

Borçka Baraj Gölü Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemle Değerlendirilmesi

Ayla Bilgin^{1*}

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Artvin.
ayla.bilgin@gmail.com

Geliş / Recieved: 23 Ekim (October) 2015
Kabul / Accepted: 28 Aralık (December) 2015
DOI: <http://dx.doi.org/10.18466/cbujos.81428>

Özet

Borçka Barajı, Artvin İli, Borçka İlçesinin 2.5 km membasında ve Aşağı Çoruh Havzasının ikinci barajıdır. Bu çalışmada; Borçka baraj gölünün su kalitesini değerlendirmek amacı ile 2013 yılında Artvin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından yaptırılmış olan su kalitesi ölçüm sonuçları kullanılmıştır. Borçka baraj gölünde her bir istasyondan yüzey, orta ve dip olmak üzere toplam 4 istasyondan alınan su örneklerinde; toplam fosfor, toplam azot, klorofil-a değerleri ve seki diski derinliği ölçülmüştür. Verilerin değerlendirilmesi için ANOVA, faktör analizi/temel bileşenler analizi yapılmıştır. ANOVA analizi toplam fosfor, toplam azot ve klorofil-a parametreleri arasında %95 güven aralığında; toplam fosfor ve toplam azot parametresinde gölün yüzey ve dip arasında istatistiksel olarak fark olduğu, klorofil a parametresinde ise gölün yüzey, orta ve dip arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir. Faktör analizi sonucunda, özdeğeri>1 olan ve herbirinin toplam varyansa oranı gittikçe azalan 1 faktör belirlenmiştir. Bu faktör toplam varyansın %78.01'ini açıklamaktadır. Borçka baraj gölü su kalite verileri 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nde" verilen Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri'ne göre değerlendirilmiştir. Borçka baraj gölünün her bir örneği yüzey, orta ve dip olmak üzere göl alanının dört köşesinden alınan veriler yönetmelikte verilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında, mezotrofik göl sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — Borçka barajı, Çoruh nehri, Faktör analizi, Su kirliliği, Su kalitesi

Evaluation of Borcka Reservoir Water Quality by a Multivariate Statistical Method

Abstract

Borcka Dam is the second dam of Lower Coruh Basin located in Artvin Province and 2.5 km upstream of the Borcka District. In this study, water quality measurements done by Artvin Provincial Directorate of Environment and Urbanization in 2013 were used in order to evaluate the water quality of Borcka Reservoir. Samples were collected from surface, middle and deep levels of the reservoir at four different points and total phosphorus, total nitrogen, chlorophyll-a values and terraces disk depth values were measured. ANOVA and factor analysis/principal component analysis were used to evaluate the data obtained. According to the results of ANOVA analysis, there is a statically significant difference between surface and deep levels of the lake in terms of total phosphorus and total nitrogen parameters within a confidence interval of 95%, and there is also statically significant difference between surface, middle and deep levels of the lake in terms of chlorophyll-a parameters. As a result of the factor analysis, 1 factor with eigenvalues>1 for each and with a ratio gradually decreasing compared to the total variance is determined. This factor explains 78.01% of the total variance. The water quality data of Borcka Reservoir is evaluated according to the Limit Values of Trophic Classification System of Lakes, Small Lakes and Reservoirs presented in "Surface Water Quality Management Regulations" published in the Official

Gazette No. 28483 on 30.11.2012. The data collected from four points at surface, middle and deep levels of the lake is evaluated as the mesotrophic lake class according to the limit values set by the regulations.

Keywords Borcka dam, Coruh river, Factor analysis, Water pollution, Water quality,

1 Giriş

Su yönetiminin en önemli problemlerinden biri göller, ırmaklar ve rezervuarların işlevsel kullanımı ve ekolojik yapısının bozulmasıdır [1]. Genellikle barajlar besin tutma oranını artırmaktadır. Nehirler kıyı alanlarda azot (N) ve fosfor (P) gibi besinlerin doğal kaynaklarıdır. Barajlardan dolayı azot (N) ve fosforun (P) suda tutulma süresi nehirlerden daha fazla olmaktadır [2]. Baraj gölleri, çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenen alanlardır. Endüstriyel, evsel ve tarım alanlarından kaynaklanan kirleticiler akarsulara karışarak göl ve denizlerde kirlilik oluşturmaktadırlar. Bu kirlilik kaynakları su ortamında yaşayan canlılarda toksik etki yaratmakta ve aynı zamanda besin zinciri yolu ile insanlara zararlı etki yapmaktadır [3].

Türkiye tatlı su kaynaklarına göre değerlendirildiğinde zengin bir ülke değildir. Çevresel kirlilikler önlenmediği takdirde gelecekte ciddi sorunlarla karşılaşacaktır. Bu sorunlara neden olan faktörler; coğrafik koşullar, sanayileşme ve su havzasına dayalı yönetim modellerinin olmaması olarak değerlendirilebilir [4,5]. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m³ civarındadır. Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir. Türkiye'de 120'den fazla doğal göl 706 adet baraj gölü bulunmaktadır [6].

Baraj göllerinde zamanla su ekosistemi değişmekte ve bazı bitki ve hayvan türlerinin yok olarak canlı türlerde değişiklikler meydana gelmektedir. Bu nedenle su kaynaklarının sürekli izlenmesi ve kirliliğin önlenmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir [7,8].

Bu çalışmada; Artvin İli, Borçka İlçesinin 2.5 km membasında ve Aşağı Çoruh Havzasında yer alan Borçka Baraj gölünün su kalitesinin çok değişkenli istatistikler kullanılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

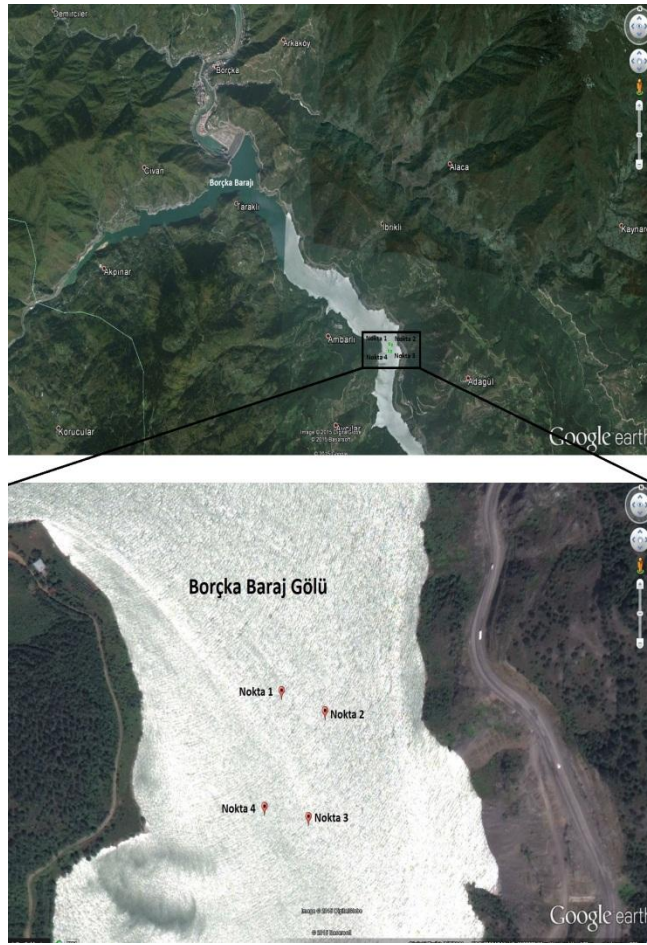
2 Materyal Metot

2.1 Çalışma Alanı

Türkiye sınırları içerisinde Bayburt ilinde doğan ve toplam uzunluğu 431 km olan Çoruh nehri'nin son 20 km.si Gürcistan sınırları içerisinde olup, bu ülke sınırları içerisinde Karadeniz'e dökülmektedir. Nehrin toplam uzunluğu 431 km'dir. Çoruh Nehri'nin 410 km. lik kısmı Türkiye sınırları içerisinde, 21 km. lik kısmı ise Gürcistan sınırları içerisinde. Borçka Barajı, Artvin İli, Borçka İlçesinin 2.5 km membasında ve Aşağı Çoruh Havzasının ikinci barajıdır. Barajın 5 660 milyon m³lük yıllık ortalama akımı olup, yağış alanı 19 255 km²'dir. Barajın kurulu gücü 300.00 MW olup, yıllık 1039 GWh enerji üretmektedir [9]. Normal su kotunda göl hacmi 419.8 hm³ ve normal su kotunda göl alanı 10.84 km²'dir. Temelden yüksekliği 146 m ve gövdesi kil çekirdek zonedir [10].

DSİ 26. Bölge Müdürlüğü kayıtlarına göre, Borçka barajının yapılış amacı, enerji üretimi ve taşkın koruma olarak ifade edilmiştir. Baraj gölünde kafes balıkçılığı kapsamında çalışmalar sürdürülmektedir. Borçka baraj gölündeki balıkçılık tesislerin üretimlerinde, kurulduklarından bu yana artma eğilimi olduğu görülmektedir. Nitekim 2011 yılında bütün tesislerin toplam balık üretimi, 350 ton civarlarında gerçekleşmişken; bu değer 2012'de yaklaşık olarak 660 ton, 2013'de 530 ton ve 2014'de 740 ton olarak kayıt altına alınmıştır [11].

Çalışma verileri, Artvin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Su örnekleri Müdürlük personeli gözetiminde, Nisan 2013 tarihinde Borçka baraj gölünün yüzey, orta ve dip olmak üzere dört köşesinden anlık olarak örnekler alınmıştır. Su kalite verisini değerlendirmek amacıyla; toplam fosfor (TP), toplam azot (TN), klorofil-a ve seki diski derinlikleri ölçülmüştür. Örnek alma noktaları Şekil 1.'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnek alma noktaları

2.2 Veri Analizi ve Çok Değişkenli İstatistiksel Teknikler

Birden çok değişkenin ayrı ayrı ele alınarak analiz edilmesi verilerin değerlendirilmesini zorlaştırabilir. Çünkü değişkenlerin ayrı ayrı analiz edilmesi, değişkenler arasındaki ilişkileri dikkate almamak demektir. Ancak gözlemlenen çok sayıda değişken arasında az veya çok bir ilişkinin olması beklenmektedir. Bu amaçla “Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri” geliştirilmiştir [12]. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler büyük veri setlerinin yorumlanması, modellenmesi sınıflandırılması, su kalitesinin değerlendirilmesi ve yüzey sularının yönetimi için yararlı olacaktır [13]. Bu çalışmada, varyans analizi (ANOVA), faktör analizi ve Box-Plot grafikleri kullanılmıştır. Verilerin analizi için SPSS-19 programı kullanılmıştır.

ANOVA analizi bir cevap üzerinde aynı anda işleyen farklı etkilerin hangisinin etkili olduğuna istatistiksel olarak karar vermek [18] ve istatistiksel olarak farklılık olup olmadığını test etmek için kullanılan bir yöntemdir. One way ANOVA en basit varyans analizidir.

İki tane değişken vardır. Bunlardan birisi kategorik özellik gösteren bağımsız değişken ve diğeri de metrik özellik gösteren bağımlı değişkendir. One way ANOVA, bu gruplara göre, bağımlı değişkenlerdeki ortalamalar arasında fark olup olmadığını test eder [14].

Faktör analizi, birbirleri ile ilişkili veri yapılarını birbirinden bağımsız ve daha az sayıda yeni veri yapılarına dönüştürmek, bir oluşumu ya da olayı açıkladıkları varsayılan değişkenleri gruplayarak ortak faktörleri ortaya koymak, bir oluşumu etkileyen değişkenleri gruplamak, majör ve minör faktörleri tanımlamak amacıyla başvurulan bir yöntemdir [15]. Faktör analizinde en çok kullanılan yöntem temel bileşenler analizidir. Temel bileşenler analizi, değişken azaltılması için bir teknik ve su kalitesindeki zamansal değişimleri ve etkileri tanımlar. Kirli alanlardaki çok önemli parametreleri göstermektedir [16]. Faktör analizi için dört temel aşama söz konusudur. Bunlar; veri setinin faktör analizi için uygunluğunun değerlendirilmesi, faktörlerin elde edilmesi, faktörlerin rotasyonu ve faktörlerin isimlendirilmesidir [14].

3 Bulgular ve Tartışma

Borçka baraj gölü su kalite verileri 30.11.2012 tarih (değişik Resmi Gazete-15/4/2015-29327) 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Yüzeyel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği”nde verilen Göl, Gölet ve Baraj Göllelerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri’ne (Tablo 2) göre değerlendirilmiş ve analiz sonuçları Tablo 1’de verilmektedir. Baraj gölünün yüzey, orta ve dip olmak üzere göl alanının dört köşesinden alınan veriler yönetmelikte verilen sınır değerlere göre değerlendirildiğinde; TP sonuçları yüzey, orta ve dipte 10-27 µg/L arasında değişmekte olup mezotrofik göl sınıfına girmektedir. TN değeri yüzey, orta ve dipte 326 -547 µg/L arasında değişmekte, klorofil-a değeri yüzey ve ortada 1-2.7 µg/L arasında değişmekte iken dipte ise 4.3-5.9 µg/L arasında değişmekte ve seki diski değeri ise 2.3-2.4 m arasındadır. Bu verilere göre; Borçka baraj gölü mezotrofik göl olarak değerlendirilmektedir. Baraj gölünün TP değeri 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete de yayınlanan *Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği*’ne göre ikinci kalite su sınıfı olarak değerlendirilmektedir. Borçka baraj gölünde 2011-2013 su kalite ölçüm çalışmaları sonuçlarına göre; bulanıklığın yüksek, TP ve renk parametresi değeri açısından ikinci sınıf olarak değerlendirilmiştir [17].

3.1 Su Kalite Verilerinin Derinliğe Bağlı Olarak Değişimi

Box plot grafiği ölçüm noktaları arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılmaktadır ve niceliksel verileri görsel şekilde özetlemektedir. Kutunun üzerindeki çizgi medyanı temsil etmektedir. Kutunun en alt ve en üstündeki noktalar birinci ve üçüncü çeyrekteki (Q_1 ve Q_3)ü göstermektedir. Whiskers bölge içindeki en yüksek ve en düşük gözlem değerlerini kutunun alt ve üst noktalarına uzanan çizgi olarak gösterilmekte ve $Q_1 - 1.5(Q_3 - Q_1)$ ve $Q_3 + 1.5(Q_3 - Q_1)$ olarak ifade edilmektedir. Limit değerlerin dışındaki bireysel noktalar yıldız imi ile gösterilmektedir [18].

Tablo 1. Borcka baraj gölü örnek alma noktaları ve su kalitesi verileri

YÜZEY	Nokta 1	Nokta 2	Nokta 3	Nokta 4
TP (µg/L)	16	14	11	<10
TN (µg/L)	326	447	492	327
Klorofil-a(µg/L)	1	1	<1	<1
Seki Diski	2.4	2.3	2.3	2.3
Derinliği (m)				
ORTA				
TP (µg/L)	18	22	15	14
TN(µg/L)	403	472	499	377
Klorofil-a(µg/L)	2.1	2.7	2.1	2.7
DİP				
TP (µg/L)	23	27	18	17
TN(µg/L)	547	517	530	491
Klorofil-a(µg/L)	5.9	5.9	4.3	5.3

Tablo 2. Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri ^(a)

Trofik seviye	Toplam P (µg/L)	Toplam N (µg/L)	Klorofil a (µg/L)	Secchi Disk Derinliği (m)
Oligotrofik	< 10	< 350	< 3.5	> 4
Mezotrofik	10-30	350-650	3.5-9.0	4-2
Ötrofik	31-100	651-1200	9.1-25.0	1.9-1
Hipertrofik	> 100	> 1200	> 25.0	< 1

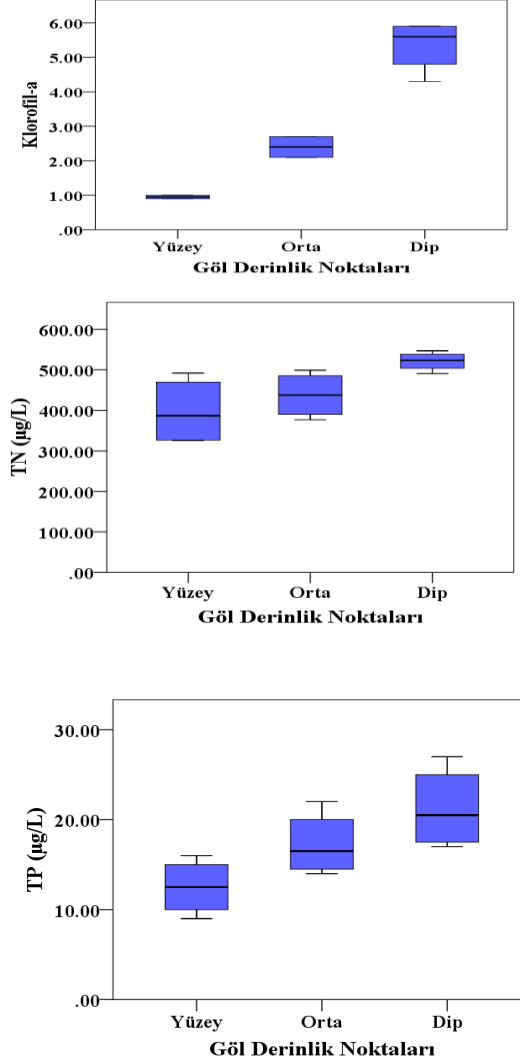
a 30.11.2012 (Resmî Gazete-15/4/2015-29327) 28483 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği”

Su kalitesi verileri için box-plot grafikleri Şekil 2.de gösterilmektedir. Box plot grafiğine göre; TP, TN ve klorofil-a değeri dip derinlikte daha yüksek, yüzeyde daha düşüktür. TP’nin yüksek olması, sedimentte fosfor salınımından kaynaklanabileceğini göstermektedir [19]. Klorofil-a değeri ötrofikasyon çalışmalarında ve alg biyokütlesinin belirlenmesi amacıyla ölçümü kolay olduğu için kullanılır [20].

3.2 Su Kalite Verilerinin Değerlendirilmesi

ANOVA analizi ikiden fazla bağımsız grubun ortalamalarının birbirinden farklı olup olmadığını test et-

mek için kullanılır. Ölçüm noktaları arasındaki su kalite parametresindeki farklılıklarını belirlemek amacıyla yapılan one way analizine göre TP, TN ve klorofil-a parametreleri arasında %95 güven aralığında gölün yüzey, orta ve dip noktalarında $p < 0.05$ olduğu için istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir (Tablo 3).



Şekil 2. Toplam fosfor, toplam azot ve klorofil-a değeri için Box-Plot grafiği.

Bu parametrelerin farklı olduğu noktaları tespit etmek için ANOVA analizi yapılmıştır ve Tablo 4.'de verilmektedir. ANOVA analiz sonucuna göre $p < 0.95$ olduğu için TP ve TN parametresinde gölün yüzey ve dip arasında, klorofil-a parametresinde ise gölün yüzey, orta ve dip arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir

Tablo 3 Borçka baraj gölü su kalitesi için ANOVA analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Kareler ort.	F	Sig.
TP	153.500	2	76.750	5.213	.031
TN	31657.167	2	15828.583	4.322	.048
Klorofil-a	40.220	2	20.110	87.014	.000

Tablo 4 Borçka baraj gölü su kalitesinin yüzey, orta ve dip noktaları için ANOVA analizi sonuçları

Bağımlı Değişken	(I) göl yeri	(J) göl yeri	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
TP	Yüzey	Orta	-4.75	2.71	0.240
		Dip	-8.75*	2.71	0.025
	Orta	Yüzey	4.75	2.713	0.240
		Dip	-4.00	2.71	0.347
	Dip	Yüzey	8.75*	2.71	0.025
		Orta	4.00	2.71314	0.347
TN	Yüzey	Orta	-39.75	42.78	0.637
		Dip	-123.25*	42.78	0.044
	Orta	Yüzey	39.75	42.78	0.637
		Dip	-83.50	42.78	0.180
	Dip	Yüzey	123.25*	42.78	0.044
		Orta	83.50	42.78	0.180
Klorofil-a	Yüzey	Orta	-1.45*	0.339	0.005
		Dip	-4.40*	0.339	0.000
	Orta	Yüzey	1.45*	0.339	0.005
		Dip	-2.95*	0.33*	0.000
	Dip	Yüzey	4.40*	0.339	0.000
		Orta	2.95*	0.339	0.000

*%95 güven aralığında istatistiksel olarak farklı olan noktaları göstermektedir.

3.4 Değişkenler arasında korelasyon

Faktör analizinin ilk aşaması değişkenler arasındaki korelasyonun belirlenmesidir [21]. Korelasyon analizi değişkenler arasında ilişki olup olmadığını böyle bir ilişki tespit edildiğinde bunun yönünü ve gücünü belirler. Korelasyon değeri 1'e ne kadar yakın ise ilişkinin kuvvetli olduğunu göstermektedir. Korelasyon analizi sonucuna göre; TN ile TP arasında pozitif yönde orta dereceli ilişki, klorofil-a ile yüksek derecede ilişki olduğunu göstermektedir. TN ile klorofil-a arasında ise yine pozitif yönde ve orta dereceli ilişki olduğunu göstermektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Göl su kalite parametreleri arasında korelasyon matrisi

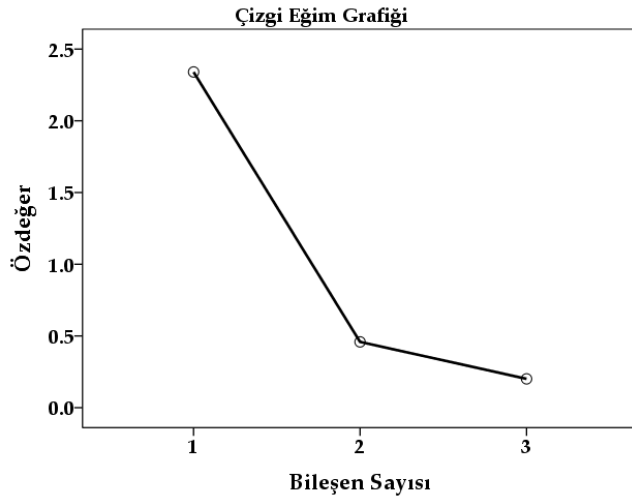
	TP	TN	Klorofil-a
TP	1.000		
TN	0.554	1.000	
Klorofil-a	0.776	0.674	1.000

3.3 Faktör Analizi

Borçka baraj gölü su kalitesini belirlemek için gölün dört köşesinden yüzey orta ve dip noktaları olmak üzere 16 su örneği alınarak 3 adet parametrenin analizi yapılmıştır. Faktör analizi yapmadan önce the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) [22] and Bartlett's sphericity [23] testleri uygulanmıştır. KMO testi örneklemin analiz için yeterli olup olmadığını açıklar. KMO. 0 ile 1 arasında değer alır 1 e ne kadar yakınsa örneklem o kadar faktör analizine uygundur. Su kalitesinin istatistiksel analizi sonucunda KMO=0.68 değeri faktör analizi için uygun olduğunu göstermektedir. Bartlett testi değişkenler arasındaki korelasyonun yeterli olup olmadığına karar verir. Tüm korelasyon katsayıları sıfır olması boş hipotezini test eder. İstatistiksel analiz sonucunda p değeri < 0.05 ise, veri seti faktör analizi için uygundur. Su kalitesi sonuçlarına göre p değeri 0.003 çıkmıştır. $p < 0.05$ değeri faktör analizi için uygun olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada; özdeğeri 1'den büyük olan faktörler anlamlı kabul edilmiştir [14, 24]. Faktör yükleri 0.30-0.50 zayıf, 0.50-0.75 orta, 0.75> kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir [25, 26].

Çizgi eğim grafiği, temel veri yapısının bileşen sayısını belirlemek için kullanılır. Grafikte dikey eksen öz değeri yatay eksen ise faktörleri gösterir. Grafik faktörlerin öz değerleriyle eşleştirilmesi sonucunda bulunan noktaların birleştirilmesiyle elde edilir. Grafikte yüksek ivmeli hızlı düşüşlerin yaşandığı faktör önemli faktör sayısını verir. Yatay çizgiler faktörlerin getirdikleri ek varyansların katkılarının birbirine yakın olduğunu gösterir [27]. Şekil 3.'e bakıldığında birinci ana bileşenden sonra eğimin çok fazla değişmediği görülmektedir. Ana bileşenler analizi sonucunda, özdeğeri 1 den büyük bir ana bileşen belirlenmiştir.



Şekil 3. Çizgi eğim grafiği

Tablo 6. Borçka Baraj gölü için faktör analiz parametrelerinin varyans tablosu

Bileşen	Başlangıç Özdeğerler			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)
1	2.340	78.010	78.010	2.340	78.010	78.010
2	0.459	15.288	93.298			
3	0.201	6.702	100.000			

Döndürme Metodu: Birincil bileşen analizi

Faktör analizi, su kalitesini etkileyen faktörleri belirlemek için ve normalize edilen veriler için kullanılır [28]. Faktör analizi tablosu Tablo 6.'da verilmektedir. Faktör analizi sonucunda; özdeğeri>1 olan ve herbirinin toplam varyansa oranı gittikçe azalan bir faktör belirlenmiştir. Bu bir faktör toplam varyansın %78.01'ini açıklamaktadır. Bu etki tarımsal alanlar ve gibi noktasal olmayan kaynaklardan ve evsel nitelikli olarak açıklanabilir [13]. Su kalitesini etkileyen TP (0.88), TN (0.83) ve Klorofil-a (0.93) parametresinin faktör yüklerine göre birbiri ile yüksek ilişkili olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. Faktör yükleri

	Bileşen
TP	0.883
TN	0.833
Klorofil-a	0.931

4 Sonuçlar

Su kalitesi analizi karmaşık bir yapıda olup, çok değişkenli istatistiksel analizlerin yapılması verilerin yorumlamasını kolaylaştırmaktadır [28]. Bu çalışmada; Çoruh Havzasında yer alan Borçka baraj gölünde su kalitesi değişimi çok değişkenli istatistiksel analizlerden ANOVA, faktör analizi ve Box-plot grafikleri çizilerek incelenmiştir.

Borçka baraj gölü su verileri ANOVA analizine göre değerlendirildiğinde; TP, TN ve klorofil-a parametreleri %95 güven aralığında gölün yüzey, orta ve dip noktaları arasında $p<0.05$ olduğu için; TP ve TN parametresi gölün yüzeyi ve dibi arasında, klorofil a parametresi ise gölün yüzey, orta ve dip arasında istatistiksel olarak fark olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Faktör analizi sonucunda; özdeğeri>1 olan ve herbirinin toplam varyansa oranı gittikçe azalan 1 faktör belirlenmiştir. Bu 1 faktör toplam varyansın %78.01'ini açıklamaktadır. Su kalitesini etkileyen TP (0.88), TN (0.83) ve klorofil-a (0.93) parametresinin faktör yüklerine göre birbiri ile yüksek ilişkili olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Box plot grafikleri; TP, TN ve klorofil-a değeri bakımından dip derinlikte daha yüksek, yüzeyde ise daha düşük olduğunu göstermektedir.

Çalışma sonucunda; Borçka baraj gölü 30.11.2012 tarih (değişik Resmi Gazete-15/4/2015-29327) 28483 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Yüzeyel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği"nde verilen Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri'nde verilen TP, TN, klorofil-a ve seki diski ölçümlerine göre değerlendirilmiş ve mezotrofik göl sınıfına girdiği belirlenmiştir.

5 Teşekkür

Yazar, su kalite verilerini sağladığı için Artvin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne, harita çiziminde yardımcı olduğu için Artvin Çoruh Üniversitesi, Harita Mühendisliği Öğretim üyesi Doç.Dr.Halil Akıncı'ya teşekkür eder.

6 Kaynaklar

- [1]. Absalon, D.; Ruman, M.; Matysika, M.; Kozioł, K.; Polkowskad, Z. Innovative Solutions in Surface Water Quality Monitoring, APCBEE Procedia. 2014; 10, 26 – 30.
- [2]. Syvitski, J.P.M.; Vörösmarty, C.J.; Kettner, A.J.; Green, P. Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. Science. 2005; 308, 376–380.
- [3]. Yılmaz, F. Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri. Ekoloji 13, 2014; 50, 10-17.

- [4]. Varol, M. Dicle Baraj Gölü Su Kalitesinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne Göre Değerlendirilmesi. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 2015; 2(1), 86-91.
- [5]. Gürer, İ. Küresel Isınma, Türkiye'nin Su Kaynakları, Olası Etkileşim. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11-13 Nisan, İTÜ, İstanbul, s. 8-27. 2007.
- [6]. DSİ. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. 20.10.2015
- [7]. Özdemir, N.; Yılmaz, F.; Yorulmaz, B. Dalaman Çayı Üzerindeki Bereket HidroElektrik Santrali Baraj Gölü Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerinin ve Balık Faunasının Araştırılması. *Ekoloji*. 2007; 16 (62), 30-36.
- [8]. Boztuğ, D.; Dere, T.; Tayhan, N.; Yıldırım, N.; Danabaş, D.; Yıldırım, N.C.; Önal, A.Ö.; Danabaş, S.; Ergin, C.; Uslu, G.; Ünlü, E. Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 2012; 2 (2), 93-106.
- [9]. Sucu, S., Dinç, T. Çoruh Havzası Projeleri, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi. 33-38, 2008.
- [10]. DSİ. 26. Artvin Bölge Müdürlüğü <http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi26/artvin.htm>.
- [11]. Orhan, F., Baraj Göllerinin Alternatif Ekonomik Faaliyetlerde Kullanımı: Borçka Baraj Gölü Örneği, *Marmara Coğrafya Dergisi Sayı*. 2015; 32, 380-402.
- [12]. Arslan, H.; Yıldırım, D. Water quality assessment of the drainage canals in bafra plain using multivariate statistical analysis. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*. 2011; 28(2), 61-71.
- [13]. Simeonov, V.; Stratis, J. A.; Samara, C.; Zachariadis, G.; Voutsas, D.; Anthemidis, A.; Sofoniou, M.; Kouimtzi, T. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Res*. 2003; 37, 4119-4124.
- [14]. Kalaycı, Ş. SPSS Uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri. Asil Yayın Dağıtım. 2009; 426 pp.
- [15]. Özdamar, K. Paket Programları İle İstatistiksel Veri Analizi- 2 (Çok Değişkenli Analizler), Kaan Kitapevi, Eskişehir, 2002.
- [16]. Dillon, W.R.; Goldstein, M. *Multivariate Analysis Methods and Application*. John and Wiley and Sons. 1984.
- [17]. Bilgin, A. An assessment of water quality in the Coruh Basin (Turkey) using multivariate statistical techniques, *Environ Monit Assess*. 2015; 187(11):721.
- [18]. Vega, M.; Pardo, R.; Barrado, E.; Deban, L. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Res*. 1998; 32, 3581-3592.
- [19]. Fakıoğlu, Ö.; Demir, N. Beyşehir Gölü Fitoplankton Biyokütlesinin Mevsimsel ve Yersel Değişimleri, *Ekoloji*. 20. 2011; 80, 23-32.
- [20]. Muslu, Y., Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi ve Alg Kontrolü, İSKİ, İstanbul. 2001.
- [21]. Mahmood, A.; Mugbool, W.; Mumtaz, M.W.; Ahmad, F. Application of Multivariate Statistical Techniques for the Characterization of GroundWater Quality of Lahore, Gujranwala and Sialkot (Pakistan), *Pak. J. Anal. Environ. Chem*. 2011; 12, 102-113.
- [22]. Kaiser, H., *Psychometrika*, 35, 1970. 401 pp.
- [23]. Bartlett, M.S. A note on the multiplying factors for various chi square approximations. *Journal of Royal Statistical Society*, 16(Series B), 1954; 296-298.
- [24]. Kim, J.O.; Mueller, C.W. *Introduction to Factor Analysis: What It Is and How to Do It*. Quantitative Applications in the Social Sciences Series. Sage University Press, Newbury Park. 1987.
- [25]. Liu, C.W.; Lin, K.H.; Kuo, Y.M. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *Sci. Tot. Environ*. 2003; 313, 77-89.
- [26]. Wang, Y.; Wang, P.; Bai, Y.; Tian, Z.; Li, J.; Shao, X.; Mustavich, L.F.; Li, B.L. Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: A case study of the Songhua River Harbin region, China. *Journal of Hydro-environment Research*. 2013; 7-30.
- [27]. Büyüköztürk, Ş. *Factor Analysis: Basic Concepts and Using to Development Scale*. Educational Administration in Theory and Practice. 2002; 32, 470-483.
- [28]. Singh, K.P.; Malik, A.; Sinha, S. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques-a case study, *Anal. Chim. Acta*. 2005; 538, 355-374.