

Su Rezervuarlarının Kalitesinin Değerlendirilebilmesi İçin Çok Değişkenli İstatistiksel Tekniklerin Kullanılması: Yamula Baraj Gölü Örneği

Musa KAR^{1*}, Zeliha LEBLEBİCİ¹

¹Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü 50300, Nevşehir, TÜRKİYE.

*Sorumlu yazar: e-posta: musa.kar@nevsehir.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7983-4814>
zleblebici@nevsehir.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-3809>

Geliş Tarihi: 18.10.2019

Kabul Tarihi: 15.04.2020

Öz

Bu çalışmanın amacı, Kayseri Yamula Baraj Gölü'nün su kalite parametrelerinde meydana gelen değişimleri çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanarak belirlemektir. Kümelenme analizi ve temel bileşenler analizi su kalitesinin belirlenmesi amacıyla kullanılan en yaygın istatistiksel analiz yöntemidir. Çalışmada kullanılan veriler, Devlet Su İşleri (DSİ) Ankara İşletme ve Bakım Daire Başkanlığı tarafından, Eylül 2008 ile Nisan 2009 tarihleri arasında Yamula Baraj Gölü'nden belirlenen beş ayrı noktadan mevsimsel olarak 125 adet örnekleme yapılarak elde edilmiştir. Çalışma alanındaki su kalitesini belirlemek için 16 fiziko-kimyasal parametre belirlenmiştir. Bunlar: pH, elektriksel iletkenlik (EC), amonyak azotu (NH₄-N), nitrit azotu (NO₂-N), nitrat azotu (NO₃-N), toplam fosfor (TP), Sülfat (SO₄), klorür (Cl), bikarbonat (HCO₃), toplam sertlik (TH), magnezyum (Mg), organik madde (pV), Sodyum (Na), potasyum (K), ortofosfat (PO₄³⁻) ve kalsiyum (Ca) olarak belirlenmiştir. Kümelenme analizine göre, kirlilik oranına bağlı olarak iki ana küme bulunmuştur. Temel bileşen analizinde farklı faktörler toplam varyansın % 100'ünü açıklamaktadır. Bu çalışmada, Yamula Baraj Gölü'nün su kalitesini değerlendirmek için en önemli parametrelerin amonyak azotu, nitrit azotu, sülfat, klorür, sodyum, ortofosfat, potasyum, pH, organik madde, toplam fosfor ve nitrat azotu olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Yamula Baraj Gölü;
TBA; Çok değişkenli
istatistiksel yöntemler;
Su kalitesi

Using Multivariate Statistical Techniques to Evaluate the Quality of Water Reservoirs: Yamula Dam Lake Case Study

Abstract

The aim of this study is to determine the changes in the water quality parameters of Kayseri Yamula Dam Lake using multivariate statistical methods. For this purpose, principal components analysis / factor analysis (PCA / FA) and cluster analysis (CA) techniques were used. Cluster analysis and principal components analysis are the most common statistical analyzes for determine water quality. The data used in the study were obtained by the State Hydraulic Works (DSI) Ankara Operation and Maintenance Department by seasonally sampling 125 samples from five different points determined from Yamula Dam Lake between September 2008 and April 2009. 16 physico-chemical parameters were selected to determine the water quality in the study area. These are; pH, electrical conductivity (EC), ammonia nitrogen (NH₄-N), nitrite nitrogen (NO₂-N), nitrate nitrogen (NO₃-N), total phosphorus (TP), Sulfate (SO₄), chloride (Cl), bicarbonate (HCO₃), total hardness (TH), magnesium (Mg), organic matter (pV), Sodium (Na), potassium (K), orthophosphate (PO₄³⁻) and calcium (Ca). According to the cluster analysis, two main clusters were found depending on the pollution gradient. In the principal component analysis, different factors explained 100% of the total variance. It has been determined that the most important parameters to evaluate the water quality of Yamula Dam Lake are ammonia nitrogen, nitrite nitrogen, sulfate, chloride, sodium, orthophosphate, potassium, pH, organic matter, total phosphorus and nitrate nitrogen. determined as the most important parameters to evaluate the water quality of Yamula Dam Lake

Keywords

Yamula Dam Lake;
PCA; Multivariable
statistical methods;
Water quality

1. Giriş

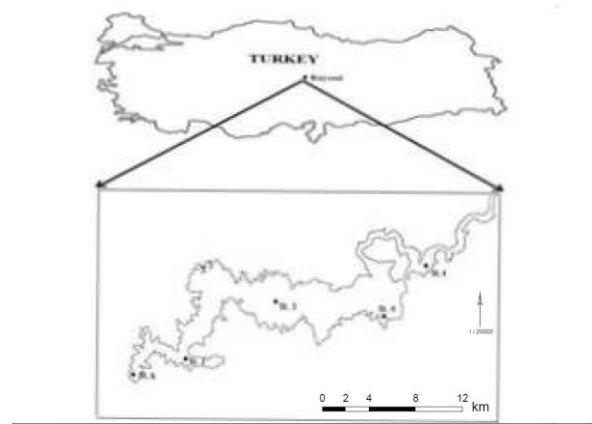
Göller ve baraj gölleri gibi tatlı su kaynakları; özellikle ve içme suyu ve tarımsal sulama için gerekli suyu sağladıkları için insanlar açısından hayati bir rol oynar. Tarih boyunca yerleşim yerleri her zaman ırmak, nehir gibi tatlı su kaynaklarına ulaşımın kolay olduğu bölgelerde yoğunlaşmıştır. Günümüzde tatlı su kaynakları bu yoğun yerleşime bağlı olarak sürekli evsel-endüstriyel ve zirai kirlenme tehdidi altındadır. Tatlı su kaynaklarının aşırı kullanımı ve çok miktarda kirleticinin göllere deşarjı gibi bu faaliyetler, su kalitesinde önemli bir bozulmaya yol açan sorunlara neden olmaktadır (Venkatramanan vd., 2014). Ayrıca özellikle evsel atıklarla beraber tatlı sulara gelen deterjanlardaki Azot (N), Potasyum (K) ve Fosfat (P) gibi besin elementlerinin konsantrasyon artışı tatlı sularda alglerin aşırı çoğalması ile sonuçlanan alg patlamasının ortaya çıkmasına neden olur. Bunun sonucunda ise; tatlı su ekosistemi besin zincirindeki bütün canlılar oldukça ciddi bir şekilde etkilenmektedir (Ouyang vd., 2006). Tatlı su kaynaklarının ekonomik ve ekolojik önemi nedeniyle, kirlenme dönemlerinin tespiti ve izlenmesi, kirleticilerin etkisinin en aza indirilmesi ve kirliliğe karşı önlem alınabilmesi açısından oldukça büyük önem taşımaktadır. Aksi takdirde, su kirliliğinde meydana gelen artışı kontrol altına almak oldukça zor olabilir (Kıymaz ve Karadavur, 2014). Su kalitesini belirlemek için çok sayıda örnekleme yapılması, ölçümlerin gerçekleştirilmesi gerektiğinden dolayı bu kadar çok veri ile analiz yapmak oldukça zor ve karmaşıktır. Toplanan bir çok veri, su hakkında çok zengin bilgilere sahiptir; ancak su kalitesini belirlemek için modelleme ve analiz yapmak gereklidir. Kümelendirme analizi (KA), temel bileşenler analizi (TBA) ve faktör analizi (FA), veri kümesinin önemli bileşenlerini belirlemeye yardımcı olan çok değişkenli önemli istatistiksel analizlerdir. Çok değişkenli veri analizini kullanmak, bilgi kaybetmeden verileri azaltmayı amaçlar (Boyacıoğlu, 2006). Verilerin azaltılması, kirliliğe neden olan ve öncelikli olarak önlenmesi gereken parametrelerin belirlenmesi konusunda hızlı hareket edilmesini sağlar. Ayrıca, su kalite parametrelerindeki değişim ile bu değişime sebep

olan kirletici ajan arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için verilerin azaltılması çok önemlidir.

Yamula Baraj Gölü, balıkçılık, tarım ve enerji üretimi gibi çok amaçlı kullanımı nedeniyle oldukça önemli bir barajdır. Bu çalışmada, Yamula Baraj Gölü'nden elde edilen su kalitesi parametrelerine TBA, KA ve FA gibi çok değişkenli veri analizi yöntemleri uygulanarak su kalitesini etkileyen en önemli parametreleri tanımlaması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Arazi çalışması, örnekleme istasyonlarının dağılımı ve örnekleme periyodu DSİ Ankara İşletme ve Onarım Dairesi Başkanlığı tarafından gerçekleştirilmiştir (Çevlik ve Elibol 2009). Baraj Gölü'nden alınan örnekler mevsimsel olarak Eylül 2008-Nisan 2009 yılları arasında, 5 farklı istasyondan farklı derinliklerden (5, 10, 15, 20 -m.) numuneler alınarak yapılmıştır. 1. istasyon baraj girişinden, 2., 3. ve 4. istasyonlar tarımsal ve yerleşim arazileri yakınlarından ve 5. İstasyon da baraj setinin kurulmuş olduğu bölgeden seçilmiştir. Bütün örneklemler 3'er tekrarlı olarak yapılmış ve istatistiksel analizlerde değerlerin aritmetik ortalamaları kullanılmıştır..



Şekil 1. Yamula Baraj Gölü'nde çalışma alanı ve su kalite izleme istasyonları (38°58'4"N 35°26'44"E)

Çok değişkenli istatistiksel teknikler yardımıyla çalışma alanındaki su kalitesini belirlemek için 16 farklı parametre ölçülmüştür. Seçilen parametreler: pH, EC, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, TP, SO₄, Cl, HCO₃, TH, Mg, pV, Na, K, PO₄³⁻ Ca.

Çalışmada kullanılan parametrelerin birimleri ve ölçüm yöntemleri Çizelge 1'de verilmiştir.

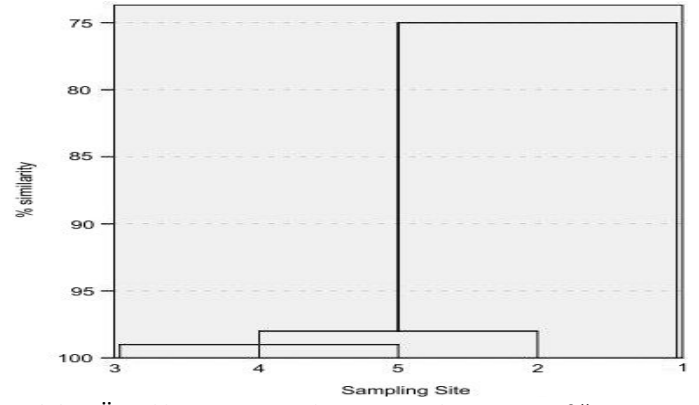
Çizelge 1. Çalışmada kullanılan su parametreleri ve ölçüm teknikleri.

Parametre	Kısaltma	Ölçüm tekniği	Birim
pH	pH	Potansiyometri / pH probu	pH units
Elektriksel İletkenlik	EC	Conductometry	mS/m
Sodyum	Na	İyon kromatografisi	mg/L
Potasyum	K	İyon kromatografisi	mg/L
Toplam sertlik	TH	Titrimetrik yöntem	mg/L
Kalsiyum	Ca	İyon kromatografisi	mg/L
Magnezyum	Mg	İyon kromatografisi	mg/L
Bikarbonat	HCO ₃	Asit±baz titrometrisi	mg/L
Klor	Cl	İyon kromatografisi	mg/L
Sülfat	SO ₄	İyon kromatografisi	mg/L
Amonyak	NH ₄	İyon kromatografisi	mg/L
Nitrit	NO ₂	İyon kromatografisi	mg/L
Nitrat	NO ₃	İyon kromatografisi	mg/L
Ortofosfat	PO ₄	İyon kromatografisi	mg/L
Toplam fosfor	TP	İyon kromatografisi	mg/L
Organik madde	pV	Titrimetrik yöntem	mg/L

İstasyonlar arasında, parametreleri gruplandırmak için kümelenme analizi (KA), toplanan verilerden elde edilen sonuçlara göre su kalitesine etki eden kirlenici faktörlerin çeşitlerini ve etki büyüklüğünü belirlemek için temel bileşenler analizi (TBA) ve bu etki faktörlerinin büyüklüğünü analiz etmek için de faktör analizi (FA) uygulanmıştır. Söz konusu istatistiksel yöntemler IBM SPSS versiyon 21 yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

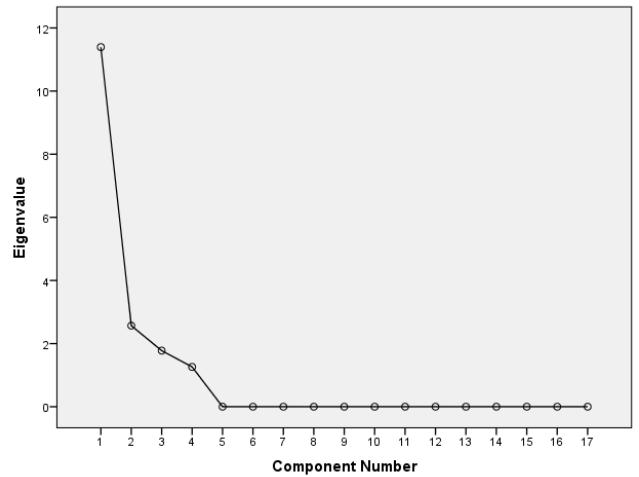
3. Bulgular

İstasyonlar arasındaki benzerliği belirlemek için yapılan hiyerarşik kümelenme analizi KA sonucu elde edilen Dendrogram grafiği Şekil 2'de verilmiştir. Yapılmış olan analize göre; tespit edilen beş farklı örnekleme istasyonu istatistiksel olarak küme 1 (istasyon 3, 4, 5 ve 2) ve küme 2 (istasyon 1) olmak üzere iki temel kümeye ayrılmıştır.



Şekil 2. Örnekleme istasyonlarının Dendrogram grafiği

Temel bileşenleri belirlemek için analiz sonucunda ortaya çıkan grafik kullanılmaktadır. Grafiğin dikey eksen, faktörleri sembolize ederken, yatay eksen temel bileşenleri göstermektedir. Grafikler, kirlenici temel bileşenlerin faktörleri belirlenmesine dayanan bir grafik kombinasyonundan elde edilmiştir. Grafikteki keskin düşüşler, önemli faktörlerin sayısını vermektedir. Yatay çizgiler, faktörlerin getirdiği ek değişikliklerin bireysel katkılarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir (Bilgin, 2015). Yamula Baraj Gölü'nden toplanan su örneklerine TBA analizi uygulanmış ve dört faktör belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Ana bileşenlerin analizinde tespit edilen faktörler grafiği

Temel bileşenler analizinde toplam varyans çok önemlidir.

Ana Bileşenler Analizi, değişkenlerin tamamının varyansını daha az sayıda ve bu değişkenlerinde doğrudan bileşenleri olan yeni değişkenlerle ifade etme imkanı sağlayan çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden bir tanesidir. Ana Bileşenler

Analizi'nin genel amaçları; Veri indirgemesi yapmak, tahminleme yapmak, veri setini bazı yöntemlerin analiz edebileceği forma sokmak (Ana Bileşenler Regresyon Analizi, Faktör Analizi gibi), ilişkili değişken setlerinden birimlerin/oluşumların ana bileşen skorlarını hesaplamak ve birimleri skora göre sıraya dizmek (büyükten küçüğe, küçükten büyüğe sıralamak) olarak verilebilir (Cafer vd., 2010). Ana bileşen her bir faktöre karşılık gelir. Orijinal değişkenlik ve ana bileşenlerin varyasyonları eşittir. Toplam varyans, faktörlerin toplamına eşittir. İlk bileşen, doğrusal bileşen ile en yüksek varyanstır. Toplam varyans, bileşenlerin varyansının toplamı ile tanımlanmaktadır (Kıymaz ve Karadavur, 2014). Faktör analizi, normalize edilmiş verileri etkileyen faktörleri belirlemek için kullanılır. Temel bileşenler analizi, aslında farklı parametreler arasındaki korelasyonun matrisi üzerinde gerçekleştirilir ve ardından Varimax rotasyonu takip edilir (Kuppusamy ve Giridhar, 2006). Temel bileşen analizinde, 1'den büyük faktörler verilerdeki varyansın kaynağını açıklamak için önemli kriterlerdir. Temel bileşenler analizinin ilk amacı, ana veri setleriyle karşılaştırıldığında yeni, tamamen yenilenmiş ve düşük sayıda veri setleri oluşturmaktır. Veri setleri sonraki analiz için kullanılabilir. Bu şekilde ana veri kümelerindeki tüm farklılıklar daha az veri ile açıklanabilmektedir. Toplam varyansa ait faktörler Çizelge 2'de, faktör analizleri de Çizelge 3'de verilmiştir

Çizelge 2. Temel bileşenlerin varyansı açıklama miktarları

Bileşenler	Yüklerin Açıklanabilir Döndürülmüş Kareli			Kareler Toplamı		
	Başlangıç Faktörler			Faktörler		
	Toplam	Varyans	Kümülatif %	Toplam	Varyans	Kümülatif %
1	11.39	67.01	67.01	9.23	54.31	54.31
2	2.56	15.11	82.12	3.04	17.91	72.22
3	1.77	10.45	92.58	2.50	14.73	86.96
4	1.26	7.419	100	2.21	13.03	100.0

Temel bileşenler analizinde tespit edilen varyanslara etki eden faktörler Çizelge 2 de verilmiştir. Faktörler etki büyüklüklerine göre "güçlü" (> 0,75) "orta" (0,75-0,50) ve "zayıf" (0,50-0,30) olarak sınıflandırmıştır. (C.-W. Liu vd., 2003).

Çizelge 3. Faktör analizi sonuçları

Bleşenler	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4
pH	0.557**	0.039	0.829***	-0.008
E.C.	0.885***	0.378*	-0.064	-0.264
NH ₄ -N(mg/L)	0.935***	0.162	-0.222	-0.224

NO ₂ -N(mg/L)	0.859***	0.479*	0.083	-0.159
NO ₃ -N(mg/L)	-0.308*	-0.38*	0.194	0.85***
TP(mg/L)	-0.178	-0.018	-0.127	0.976***
SO ₄ (mg/L)	0.996***	0.064	0.051	-0.033
Cl(mg/L)	0.844***	0.463*	-0.063	-0.264
HCO ₃ (mg/L)	0.028	0.471*	-0.881***	0.035
TH(mg/L)	-0.611**	-0.74**	0.106	0.262
Mg(mg/L)	0.82***	0.424*	0.25	-0.291
pV(mg/L)	-0.23	0.368*	0.9***	0.038
Na(mg/L)	0.962***	0.206	0.093	-0.152
K(mg/L)	0.998***	-0.116	0.07	-0.025
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.299	0.942***	0.06	-0.143
Ca(mg/L)	0.905***	0.334*	0.126	-0.231

Önemli faktör yükleri koyu renklidir (***) güçlü, > 0.75; ** orta, 0.50-0.75; * zayıf, 0.50-0.30) (C.-W. Liu vd., 2003)

4. Tartışma ve Sonuç

Yamula Baraj Gölü Kayseri ili sınırları içerisinde Kızılırmak nehri üzerine kurulmuştur. Tarımsal sulama, enerji üretimi, olta balıkçılığı ve kültür balıkçılığı gibi oldukça farklı kullanım alanlarına ev sahipliği yapmaktadır. Ayrıca baraj etrafında bir yerleşim alanı bulunmaktadır ve bu alanda oldukça yoğun tarım ve hayvancılık faaliyetleri yürütülmektedir. Bütün bu sebeplerden dolayı baraj gölü sürekli olarak doğrudan veya dolaylı kirleticilere maruz kalmaktadır. Bu çalışmada, Kayseri Yamula Baraj Gölü'nden tespit edilen 5 ayrı istasyondan mevsimsel olarak yapılan örnekleme yapılmış, 16 adet fiziko-kimyasal parametre ölçülmüş, elde edilen veriler temel bileşenler analizi ve kümelenme analizi gibi istatistiksel metotlar kullanarak su kalitesi açısından değerlendirilmiştir. Doğal göller veya baraj gölleri, birçok farklı nehrin döküldüğü yerler olduğu için nehirler ile birlikte taşınan çeşitli kirleticilerin de son alıcısı durumundadır. Kemal Paşa Nehri tarafından beslenen Uluabat Gölü'nde yapılan bir çalışmada istasyonlar arasında iki farklı kümelenme tespit edilmiştir. Yerleşim yerleri ve tarım alanlarının bulunduğu yerden seçilen istasyonlar birincil kümelenmeyi oluştururken, ikinci kümelenme de Mustafa Kemal Paşa Nehri'nin Uluabat Gölü'ne giriş kısmından seçilen istasyonlarda meydana gelmiştir (Işçen vd., 2009). Yamula Baraj Gölü'nde yapılan bir başka çalışmada, tarımsal aktivitenin yoğun olduğu istasyonlardan alınmış toprak ve su örneklerinde yüksek ağır metal konsantrasyonlarına rastlanmıştır

(Duman ve Kar, 2012). Bu iki çalışmaya benzer şekilde, bizim çalışmamızda da Yamula Baraj Gölü'nde belirlenen istasyonlarda iki adet küme belirlenmiştir. İlk kümenin istasyonları, yerleşim ve tarım faaliyet alanlarından, ikinci küme istasyonu ise kirlilik etmeni ile daha az karşılaşma ihtimali olan Yamula Baraj Gölü'nün girişinden belirlenmiştir.

Dört farklı istasyonun aynı kümede gerçekleşmesinin nedeni rezervuarın yakınında ve havza boyunca gerçekleştirilen antropojenik faaliyetlerden etkilenmeleri olabilir. Tanriverdi vd. 2010, Türkiye'de Ceyhan Nehri'nin su havzasındaki yüzey suyunun kalitesini incelerken benzer sonuçlar bulmuş; kümelenme analizi sonucunda da nehrin suyunu kalite parametreleri açısından evsel, endüstriyel ve tarımsal gibi faaliyetlerden etkilenen olarak üç gruba ayırmışlardır (Tanriverdi vd., 2010). Ayrıca Lopes vd. 2014 Brezilya'nın yarı kurak bir bölgesinde büyük bir rezervuarda su kalitesi parametreleri üzerinde çalışılmıştır. Elde etmiş oldukları sonuçların mevcut çalışmamız ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. (Lopes vd., 2014).

Temel Bileşenler analizi (TBA)'nin sonuçlarına göre, 1'den büyük faktörler sırasıyla 67.013, 15.111, 10.457 ve 7.419'dur ve bu değerler toplam varyansın % 100'ünü açıklamaktadır. Faktörler temel bileşenlerin önemini ifade eder. En yüksek faktör en yüksek katkıyı sağlar (Shrestha ve Kazama, 2007). Li ve diğ. (2011), Çin'deki Haihe ve Yellow nehirlerindeki Changjiang ve Huaihe barajlarının yüzey sularının kirlilik kaynaklarını çok değişkenli analizleri kullanarak tespit etmeye çalışmış, sonuçta toplam varyansın % 83,35'ini oluşturan beş bileşen bulduklarını bildirmişlerdir (Li vd., 2011). Andrade ve arkadaşları, Ceará'daki Yukarı Jaguaribe havzasında bulunan Trussu Nehri'nin su kalitesini inceleyerek, yüzey suları için toplam varyansın % 76,41'ini oluşturan üç bileşen bulmuşlardır (Andrade vd., 2007). Mevcut çalışmamızda tespit edilen 4 farklı bileşen toplam varyansın %100'ünü açıklamaktadır. İlk faktör, veri setindeki kümülatif varyansın % 54,31'ini oluşturmuştur. Potasyum en yüksek pozitif güce sahiptir. Sülfat, sodyum, amonyak-azot, E.C., toplam çözülmüş katı, nitrit-azot, klorür ve magnezyum gibi bileşenlerinde pozitif güce sahip olduğu tespit edilmiştir. pH orta derecede pozitif etkiye sahiptir. Duman ve Kar, Yamula Baraj

Gölü'nün Kızılırmak Nehri üzerinde kurulan ilk baraj gölü olduğunu ve bu durumun oldukça çeşitli kirlenmeye maruz kalmasına neden olabileceğini söylemişlerdir. Ayrıca, araştırmadaki istasyonların tarım alanlarına yakın bölgelerinde olması ve çok yoğun tarımsal faaliyetlerin yanı sıra kafes balıkçılığının da yoğun olması bu varyansda güçlü olan faktörlerin artmasına sebep olmuş olabilir (Duman ve Kar, 2012).

Bilgin yapmış olduğu çalışmasında; evsel ve endüstriyel atık suların varlığının su kalitesini etkilediğini belirlediğini bildirmiştir (Bilgin, 2015). Kullanılan gübrelerin ve pestisitlerin önemli bir kısmı suyla karışarak suyun kalitesini düşürür (H. Liu vd., 2015). Bu çalışmada, Faktör 1'de güçlü bileşenlerin, özellikle tarımsal ve evsel atıklar nedeniyle, baraj gölündeki kirlenmenin kanıtı olduğunu belirlenmiştir.

İkinci faktör veri setindeki kümülatif varyansın % 17.91'ini oluşturmuştur. Anlamli şekilde, sadece ortofosfat çok güçlü pozitif güce sahiptir. Diğer değişkenlerin etki büyüklüğü zayıf ve negatif olarak tespit edilmiştir. Ortofosfat formları doğa da gerçekleşen bazı işlemler sonucunda üretilebilir. İnsan kaynaklı başlıca kirlenmeler; kısmen artırılmış ve ya hiç işlenmemiş lağım atıkları, tarım arazilerindeki kimyasal gübrelerin yoğun kullanımına bağlı olarak sulara karışımı sayılabilir. Ortofosfat en fazla rastlanan kirlilik faktörlerinin basında gelir kirlenmemiş sulara bile çok düşük konsantrasyonlarda bulunabilir. Özellikle evsel atık su ve deterjanlar sudaki ortofosfat konsantrasyonunu artırmaktadır (Abazar, 2014). Bizim çalışmamızda tespit edilen ortofostatin getirmiş olduğu kirlilik yükü varyansın ağırlığını etkileyen en önemli faktördür. Üçüncü faktör, veri setindeki kümülatif varyansın % 14.73'ünü oluşturmaktadır. Organik madde ve pH değerleri, organik kirliliği belirten bir bileşen olarak güçlü bir pozitif etkiye sahiptir. Organik madde, bitkiler ve hayvanlar ve bunların atık ürünleri gibi organizma kalıntılarından gelen organik bileşiklerden oluşan maddelerdir. Organik madde çok yoğun gübre kullanımı ve kanalizasyon suyu ile artabilir. Fernando ve diğ., çalışmalarında pH ve pV değerlerinin büyük ağırlığa sahip olduğunu tespit etmişler ve bu bileşenlerin su kalitesi üzerindeki

antropojenik etkisinin göstergesi olduğunu bildirmişlerdir (Lopes vd., 2014). Filik-İşcen ve diğ., Uluabat Gölü'nde yapılan bir çalışmada, bizim çalışmamıza da paralel olarak, organik atıkların su kalitesini etkilenmesinde önemli bir faktör olduğu bildirmişlerdir. (Filik İscen vd., 2008). Yamula Baraj Gölü, tarımsal alanlardan ve evsel alanlardan gelen büyük miktarda organik maddeye maruz kalmaktadır.

Dördüncü faktör veri setindeki kümülatif varyansın % 13.03'ünü oluşturmuştur. Toplam fosfat ve Nitrat-Nitrojen güçlü pozitif etkilere sahiptir. Bu faktör, evsel atıklardan ve tarımsal alanlardan doğrudan veya dolaylı yollarla kirlilik kaynaklarını içermektedir. Tarım alanlarındaki nitrat gübreleri en yaygın kirleticidir. Özellikle, azot ve fosfat içeren pestisitler ve nitrat gübreleri, sulama suyu ve akıntı yoluyla göllere taşınabilir. Öte yandan, fosfat, özellikle de fitoplankton ve su bitkileri için en önemli besinlerden biri olduğu için, suyun kalitesi açısından çok önemli bir unsurdur. Sudaki fosfat konsantrasyon sınırlarının aşılması, zararlı plankton patlamasına neden olur ve su kalitesini çok fazla düşürür (Delegrange vd., 2015).

Bu çalışmada, Yamula Baraj Gölü'nün su kalitesindeki değişimi değerlendirmek için çok değişkenli veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Kümelendirme yöntemi, su örneklemelerine göre beş örnekleme noktasından iki ana küme oluşturmuştur. Temel bileşenler analizi ve faktör analizi kirlilik etmeni olan 4 farklı faktör ve bu faktörlerin varyansa etki büyüklüğünü bulunmuştur. TBA/FA gibi çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinin kullanımının, karmaşık su kalitesi veri setlerini yorumlamak, su kalitesindeki zaman-yer ile ilgili değişiklikleri anlamak ve gizli kirlilik kaynaklarını belirlemek için uygun olabileceğini göstermiştir.

Sonuç olarak; Yamula Baraj gölü su kalitesi özellikle evsel ve zirai kirleticilerin baskısı altındadır. Yamula Baraj Gölü'nü kirleten en önemli kaynak, evsel atıkların özellikle de deterjan atıklarının baraj gölüne aktarılmasıdır. Yamula Baraj Gölü'nde tarımsal faaliyetler sonucu oluşan tarımsal kirlilik ve yağış sularının sebep olduğu organik kirlilik de etkilidir. Yamula Baraj Gölü su kalitesini korumak için alınması gereken başlıca tedbirler; göle verilen atık suların arıtım işleminden sonra verilmesi, zirai

mücadele ve gübre kullanımı gibi tarımsal faaliyetlerin daha bilinçli olarak yapılması sayılabilir.

5. Kaynaklar

- Abazar, M., 2014. Application of Multivariate Statistical Methods and Water- Quality Index to Evaluation of Water Quality in the Kashkan River Abazar. *Environmental Management*, **53**, 865–881.
- Andrade, E.M. Araújo, L.D.F.P., Rosa, M.F., Disney, W. and Alves, A.B., 2007. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. *Engenharia Agrícola*, **27**, 683–690.
- Bilgin, A., 2015. An assessment of water quality in the Coruh Basin (Turkey) using multivariate statistical techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, **187**, 716-721.
- Boyacıoğlu, H., 2006. Surface water quality assessment using factor analysis. *Water SA*, **32**, 389–393.
- Cafer, B., Atay, R., Uysal, K., Köse, E. and Şakir, Ç., 2010. Uluabat Gölü Yüzey Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **25**, 9–18.
- Çevlik, H., and Elibol, I., 2009. *Yamula Baraj Gölü Limnolojisi*. Ankara: Devlet Su İşleri İşletme ve Bakımda Dairesi Başkanlığı.
- Delegrange, A., Vincent, D., Courcot, L. and Amara, R., 2015. Testing the vulnerability of juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*) exposed to the harmful algal bloom (HAB) species *Pseudo-nitzschia delicatissima*. *Aquaculture*, **437**, 167–174.
- Duman, F., and Kar, M., 2012. Temporal variation of metals in water, sediment and tissues of the European chup (*Squalius cephalus* L.). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **89**, 428–433.
- Filik İscen, C., Emiroğlu, Ö., İlhan, S., Arslan, N., Yılmaz, V. and Ahiska, S., 2008. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of surface water quality in Uluabat Lake, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **144**, 269–276.
- Filik İscen, C., Altın, A., Senoğlu, B. and Yavuz, H.S., 2009. Evaluation of surface water quality characteristics by using multivariate statistical

- techniques: a case study of the Euphrates river basin, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **151**, 259–264.
- Kıymaz, S., and Karadavur, U., 2014. Application of Multivariate Statistical Analysis in the Assessment of Surface Water Quality in Seyfe Lake. *Journal of Agricultural Sciences*, **20**, 150–163.
- Kuppasamy, M.R., and Giridhar, V. V., 2006. Factor analysis of water quality characteristics including trace metal speciation in the coastal environmental system of Chennai Ennore. *Environment International*, **32**, 174–179.
- Li, S., Li, J. and Zhang, Q., 2011. Water quality assessment in the rivers along the water conveyance system of the Middle Route of the South to North Water Transfer Project (China) using multivariate statistical techniques and receptor modeling. *Journal of Hazardous Materials*, **195**, 306–17.
- Liu, C.-W., Lin, K.-H. and Kuo, Y.-M., 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *The Science of the Total Environment*, **313**, 77–89.
- Liu, H., Benoit, G., Liu, T., Liu, Y. and Guo, H., 2015. An integrated system dynamics model developed for managing lake water quality at the watershed scale. *Journal of Environmental Management*, **155**, 11–23.
- Lopes, F.B., Andrade, E.M. De, Meireles, A.C.M., Becker, H. and Batista, A.A., 2014. Assessment of the water quality in a large reservoir in semiarid region of Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **18**, 437–445.
- Ouyang, Y., Nkedi-Kizza, P., Wu, Q.T., Shinde, D. and Huang, C.H., 2006. Assessment of seasonal variations in surface water quality. *Water Research*, **40**, 3800–10.
- Shrestha, S., and Kazama, F., 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environmental Modelling & Software*, **22**, 464–475.
- Tanriverdi, C., Alp, A., Demirkiran, A.R. and Uçkardeş, F., 2010. Assessment of surface water quality of the Ceyhan River basin, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **167**, 175–184.
- Venkatramanan, S., Chung, S.Y., Lee, S.Y. and Park, N., 2014. Assessment of river water quality via environmentric multivariate statistical tools and water quality index: A case study of Nakdong River Basin, Korea. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **9**, 125–132.