlangıç veya sonu olmaksızın atmosfer ve yeryüzü arasındaki devrimi devam etmektedir (Viessman ve Lewis, 2002; Oki ve Kanae, 2006).



Şekil 4. Su döngüsü

Yağış, yüzeysel ve yeraltı akışları ve buharlaşma hidrolojik döngünün ana unsurlarıdır. Bu döngü sayesinde su doğada yenilenebilir bir kaynak olarak dolaşmaktadır. Kullanılabilir ve ulaşılabilir tatlı su kaynaklarının kısıtlı olması ve son yıllarda bu sorunun daha fazla ortaya çıkması hidrolojik döngü üzerine yapılan çalışmalara daha çok önem verilmesine neden olmuştur (Gölpınar, 2017). Havzaların planlanması ve yönetilmesinde tüm hidrolojik döngü unsurlarının sayısallaştırılması oldukça zordur. Bu nedenle hidrolojik döngü unsurlarının belirlenmesi, değerlendirilmesi ve sonrasında su kaynaklarının planlanabilmesi için hidrolojik modeller geliştirilmiştir. Hidrolojik modeller sayesinde yüzeysel akış, infiltrasyon, evapotranspirasyon, yeraltı suyu, yüzey suyu kütleleri gibi hidrolojik döngü unsurları tahmin edilebilmektedir (Özdemir, 2016 & Yıldırmer, 2018)

1.3. Su Kalitesi Kavramı

Su kalitesi, suyun ihtiva ettiği ve kullanımını etkileyen tüm madde ve bileşiklerin etkilerini kapsayan bir kavramdır. Su kalitesi kavramı içme, kullanma, sulama, rekreasyon, enerji üretimi, endüstriyel kullanım gibi farklı kullanım alanlarına göre farklı kriterler içermektedir. Ancak genel anlamda bir tanımlama yapılacak olursa su kalitesi; suyun süspansiyon veya çözülmüş halde kapsadığı mineral ve organik maddelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bir fonksiyonu olarak 12 tanımlanabilir (Özyuvacı, 1993). Bu madde veya bileşikler sularda doğal olarak belli seviyelerde bulunabilirler. Ancak bu seviyeler bazen doğal olaylar ile çoğu zaman da insan etkinlikleri ile önemli ölçülerde değişebilmektedir. Su kalitesi kavramı suyun kullanım amacına göre değişiklik gösterdiğinden kalite sınıfını belirlemek için bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin saptanması gerekir (Görçelioğlu, 1995).

1.3.1. Su Kalitesi Sınıfları

Ülkemizde yüzeysel ve kıyı sularının su kalitesi sınıflarının belirlenmesi, izlenmesi ve korunmasına yönelik usul ve esasların belirlenmesi amacıyla 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmî Gazete’ de “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” yayınlanmıştır. Ancak, 15.04.2015 tarih ve 29327 sayılı Resmî Gazete ’de yayınlanan “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” uyarınca “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” içerdiği bazı

maddelerle beraber “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” olarak değiştirilmiştir. Bu yönetmeliğe göre yüzeysel sular; “yeraltı suları haricindeki bütün iç sular, geçiş suları ve kıyı suları” olarak tanımlanmıştır (YSKY, 2015). Yüzeysel sular olarak tanımlanan suların kalite sınıfları ve su kalitesi parametreleri 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmî Gazete ‘de yayınlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde belirtilmiştir. Ancak yönetmeliğin yüzeysel suların kalite sınıflandırmasını açıklayan maddesi 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmî Gazete ‘de yayınlanan “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” ne göre kaldırılarak bu yönetmelikte açıklanmıştır (YSKY, 2015). Yönetmeliğe göre yüzeysel sular, kalitelerine göre 4 ana sınıfa ayrılmıştır (tablo 2)

Sınıf I	Yüksek Kaliteli Su
Sınıf II	Az Kirlenmiş Su
Sınıf III	Kirli Su
Sınıf IV	Çok Kirlenmiş Su

Belirtilen su kalite sınıflarına göre su kalitesi parametreleri ve sınır değerleri Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2. Kıta içi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları ^(a)			
	I	II	III	IV
	Genel Şartlar			
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
		RES		
	RES	436 nm: 3	RES 436 nm:	RES
	436 nm: ≤ 1,5	RES	4,3	436 nm: >4,3
	RES	525 nm:	RES 525 nm:	RES
Renk (m ⁻¹)	525 nm: ≤ 1,2	2,4	3,7	525 nm: >3,7
	RES	RES	RES 620 nm:	RES
	620 nm: ≤ 0,8	620 nm:	2,5	620 nm: >2,5
		1,7		
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	< 6,0 veya > 9,0
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
Yağ ve Gres	Yüzer halde yağ, katran gibi sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.			-
	(A) Oksijenlendirme Parametreleri			
Oksijen doygunluğu (%) ^(b)	>90	70	40	<40

Tablo 2 (Devam). Kıta içi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^(b)	> 8	6	3	<3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	<25	50	70	> 70
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	<4	8	20	> 20
B) Nurten (Besin Elementleri) Parametreleri				
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L) ^(c)	< 0,2	1	2	> 2
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 5	10	20	> 20
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	< 0,01	0,06	0,12	> 0,3
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L)	< 0,5	1,5	5	> 5
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,03	0,16	0,65	> 0,65
C) İz Elementler (Metaller) ve İnorganik Kirlilik Parametreleri				
Alüminyum (mg Al/L)	≤ 0,3	≤ 0,3	1	> 1
Arsenik (µg As/L)	≤ 20	50	100	> 100
Bakır (µg Cu/L)	≤ 20	50	200	> 200
Baryum (µg Ba/L)	≤ 1000	2000	2000	> 2000
Bor (µg B/L)	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000	> 1000
Civa (µg Hg/L)	≤ 0,1	0,5	2	> 2
Çinko (µg Zn/L)	≤ 200	500	2000	> 2000
Demir (µg Fe/L)	≤ 300	1000	5000	> 5000
Florür (µg F ⁻ /L)	≤ 1000	1500	2000	> 2000
Kadmiyum (µg Cd/L)	≤ 2	5	7	> 7
Kobalt (µg Co/L)	≤ 10	20	200	> 200
Krom (µg Cr+6/L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
Krom (toplam) (µg Cr/L)	≤ 20	50	200	> 200
Kurşun (µg Pb/L)	≤ 10	20	50	> 50
Mangan (µg Mn/L)	≤ 100	500	3000	> 3000
Nikel (µg Ni/L)	≤ 20	50	200	> 200
Selenyum (µg Se/L)	≤ 10	≤ 10	20	> 20
Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	≤ 10	≤ 10	50	> 50
Siyanür (toplam) (µg CN/L)	≤ 10	50	100	> 100
Sülfür (µg S=/L)	≤ 2	≤ 2	10	> 10
Tehlikeli maddeler	Tehlikeli maddeler ve bu tabloda verilmeyen diğer kirleticiler konuyla ilgili ülke envanteri (referans değerler) oluşturulduktan sonra, 1 Ocak 2016'den itibaren değerlendirilecektir.			
D) Bakteriyolojik Parametreler				
Fekal koliform (Membran)	≤10	200	2000	> 2000
Toplam koliform (Membran)	≤100	20000	100000	> 100000

(a) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

I. Sınıf- Yüksek kaliteli su (Tüm parametrelerin I. sınıf su kalitesi değerinde olması “Çok İyi” su durumunu ifade etmektedir);

1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları,

2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,

3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,

4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

II. Sınıf- Az kirlenmiş su (I. ve II. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “İyi” su durumunu ifade etmektedir);

1) İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları,

2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,

3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,

4) Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

III. Sınıf- Kirlenmiş su (II. ve III. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “Orta” su durumunu ifade etmektedir); Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,

IV. Sınıf- Çok kirlenmiş su (III. ve IV. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “Zayıf” su durumunu ve tüm parametrelerin IV. Sınıf su kalitesi değerinde olması “Kötü” su durumunu ifade etmektedir); III. sınıf için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yerüstü suları.

(b) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0,02 mg NH₃ – N/L değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

1.3.2. Su Kalitesine Etki Eden Faktörler

Doğal faktörler ve insan etkinlerinin su kalitesi üzerinde etkileri vardır. Su kaynaklarının yönetimi için öncelikle kalitesine etki eden faktörlerin bilinmesi gerekmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Su kaynağının şeklide kalitesinin etkilenme durumunun boyutunda farklılık göstermektedir. Örneğin kimyasal bir

madde kirliliği yüzeysel sularda kontrol altına alınabilir, ancak yeraltı suyuna karışması halinde bertaraf edilmesi oldukça zordur.

1.3.2.1. Doğal Faktörler

İnsan etkisinin az ya da hiç olmadığı doğal alanlarda su kalitesi iklimik, jeolojik, fizyografik, edafik ve orman etkisi gibi faktörlerden etkilenir. Bu etkiler zamansal ve mekânsal olarak farklılık göstermektedir.

1.3.2.2. İnsan Faaliyetlerinin Etkileri

Ormanlık su havzalarında odun üretimi, silvikültürel müdahaleler, rekreasyon faaliyetleri, otlatma gibi insan müdahaleleri su kalitesi üzerinde etkili olabilmektedir. Ayrıca orman yangınları da vejetasyonun su kalitesine olumlu etkisini ortadan kaldırmanın yanı sıra toprak örtüsünü erozyona maruz bırakarak akarsulardaki askıda katı madde miktarını arttırabilir (Bren, 2015).

1.4. Kültür Balıkçılığı ve Türkiye Su Ürünleri Üretiminde Yeri

Su ürünleri üretimimiz geçmişte avcılık karakterli olmasına karşın, su ürünleri yetiştiriciliğinin üretimdeki payı yıllar içinde artış göstermiştir. Türkiye’de son yıllarda yetiştiricilik sistemlerinde önemli gelişmeler olmuş, denizlerdeki balık çiftliklerinin açık ve derin sulara taşınması buradaki şartlara uygun yeni tekniklerin kullanılmasını zorunlu kılmış, buna bağlı olarak kafes boyutlarında ve yapılarında, ağ sistemlerinde, yemleme sistemlerinde dünya standartlarının üzerinde bir teknoloji uygulanarak iyileştirmeye gidilmiştir (Bilgüven ve Can, 2018). Türkiye’de 1985 yılında başlayan kültür balıkçılığında, üretilen 165 bin ton ürünün 80 bin tonu levrek ve çipura gerisi alabalıktır. Türkiye’de yıllık üretimin %80’i avcılık, %20’si yetiştiricilikten sağlanır. Türkiye dünyada 29. Avrupa’da 5. sıradadır.

1.5. Baraj Göllerinde Ağ Kafeslerdeki Üretim Hakkında

Ülkemizde iç sular kafes kültürü için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Ancak, su kütesinin sürdürülebilir kullanımını garanti altına alınarak ve diğer kullanım alanlarını kısıtlamadan iç sularda yetiştiricilik sektörünün gelişmesi, bu alanda çalışan araştırmacıların, kamu kuruluşlarının, sivil toplum örgütlerinin ve

yetiştiricilerin sorumluluğu altındadır. İ sularında kafes kültürünün çevresel etkisini tahmin etmek için model kullanımı veya bir diğer ifadeyle i suların taşıma kapasitesinin belirlenmesi sorumlu sürdürülebilir balıkçılığın gelişiminde başlangıç aşaması olarak kabul edilmelidir. Yetiştiricilik yoluyla yapılan üretim 2023 yılında 399 bin 529 tonu (%72,1) denizlerde, 154 bin 333 tonu (%27,9) i sularında gerçekleşti. Yetiştirilen en önemli balık türleri i sularında 154 bin 6 ton ile alabalık, denizlerde ise 160 bin 802 ton ile levrek ve 154 bin 11 ton ile ipura oldu.

Artvin ili de Deriner barajında 30 proje (10.000 ton/yıl kapasite) Borçka barajında 11 adet proje (6.000 ton/yıl kapasite), Hopa ilçesinde denizde 6 adet (19.000 ton/yıl kapasite), Arhavi ilçesinde denizde 3 adet (8.000 ton/yıl kapasite) toplamda 43.000 ton/yıl kapasiteye sahip sadece ağ kafes tesisi projeleri mevcuttur.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanı

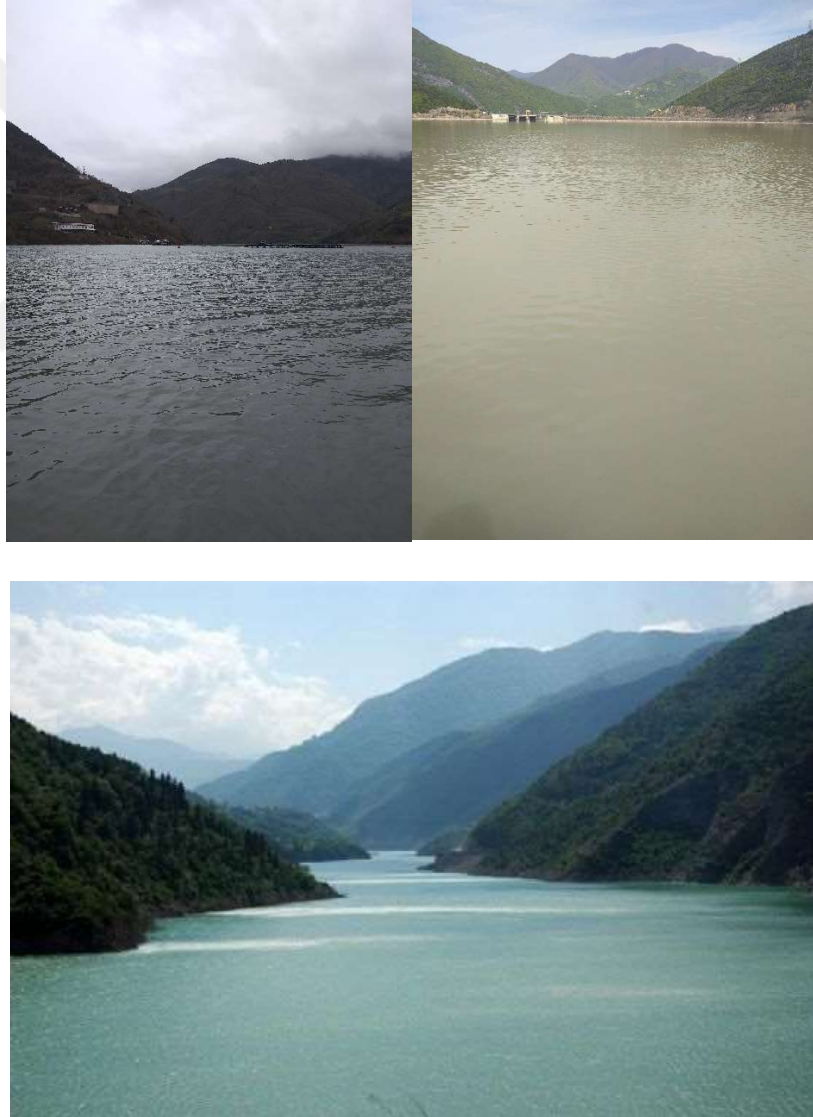
Çalışma alanı olan Borçka Barajı, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde olup, aşağı Çoruh Nehri Havzası'nda $41^{\circ} 03' 99''$ - $41^{\circ} 21' 10''$ kuzey enlemleri ile $41^{\circ} 26' 57''$ - $41^{\circ} 55' 26''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 6). Havzanın toplam alanı 867 km^2 'dir. Yağış havzası kuzey-güneybatı istikametinde uzanmakta olup, tamamına yakını Artvin ili Borçka, Murgul ve merkez ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır.



Şekil 5. Çalışma alanının genel konumu ve görünümü

Borçka Barajı, Artvin'de, oruh Nehri üzerinde, enerji üretmek amacıyla 1998-2005 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 7.785.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 86,00 m., normal su kotunda göl hacmi 419,00 hm³, normal su kotunda göl alanı 10,84 km²'dir. Baraj 300 MW güç ile yıllık 1.039 GWh'lik enerji üretmektedir.

Borçka Barajında kafes tipi kültür balıkçılığı yapılmaktadır. Toplam on bir adet tesis olan baraj da 2014 yılında 740 ton, 2018 yılında 3.500 ton 2023 yılında ise 4.500 ton üretim yapılmıştır. Göl kano, yelken, kürek, su bisikleti, tekne turları gibi alanlar için uygun durumdadır. (DSİ, 2016)



Şekil 6. Çalışma alanından bazı görüntüler

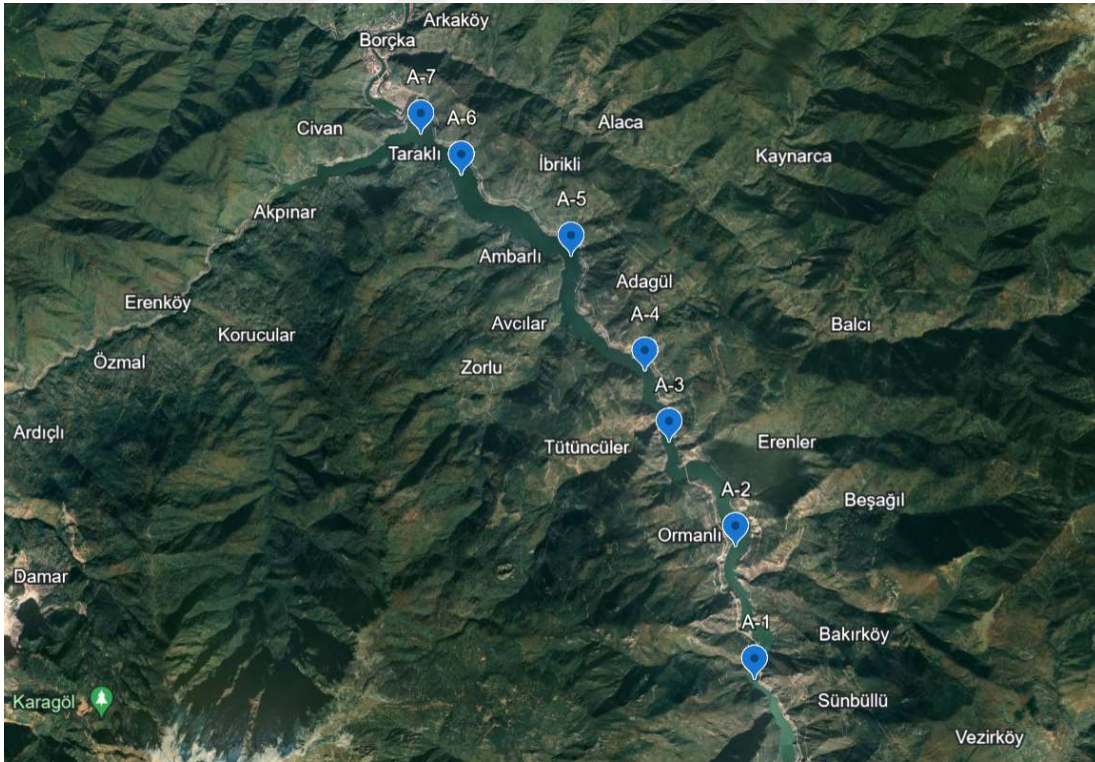
2.2. Yöntem

2.2.1. Arazi Çalışmaları

Borçka Barajı Havzası içerisinde bulunan Kültür Balıkçılığın çevresel etkileşimini ve su kalitesi parametrelerinin hesaplanabilmesi amacıyla Şekil 7’de gösterilen baraj rezervuarından belirlenen toplam 7 örnekleme noktasında Şubat 2023 – Ocak 2024 tarihleri arasında 12 ay boyunca aylık olarak ölçümler yapılmıştır.

2.2.1.1.Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi

Çalışma alanımız olan Borçka Barajı’nın su kalitesi ve parametre verilerinin tespiti ve izleme çalışmalarının yürütülmesi amacıyla 7 örnekleme noktasından hem kültür balıkçılığı üretim tesisleri girişlerinden hem de çıkışlarından olmak üzere noktalar belirlenmiştir.



Şekil 7. Örnekleme noktaları

2.2.1.1.1. Borçka Barajı rnekleme Noktaları

Borçka barajında yapılan Kültür balıkçılık üretime istinaden, barajı besleyen Deriner Barajı'ndan gelen su, Hatila vadisi deresi, Sümbüllü ky Deresi, HES Santrali, Tütüncüler ky Deresi, İbrikli Ky Deresi, Adagl Ky Deresi ve Murgul İlçesinden gelen ve baraja karışan suların ölçüm esnasında taşıdığı alüvyonlar, katı maddelerinde hesaplanması üzerine 7 ayrı noktadan kültür balıkçılığı yapılan tesislerin giriş ve ıkışları da dahil edilip örnekleme noktaları belirlenmiş ve numuneler aşağıda belirtilen noktalardan 7 metre derinlikten alınmıştır.

Tablo 3. Borçka barajı örnekleme noktaları

NUMUNE NO	ALINAN TESİS NO	ADI	KOORDİNAT LARI	YSİ Professional Plus cihazı ile yapılan lmler	Test Kitleri ile yapılan lmler
1	A-1	Hatila Vadisi ıkış	41°13'49"N 41°46'53"E	X	X
2	A-2	nder Balık Tesis Girişi	41°15'27"N 41°46'34"E	X	X
3	A-3	Ayder Yem Balık retim Tesis ıkış	41°16'46"N 41°45'28"E	X	X
4	A-4	Kuzuoğlu Su rnleri Tesis Girişi	41°17'39"N 41°45'04"E	X	X
5	A-5	Aydersom Su rnleri Tesis Girişi	41°19'05"N 41°43'50"E	X	X
6	A-6	İbrikli İskele Karış	41°20'08"N 41°42'00"E	X	X
7	A-7	Murgul Havzası Birleşim Noktası	41°20'36"N 41°41'20"E	X	X

2.2.2. Su Kalitesi Parametreleri

Su kalitesini etkileyen belirli parametreler vardır. Bunları fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak sınıflandırmak mümkündür. Çoğu ülke bu parametrelerin suyun kullanım alanına göre üst sınır değerlerini belirleyerek standart kabul oluşturmuşlardır.

Aşağıda bu tez çalışması kapsamında incelenen su kalite parametreleri izah edilmiştir.

2.2.2.1. Fiziksel Parametreler

2.2.2.1.1. Su Sıcaklığı

Su sıcaklığı, su ve sudaki canlıların kimyasal ve biyolojik faaliyetlerini etkileyen önemli bir parametredir. Sıcaklığa bağlı olarak değişen oksijen miktarına bağlı olarak sudaki canlıların biyolojik aktiviteleri önemli ölçüde etkilenmektedir (Özyuvacı, 1993). Akarsulardaki su sıcaklığı rakım, iklim, akarsu debisi, yeraltı sularından beslenmesi durumunda yeraltı suyu sıcaklığı faktörü gibi değişkenlerden etkilenmektedir (EPA, 2017). Ancak bu gibi doğal faktörlerin dışında su sıcaklığı insan faaliyetleri sonucu yapay yollardan da etkilenmektedir. Evsel atık suları, endüstriyel kullanım atık ve soğutma suları bırakıldığı alıcı ortamdaki suyun sıcaklığında değişime neden olmaktadır. Bu değişim sucul canlıları etkilemenin yanı sıra su kalitesinde de bozulmalara neden olarak ekosistemi olumsuz etkilemektedir

2.2.2.1.2. pH

Su içerisinde bulunan hidrojen iyon konsantrasyonunun nicel bir ifadesi olan pH, suyun asidik veya baziklik derecesini gösteren önemli bir su kalitesi parametresidir. pH ölçü değerleri 0-14 arasındadır. Bu skalaya göre pH değeri 7 olan su nötr olarak kabul edilir. Bu değere sahip olan sularda hidrojen (H⁺) ve hidroksil (OH⁻) iyonları denge halindedir. H⁺ iyon konsantrasyonunun artması ile suyun pH değeri düşer ve asidite olur. OH⁻ iyon konsantrasyonunun artması ile de suyun pH değeri yükselerek alkali özellik kazanır (Güler, 1997). Doğal ve kaliteli içme sularındaki pH değeri 6,5- 8,5 arasında uygun görülmektedir (YSKY, 2015).

2.2.2.1.3. Elektriksel İletkenlik

İletkenlik, suyun içerdği tuzların veya çözünebilir maddelerin konsantrasyonuna bağlı olarak elektrik akımını iletebilme özelliğidir. Suyun içerdği bu maddelerin konsantrasyonu jeolojik yapıya ve yağış miktarına bağlı olarak değişiklik göstermekle beraber sıcaklık artışına paralel olarak arttığı bilinmektedir (Tepe, 2009). Sıcaklık artışı suda çözünebilir maddelerin konsantrasyonunu arttırdığından elektriksel iletkenliği de arttırmaktadır. Elektriksel iletkenlik değerinin tatlı sularda 10-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değiştiği ve kirlenmiş sularda bu değer 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'nin üzerine çıktığı belirtilmektedir (Chapman, 1996; Tanyolaç, 2011).

2.2.2.1.4. Tuzluluk

Tuzluluk, toprak ve kayaçların yapısında bulunan çözünebilir tuzların sudaki konsantrasyonu olarak ifade edilmektedir. Tuzluluk iç sularda dört katyon grubu (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) ve dört anyon grubundan (HCO_3^- , CO_3 , SO_4 , Cl^-) oluşur. Tuzluluk doğal sularda 5 ppt, deltalarda 5-30 ppt ve denizlerde 30 ppt seviyelerinde bulunmaktadır (Çiftçi, 2015)

2.2.2.1.5. Çözünmüş Oksijen

Suyun ihtiva ettiği çözünmüş oksijen sucul canlılar için hayati taşımaktadır. Sudaki konsantrasyonu basınç, sıcaklık, tuzluluk gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Tanyolaç, 2011). Çözünmüş oksijen sudaki organik kirlenmelerin giderilmesinde öncül etki göstermektedir. Yüksek organik madde içeren evsel veya endüstriyel atık deşarjlarının karıştığı sularda çözünmüş oksijen miktarı organik maddelerin oksidasyonunu için yetersiz kalabilmektedir. Oksijen seviyesinin çok düşmesi anaerobik durumun meydana gelmesine yol açar ve diğer canlıların yaşam alanları ortadan kalkar (Özyuvacı, 1993). Doğal tatlı sularda çözünmüş oksijen konsantrasyonu 8-14 mg/l arasında değişir. Bu değer 5 mg/l'den düşük olması canlılar için toksik etki oluşturmaktadır. İçme sularında da sağlığa olumsuz bir etkisi bulunmamakla beraber suyun tadında etkilidir (Chapman, 1996).

2.2.2.1.6. Askıda Katı Madde

Su içerisindeki çökebilir veya süspansiyon halde bulunan maddeler askıda katı madde (AKM) olarak ifade edilir. İnsanların aktiviteleri ve erozyon, sel, taşkın, heyelan gibi doğal çevresel faktörler sonucu yüzey sularının askıda katı madde miktarında artış olabilir (Yang, 1996). Önemli bir su kalitesi parametresi olan AKM, güneşten gelen enerjinin su içerisine geçişini engelleyerek karbondioksit ve oksijen dengesini bozmakta ve su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Sularda belirli bir miktarın üzerinde bulunması fiziksel kirlenmeye de sebebiyet vermektedir. Bu yönüyle de yine su kalitesini olumsuz yönde etkileyen suyun bulanmasına, ışık geçirgenliğinin ve oksijen miktarının azalmasına yol açmaktadır. Akarsularda askıda katı madde debiye ve tanecik boyutuna bağlı olarak havza boyunca taşınır. Akarsuların taşıdığı askıda 19 katı madde yükünün bilinmesi ve ileriye yönelik tahminlerinin yapılması havza yönetim çalışmaları ve planlamaları açısından büyük önem taşımaktadır (Sivakumar, 2006; Güngör, 2011; Yıldırım 2018)

2.2.2.2. Kimyasal Parametreler

2.2.2.2.1. Nitrat Azotu (NO₃-N)

Nitrat sularda azot bileşiklerinden biri olarak bulunan önemli bir su kalitesi parametresidir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Doğal sularda bulunan nitrat hayvansal ve bitkisel atıkların ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden, tarımsal amaçlı nitrat içeren gübrelerin çözünerek suya karışmasından, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucu azotun azot oksitlere dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Doğal olarak sularda azotun yaygın bir formu olarak az miktarda nitrat bulunabilir ve bu bazı bitkiler için önemli bir azot kaynağıdır (Güler, 1997). Ancak sularda 5 mg/l'den fazla nitrat içeriği kirlenme göstergesi olabilir. Akarsularda nitrat azotunun 4,2 mg/l'yi geçmesi bazı balık türlerinin yaşamını etkilemektedir. İçme sularında ise 45 mg/l'yi geçmesi insan sağlığı açısından tehlike oluşturmaktadır (Özyuvacı, 1993).

2.2.2.2.2. Orto-fosfat (PO₄-P)

Fosfor doğal sularda fosfatlar halinde bulunur. Mikroorganizmaların büyümesi için gerekli temel elementlerden birisi olduğundan sucul ortamda fazlalığı halinde ötrofikasyona sebebiyet vermektedir (Harper, 1992). Fosfor önemli bir kirlilik göstergesidir ve doğal olarak sularda bulunması havzanın jeolojik yapısına göre sınırlı bulunmaktadır. Kirlilik oluşturacak düzeydeki kaynağı evsel ve endüstriyel atık deşarjından kaynaklanmaktadır. Özellikle atık sulardaki deterjan içeriği fosfor miktarında etkili olmaktadır (Chapman, 1996).

2.2.2.2.3 Alkalinite

pH değışikliklerini düzenleyen ve pH değışimine gösterilen sudaki direncin ölçüsüdür. Alkalinitenin 180 ppm'den yüksek olması durumunda; yüksek pH 'da havuz suyunda oluşabilecek problemlere ek olarak, pH' nın ayarlanması zorlaşır ve su bulanıklaşır. Alkalinitenin 30 ppm'den düşük olması durumunda; düşük pH 'da havuz suyunda oluşabilecek problemlere ek olarak, pH ayarlanması zorlaşır ve su yeşillenir. Sağlık Bakanlığınca ideal havuz suyu alkalinitesi 30- 180 ppm arasında olması istenir.

2.2.2.3. Su Kalitesi Parametrelerinin Ölçümü

Belirlenen ölçüm noktalarında sıcaklık, oksijen, İletkenlik, çözünmüş oksijen (DO) miktarı değerleri arazide HQ40D YSI Professional Plus HQ40D ölçüm cihazı ile tespit edilirken, Askıda katı madde (AKM), Fosfat (PO₄-P), Nitrat Azotu (NH₃-N), Nitrit Azotu (NO₂ – N) parametreleri Hach DR2800, Toplam Fosfat ölçümleri de Hach Lange LT 200 ölçüm cihazı ile laboratuvarında ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 8. Ölçüm cihazları

2.2.2.4. Su Örnekleri Alınması

Ölçüm yapılan noktalardan litrelik amber beyaz polietilen kaplar içinde alınan su numuneleri laboratuvar ortamına aynı gün içinde getirilmiştir. Su örnekleri alınırken su numune kabı en az üç defa numune alınan yerdeki su ile çalkalandıktan sonra su yüzeyinin en az 6-7 metre altından daldırma yöntemi ile numune alınmıştır. Örnekler, laboratuvarda buzdolabına konulana kadarki transfer sürecinde içerisindeki biyokimyasal reaksiyonları minimum seviyede tutmak, sıcak havalarda güneş ışığına maruz bırakmamak ve ısınmaya karşı korumak için soğuk taşıma çantasında muhafaza edilmiştir.

2.2.3. Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

2.2.3.1. Su Örneklerinin Analizi

2.2.3.1.1. Yerinde Ölçülen Fiziksel Ölçümler

Belirlenen ölçüm noktalarında HQ40D YSI Professional Plus HQ40D ölçüm cihazı ile su sıcaklığı, TDS, Çözünmüş oksijen, Seki diski mesafesi (ışık geçirgenliği) değerleri birebir sahada ölçümleri yapılmıştır.

2.2.3.1.2. Spektrofotometre İle Yapılan Ölçümler

Kimyasal su kimyasal parametrelerinden Fosfat (PO_4-P), Nitrat Azotu (NH_3-N), Nitrit Azotu (NO_2-N) ve Toplam Fosfor (To-P) testleri Recep Tayyip ERDOĞAN Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kimyası Laboratuvarında Hach Lange LT 200 termoreaktörü ve Hach DR2800 model spektrofotometre kullanılarak yapılmıştır. Toplam fosfor küvet testlerinde spektrofotometre okumasından önce numune hazırlık aşamasında yakma işlemine tabi tutulması gerekmektedir (H-LANGE, 2014). Bunun için ilgili küvet testin yöntemine göre hazırlanan numuneler Hach Lange marka LT200 model termoreaktörde Hach Lange uygulama prosedüründe belirtilen sıcaklık ve sürede yakma işlemine tabi tutulmuştur (H-LANGE, 2014). Diğer parametreler olan fosfat, nitrit ve nitrat analizlerinde ise su numuneleri filtrasyon sonrası spektrofotometrik ölçümlere tabi tutulmuşlardır.

2.2.4. Ekolojik Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi

Bu çalışmada Vollenweider (1968) tarafından önerilen ve Dillon and Rigler (1974) tarafından geliştirilmiş olan fosfor yüklenmesi modeli kullanılmış olup; göl hacmi, suyun yenilenme süresi, göle giren fosfor miktarı, fosforun sedimentte tutulan miktarı ve göldeki toplam fosfor derişimi ile ilişkili olarak aşağıda verilen formül temel alınarak tahmin edilmiştir. Model balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan fosfor yüklenmesine uygulanırsa, aşağıdaki model ortaya çıkmaktadır:

$$\Delta[P] = \frac{Lt - (1 - R_s)}{z \cdot \rho} \rightarrow Lt = \frac{\Delta[P] \cdot z \cdot \rho}{1 - R_s} \quad (1)$$

Burada, Lt: Baraj gölleri yoğun balık kültürü için taşıma kapasitesi (mg/m^2 yıl), $\Delta[P]$: Kabul edilebilir maksimum fosfor derişimi [Pf] ile kafes kültüründen önceki fosfor derişimi [Pi] arasındaki fark (mg/m^3), z (V/A) gölün ortalama derinliği [göl hacminin göl yüzey alanına oranı] (m), ρ = Göl suyu yenilenme süresi (1/yıl), Rb: Yoğun balık kültüründen çökelen fosforun sedimentte tutulan kısmıdır. Ilıman bölgelerde su kütlesine giren fosforun ölçümünde mevsim dönüşlerinde taşınan veya ölçülen değerler dikkate alınırken entansif alabalık yetiştiriciliği açısından müsaade edilebilir toplam fosfor yükü olarak $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmektedir.

3. BULGULAR

3.1. Su Kalitesi Parametreleri

Bu çalışmada incelenen su kalitesi parametrelerinin zamana ve mekâna bağlı değişimlerini göstermek üzere hazırlanmış grafikler yer alan kısaltmalar ve numaralandırmalar ana çalışma alanı olan Borçka Baraj gölünde alınan numune noktalarına göre A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7 olarak adlandırılmıştır. Grafik ve Tabloda gösterilen parametrelere ait değerler aylık değişimi göstermektedir.

3.1.1. Su Sıcaklığı

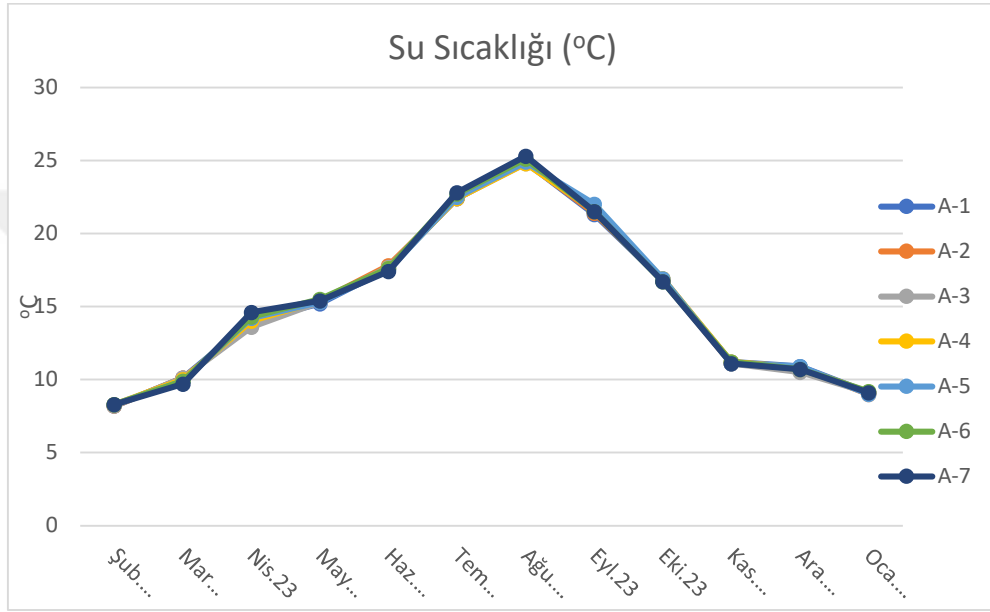
Çalışma alanında yer alan ölçüm noktalarındaki su sıcaklığının aylara göre değişimi ve değerleri Şekil 9’ da ve Tablo 4 ‘te gösterilmiştir.

Tablo 4. Borçka baraj göletine ait bu sıcaklığı değerleri (°C)

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	8,2	10,1	14	15,2	17,6	22,4	24,9	21,3	16,8	11,2	10,9	9,1
A-2	8,2	10,1	13,7	15,4	17,8	22,4	24,9	21,4	16,8	11,1	10,8	9
A-3	8,2	10,1	13,6	15,3	17,7	22,4	24,8	21,6	16,9	11,1	10,5	9,1
A-4	8,3	10	14	15,4	17,6	22,4	24,8	21,6	16,9	11,2	10,8	9,1
A-5	8,3	9,9	14,2	15,3	17,5	22,5	24,9	22	16,9	11,1	10,9	9
A-6	8,3	9,9	14,3	15,5	17,6	22,7	25,1	21,5	16,7	11,2	10,7	9,2
A-7	8,3	9,7	14,6	15,4	17,4	22,8	25,3	21,5	16,7	11,1	10,7	9,1

Genel olarak bu grafikler irdelendiğinde, mevsimsel olarak sıcaklığın baraj havzası boyunca ölçüm yapılan yerlerde birbirine paralel olarak gittiği, sıcaklık değerlerinin en yüksek ay olan Ağustos ayı 25 °C, Şubat Ayı 8,2 °C olup yıl boyunca ortalama sıcaklık 15,2 °C olarak hesaplanmıştır. Su sıcaklığının özellikle yaz dönemlerinde daha fazla yükselmemesinin yegâne sebebi Borçka Barajını besleyen Deriner Barajının yaklaşık 80 metre dipten elektrik üretmek için su vermesi ve çıkan su sıcaklığının 7-8 °C olduğu bilinmektedir. Bu da Borçka barajının sıcaklığının özellikle yaz aylarında belli bir dereceye kadar ısınmasına sebep olmaktadır. Aksi takdirde Samsun İli Bafra İlçesinde bulunan Altınkaya Barajı gibi 30 °C'lere kadar çıkmasına ve Kültür Balıkçılığı açısından olumsuzluklar oluşabileceği bilinmektedir.

Su sıcaklığı, su ve sudaki canlıların kimyasal ve biyolojik faaliyetlerini etkileyen önemli bir parametredir. Sıcaklığa bağlı olarak değişen oksijen miktarına bağlı olarak sudaki canlıların biyolojik aktiviteleri önemli ölçüde etkilenmektedir (Özyuvacı, 1993). Ölçüm noktalarındaki sıcaklık değerleri bağlamında Alabalık yetiştiriciliği su kalite kriterleriyle karşılaştırıldığında Borçka barajında Temmuz-Ağustos aylarında sınır değerlerin aşıldığı görülmektedir.



Şekil 9. Su sıcaklığı

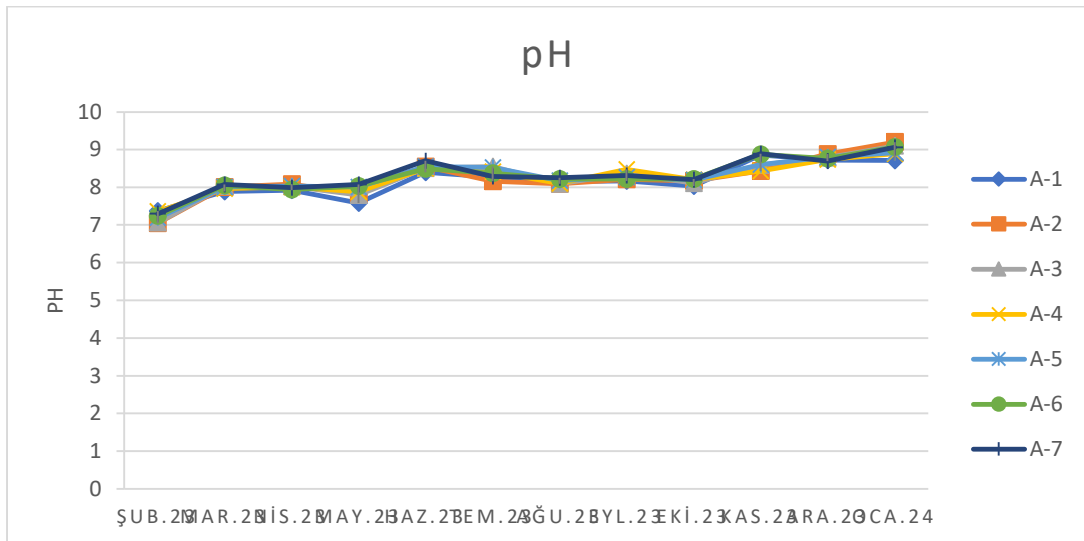
3.1.2. pH

Doğal ve kaliteli içme sularındaki pH değerinin Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne ve Dünya Sağlık Örgütü'ne göre 6.5-8.5 arasında olması ön görülmektedir (WHO, 2011; YSKY, 2015). Çalışma alanında yer alan ölçüm noktalarındaki pH değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 10'da ve Tablo 5'da gösterilmektedir.

Tablo 5. Borçka baraj göletine ait pH değerleri

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	7,37	7,89	7,92	7,58	8,4	8,27	8,15	8,17	8,03	8,86	8,72	8,71
A-2	7,05	8,01	8,08	7,82	8,55	8,16	8,09	8,21	8,17	8,43	8,88	9,2
A-3	7,06	8,03	8,02	7,79	8,51	8,55	8,09	8,36	8,11	8,59	8,79	9,1
A-4	7,36	7,96	8,01	7,88	8,5	8,41	8,1	8,47	8,2	8,43	8,74	8,89
A-5	7,19	8,01	8,03	8,01	8,55	8,52	8,18	8,27	8,19	8,6	8,8	8,92
A-6	7,24	8,05	7,94	8,03	8,49	8,37	8,22	8,22	8,22	8,87	8,76	9,07
A-7	7,3	8,07	7,99	8,07	8,7	8,29	8,25	8,31	8,2	8,89	8,69	9,06

Borçka baraj gölünde suların hafif-bazik özellik gösterdiği, şubat ayından sonra bu değerlerin arttığı gözlemlenmiştir. Maksimum pH değeri 2024 Ocak ayında A-2 noktasında 9,2 ölçülürken, en düşük değer 2023 Şubat ayında A-2 noktasında 7,05 olarak ölçülmüştür. Genel ortalama 8,3 olarak tespit edilmiştir. Veriler incelendiğinde pH değerleri genel olarak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre "I. SINIF" su kalitesi sınıfına girmektedir. Doğal yüzeysel sulara pH değerinin genellikle 5 – 9 arasında, yeraltı sularında pH değerinin 7'den küçük (hafif asidik özellikte) olduğu, yüzeysel suların genellikle pH değeri 8'den büyük bazik özellikte olduğu ve bazik suların daha verimli olduğu bildirilmektedir (Güler, 1997).



Şekil 10. pH değerleri

3.1.3. Elektriksel İletkenlik

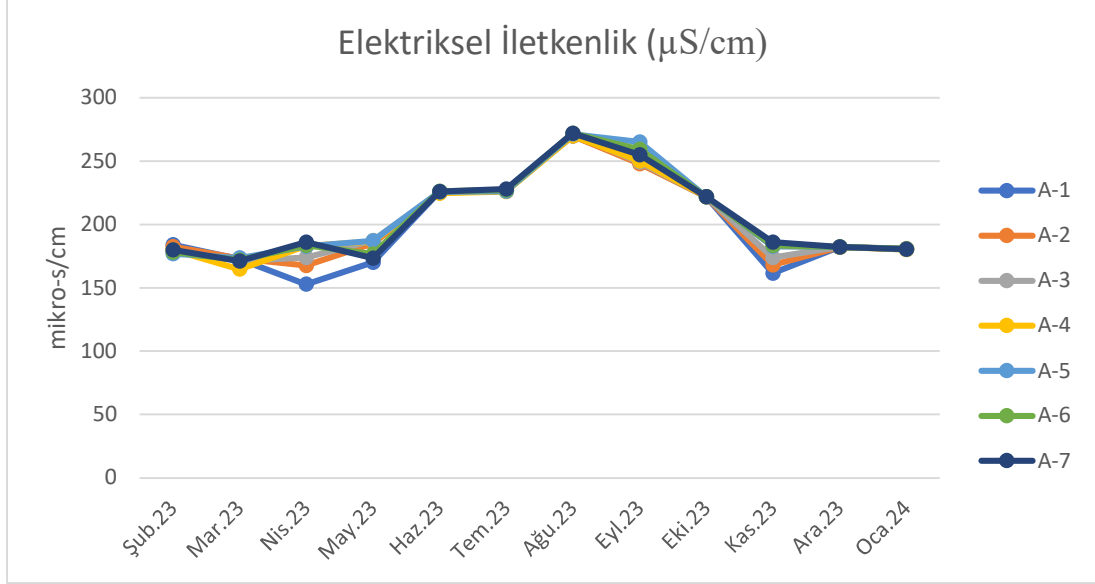
Sulardaki elektriksel iletkenlik, su sıcaklığına ve sudaki toplam iyon yoğunluğuna bağlıdır. Sudaki iyon yoğunluğu da tuzluluk miktarına, dolayısı ile jeolojik etmenlere ve arazi kullanımına bağlı dışarıdan gelen etmenlere bağlıdır (Chapman, 1996). Çalışma alanındaki elektriksel iletkenlik değerlerine ait grafikler Şekil 11’de ve Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Ölçüm noktalarında tespit edilen elektriksel iletkenlik değerleri

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	184	172,6	152,8	170	226	227	270	249	221,9	161,4	182,1	180,5
A-2	182,4	173,2	167,6	185	225	226,8	270	248	221,8	168,1	182	181
A-3	179,6	171,3	173,9	187,3	225,4	226,5	271	249,1	222	173,9	182,2	180,3
A-4	180	164,7	182,9	186,4	224,6	226	270	250,3	221,9	183	182,1	180,1
A-5	177	173,6	182,7	187,1	225,7	226,3	271,3	265	222	182,6	182,1	180,6
A-6	178,2	171,9	183,5	176,7	226,1	227,1	272	259,2	221,9	183,5	182,3	180,7
A-7	180	171,2	185,9	173,3	225,9	228	272	255	221,8	185,9	182,3	180,4

Sıcaklığın artışı ile sudaki çözülmüş madde ve tuzluluk miktarı artacağından elektriksel iletkenlik de artacaktır. Grafikte de görüldüğü üzere en düşük değer 152,8 $\mu\text{s/cm}$ A-1 noktası hem suyun giriş tarafı hem de Hatila vadisinden gelen dere ile eriyen karların soğuk suyu baraj suyuna taşınması ile elektriksel iletkenlik düşmektedir. En yüksek değer ise Ağustos ayın da suların ısınmasıyla beraber 271,3 $\mu\text{s/cm}$ ile A-5 noktasıdır. Genel ortalama 203 $\mu\text{s/cm}$ ’dir. Daha önce yapılan çalışmalarda Murgul Deresi Havzası incelendiğinde membadan mansaba hem sıcaklık artışına bağlı hem de arazi kullanımına bağlı iletkenlik artışı rahatça A-7 noktasında görülmektedir (Yıldırım, 2018). Bunun sebebi olarak maden sahasının bu havzada olması ileri sürülmektedir. Maden sahasından gelen atık suların göle karışımının sudaki çözülmüş madde derişimini arttırmasının etkisi de görülebilmektedir. Zira, elektriksel iletkenliğin çözülmüş madde miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir (Chapman, 1996). Diğer yandan elektriksel iletkenliğin sudaki çözülmüş madde miktarı ve kirlilik düzeyi hakkında bilgi verebilecek bir gösterge olabileceği belirtilmektedir (Taşdemir ve Göksu, 2001).

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre "I. SINIF" kalitedeki suların elektriksel iletkenlik değeri 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ altında olmalıdır Ortalama Borçka barajının değerine bakıldığında 271,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile "I. SINIF" su kalitesinde olduğu söylenebilir.



Şekil 11. Elektriksel İletkenlik

3.1.4. Çözünmüş Oksijen (mg/L)

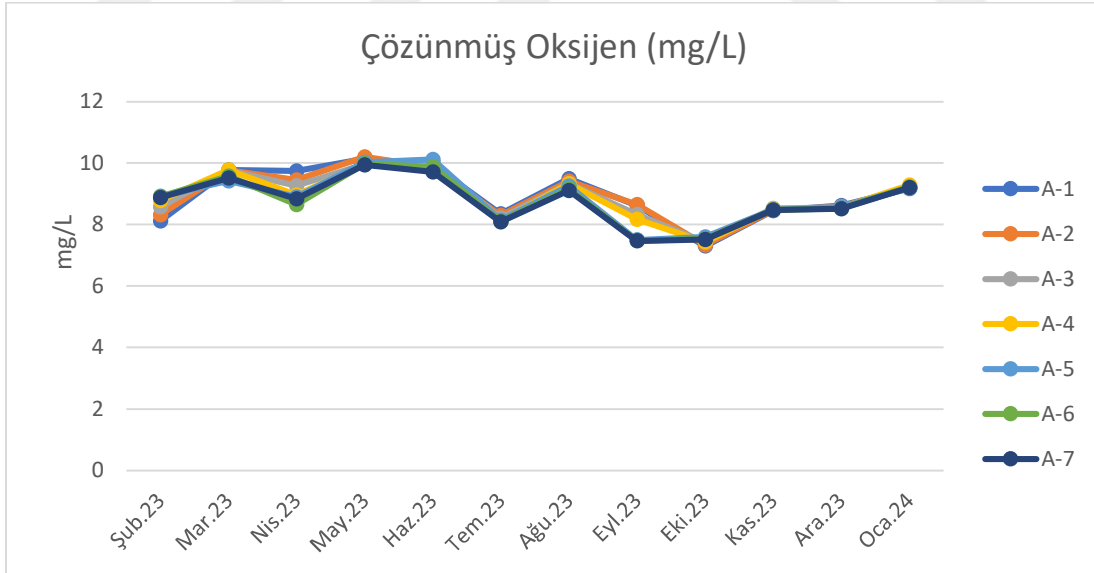
Çalışma alanındaki ölçüm noktalarında ölçülen oksijen değerlerinin yıllık değişimleri Şekil 12'de ve Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Ölçüm noktalarındaki çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	8,12	9,77	9,74	10,14	9,94	8,35	9,49	8,62	7,3	8,45	8,62	9,17
A-2	8,32	9,76	9,45	10,2	9,87	8,29	9,41	8,65	7,34	8,46	8,59	9,2
A-3	8,58	9,76	9,26	9,96	10,02	8,21	9,34	8,33	7,42	8,52	8,55	9,21
A-4	8,78	9,77	8,96	9,97	9,91	8,12	9,32	8,17	7,44	8,5	8,54	9,28
A-5	8,92	9,42	8,9	10,02	10,12	8,14	9,25	7,5	7,6	8,48	8,56	9,19
A-6	8,91	9,57	8,65	9,98	9,88	8,11	9,16	7,48	7,53	8,47	8,52	9,22
A-7	8,88	9,51	8,84	9,94	9,71	8,09	9,11	7,47	7,51	8,47	8,51	9,2

Su kaynaklarının kirlenmesi ile ilgili en önemli parametrelerden birisi olan oksijenin doğal tatlı sulardaki konsantrasyonu genel olarak 8-14 mg/l arasında değişmektedir. Bu değer 5 mg/l'den düşük olması canlılar için toksik etki oluşturmaktadır (Chapman, 1996). Bu araştırma açısından grafikler incelendiğinde ortalama oksijen değerlerinin “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” ne göre genel olarak >8 mg/l olduğundan “I. SINIF” sulardan olan “Yüksek Kaliteli Sular” sınıfına girdiği görülmektedir (YSKY, 2015). Ancak bazı ölçüm noktalarında, Eylül sonu Ekim başlarında DO miktarının kritik değer olan 5mg/l'ye yaklaştığı dönemler olduğu da tespit edilmiştir. Özellikle Deriner barajının su salımı yapmayıp Borçka barajındaki su sirkülasyonunun sağlanamaması durumunda oksijenin düştüğü görülmüştür. 2023 yılında Eylül sonu Ekim gibi ölçüm tarihleri dışında suyun ani bir şekilde 18 -20 gün süresince 4 metre derinlikte 3,8 mg/L'ye düştüğü üretim çiftlikleri tarafından kaydedilmiştir.

Baraj üzerindeki örnekleme noktalarında ölçülen değerlere bakıldığında en düşük 7,3 mg/L, en yüksek 10,14 mg/L olarak ölçülmüştür. Genel ortalama yıl baz alındığında 8,8 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 12. Çözünmüş oksijen değerleri

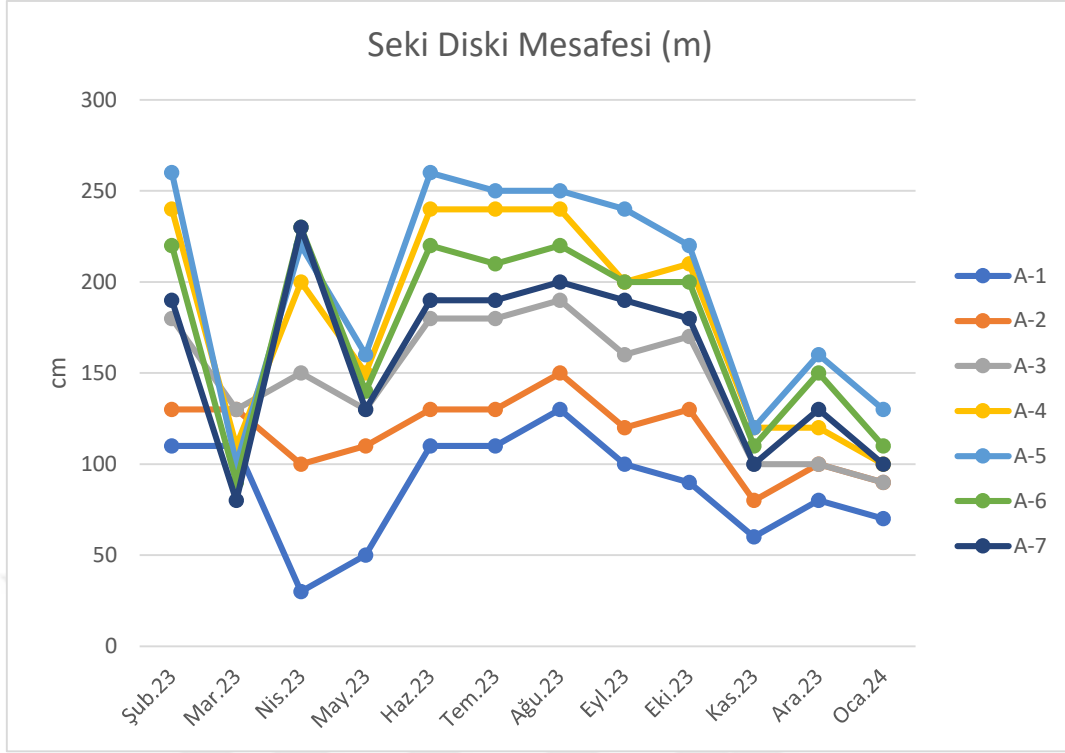
3.1.5. Seki Diski Mesafesi (Işık geçirgenliği)

Çalışma alanındaki ölçüm noktalarında ölçülen görünürlük, görüş, bulanıklık değerleri temsil eden ışık geçirgenliği yıllık değişimleri Şekil 13'te ve Tablo 8'da verilmiştir.

Tablo 8. Ölçüm noktalarındaki görünürlük (cm) değerleri

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	110	110	30	50	110	110	130	100	90	60	80	70
A-2	130	130	100	110	130	130	150	120	130	80	100	90
A-3	180	130	150	130	180	180	190	160	170	100	100	90
A-4	240	110	200	150	240	240	240	200	210	120	120	100
A-5	260	100	220	160	260	250	250	240	220	120	160	130
A-6	220	90	230	140	220	210	220	200	200	110	150	110
A-7	190	80	230	130	190	190	200	190	180	100	130	100

Çalışma alanında yapılan ölçümlere bakıldığı zaman mevsimsel geçişlerden kaynaklı olarak yağmur ve kar sularının oluşturmuş olduğu sel, taşkın gibi durumlarda taşınan toprak ve çamur tabakasının olduğu durumlarda Borçka baraj göletinde seki diski ile yapılan ölçümlerde sudaki ışık geçirgenliği en düşük 30 cm, en yüksek 260 cm ve ortalama 150 cm olarak ölçülmüştür. Sudaki bulanıklık özellikle A-1 noktasındaki Hatila Vadisi deresinden ve A-7 noktası olan Murgul Havzası tarafından gelen aşırı yağmur ve kar sularının erimesiyle beraber oluşan sel ve taşkınlardan dolayı sudaki seki diski mesafesi düşük olmaktadır. Bu durum tabii ki kültür balıkçılığı yapan firmaları balıkların yem alımını engellemesi, kafeslerdeki ağların ağaç ya da dal parçaları ile yırtılması sonrası fark edilemeyip balıkların kaçmaları gibi olumsuz etkilemeleri söz konusudur.



Şekil 13. Işık geçirgenliği

3.1.6. Askıda Katı Madde

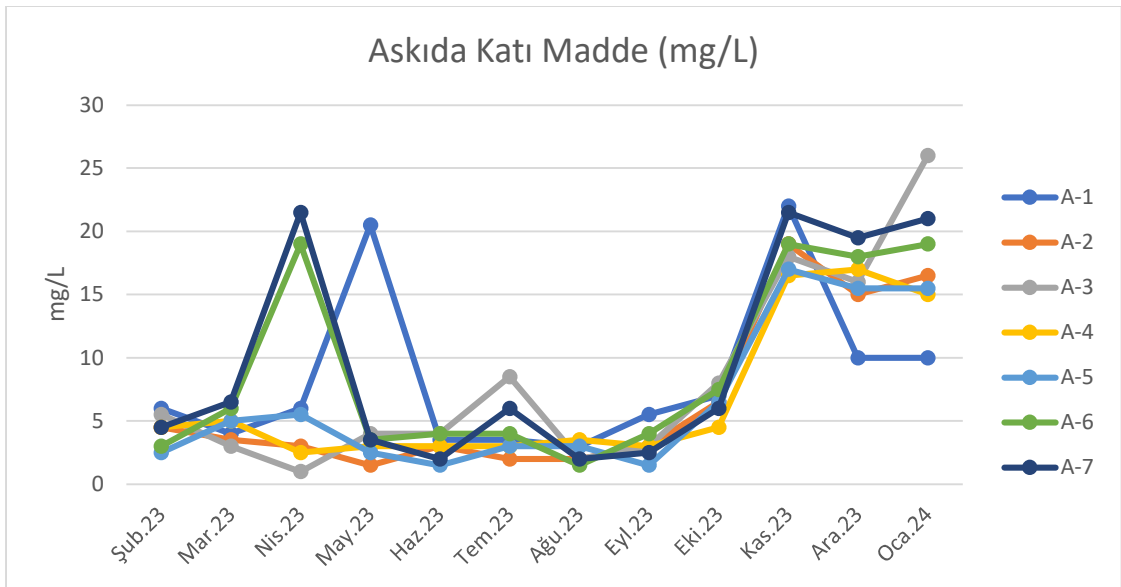
Çalışma alanındaki AKM değerlerinin yıllık değişimlerine ait grafikler Şekil 14'de ve Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Ölçüm noktalarındaki askıda katı madde (AKM) değerleri

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	6	4	6	20,5	3,5	3,5	3	5,5	7	22	10	10
A-2	4,5	3,5	3	1,5	3	2	2	3	6,5	19	15	16,5
A-3	5,5	3	1	4	4	8,5	2	3	8	18	16	26
A-4	4,5	5	2,5	3	3	3	3,5	3	4,5	16,5	17	15
A-5	2,5	5	5,5	2,5	1,5	3	3	1,5	6,5	17	15,5	15,5
A-6	3	6	19	3,5	4	4	1,5	4	7,5	19	18	19
A-7	4,5	6,5	21,5	3,5	2	6	2	2,5	6	21,5	19,5	21

İnsan aktiviteleri ve erozyon, sel, taşkın, heyelan gibi doğal çevresel faktörler sonucu yüzey sularının AKM miktarında artış olabilir (Yang, 1996). Önemli bir su kalitesi parametresi olan AKM, normal seviyenin üzerine çıkarsa güneş ışığının su içerisine geçişini engelleyerek karbondioksit ve oksijen dengesini bozmakta ve su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Sularda belirli bir miktarın üzerinde bulunması fiziksel kirlenmeye de sebebiyet vermektedir. Bu yönüyle de yine su kalitesini olumsuz yönde etkileyen suyun bulanmasına, ışık geçirgenliğinin ve oksijen miktarının azalmasına yol açmaktadır. Akarsuların taşıdığı AKM yükünün bilinmesi ve ileriye yönelik tahminlerinin yapılması havza yönetim çalışmaları ve planlamaları açısından büyük önem taşımaktadır (Sivakumar, 2006; Güngör, 2011).

Borçka barajında yapılan ölçümler neticesinde AKM en düşük 1 mg/L, en yüksek 21,5 mg/L olarak ölçülmüştür. Özellikle yağışın bol olduğu Nisan ve Mayıs aylarında A-1 baraj başlangıç noktasına dökülen Hatila Vadisi deresinin bulunduğu mevkide ve A-7 noktası olan Murgul Havza deresinden gelen sel, heyelan ve taşkınlar ile gelen AKM miktarı nedeniyle değerler yükselmektedir. Bu duruma 2023 yılı sonu ve 2024 başlarında aşırı yağın yağmurlar sebep olmuştur. Çalışma alanında elde edilen sonuçlar yerüstü su kalite kriterlerine göre 1.sınıf su kalitesinde olduğunu göstermektedir.



Şekil 14. Askıda katı madde grafiği

3.1.7. Toplam Çözünmüş Katı Madde (mg/L)

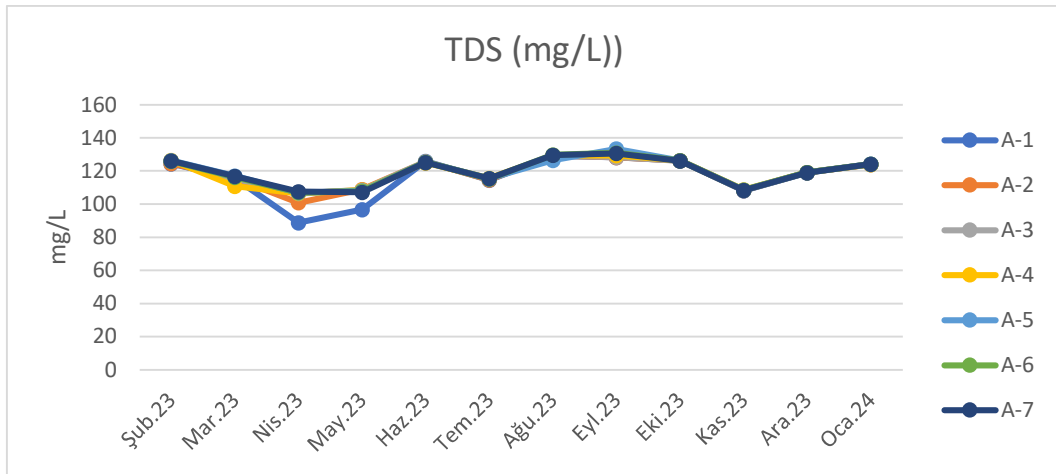
Çalışma alanında TDS miktarlarına ait değerler Şekil 15'te ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Ölçüm noktalarındaki tuzluluğun değerleri

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	124,4	115,6	88,9	96,7	125,8	114,4	129,3	128,3	126,2	108,1	118,9	124,2
A-2	124,6	115,6	100,9	108,8	125,5	114,7	129,4	128,3	126,3	108,4	119,1	124
A-3	125,8	115,2	106,6	108,6	125,6	115,2	129,3	128,4	126,1	108,3	119,2	123,9
A-4	126,4	110,9	106,5	108,5	124,9	115,7	129,2	129,4	126,2	108,7	119,2	124
A-5	126,2	117	106,9	108,1	125,3	115,4	126,4	133,4	126,3	108,6	119,2	124,1
A-6	125,8	116,3	107,1	107,8	125,3	115,3	129,7	131	126,2	108,5	119,1	124,1
A-7	126	116,9	107,6	107,2	125,1	115,4	129,6	130,7	126	108,4	119	124,2

Sulardaki TDS miktarı çözünebilir tuzlara, kayalara dolayısı ile jeolojik yapıya ve arazi kullanım durumu (tarım, yerleşim, orman vs.) gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bununla birlikte, sıcaklığın su içerisinde çözünmeyi artırıcı bir etki oluşturmasından dolayı da TDS üzerinde dolaylı bir etkisi bulunmaktadır (Chapman, 1996).

Çalışma alanında ölçülen TDS değerlerinin en düşük 88,9 mg/L ve en yüksek 133,4 mg/L, yıl bazlı genel ortalama ise 119 mg/L'dir.



Şekil 15. TDS değerleri

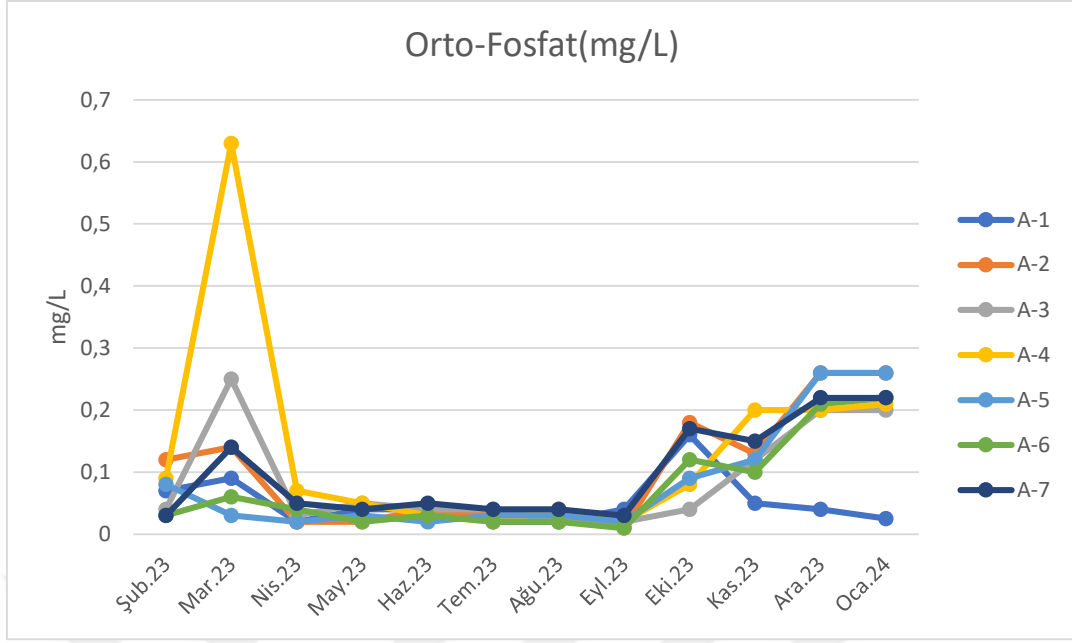
3.1.8. Orto- Fosfat (PO₄-P)

Çalışma alanındaki Orto-fosfat değerleri Şekil 16’da ve Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama Orto-fosfat (PO₄-P) değerleri

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	0,07	0,09	0,02	0,04	0,04	0,02	0,02	0,04	0,16	0,05	0,04	0,025
A-2	0,12	0,14	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,01	0,18	0,13	0,26	0,26
A-3	0,04	0,25	0,03	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02	0,04	0,12	0,2	0,2
A-4	0,09	0,63	0,07	0,05	0,03	0,02	0,04	0,02	0,08	0,2	0,2	0,21
A-5	0,08	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,09	0,12	0,26	0,26
A-6	0,03	0,06	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,12	0,1	0,21	0,22
A-7	0,03	0,14	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,17	0,15	0,22	0,22

Fosfor doğal sularda fosfatlar halinde bulunur. Mikroorganizmaların büyümesi için gerekli temel iyonlardan birisi olduğundan sucul ortamda fazlalığı halinde ötrofikasyona sebebiyet vermektedir (Harper, 1992). Orto-fosfatlar su kaynaklarına tarımsal uygulamalar, deterjanlar, kanalizasyon atıkları ve sediment taşınımı ile karışmaktadır. Özellikle atık sulardaki deterjan içeriği fosfor miktarında etkili olmaktadır (Chapman, 1996; Davie, 2008). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne göre “I. SINIF” suların fosfor değerinin 0,03 mg/l’den daha az olması gerekmektedir. Ölçüm yapılan noktalarda ilkbahar ve yaz aylarında daha yüksek olması beklenirken Borçka barajında bu değerler değişkenlik gösterebiliyor. Örnekleme noktalarından alınan numune değerlerine istinaden en düşük 0,01 mg/L ve en yüksek 0,63 mg/L olduğu, yıllık ortalama ise 0,09 mg/L olarak tespit edilmiştir. Sosyal tesisler, akaryakıt istasyonu ve sivil yerleşimleri ihtiva eden A-2 noktasından baraja karışan çevresel atıkların yanı sıra A-1 noktasındaki Hatıla Vadisinden ve Murgul havzası derelerinden gelen organik atıklarla birleşerek, A-6 ve A-7 noktasının bulunduğu baraj çıkışı sularını orto-fosfat açısından etkilediği düşünülmektedir.



Şekil 16. Yıllık Orto- fosfat değerleri

3.1.9. Nitrat Azotu (NO₃-N)

Çalışma alanındaki nitrat azotu değerleri ve grafikler Şekil 17’de ve Tablo 12’de verilmiştir.

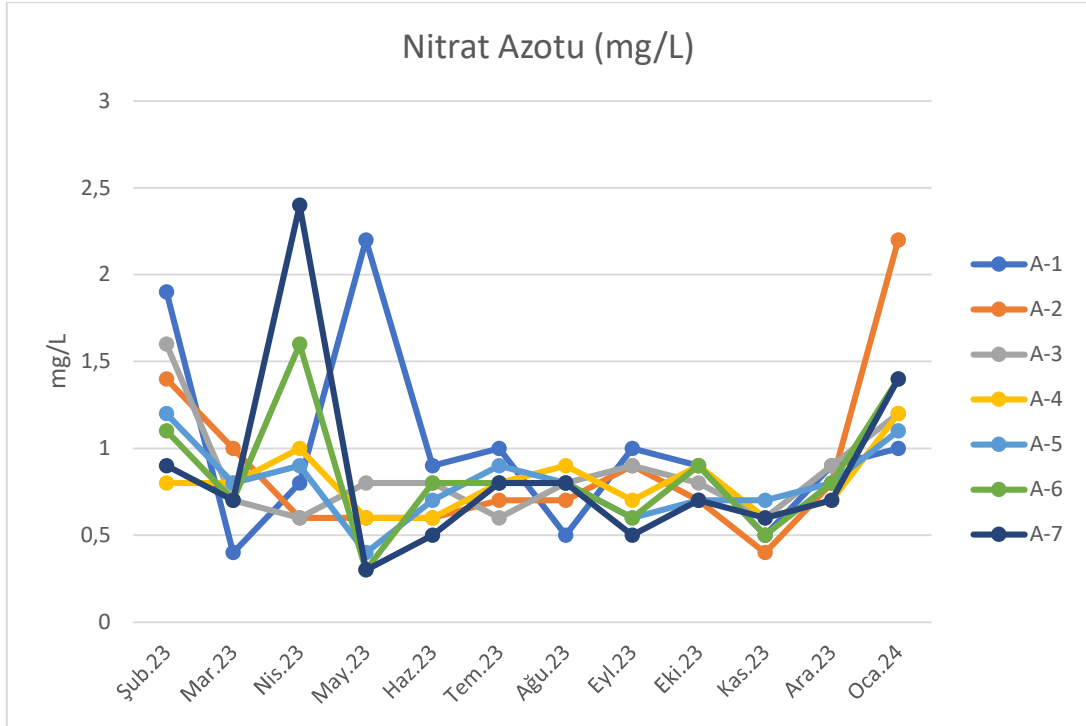
Tablo 12. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama nitrat azotu (NO₃-N) değerleri

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	1,9	0,4	0,8	2,2	0,9	1	0,5	1	0,9	0,5	0,9	1
A-2	1,4	1	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,9	0,7	0,4	0,8	2,2
A-3	1,6	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	0,8	0,9	0,8	0,6	0,9	1,2
A-4	0,8	0,8	1	0,6	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	0,6	0,7	1,2
A-5	1,2	0,8	0,9	0,4	0,7	0,9	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	1,1
A-6	1,1	0,7	1,6	0,3	0,8	0,8	0,8	0,6	0,9	0,5	0,8	1,4
A-7	0,9	0,7	2,4	0,3	0,5	0,8	0,8	0,5	0,7	0,6	0,7	1,4

Nitrat sulara azot bileşiklerinden biri olarak bulunan önemli bir su kalitesi parametresidir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Doğal sulara bulunan nitrat hayvansal ve bitkisel atıkların ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden, tarımsal

amaçlı nitrat içeren gübrelerin çözünerek suya karışmasından, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucu azotun azot oksitlere dönüşmesinden kaynaklanmaktadır (Davie, 2008).

Yapılan bu çalışmada Nisan, Mayıs aylarında ciddi şekilde noktalar arasında farklılık olduğu görülmektedir. Ölçüm noktalarında alınan en düşük 0,3 mg/L, en yüksek 2,4 mg/L değerlerdir. Ancak sularda 10 mg/l'den fazla nitrat azotu içeriği kirlenme göstergesi olabilir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre de I. Sınıf sulardaki değerin 10 mg/l'den düşük olması gerekmektedir (YSKY, 2015). Dolayısıyla Borçka baraj gölü sularında nitrat kirliliğinden söz edilemez.



Şekil 17. Ölçülen nitrat azotu değerleri

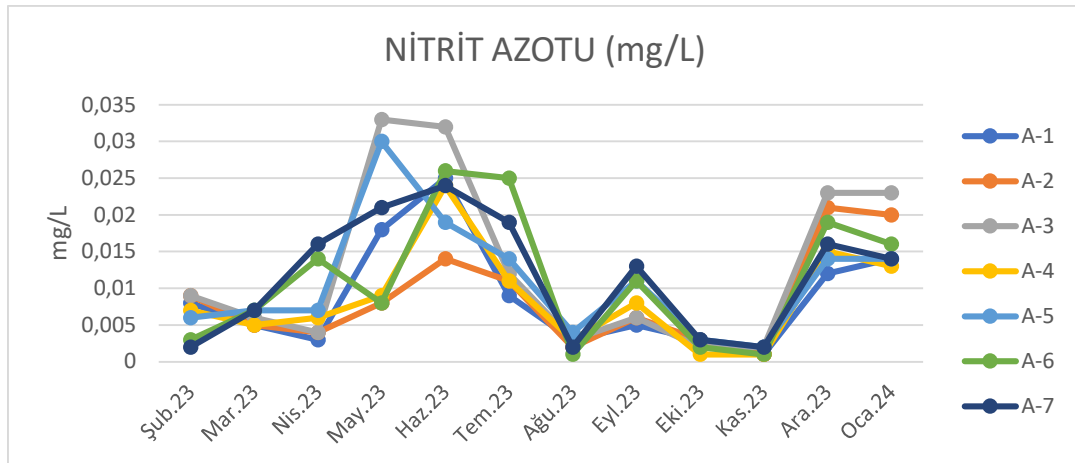
3.1.10. Nitrit Azotu (NO₂-N)

Çalışma alanındaki nitrit azotu değerleri ve grafikler Şekil 18’de ve Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama nitrat azotu (NO₂-N) değerleri

	Şub.23	Mar.23	Nis.23	May.23	Haz.23	Tem.23	Ağu.23	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24
A-1	0,008	0,005	0,003	0,018	0,025	0,009	0,003	0,005	0,003	0,001	0,012	0,014
A-2	0,009	0,005	0,004	0,008	0,014	0,011	0,002	0,006	0,003	0,001	0,021	0,02
A-3	0,009	0,006	0,004	0,033	0,032	0,012	0,003	0,006	0,002	0,002	0,023	0,023
A-4	0,007	0,005	0,006	0,009	0,024	0,011	0,003	0,008	0,001	0,001	0,015	0,013
A-5	0,006	0,007	0,007	0,03	0,019	0,014	0,004	0,011	0,003	0,002	0,014	0,014
A-6	0,003	0,007	0,014	0,008	0,026	0,025	0,001	0,011	0,002	0,001	0,019	0,016
A-7	0,002	0,007	0,016	0,021	0,024	0,019	0,002	0,013	0,003	0,002	0,016	0,014

Ölçüm noktalarından alınan su numunelerinde ölçülen sonuçlar doğrultusunda özellikle Nisan ayında artış göstermiş olup Ağustos ayında azalıp daha sonra dalgalı bir şekilde ilerleme gerçekleştirdiği görülmektedir. Sonuçlara göre en düşük değer 0,001 mg/L iken en yüksek değer 0,033 mg/L ve yıllık ortalama ise 0,01 mg/L olarak tespit edilmiştir.



Şekil 18. Nitrit azotu değerleri

3.1.11. Toplam Fosfor ve Ekolojik Taşıma Kapasitesi

Çalışmada toplam fosfor (Toplam-P) ölçüm ve analizleri Borçka baraj gölünün ekolojik taşıma kapasitesinin durumunu belirlemeye yönelik olarak yapılmış olup mevsimsel örneklemler gerçekleştirilmiştir. Sucul ortamların ekolojik taşıma kapasitesinin belirlenmesinde genellikle mevsimsel örneklemler yapılarak yıl dönümlerinde en yüksek veya ortalama Toplam fosfor konsantrasyonlarına göre hesaplamalar ve değerlendirmeler gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada da ölçüm noktalarından alınan su numunelerinin analizlerinde oldukça yüksek değerler ölçülmüştür. Tatlısu göllerinde ekolojik taşıma kapasitesi belirlenmesinde gölün bulunduğu iklimsel özelliklere bağlı olarak alabalık veya sazan yetiştiriciliği koşullarına göre taşıma kapasitesi karşılaştırılmaktadır. Borçka baraj gölünde Alabalık yetiştiriciliğine göre ekolojik taşıma kapasitesi belirlenmesinde 60 mg/m³'lük fosfor yükü sınır değer olarak referans alınmıştır. Hesaplama da kullanılacak bir diğer önemli unsur da balık yemlerinde kullanılan fosfor miktarıdır. Balıklar ihtiyaç duydukları fosforun çok azını sudan karşılarlar. Kalan fosfor ihtiyacı ise yem ile giderilir ve ihtiyaçtan fazla olan fosfor suya bırakılır. İşletme için en önemli gider payı yeme aittir.

Teknolojik gelişmeler ile birlikte yemlerdeki fosfor miktarı azaltılmış olmasına rağmen, yetiştiricilerin bilinçsizce yaptığı yemleme ile çevreye verdiği zarar göz önüne alındığında, yemdeki fosfor miktarı % 1.5 olarak kabul edilmiştir. Yazın ve kışın su sıcaklığının alabalık yetiştirmeye uygun olmaması durumunda üretim sezona bağlı olarak değişmektedir. Bu durum yemden yararlanma oranının yükselmesine sebep olmaktadır. Yem kaybının fazla olduğu kafes alanları göz önüne alınarak özellikle göldeki akış rejimine bağlı olarak yemden yararlanma oranı (FCR) 1.0- 1.5 ve 2 olarak kabul edilerek ve tek tek hesaplanma yapılmıştır.

Bu bağlamda çalışmada elde edilen verilere göre tüm istasyonlarda bu sınır değerler oldukça aşılmış gözükmektedir. Borçka baraj gölü girişinde fosfor yükü ortalama 195 mg/m³ (A-1) iken baraj gölü çıkışında 99 mg/m³ (A-6) ve 111 mg/m³ (A-7) arasında değişmektedir. Bu durumun baraj çıkışına yakın Murgul deresi sularının katılımından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Baraj gölü girişinde daha yüksek değerlerin elde edilmesine gerekçe olarak Artvin ili şehir kanalizasyon sularının ve

organize sanayi bölgesi atık sularının Borçka baraj gölü girişine yakın noktalarda göle bırakılması olarak ileri sürülebilir.

Tablo 14. Ölçüm noktalarındaki toplam ve inorganik fosfor değerleri

İstasyonlar	Toplam Fosfor (To-P)			İnorganik Fosfor (PO ₄ -P)		
	En yüksek (Max) mg/L	Ortalama (O)	E/O mg/m ³	En yüksek (Max) mg/L	Ortalama (O)	E/O mg/m ³
A-1	0,40	0,19	400/195	0,16	0,054	160/54
A-2	0,23	0,13	230/135	0,26	0,089	260/89
A-3	0,37	0,18	370/188	0,25	0,077	250/77
A-4	0,15	0,10	150/104	0,63	0,13	630/130
A-5	0,16	0,11	160/110	0,185	0,066	185/66
A-6	0,16	0,09	160/99	0,186	0,06	186/60
A-7	0,19	0,11	190/111	0,22	0,087	220/87

4. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Borçka baraj gölü ortalama 48 m derinlik ve 10,84 km² yüzey alanıyla kafeslerde alabalık üretimi yapmak isteyen yetiştiriciler için önemli bir potansiyel oluşturma özelliğine sahiptir. Ancak Borçka baraj gölünde yürütülen bu çalışmada kültür balıkçılığı ve karasal kökenli kirleticiler sebebiyle gölün bu potansiyelinin üzerinde bir ekolojik taşıma kapasitesinin kullanıldığı görülmektedir. Bu sonuca ulaşmak için kullanılan metodda ötrofikasyon değişkenleri göz önüne alındığında çevresel kapasiteyi dikkate alan modellerin kullanılmasına gerek duyulmuştur.

Bu ihtiyaca cevap verebilmek için ve genel olarak kullanılan; bir su kütleindeki toplam fosfor değişkenleri ile ilgili Vollenweider (1968)'in özgün modeli Dillon ve Rigler (1974) tarafından geliştirilmiştir. Yapılan bu çalışmada göl suyunun yenilenme süresi, büyüklüğü, göle giriş yapan fosfor ve sedimentte tutulan fosfor kısmını bağdaştırarak fosfor yüklenmesine dayalı model kullanılmıştır. Bu sebeple alabalık yetiştiriciliğinde göz önünde bulunması gereken çözülmüş oksijen ve su sıcaklığı değişkenlerinin yanında; çevresel kapasite içinde fosfor konsantrasyonu ön plana çıkmaktadır (Ayekin, 2018). Bu çalışmada Borçka baraj gölünün yüzey sularında örneklenen noktalarda fizikokimyasal su kalitesi parametrelerinden su sıcaklığının yaz aylarında (Temmuz-Eylül) yetiştiricilik açısından su kalite kriterlerine göre yüksek düzeylere (18-25 °C) ulaştığı, dolayısıyla balık yetiştiriciliğinde yem alımının durması, çözülmüş oksijen seviyesinin düşmesi vbg. sebeplerle verimin düşmesi durumu ortaya çıkabilmektedir. Diğer yandan Borçka gölünün bağlantılı olduğu Deriner barajının düzensiz su boşaltması sebebiyle ve baraj gölünü besleyen diğer akarsulardan taşınan karasal kirleticiler nedeniyle zaman zaman seki diski mesafesinde önemli seviyede düşüşlerin olabildiği belirlenmiştir. Bu durumun özellikle sonbahar aylarında artan yağışlar sebebiyle askıda katı madde miktarındaki artışlarla ilgili olduğu söylenebilir. Diğer fiziksel ve kimyasal parametreler açısından yüzey sularında ön plana çıkan sonuçlar gözükmezken Borçka baraj gölünün ekolojik taşıma kapasitesinin çok üzerinde bir fosfor yüküne sahip olması gölün bu açıdan iyi yönetilemediğini göstermektedir.

Kafeslerde yoğun olarak alabalık yetiştiriciliği global, yöresel ve yerel olarak birçok önemli çevresel etkilere neden olmaktadır. Yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinde

son senelerde birçok ülkede, çevresel endişelerden dolayı çevre dostu ve devamlılığı sağlamak amacıyla da su ürünleri üretimi ile alakalı ekonomik çalışmalar alanında oldukça katı ve düzenleyici kurallar uygulanmaya başlanmıştır. Sürdürülebilirlik ve çevresel dengenin korunması açısından bu şekilde bir yaklaşım büyük önem arz etmektedir (Şahin, 2003).

Borçka barajında aynı zamanda 2015 yılında başlayan yoğun üretim zaman zaman proje kapasitesinin çok üzerine çıkarak barajda çeşitli sorunları tetiklediğini gözlenmektedir. 2018-2020 senelerinde dünya ölçeğinde yaşanan balık hastalıkları nedeniyle akuakültür üretimi yaklaşık 2 yıl durmuş iken bu dönemde Türkiye’de üretimin arttığı net bir şekilde gözlemlenmiştir. Ancak son dönemlerde dünyada üretimin normalleşmesi ve bunu yanı sıra ülkemizde yaşanan ekonomik kriz neticesinde ulusal üretim miktarı yarı yarıya düşmüştür. Azalan kültür balığı talepleri Türkiye’nin gerek denizlerinde ve gerekse içsu barajlarında somon üretim tonajını 1/3’e indirmiştir. Bu süreç Borçka baraj gölündeki üretimi de etkileyerek tesislerin 300-600 gram ortalamalı porsiyonluk balık üretimi yaparak baraj üretim tonajını proje kapasitesinin de altına çekilmesini sağlamıştır. Bu adım dolaylı olarak bir nevi barajın ekolojik ömrünü uzatmak için önemli bir gelişme olmuştur. Ancak bu durumun ortaya çıkışı maalesef ekolojik taşıma kapasitesinin üzerinde olmasından dolayı değil tamamen küresel ticari gelişmeler nedeniyle olmuştur. Dolayısıyla bu çalışmanın sonuçlarına göre Borçka gölünün aktif üretim potansiyelinin daha gerçekçi bir şekilde ekolojik bir değerlendirme yapılarak, Artvin baraj gölleri sisteminin hidrolojik dengesinin de dikkate alınmasıyla belirlenmesi çok daha faydalı olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile Borçka Barajı üzerinde bulunan ve devam eden Kültür Balıkçılığın çevreye etkilerinden kaynaklı olabilecek su rejimi ve kalitesi ile bu sulara taşınan askıda katı madde miktarının güncel durumu yersel ölçümler ile belirlenmiştir.

Su kalitesi parametrelerinin ölçüm sonuçları YSKY' ye (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği) göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmedeki her bir parametrenin yıllık ortalaması alt havzalara göre değerlendirildiğinde Nitrat azotu (NH₃-N) II. SINIF, diğer parametreler ise I. SINIF su kalitesi sınıfına girmektedir. Ancak aylık bazda irdelendiğinde, özellikle madencilik ve sondaj çalışmalarının, yeni yol yapımlarının, NT-HES tesislerinin yoğunlukla yer aldığı Murgul Deresi Havzasına ve Hatila Deresi Havzasına yakın bazı aylarda ve noktalarda bazı su kalitesi parametrelerinin YSKY' da belirtilen I. SINIF su kalitesi parametre sınırlarını aştığı görülmüştür.

Baraj rezervuarı, göl, gölet gibi su ortamlarının en önemli tehdit faktörlerinden biri bu ortamları besleyen akarsuların taşıdığı sediment miktarıdır. Çalışma alanında ölçümlerin yapıldığı alt havzaların mansabında Borçka Baraj gölünün olması sebebiyle sediment taşınımının fazla olması baraj rezervuarının zamanla dolmasına, kirlenmesine, hacim kaybına ve ekonomik ömrünün azalmasına sebep olmaktadır. Sadece çevresel faktörler değil aynı zamanda yaklaşık 18 yıldır devam eden ve son 9 senedir yoğunluğu artan Kültür Balıkçılığı yapan firmaların, deforme balıklarını, teknelerdeki sintine, yağ ve mazot atıklarını, yem çuvallarını, evsel atıklarını baraj göletine atılmasını ve proje kapasitesinin üzerinde tonajlı balık yapılması durumu dahil barajın sediment yapısının dolmasına her ne kadar Deriner barajı besliyor olsa dahi baraj ömrünün kısılmasına, kalitesinin düşmesine ve zamanla ömrünün tükenmesine sebebiyet vermektedir.

KAYNAKÇA

- AİGTHM, 2016. Artvin İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu. Artvin
- Akgül, M. A. 2015. Aşağı Seyhan Ovası Sol Sahil Sulaması, Su ve Nitrat Bütçesinin Modellenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Akhavan, S., Abedi-Koupai, J., Mousavi, S.-F., Afyuni, M., Eslamian, S.-S., Abbaspour, K. C., 2010. Application of SWAT model to investigate nitrate Leaching in Hamadan–Bahar Watershed, Iran. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(4), 675-688. doi: 10.1016/j.agee.2010.10.015.
- Akın, M., Akın, G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47(2), 105-118.
- Akiner, M. E. 2012. Nutrient Export Coefficient Modelling of the Melen Watershed Using Estimated Retention in the Water Body. (Doktora Tezi), Boğaziçi Üniversitesi, Ankara.
- Akiner, M. E., Akkoyunlu, A., 2012. Modeling and forecasting river flow rate from the Melen Watershed, Turkey. *Journal of Hydrology*, 456–457, 121-129. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.06.031.
- Akkaya Aslan, Ş. T., Gündoğdu, K. S., Demir, A. O., 2004. Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi: Bursa Karacabey İnkaya Göleti Havzası Örneği. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 167-180.
- Aksoy, A., Bulut, E., Yenilmez, F., 2006. Ulubat Gölü Ötrofikasyon Kontrolü için Maksimum Alıcı Ortam Fosfor Yüklerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK, Ankara.
- Aküzüm, T., Çakmak, B., Gökalp, Z., 2010. Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 67-74.
- Aladağ, A., Çiçek, N., Erul, G., 2008. Bütüncül Havza Yönetimi. III. Çevre Sorunları Kongresi, 16-18 Mayıs, İstanbul,
- Alpaslan, N., Harmancıoğlu, N., 1993. Su Kalitesi Gözlem Ağlarının Tasarımında Temel Yaklaşımlar. Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, 24-26 Mayıs, Ankara, 809-824.
- Alptekin, S. 2018. Ordu Akçaova Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Giresun Üniversitesi, Giresun.

- Anonim, 1985. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Atıla İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (1985-2004).
- Anonim, 2006a. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Artvin İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anonim, 2006b. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Başköy İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anonim, 2006c. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Borçka İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anonim, 2006d. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Göktaş İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anonim, 2006e. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Kabaca İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anşın, R., 1983. Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Bu Bölgelerde Yayılan Asal Vejetasyon Tipleri (The Floristic Regions and the Major Vegetation Types of Turkey). Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 6(2), 318-339.
- Ardıçoğlu, M., Gemici, E., Özdin, S., 2011. Doğal Akarsularda Debinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4(2), 73-77.
- Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., Williams, J. R., 1998. Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development. Journal of the American Water Resources Association, 34(1), 73-89.
- Atea, E., Kadak, A. E., Sönmez, A. Y., 2017. Germeçtepe Baraj Gölünün (Kastamonu-Daday) Bazı Fiziko-kimyasal Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. Alinteri Ziraat Bilimleri Dergisi, 32(1), 55-68. doi: 10.28955/alinterizbd.316483.
- Azgın, Ş. T. 2015. Palas Ovası'nda Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesi ve Yayılı Kirlenici Yüklerin SWAT ile Modellenmesi. (Doktora Tezi), Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Balcı, A. N. 1996. Toprak Koruması (Vol. 439). İstanbul: İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları.
- Barlow, M. 2009. Blue Covenant: The Global Water Crisis and the Coming Battle for the Right to Water. İstanbul.
- Bicknell, B. R., Imhoff, J., Kittle, J., Jobs, T., Donigan, A. S., 2000. Hydrological Simulation Program – Fortran User's Manual. Release 12, US EPA.

- Bilgin, A., 2015. Borçka Baraj Gölü Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemle Değerlendirilmesi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(2), 287-293.
- Bilgin, A., Konanç, M. U., 2016. Evaluation of surface water quality and heavy metal pollution of Coruh River Basin (Turkey) by multivariate statistical methods. Environmental Earth Sciences, 75(12). doi: 10.1007/s12665-016-5821-0.
- Bilotta, G. S., Brazier, R. E., 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. Water Res, 42(12), 2849-2861. doi: 10.1016/j.watres.2008.03.018.
- Birici, N., Karakaya, G., Şeker, T., Küçükyılmaz, M., Balcı, M., Özbey, N., Güneş, M., 2017. Çoruh Nehri (Bayburt) Su Kalitesinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi. International Journal of Pure and Applied Sciences, 3(1), 54-64.
- Bosch, N. S., Evans, M. A., Scavia, D., Allan, J. D., 2014. Interacting effects of climate change and agricultural BMPs on nutrient runoff entering Lake Erie. Journal of Great Lakes Research, 40(3), 581-589. doi: 10.1016/j.jglr.2014.04.011.
- Bren, L. 2015. Forest Hydrology and Catchment Management: Springer Netherlands.
- Carvalho-Santos, C., Monteiro, A. T., Azevedo, J. C., Honrado, J. P., Nunes, J. P., 2017. Climate Change Impacts on Water Resources and Reservoir Management: Uncertainty and Adaptation for a Mountain Catchment in Northeast Portugal. Water Resources Management, 31(11), 3355-3370. doi: 10.1007/s11269-017-1672-z.
- Ceylan, S. 1995. Artvin Yöresinin Coğrafi Etüdü. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Chandra, P., Patel, P. L., Porey, P. D., Gupta, I. D., 2014. Estimation of sediment yield using SWAT model for Upper Tapi basin. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 20(3), 291-300. doi: 10.1080/09715010.2014.902170.
- Chang, M. 2012. Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests, Third Edition: CRC Press.
- Chaplot, V., 2005. Impact of DEM mesh size and soil map scale on SWAT runoff, sediment, and NO₃-N loads predictions. Journal of Hydrology, 312(1-4), 207-222. doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.02.017.
- Chapman, D. 1996. Water Quality Assessments- A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition (Second edition ed.). London, UK: UNESCO/WHO/UNEP.

- Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Eaton, A. D. 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th edition ed.). Washington, DC, USA: American Public Health Association.
- Cüceloğlu, G. 2013. Darlık Havzasının Model Destekli Hidrolojik Analizi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Çiftçi, M. 2015. Seydisuyu (Eskişehir) Havzasında Su ve Sediment Kalitesinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- D'Ambrosio, E., De Girolamo, A. M., Barca, E., Ielpo, P., Rulli, M. C., 2017. Characterising the hydrological regime of an ungauged temporary river system: a case study. *Environ Sci Pollut Res Int*, 24(16), 13950-13966. doi: 10.1007/s11356-016-7169-0.
- Davie, T. 2008. Fundamentals of Hydrology (Second edition ed.). New York: Routledge.
- Devi, G. K., Ganasri, B. P., Dwarakish, G. S., 2015. A Review on Hydrological Models. *Aquatic Procedia*, 4, 1001-1007. doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.126.
- DHI, 2007. Mike She User Guide. DHI Software, Danimarka.
- DPT. 2007. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Toprak ve Su Kaynaklarının Kullanımı ve Yönetimi (Vol. Yayın No: DPT:2718). Ankara: Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı.
- DSİ, 2007. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2007 Yılı Faaliyet Raporu. Ankara.
- DSİ. 2015. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2015 Yılı Faaliyet Raporu. Ankara.
- Durşen, M., Yasun, B., 2012. Yeraltı Madenlerinde Bulunan Zararlı Gazlar ve Metan Drenajı. İSGÜM, Ankara.
- Geography. doi: 10.1080/02723646.2017.1342199.
- Ediş, S. 2011. Yarı Kurak Havzalarda Düşük Akışların Analizi (Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları Örneği). (Yüksek Lisans Tezi), Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı.
- Eminağaoğlu, Ö. 2015. Artvin'in Doğal Bitkileri. İstanbul: PROMAT.
- Engel, B., Storm, D., White, M., Arnold, J., Arabi, M., 2007. A Hydrologic/Water Quality Model Application Protocol. *Journal of the American Water Resources Association*, 43(5), 1223-1236. doi: 10.1111/j.1752-1688.2007.00105.x. EPA. (2017). Water Research. Retrieved 11.06, 2017, from <https://www.epa.gov/water-research/water-research-publications>

- Epelde, A. M., Cerro, I., Sánchez-Pérez, J. M., Sauvage, S., Srinivasan, R.,
- Erdoğan Yüksel, E. 2015. Borçka Barajı Yağış Havzası'nda Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Sediment Veriminin WEPP Erozyon Tahmin Modeli ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin.
- Erol, A., 2006. Su Kaynaklarının Korunmasında Havza Yönetimi İlkelerinin Önemi. TMMOB Su Politikaları Kongresi, 21-23 Mart, Ankara,
- Ertürk, A. 2012. Managing the Effects of the Climate Change on Water Resources and Watershed Ecology. In M. Kumarasamy (Ed.), Studies on Water Management Issues (pp. 259-274): InTech.
- Ezz-Aldeen, M., Al-Ansari, N., Knutsson, S., 2013. Application of Swat Model to Estimate the Sediment Load From the Left Bank of Mosul Dam. Journal of Advanced Science and Engineering Research, 3(1), 47-61.
- FAO. 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). AQUASTAT. Retrieved 20 December, 2016, from http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm#maps
- Gassman, P. W., Reyes, M. R., Green, C. H., Arnold, J. G., 2007. The soil and water assessment tool: Historical development, applications, and future research directions. Transactions of the Asabe, 50(4), 1211-1250.
- Gattinger, T. E., 1962. Explonatory Text of Geological Map of Turkey. MTA Publications.
- Gee, G., Bauder, J., Klute, A. 1986. Particle-Size Analysis. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Madison WI, USA: Soil Science Society of America.
- Görcelioğlu, E., 1976. Toprak Erozyonu ve Sedimentasyon. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 26(2), 105-116.
- Görcelioğlu, E., 1995. Havzalarda Orman ve Otlak Alanları Amenajmanının Su Verimine ve Kalitesine Etkileri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 42(1-2), 17-20.
- Gupta, H. V., Sorooshian, S., Yapo, P. O., 1999. Status of Automatic Calibration for Hydrologic Models: Comparison with Multilevel Expert Calibration. Journal of Hydrologic Engineering, 4(2), 135-143.
- Güler, Ç. 1997. Su Kalitesi. Ankara: Sağlık Bakanlığı.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. 1994. Su Kirliliği. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı.

- Gültekin, F., Ersoy, A. F., Hatipoğlu, E., Celep, S., 2012. Determination of Water Quality Parameters in Wet Season of Surface Water in Trabzon. *Ekoloji*, 21(82), 77-88. doi: 10.5053/ekoloji.2011.8211.
- Gündoğdu, V. 1991. Special Design of Water Quality Monitoring Network. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Güngör, Ö. 2011. Aşağı Porsuk Çayı Havzasında Askıda Katı Madde Taşınımının Belirlenmesi ve Modellenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Güngör, Ö. 2018. SWAT Modeli Kullanılarak Filyos Çayı Havzası'nın Hidrolojik Analizi. (Doktora Tezi), Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- Güngör, Ö., Göncü, S., 2013. Application of the soil and water assessment tool model on the Lower Porsuk Stream Watershed. *Hydrological Processes*, 27(3), 453-466. doi: 10.1002/Hyp.9228.
- Güzel, Ç. 2010. Application of SWAT Model in a Watershed in Turkey. (Master of Science Thesis), İstanbul Technical University, İstanbul.
- H-LANGE. (2014). Laboratuvarında Su Analizi Fotometrik ve Elektrokimyasal Cihazlar, Reaktifler ve Hizmetler.
- Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Florke, M., Hanasaki, N., Konzmann, M., Ludwig, F., Masaki, Y., Schewe, J., Stacke, T., Tessler, Z. D., Wada, Y., Wisser, D., 2014. Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 111(9), 3251-3256. doi: 10.1073/pnas.1222475110.
- Harmancıoğlu, N. B., Gül, A., Fıstıkoğlu, O., 2002. Entegre Su Kaynakları Yönetimi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 3(419), 29-39.
- Harper, D. 1992. Eutrophication of freshwaters, principles, problems and restoration. London, IK: Chapman and Hall.
- HEC, 2001. Hydrologic Modeling System HES-HMS, User's Manuel. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, USA.
- HEC, 2016. HEC-RAS River Analysis System. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, USA.
- Helton, J. C., Davis, F. J., 2003. Latin hypercube sampling and the propagation of uncertainty in analyses of complex systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 81(1), 23-69. doi: 10.1016/s0951-8320(03)00058-9.

- Hızal, A., Serengil, Y., Özcan, M., 2008. Ekosistem Tabanlı Havza Planlama Metodolojisi ve Havza Çalışmalarında Yapılan Yanlış Uygulamalar. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 20-22 Mart, Ankara, 1-12.
- İmamoğlu, M. Z. 2017. Aktif Uzaktan Algılama Verileri Vve CBS Destekli Hidrolojik Model Kullanılarak Büyükçekmece Havzası'nın İncelenmesi. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- İTASHY, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete, 17.02.2005(Sayı: 25730).
- JMP, 2007. JMP, Version 5.0. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. Karaman, S., Gökalp, Z., 2010. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1), 59-66.
- Karaş, E. 2005. Küçükermalı ve Güvenç Havzalarının Su ve Sediment Verimlerine Göre Sürdürülebilir Yönetimi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Kasimoğlu, C., Yılmaz, F., 2014. Tersakan Çayı'nın (Muğla, Türkiye) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 16(2), 51-67.
- KB. 2014. Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği (Vol. Yayın No: KB:2886). Ankara: Kalkınma Bakanlığı.
- Kenanoğlu, M., Kömürcü, M. İ., Bayram, A., Yıldırım, Y., Kenanoğlu, D., 2011. Borçka Barajı Rezervuar Alanında Askıdaki Katı Madde ve Bulanıklık Miktarının Tespiti. II. Su Yapıları Sempozyumu, 16-18 Eylül 2011, Diyarbakır, 233-240.
- Kent, R., Belitz, K. 2004. Concentrations of dissolved solids and nutrients in water sources and selected streams of the Santa Ana Basin, California, October 1998-September 2001: US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Keskin, T. E., Toptaş, S., Ersöz, F., 2013. Kurşunlu Maden Alanı Çevresindeki Yeraltısularında Asit Kaya Drenajı ve İz Element Kirliliği. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 37(1), 1-25.
- Kibena, J., Nhapi, I., Gumindoga, W., 2014. Assessing the relationship between water quality parameters and changes in landuse patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 67-69, 153-163. doi: 10.1016/j.pce.2013.09.017.
- Kılıç, S., 2008. Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi. İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi (39), 161-186.

- Kim, D.-H., Kim, S.-M., 2016. Evaluation of SWAT Model Applicability for Runoff Estimation in Nam River Dam Watershed. *Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers*, 58(4), 9-19. doi: 10.5389/ksae.2016.58.4.009.
- Koralay, N. 2015. Solaklı Deresi Havzasında Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Su Kalitesine Etkileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Köktürk, M., Atamanalp, M., 2015. Tortum Çayı ve Kollarının (Erzurum/Türkiye) Su Kalitesi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1(1), 49-49. doi: 10.17216/LimnoFish-5000090849.
- Lee, R. 1980. *Forest Hydrology*. New York, USA: Columbia University Press. Linsley, R. K., Kohler, M. A., Paulhus, J. L. H. 1949. *Applied Hydrology*. New York: The McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Madrid, Y., Zayas, Z. P., 2007. Water sampling: Traditional methods and new approaches in water sampling strategy. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 26(4), 293-299. doi: 10.1016/j.trac.2007.01.002.
- McKay, M. D., Beckman, R. J., Conover, W. J., 1979. Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code. *Technometrics*, 21(2), 239-245. doi: 10.1080/00401706.1979.10489755.
- Meaurio, M., Zabaleta, A., Uriarte, J. A., Srinivasan, R., Antigüedad, I., 2015. Evaluation of SWAT models performance to simulate streamflow spatial origin. The case of a small forested watershed. *Journal of Hydrology*, 525, 326-334. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.03.050.
- Meynendonckx, J., Heuvelmans, G., Muys, B., Feyen, J., 2006. Effects of watershed and riparian zone characteristics on nutrient concentrations in the River Scheldt Basin. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 3(3), 653-679.
- MGM. 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler. 2018, from <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-veilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ARTVIN>
- Mishra, H., Denis, D. M., Suryavanshi, S., Kumar, M., Srivastava, S. K., Denis, A. F., Kumar, R., 2017. Hydrological simulation of a small ungauged agricultural watershed Semrakalwana of Northern India. *Applied Water Science*, 7(6), 2803-2815. doi: 10.1007/s13201-017-0531-7.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the Asabe*, 50(3), 885-900.

- Mosley, L. M., 2015. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. *Earth-Science Reviews*, 140, 203-214. doi: 10.1016/j.earscirev.2014.11.010.
- MTA, 2002. 1/500.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları.
- Mualem, Y., 1986. Hydraulic conductivity of unsaturated soils: prediction and formulas. *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods*, 799-823.
- Muluk, Ç. B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M. A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif: İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği- Doğa Koruma Merkezi.
- Muslu, A. V. 2015. Dünya’da ve Türkiye’de Suyun Fiyatlandırılması. (Uzmanlık Tezi), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R. 2011. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Texas A&M University, Texas, USA.
- Nerantzaki, S. D., Giannakis, G. V., Nikolaidis, N. P., Zacharias, I., Karatzas, G. P.,
- Sibetheros, I. A., 2016. Assessing the Impact of Climate Change on Sediment Loads in a Large Mediterranean Watershed. *Soil Science*, 181(7), 306-314. doi: 10.1097/ss.0000000000000164.
- Oki, T., Kanae, S., 2006. Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313(5790), 1068-1072. doi: 10.1126/science.1128845.
- OSİB. 2012. Ulusal Su Kalitesi Yönetimi Strateji Belgesi (2012-2023). Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- OSİB. 2014. Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023). Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Ouyang, W., Jiao, W., Li, X., Giubilato, E., Critto, A., 2016. Long-term agricultural non-point source pollution loading dynamics and correlation with outlet sediment geochemistry. *Journal of Hydrology*, 540, 379-385. doi: 10.1016/j.jhydrol.2016.06.043.
- Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E., Yıldırım, S., 2017. Subdividing Large Mountainous Watersheds into Smaller Hydrological Units to Predict Soil Loss and Sediment Yield Using the GeoWEPP Model. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(5). doi: 10.15244/pjoes/69171.

- Özcan, Z., Baskan, O., Düzgün, H. S., Kentel, E., Alp, E., 2017. A pollution fate and transport model application in a semi-arid region: Is some number better than no number? *Sci Total Environ*, 595, 425-440. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.240.
- Özdemir, A. 2016. Hierarchical Approach to Semi-Distributed Hydrological Model Calibration. (Doktora Tezi), Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Özyuvacı, N., 1993. Su Kalitesinin Tayininde Kullanılan Parametreler ve Orman Ekosistemleri ile Ormancılık Uygulamalarının Bunlar Üzerindeki Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43(1-2), 69-84.
- Paçal, M. 2017. Hydrological and Water Quality Modeling Of Ergene River Basin. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Pandey, A., Himanshu, S. K., Mishra, S. K., Singh, V. P., 2016. Physically based soil erosion and sediment yield models revisited. *Catena*, 147, 595-620. doi: 10.1016/j.catena.2016.08.002.
- Rowell, D. L. 2014. *Soil Science: Methods & Applications*: Taylor & Francis.
- Saad, I. B. I. 2018. Karaçomak Barajı Havzasında Bazı Su Kalitesi Parametrelerine Yapay Sinir Ağı (YSA) Tekniklerinin Uygulanması. (Doktora Tezi), Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu.
- Sağlam, E. S. 2007. Murgul (Artvin) Bakır Madeni'nin Çevresel Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Santhi, C., Kannan, N., Arnold, J. G., Di Luzio, M., 2008. Spatial Calibration and Temporal Validation of Flow for Regional Scale Hydrologic Modeling1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 44(4), 829-846. doi: 10.1111/j.1752-1688.2008.00207.x.
- SEI, 2011. *WEAP User Manual*. Stockholm Environment Institute, USA.
- Serdar, S. 2015. Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Sharp, W. E., 1970. Stream Order as a Measure of Sample Source Uncertainty. *Water Resources Research*, 6(3), 919-926. doi: 10.1029/WR006i003p00919.
- Shields, M. D., Zhang, J., 2016. The generalization of Latin hypercube sampling. *Reliability Engineering & System Safety*, 148, 96-108. doi: 10.1016/j.res.2015.12.002.

- Sigleo, A. C., Frick, W. E., 2007. Seasonal variations in river discharge and nutrient export to a Northeastern Pacific estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4), 368-378. doi: 10.1016/j.ecss.2007.01.015.
- Silva, M., Vieira de Azevedo, P., Rodrigues da Silva, V., Da Nobrega Silva, B. K., Batista Mariano, E., Basílio Amorim, M. R., 2017. Estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do submédio rio São Francisco. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2(3), 203. doi: 10.24221/jeap.2.3.2017.1430.203-211
- Silva, R. M. d., Henrique, I. G. N., Cazé, J. F., 2018. Simulation of Land Use/Land Cover Change and its Effects on the Runoff-Erosion Characteristic in the Catment of Caatinga Biome. *Revista de Geografia (Recife)*, 35(1), 158-179.
- Silva, V. D. P. R. D., Silva, M. T., Souza, E. P. D., 2016. Influence of land use change on sediment yield: A case study of the sub-middle of the São Francisco River basin. *Engenharia Agrícola*, 36(6), 1005-1015. doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v36n6p1005-1015/2016.
- Sivakumar, B., 2006. Suspended sediment load estimation and the problem of inadequate data sampling: a fractal view. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(4), 414-427. doi: 10.1002/esp.1273.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. *Resmî Gazete*, 31.12.2004(Sayı: 25687).
- Smith, K. A., Mullins, C. E. 2000. *Soil and Environmental Analysis. Physical Methods (Second Edition ed.)*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Solak, C. N. 2003. Akçay (Muğla-Denizli)'nin Fiziko-Kimyasal ve Epilitik Alg Florası Yönünden İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Muğla Üniversitesi, Muğla.
- Song, X., Zhang, J., Zhan, C., Xuan, Y., Ye, M., Xu, C., 2015. Global sensitivity analysis in hydrological modeling: Review of concepts, methods, theoretical framework, and applications. *Journal of Hydrology*, 523, 739-757. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.02.013.
- Sönmez, F. Y. 2015. Karmuç Çayı Su Kalitesinin İzlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Sparks, D., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R. 1996. *Methods of Soil Analysis. Part 3 – Chemical Methods*. Madison, WI, USA: Soil Science Society of America.
- Strauch, M., Bernhofer, C., Koide, S., Volk, M., Lorz, C., Makeschin, F., 2012. Using precipitation data ensemble for uncertainty analysis in SWAT streamflow simulation. *Journal of Hydrology*, 414-415, 413-424. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.11.014.

- Şahin, B. 2016. Küresel Bir Sorun: Su Kıtlığı ve Sanal Su Ticareti. (Yüksek Lisans Tezi), Hitit Üniversitesi, Çorum.
- Şengün, E. 2013. Aksu Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Giresun Üniversitesi, Giresun.
- Tanyolaç, J. 2011. Limnoloji (6. baskı ed.). Ankara: Hatiboğlu Yayınevi.
- Taşdemir, M., Göksu, Z. L., 2001. Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 18(1-2), 55-64.
- Tepe, Y., 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. Ekoloji, 18(70), 38-46.
- Thawait, A. K., Chauhan, M. S., 2015. Sediment Yield Modelling of Mohgaon Watershed of Narmada River Basin using SWAT Model. International Journal of Engineering and Technical Research, 3(2), 238-241.
- Thodsen, H., Farkas, C., Chormanski, J., Trolle, D., Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., Engebretsen, A., Kardel, I., Andersen, H., 2017. Modelling Nutrient Load Changes from Fertilizer Application Scenarios in Six Catchments around the Baltic Sea. Agriculture, 7(5), 41. doi: 10.3390/agriculture7050041.
- Tunç Dede, Ö., Sezer, M., 2017. Aksu Deresi Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kanada Su Kalitesi İndeks (Cwqi) Modelinin Uygulanması. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(3). doi: 10.17341/gazimmfd.337643.
- TÜİK, 2017. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Veri Tabanı, Şehir, Belde ve Köy Nüfusları.
- Türkyılmaz, A. 2010. Dünyada ve Ülkemizde Su. Ankara: Türkiye Belediyeler Birliği.
- Tzoraki, O., Nikolaidis, N. P., Cooper, D., Kassotaki, E., 2014. Nutrient mitigation in a temporary river basin. Environ Monit Assess, 186(4), 2243-2257. doi:10.1007/s10661-013-3533-4.
- USGS. (2016a). Global water distribution. Retrieved December 21, 2016, from <http://water.usgs.gov/edu/watercyclesummary.html>
- USGS. (2016b). The Water Cycle. Retrieved December 21, 2016, from <http://water.usgs.gov/edu/watercyclesummary.html>
- Uyduranoğlu, A., Aksoy, A. 2014. Türkiye'nin Su Riskleri Raporu (B. Dural Ed.). İstanbul: WWF-Türkiye.

- Viessman, W., Lewis, G. L. 2002. Introduction to Hydrology (5th Edition ed.): Pearson.
- WHO. 2011. Guidelines for Drinking-Water Quality (4th edition ed.).
- Winchell, M., Srinivasan, R., Di Luzio, J., Arnold, J. 2010. ArcSWAT Interface for SWAT2009 User's Guide. Texas, ABD.
- WRG, 2009. Charting Our Water Future, Economic frameworks to inform decisionmaking.
- Wu, Y., Shi, X., Li, C., Zhao, S., Pen, F., Green, T., 2017. Simulation of Hydrology and Nutrient Transport in the Hetao Irrigation District, Inner Mongolia, China. *Water*, 9(3), 169. doi: 10.3390/w9030169.
- WWAP. 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris: UNESCO.
- Xu, C.-y. 2002. Hydrologic Models: Uppsala University
- Yang, C. T., 1996. Sediment Transport: Theory and Practice.
- Yang, J., Reichert, P., Abbaspour, K. C., Xia, J., Yang, H., 2008. Comparing uncertainty analysis techniques for a SWAT application to the Chaohe Basin in China. *Journal of Hydrology*, 358(1-2), 1-23. doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.05.012.
- Yaykiran, S. 2016. Sakarya Havzası'nın Yüksek Çözünürlüklü Hidrolojik Modelinin Yapılandırılması. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yesuf, H. M., Assen, M., Alamirew, T., Melesse, A. M., 2015. Modeling of sediment yield in Maybar gauged watershed using SWAT, northeast Ethiopia. *Catena*, 127, 191-205. doi: 10.1016/j.catena.2014.12.032.
- Young, R. A., Onstad, C. A., Bosch, D. D., Anderson, W. P., 1989. AGNPS – a Nonpoint-Source Pollution Model for Evaluating Agricultural Watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation*, 44(2), 168-173.
- YSKY, 2015. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği. Resmî Gazete, 30.11.2012(Sayı: 28483).
- Yuksel, A., Akay, A. E., Gundogan, R., Reis, M., Cetiner, M., 2008. Application of GeoWEPP for Determining Sediment Yield and Runoff in the Orcan Creek Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Sensors (Basel)*, 8(2), 1222-1236. doi: 10.3390/s8021222.

- Yüksel, İ., Sandalcı, M., Çeribaşı, G., Yüksek, Ö., 2011. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri. 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 20-23 Kasım 2011, Trabzon, 51-58.
- Yüzer M. 2019. Kılıçkaya Baraj Gölünün Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Taşıma Kapasitesinin Tahmini (Yüksek Lisans Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Zeybek, M., Kalyoncu, H., 2016. The determination of water quality of Kargı Stream (Antalya, Turkey) in terms of physicochemical parameters. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(3), 223. doi: 10.12714/egejfas.2016.33.3.06.
- Zhang, D., Chen, X., Yao, H., 2016. SWAT-CS (enm): Enhancing SWAT nitrate module for a Canadian Shield catchment. Sci Total Environ, 550, 598-610. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.109.