

**T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**VIKOR YÖNTEMİNİN SU KALİTESİ
ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI ÜZERİNE BİR
ÖRNEK: BOĞACIK DERESİ (GİRESUN)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öğrencinin Adı SOYADI : Ahmet AHISKALI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28.09.2021

Enstitü Anabilim Dalı : Biyoloji

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tamer AKKAN

Ortak Danışman : Doç. Dr. Eren BAŞ

**Eylül 2021
GİRESUN**

**T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**VIKOR YÖNTEMİNİN SU KALİTESİ
ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI ÜZERİNE BİR
ÖRNEK: BOĞACIK DERESİ (GİRESUN)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet AHISKALI

Enstitü Anabilim Dalı

:

Biyoloji

Bu tez 23/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr.
Bülent VEREP
Jüri Başkanı**

**Prof. Dr.
Cengiz MUTLU
Üye**

**Doç. Dr.
Eren BAŞ
Üye**

**Doç. Dr.
Tamer AKKAN
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi
Tanju MUTLU
Üye**

**Doç. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ahmet AHISKALI
23/09/2021

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın tüm aşamalarında her türlü bilimsel desteği sağlayan danışman hocam Doç. Dr. Tamer AKKAN'a, bilgi birikimleri ve değerli görüşleriyle katkı sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Cengiz MUTLU ve Doç. Dr. Eren BAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam sürecinde manevi yardımlarını esirgemeyen sevgili eşim Aycan AHISKALI'ya çok teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmamı, öncelikle insanlık adına katkı sağlamasını umarak çocuklarım Asya AHISKALI ve Mehmet Asil AHISKALI'ya akademik bir çalışma olarak ithaf ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER	II
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	IV
TABLolar DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
ÖZET.....	VIII
SUMMARY	IX
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	6
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Çalışma Alanı.....	9
3.2. Fizikokimyasal Verilerin Eldesi.....	10
BÖLÜM 4. BULGULAR	17
4.1. Fizikokimyasal Değişkenlerin Tespiti.....	17
4.1.1. Sıcaklık.....	17
4.1.2. pH.....	18
4.1.3. Çözünmüş Oksijen	19
4.1.4. Toplam Çözünmüş Katı Madde	20
4.1.5. Tuzluluk	21
4.1.6. Türbidite.....	22
4.1.7. Nitrit Azotu	23
4.1.8. Nitrat Azotu.....	24
4.1.9. Silika	25
4.1.10. Toplam Fosfor.....	26
4.1.11. Toplam Amonyak Azotu.....	27
4.1.12. Alkalinite.....	28
4.1.13. Toplam Sertlik.....	29

4.1.14. ORP	30
4.1.15. Askıda Katı Madde	31
4.1.16. Elektriksel İletkenlik	32
4.2. VIKOR Yönteminin Uygulanması.....	33
BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ	40
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	50



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AKM	: Askıda Katı Madde
ANP	: Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
GRA	: Gri İlişkisel Analiz (Grey Relational Analysis)
MOORA	: Oransal Analiz Temelli Çok Amaçlı Optimizasyon
ORP	: Oksidasyon İndirgeme Potansiyeli
PROMETHEE	: Zenginleştirme Değerlendirmeleri için Tercih Sıralama
TÇKM	: Toplam Çözünmüş Katı Madde
TOPSIS	: İdeal Çözüm Benzerliğe Göre Tercih Sıralama Tekniği
VIKOR	: Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3. 1. YSI 556 MPS özellikleri (Akkan, 2013).....	10
Tablo 4. 1. İstasyonlara göre Su Sıcaklığı değerleri (°C).....	17
Tablo 4. 2. İstasyonlara göre pH değerleri	18
Tablo 4. 3. İstasyonlara göre Çözünmüş Oksijen değerleri (mg/L)	19
Tablo 4. 4. İstasyonlara göre TÇKM değerleri (mg/L)	20
Tablo 4. 5. İstasyonlara göre Tuzluluk değerleri değişimleri (ppt).....	21
Tablo 4. 6. İstasyonlara göre Türbidite değerleri (NTU)	22
Tablo 4. 7. İstasyonlara göre Nitrit azotu değerleri (mg/L)	23
Tablo 4. 8. İstasyonlara göre Nitrat azotu değerleri (mg/L).....	24
Tablo 4. 9. İstasyonlara göre Silika değerleri (mg/L)	25
Tablo 4. 10. İstasyonlara göre Toplam Fosfor değerleri (mg/L).....	26
Tablo 4. 11. İstasyonlara göre TAN değerleri (mg/L).....	27
Tablo 4. 12. İstasyonlara göre Alkalinite değerleri (mg/L).....	28
Tablo 4. 13. İstasyonlara göre Toplam Sertlik değerleri (°F)	29
Tablo 4. 14. İstasyonlara göre ORP değerleri (mg/L)	30
Tablo 4. 15. İstasyonlara göre AKM değerleri (mg/L)	31
Tablo 4. 16. İstasyonlara göre Elektriksel İletkenlik değerleri (mS/cm)	32
Tablo 4. 17. Fizikokimyasal değişkenlere ait faktör yükleri ve önemli varyans faktörleri	34
Tablo 4. 18. Değerlendirmede kullanılan kriterler ve en iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için ağırlıkları.....	35
Tablo 4. 19. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için her istasyonla ilgili veriler	35
Tablo 4. 20. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için her bir kriterin ağırlık değerleri ve özellikleri.....	36
Tablo 4. 21. Her bir kriter için f_i^* ve en kötü f_i – su kalitesine sahip istasyonun seçimi için değerler.....	36

Tablo 4. 22. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için normalleştirilmiş matris.....	37
Tablo 4. 23. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için ağırlıklı normalleştirilmiş matris.....	37
Tablo 4. 24. En iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için S_i , R_i ve Q_i değerleri	38
Tablo 4. 25. En iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için istasyonların sonuçlarını VIKOR yöntemi ile sıralanması.....	38
Tablo 4. 26. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için her iki koşulun kontrolü için gerekli hesaplamalar ve göstergeler	38



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Çalışma alanı (Url-1)	9
Şekil 4. 1. Aylara göre Su Sıcaklığı değerleri.....	17
Şekil 4. 2. Aylara göre pH değerleri	18
Şekil 4. 3. Aylara göre Çözünmüş Oksijen değerleri.....	19
Şekil 4. 4. Aylara göre TÇKM değerleri.....	20
Şekil 4. 5. Aylara göre Tuzluluk değerleri.....	21
Şekil 4. 6. Aylara göre Türbidite değerleri	22
Şekil 4. 7. Aylara göre Nitrit Azotu değerleri.....	23
Şekil 4. 8. Aylara göre Nitrat Azotu değerleri	24
Şekil 4. 9. Aylara göre Silika değerleri.....	25
Şekil 4. 10. Aylara göre Toplam Fosfor değerleri	26
Şekil 4. 11. Aylara göre TAN değerleri	27
Şekil 4. 12. Aylara göre Alkalinite değerleri	28
Şekil 4. 13. Aylara göre Toplam Sertlik değerleri	29
Şekil 4. 14. Aylara göre ORP değerleri	30
Şekil 4. 15. Aylara göre AKM değerleri.....	31
Şekil 4. 16. Aylara göre Elektriksel İletkenlik değerleri	32

VIKOR YÖNTEMİNİN SU KALİTESİ ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI ÜZERİNE BİR ÖRNEK: BOĞACIK DERESİ (GİRESUN)

ÖZET

Son yıllarda yaşanan çevre felaketleriyle birlikte doğal kaynakların mevcudiyetine zarar verilmeden sürdürülebilir kullanımının önemini daha da anlaşılabilir hale getirmiştir. Özellikle sucul ekosistemlerdeki bozulmaların yaratmış olduğu yaygın etkinin beraberinde oluşturduğu sosyoekonomik problemler bu alandaki çalışmaların önünü açmaktadır. Sucul ekosistemlerde gerçekleştirilen izleme çalışmalarındaki temel problemler yüksek ekonomik maliyet, veri tabanı eksikliği, değerlendirmelerde ele alınan standartlar ve uzman yorumları arasındaki farklılıklar gibi birçok unsurun gösterilebileceği karmaşık bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu gibi durumlarda özellikle karar vericilerin kararlı bir şekilde tercih yapamadığı veya tercihlerini açıklayamadığı durumlarda, çok kriterli karar vermede yararlı bir yöntem olarak VIKOR yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada ülkemizde ilk defa bir tatlısu kaynağının değerlendirilmesinde kilit rol olan istasyon seçimine bir örnek olması amacıyla karmaşık sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için önerilen VIKOR Yöntemi uygulanmıştır.

Yapılan analizlerde veri olarak Boğacık Deresi'nden 12 ay boyunca izlenen fizikokimyasal değişkenler kullanılmıştır. Elde edilen verilerin ileri istatistiksel analizler ile değerlendirmesi sonucunda yine ilk defa uzman görüşünden ziyade nicel sonuçlara bağlı ağırlık katsayıları hesaplanmış ve 15 fizikokimyasal değişkenin kriter olarak kullanılmasıyla yöntem analiz edilmiştir. En iyi istasyonun tespit edilmesinde Boğacık Deresi'nin 3 farklı bölgesinden elde edilen fizikokimyasal değişkenlerin rolü, ilgili değişkenin minimum ya da maksimum özelliğe sahip olmasıdır. Sonuç olarak, en iyi istasyon noktasının birinci ve ikinci istasyon noktası olması gerektiği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Su Kalitesi, VIKOR Yöntemi, Boğacık Deresi, Giresun

AN EXAMPLE ON THE USE OF VIKOR METHOD IN WATER QUALITY STUDIES: BOĞACIK CREEK (GİRESUN)

SUMMARY

In recent years, the importance of sustainable usage of natural resources without harming their existence has become more comprehensible with the environmental disasters experienced. Particularly, the socio-economic problems caused by the widespread effect of deterioration in aquatic ecosystems pave the way for studies in this field. In monitoring studies carried out in aquatic ecosystems, main problems have confronted as a complex system of many demonstrable elements such as high economic cost, lack of database, standards addressed in the assessments and differences between expert comments. In such cases, VIKOR method is used as a useful method in multi-criteria decision making, especially when the decision makers cannot make a choice or explain their preferences. In this study, for the first time in our country, the VIKOR Method, which is proposed for multi-criteria optimization of complex systems, was applied to set an example for station selection that has a key role in the evaluation of a freshwater resource.

In the analyzes, physicochemical variables that are monitored for 12 months from Boğacık Creek were used as data. As a result of the evaluation of the obtained data with advanced statistical analysis, weight coefficients based on quantitative results rather than expert opinion were calculated for the first time and analyzed by using 15 physicochemical variables as criteria. The role of physicochemical variables obtained from 3 different regions of Boğacık Creek in determining the best station is whether the relevant variable has minimum or maximum characteristics. As a result, it can be said that the best station point should be the first and second station points.

Keywords: Water Quality, VIKOR Method, Boğacık Creek, Giresun

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Gezegeneimizin doğuşu ile birlikte meydana gelen ve insanoğlunun dünyaya gelmesinden daha eski tarihlere uzanan, aynı zamanda normal sıcaklık ve basınç altında sıvı formda bulunan su; her molekülü iki hidrojen ve bir oksijen atomundan oluşan kokusuz, tatsız ve berrak renkte bir maddedir. Bir başka ifadeye göre su, dünya yüzeyinin üçte ikisini oluşturan ve yapısında çözelti veya asılı şeklinde çeşitli maddeler var olan sıvı bir maddedir (Ulusoy, 2007). Su, ikamesi olmayan doğal bir kaynak maddedir ve insanoğlu başta olmak üzere diğer birçok canlı için oksijenden sonra gelen en önemli yaşam maddesidir.

Su özellikleri nedeniyle sadece canlılık faaliyetleri için değil, cansız maddeler üzerinde de etki gösteren bir maddedir. Toprağın oluşması için gerekli olan kaya ayrışması, suyun kayanın içerisindeki maddeleri çözmesiyle meydana gelmektedir. Bu ayrışmanın meydana gelmesiyle toprağı verimli hale getirmesi, bitkilerin oluşumuna etki etmesi, bitki kökünden dallarındaki meyve yaprağına değin gerekli yapı maddelerinin taşınması ve fotosentez gibi canlılık faaliyetlerinin devamlılığının sağlanması için gerekli kimyasal olaylar su sayesinde gerçekleşmektedir. “Hayat su ile başlamıştır.” önermesi suyun yeryüzünde ne kadar önemli bir madde olduğunun bir göstergesidir. Su dünyadaki yaşam kaynaklarının hepsinden farklı, özel bir öneme sahiptir. Minibaş (2007)’a göre su; ikame olması mümkün olmayan, insanoğlunun varoluşunu sağladığı gibi hayati fonksiyonlarının devamını gerçekleştiren ve aynı zamanda diğer canlıların hayati faaliyetlerini sürdürebilmesine imkân tanıyan bir madde olarak canlılık için vazgeçilmez gereksinimlerin başında gelmektedir. Bu nedenle canlılar için beklentisi sürekli dir.

İkame olamamasından dolayı canlılık faaliyetleri için değeri çok yüksektir. Dünya nüfusunun hızlı artışının da etkisi ile miktar olarak beklenti çeşitlenerek sürekli artmaktadır. Kaynak olarak çıkarılmasından son kullanıcıya ulaştırılması sürecine

değın su; su kanalları, barajlar, arıtma tesisleri ile devamlı hizmet yaratmakta ve istihdama katkı sağlamaktadır. Canlılık için vazgeçilmez bir gereksinim olması nedeniyle tarım ve hayvancılık faaliyetleri için elzem bir maddedir. Üretim sanayinden, inşaata, madencilikten sağlığa, taşımadan enerji üretim safhalarına kadar üretim faaliyetlerinin hemen hemen her aşamasında etken madde olarak kullanılmaktadır. Sulama işlemlerinin yanı sıra su taşınımı ve aydınlatmama işlemlerinde de bir enerji kaynağı olarak kullanılan su, yaşamsal faaliyetlerin her bölümünde sahip olduğu önem itibarıyla oksijenden sonra en çok ihtiyaç duyulan temel maddedir. Kullanım alanlarının bu denli yaygın olması ve ikame edilemez olması suyun önemini daha da arttırmaktadır. Ancak su kaynaklarının yeryüzündeki coğrafi yerleşiminin eşit olmayan bir şekilde dağılmasının yanı sıra, her geçen gün hızla artan nüfusa bağlı olarak ihtiyaçlara cevap veremeyecek derecelere kadar azalmakta olması, yaşam için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Hayati, ekonomik ve stratejik öneme sahip olması nedeniyle su, bugünün ve yakın geleceğimizin üzerinde çalıştığı ve çalışacağı en önemli konu olma potansiyelini arz etmektedir.

Dünya'nın büyük bir kısmı su küre olsa bile tüketilebilir su miktarını ele aldığımızda karşımıza çıkan oran sadece %2,5 civarındadır. Doğal süreçlere ilaveten antropojenik faaliyetlerin etkisiyle bu oranın her geçen gün azalması, aslında dünyanın ne derece kullanılabilir su fakiri bir gezegen olduğunun göstergesi olarak ileri sürülebilir. Biyolojik yaşamın türevlendiği su ve su kaynakları bir bütün olarak değerlendirildiğinde; biyoçeşitliliğin mevcudiyetinin korunması, gelecek nesillere aktarılması ve sürdürülebilirlik kavramının sağlanabilmesi için su kaynaklarımız ciddi bir plan ve program dâhilinde ele alınmalı ve mevcut risk analizleri düzenli izleme programlarıyla ortaya çıkartılmalıdır.

İnsanoğlunun, su gereksinimi yeryüzü ve yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır. Tüketilebilir suların en önemli kaynağı yağışlardır. Dünyada yıllık yağış miktarı 500000 m³'tür ve her yıl yeryüzüne inen yağış miktarı yaklaşık aynı miktardadır. Ülkemizde ise tüketilebilir olarak nitelendirdiğimiz tatlı su kaynakları oldukça sınırlıdır ve ihtiyacımız olan miktarı ancak karşılamaktadır. Türkiye'nin tüketilebilir su potansiyeli 110 milyar m³ olup, bu potansiyelin %16'sı içme ve kullanımda, %72'si

tarımsal sulamada, %12'si de sanayi ve endüstri faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Kişi başına düşen su kullanımı, toplumun gelişmişlik seviyesiyle doğru orantılıdır. Gelişmiş ülkelerde bu oran oldukça yüksek olmasına rağmen, gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde ise bir hayli düşüktür.

Ülkemiz coğrafi konumundan dolayı komşu olduğu ülkelere göre zengin doğal su kaynağı rezervlerine sahiptir. Fakat bu zenginliğin farkına varılamamış ve hızlı bir şekilde su kaynaklarımız kirletilmiş ve kullanımı sınırlandırılmıştır. Dünya geneline baktığımızda tatlı su rezervlerinin giderek yok olduğu bir gerçektir, ülkemizdeki tatlı su kaynaklarının korunması için uygulanacak su politikasının oluşturulması kaynaklarımızın mevcut durumunun bilinmesi sürdürülebilir bir kullanım için büyük önem taşımaktadır. Özellikle son yıllarda tatlı su kaynaklarımızda artış gösteren farklı nitelikteki atıkların kontrolsüz bir şekilde sucul ortama dâhil olması hem su kaynaklarımızın kullanılabilirliğini kısıtlamakta hem de yaşam alanı olarak yayılım gösteren canlı türlerini tehdit etmektedir. Dolayısıyla, gelişmekte olan ülkelerde evsel ve endüstriyel atıkların gerektiği gibi arıtılmadan nehir, göl ve deniz gibi alıcı ortamlara verilmesi ekolojik sistemler için ciddi problemler oluşturmaktadır (Türk ve Yabancı, 2006).

Gelişmekte olan ülkelere nüfus yoğunluğunun hızlanmasına bağlı olarak şehirleşme ve endüstrileşme faaliyetlerinin artması sonucu; suya gereksinim miktarı da artmakta, aynı zamanda arıtma tesislerinin azlığı, kentsel ve endüstriyel atık suların doğrudan akarsulara ve akarsu havzalarına boşaltılması dolayısıyla sulama sularıyla taşınan kirli maddelerin akarsulara bulaşması sonucunda akarsular da kirlenmektedir. Ayrıca akarsular insanlık tarihinin başından bu yana besin (tarımsal faaliyetler, balıkçılık), insani ihtiyaçlar (içme ve kullanma suyu olarak), ulaşım, enerji üretimi gibi amaçların gerçekleştirilmesi için kullanılmaktadır. Akarsular, yeryüzündeki yüzeysel tatlı su kaynaklarının ve hidrolojik döngünün sürekliliğinin sağlandığı önemli ekosistemler olmakla beraber, içerdikleri enerji, madde ve biyoçeşitlilik açısından zengin kaynaklardır. Ancak ekosistem için zararlı maddelerin miktarı o ortam tarafından yok edilemeyecek düzeye ulaşırsa bu durum sistemdeki tüm canlılar için olumsuz yapıya dönüşmektedir (Tanyolaç, 2011).

Akarsular dışında yeraltı suları da suyun dünyadaki doğal döngüsü içerisinde tarımsal ve endüstriyel faaliyetler gibi faydalı kullanımlar için gerekli olan tatlı suyun bulunduğu kaynaktır. Yeraltı suları bu tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin dışında ekosistem hizmetlerinin de devam edilebilirliği açısından son derece hayati bir öneme sahiptir. Özellikle nüfus artışı, noktasal ve bölgesel kirlenme, kontrolsüz su kullanımları (çekimleri), tarımsal sulama, arazi kullanımı ve iklim değişikliği gibi etmenler nedeniyle yeraltı suları üzerindeki olumsuz etmenler hem miktar hem de kalite açısından gün geçtikçe artmaktadır. Yeraltı sularının bu olumsuz etkilere karşı tepkisi yüzey sularına göre oldukça yavaştır. Gelecekte ülkemiz gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde su taleplerinin karşılanabilmesi için yeraltı suyuna olan bağımlılığın daha da artacağı beklenmektedir. Diğer yandan, kirlenmiş kaynakların iyileştirilmesi oldukça pahalı ve genellikle uygulanabilir değildir (Thirumalaivasan ve ark., 2003).

Yukarıda bahsettiğimiz gibi dünya üzerinde nüfusun hızla artması ve yaşam standartlarının her geçen gün yükselmesine bağlı olarak endüstriyel ve sanayi atıklarındaki kirliliğin akarsu, göl ve deniz gibi önemli ortamlara ulaşması nedeniyle, içilebilir ve tüketilebilir su miktarının azalması ve su kalitesinde bozulmalar meydana gelmesi kaçınılmazdır. Sularda kirletici rolü oynayan birçok madde bulunmaktadır. Bunlar; organik maddeler, gübreler, deterjanlar, pestisitler, petrol ve türevleri, bakteri ve virüsler gibi hastalık yapıcı canlılar, tuzluluk ve canlılarda toksik etki yapan maddelerdir. Bu kirletici kaynakların en önemlilerinden birini de toksik etki yapan ağır metaller oluşturur (Wang ve ark., 2014). Sucul ortamdaki en önemli kirlilik kaynaklarının arasında yer alan metal kirliliği; özellikle sanayi devrimini takiben dünya çapında bir sorun olarak ortaya çıkmakla birlikte, kirlenmeyi meydana getirdiği ortamda birikime uğraması ve canlı bünyelere geçiş sağlaması sürekli olarak kontrol altında tutulmasını gerektirmektedir. Yine, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerdeki artış ağır metal kirliliğinin artmasına neden olan diğer önemli faktörlerdendir. Dolayısıyla, ekosistemdeki tüm canlılar için en önemli tehlikenin çevre kirliliği olduğunu söylemek yanlış olmaz. Çevre kirliliği, insanların kentsel yaşantıya başlaması ile beraber ortaya çıkmış ve sanayi devriminin gerçekleşmesiyle hızlanmıştır. Özellikle bulunduğumuz yüzyılda, insanoğlu tarafından gerçekleştirilen endüstriyel, zirai ve kentleşme gibi sosyal faaliyetler çevresel kirlenmeye ve ekosistem dengesinin bozulmasına sebep

olmaktadır. Bu nedenle, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu kirlenme şekllinden en çok sucul ekosistemlerin etkilenmesi beraberinde içilebilir sulara sahip göl ve akarsuların azalmasına; sulak alanların zarar görmesine neden olmuştur (Kazancı ve Oğuzku, 2003).

Sucul ekosistemlerde yapılan izleme çalışmalarında karşılaşılan sorunların başında yüksek maliyet oranına sahip olan veri toplama işlemleri gelmektedir. Dolayısıyla bu sorun; izleme çalışmalarında kullanılan istasyon sayılarında ya azalma ya da daha az değişkenle elde edilen verilerin yorumlanması sonucunda ekosistem hakkında bilgi sağlama yolunu zorunlu kılmaktadır. Bundan dolayı, mevcut çalışma birçok alanda çok farklı amaç için kullanılan VIKOR yönteminin; ilk defa ülkemizde bir sucul ekosistemin yüksek kaliteli istasyonunu tespit etmede ve ileriye yönelik çalışmalarda noktasal alanı tayin etmede anahtar bir rol oynamaktadır. VIKOR yöntemi, özellikle karar vericilerin kararlı bir şekilde tercih yapamadığı veya tercihlerini açıklayamadığı durumlarda, çok kriterli karar vermede yararlı bir yöntem olarak ifade edilmektedir (Paksoy, 2015). Kısaca, çok kriterli karar verme, belirlenmiş kurallara göre olası en iyi sonuca ulaşma sürecidir. Dolayısıyla, bu yöntemden elde edilen çıkarımlar ile herhangi bir su kaynağı için ileriye yönelik yapılması planlanan herhangi bir işletme (balık çiftliği, içme suyu tesisi, sulama suyu noktası seçimi vb.) için faydalı alan belirlemede nokta tayini yapılabilecektir. Bu durum araştırmacılar için yüksek maliyetli araştırma bütçelerinde önemli bir tasarruf sağlayıcı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma birebir değerlendirildiğinde ulusal ve uluslararası literatürde daha önce denenmemiş olmakla birlikte amaç olarak ülkemizde gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışmalarına farklı bir bakış açısı kazandırmaktır. Bu amaç için veri seti olarak Boğacık Deresi'nin 3 farklı istasyonundan 12 ay boyunca izlenen fizikokimyasal değişkenler kullanılmıştır. Elde edilen verilerin ileri istatistiksel analizler ile değerlendirmesi sonucunda yine alanında ilk defa uzman görüşünden ziyade nicel sonuçlara bağlı ağırlık katsayıları hesaplanmış ve 15 fizikokimyasal değişkenin kriter olarak kullanılmasıyla yöntem analiz edilerek ülkemizde ilk, dünya literatüründe ise sayılı temel kaynaklardan biri bilim dünyasına sunulmuştur.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Opricovic tarafından ilk defa ileri sürülen VIKOR yönteminde temel esas karmaşık modellerin çözülmesinde uzlaşık bir sıralama metodu kullanarak uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan çok kriterli optimizasyon yaklaşımını elde etmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004). Bu tarihten sonra, çeşitli araştırmacılar tarafından yürütülen farklı alanlarda sınırlı sayıdaki çalışmada, VIKOR yönteminin kullanıldığı tespit edilmiştir. Yöntemin özünde, alternatif veriler ışığında ve değerlendirme seçenekleri doğrultusunda uzlaşık bir çözüm seçeneğinin tespit edilmesi vardır. Bu uzlaşık çözüm, ideal çözüme en yakın seçenek olarak meydana geldiği için bizi doğru çözüme götürmektedir. VIKOR yönteminin multidisipliner nitelikte bir çok karar verme aşamasında kullanımına örnek; inşaat sektöründe kullanımı (Mulavdic, 2005), iyi lojistik servis sağlayıcının seçimini (Lixin ve ark., 2008), performans değerlendirmesi (Wu ve ark., 2009), performans ölçümü (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2009; Karaoğlu ve Şahin, 2018), uygun stratejilerin seçimi (Fua ve ark., 2010), tedarikçi seçimi (Sanayei ve ark., 2010), yenilenebilir enerji alternatiflerinin seçimi (Kaya ve Kahraman, 2010), yağmur miktarı tahmini ve su ihtiyacı hesaplaması (Ghanbar, 2017), tarımsal sulamada uygun modun tespiti (García-Cascales ve ark., 2021) verilebilmekle birlikte, özellikle su gibi doğal kaynakların farklı özelliklerinin değerlendirilmesinde literatür oldukça sınırlı olmakla birlikte son yıllarda artmaya devam etmektedir.

Chang ve Hsu (2009) son yıllarda önemi daha da artan su havzalarını doğrudan ilgilendiren bir uygulamada Güney Tayvan'daki Tseng-Wen rezervuar havzasını çevresel özelliklerinin mekânsal değişkenliği açısından değerlendirilmesinde revize edilmiş VIKOR metodunu kullanmış, farklı alanlardaki arazi kullanımıyla ilgili kısıtlama önerileri sunmuştur.

Obricovic (2011) su kaynaklarının planlanmasında VIKOR yöntemini kullanarak örnek bir uygulama gerçekleştirmiştir. Bölgesel su temini için Mlava nehri ve kollarının yüzey akışlarının depolanması için bir rezervuar sisteminin geliştirilmesini incelemek üzere sunulan metodolojiyi kullanan su kaynakları planlamasına ait bir uygulama gerçekleştirmiştir.

Kim ve Chung (2013) bulanık bir VIKOR yöntemi yaklaşımıyla Güney Kore’de farklı bölgelerde su temininin iklim değişikliğine ve değişkenliğine karşı kırılganlığını bugün ve gelecekte değerlendirmiştir.

Chang ve Lin (2014) su kalitesi izleme istasyonlarının, bir havzadaki su kalitesi koşulları bilgilerinin analiz edilmesinde kritik roller oynadığını ifade etmiş ve bir havzadaki su kalitesi izleme ağının tasarımını değerlendirmek için çoklu kriter analizinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem olan VIKOR yöntemini kullanmışlardır.

Varekar ve ark. (2015) noktasal ve yaygın kirlilik yüklerinin mevsimsel değişimini dikkate alarak nehir suyu kalitesinin izlenmesi için numune alma yerlerinin tasarımını gerçekleştirmiştir.

Kuo (2017)’de Tayvan’ın ilçe ve şehirlerindeki kanalizasyon sistemlerinin kirlilik kontrol durumunun VIKOR yöntemi uygulanarak değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Golfam ve ark. (2019) tarımsal su temininin sürdürülebilirliğini sağlamayı amaçlayan iklim değişikliği projeksiyonları ile ilişkili rezervuar işletimi için VIKOR ve FOWA çok kriterli karar verme yöntemlerinin değerlendirilmişlerdir.

Dang ve Dang (2019) Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerinin çevre kalitesinin değerlendirilmesinde VIKOR yöntemini kullanarak hükümetlerin çevresel kalitelerini iyileştiren politikalar üretmeleri gerektiğini göstermişlerdir.

Makhdumi ve Dwarakish (2019), Hindistan (Karnataka)'da TOPSIS ve VIKOR yöntemi kullanılarak su havzalarının morfolitik analizleri başta olmak üzere on iki değişken dikkate alınarak önceliklendirilmesini yapmışlardır.

Haider ve ark. (2020) Suudi Arabistan'da özellikle su kaynaklarındaki çeşitli fiziksel, kimyasal ve radyoaktif su kalitesi parametrelerinin düzenli olarak izlenmesinin, hem yöneticiler olarak ifade de edilebilen karar vericiler hem de genel halk için uygun bulgular bulmayı zorlaştıran büyük veri kümeleri olarak karşlarına çıktıklarını ifade etmişler ve kurak bölgelerde doğal yeraltı suyu kirliliği değerlendirmesinde VIKOR yöntemi kullanmışlardır.

Meshram ve ark. (2020) su erozyon riski altındaki hassas bölgelerin önceliklendirilmesine yönelik çok kriterli karar verme yaklaşımının uygulanabilirliğinde VIKOR yönteminde yüksek bir indirgeme doğruluğu gözlemişlerdir.

Li ve ark. (2021) entegre bir bölgesel su kalitesi değerlendirme yöntemi kullanarak sonuç göstergeleri arasındaki karşılıklı ilişkileri açıklamış ve bunun için su numunelerinin seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden çoklu regresyon yöntemini kullanmışlardır.

Yang ve ark. (2021) VIKOR yöntemine dayalı olarak Çin'in Weifang şehrindeki su kaynaklarının taşıma kapasitesinin kapsamlı değerlendirmesi ve engel faktörlerinin analizi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Ong ve ark. (2021) entegre su sisteminin çok amaçlı optimizasyonunu FUCOM-VIKOR yaklaşımı ile sağlamıştır.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Giresun'un ilinin Kemaliye Köyü olan Boğacık Deresi, il merkezinin doğusundan Karadeniz'e deşarj olmaktadır. Boğacık Deresi, Aksu Deresi havzası ile ilişkili olup, evsel atıkların yanı sıra yoğun bir şekilde sanayi atıklarına da maruz kalmaktadır. Sıcak mevsim aylarında hemen hemen su seviyesi kuruma noktasına gelen derenin, deşarj noktasının Karadeniz ile bağlantısı da kopmaktadır. Boğacık Deresinin şehir merkezine uzaklığı 6 km'dir. Kaynak noktasının yaklaşık olarak 700 m rakımı bulunmaktadır. En önemli iki kolu Hacımusa ve Çandır dereleridir. Boğacak ve Doğacak yöre halkı tarafından bilinen diğer isimleridir (Memiş, 2019).



Şekil 3. 1. Çalışma alanı (Url-1)

3.2. Fizikokimyasal Verilerin Eldesi

Bu çalışmada kullanılan Boğacık Deresi yüzeysel su örneklerine ait fizikokimyasal değişken değerleri araştırmaya özgün olup; Boğacık Deresi'nin üç farklı bölgesinden Su numunesi alma işlemi TS EN ISO 5667-“Su Kalitesi-Numune Alma” prosedürlerine uygun bir şekilde koyu renkli cam şişeler ile alınmış ve soğuk zincir altında laboratuvara getirilerek analizler hemen gerçekleştirilmiştir. Bu amaç için kullanılan su numunesi toplama şişeleri bir gün önce zayıf asit banyosu ve saf sudan geçirilerek yıkanmış ve ardından saf su ile çalkalanıp, etüvde kurutularak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Örnek toplama işlemleri Mart 2017-Şubat 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Veri eldesi aşamasında, su örnekleri toplanırken arazi çalışmaları esnasında su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, pH, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) miktarı, tuzluluk ve oksidoredüksiyon potansiyeli (ORP) değerleri YSI 556 MPS çoklu ölçüm cihazı ile suyun bulanıklık değeri ise WTW Turb 355 T bulanıklık ölçer cihazı aracılığıyla eş zamanlı olarak ölçümlenmiştir.

Tablo 3. 1. YSI 556 MPS özellikleri (Akkan, 2013)

	Parametre	Sensör Tipi	Aralık	Hassasiyet
YSI 556 MPS	Çözülmüş Oksijen	Polarografik	0 ile 500 (%) hava doygunluğu 0 ile 50 mg/L	%0,1 hava doygunluğu 0,01 mg/L
	Sıcaklık	Termistör	-5 ile 45 °C	0,1 °C
	İletkenlik	4 Elektrot hücresi	0 ile 200 mS/cm	0,001 ile 0,1 mS/cm
	Tuzluluk	İletkenlik ve sıcaklığa göre hesaplama	0 ile 70 ppt	0,01 ppt
	pH	Cam elektrot	0 ile 14	0,01
	TÇKM	İletkenlik ve sıcaklığa göre hesaplama	0 ile 100 g/L	4 Dijit
	ORP	Platinyum butonu	-1999 ile 1999 mV	0,1 mV

Su örneklerine ait diğer değişkenlerin analizinde; alkalinite ve sertlik tayini için EPA (1993)'nın titrimetrik yöntemlerine ait basamaklar uygulanmıştır. Su örneklerindeki nitrat azotu ve nitrit azotu tespiti arazi tip YSI 9300 fotometre ile zaman kaybedilmeden su numuneleri toplandığı anda ticari kitler ile tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tüm değerler 3 (üç) tekrarlı elde edilen sonuçların ortalaması olarak kayıt edilmiştir.

3. 3. VIKOR Yöntemi

VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi, iyi bilinen çok kriterli karar verme tekniklerinden biridir. VIKOR yöntemi genel olarak birbirinden çok alternatif ve kriterden oluşan bir karar verme süreci için en iyi seçimin yapılmasına olanak sağlamaktadır. VIKOR yönteminin en önemli avantajlarından biri bu yöntem ile birbirleri ile çelişen kriterlerin varlığında bile uzlaşık bir çözüm elde edilebilmesidir. Uzlaşık olarak adlandırılan en iyi seçim veya karar tüm kriterlerin benzer ya da farklı özelliklerinin göz önünde bulundurulması ile elde edilir. Bu kriterler karar verme problemlerine göre farklı özelliklere sahiptirler. Kriterlerin özellikleri ilgilenilen problem doğrultusunda sezgisel olarak veya bir uzman görüşü yardımı ile de belirlenebilir. Optimal seçimin yapılmasındaki ana etken olan kriterlere ait iki özellik bulunmaktadır. Kriterlere ait bu özellikler fayda ve maliyet özelliğidir. Optimal seçimin yapılmasındaki bir diğer önemli etken de kriterlerin önemlilik düzeyleri veya bir diğer adıyla ağırlıklarıdır. VIKOR yönteminde çözüme başlamadan önce her bir kritere ait ağırlık değerleri belirlenmelidir. Belirlenecek olan bu ağırlık değerleri her bir kriter için aynı olabileceği gibi kriterden kritere de farklılık gösterebilir. Ağırlık değerlerinin her bir kriter için eşit olması kriterlerin ilgili karar verme sürecinde kriterlerin aynı öneme sahip olduğu anlamına gelirken kriterin /kriterlerin yüksek ağırlık değerine sahip olması kriterlerin yüksek öneme sahip oldukları anlamına gelir. Ayrıca, kriterlere ait ağırlık değerlerinin toplamının bir olması

gerekmektedir. İlgili karar problemi için alternatifler, kriterler, kriterlerin özellikleri ve kriterlere ait ağırlık değerleri belirlendikten sonra bir karar matrisi oluşturularak VIKOR yönteminin uygulanma aşamalarına geçilir. VIKOR yönteminin aşamaları aşağıdaki algoritmada adım adım verilmiştir.

Algoritma: VIKOR yönteminin aşamaları;

Adım 1. Bu ilk adımda alternatifler ve kriterler bir karar matrisinde bir araya getirilir. Oluşturulan bu karar matrisinin (X) satırları alternatifleri ($i = 1, 2, \dots, m$) ve sütunları kriterleri ($j = 1, 2, \dots, n$) göstermektedir. m adet alternatif ve n adet karar değişkeninden oluşan bir karar matrisi Eşitlik (1)'de verilmiştir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de x_{11} birinci alternatifin birinci karar değişkeni için değerini x_{23} ikinci alternatifin üçüncü karar değişkeni için değerini göstermektedir.

Adım 2. Karar matrisi oluşturulduktan sonra kriterlere ait özellikler ve kriterlere ait ağırlık değerleri belirlenir. Kriterlerin özellikleri, kriterlerin fayda ya maliyet özelliğine göre maksimum veya minimum olarak adlandırılır. Kriterlerin özelliklerinin ($K_j ; j = 1, 2, \dots, n$) ve ağırlıklarının da ($w_j ; j = 1, 2, \dots, n$) dahil edildiği bir karar matrisi Eşitlik (2) de verilmiştir.

$$X = \begin{bmatrix} K_1 & K_2 & \cdots & K_n \\ w_1 & w_2 & \cdots & w_n \\ x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Burada $K_j ; j = 1, 2, \dots, n$ minimum ya da maksimum özelliğe sahiptir. Ayrıca $w_j ; j = 1, 2, \dots, n$ ağırlıklarının toplamı da bire eşittir. ($\sum_{j=1}^n w_j = 1$)

Adım 3. En iyi ve en kötü kriter değerlerinin belirlenmesi

En iyi ve en kötü kriter değerleri, kriterlerin fayda ya da maliyet özelliğine sahip olup olmaması ile belirlenir. Eğer kriter fayda özelliğine sahip ise en iyi (f_j^+) ve en kötü (f_j^-) kriter değerleri Eşitlik (3) ile, eğer kriter maliyet özelliğine sahip ise f_j^+ ve f_j^- kriter değerleri Eşitlik (4) ile elde edilir.

$$\begin{aligned} f_j^+ &= \max_i x_{ij} \\ f_j^- &= \min_i x_{ij} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} f_j^+ &= \min_i x_{ij} \\ f_j^- &= \max_i x_{ij} \end{aligned} \quad (4)$$

Adım 4. Normalize karar matrisinin oluşturulması

Her bir kriterin ayrı ayrı birimlere sahip olduğu düşünüldüğünde adaletli ve karşılaştırılabilir bir durumu engellemektedir. Bu nedenle her bir kriteri birimlerinden bağımsız hale getirebilmek amacı Eşitlik (4) ile verilen lineer normalizasyon işlemi gerçekleştirilir ve Eşitlik (5) ile verilen normalize karar (normalizasyon) matrisi (R) oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{f_j^+ - x_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \quad (5)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Adım 5. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

Eşitlik (6) ile elde edilen normalize karar matrisinin her bir elemanı Eşitlik (7) yardımı ile ilgili ağırlık değerleri ile çarpılır. Yani Eşitlik (6) da bulunan

her bir sütundaki değerler ilgili sütuna karşılık gelen ağırlık değeri ile çarpılır. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi (V) Eşitlik (8) 'de verilmiştir.

$$v_{ij} = r_{ij} * w_j \quad (7)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Adım 6. Her bir alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarının hesaplanması

Her bir alternatif için hesaplanan ortalama (S_i) ve en kötü grup (R_i) skorları Eşitlik (9-10) ile hesaplanır. S_i Aynı zamanda maksimum grup faydası veya çoğunluk kuralı olarak R_i ise minimum bireysel pişmanlık olarak da ifade edilmektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^+ - x_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \quad (9)$$

$$R_i = \max_j \left(w_j \frac{f_j^+ - x_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \right) \quad (10)$$

Adım 7. Q_i değerlerinin hesaplanması ve en iyi alternatifin belirlenmesi

Alternatifler için sıralama işleminin gerçekleştirilmesi için her bir alternatife karşılık gelecek Q_i değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Alternatifler arasındaki sıralamanın belirlenebilmesi için Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. En küçük Q_i değerine sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir. Q_i değerleri Eşitlik (11) ile hesaplanır.

$$Q_i = \frac{q(S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-q)(R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (11)$$

Eşitlik (11) ile hesaplanması için gerekli olan S^*, S^-, R^*, R^- parametreleri Eşitlik (12-15) ile verilmiştir.

$$S^* = \min_i S_i \quad (12)$$

$$S^- = \max_i S_i \quad (13)$$

$$R^* = \min_i R_i \quad (14)$$

$$R^- = \max_i R_i \quad (15)$$

Eşitlik (11)' de verilen q parametresi kriterlerin çoğunluğu veya maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığı $(1 - q)$ ise karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını sağlayan stratejinin ağırlığıdır. q parametresinin aldığı değer 0,5'den büyük ise çoğunluğun olumlu tutum gösterme eğiliminde olduğu “çoğunluk oyu”, q parametresinin aldığı değer 0,5'den küçük ise çoğunluğun olumsuz tutum gösterme eğiliminde olduğu “veto” anlamına gelmektedir. q parametresinin aldığı değer 0,5 ise grupların uzlaştığı yani olumlu ve olumsuz tutumlarda bulunanların eşit sayıda olduğu “konsensus” anlamına gelmektedir. q parametresi $[0, 1]$ aralığında değer almaktadır.

En düşük Q_i değerine sahip olan alternatifin en iyi alternatif olarak belirlenebilmesi ve alternatiflerin sıralamasının geçerli olabilmesi için aşağıda verilen iki koşulun sağlanması gerekir.

Koşul 1. Kabul edilebilir avantaj

Bu ilk koşulun sağlanabilmesi için küçükten büyüğe doğru sıralanan Q_i değerlerinin en küçüğüne sahip olan alternatif (ilk sırada olan alternatif) olan alternatif A^1 ve ikinci sırada yer alan alternatif A^2 olmak üzere, kabul edilebilir avantaj koşulu Eşitlik (16)'ya bağlıdır.

$$Q(A^2) - Q(A^1) \geq DQ \quad (16)$$

Eşitlik (16) ile verilen DQ parametresi alternatif sayısına bağlı olmakla birlikte Eşitlik (17) ile hesaplanır.

$$DQ = \frac{1}{m} \quad (17)$$

Koşul 2. Kabul edilebilir istikrar koşulu

Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında en düşük Q_i değerine sahip olan A^1 alternatifi, S ve/veya R değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralama yapıldığında da en iyi alternatif ise kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanır.

Her iki koşulun da sağlandığı taktirde VIKOR sıralamasının istikrarlı ve kullanılabilir olduğu sonucuna varılır.

Yukarıda verilen koşullardan herhangi biri sağlanmadığı durumda uzlaşık çözüm kümesi önerilir.

Eğer kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanamıyorsa Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında en düşük Q_i değerine sahip olan A^1 alternatifi ve en düşük ikinci Q_i değerine sahip olan A^2 alternatifinin her ikisi de uzlaşık çözüm olarak kabul edilir.

Eğer kabul edilebilir avantaj sağlanamıyorsa $A^1, A^2, \dots, A^m$ alternatiflerinin hepsi uzlaşık en iyi ortak çözüm kümesinde yer alır ve maksimum m değeri için Eşitlik (18) ile çözüm kümesinde hangi alternatiflerin bulunduğu karar verilir.

$$Q(A^m) - Q(A^1) < DQ \quad (18)$$

Uzlaşık çözüm kümesi dâhilinde Q_i değerlerine göre sıralama yapılır. En iyi alternatif, minimum Q_i değerine sahip alternatiflerden biri olarak kabul edilir.

BÖLÜM 4. BULGULAR

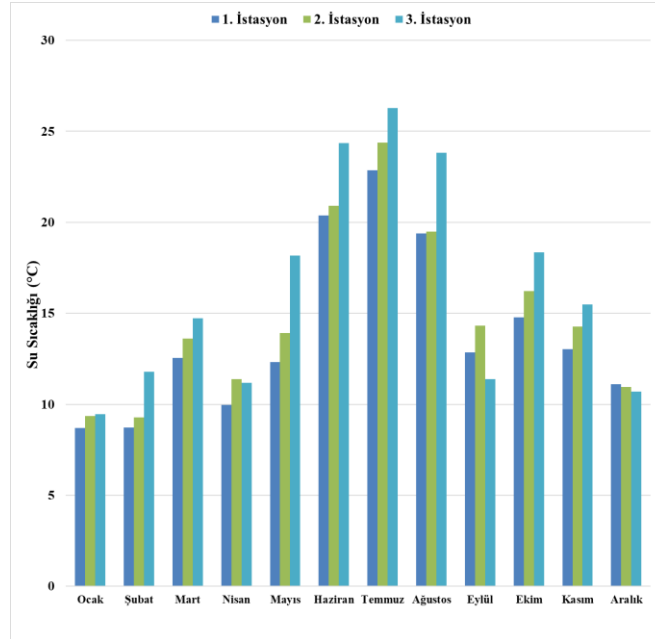
4.1. Fizikokimyasal Değişkenlerin Tespiti

4.1.1. Sıcaklık

Boğacık Deresi'nden 12 ay boyunca 3 farklı istasyondan toplanan su örneklerinin sıcaklık değişimleri Tablo 4.1'deki gibidir. En düşük su sıcaklığı değeri 1 nolu istasyonda, en yüksek su sıcaklığı değeri ise 3 nolu istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.1).

Tablo 4. 1. İstasyonlara göre Su Sıcaklığı değerleri (°C)

İstasyon	
1	13,89(±1,339) 8,70-22,87
2	Ortalama (±Std. Hata) En Küçük Değer-En Büyük Değer 14,84(±1,355) 9,29-24,37
3	16,31(±1,698) 9,46-26,28
Genel	15,01(±,843) 8,70-26,28



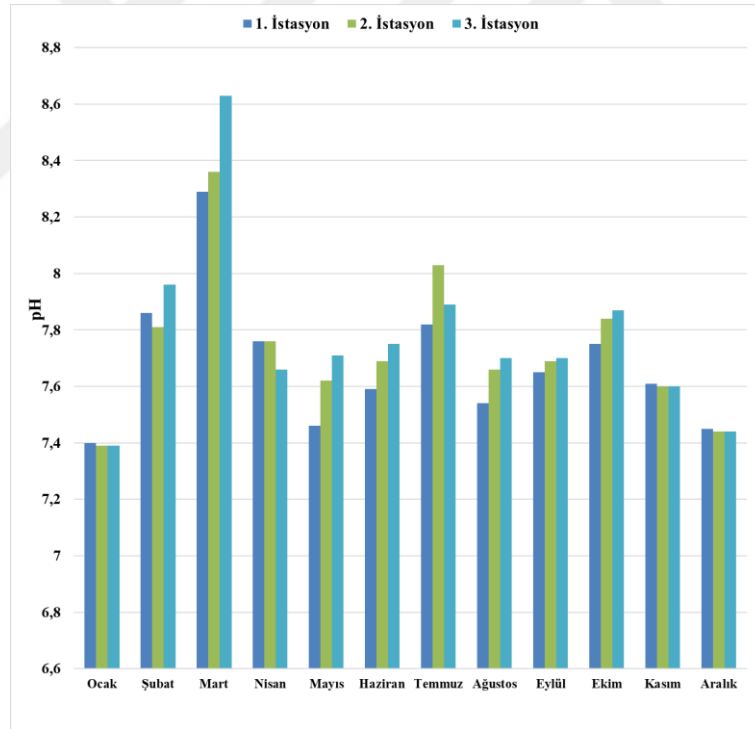
Şekil 4. 1. Aylara göre Su Sıcaklığı değerleri

4.1.2. pH

Boğacık Deresi su numunelerinin pH değişimleri Tablo 4.2 ve Şekil 4.2'deki gibidir. En düşük ve en yüksek pH değeri 3 nolu istasyonda ölçülmüştür.

Tablo 4. 2. İstasyonlara göre pH değerleri

İstasyon	
1	7,68 ($\pm 0,07$) 7,40-8,29
2	Ortalama ($\pm$ Std. Hata) En Küçük Değer-En Büyük Değer
3	7,74 ($\pm 0,07$) 7,39-8,36
Genel	7,78 ($\pm 0,09$) 7,39-8,63



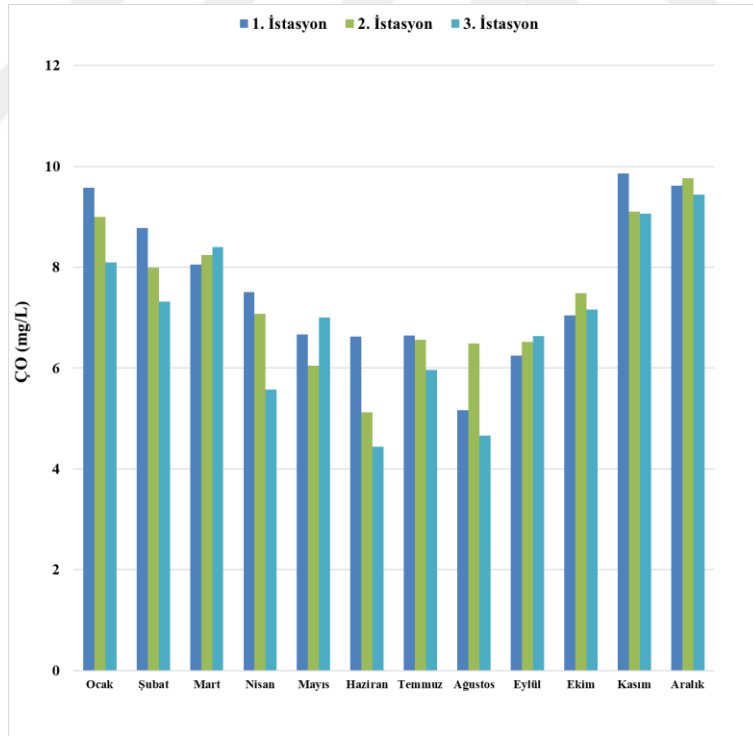
Şekil 4. 2. Aylara göre pH değerleri

4.1.3. Çözünmüş Oksijen

Boğacık Deresi su numunelerinin çözünmüş oksijen değişimleri Tablo 4.3 ve Şekil 4.3'deki gibidir. En düşük çözünmüş oksijen değeri 3 nolu istasyonda, en yüksek çözünmüş oksijen değerine ise 1 nolu istasyonda ölçülmüştür.

Tablo 4. 3. İstasyonlara göre Çözünmüş Oksijen değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	7,65 ($\pm 0,0439$) 5,16-9,86
2	7,45 ($\pm 0,403$) 5,12-9,76
3	6,98 ($\pm 0,467$) 4,44-9,44
Genel	7,36 ($\pm 0,250$) 4,44-9,86

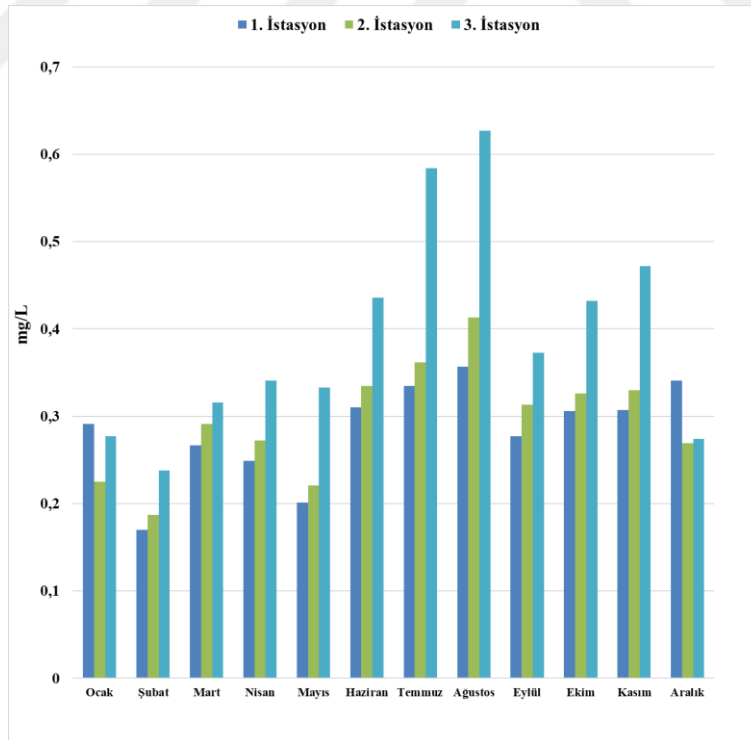


4.1.4. Toplam Çözünmüş Katı Madde

Boğacık Deresi'nden 12 ay boyunca 3 farklı istasyondan toplanan su örneklerinin TÇKM değişimleri Tablo 4.4' deki gibidir. En düşük TÇKM değeri 1 nolu istasyonda, en yüksek TÇKM değeri ise 3 nolu istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.4).

Tablo 4. 4. İstasyonlara göre TÇKM değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	0,284 ($\pm 0,016$) 0,170-0,360
2	0,295 ($\pm 0,019$) 0,190-0,410
3	0,392 ($\pm 0,035$) 0,240-0,630
Genel	0,324 ($\pm 0,16$) 0,170-0,630

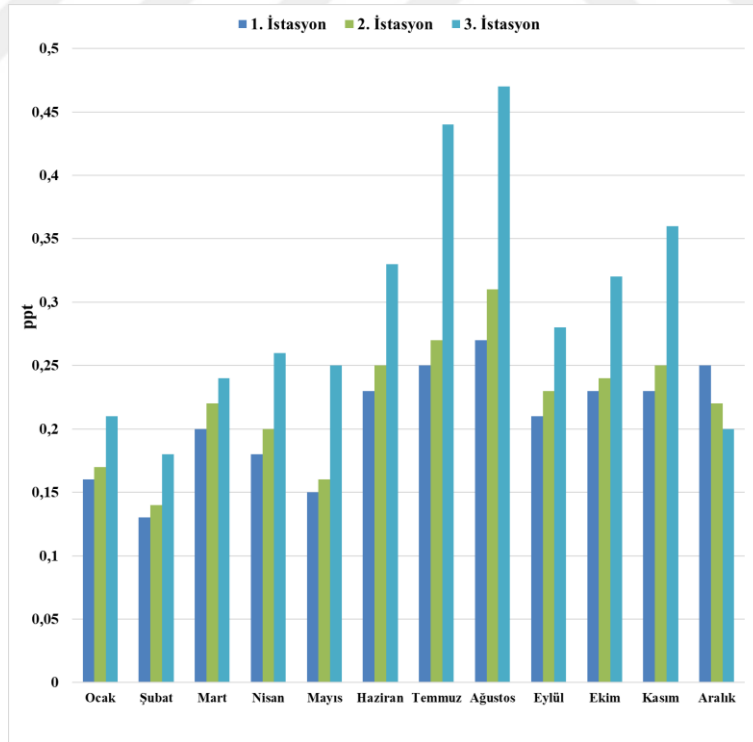


4.1.5. Tuzluluk

Boğacık Deresi'nden 12 ay boyunca 3 farklı istasyondan toplanan su örneklerinin tuzluluk değişimleri Tablo 4.5' deki gibidir. En düşük tuzluluk değeri 1 nolu istasyonda, en yüksek tuzluluk değeri ise 3 nolu istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.5).

Tablo 4. 5. İstasyonlara göre Tuzluluk değerleri değişimleri (ppt)

İstasyon	
1	0,21 ($\pm 0,013$) 0,13-0,27
2	0,22 ($\pm 0,014$) 0,14-0,31
3	0,30 ($\pm 0,027$) 0,18-0,47
Genel	0,24 ($\pm 0,012$) 0,13-0,47



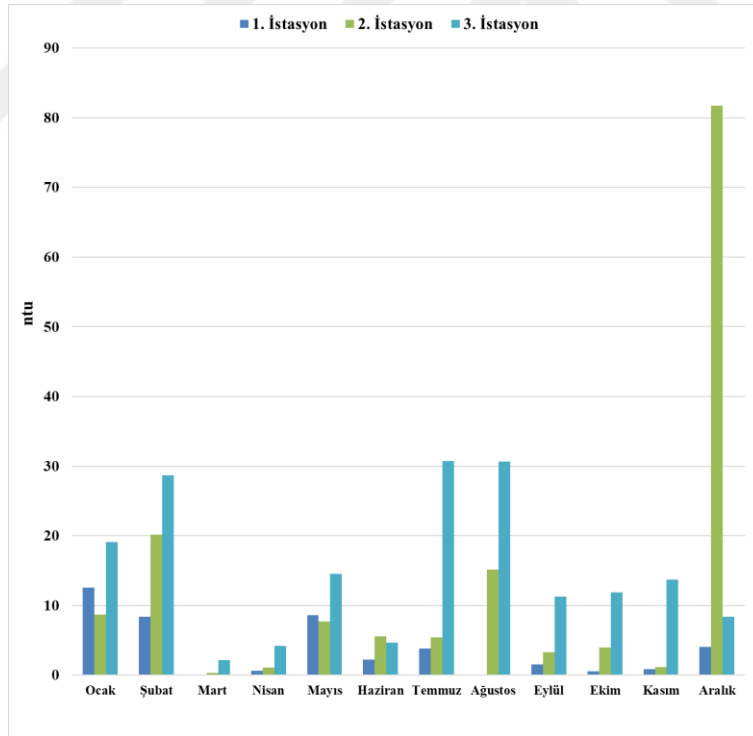
Şekil 4. 5. Aylara göre Tuzluluk değerleri

4.1.6. Türbidite

Su numunelerinin türbidite değişimleri Tablo 4.6'daki gibidir. En düşük türbidite değeri 1 nolu istasyonda, en yüksek türbidite değeri ise 2 nolu istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.6). Ayrıca istasyonlara göre su ölçümleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenmemiştir.

Tablo 4. 6. İstasyonlara göre Türbidite değerleri (NTU)

İstasyon	
1	3,61 ($\pm 1,186$) 0,01-12,57
2	12,86 ($\pm 6,488$) 0,36-81,73
3	15,01 ($\pm 2,955$) 2,18-30,72
Genel	10,49 ($\pm 2,484$) 0,01-81,73



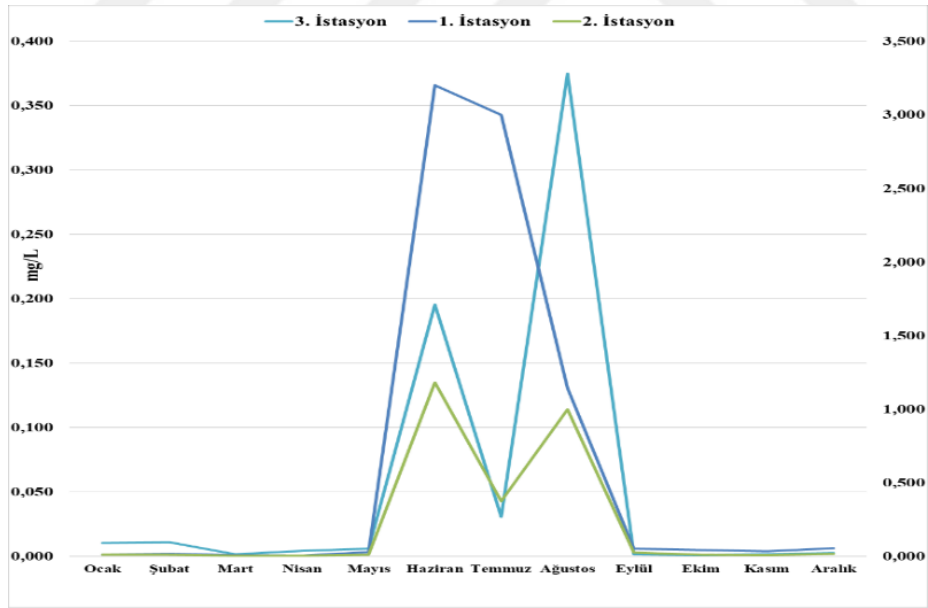
Şekil 4. 6. Aylara göre Türbidite değerleri

4.1.7. Nitrit Azotu

Su örneklerinin nitrit azotu değişimleri Tablo 4.7’deki gibidir. En düşük nitrit azotu değeri 3 nolu istasyonda, en yüksek nitrit azotu değerine ise 1 ve 2 nolu istasyonda rastlanılmıştır (Şekil 4.7). Ayrıca istasyonlara göre su ölçümleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenememiştir.

Tablo 4. 7. İstasyonlara göre Nitrit azotu değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	0,133 ($\pm 0,080$) 0,004-0,990
2	0,138 ($\pm 0,084$) 0,004-0,990
3	0,054 ($\pm 0,033$) 0,001-0,375
Genel	0,108 ($\pm 0,039$) 0,001-0,990



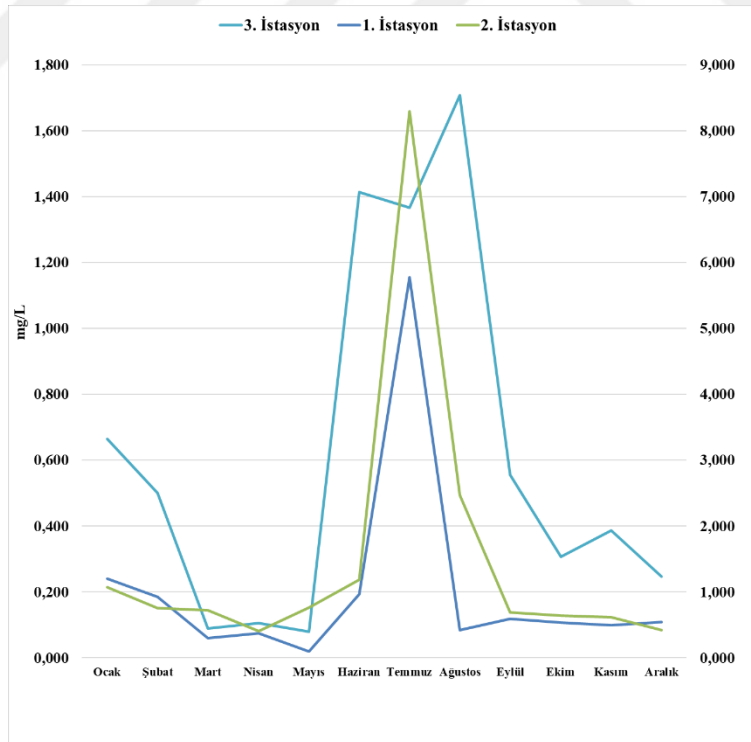
Şekil 4. 7. Aylara göre Nitrit Azotu değerleri

4.1.8. Nitrat Azotu

Su numunelerinin nitrat azotu değişimleri Tablo 4.8'deki gibidir. En düşük nitrat azotu değeri 3 nolu istasyonda, en yüksek nitrat azotu değerine ise 2 nolu istasyonda rastlanılmıştır (şekil 4.8). Ayrıca istasyonlara göre su ölçümleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenememiştir.

Tablo 4. 8. İstasyonlara göre Nitrat azotu değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	1,019 ($\pm 0,442$) 0,097-5,780
2	1,504 ($\pm 0,638$) 0,407-8,299
3	0,619 ($\pm 0,163$) 0,079-1,708
Genel	1,047 ($\pm 0,264$) 0,079-8,299



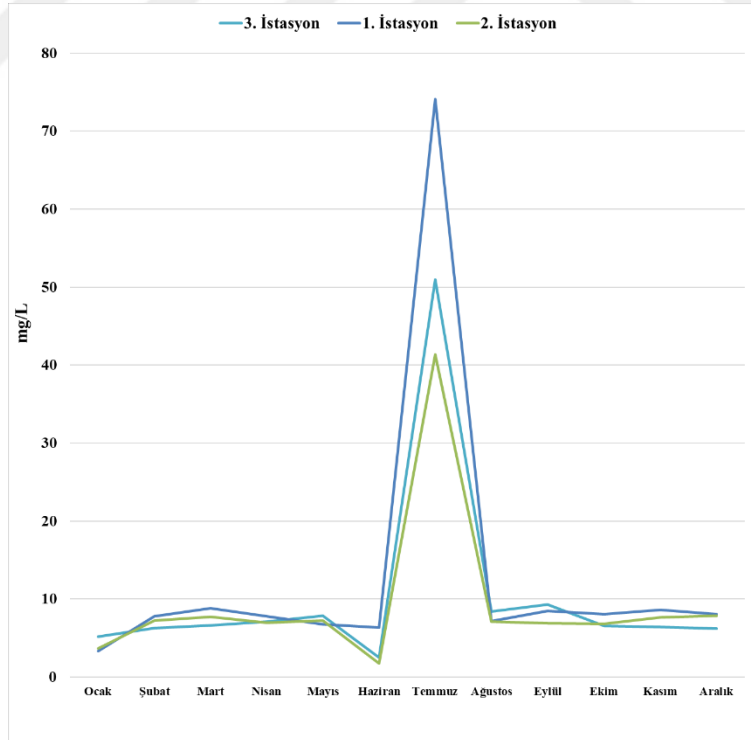
şekil 4. 8. Aylara göre Nitrat Azotu değerleri

4.1.9. Silika

Su numunelerinin silika değişimleri Tablo 4.9'daki gibidir. En düşük silika değeri 2 nolu istasyonda, en yüksek silika değeri ise 1 nolu istasyonda ölçölmüştür (Şekil 4.9). Ayrıca istasyonlara göre su ölçömleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenememiştir.

Tablo 4. 9. İstasyonlara göre Silika değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	12,96 ($\pm 5,577$) 3,35-74,12
2	9,35 ($\pm 2,955$) 1,73-41,33
3	10,30 ($\pm 3,732$) 2,51-51,00
Genel	10,87 ($\pm 2,387$) 1,73-74,12



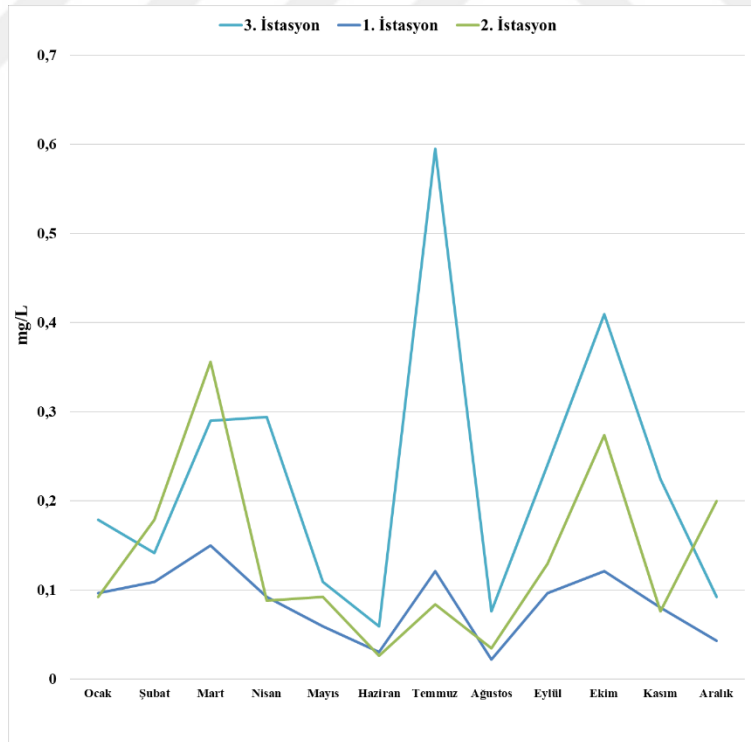
Şekil 4. 9. Aylara göre Silika değerleri

4.1.10. Toplam Fosfor

Su örneklerinin toplam fosfor değişimleri Tablo 4.10'daki gibidir. En düşük toplam fosfor değeri 1 nolu istasyonda, en yüksek toplam fosfor değerine ise 3 nolu istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.10). Ayrıca istasyonlara göre su ölçümleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenememiştir.

Tablo 4. 10. İstasyonlara göre Toplam Fosfor değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	0,085 ($\pm 0,011$) 0,022-0,150
2	0,136 ($\pm 0,029$) 0,026-0,356
3	0,226 ($\pm 0,045$) 0,059-0,595
Genel	0,149 ($\pm 0,020$) 0,022-0,595



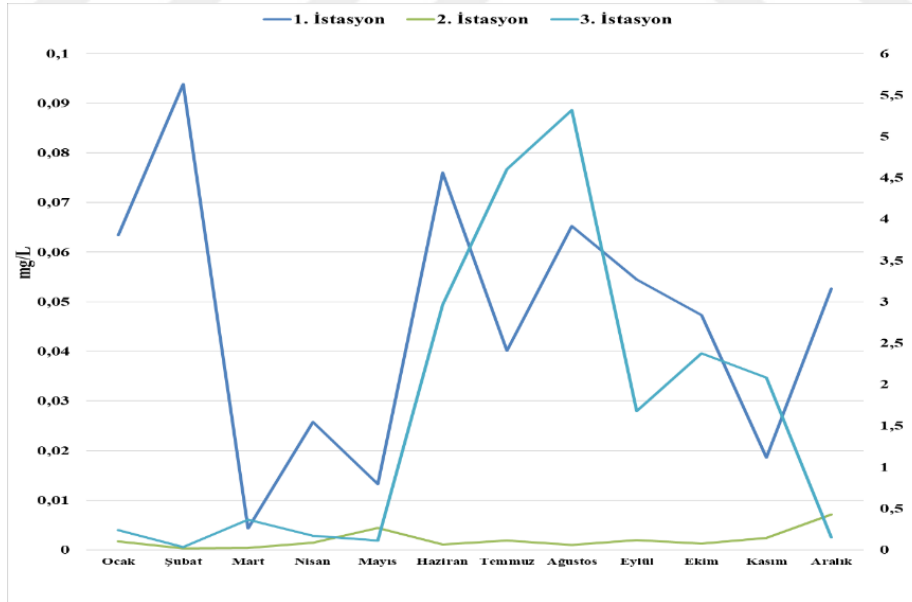
Şekil 4. 10. Aylara göre Toplam Fosfor değerleri

4.1.11. Toplam Amonyak Azotu

Su örneklerinin Toplam Amonyak Azotu (TAN) değeri değişimleri Tablo 4.11'deki gibidir. En düşük TAN değeri 1 nolu istasyonda, en yüksek TAN değeri ise 3 nolu istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.11). Ayrıca istasyonlara göre su ölçümleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenememiştir.

Tablo 4. 11. İstasyonlara göre TAN değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	0,046 ($\pm 0,008$) 0,004-0,094
2	Ortalama ($\pm$ Std. Hata) 0,125 ($\pm 0,033$) 0,017-0,427
3	En Küçük Değer-En Büyük Değer 1,675 ($\pm 0,534$) 0,037-5,318
Genel	0,616 ($\pm 0,215$) 0,004-5,138

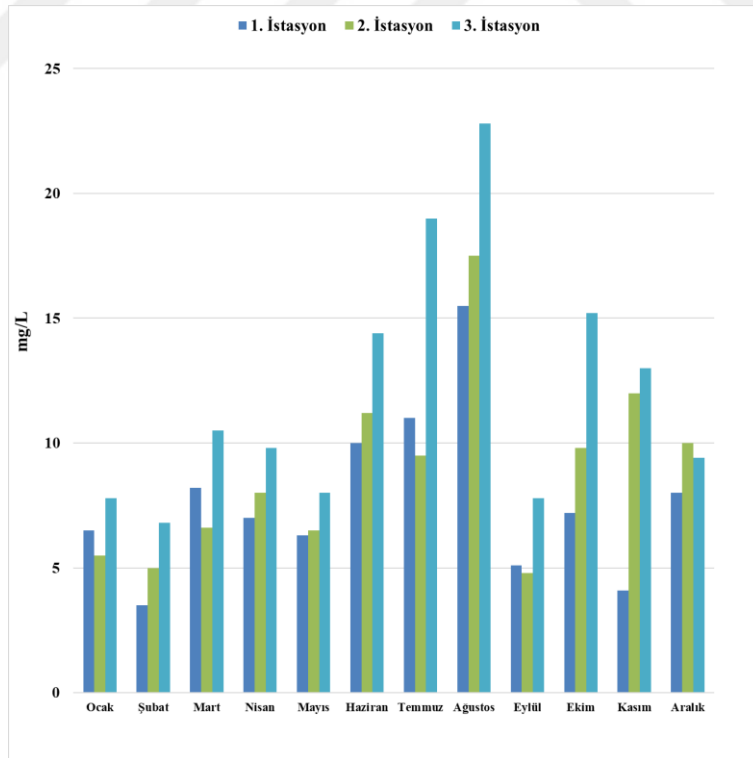


4.1.12. Alkalinite

Alkalinite değişimleri Tablo 4.12'deki gibidir. En düşük alkalinite değeri 1 nolu istasyonda, en yüksek alkalinite değeri ise 3 nolu istasyonda ölçölmüştür (Şekil 4.12).

Tablo 4. 12. İstasyonlara göre Alkalinite değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	7,70 ($\pm 0,949$) 3,50-15,50
2	8,87 ($\pm 1,054$) 4,80-17,50
3	12,04 ($\pm 1,443$) 6,80-22,80
Genel	9,54 ($\pm 0,725$) 3,50-22,80



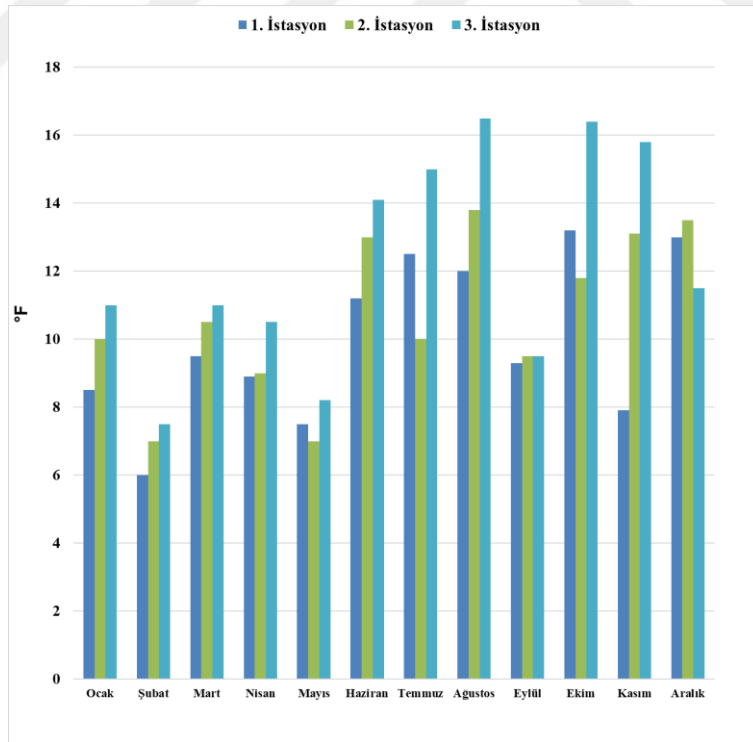
Şekil 4. 12. Aylara göre Alkalinite değerleri

4.1.13. Toplam Sertlik

Su örneklerinin toplam sertlik değişimleri Tablo 4.13’deki gibidir. En düşük su sertliği değeri 1 nolu istasyonda, en yüksek su sertliği değerine ise 3 nolu istasyonda rastlanılmıştır (şekil 4.13). Ayrıca istasyonlara göre su ölçümleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenememiştir.

Tablo 4. 13. İstasyonlara göre Toplam Sertlik değerleri (°F)

İstasyon	
1	9,96 (±0,684) 6,00-13,20
2	Ortalama (±Std. Hata) 10,68 (±0,688) 7,00-13,80
3	En Küçük Değer-En Büyük Değer 12,25 (±0,922) 7,50-16,50
Genel	10,96 (±0,462) 6,00-16,50



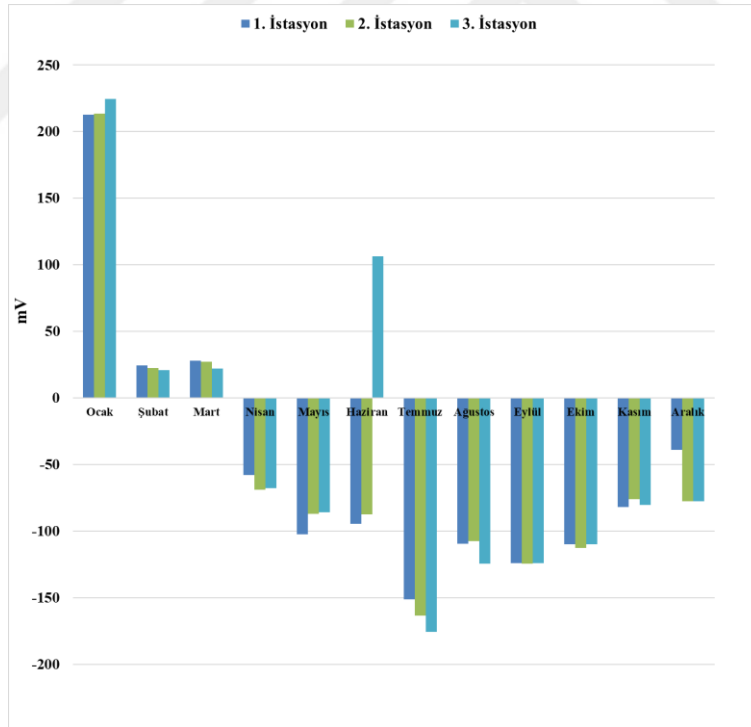
şekil 4. 13. Aylara göre Toplam Sertlik değerleri

4.1.14. ORP

Su örneklerinin ORP (Oksidasyon İndirgeme Potansiyeli) değişimleri Tablo 4.14'deki gibidir. En düşük ve en yüksek ORP değerleri farklı aylarda 3 nolu istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.14).

Tablo 4. 14. İstasyonlara göre ORP değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	-50,4 (±28,784) -151,3-212,7
2	-53,4 (±28,951) -163,3-213,4
3	-39,2 (±32,828) -175,5-224,5
Genel	-47,7 (±16,987) -175,5-224,5



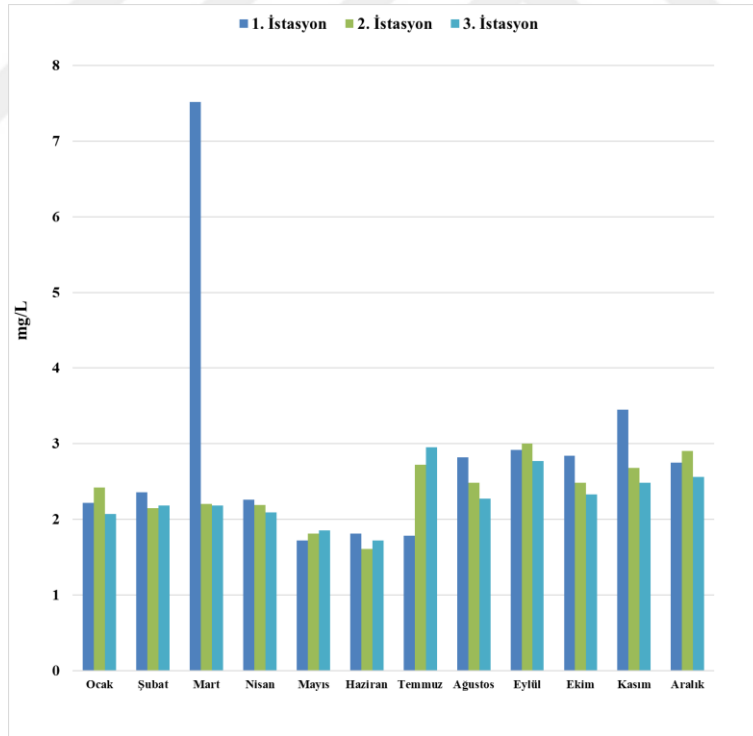
Şekil 4. 14. Aylara göre ORP değerleri

4.1.15. Askıda Katı Madde

Su örneklerinin askıda katı madde miktarı değişimleri Tablo 4.15'deki gibidir. En düşük AKM (Askıda Katı Madde) değeri 2 nolu istasyonda, en yüksek AKM değeri ise 1 nolu istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.15).

Tablo 4. 15. İstasyonlara göre AKM değerleri (mg/L)

İstasyon	
1	2,87 ($\pm 0,449$) 1,72-7,52
2	2,39 ($\pm 0,121$) 1,61-3,00
3	2,29 ($\pm 0,103$) 1,72-2,95
Genel	2,52 ($\pm 0,160$) 1,61-7,52



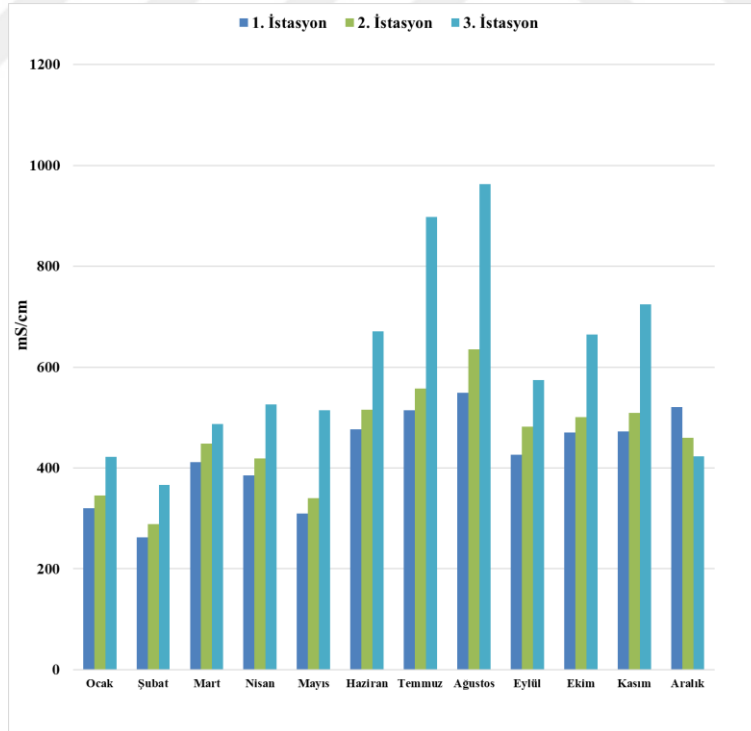
Şekil 4. 15. Aylara göre AKM değerleri

4.1.16. Elektriksel İletkenlik

Boğacık Deresi'nden 12 ay boyunca 3 farklı istasyondan toplanan su örneklerinin elektriksel iletkenlik değişimi Tablo 4.16'daki gibidir. En düşük iletkenlik değerine 1 nolu istasyonda, en yüksek iletkenlik değerine ise 3 nolu istasyonda rastlanılmıştır (Şekil 4.16).

Tablo 4. 16. İstasyonlara göre Elektriksel İletkenlik değerleri (mS/cm)

İstasyon	
1	13,89 ($\pm 1,339$) 8,70-22,87
2	Ortalama ($\pm$ Std. Hata) En Küçük Değer-En Büyük Değer
3	14,84 ($\pm 1,355$) 9,29-24,37
Genel	16,31 ($\pm 1,698$) 9,46-26,28



Şekil 4. 16. Aylara göre Elektriksel İletkenlik değerleri

4.2. VIKOR Yönteminin Uygulanması

Bu çalışmada Giresun Boğacık deresinin üç farklı istasyonundan 2017-2018 yılları arasında toplanan su örnekleri kullanılarak en iyi su kalitesine sahip istasyon VIKOR yöntemi ile seçilmiştir. Su numuneleri için kriter olarak su sıcaklığı, toplam çözünmüş katı madde miktarı, tuzluluk, çözünmüş oksijen, bulanıklık, nitrit azotu, nitrat azotu, silika, alkalinite, sertlik, toplam fosfor, toplam amonyak azotu, oksidasyon indirgeme potansiyeli, askıda katı madde miktarı ve elektriksel iletkenlik değerleri kullanılmıştır.

En iyi su kalitesine sahip istasyonların seçiminde kullanılan kriterler ve her bir kriterin ağırlıklarının hesaplanmasında ve istasyonlardaki baskı unsurlarının tespit edilmesi amacıyla uzman görüşünden farklı olarak ilk defa temel bileşen analizi esas alınarak hesaplama yapılmıştır (Wang ve ark., 2017). Temel bileşenler varimax dönüşümü ile 4 farklı faktör olarak hesaplanmıştır. Faktör analizi sonucunda elde edilen varyans faktörlerine (VF) ait faktör yükleri ile her varyans faktörünün toplam varyansa olan katkısı Tablo 4.17’de belirtilmiştir. 0,75’den büyük faktör yüklerini güçlü, 0,50 ile 0,75 arasındaki faktör yüklerini orta ve 0,5’den küçük olan faktör yükleri zayıf olarak dikkate alınmıştır (Liu ve ark., 2003).

Tablo 4. 17. Fizikokimyasal değişkenlere ait faktör yükleri ve önemli varyans faktörleri

Bileşen	F 1	F 2	F 3	F 4	F 1	F 2	F 3	F 4
Özdeğer	6,157	2,669	1,625	1,393				
% Toplam Varyans	41,046	17,792	10,834	9,289				
Kümülatif % Varyans	41,046	58,838	69,672	78,961				
Bileşen Yükleri (varimax normalleştirme)					Görelİ Yük Değeri			
Sıcaklık	0,683	0,488	-0,369	-0,118	0,110			
Elektriksel İletkenlik	0,960	0,142	-0,156	0,087	0,154			
TÇKM	0,954	0,134	-0,140	0,061	0,153			
Tuzluluk	0,961	0,138	-0,146	0,085	0,155			
Çözünmüş Oksijen	-0,461	-0,289	0,701	-0,175			0,348	
ORP	-0,295	-0,313	0,648	-0,213			0,322	
Türbidite	0,291	0,118	0,666	0,235			0,331	
Nitrit Azotu	0,237	0,730	-0,082	-0,481		0,289		
Nitrat Azotu	0,042	0,896	-0,088	-0,191		0,355		
Silika	0,123	0,897	-0,082	0,260		0,356		
Alkalinite	0,922	0,161	-0,004	-0,124	0,148			
Sertlik	0,867	0,069	0,067	-0,078	0,139			
Toplam Fosfor	0,329	0,032	0,159	0,808				0,659
Toplam Amonyak Azotu	0,870	-0,001	0,083	0,213	0,140			
AKM	-0,092	-0,079	-0,100	0,418				0,341
Görelİ Özdeğer	0,520	0,225	0,137	0,118				
Toplam Yük Değeri	6,217	2,523	2,015	1,226				

En iyi su kalitesine sahip istasyonların seçiminde kullanılan kriterler ve her bir kriterin hesaplanan ağırlıkları Tablo 4.18'de verilmiştir. En iyi su kalitesine sahip istasyon seçiminde Tablo 4.18'de verilen on beş kriter kullanılmıştır. Tablo 4.18'de verilen tüm kriterler için Wang ve ark., (2017)'a göre hesaplanan ağırlıklar kullanılmıştır.

Tablo 4. 18. Değerlendirmede kullanılan kriterler ve en iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için ağırlıkları

	Kriter	Ağırlıklar
C_1	Sıcaklık	0,057
C_2	Elektriksel İletkenlik	0,080
C_3	TÇKM	0,080
C_4	Tuzluluk	0,080
C_5	Çözünmüş Oksijen	0,048
C_6	ORP	0,044
C_7	Türbidite	0,045
C_8	Nitrit Azotu	0,065
C_9	Nitrat Azotu	0,080
C_{10}	Silika	0,080
C_{11}	Alkalinite	0,077
C_{12}	Sertlik	0,072
C_{13}	Toplam Fosfor	0,078
C_{14}	Toplam Amonyak Azotu	0,073
C_{15}	AKM	0,040

En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için her istasyondan elde edilen kriter değerlerinden oluşan veri seti Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4. 19. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için her istasyonla ilgili veriler

	Kriter	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon
Min	C_1	13,889	14,842	16,308
Min	C_2	426,5	458,5	602,833
Min	C_3	0,284	0,295	0,392
Min	C_4	0,208	0,222	0,295
Max	C_5	13,793	12,809	11,409
Min	C_6	-50,367	-53,4	-39,208
Min	C_7	3,608	12,859	15,01
Min	C_8	0,634	0,223	0,053
Min	C_9	1,019	1,504	0,619
Min	C_{10}	12,955	9,355	10,299
Min	C_{11}	7,7	8,867	12,042
Min	C_{12}	9,958	10,683	12,25
Min	C_{13}	0,085	0,136	0,226
Min	C_{14}	0,046	0,125	1,675
Min	C_{15}	2,871	2,387	2,288

Her bir kriterin ağırlık değerleri ve özellikleri Tablo 4.20’de verilmiştir. Tablo 4.20’den en iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için çözünmüş Oksijen kriterinin fayda özelliğine (max) ve kalan 14 kriterin maliyet özelliğine (min) sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4. 20. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için her bir kriterin ağırlık değerleri ve özellikleri

Kriter		1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon
Min	C_1	13,889	14,842	16,308
Min	C_2	426,5	458,5	602,833
Min	C_3	0,284	0,295	0,392
Min	C_4	0,208	0,222	0,295
Max	C_5	13,793	12,809	11,409
Min	C_6	-50,367	-53,4	-39,208
Min	C_7	3,608	12,859	15,01
Min	C_8	0,634	0,223	0,053
Min	C_9	1,019	1,504	0,619
Min	C_{10}	12,955	9,355	10,299
Min	C_{11}	7,7	8,867	12,042
Min	C_{12}	9,958	10,683	12,25
Min	C_{13}	0,085	0,136	0,226
Min	C_{14}	0,046	0,125	1,675
Min	C_{15}	2,871	2,387	2,288

En iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için en iyi ve en kötü kriter değerleri Tablo 4.21'de elde edilmiştir.

Tablo 4. 21. Her bir kriter için (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) su kalitesine sahip istasyonun seçimi için değerler

Kriter		f_i^*	f_i^-
C_1	Sıcaklık	13,890	16,310
C_2	Elektriksel İletkenlik	426,500	602,800
C_3	TÇKM	0,280	0,390
C_4	Tuzluluk	0,210	0,300
C_5	Çözülmüş Oksijen	7,650	6,980
C_6	ORP	-53,400	-39,210
C_7	Türbidite	3,600	15,000
C_8	Nitrit Azotu	0,054	0,138
C_9	Nitrat Azotu	0,619	1,504
C_{10}	Silika	9,360	12,950
C_{11}	Alkalinite	7,700	12,040
C_{12}	Sertlik	9,960	12,250
C_{13}	Toplam Fosfor	0,085	0,226
C_{14}	Toplam Amonyak Azotu	0,046	1,675
C_{15}	AKM	2,290	2,870

En iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için normalizasyon işlemi sonucunda elde edilen normalizasyon matrisi Tablo 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4. 22. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için normalleştirilmiş matris

Kriter		1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon
Min	C_1	19,63	20,022	20,63
Min	C_2	428,919	429,101	429,919
Min	C_3	2,825	3,007	3,825
Min	C_4	2,543	2,654	3,543
Max	C_5	-3,768	-3,469	-2,768
Min	C_6	-56,95	-57,163	-56,163
Min	C_7	3,916	4,732	4,916
Min	C_8	1,637	1,697	0,697
Min	C_9	1,77	2,318	1,318
Min	C_{10}	12,967	11,967	12,229
Min	C_{11}	9,474	9,744	10,474
Min	C_{12}	14,309	14,624	15,309
Min	C_{13}	0,688	1,05	1,688
Min	C_{14}	0,074	0,123	1,074
Min	C_{15}	7,238	6,411	6,238

En iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için ağırlıklı normalize matris Tablo 4.23'de verilmiştir.

Tablo 4. 23. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için ağırlıklı normalleştirilmiş matris

Kriter		1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon
Min	C_1	1,119	1,141	1,176
Min	C_2	34,314	34,328	34,394
Min	C_3	0,226	0,241	0,306
Min	C_4	0,203	0,212	0,283
Max	C_5	-0,181	-0,167	-0,133
Min	C_6	-2,506	-2,515	-2,471
Min	C_7	0,176	0,213	0,221
Min	C_8	0,106	0,11	0,045
Min	C_9	0,142	0,185	0,105
Min	C_{10}	1,037	0,957	0,978
Min	C_{11}	0,73	0,75	0,807
Min	C_{12}	1,03	1,053	1,102
Min	C_{13}	0,054	0,082	0,132
Min	C_{14}	0,005	0,009	0,078
Min	C_{15}	0,29	0,256	0,25

En iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için S_i , R_i ve Q_i değerleri Tablo 4.24'de elde edilmiştir.

Tablo 4. 24. En iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için S_i , R_i ve Q_i değerleri

İstasyonlar	S_i	R_i	Q_i ($q = 0.5$)
1. İstasyon	36,745	34,314	0,000
2. İstasyon	36,857	34,328	0,196
3. İstasyon	37,274	34,394	1,000

En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçiminde her istasyon için hesaplanan Q_i değerleri Tablo 4.25'de listelenmiştir.

Tablo 4. 25. En iyi su kalitesine sahip istasyon seçimi için istasyonların sonuçlarını VIKOR yöntemi ile sıralanması

İstasyonlar	Q_i
1. İstasyon	0,000
2. İstasyon	0,196
3. İstasyon	1,000

Tablo 4.25'den en iyi su kalitesine sahip istasyonun ilk istasyon olduğu anlaşılmaktadır. İlk istasyonun en iyi istasyon olup olmadığını kanıtlamak için kabul edilebilir avantajı ve kabul edilebilir stabilite koşullarını kontrol edelim.

Her iki koşulun kontrolü için gerekli hesaplamalar ve temsiller Tablo 4.26'da verilmiştir.

Tablo 4. 26. En iyi su kalitesine sahip istasyonun seçimi için her iki koşulun kontrolü için gerekli hesaplamalar ve göstergeler

İstasyonlar	Q_i ($q = 0,5$)
1. İstasyon	0,000
2. İstasyon	0,196
3. İstasyon	1,000
Koşulların Kontrolü	
$Q(A^2)$	0.196
$Q(A^1)$	0
$Q(A^2) - Q(A^1)$	0.196
DQ	0.5
Koşul 1	Yanlış
Koşul 2	Doğru

Tablo 4.26'dan, kabul edilebilir avantaj olan birinci koşulun karşılanmadığı, ancak ikinci koşul olan kabul edilebilir stabilite koşullarının karşılandığı görülebilir. İlk koşul yerine getirilmediğinden en iyi su kalitesi için hesaplamalara göre birinci ve ikinci istasyonlar seçilebilir.



BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Biyosferde varlığı gereği büyük önem arz eden çevresel olgular ve bununla ilgili kararlar genellikle karmaşık ve çok yönlü olmakla birlikte farklı önceliklere veya hedeflere sahip birçok farklı paydaşı bünyesinde barındırmaktadır. Bu tarz iç içe geçmiş karmaşık durumları çözmeye yönelik sayısız yaklaşım arasında, çok kriterli karar verme (ÇKKV), yerleşik çoklu kriterlere göre en uygun alternatifi belirleyen süreç, en yaygın olanlardan biri olarak karşımıza çıkmakta ve pratik uygulamada ciddi avantaj sağlamaktadır (Kim ve Chung, 2013). Özetle, günümüzde çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinin, karmaşık karar verme problemlerine çeşitli çözümler ürettiği söylenebilmektedir. Son yıllarda antropojenik etkilerin artması sonucunda küresel ısınmaya bağlı sorunların hızla artış gösterdiği ve sucul kaynaklarımız gibi doğal kaynakları etkilediği problem zinciri düşünüldüğünde çözüme yönelik yaklaşımların hızlı, doğruya en yakın ve maliyetinin düşük olması önemli bir kilometre taşı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir su kalitesi izleme ağının tasarımı da oldukça karmaşık bir karar verme sürecidir. Çünkü her numune alma işlemi yüksek kurulum, işletme ve bakım maliyetleri içerir. Bu nedenle en yüksek bilgi içeriğine sahip veriler toplanmalıdır. Noktasal ve yaygın kirlilik yüklerindeki zamansak değişimin nehir suyu kalitesi üzerindeki etkisi, örnekleme yerlerinin optimal seçiminde önemli bir etkiye sahip olabilir, ancak bu olası etki, izleme ağlarının değerlendirilmesinde ve tasarımında ya hiçbir zaman ele alınmamış ya da sınırlı sayıda kaynakla değerlendirilmiştir.

Tayvan'ın başkenti Tapei'de su kaynağı havzalarının su kalitesini değerlendirebilmesi amacıyla bir kaynak su ağı ağ sistemi kurulmuş ve VIKOR yönteminden faydalanılmıştır. Yıllık yağış miktarının Dünya

ortalamasının neredeyse üç katı olan Tayvan'da ele alınan temel endişeler engebeli arazi, düzensiz yağış dağılımı, sel, heyelan ve kuraklık gibi doğal afet etkileri ile insan nüfusunun her geçen gün artmasına bağlı olan arazi kullanım durumudur. Araştırmacılar su kaynaklarının daha verimli değerlendirilebilmesi adına gerçekleştirilen bu çalışmada Nan-Shih Deresi Havzası, Bei-Shih Deresi Havzası ve Sin-Dian Deresi Havzası olmak üzere üç istasyonda toplam 22 izleme noktasından topladıkları veriler için literatür analizine göre; “noktasal olmayan kaynak kirliliği (C1), yeşil örtü oranı (C2), heyelan alan oranı (C3), yamaçların aşırı kullanım alanı oranı (C4) ve su kalitesi izleme istasyonlarının yoğunluğu (C5)” beş kriteri tespit etmişlerdir. C1, bir havza modeli olan BASINS tarafından, C2, C3, C4 ve C5 ise coğrafi veriler temelinde coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile hesaplanarak VIKOR yöntemiyle yapılan değerlendirme sonucunda; Nan-Shih Deresindeki arazi kullanım durumunun havzanın su kalitesi üzerinde diğer istasyonlara göre daha az olumsuz etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yapılan değerlendirmeler sonucunda BeiShih Deresi Havzasında hâlihazırda 13 su kalitesi izleme istasyonu olmasına rağmen, daha fazla izleme istasyonuna ihtiyaç duyulduğu, BeiShih Deresi Havzasında hâlihazırda 13 su kalitesi izleme istasyonu olmasına rağmen, daha fazla izleme istasyonuna ihtiyaç duyulduğu ve Nan-Shih Deresi Havzasında mevcut su kalitesi izleme istasyonları yeterli olduğu gibi ileriye yönelik çalışmalara ekonomik kazanç ve pozitif katkı sunacak değerli bilgiler de kayıt edilmiştir (Chang ve Lin, 2014).

Hem noktasal hem de yaygın kirlilik yüklerinde mevsimsel veya muson değişimlerine dayalı olarak nehir suyu kalitesi örnekleme istasyonlarının optimal sayısını ve konumunu belirlemek için sistematik bir yaklaşımın önerildiği çalışmada; su kalitesi izleme iki aşamalı bir süreç olarak kavramsallaştırılır; ilk aşamada, mevcut kılavuzlara veya çerçevelere göre seçilen tüm potansiyel su kalitesi örnekleme alanları ve hem nokta hem de yaygın kirlilik kaynaklarının konumları değerlendirilir. Bu şekilde belirlenen tüm örnekleme alanlarındaki izleme, muson mevsiminin etkisini hesaba

katmak için yeterli bir süre boyunca sürdürülmelidir. İkinci aşamada, izleme ağı, değiştirilmiş bir Sanders yaklaşımı kullanılarak örnekleme alanlarının sayısı ve konumları optimize edilerek muson ve muson dışı dönemler için ayrı ayrı tasarlanır. İnsan müdahalelerinin örnekleme ağının tasarımı üzerindeki etkileri, yaygın kirlilik yükleri tahmin edilerek coğrafi olarak sayısallaştırılır ve arazi kullanım haritası ile doğrulanır. Nihai tasarım, noktasal ve yaygın kirlilik yüklerinin mevsimsel değişimine dayalı olarak su kalitesi izleme istasyonlarının konumu ve önceliğinde muson öncesi ve sonrası müteakip değişiklikler önermektedir (Varekar ve ark., 2015).

OECD ülkelerini çevresel özelliklerine göre sıralamasında özellikle çevresel sorunu belirlemede VIKOR yöntemini kullanan Dang ve Dang (2019) özellikle çevre kalitesi düşük olan ülkelerin çevreyi korumalı ve çevre üzerindeki olumsuz etkiyi azaltmalara gerektiğini ifade etmektedirler. Araştırmacılar örnek olarak, iklim değişikliğinin etkisini azaltmak, hava ve su kalitesini iyileştirmek, atık üretimini azaltmak, biyolojik çeşitliliği artırmak ve orman kaynaklarını geliştirmek için CO₂ emisyonunu azaltmayı vermişler, çevre kalitesinin iyileştirilmesi, sağlık koşullarının yanı sıra sosyal ve ekonomik yaşamımızı da iyileştireceğini vurgulamışlardır. VIKOR yönteminin sonuçlarına göre çevre kalitesinde ilk beş ülkenin İspanya, İsrail, Belçika, Japonya ve ABD olduğu, buna karşılık, çevre kalitesinin en kötü beş ülkenin ise İzlanda, Avustralya, Yeni Zelanda, Kanada ve Şili olduğu belirtilmiştir.

Günümüzün en büyük sorunlarından biri olan su kaynakları yönetiminde su kalitesi yönetimi ayrı bir önem sahiptir (Dai ve Labadie, 2001). Doğal su havzalarında artan insan faaliyetleri nedeniyle su kalitesinin mevcudiyetinin devamlılığı daha zordur. Su kirliliği çevreye zarar verir ve su tedarik sistemini büyük ölçüde etkiler. Bu nedenle, bir su kalitesi izleme sistemi, gerçek su kalitesi koşullarının anlaşılmasında önemli bir rol oynar. İyi planlanmış bir izleme sistemi, bir nehir sistemi veya bir su havzası alanındaki su kalitesi hakkında mekânsal ve zamansal bilgi sağlayabilir. Aksine, bir su kalitesi

izleme ağıının uygun olmayan tasarımı, su kalitesi verilerinin eksikliğine ve su çevre koşullarının yanlış değerlendirilmesine neden olacaktır. Dolayısıyla su kalitesi yönetimi stratejileri belirlenirken, bir su kalitesi izleme sisteminden alınan doğru bilgilere dayanmalıdır. Doğru bilginin sağlanmasında ancak doğru istasyon noktalarından doğru değişkenlerin izlenmesiyle mümkün olabilir. Bu nedenle bu çalışmada literatüre büyük katkı sağlayacak olan bir eksikliğin giderilmesi için öneri sunulduğu ifade edilebilmektedir. Nitekim, VIKOR Yöntemi gibi yaklaşımlar başta olmak üzere geliştirilen değerlendirmelerin gelecekteki araştırmaların karar verme süreçlerinde maliyete etkisinin kaçınılmaz olduğu ifade edilmektedir (Haider ve ark., 2020).

Bu tez çalışmasının sonucu olarak, Boğacık Deresi'nin üç farklı istasyonundan elde edilen fizikokimyasal değişkenlerin istasyon seçimine etki eden maksimum veya minimum karaktere sahip belirli özellikleri göz önünde bulundurularak uygulanan VIKOR yönteminin sonucunda en iyi istasyonun birinci ve ikinci istasyon olduğu söylenebilir. Konumu itibarıyla 1 ve 2 nolu istasyonun Boğacık Deresi'nin memba bölgesine yakın olması ve 3 nolu istasyon gibi yoğun evsel ve endüstriyel atık deşarjına maruz kalmaması da bu durumu desteklemektedir. Literatür ile mukayese edildiğinde bizim çalışmamızda Giresun ilinin doğu kısmından Karadeniz'e deşarj olan ve evsel ile endüstriyel nitelikte farklı atıkların deşarj olduğu Boğacık Deresi'nin su kalitesi örnekleme istasyonlarından en kaliteli istasyon seçiminin fizikokimyasal değişkenlerin ölçümlemesi ile doğrulanması yapılmış ve literatürden farklı olarak ilk defa ağırlık hesaplamalarında uzman görüşlerinden ziyade, sahada yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçların ileri istatistiksel hesaplamalar ile belirlenmesidir. Dolayısıyla elde edilen sonuçların anlamlandırılmasında uzman yorumları arasındaki farklılar giderilerek ağırlık tespitinin nicelleştirilmesi ve buna bağlı olarak elde edilen sonuçların net bir şekilde ifade edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, elde edilen çıktıların ulusal ve uluslararası su kalitesi referans değerlerine göre değerlendirilmesi ile yapmış olduğumuz uygulamanın paralel seyretmesi

bundan sonraki çalışmalar için çok düşük maliyetle daha hızlı ve sonuç odaklı projelerin gerçekleştirilebilmesi için önemli bir kilometre taşı olmuştur. Özellikle aynı alanda elde edilen değerlendirmeler sonucunda farklı senaryoların kurgulanmasıyla muhtemel olasılıkların değerlendirilmesi de bir diğer önemli çıktı olarak elde edilmiştir. Bu sayede önemli su havzalarında yapılmış literatür çalışmalarından yola çıkarak neredeyse hiçbir ilave ekonomik çıktı yaratmadan ileriye yönelik planlama, programlama ve eylem planı oluşturmada bilimsel temele dayalı bir düzen sağlanabilecektedir.



KAYNAKLAR

- Akkan, T. 2013. Giresun Kıyı Şeridi Deniz Suyu Kalitesi Mevsimsel Değişiminin Belirlenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun.
- Chang, C.L., Hsu, C.H. 2009. Multi-criteria analysis via the VIKOR method for prioritizing land-use restraint strategies in the Tseng-Wen reservoir watershed. *Journal of Environmental Management*, 90(11):3226–3230.
- Chang, C.L., Lin, Y.T. 2014. Using the VIKOR method to evaluate the design of a water quality monitoring network in a watershed, 11:303-310.
- Dang, V.T., Dang, W.V.T. 2019. Multi-criteria decision-making in the evaluation of environmental quality of OECD countries The entropy weight and VIKOR methods. *International Journal of Ethics and Systems*, 36(1):119-130.
- EPA. 1993. Methods for the Chemical Analysis of Water and Wastes (MCAWW), EPA/600/4-79/020, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati OH.
- Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N. 2009. Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 20(1):19-28.
- Fua, H.P., Chua, K.K., Chaoa, P., Leeb, H.H., Liaoc, Y.C. 2010. Using fuzzy AHP and VIKOR for benchmarking analysis in the hotel industry. *The Service Industries Journal*, 31(14):2373-2389.
- García-Cascales, M.S., Molina-García, A., Sánchez-Lozano, J.M., Mateo-Aroca, A., Munier, N. 2021. Multi-criteria analysis techniques to enhance sustainability of water pumping irrigation. *Energy Reports*, 7: 4623–4632.

- Ghanbar, E. 2017. The Estimation of amount of Raining and the Computation of the need for water in the state Mazandaran and its deviation based on AHP, TOPSIS and VIKOR methods. Masters thesis, University of Mohaghegh Ardabili. Mohanghagh Ardabili Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Golfam, P., Parisa-Sadat A.P.S., Loáiciga, H.-A. 2019. Evaluation of the VIKOR and FOWA Multi-Criteria Decision Making Methods for Climate-Change Adaptation of Agricultural Water Supply. *Water Resources Management*, 33:2867-2884.
- Haider, H., Ghuman, A.R., Al-Salamah, I.S., Thabit, H. 2020. Assessment Framework for Natural Groundwater Contamination in Arid Regions: Development of Indices and Wells Ranking System Using Fuzzy VIKOR Method. *Water*, 12:423.
- Karaoğlu, S., Şahin, S. 2018. BİST XKMYA İşletmelerinin Finansal Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Ölçümü ve Yöntemlerin Karşılaştırılması. *Ege Akademik Bakış*, 18(1):63-80.
- Kaya, T., Kahraman, C. 2010. Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Energy*, 35(6):2517-2527.
- Kazancı, N., Oğuzku, D. 2003. Beyşehir Gölü'nün limnolojisi, çevre kalitesi, biyolojik çeşitliliği ve korunması. *Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi:VII*. Ankara, 16-18.
- Kim, Y., Chung, E.S. 2013. Fuzzy VIKOR approach for assessing the vulnerability of the water supply to climate change and variability in South Korea, *Applied Mathematical Modelling*, 37:9419,9430.
- Kuo, J.Y. 2017. The study on the evaluation of the pollution control situation of the sewage systems in the counties and cities of Taiwan by applying the VIKOR method. *Pollutant Distributions And Controls In The Environment*, 24:26968-26966.
- Li, Y., Wang, X.K., Zhang, H.Y., Wang, J.Q., Lin, L. 2021. An integrated regional water quality assessment method considering

- interrelationships among monitoring indicators. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193: 223.
- Liu, C.W., Lin, K.H., Kuo, Y.M. 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *Science of the Total Environment*, 313(1):77-89.
- Lixin, D., Ying. L., Zhiguang, Z. 2008. "Selection of Logistics Service Provider Based on Analytic Network Process and VIKOR Algorithm," 2008 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, 1207-1210.
- Makhdumi, W., Dwarakish G.S. 2019. Prioritisation of watersheds using OPSIS and VIKOR method, *Proc. SPIE 11174, Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019)*, 111740T.
- Memiş, Y. 2019. Boğacık Deresi Algleri Üzerine Floristik Bir Araştırma, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Giresun.
- Meshram, S.G., Singh, V.P., Kahya, E., Alvandi, E., Meshram, C., Kumar-Sharma, S. 2020. The Feasibility of Multi-Criteria Decision Making Approach for Prioritization of Sensitive Area at Risk of Water Erosion. *Water Resources Management*. 34:4665–4685.
- Minibaş, T., UNEP (UN Environment Programme) 3. Küresel Çevre Raporu, “Globalizmde Suyun Ekonomik Politikası”, 2.
- Mulavdic, E. 2005. Multi-Criteria Optimization Of Construction Technology Of Residential Building Upon The Principles Of Sustainable Development. *Thermal Science* 9(3): 39-52.
- Mutlu, C., Bayraktar, F., Verep, B. (2020). Sediment Kalitesi Değerlendirme Çalışmalarına Bir Örnek, Boğacık Deresi (Giresun). *Anadolu Çevre ve Hayvan Dergisi*, 5(3):433-438.
- Obricovic, S. 2011. Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, 38:12983-12990.

- Ong, M.C., Leong, Y.T., Wan, Y.K., Chew, I.M.L. 2021. Multi-objective Optimization of Integrated Water System by FUCOM-VIKOR Approach. Original Research Paper, 43-62.
- Opricovic, S., Tzeng, G.H. 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research, 156(2):445-455.
- Paksoy, S. 2015. Ülke Göstergelerinin Vikor Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11:153-169.
- Sanayei, A., Mousavi, F., Yazdankhah, A. 2010. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. Expert Systems with Applications, 37(1):24-30.
- Tanyolaç, J. 2011. Limnoloji. Hatiboğlu Yayını, 237.
- Thirumalaivasan, D., Karmegam, M., Venugopal, K. 2003. AHP-DRASTIC: software for specific aquifer vulnerability assessment using DRASTIC model and GIS. Environmental Modelling & Software, 18(7): 645-656.
- Türk, N., Yabancı, M. 2006. Balık, Balıkçılık Ürünleri ve İnsan Sağlığı. I. Türkiye Zoonotik Hastalıkları Sempozyumu, Ankara, 151-161.
- Ulusoy, K. 2007. Küresel Ticaretin Son Hedefi: Su Pazarı, Kristal Kitaplar Yayınevi, Ankara.
- Url-1: <https://atlas.harita.gov.tr/>'den türetilmiştir. Son erişim tarihi: 23.09.2021
- Varekar, V., Karmakar, S., Jhna, R., Ghosh, N.C. 2015. Design of sampling locations for river water quality monitoring considering seasonal variation of point and diffuse pollution loads. Environmental Monitoring and Assessment, 187(6):376.
- Wang, J., Liu, G., Liu, H., Lam, P.K.S. 2017. Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of Huaihe River, Anhui, China. Science of The Total Environment, 583(1):421-431.
- Wang, L.F., Yang, L.Y., Kong, L.H., Li, S., Zhu, J.R., Wang, Y.Q. 2014. Spatial distribution, source identification and pollution assessment of

metal content in the surface sediments of Nansi Lake, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 9, China.

Wu, H.Y., Tzeng, G.H., Chen, Y.H. 2009. A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard. *Expert Systems with Applications*. 36:10135-10147.

Yang, H., Tan, Y., Sun, X., Cheng, X., Liu, G., Zhou, G. 2021. Comprehensive evaluation of water resources carrying capacity and analysis of obstacle factors in Weifang City based on hierarchical cluster analysis-VIKOR method. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(36):50388-50404.



ÖZGEÇMİŞ

Ahmet AHISKALI, İlköğrenimini 2001 yılında Yeşil Giresun İlköğretim Okulu'nda, Orta öğrenimini 2004 yılında Giresun Lisesi'nde tamamladı. 2004 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2008 yılında mezun olduğu Yüksek Öğretiminden sonra çeşitli gıda fabrikalarında Gıda Mühendisi olarak çalıştı. 2010 yılında askerlik vazifesini yerine getirdi. Ayrıca 2017 yılında Giresun Üniversitesi Kimya Anabilim Dalı Biyokimya Bilim Dalı'ndan Yüksek Lisans mezunu olup, 2017 yılında Giresun Üniversitesi Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü Aşçılık Programı'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir.