



**MUSAÖZÜ BARAJ
GÖLETİ'NİN (ESKİŞEHİR)
SU KALİTE İNDEKSİNE GÖRE
DEĞERLENDİRİMESİ
Yüksek Lisans Tezi
Ümit SARIDOĞAN
ESKİŞEHİR 2019**

**MUSAÖZÜ BARAJ GÖLETİ'NİN (ESKİŞEHİR)
SU KALİTE İNDEKSİNE GÖRE DEĞERLENDİRİMESİ**

Ümit SARIDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Arzu ÇİÇEK

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Temmuz 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Ümit SARIDOĞAN'nın "Musaözü Baraj Göleti'nin (Eskişehir) Su Kalite İndeksine Göre Değerlendirmesi" başlıklı tezi 04/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, **Çevre Mühendisliği** Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı)

: Prof.Dr.Arzu ÇİÇEK

.....

Üye

: Prof.Dr.Özgür EMİROĞLU

.....

Üye

: Esengül KÖSE

.....

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitü Müdürü

Prof.Dr. Murat TANIŞLI

ÖZET

MUSAÖZÜ BARAJ GÖLETİ'NİN (ESKİŞEHİR) SU KALİTE İNDEKSİNE GÖRE DEĞERLENDİRİMESİ

Ümit SARIDOĞAN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2019

Danışman: Prof.Dr. Arzu ÇİÇEK

Tüm canlı varlıklar yaşamlarını sürdürebilmek, susuzluğunu gidermek için temiz ve yeterli suya ihtiyaç duyarlar. Yeryüzünde temiz su kaynakları azalmakta ve her geçen günde kirleticiler tarafından büyük tehdit altında olmaktadır. Su kalitesi; fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler dikkate alınarak belirli kullanımlardaki su kaynağının veya kütlesinin durumunu göstermektedir. Su kalitesi indeksi ise belirli parametreden elde edilen birçok veri grubunu kullanarak, kalite sınıflarını temsil eden tek ve kolay anlaşılır bir sayı meydana getirmektedir. Türkiye’de su kalite indeksi yeni uygulanan bir konudur ve birçok su kalite indeksi mevcuttur.

Bu çalışmada, Musaözü Baraj Göleti’nin su kalite indeksine göre kalite sınıfının belirlenmesi ve değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda; sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, bulanıklık, fekal koliform, BOİ, nitrat ve fosfat analizleri yapılarak NSF-WQI’ye göre, Musaözü Baraj Göleti’nin kalite sınıfı “orta ve iyi” arasında gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Su kalite indeksi, Ulusal Sanitasyon Vakfı, Musaözü Göleti, Eskişehir.

ABSTRACT

EVALUATION OF MUSAÖZÜ DAM POND (ESKİŞEHİR) ACCORDING TO WATER QUALITY INDEX

Ümit SARIDOĞAN

Department of Environmental Engineering

Programme in Environmental Science

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, July 2019

Supervisor: Prof.Dr. Arzu ÇİÇEK

All living creatures need clean and sufficient water to survive and quench their thirst. Clean water resources on earth are decreasing and being under great threat by pollutants every passing day. Water quality; demonstrates the quality of water source or mass using physical, chemical and biological parameters. The water quality index is form a single and easily understandable number which is representing the quality classes using many data groups obtained from a given parameter. The water quality index is a newly applied issue in Turkey and many water quality indexes are available in whole world.

In this study, it was aimed to determine and evaluate the quality class according to the water quality index of Musaözü Dam Pond. As a result; temperature, dissolved oxygen, pH, turbidity, fecal coliform, BOD, nitrate and phosphate were analyzed and according to the NSF-WQI, the quality class of the Musaözü Dam Pond was observed to be between “medium and good water quality”

Keywords: Water quality index, National Sanitation Foundation, Musaözü Pond, Eskişehir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, bilimsel katkılarını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin oluşmasında, geliştirilmesinde, laboratuvar çalışmaları ve istatistiksel değerlendirmeler sırasında yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Merve ŞAHİN'e çok teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi beni bu süreçte de asla yalnız bırakmayan canım annem Mükerrrem SARIDOĞAN ve kardeşim Sercan SARIDOĞAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, üniversite hayatımda olduğu gibi beni bu süreçte de yalnız bırakmayan, maddi ve manevi desteklerini esirgemediği gibi her anımda yanımda bulunarak çalışmamı bitirebilmemi sağlayan hayatımın en kıymetli parçası Tuğçe GEDİK'e sonsuz teşekkür ederim.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....

Ümit SARIDOĞAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
GÖRSELLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. SU KALİTESİ	5
2.1. Su Kalitesi Parametreleri	9
2.1.1. Çözünmüş oksijen.....	9
2.1.2. Fekal koliform.....	11
2.1.3. pH.....	13
2.1.4. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ).....	14
2.1.5. Nitrat.....	16
2.1.6. Toplam fosfor-fosfat.....	18
2.1.7. Sıcaklık	19
2.1.8. Bulanıklık	20
2.2. Su Kalite İndeksi	21
2.2.1 Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI)	22
2.2.2 Kanada Çevre Bakanlığı Meclisi su kalite indeksi (CCME-WQI)	25

	<u>Sayfa</u>
2.2.3 Oregon su kalite indeksi.....	28
2.2.4 Ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi (WAWQI).....	28
2.2.5. Su kalitesi indekslerinin avantaj ve dezavantajları.....	29
3. MATERYAL VE METOT.....	33
3.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri.....	33
3.2. DeneySEL Çalışma.....	37
3.3. NSF-WQI Modifikasyonu	37
3.4. Kullanılan Su Kalitesi Parametrelerinin Q Değerleri	38
3.4.1. Çözünmüş oksijen.....	39
3.4.2. Fekal koliform.....	39
3.4.3. pH.....	40
3.4.4. BOİ.....	40
3.4.5. Sıcaklık değişimi	41
3.4.6. Nitrat.....	41
3.4.7. Toplam fosfat	42
3.4.8. Bulanıklık	42
3.5. NSF-WQI göre Örnek Hesaplama	43
4. BULGULAR.....	44
4.1. Su Kalite Parametreleri.....	44
4.2. Su Kalite İndeksi	71
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	77
KAYNAKÇA	82
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Enterobacteriaceae familyası sınıflandırılması	11
Çizelge 2.2. Enterobacteriaceae familyası özellikleri	12
Çizelge 2.3. Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri	12
Çizelge 2.4. Brown ve jüri üyelerinin NSF-WQI için önem sırasına göre seçtikleri parametrelerin listesi.....	22
Çizelge 2.5. NFS-WQI’da bulunan parametrelerin etki değerleri	24
Çizelge 2.6. NSF-WQI yöntemi için kalite sınıfları	24
Çizelge 2.7. CWQI yöntemi için kalite sınıfları	27
Çizelge 2.8. OWQI yöntemi için kalite sınıfları.....	28
Çizelge 2.9. Ağırlıklı Aritmetik Su Kalitesi İndeksi Yöntemine Göre Su Kalitesi Değerlendirmesi.....	29
Çizelge 2.10. Su kalite indekslerinin avantaj ve dezavantajları	30
Çizelge 3.1. Örneklem yapılan istasyonların koordinatları	36
Çizelge 3.2. Orijinal NSF-WQI Etki değerleri	37
Çizelge 3.3. NSF-WQI 8 parametreye modifiye edilmiş yeni etki değerleri (W_i)	38
Çizelge 3.4. Örnek NSF-WQI hesaplama	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Azot döngüsü.....	16
Şekil 2.2 Çözünmüş oksijen için derecelendirme eğrisi, çözünmüş oksijen seviyesi 7 mg/L ve üzeri olduğunda ün yüksek değeri almaktadır	23
Şekil 2.3. Üç boyutlu bir alanda hesaplanan su kalitesi indeksi-CWQI.....	26
Şekil 3.1. Eskişehir ili sıcaklık seviyeleri (°C).....	34
Şekil 3.2. Eskişehir ili yağış miktarı(mm).....	35
Şekil 3.3. Eskişehir ili bağıl nem değerleri (%).....	35
Şekil 3.4. Q-Çözünmüş oksijen için ($CO > \%140$ için $Q=50$)	39
Şekil 3.5. Q-Fekal koliform (Fekal koliform > 100000 EMS/100ml için $Q=2$)	39
Şekil 3.6. Q-pH ($pH < 2$ ve $pH > 12$ için $Q=0$)	40
Şekil 3.7. Q-BOİ ($BOİ > 30$ mg/L için $Q=2$)	40
Şekil 3.8. Q-Sıcaklık.....	41
Şekil 3.9. Q-Nitrat (Nitrat > 100 mg/L için $Q=1$)	41
Şekil 3.10. Q-Fosfat (Fosfat > 10 mg/L için $Q=2$)	42
Şekil 3.11. Q-Bulanıklık (NTU > 100 için $Q=5$).....	42
Şekil 4.1. Sonbahar 2018 çözünmüş oksijen miktarı (mg/L)	44
Şekil 4.2. Kış 2019 çözünmüş oksijen miktarı (mg/L).....	44
Şekil 4.3. İlkbahar 2019 çözünmüş oksijen miktarı (mg/L)	45
Şekil 4.4. Yaz 2019 çözünmüş oksijen miktarı (mg/L).....	45
Şekil 4.5. Yıllık ortalama çözünmüş oksijen miktarı (mg/L)	46
Şekil 4.6. Sonbahar 2018 çözünmüş oksijen doygunluğu (%)	47
Şekil 4.7. Kış 2019 çözünmüş oksijen doygunluğu (%).....	47

Sayfa

Şekil 4.8. İlkbahar 2019 çözünmüş oksijen doygunluğu (%).....	48
Şekil 4.9. Yaz 2019 çözünmüş oksijen doygunluğu (%).....	48
Şekil 4.10. Yıllık ortalama çözünmüş oksijen doygunluğu (%).....	49
Şekil 4.11. Sonbahar 2018 fekal koliform seviyeleri (EMS/100ml)	50
Şekil 4.12. Kış 2019 fekal koliform seviyeleri (EMS/100ml).....	50
Şekil 4.13. İlkbahar 2019 fekal koliform seviyeleri (EMS/100ml).....	51
Şekil 4.14. Yaz 2019 fekal koliform seviyeleri (EMS/100ml).....	51
Şekil 4.15. Sonbahar 2018 pH değerleri.....	53
Şekil 4.16. Kış 2019 pH değerleri	53
Şekil 4.17. İlkbahar 2019 pH değerleri.....	54
Şekil 4.18. Yaz 2019 pH değerleri	54
Şekil 4.19. Yıllık ortalama pH değerleri.....	55
Şekil 4.20. Sonbahar 2018 BOİ değerleri (mg/L).....	56
Şekil 4.21. Kış 2019 BOİ değerleri (mg/L)	56
Şekil 4.22. İlkbahar BOİ değerleri (mg/L).....	57
Şekil 4.23. Yaz 2019 BOİ değerleri (mg/L)	57
Şekil 4.24. Yıllık ortalama BOİ değerleri (mg/L).....	58
Şekil 4.25. Sonbahar 2018 sıcaklık değerleri (°C).....	59
Şekil 4.26. Kış 2019 sıcaklık değerleri (°C)	59
Şekil 4.27. İlkbahar 2019 sıcaklık değerleri (°C)	60
Şekil 4.28. Yaz 2019 sıcaklık değerleri (°C)	60
Şekil 4.29. Sonbahar 2018 nitrat azotu değerleri (mg/L NO ₃ -N)	62
Şekil 4.30. Kış 2019 nitrat azotu değerleri (mg/L NO ₃ -N).....	62

Şekil 4.31. İlkbahar 2019 nitrat azotu değerleri (mg/L NO ₃ ⁻ N)	63
Şekil 4.32. Yaz 2019 nitrat azotu değerleri (mg/L NO ₃ ⁻ N)	63
Şekil 4.33. Yıllık ortalama nitrat azotu değerleri (mg/L NO ₃ ⁻ N)	64
Şekil 4.34. Sonbahar 2018 fosfat değerleri (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	65
Şekil 4.35. Kış 2019 fosfat değerleri (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	65
Şekil 4.36. İlkbahar 2019 fosfat değerleri (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	66
Şekil 4.37. Yaz 2019 fosfat değerleri (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	66
Şekil 4.38. Yıllık ortalama fosfat değerleri (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	67
Şekil 4.39. Sonbahar 2018 bulanıklık değerleri (NTU)	68
Şekil 4.40. Kış 2019 bulanıklık değerleri (NTU)	68
Şekil 4.41. İlkbahar 2019 bulanıklık değerleri (NTU)	69
Şekil 4.42. Yaz 2019 bulanıklık değerleri (NTU)	69
Şekil 4.43. Yıllık ortalama bulanıklık değerleri (NTU)	70
Şekil 4.44. Sonbahar 2018 NSF-WQI değerleri	71
Şekil 4.45. Kış 2019 NSF-WQI değerleri	71
Şekil 4.46. İlkbahar 2019 NSF-WQI değerleri	72
Şekil 4.47. Yaz 2019 NSF-WQI değerleri	72
Şekil 4.48. 1. İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi	73
Şekil 4.49. 2. İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi	74
Şekil 4.50. 3. İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi	74
Şekil 4.51. 4. İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi	75
Şekil 4.52. 5. İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi	75
Şekil 4.53. 6. İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi	76

GÖRSELLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Görsel 3.1. Musaözü Göleti	33
Görsel 3.2. Çalışma alanı	36



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

mg/L	: Miligram/Litre
NO ₃ ⁻ N	: Nitrat Azotu
PO ₄ ⁻³ -P	: Fosfat Fosforu
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
AKM	: Askıda Katı Madde
TDS	: Total Dissolved Solid (Toplam Çözünmüş Katı)
TP	: Total Phosphorus (Toplam Fosfor)
EMS	: En Muhtemel Sayı
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
Eİ	: Elektriksel İletkenlik
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit (Nephelometrik Bulanıklık Birimi)
JTU	: Jackson Turbidity Unit (Jackson Bulanıklık Birimi)
FTU	: Formazin Turbidity Units (Formazin Bulanıklık Birimi)
YSKSKK	: Kıtaİçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
WQI	: Water Quality Index (Su Kalitesi İndeksi)
NSF-WQI	: National Sanitation Foundation Water Quality Index (Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi)
CCME-WQI	: Canadian Council of Ministers of Environment Water Quality Index (Kanada Çevre Bakanlar Meclisi Su Kalite İndeksi)
OWQI	: Oregon Water Quality Index (Oregon Su Kalite İndeksi)
WAWQI	: Weighted Arithmetic Water Quality Index (Ağırlıklı Aritmetik Su Kalite İndeksi)

1. GİRİŞ

Tüm canlı varlıklar, varlıklarını sürdürebilmek ve susuzluğunu gidermek için temiz ve yeterli suya ihtiyaç duyarlar. Evler, topluluklar, işletmeler, sanayi, ziraat ve doğadaki yaşam için temiz su olması gerekmektedir. Geçmişte olduğu gibi gelecekte de daima temiz suya ihtiyacımız olacaktır ve hayatın hemen hemen her alanında temiz su gereklidir. İçme, temizlik, yüzme, gıda işleme, bitki ve hayvanların gelişmesi bunlardan sadece birkaçıdır. Yeryüzünde temiz su kaynaklarının azaldığı ve her geçen günde kirleticiler tarafından büyük tehdit altında olduğu bilinmektedir. Su kirliliğini kontrol etmek, yapılan tüm çabalara rağmen günümüzde çok ciddi bir sorundur (Kenneth, 2003).

Dünyada 1,4 milyar km³ su bulunmakta olup, ancak bu miktarın %3'ü tatlı su sistemi oluşturduğu bilinmektedir. İnsanların yaşamsal faaliyetlerinde kullanabileceği uygunluktaki tatlı su ise toplam su miktarının %0,003'ü düzeyindedir (Kocataş, 2006).

Su hem sürdürülebilir insan sağlığı hem de ekosistem sağlığı açısından büyük öneme sahip olduğu için çevresel kalite düzeyi ile ilgili endişelerin çoğunluğu üzerine yoğunlaştırmıştır. Sınırlı bir kaynak olan tatlı su; ziraat, sanayi ve insanoğlunun yaşamı için gereklidir. Yeterli miktar ve kalitede tatlı suyun eksikliğinde sürdürülebilir gelişim tam anlamıyla mümkün değildir. Su kalitesinin bozulmasını konu alan geniş çaplı birçok araştırma ve çalışma vardır. Evsel ve endüstriyel atıklar ile tarımdan gelen sulardan kaynaklı, su kaynaklarına karışan çeşitli kirletici ve besleyici elementler vardır. Bunlar suyun fizikokimyasında, yapısında değişikliğe neden olmakta ve bu durumlar birçok çalışmaya konu olmaktadır. Tatlı su kaynaklarının bozulması günden güne artarak küresel bir sorun olmaya başlamıştır. İnsan faaliyetlerinden dolayı göl ve göletler, evsel atıkların boşaltım noktalarına ve halkın sığınma alanlarına dönüşmüştür. Bu yüzden kirliliğin boyutunu ve kaynakların durumunu belirlemek, gelecek nesiller için suyun korunmasında büyük bir öneme sahiptir (Mahananda, Mohanty, & Behera, 2010).

Su kirliliğinin suda yaşayan canlı mikro organizmalara etkileri; kirleticinin fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik yapısı ile döküldüğü bölge sularının durgun veya akıntılı su kaynağı oluşuna göre değişmektedir. Bundan dolayı kirlilik etkisini, doğrudan veya dolaylı yollarla kendisini kısa veya uzun dönemde gösterir. Kirlenmenin meydana geldiği su

kaynaklarında yaşıyan mikro-makro organizmaların nitel ve nicel özellikleriyle bunların dağılımında önemli değişimler meydana gelmektedir (Aydınalp, 1997).

Göller, evsel ve endüstriyel su temini ile rekreasyon, taşıma kontrolü, balıkçılık, sulama ve turizm gibi amaçlarla kullanılırlar. Bu kullanımlara ek olarak göllere evsel ve endüstriyel atıkların da boşaltıldığı da görülmektedir. Suyun göldeki bekleme süresi; göle giren ve çıkan akımlara, buharlaşmaya, yağışlara ve göldeki su hacmine bağlı olarak birkaç gün ile birkaç yıl arasında değişebilir. Akış sınırlaması olan göllerdeki kirliliğin boyutları akarsulara göre daha farklıdır. Yüzey ve yüzey altı akışlarla beraber göle çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenleri, organik maddeleri, katı ve diğer birçok maddeyi beraberinde sürükler. Bir gölün drenaj alanındaki toprak ve kaya çeşidi, göl suyundaki anorganik bileşimini belirleyen en önemli elemandır. Özellikle dışarıya akışı olmayan göller başta olmak üzere tüm havzadaki kirlilikler, örneğin ağır metaller ve parçalanması zor pestisitler gibi bozunmayan kirleticilerin giderek kirlilik potansiyelini arttırmaları, yüzeysel sular arasında kirlenmeye karşı en hassas su grubunu oluşturan göllerin muhafazasında fazlasıyla hassas olunması gerektiğini ortaya koymaktadır (Çakmak, 1997).

Bir gölün kirlenmesindeki temel taşınım yolları akarsular ve atmosferdir. Akarsuların partikül yükü çözünmüş olan yükün yaklaşık 3 ila 5 katıdır. Kirleticilerin çoğunluğu endüstriyel atıklar, akarsular, tarım arazileri ve drenaj suları ile göllere girerek kirlilik oluşturmalarına rağmen, atmosfer ile taşınan kirlilik de büyük ölçüdedir. Başlıca kirleticilere organik ve anorganik maddeler, tuzlar, mikroorganizmalar, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, askıda katı maddeler, radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri ve atık ısı gibi örnekler verilebilmektedir. Atmosfer, çeşitli partikül maddelerin ve gazların uzun mesafelere taşınımını sağlar. Taşınan maddelere örnek olarak fosil yakıtların yanma ürünleri (hidrokarbonlar, kükürt ve azot oksitleri), endüstri gaz atıkları ya da halojenürlü hidrokarbonlar verilebilir. Göllerdeki mevsimlik su hareketlerini ve termal tabakalaşma kontrol eder (Muslu, 2001).

İlkbahar ve sonbahar aylarında yüzey ile dip kısımlarındaki sıcaklık farkı azaldığı için tabakalaşma etkisini kaybetmekte ve en küçük bir rüzgâr hareketi ile günlük sıcaklık değişimleri suyu karıştırmaya yetmektedir. İlkbahar ve sonbahar sirkülasyonu denen bu

karışım olayları ile suyun kalitesi önemli derecede bozulmaktadır. Bu devrelerde tabanda bulunan algler karışım sayesinde yüzeye çıkarak güneş ışığı ve besin ile anlık olarak çoğalarak su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır (Wetzel, 1975).

Ülkemizin bulunduğu coğrafya' da 15.000 ha göleti, 10000 km² doğal gölü, 342.377 ha baraj gölü ve 177.714 km uzunluğa sahip akarsuları ile oldukça önemli bir tatlı su potansiyele sahiptir. Sudaki kirliliği belirleyen en temel ölçüt fizikokimyasal ve biyolojik parametrelerdir. Su ortamında yaşayan canlıların biyolojik çeşitliliği; su kalitesi, besin zinciri ve suyun biyolojik yönden temizlenmesi gibi etkenler açısından büyük öneme sahiptir. Göldeki önceden belirlenerek planlanmış parametreler devamlı olarak izlenerek aylık değişimlerin incelenmesi, parametrelerdeki farklılıkların su kalitesinin nasıl etkilediğinin araştırılması gerekmektedir. Bunun sonucunda göllerin hangi amaçla kullanılacağı tespit edilebilmesi için uygun ve gerekli ölçümlerin yapılması ve belirlenen parametrelerin periyodik olarak takip edilmesi gerekmektedir. Tasarlanan su kullanımlarının ihtiyaç durumuna cevap verip vermediğinin veya bir aktivitenin su kaynağına yapacağı etkilerin değerlendirilmesi, kaynağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik şartlarını belirleyen spesifik izleme sonuçlarından elde edilen verilere bağlıdır. Yönetimsel uygulamalarda öneri etkinliği ve değerlendirme yapılabilmesi için izleme programlarından elde edilen verilerin nitelik ve nicelikleri büyük öneme sahiptir. Özellikle son yıllarda ülkemizde su kaynaklarında yaygınlaşarak artan kirlenmeler nedeniyle günümüzde sadece su temininin yeterli olmayıp suyun asgari ve belirli kalitede olması ve su kalitesinin sürekli izlenmesi gerektiği ortaya çıkmıştır (Çoban, 2007).

Su kalitesi, belirli kullanımlardaki su kaynağının veya kütlesinin durumunu göstermektedir. Su kalitesi fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler dikkate alınarak incelenmektedir. Genel olarak su kalitesi bu parametrelerden bir ya da birkaçının kabul edilen sınırlar içerisinde birbirleriyle olan ilişkilerini göstermektedir. Bu ilişkiler incelenirken parametrelerin birbirinden farklı birimlerde olması bazı zorluklara neden olmuştur ve bu sebeple su kalite indekslerinin oluşturulmasını sağlamıştır. Su kalite indeksi birimleri birbiri ile aynı olmayan bilimsel verilerin sentezlenmesiyle sıfır ile yüz arasında değişen sayılara dönüşmektedir (Hepsağ, 2003).

Eskişehir ili Tepebaşı ilçesinde yer alan Eskişehir-Kütahya yolu üzerinde olan Musaözü Göleti'nin kuzey batısında bulunan yaklaşık 6 km uzunluğa sahip Mollaoğlu Çayı üzerindedir. Sulama amacı ile 1965-1967 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Gövde dolgu tipi toprak olan barajın gövde hacmi 244.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 19 m, normal su kotunda göl hacmi 1.600.000 m³, normal su kotunda göl alanı 0,43 km²'dir. 400 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir. 60.3 hektarlık saha (29,50 Ha gölet alanıdır.) saha 29.12.2017 tarih ve 1575 sayılı Bakanlık Makamı Olur'u ile 129 hektar olarak sınır değişikliğine gidilmiştir. Bakanlık Makamının 11.07.2011 tarih ve 903 sayılı Olur'u ile Tabiat Parkı olarak ilan edilmiştir. Gelişme Planı 07.03.2014 tarihinde onaylanmıştır. Musaözü Tabiat Parkı karaçam, meşe, söğüt ve ardıç türlerinden oluşan yeşil örtüsü ve olta balıkçılığına imkan veren gölet dinlenme, rekreasyonel faaliyetlere (görsel peyzaj, mesirelik, doğa yürüyüşü v.b) uygun, şehir merkezine yaklaşık 21 km mesafededir. Bu alandaki biyolojik çeşitlilik korunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Musaözü Göleti'nden alınan su örneklerinde yapılan analizler ile Musaözü Göleti'nin su kalite indeksine göre kalite sınıflarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. SU KALİTESİ

Su kalitesi, belirli kullanımlar ile ilgili su kaynağı veya su kütlesinin durumunu göstermektedir ve nitel veya nicel olarak tanımlanabilmektedir. Suyun en etkin şekilde kullanımını etkileyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin tamamı su kalitesini belirlemektedir. Bu sebeple suyun kalitesine etki eden fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin tamamının tespit edilmesi gerekmektedir (Topkaya, 1995).

Su kirliliği “insan aktiviteleri sonucu ortaya çıkan ve suyun kullanımını sınırlayan veya tamamen engelleyen ekolojik dengeleri bozan kalite değişimleri” olarak tanımlanabilir. Su kütlelerinde kirleticilerin birikmesi fiziksel ve biyolojik kirlenme olarak adlandırılabilir. Sularda meydana gelen buharlaşma sonucunda su kütlesinde meydana gelen kirletici seviyelerindeki artış fiziksel kirlenme olarak nitelendirilebilir. Sularda mantar, alg, patojenik bakteri ve protozoa vb. organizmaların bulunması nedeniyle meydana gelen kirlilik ise biyolojik kirlenme olarak tanımlanabilir (Dişli, 2002).

Su ortamını kirleten kaynaklar, noktasal ve yaygın kaynaklar olarak iki şekilde gruplandırılabilir. Su kaynağına kirleticinin nerenden geldiğinin bilindiği ve kontrolünün mümkün olduğu kaynaklara noktasal kaynaklar denir. Noktasal kaynaklara örnek olarak, evsel ve endüstriyel deşarjlar gösterilebilir. Yaygın kaynaklara ise kirletici maddenin geldiği yerin belirli olmadığı ve kontrol etmenin zor olduğu kaynaktır. Örnek olarak, yüzey akışıyla tarımsal alanlardan gelen yağmur ve sızıntı suları verilebilir (Hepsağ, 2003).

Suyun kalitesinin bilinmesi su kirliliğinin önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Su kalitesi kriterleri ile su kalite sınıflarının belirlenmesi işlemi yapılmaktadır. Tamamen kullanıma özgü olarak ve bilimsel verilerden hareketlerle kalite kriterleri elde edilmektedir (Gürel, 2011).

Suların kalitelerine göre sınıflara ayrılmasının sebebi kullanım amacının belirlenmesidir. Kıtaîçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKSKK) için yapılan sınıflandırma aşağıdaki şekilde olmaktadır (YSKSKK, 2016).

- ❖ **I.Sınıf-** Yüksek kaliteli su “çok iyi” su durumunu ifade etmektedir. İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları, yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil

rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su, alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su

- ❖ **II. Sınıf-** Az kirlenmiş su “iyi” su durumunu ifade etmektedir. İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları, rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su, alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, mevcut mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu
- ❖ **III. Sınıf-** Kirlenmiş su “orta” su durumunu ifade etmektedir. Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,
- ❖ **IV. Sınıf-** Çok kirlenmiş su “zayıf” su durumunu ifade etmektedir; III. sınıf için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yerüstü suları.(YSKSKK, 2016).

Tepe ve ark. (2004), Hatay ilindeki Karamanlı Göleti’nde su kalitesi özelliklerini belirlemek için yaptığı çalışmada, ortalama sıcaklık 18.6°C, pH 8.25, çözünmüş oksijen 7.05 mg/L, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) 10.25 mg/L, nitrat 3.15 mg/L, nitrit 0.04 mg/L, amonyak 0.036 mg/L, tuzluluk 0.3 g/L, toplam alkalinite 188 mg/L, toplam sertlik 338 mg/L, sodyum sülfat 9.97 mg/L, sülfat 187 mg/L, fosfat 0.0, sodyum 17.25 mg/L, askıda katı madde (AKM) 12.5 mg/L olarak bulmuşlardır. Sonuç olarak tüm parametrelerinin standartlara uygun olduğunu bildirmişlerdir (Y Tepe, Mutlu, Ateş, & Başusta, 2004).

Taşdemir ve Göksu (2001), Hatay ilinde bulunan Asi Nehri’nin su kalitesini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada çözünmüş oksijen 2.6-9.9 mg/L; sıcaklık 6.8-29.8°C; pH 7.4-8.9; elektriksel iletkenlik (Eİ) 250-1250 µmhos/cm; KOİ 12.8-464 mg/L; fosfat (PO₄-P) 0.002-2.44 mg/L; silisyum 0.53-1.12 mg/L; amonyum 0.02-1.98 mg/L; nitrit 0.002-0.42 mg/L; nitrat 0.0003-4.91 mg/L; sertlik 34-92 mg CaCO₃/L; AKM 1-381 mg/L arasında bulmuşlardır. Asi Nehri’nin Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKSKK) ile karşılaştırıldığında az kirli sular sınıfında, olası kirlenme tehdidi altında olduğu sonucuna varmışlardır (Taşdemir & Göksu, 2001).

Dişli (2002), Şanlıurfa ilinde bulunan Balıklıgöl’de yaptığı çalışmada su kalite değerlerini; pH 6.6-7.9, sıcaklık 18-27°C, Eİ 296-385 µmhos/cm, amonyum 0.2-0.87 mg/L, nitrat 5-30.25 mg/L, toplam alkalinite 120-170 mg CaCO₃/L, çözünmüş oksijen 6.5-8.7

mg/L, orto fosfat 0.00-0.08 mg/L, toplam çözünmüş katı (TDS) 189-209 mg/L, AKM 12.6-17.6 mg/L, bulanıklık 5 NTU, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) 0.7-5.1 mg/L, sülfat 0.00-12.18 mg/L, sodyum 2.54-7.04 mg/L, potasyum 0.37-1.3 mg/L, toplam sertlik 140-195 mg CaCO₃/L, kalsiyum 30.06-54.10 mg/L, magnezyum 12.16- 15.80 mg/L olarak ölçmüştür. Balıklıgöl'ün giriş, orta ve çıkış kısımlarından alınan numunelerde gözlemlenen kalite parametrelerinden, yalnızca AKM parametresinin kalite standartlarına uygun olmadığı belirtilmiştir (Dişli, 2002).

Saygı ve Demirkalp (2004), Bolu ilinde bulunan Yeniçağa Gölü'nün su kalitesi değerlerini; sıcaklık 3.3-25.1°C, çözünmüş oksijen 1.3-10.4 mg/L, pH 7.3-10.3, Eİ 348-520 µS/cm, bikarbonat 104-256, sülfat 15-30 mg/L, kalsiyum 25.2-77.2 mg/L, magnezyum 0.9-39.9 mg/L, amonyak 0.12-1.54 mg/L, nitrat 0.01-8.61 mg/L, nitrit 0.001-0.573 mg/L, orto fosfat 0.01-1.81 mg/L olarak gözlemlemişlerdir. YSKSKK'ya göre Yeniçağa Gölü'nün orto fosfat ve amonyak değerleri bakımından II. ve III. seviye arasında, nitrit bakımından ise III ve IV. seviye arasında bir su olduğunu tespit etmişlerdir (Saygı, 2004).

Taş (2006), Samsun ilinde bulunan Derbent Baraj Gölü'nün su kalitesini incelediği çalışmada, sıcaklık 15.5°C, pH 7.9, TDS 1020-1180 mg/L, çözünmüş oksijen 10.4 mg/L, Eİ 1525.28 µS, toplam alkalinite 163.75 mg/L, toplam sertlik 439.2 mg/L, sodyum 171.32 mg/L, kalsiyum 102.73 mg/L, magnezyum 2.39 mg/L, potasyum 4.47 mg/L, demir 0.21 mg/L, klor 246.54 mg/L, amonyum azotu 0.18 mg/L, fosfat 0.0538 mg/L, sülfat 295.16 mg/L, nitrat 0.96 mg/L, nitrit 0.05 mg/L bulmuştur. Sonuç olarak YSKSKK'ya göre Derbent Baraj Gölü'nün herhangi bir sorun teşkil etmediğini bildirmiştir (Taş, 2006).

Zeybek (2006), Karaman ilinde bulunan Akgöl'ün su kalite özelliklerinin araştırıldığı çalışmada sıcaklık 22.4-31.3 °C, pH 8.4-9.4, çözünmüş oksijen (ÇO) 4.79 mg/L, klor 10913.5 mg/L, sülfat 3077.7 mg/L, amonyum 3.18 mg/L, nitrit 0.0376 mg/L, nitrat 16.77 mg/L, fosfat 0.2126 mg/L, TDS 9879.8 mg/L, sodyum 372.36 mg/L olarak ölçmüştür. Sonuç olarak YSKSKK'ya IV. sınıf kalitede, bakteriyolojik parametreler açısından ise II. sınıf kalitede su olduğu gözlemlenmiştir (Zeybek, 2006).

Özer (2008), Mersin ilinin Göksu Deltası'nın su kalitesini belirlemek ve coğrafi bilgi sistemini kurmak amacıyla yaptığı çalışmada, su kalite değerlerini; pH 6.9-9.1, Eİ 434-3460

$\mu\text{S/cm}$, tuzluluk 0.0-1.7 mg/L, nitrit 0-3.5 mg/L, nitrat 0.8-31.8 mg/L, amonyum 0.0-1.15 mg/L, flor 0-2.2 mg/L, fosfat 0-5.2 mg/L arasında bulmuştur. Sonuç olarak kuyu sularının içme suyu olarak kullanılmaması gerektiğini ve YSKSKK'ya göre II. sınıf kalitede su olduğunu gözlemlemiştir (Özer, 2008).

Şekerci (2011), Van ilinde bulunan Karasu Çayı'nda su sıcaklığı 0.8-24.5°C arasında, çözünmüş oksijen 10.1 mg/L, oksijen doygunluğu %119.4, pH 8.3, Eİ 601.4 $\mu\text{S/cm}$, tuzluluk ‰ 0.08, klor 47.7 mg/L, kalsiyum 31.0 mg/L, magnezyum 111.2 mg/L, toplam sertlik 536 mg CaCO_3/L , bikarbonat 452.2 mg/L, toplam alkalinite 370.3 mg CaCO_3/L , nitrat 4.1 mg/L, nitrat azotu 0.9 mg/L, nitrit 0.017 mg/L, amonyum 0.41 mg/L, amonyak 0.40 mg/L, orto fosfat 0.19 mg/L, fosfor 0.06 mg/L, sülfat 19.5 mg/L olarak bulmuştur. Karasu Çayı pH ve bulanıklık değerleri dışındaki parametreler bakımından YSKSKK'ya göre I. ve II. su kalitesi sınıfları arasında olduğunu gözlemlemiştir (Şekerci, 2011).

Taş (2011), Ordu ilinde bulunan Gaga Gölü'nün yüzey suyunun bazı fizikokimyasal özelliklerini incelemek için yaptıkları çalışmada, sıcaklık 16.5°C, pH 8.3, çözünmüş oksijen 9.9 mg/L, amonyum azotu 0.10 mg/L, amonyak azotu 0.11 mg/L, nitrit 0.03 mg/L, nitrat 0.93 mg/L, sülfat 4.33 mg/L, klor 1 mg/L, toplam fosfor 0.02 mg/L, kükürt dioksit 10.15 mg/L, toplam sertlik 540.7 mg/L, potasyum 2.48 mg/L, kalsiyum 48.28 mg/L, magnezyum 8.03 mg/L, demir 0.19 mg/L, seki diski derinliği 4.4 m olarak bulunmuştur. Sonuç olarak YSKSKK'ya göre karşılaştırıldığında I. sınıf su kalitesine sahip olduğu ve ötrofikasyon sınır değerini aşmadığını gözlemlemiştir. Aynı zamanda, balık yetiştiriciliği açısından göl suyunun uygun olduğunu belirtmiştir (Taş, 2011).

Alparslan ve ark. (2013), Malatya ilinde bulunan Güzelyurt Baraj Gölü'nün su kalitesini belirlemek için yaptıkları çalışmada, sıcaklık 16.3°C, pH 8.5, çözünmüş oksijen 9.2 mg/L, Eİ 284 $\mu\text{S/cm}$, ışık geçirgenliği 2.3 m, toplam sertlik 168.5 mg/L, toplam alkalinite 135-154 mg/L, sodyum 1.3-1.6 mg/L, potasyum 1.0-1.1 mg/L, kalsiyum 44.8-50.6 mg/L, magnezyum 6.5- 6.9 mg/L, amonyum 0.128-0.174 mg/L, nitrat 0.748-0.956 mg/L, flor 0.50-0.151 mg/L, klor 1.4-1.6 mg/L, sülfat 22.2-23.4 mg/L, KOİ 13.2-15.1 mg/L değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, YSKSKK'ya göre su kalitesi I. sınıf olduğunu bildirmişlerdir (Alparslan, Karakaya, Koçer, & Yıldız, 2013).

2.1. Su Kalitesi Parametreleri

2.1.1. Çözünmüş oksijen

Doğal sularda kendi kendini temizleme süreçlerinde işlevleri olan organizmalar da dahil, sucul yaşamın parçası olan tüm canlılar için oksijen gereklidir. Doğal sulardaki oksijen miktarı sıcaklık, akım, türbülans, tuzluluk, atmosferik basınç, alg ve bitkilerin fotosentez sırasındaki aktivitelerine bağlıdır. Sıcaklık ve tuzluluk arttıkça oksijenin sudaki çözünürlüğü azalır. Suyun çözünmüş oksijen tutma kapasitesi sıcaklık azaldıkça artar. Biyolojik solunum ve çeşitli organizmaların bozunması sulardaki çözünmüş oksijeni düşürür. Atık deşarj konsantrasyonuyla birlikte gelen yüksek organik madde ve besleyicilerin bakteriyolojik aktiviteleri sonucunda indirgenmesi, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olur (Üstündağ, Çevlik, Üstündağ, Polat, & Can, 2001).

Su kirlenmesi ile ilgili en önemli parametrelerden birisi çözünmüş oksijendir. Doğal sularda azot, oksijen ve karbondioksit gibi gazlar çözünmüş halde bulunurlar. Oksijenin suda çözünmesinde suyun tuzluluk derecesi ve sıcaklığa ters orantılı bağlıdır. Sıcaklık yükseldikçe suda daha az oksijenin çözündüğü görülmektedir. Sudaki çözünmüş oksijen, havadaki oksijen ve su içerisinde yaşayan bakterilerin fotosentez olayı sonucunda verdikleri oksijenden gelir. Oksijenin sudaki çözünürlüğü; suyun sıcaklığı, havadaki oksijenin kimyasal basıncı ve suyun içerisindeki minerallerin derişimlerine bağlıdır. Sudaki aerobik organizmalar vb. aerobik canlı yaşamı için çözünmüş oksijene ihtiyaçları vardır. Atık su alıcı ortamda oksijen gereksinimi yaratır, alıcı ortamda yeterli oksijenin olmaması durumunda septik koşullarla birlikte koku problemi oluşur (Güler, 1997).

Göl, nehir gibi yüzeysel sularda çözünmüş oksijen miktarının orada yaşayan canlıların, örneğin balık ve diğer organizmaların türüne göre çözünmüş oksijen miktarı en az 4 mg/L, hatta daha iyisi 6 mg/L'den az olmaması istenir. Böylece yüzeysel sularda canlı yaşamını devam ettirmek için yeterli olacaktır. Sudaki organik madde konsantrasyonunu, suyun kirlenme derecesini ve suyun kendi kendini ne derece temizleyebileceğini ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonu ifade eder (Çoban, 2007).

Çözünmüş oksijen seviyeleri göllerin besin maddeleri seviyelerine göre değişmektedir ve çözünmüş oksijen tükenmesi sudaki kirliliğin en yaygın sebebidir.

Çözünmüş oksijen miktarındaki mevsimsel ve hatta günlük değişimleri organik madde bozunması, sucul canlıların solunum yoluyla tüketmesi ve bazı kimyasal reaksiyonlara neden olmaktadır (Jeyaraj, Ramakrishnan, Anandhi, Arunachalam, & Magudeswaran, 2016).

Srivastava ve ark. (2003) ve Masood ve Krshnamurthy'nin (1990) yaptığı çalışmada çözünmüş oksijen ve sıcaklık arasında bir ters orantı olduğu gözlemlenmiştir. Yazın su sıcaklığındaki artışla birlikte çözünmüş oksijen miktarında azalma olurken, kış aylarındaki sıcaklığın düşüşünden dolayı göldeki çözünmüş oksijen seviyesi artmıştır (Solanki, Hussain, & Raja, 2010).

Tülek (2006) Kızılırmak nehrinin su kalitesini belirlemek amacıyla 2005 ile 2006 seneleri arasında yaptığı çalışmada, belirlenen 10 noktadan alınan örneklerle ph, sıcaklık, çözünmüş oksijen, tuzluluk, iletkenlik, klorofil-a, toplam fosfor, nitrat ve nitrit azotu, BOİ, AKM ve toplam koliform parametrelerinin analizini yapmıştır. En yüksek çözünmüş oksijen değeri kış döneminde 10,30 mg/L ve en düşük çözünmüş oksijen değerini yaz döneminde 6,90 mg/L olarak ölçmüştür. Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ile karşılaştırıldığında I.sınıf su olduğu gözlemlenmiştir (Tülek, 2006).

Özçelik (2015) Muğla ilinde bulunan Yuvarlak Çay ve Namnam Çayı'nda 2008 ile 2014 yılları arasında yaptığı çalışmada, aylık numuneler olarak sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, amonyum azotu ve toplam fosfor parametrelerini analiz etmiştir. Toplamda 63 numune alınmış ve bu numune sonuçlarının ortalamasını olarak çözünmüş oksijen miktarını Yuvarlak Çay için 8.51 mg/L ve Namnam Çayı için 8.20 mg/L olarak gözlemlenmiştir (Özçelik, 2015).

2.1.2. Fekal koliform

Aerobik veya fakültatif anaerob, gram negatif, spor oluşturmeyen, 35 °C’de 48 saat içinde laktozdan gaz ve asit oluşturan *Enterobacteriaceae* familyası içinde yer alan kısa kıvrımlı çubuk şeklindeki bakteriler koliform bakteriler olarak adlandırılmaktadır. *E. coli* ve *Enterobacter aerogenes* koliform bakteriler içerisinde en tipik iki bakteridir. Günümüzde *Aeromonas*, *Arizona*, *Citrobacter*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Providencia* cinslerine ait türler ile *Hafnia alvei*, *Pantoea agglomerans*, *Rahnella aquatilis* koliform olarak kabul edilmektedir. Koliform bakterilerinin birçoğu heterojeniteye sahiptir. Bu bakteriler toprak, su, meyve, sebze, çiçekli bitki, toprak, ağaç, hayvan, böcek ve insanlarda bulunmaktadır. İnsanlar, hayvanlar, bitkiler ve böcekler için bakterilerin bazı türleri patojenik potansiyel taşımaktadır (Genç, 2006). En çok gözlemlenen fekal koliform bakterileri *E. coli* ve *Klebsiella pneumoniae*’dir. Bir suda bulunan fekal koliform bakterileri suyun dışkı yoluyla kirlendiğinin göstergesidir. *E.coli*’nin en fazla kullanılan indikatör olmasının nedeni insan gaitasında 10^8 adet/gr miktarında bulunmasıdır. Derişimi düşük kanalizasyon sularının bulaşmasında bile belirlenebilmektedir (Şimşek, 2011).

Çizelge 2.1’de *Enterobacteriaceae* familyası sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 2.1. *Enterobacteriaceae* familyası sınıflandırılması (Akar, 2009)

	Sistemik hiyerarşi
Alem	Bacteria
Şube	Proteobacteria
Sınıf	Gammaproteobacteria
Takım	Enterobacteriales
Aile	Enterobacteriaceae

Çizelge 2.2. *Enterobacteriaceae* familyası özellikleri (Akar, 2009)

Tür	Hareket	Ortam	Patojenite	Kapsül
<i>Enterobacter aerogenes</i>	+	Toprak, su vb.	+	±
<i>Citrobacter freundii</i>	+	Dışkı	+	+
<i>Klebsiela pneumoniae</i>	-	Dışkı, topraki su, meyve	+	+
<i>Hafnia alvei</i>	+	Dışkı, toprak, su, vb.	+	-

Çizelge 2.2’de Enterobacteriaceae familyası özelliklerinden birkaçı verilmiştir. Uluslararası standartlarda olduğu gibi ülkemizde de toplam ve fekal koliform bakteriler biyolojik kalite standardı olarak belirlenmektedir. Patojen potansiyeli olan ve sınır değerlerin üzerindeki fekal koliform bakterinin hastalık yaydığı kabul edilmektedir (Akar, 2009).

Yüzeysel sular için toplam ve fekal koliform sınır değerleri Çizelge 2.3’de görüldüğü gibi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı’nın 2016 yılında yayınladığı, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerinde verilmektedir.

Çizelge 2.3. *Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKSKK, 2016).*

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Fekalkoliform (EMS/100 mL)	≤10	10-200	200-2000	> 2000
Toplam koliform (EMS/100 mL)	≤100	100-20000	20000-100000	> 100000

Koliform bakteriler ile kontamine olan içme suları ishal ve mide bulantısı ile seyreden mide-bağırsak hastalıklarına sebep olabilmektedir. Bunun yanında daha birçok etki göstermekle birlikte özellikle çocuklarda, yaşlılarda ve immun sistemi zayıf kişilerde hayati tehlikeler ortaya çıkabilmektedir (Genç, 2006).

Uylaş Şahin’in (2018) yaptığı çalışmada, Porsuk Çayı’nın kaynağından Sakarya Nehri ile birleştiği yere kadar seçilen 17 istasyondan Mayıs 2016-Nisan 2017 tarihleri arasında alınan aylık örnekler ile su kalite indeksi hesaplanmıştır. İncelenen parametrelerden fekal koliform için; Mayıs ayında 13 istasyonda +1100EMS/100ml değeri ölçülmüştür, en

fazla yüksek EMS değeri Mayıs ayında gözlemlenmiştir. En düşük fekal koliform seviyesi 3 EMS/100ml'den daha az olarak Ekim ayında gözlemlenmiştir (Şahin, 2018).

2.1.3. pH

Bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren kısaltmaya *pH* denir ve çözelti içerisinde bulunan H^+ iyonu konsantrasyonunun ifade şeklidir. Ayrıca evsel ve endüstriyel atıksu artımında biyolojik yaşamı ve kimyasal dengeyi sağlamak üzere çok iyi bilinmeli ve kontrol edilebilmelidir. Doğal suların pH değeri 4 ile 9 arasında olup, bu suların büyük bir çoğunluğu karbonat ve bikarbonatlar nedeniyle hafifçe bazik niteliktedir. pH değeri arttıkça alkali şartlar artar ve pH değeri azaldıkça asit şartlar artar (Şengül & Müezzinoğlu, 1993).

Göllerdeki pH değeri 6 ile 9 arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Çözünmüş karbonat miktarının yüksek olduğu bölgelerde bulunan göllerdeki pH değeri 9'a kadar, akıntı olmayan göllerde ise buharlaşma ile alkali maddeler birikir ve pH değerinin 12'ye kadar çıkabilmesine neden olur. Maden yatakları yakınındaki ve volkanik göllerde ise pH değeri 1,7'ye kadar düşebilmektedir (Tanyolaç, 2004).

Genellikle yüzeysel sular, pH 8'den büyük değer taşıyan bazik sulardır. İçme sularındaki pH değeri Kıtaîçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Yönetmeliğine göre 6,5 ile 8,5 arasında uygun görülmektedir. Yeraltı sularındaki çözünmüş karbondioksit, diğer karbonat ve bikarbonat bileşikleri arasındaki dengeye bağlı olarak pH değeri değişmektedir. Sıcaklık ve basınç değişimlerine göre bu denge kolayca değişim gösterebilmektedir (Güler, 1997).

pH değişimine neden olan başlıca unsurlar; toprağın yapısı, endüstriyel atıklar, drenaj suları ve fitoplanktonlardır. Sularda gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar ve biyolojik yaşam için pH oldukça önemli bir faktördür. Ayrıca, bazı bileşiklerin (amonyak, siyanür ve sülfür gibi) ve metal iyonlarının toksitesi üzerinde etkilidir (Munsuz & Ünver, 1995).

Su kullanıcılarına direkt bir etkisi olmamasına rağmen, kullanıma uygunluğu belirten su kalite parametrelerinden pH en önemlilerinden biridir. Çünkü sulardaki birçok biyolojik

ve kimyasal işlemi pH etkiler. Örneğin; su kaynağının pH değeri metallerin su ortamındaki varlığını ve toksisitesini değiştirir. Düşük pH değerlerinde kadmiyum ve çinko gibi metaller, yüksek zarar verici çevresel etkilere sahiptir. Ayrıca, yüksek amonyak konsantrasyonunda; pH değeri yükselirse sucul hayata toksik etki ederek suyun ekolojik dengesini bozar (Fatoki & Awofolu, 2003).

Atasoy (2012) Kayseri ilinde bulunan Bahçelik Barajı'nın su kalitesinin belirlenmesi amacıyla fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin incelendiği çalışmada, Eylül 2010 ve Haziran 2011 tarihleri arasında su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik, seki diski görünürlüğü ve çözünmüş oksijen parametrelerini arazide ölçmüştür. Yapılan çalışma boyunca en yüksek pH değerini ilkbahar mevsiminde 9.51 ve en düşük pH değerini ise yaz ayında 7,9 olarak gözlemlemiştir (Atasoy, 2012).

Alaş ve Çil (2002) Aksaray ilinde içme suyu kaynaklarında yaptığı çalışmada bazı su kalitesi parametrelerini incelemiştir. Toplamda beş aylık sürede ve üç ayrı istasyondan alınan örnekler yapılan çalışmada Mayıs ayında en yüksek pH 7,67 ve Nisan ayında ise en düşük pH 6,81 olarak ölçülmüştür (Alaş & Çil, 2002).

Çoban (2007) Elazığ ilinde bulunan Hazar Gölü'nün su kalitesinin belirlenmesi için fiziksel, organik ve inorganik, kimyasal ve bakteriyolojik parametreler açısından incelenmiştir. Nisan 2005 ile Mart 2006 tarihleri arasında yapılan çalışmalar sonucunda, Hazar Gölü'nde yıllık ortalama pH değeri 8,90, en yüksek pH değeri Aralık ayında 9,10 ve en düşük pH değeri ise 8,75 ile Mart ayı içerisinde ölçülmüştür. Göl suyunun yüksek pH'a sahip olması balıkçılık yönünden oldukça sınırlandırıcı bir parametredir (Çoban, 2007).

2.1.4. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)

Aerobik şartlar altında ayrışabilen organik maddelerin kararlı hale gelmeleri sırasında, ortamdaki bakteriler için gerekli olan oksijen miktarına *biyolojik oksijen ihtiyacı* (BOİ) denir. Diğer tanımla, BOİ atıksudaki organik maddelerin aerobik koşullar altında oksidasyonu ve stabilize etmeleri için bakteriler tarafından tüketilen oksijen miktarıdır. Bakteriler için organik maddeler besin maddesidir. BOİ'nin belirlenmesi, kirli suların ve atık suların bağlı oksijen gereksinimlerini belirlemek için kullanılan laboratuvar prosedürlerinin

standart hale getirildiği deneysel bir testtir. Organik maddelerin biyolojik oksidasyonunun tamamlaması için 20 günden fazla bir süre gerekmektedir. 20 günlük bir zaman aralığı sonuç alma açısından oldukça uzundur ve bu nedenle 5 günlük bir bekleme süresi uygun kabul edilmiştir. BOİ reaksiyonları genellikle birinci dereceden reaksiyonlardır. Herhangi bir andan parçalanmayan geride kalan organik madde miktarı ile reaksiyon hızı orantılı şekildedir (Güler, 1997).

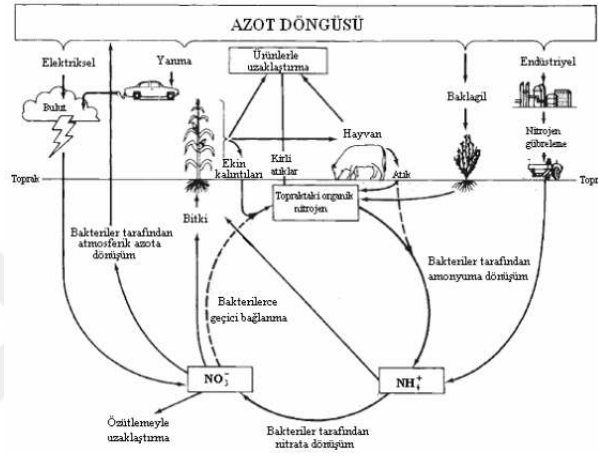
Kahriman (2019) Kastamonu ili Daday ilçesinde bulunan Bezirgan Hazım Kılıç Göleti'nde Eylül 2016 ve Ağustos 2017 tarihleri arasında göletten alınan su numunelerinin çözünmüş oksijen, tuzluluk, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, klorür, fosfat, sülfat parametrelerini ölçmüştür. Yapılan çalışmada, en yüksek aylık ortalama biyolojik oksijen ihtiyacının Ekim ayında 2,19 mg/L, en düşük Mart ayında 0.6 mg/L ve genel ortalamayı 1,53 mg/L olarak tespit etmiştir (Kahriman, 2019).

Çakırsoy Şen (2007) Bolu Dağı'ndan doğup Kaynaşlı ve Düzce'den geçen Asar Suyu'nda Kasım 2005 ve Eylül 2006 tarihleri arasında ikişer aylık periyotlarla alınan su numunelerinin sıcaklık, pH, ÇO, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, toplam fosfor, KOİ, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) parametreleri incelenmiştir. Ölçülen biyolojik oksijen ihtiyacı en düşük değeri Mayıs ayında 2 mg/L ve en yüksek değerini ise Ocak ile Temmuz aylarında gözlemlenmiştir. Temmuz ve Eylül aylarında değerlerin yüksek olmasının sebebi; arıtılmamış evsel-endüstriyel atıksu kaynaklarından ve su debisinin az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çakırsoy Şen, 2007).

Tülek (2006) Kızılırmak nehrinin su kalitesini belirlemek amacıyla 2005 ile 2006 seneleri arasında yaptığı çalışmada, belirlenen 10 noktadan alınan örneklerle ph, sıcaklık, çözünmüş oksijen, tuzluluk, iletkenlik, klorofil-a, toplam fosfor, nitrat ve nitrit azotu, BOİ, AKM ve toplam koliform parametrelerinin analizini yapmıştır. Yıllık ortalama en yüksek BOİ değeri 5,27 mg/L ve en düşük ise 2,6 mg/L ölçmüştür. Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ile karşılaştırıldığında I. ve II.sınıf olduğunu gözlemlemiştir (Tülek, 2006).

2.1.5. Nitrat

Doğada nitrat doğal olarak bulunmaktadır. Azot döngüsünün doğal bir parçası olan nitrat, bitkilerin bozunması ve hayvansal atıkların önce nitrite sonra sonra nitrata dönüşmesiyle de oluşabilir (Eren, 2006).



Şekil 2.1. Azot döngüsü (Eren, 2006)

Doğal sulara azotun en çok rastlanan şekillerinden birisi nitrat iyonudur. Anaerobik koşullar altında nitrat denitrifikasyon işlemiyle nitrite indirgenir. Hızlı bir şekilde nitrit iyonu oksitlenerek nitrata dönüşür. Nitratlar, parçalanmış organik maddelerdeki azotlarının oksidasyonu sayesinde tamamen mineralize olmuş ve kirlilik bakımından zararsız hale gelmiş ürünlerdir. Volkanik kayalar, toprak, bitkiler ve ölü hayvanlar yüzeysel sulara gelen nitratın doğal kaynaklarıdır. Ayrıca, endüstriyel ve kanalizasyon atıksuları, katı atık depolama sahalarından kaynaklanan atıksular ve sızıntı suları, tarım alanlarında kullanılan nitratlı gübreler, sağlık merkezlerinden gelen atıksular nitrat konsantrasyonunu artırır (G. Yılmaz, 1999).

Yeraltı suyundaki ve yüzeysel sulara azotun önemli bir miktarı tarımdan kaynaklanır. Toprağın fosfat ve amonyum iyonlarına kıyasla nitrat iyonlarını daha güç bağlayabilmesi ve sonuçta drenaj suları ile bu iyonların yıkanması bunun sebebidir. Azotlu gübreler nedeniyle suda nitratın artmasının beraberinde su bitkileri tarafından yüzeysel sulara nitrat tüketilir. Mevsime bağlı olarak nehirdeki konsantrasyonu değişiklikler gösterir. Bunun sebebi, yağmur yağdıktan sonra daha fazla nitrat bulunmasıdır. Yeraltı

sularındaki nitrat miktarı herhangi bir sızıntı olmadığı durumda yıl boyunca değişiklik göstermez (Oenema & Roest, 1998).

Yapay gübre ile gübrelenen bölgelerdeki toprakların yeraltı sularında fazla miktarda nitrat bulunduğu saptanmıştır. Yüksek dozda nitrat tüketimi tiroid bezini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, insan ve hayvanlar tarafından çeşitli kaynaklardan aşırı miktarda alınan nitrat, zehirlenmelere neden olmaktadır. Litresinde 20 miligramdan fazla nitrat içeren sularla hazırlanan mamalarla beslenen 6 aylığa kadar olan bebeklerde mavi bebek hastalığına (methemoglobinemi) neden olmaktadır. Yararlı etkileri olarak, kan basıncı düşürücü ve damar genişletici özelliğinden dolayı kalp, tansiyon gibi hastalıklarının ilaçlarında bulunmaktadır (Bilgin, 2003).

Bakan ve Şenel (2000), Mert Irmağında yaptıkları su kalitesi çalışmasında ırmağın 10 farklı noktasından örnekler almışlardır. Bu çalışmada ırmağın en yüksek toplam nitrat değeri 5,034 mg/L ve en düşük toplam nitrat değeri 0,703 mg/L olarak ölçülmüştür.

Taşdemir ve Göksu (2001) Doğu Akdeniz Bölgesinin önemli bir akarsuyu olan Asi Nehrinde yaptıkları 1 yıllık çalışmada ve 12 kez örnekleme yapılmıştır. Asi nehrinde yapılan ölçümlerden biri olan toplam nitrat ölçümü için en düşük değer 0,0003 mg/L ve en yüksek değer ise 4,91 mg/L'dir (Taşdemir & Göksu, 2001).

Tepe ve arkadaşları (2006) Hasan Çayı (Erzin-Hatay) su kalitesi özellikleri ve aylık değişimlerini incelemişlerdir. Hasan Çayı'nın nitrat ölçümleri sonucunda çaydaki ortalama nitrat seviyesi 2,3 mg/L olarak tespit edilmiştir. Hasan Çayı'nın en düşük nitrat seviyesi 2,26 mg/L ve en yüksek değeri 2,41 mg/L'dir (Yalçın Tepe, Ateş, Mutlu, & Töre, 2006).

Tülek (2006) Kızılırmak nehrinin su kalitesini belirlemek amacıyla 2005 ile 2006 seneleri arasında yaptığı çalışmada, belirlenen 10 noktadan alınan örneklerle ph, sıcaklık, çözünmüş oksijen, tuzluluk, iletkenlik, klorofil-a, toplam fosfor, nitrat ve nitrit azotu, BOİ, AKM ve toplam koliform parametrelerinin analizini yapmıştır. Yıllık ortalama en yüksek nitrat azotu 8,73 mg/L ve en düşük nitrat azotu 6,45 mg/L olarak ölçmüştür. Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ile karşılaştırıldığında II.sınıf olduğunu gözlemlemiştir (Tülek, 2006).

2.1.6. Toplam fosfor-fosfat

Doğal sularda fosfat, inorganik ve organik şekilde olabilmektedir. Fosfatın alkali topraklardaki çözünürlüğünün az olması nedeniyle sudaki seviyesi sınırlandırılmıştır. Suya toprak ve kayalardan taşınımının yanı sıra endüstriyel atıklar ve yapay gübrelerden de geçebilir. Fosfatın varlığı ile alglerin çoğalması kolaylaştırdığı için içme sularında tat ve koku problemleri yaratmaktadır (Güler, 1997). Toplam fosfor yoğunluğunun doğal sularda bağlı olduğu parametreler; havzanın morfolojisi, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriği, suya karışan evsel atık ve organik madde olup olmadığı ve sudaki organik metabolizmadır (Özdemir, Yılmaz, & Yorulmaz, 2007).

Önemli bir ürün olan fosfor, kirlenmemiş doğal sularda oldukça düşük miktarlarda (0,01-0,03 mg/L) bulunmaktadır. Tatlı su kaynaklarında bulunan plankton gibi sucul organizmaların verimliliğini belirler (Y. Tepe & Boyd, 2003). Akarsu kaynaklarında bulunan fosfat seviyesinde oluşan yaz aylarındaki yükselmenin havadan fosfat bağlayabilen mavi-yeşil alglerin artmasından veya fosfat içerikli gübrelerin kullanımından kaynaklanabilir (Claude E Boyd & Queiroz, 1998). Ayrıca topraktaki fosforun suya geçmesine yaz aylarında gelişen köklü su bitkileri de etki edebilirler. Bunun yanı sıra, pH seviyesinin 7 civarında seyretmesi durumunda suda fosfat bağlayan Ca^{+2} , Al^{+3} ve Fe^{+2} iyonlarının fosfat iyonları ile bileşik yapma hızı en yavaş durumda olduğundan fosfatın ortalama değerlerinin ve toplam sertliğin yüksek olması beklenebilir (C.E. Boyd, 1990).

Su kütlesinin fosfor nedeniyle meydana gelen kirlenmesinin temel kaynağının %83'lük bir oranla kanalizasyon ve endüstri atık suları olduğu bildirilmektedir. Ayrıca kentsel kökenli kanalizasyon sularında bulunan fosfatların ise %32-70'i deterjanlardan kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Deterjan tüketiminin yoğun olduğu bölgelerde bulunan alıcı ortam sularındaki toplam fosforun üçte birinden fazlasının deterjan içeriğine katılan sodyum tripolifosfattan meydana geldiği belirlenmiştir (Kumbur, 1981).

Sınanmış Atasoy ve Şeneş (2004), Atatürk Baraj Gölünde yaptıkları kirlilik yükü araştırmasında Gökkuşuğu alabalığı üretimi yapılan kafeslerin bulunduğu ortamdaki göl suyunun özellikleri incelemişler ve burada toplam fosfor değerini 2,37 mg/L olarak ölçmüşlerdir (Sınanmış Atasoy & Şeneş, 2004).

Tülek (2006) Kızılırmak nehrinin su kalitesini belirlemek amacıyla 2005 ile 2006 seneleri arasında yaptığı çalışmada, belirlenen 10 noktadan alınan örneklerle ph, sıcaklık, çözünmüş oksijen, tuzluluk, iletkenlik, klorofil-a, toplam fosfor, nitrat ve nitrit azotu, BOİ, AKM ve toplam koliform parametrelerinin analizini yapmıştır. Yıllık ortalama en yüksek toplam fosfor değerini 0.232 mg/L ve en düşük toplam fosfor değerini 0.032 mg/L olarak ölçmüştür (Tülek, 2006).

Bozkurt (2006), Yenişehir Gölünde (Reyhanlı, Hatay) yaptığı çalışmada nitrat, fosfat, pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık ve ışık geçirgenliğini araştırmıştır. Yaptığı ölçümlerin sonucunda en düşük fosfat değerini 0,02 mg/L ve en yüksek fosfat değerini 0,55 mg/L olarak ölçmüştür (Bozkurt, 2006).

2.1.7. Sıcaklık

İçme amaçlı kullanılan sularda sıcaklık önemli bir kalite özelliğidir. En uygun sıcaklık içme sularında 7 ile 14°C arasındadır. Sıcaklığı 20°C üzerinde ya da aşırı soğuk olan sular, sağlık açısından uygun kabul edilmemektedir. Derinden gelen kaynak suları ve ince taneli toprak katmanından süzülen suların sıcaklığı atmosferden hiç etkilenmediği için genellikle sabittir. Bu tip sular hijyenik yönden içilebilir nitelikte olmaktadır (Demirer, 1992).

Suların biyokimyasal reaksiyon hızını etkileyen parametrelerden biri de sıcaklıktır. Sıcaklık miktarı arttıkça, canlıların fizyolojik ve biyolojik aktiviteleri yükselmektedir. Canlıların çevresel yaşamı, üreme hızı, büyüme hızı suyun sıcaklığına bağlıdır. Su sıcaklığı; atmosfer şartları, iklim, deniz seviyesinden yükseklik, bitki örtüsü, mevcut su yatağının yapısı ve akıntı hızı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir (Barlas & Kiriş, 2004).

Ortamda gerçekleşen birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayı suyun sıcaklığı etkiler. Sıcaklık; çözünmüş oksijen ve biyolojik oksijen ihtiyacı gibi birçok kalite parametresinin değerinde belirleyici rol oynar. Suyun sıcaklığı arttığında, sudaki maddelerin buharlaşması ve kimyasal reaksiyonların hızı artar. Ayrıca, su sıcaklığının yükselmesi; O₂, N₂, CO₂, CH₄ gibi gazların sudaki çözünürlüğünü azaltır. Öte yandan, toksik maddelerin ve

hastalık yapıcı faktörlerinin etki payı yükselir. Sıcaklık sucul organizmaların solunum hızını arttırarak, oksijen tüketiminin artmasına ve organik maddelerin bozunmasına neden olur. Sonuç olarak, canlı yaşamı olumsuz etkilenir ve su ekosisteminin dengesi bozulur. Yüzey sularının kalitesi incelenirken, sıcaklık ihmal edilmeyecek kadar önemli bir faktördür (G. Yılmaz, 1999).

Aydın (2015) Giresun ili merkezinden denize dökülen Batlama Deresi'nin su kalitesi parametreleri ve kirlilik durumu belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, Haziran 2014 ve Mayıs 2015 tarihleri arasında aylık olarak çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, pH, sıcaklık, tuzluluk, TDS ve iletkenlik değerlerini ölçmüştür. En yüksek sıcaklık Ağustos ayında 25,7 °C, en düşük sıcaklık Ocak ayında 8,2 °C ve ortalama sıcaklık değeri 11,54°C olarak gözlemlenmiştir (Aydın, 2015).

Yılmaz (2004), Muğla ilinin Bodrum ilçesinde bulunan Mumcular Baraj Göleti'nin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada en yüksek su sıcaklığını 30,6°C, en düşük su sıcaklığını 11,5°C ve ortalama su sıcaklığını 20,7°C olarak tespit etmiştir (F. Yılmaz, 2004).

Verep ve ark. (2005), Trabzon ilinin İyidere ilçesinde yaptığı çalışmada bölgenin fizikokimyasal açıdan su kalitesini belirlemeye çalışmıştır. Bölgede belirlenen dört istasyonda en yüksek su sıcaklığının 13,50 °C, en düşük su sıcaklığının 3,30 °C ve ortalama su sıcaklığının ise 7,20 °C olarak gözlemlenmiştir (Verep, Serdar, Turan, & Şahin, 2005).

2.1.8. Bulanıklık

Askıda katı madde içeren suların ışık geçirgenliğinin ölçüsü *bulanıklık* olarak adlandırılmaktadır. Suda bulunan askıda maddelerden gözle görülebilecek kadar büyük tortulara kadar her şey bulanıklığın nedeni olarak gösterilebilmektedir. Kum, silis, kil, demir, mangan, sülfür, kalsiyum karbonat gibi maddeler bulanıklığa neden olabilmektedir. Birimi NTU, JTU veya FTU olabilir ve en sık kullanılanı NTU'dur (Kırmızı, 2010).

Bulanıklık oluşturan parçacıklar, 0.01-100 µm boyutları arasında değişim göstermektedir. Büyük parçacıklar kolay bir şekilde çöktürülerek veya filtrelenerek giderilebilir. 0.01-5 µm boyutundaki küçük parçacıklar da çökeltim veya filtrasyon işlemleri

uygulanması verimli olmamaktadır. Bu boyutlardaki parçacıkların çökelme süreleri oldukça yavaştır ve filtrasyon işlemi sırasında sistemden kolaylıkla kaçabilmektedirler (Solak, 2007). Evsel ve endüstriyel atıklar ile suların kirlenmesi, bakterilerin ve diğer mikroorganizmaların nehirlerle gelen organik maddeler ile gelişimleri, azot ve fosfor gibi besin maddelerinin yüzeysel sulara taşınmasıyla alglerin gelişmesine sebep olması gibi olaylar bulanıklığa neden olmaktadır (Eroğlu, 2012).

Bulut ve ark. (2012), yaptığı çalışmada Çivril Gölü yüzey suyu kalitesini değerlendirmiştir. Yapılan çalışmada dört istasyondan alınan örneklerde fizikokimyasal parametrelerin yıllık minimum, maksimum ve ortalama değerleri belirlenmiştir. Bu parametrelerden biri olan bulanıklık değerleri, minimum 0,41 NTU, maksimum 44 NTU ve ortalama 4.68 NTU olarak saptanmıştır (Bulut, Atay, Uysal, & Köse, 2012).

Gültekin ve ark. (2012), yaptığı çalışmada Trabzon ili akarsularında su kalite parametrelerini incelemişlerdir. Trabzon ilinde bulunan on beş akarsu havzasında yağışlı dönemde 234 noktada örnekleme yapılmıştır. Bu çalışmada bulanıklık değerleri incelendiğinde maksimum değer 716 NTU ve minimum değerin 1 NTU olduğu gözlenmiştir (Gültekin, Ersoy, Hatipoğlu, & Celep, 2012).

2.2. Su Kalite İndeksi

Suyun kalitesinin belirlenebilmesi için amaç, parametre seçimi ve sonuç değerlendirmesi üç esas gerekmektedir. Amaç belirlenmesinde, değerlendirme bakış açısı ve kullanımı açıklayıcı kısımlar olmalıdır. Sonra, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik durumlarını en iyi ifade eden tutarlı parametreler seçilmelidir. Son aşama olan değerlendirmede ise farklı ve birçok parametrenin değerini gösteren anlaması güç olan değerleri tek bir sayıya indirgeyerek anlaşılabilir hale getirmesidir. Su kalitesi indeksinin temel amacı kalite seviyelerini temsil eden karmaşık veri grubunun hızlı ve kolay anlaşılmasıdır (Taner, 2007).

2.2.1 Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI)

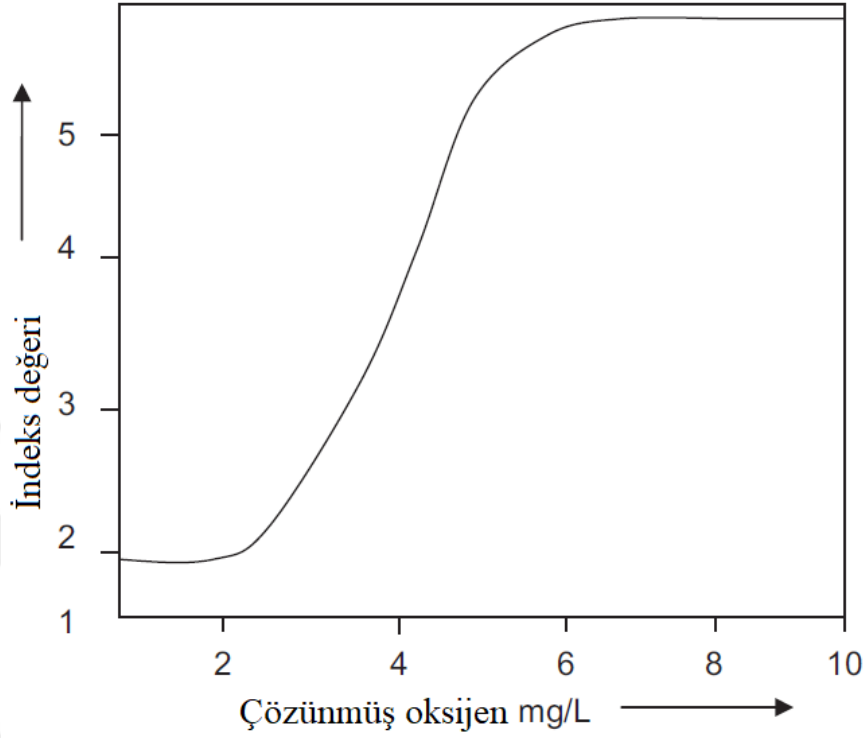
Brown ve ark. (1970) yapı olarak Horton geliştirdiği indeksi temel alarak ve Delphi tekniği ile ortak ölçek geliştirdi. Parametre seçiminde etki değerleri belirlenerek hassas bir yöntem oluşturmaya özen gösterildi. Brown'un temelini oluşturduğu bu çalışmayı Ulusal Sanitasyon Vakfı desteklendi ve bu nedenden dolayı Brown indeksi veya NSF-WQI olarak da bilinmektedir (Abbasi & Abbasi, 2012).

Çalışma için su kalitesi yönetiminde uzman 140 kadar kişilik bir jüri heyeti kurularak, jüri heyetinden indekste yer alması gereken parametreleri azaltmaları istenmiştir. Her parametrenin önem değerlerine göre 1 (yüksek) ve 5 (düşük) arasında oylanarak belirlenmiştir. Son olarak jüri üyeleri ortalama derecelendirmesi ile belirlenen ve önem derecesine göre azalan düzende 11 parametre belirlenerek sunulmuştur (Çizelge 2.4) (Abbasi & Abbasi, 2012).

Çizelge 2.4. Brown ve jüri üyelerinin NSF-WQI için önem sırasına göre seçtikleri parametrelerin listesi (Abbasi & Abbasi, 2012).

Parametreler	Önem Sırası
Çözünmüş Oksijen	1
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	2
Bulanıklık	3
Toplam Katılar	4
Nitrat	5
Fosfat	6
pH	7
Sıcaklık	8
Fekal Koliform	9
Pestisit	10
Toksik Elementler	11

Jüri üyelerin 1 ile 5 arasında verdiği puanların ortalaması yardımıyla her parametrenin konsantrasyon-değer ilişkisini ifade eden grafik elde edilmiştir. Şekil 2.2'de çözünmüş oksijen için derecelendirme eğrisi gösterilmektedir (Abbasi & Abbasi, 2012).



Şekil 2.2 Çözünmüş oksijen için derecelendirme eğrisi, çözünmüş oksijen seviyesi 7 mg/L ve üzeri olduğunda ün yüksek değeri almaktadır (Abbasi & Abbasi, 2012).

Pestisit ve toksik elementler için tespit edilen derişimi 0,1 mg/L sınır değerini aştığında su kalite indeksi değeri sıfır olacak şekilde düzenlenmiştir. Jüri üyelerinin birçok parametreyi indirgeyerek en önemli belirlediği parametreleri için verdiği 1 (yüksek) ve 5 (düşük) değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplandı ve elde edilen sonuç ile su kalitesi değeri karşılaştırılmıştır. Derecelendirmeyi etki değerlerine dönüştürme amacıyla en etkili parametre değerine geçici olarak “1,0” değeri, diğer parametrelerin etki değerlerinin geçici değerleri ise en yüksek değerin parametrelerin bireysel ortalama değerlerine bölünerek elde edilmiştir. Etki değerlerinin son hallerinin oluşturulması için her parametrenin geçici olarak oluşturulan etki değerlerinin, geçici olarak oluşturulmuş etki değerlerinin tümünün toplamıyla elde edilen değere bölünmesiyle elde edilmiştir. NSF-WQI için belirlenen parametreler için hesaplanmış olan etki değerleri Çizelge 2.5’de verilmiştir (Abbasi & Abbasi, 2012).

Çizelge 2.5. *NFS-WQI'da bulunan parametrelerin etki değerleri*

Parametreler	Etki Faktörü
Çözünmüş Oksijen	0.17
Fekal Koliform	0.16
pH	0.11
BOİ (5-gün)	0.11
Nitrat	0.10
Fosfat	0.10
Sıcaklık	0.10
Bulanıklık	0.08
Toplam Katı Madde	0.07
Toplam	1.00

Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi için matematiksel formülü denklem 2.1'de verilmiştir.

$$WQI = \sum_{i=1}^n Q_i W_i \quad 2.1$$

Denklem 2.1'de; Q_i , her su kalite parametresi için okunan Q değerini ; W_i , her su kalite parametresinde verilen etki faktörünü, n ise parametre sayısını ifade etmektedir (Tyagi, Sharma, Singh, & Dobhal, 2013).

NSF-WQI yöntemi için su kalitesi değerleri için kalite sınıfları Çizelge 2.6'te verilmiştir.

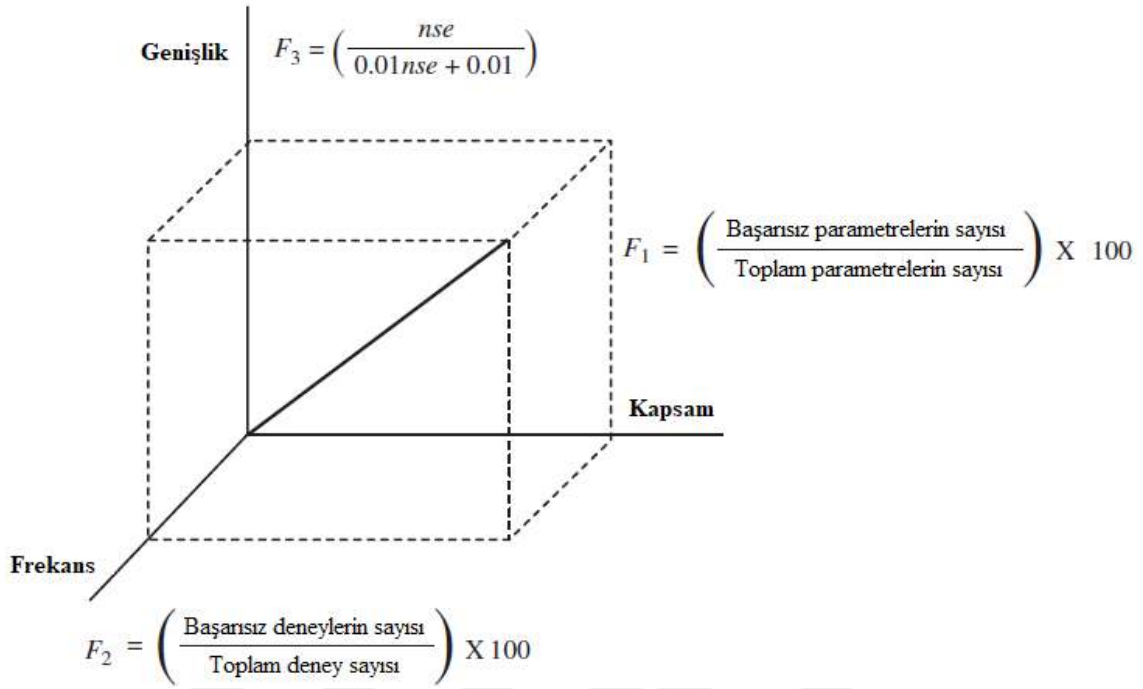
Çizelge 2.6. *NSF-WQI yöntemi için kalite sınıfları (Taner, 2007).*

NSF-WQI Değerleri	Kalite Sınıfı
90,1-100	Mükemmel
70,1-90	İyi
50,1-70	Orta
26-50	Kirli
0-25	Çok Kirli

2.2.2 Kanada Çevre Bakanlığı Meclisi su kalite indeksi (CCME-WQI)

Kanada, Malezya ve Amerika'nın bazı bölgelerinde kullanılan Kanada Çevre Bakanlığı Meclisi Su Kalite İndeksi (CCME-WQI), Kanada Çevre Bakanlığı Meclisi tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen bu indekslerin birçoğu NSF-WQI temeline dayanmaktadır ve oldukça yaygın olarak kullanılan su kalitesi indekslerinden birisi olmuştur. İndeksin temelini, deney sırasında meydana gelen başarısız deneylerin meydana gelme sayıları, indekste kullanılan değişkenlerin örnek sayısı ve standartlar için verilmiş sınır değerlerin sapmalarına göre değerlendirilmektedir. İndekslerde bulunan parametreler çevre koşullarına ve indeksin uygulandığı coğrafi konumlara göre değişiklik göstermektedir. Bu indeksin oluşturulmasının temel amacı ve kullanılan diğer indekslerden farkı, çevresel koşullara ve coğrafi konuma bağlı kalmadan indeks değerini oluşturmaktır. İndeks hesaplanabilmesi için her parametreden en az dört ölçüm ve minimum dört parametre gerekmektedir. Denklem 2.2'deki gibi hesaplanmaktadır ve hesaplanacak değeri ise 0 ile 100 arasında değişen üç faktör oluşturmaktadır. Üç faktörün birleşimi ve Denklem 2.2 yardımıyla oluşacak değer 0 (en düşük) ve 100 (en yüksek) arasındadır. Hesaplanan bu değer, çizelge 2.7 ile karşılaştırılarak kalite sınıfı belirlenebilmektedir (Dede & Sezer, 2017).

$$CWQI = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \quad 2.2$$



Şekil 2.3. Üç boyutlu bir alanda hesaplanan su kalitesi indeksi-CWQI (Abbasi & Abbasi, 2012).

Şekil 2.3’de Üç boyutlu bir alanda hesaplanan CWQI grafiksel gösterimi verilmiştir. İndeks, vektörler olarak gösterilen üç faktördeki (F_1 , F_2 ve F_3) değişikliklerle doğru orantılı olarak değişmektedir. F_1 kapsam olarak adlandırılan birinci vektördür ve denklem 2.3’de gösterilmiştir. Standartlardaki sınır değerlerini aşan parametrelerin, toplam parametrelere göre yüzdesini ifade etmektedir.

$$F_1 = \frac{\text{Başarısız parametrelerin sayısı}}{\text{Toplam parametrelerin sayısı}} \times 100 \quad 2.3$$

Frekans olarak adlandırılan ikinci faktör F_2 ’dir ve denklem 2.4’de gösterilmiştir. Başarısız deneylerin, deneyler süresi boyunca yapılan toplam deney sayısına göre yüzdesini ifade etmektedir.

$$F_2 = \frac{\text{Başarısız deneylerin sayısı}}{\text{Toplam deney sayısı}} \times 100 \quad 2.4$$

Genişlik olarak adlandırılan üçüncü faktör F_3 ’tür. Standartlarda verilen sınır değerleri aşan başarısız deney değerlerinin sayısını ifade etmekte ve üç aşamada hesaplanmaktadır.

- a) Sapma (değişken değerinin sınır değeri karşılamadığı deney sayısı);

- Denklem 2.5, değişken değerinin sınır değerden fazla olamayacağı durumlarda;

$$Sapma_i = \left(\frac{Başarısız deney değeri_i}{Hedef değeri} \right) - 1 \quad 2.5$$

- Denklem 2.6, değişken değerinin sınır değerden az olamayacağı durumlarda;

$$Sapma_i = \left(\frac{Hedef değeri}{Başarısız deney değeri_i} \right) - 1 \quad 2.6$$

- Denklem 2.7, hedef değerin sıfır olduğu durumlarda;

$$Sapma_i = Başarısız deney değeri_i \quad 2.7$$

- b) Birinci basamakta elde edilen sapmaların toplamının, toplam deney sayısına oranı belirlenir ve bu oran normalleştirilmiş sapmalar toplamı olarak ifade edilen “nse” denklem 2.8’de gösterilmiştir.

$$nse = \frac{\sum_i^n Sapma_i}{Toplam deney sayısı} \quad 2.8$$

- c) Son aşamada ise “nse” değerlerinin sınır değerlerden 0 ile 100 aralığına ölçeklendirilmesiyle F_3 değeri hesaplanmakta ve denklem 2.9’da gösterilmektedir.

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01 \times nse + 0.01} \right) \quad 2.9$$

Yukarıda gösterilmiş olan tüm faktör değerleri hesaplandıktan sonra, denklem 2.2 kullanılarak elde edilen CWQI değeri çizelge 2.7’e göre sınıflandırılabilir (Dede & Sezer, 2017).

Çizelge 2.7. CWQI yöntemi için kalite sınıfları (Dede & Sezer, 2017).

CWQI Değerleri	Kalite Sınıfı
95-100	Mükemmel
80-94,9	İyi
65-79,9	Orta
45-64,9	Zayıf
0-44,9	Kötü

2.2.3 Oregon su kalite indeksi

Sekiz su kalitesi parametresi kullanarak tek bir sayıda birleştirerek oluşturulmaktadır. Çözünmüş oksijen, fekal koliform, pH, sıcaklık, biyojik oksijen ihtiyacı, amonyak, nitrat azotu, toplam fosfor ve toplam katılar. NSF-WQI'daki gibi değişkenlerin seçiminde Delphi yöntemi kullanılmıştır. İndeks, parametrelerin etki değerlerindeki uzlaşmadan bağımsızdır ve harmonik ortalama kavramını kullanmaktadır (Tyagi et al., 2013).

Bu su kalitesi indeksinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$OWQI = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n SI_i^2}} \quad 2.10$$

n, alt indislerin sayısını

SI, i'nci parametrenin alt indisini göstermektedir.

OWQI değeri, denklem 2.10 kullanılarak hesaplandıktan sonra çizelge 2.8'e göre sınıflandırılabilir.

Çizelge 2.8. OWQI yöntemi için kalite sınıfları (Tyagi et al., 2013).

OWQI Değerleri	Kalite Sınıfı
90-100	Mükemmel
85-89	İyi
80-84	Orta
60-79	Zayıf
0-59	Çok Zayıf

2.2.4 Ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi (WAWQI)

Ağırlıklı aritmetik su kalitesi indeksi yöntemi, en sık ölçülen su kalitesi değişkenlerini kullanarak su kalitesini saflık derecesine göre sınıflandırmıştır. Yöntem, çeşitli bilim adamları tarafından yaygın olarak kullanılmış ve su kalite indeksi hesaplanması denklem 2.11 kullanılarak yapılmıştır (Tyagi et al., 2013):

$$WAWQI = \frac{\sum Q_i \cdot W_i}{\sum W_i} \quad 2.11$$

Her parametre değeri için kalite değerlendirme ölçeği (Q_i) denklem 2.12 kullanılarak hesaplanır:

$$Q_i = 100 \times \frac{V_i - V_0}{S_i - V_0} \quad 2.12$$

V_i , analiz edilen i numaralı su kalite parametresinin konsantrasyonudur.

V_0 , bu parametrenin saf suda bulunan ideal değeridir.

$V_0 = 0$ (pH = 7,0 ve $\text{ÇO} = 14,6$ mg/L hariç)

S_i , analiz edilen i numaralı su kalite parametresinin standart değeridir.

Her su kalitesi parametresi için ağırlık (W_i), denklem 2.13 kullanılarak hesaplanır:

$$W_i = \frac{K}{S_i} \quad 2.13$$

Burada, K = orantı sabiti ve denklem 2.14 kullanılarak hesaplanabilir:

$$K = \frac{1}{\sum \frac{1}{S_i}} \quad 2.14$$

Denklem 2.11 kullanılarak hesaplanan WAWQI değeri çizelge 2.9 kullanılarak sınıflandırılabilir.

Çizelge 2.9. Ağırlıklı Aritmetik Su Kalitesi İndeksi Yöntemine Göre Su Kalitesi Değerlendirmesi (Tyagi et al., 2013).

WAWQI Değerleri	Kalite sınıfı	Sınıflama
0-25	Mükemmel	A
26-50	İyi	B
51-75	Orta	C
76-100	Kötü	D
100 ve üzeri	İçme amacı için uygun değil	E

2.2.5. Su kalitesi indekslerinin avantaj ve dezavantajları

Ulusal Sanitasyon Vakfı, Kanada, Oregon ve Ağırlıklı aritmetik su kalite indekslerinin bazı avantaj ve dezavantajları çizelge 2.10'da verilmiştir.

Çizelge 2.10. Su kalite indekslerinin avantaj ve dezavantajları (Tyagi et al., 2013).

Avantaj	Dezavantaj
NSF-WQI	
❖ Verileri tek bir indeks değerinde nesnel, hızlı ve tekrarlanabilir bir şekilde özetler. ❖ Alanlar arası değerlendirme ve su kalitesindeki değişimlerin belirlenmesi. ❖ İndeks değeri potansiyel bir su kullanımı ile ilgilidir. ❖ Uzman olmayan kişiler kolay anlayabilir.	❖ Genel su kalitesini temsil eder, suyun tüm kullanımını belirlemez. ❖ Veri işleme sırasında veri kaybı olabilir. ❖ Karmaşık çevresel konularda mevcut belirsizlik ve öznellikle başa çıkma eksikliği olabilir.
CWQI	
❖ Tek bir sayıdaki çeşitli değişkenlerin ölçümelerini temsil eder. ❖ Girdi parametrelerinin ve hedeflerinin seçiminde esneklik olabilir. ❖ Farklı yasal gerekliliklere ve farklı su kullanımlarına uyumluluk gösterir. ❖ Çok değişkenli karmaşık verileri istatistiksel olarak basitleştirir. ❖ Yöneticiler, genel halk için açık ve anlaşılır bir hale getirir. ❖ Belirli bir yerde su kalitesi değerlendirmesi için uygun araçtır. ❖ Hesaplanması kolaydır. ❖ Eksik verilere tolerans gösterir. ❖ Otomatik örneklemeden gelen verilerin analizi için uygundur. ❖ Çeşitli ölçümleri çeşitli ölçüm birimlerini tek bir ölçümde birleştirir.	❖ Tek değişkenlide bilgi kaybına rastlanır. ❖ Her yere özgü hedefler ve özel su kullanımı hakkında bilgi kaybına rastlanır. ❖ Sonuçların indeks formülasyonuna duyarlılığı düşüktür. ❖ Değişkenler arasındaki etkileşimler hakkında bilgi kaybı olabilir. ❖ İndeksin farklı ekosistem tiplerine taşınabilirliği mümkün değildir. ❖ Manipüle kolaydır (önyargılı). ❖ Bütün değişkenlere eşit miktarda önem verilir. ❖ Diğer göstergeler veya biyolojik verilerle kombinasyon yoktur. ❖ Su kalitesinin sadece kısmi teşhisi yapılır. ❖ F₁, çok az sayıda değişken göz önüne alındığında veya aralarında çok fazla kovaryans bulunduğunda uygun şekilde çalışmıyor.
OWQI	
❖ Alt indeksleri birleştirmek için kullanılan ağırlıklandırılmamış harmonik kare ortalama formülü, en çok etkilenen parametrenin su kalitesi indeksi üzerinde en büyük etkiye sahip olmasını sağlar. ❖ Yöntem, farklı su kalitesi parametrelerinin, farklı zamanlarda ve yerlerde genel su kalitesine farklı bir önem getireceğini kabul eder. ❖ Formül değişen koşullara ve su kalitesi üzerinde önemli etkilere karşı hassastır.	❖ Toksik konsantrasyonlarda, habitatlarda veya biyolojik değişiklikleri dikkate almaz. ❖ Gerçek ortam ağ sitesi konumları dışındaki su kalitesi koşullarının çıkarımını yapmak mümkün değildir. ❖ Spesifik kullanımlar için su kalitesini belirleyemez ve uygun fiziksel, kimyasal ve biyolojik verileri dikkate almadan su kalitesi hakkında kesin bilgi sağlamak için kullanılamaz. ❖ Tüm sağlık risklerini (toksikler, bakteriler, metaller, vb.) değerlendiremez.

Çizelge 2.10.(Devam) Su kalite indekslerinin avantaj ve dezavantajları (Tyagi et al., 2013).

Avantaj	Dezavantaj
WAWQI	
❖ Birden fazla su kalite parametresinden matematiksel denklem yardımıyla elde edilen veri su kaynağının sağlığını belirlemektedir ❖ Tüm kullanılan su kalitesi parametrelerine kıyasla daha az sayıda parametre gerekir. ❖ Genel su kalitesi bilgilerinin ilgili vatandaşlara ve yöneticilere iletilmesinde faydalıdır. ❖ Farklı parametrelerin bileşik etkisini, yani su kalitesinin değerlendirilmesi ve yönetimi için önemli olanı yansıtır. ❖ Hem yüzey hem de yeraltı suyu kaynaklarının insan tüketimi için uygunluğunu açıklar.	❖ Su kalitesi indeksi, suyun gerçek kalite durumu hakkında yeterli bilgi taşımayabilir. ❖ Birçok kullanılan su kalitesi verisi tek bir indeks ile karşılanamaz. ❖ Tek bir hatalı parametre değeri üzerinde aşırı durulabilir veya değeri gölgelendirebilir ❖ Tek bir sayı su kalitesi değerinin tamamını anlatamaz; indekste dahil edilmeyen birçok su kalitesi parametresi olmaktadır. ❖ Bazı önemli parametrelere dayalı su kalite indeksi, su kalitesinin basit bir göstergesini sağlayabilir.

Çalışma kapsamında NSF-WQI yöntemi kullanılacaktır ve toplam katı madde analizi yapılmadığı için NSF-WQI yöntemi materyal metotta toplam katı madde parametresini etkisiz hale getirerek yeniden modifiye edilmiştir.

Sánchez ve ark. (2007), İspanya’da bulunan Guadarrama ve Manzanares nehirleri ile Paris Park Göletleri’ndeki suyun kalitesini Eylül 2001 ve Eylül 2003 tarihleri arasında incelemişlerdir. Çözünmüş oksijen ve su kalitesi indeksinin birbiriyle olan ilişkisini belirlemişlerdir. Su kalitesi indeksinin çalışması yapılan suların sınıflandırması için çok yararlı olduğunu gözlemlemişlerdir. Guadarrama Nehri’nde su kalitesi indeksi (WQI) değeri, Las Rozas’ın girişinde 70 puan ile “iyi” kalitede suya karşılık geldiğini, çıkışında 64 ile “orta kalite” değerine düştüğünü, Manzanares Nehri’nde ise ortalama 65 civarında olduğunu hesaplamışlardır. Paris Parkında ise WQI değeri, sırasıyla “iyi” kaliteden “orta” kaliteye doğru sınıflandırmaya karşılık gelen 72 ile 55 arasında olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu nedenle, yerinde ölçümler ile kolayca elde edilebilen çözünmüş oksijen değerleri ile yaklaşık WQI değerini hızlı bir şekilde belirlenebileceğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda, sıcaklık ve iklim koşullarının da su kalite indeksi ve çözünmüş oksijen değerleri üzerinde etkisi olduğunu belirtmişlerdir (Sánchez et al., 2007).

Karakaya ve Evrendilek (2010), Düzce ilinde bulunan Büyük Melen Çayı ve Aksu Deresi üzerinde bulunan Devlet Su İşleri (DSİ) su kalitesi izleme istasyonundan aldıkları

veriler ile su kalitesi indeksini hesaplamışlardır. İki akarsuyun su kalitesi indeksi değerlerinin karşılaştırılması için DSI'den alınan 25 parametreyi, 17'ye indirgemişlerdir. Su kalite indeksi için her parametreyi, 0 ile 100 arasında kötüden iyiye doğru giden beş kategoride normalize etmişler ve literatürler yardımıyla göreceli ağırlıkları belirlemişlerdir. Su kalitesi indeksi değerlerini Büyük Melen Çayı için kötü derece su kalitesi anlamına gelen 47.3 değerini ve Aksu Deresi için orta derece su kalitesi anlamına gelen 53.7 değerini gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, su kalitesi indeksinin her su kaynağı için uyarlanabilir bir yöntem basamağı olabileceğini ortaya koymuşlardır (Karakaya & Evrendilek, 2010).

Bakan ve ark. (2010), Kızılırmak Nehri'nde su kalitesi indeksi hesaplamak için yaptıkları çalışmada WQI değerlerini 63 ile 67.7 arasında değiştiğini ve ortalamasının 65.7 olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, uzun yıllar gözlemlenerek ve herhangi bir değişim oluşup oluşmadığını ortaya koymak amacıyla karar mercileri tarafından karar vermek için kullanılabilecek uygun bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI) ile WQI-min değerlerini de hesaplamışlardır. Birbirleriyle uyumlu sonuçlar elde ederek, nehrin su kalitesi değerinin orta seviye olduğunu belirtmişlerdir (Bakan, Özkoç, Tülek, & Cüce, 2010).

Sharda ve Sharma (2013), Hindistan'da bulunan Swan Nehri'nde 8 farklı istasyon noktasından alınan su örnekleriyle sıcaklık, pH, ÇO, BOİ₅, bulanıklık, toplam koliform, TDS, toplam fosfor (TP), sertlik, klor, nitrat, sülfat ve flor ölçümlerini yaparak NSF-WQI ve genel kirlilik indekslerini hesaplamışlardır. NSF-WQI değerleri sırasıyla 81.3; 78.3; 71.4; 70.4; 68.9; 60.3; 63.4; 60.4 olarak hesaplanmıştır. Su kalitesi indekslerinin değerlerini, kirliliği azaltmak için alınması gereken önlemlerle ilgili bilgi veren kalite sınıflandırmaları ile karşılaştırmışlardır. Swan Nehri'nin su kalitesinin, NSF-WQI açısından iyiden orta kaliteye doğru azaldığı ve genel kirlilik indeksi açısından da hafif kirli olduğunu gözlemlemişlerdir. Kısmen arıtılmış ve arıtılmamış atıksuların nehre deşarj edilmesinden kaynaklı su kalitesinin bozulduğu yerlerin birçoğunda çözünmüş oksijen miktarı ve BOİ₅ YSKSKK sınırlarını aşmışlardır (Sharda & Sharma, 2013).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

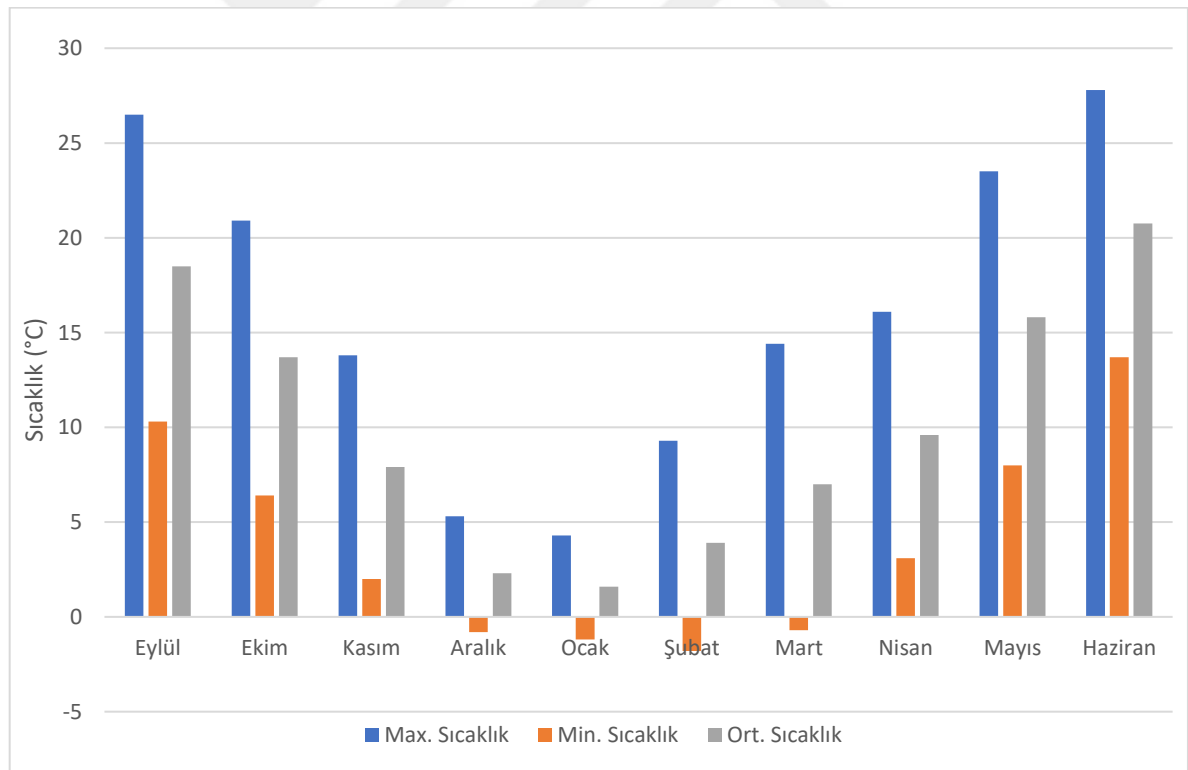
Eskişehir ili Tepebaşı ilçesinde yer alan Eskişehir-Kütahya yolu üzerinde olan Musaözü Göleti'nin kuzey batısında bulunan yaklaşık 6 km uzunluğa sahip Mollaoğlu Çayı üzerindedir. Sulama amacı ile 1965-1967 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Gövde dolgu tipi toprak olan barajın gövde hacmi 244.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 19 m, normal su kotunda göl hacmi 1.600.000 m³, normal su kotunda göl alanı 0,43 km²'dir. 400 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir. 60.3 hektarlık sahanın 29,50 hektarı gölet alanıdır. Bakanlık Makamının 11.07.2011 tarih ve 903 sayılı Olur'u ile Tabiat Parkı olarak ilan edilmiştir. Gelişme Planı 07.03.2014 tarihinde onaylanmıştır. 29.12.2017 tarih ve 1575 sayılı Bakanlık Makamı Olur'u ile 129 hektar olarak sınır değişikliğine gidilmiştir. Musaözü Tabiat Parkı karaçam, meşe, söğüt ve ardıç türlerinden oluşan yeşil örtüsü ve olta balıkçılığına imkan veren gölet dinlenme, rekreasyonel faaliyetlere (görsel peyzaj, mesirelik, doğa yürüyüşü v.b) uygun, şehir merkezine yaklaşık 21 km mesafededir. Bu alandaki biyolojik çeşitlilik korunmaktadır (ÇED VE Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, 2017).



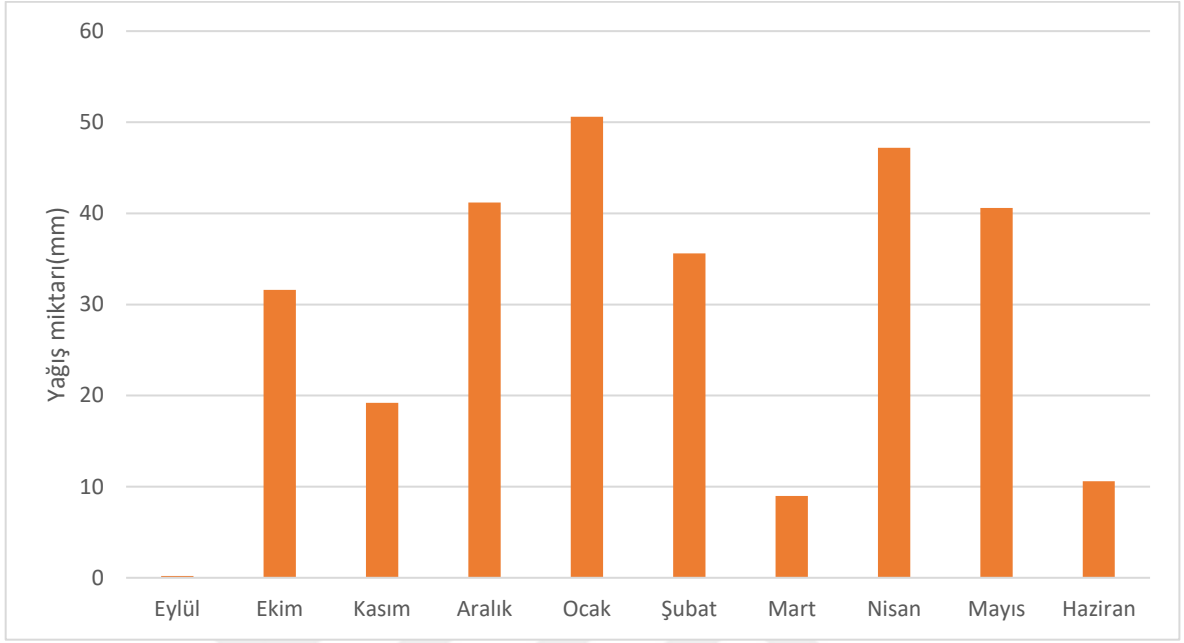
Görsel 3.1. Musaözü Göleti

Musaözü Göleti'nin bulunduğu konumun kuzeybatısında kuşbakışı 3 km uzaklıkta Mollaoğlu Köyü ve güneydoğusunda kuşbakışı 1,5 km uzaklıkta Musaözü Köyü bulunmaktadır. Göletin etrafını çevreleyen alanın büyük kısmını köy halkına ait tarım arazisi oluşturmaktadır. Gölü besleyen Mollaoğlu deresi, Mollaoğlu Köyü içerisinde geçerek göle ulaşmaktadır. Mollaoğlu Deresi ve göl suyu, çevre köylerin tarımsal arazileri için sulama suyu ve hayvancılıkla uğraşan köy halkının hayvanlarını sulatması için de kullanılmaktadır.

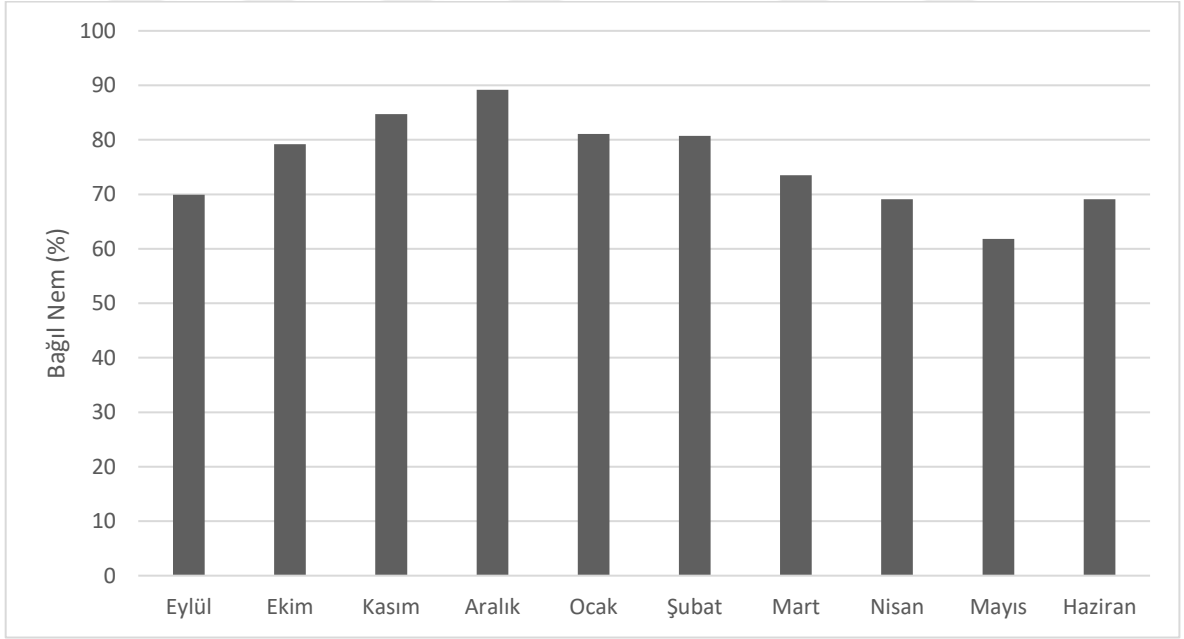
Çalışmanın gerçekleştirildiği Eskişehir ili Tepebaşı ilçesindeki Musaözü Göleti, İç Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde yer aldığı için tipik karasal iklime sahiptir. Yaz ayları kurak ve sıcak, kış ayları ise soğuk ve yağışlıdır. Çalışmanın yapıldığı Sonbahar 2018-Yaz 2019 tarihleri arasındaki sıcaklık, yağış seviyesi ve bağıl nem değerleri şekil 3.1-3.3 'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Eskişehir ili sıcaklık seviyeleri (°C)



Şekil 3.2. Eskişehir ili yağış miktarı(mm)



Şekil 3.3. Eskişehir ili bağıl nem değerleri (%)

Musaözü Göleti çevresinde birbirine yakın uzaklıklarda belirlenen 6 istasyondan su örnekleri alınmıştır. İstasyon 1 giriş, Mollaoğlu Deresi ile Musaözü Göleti birleştiği nokta ve

istasyon 6 çıkış, su seviyesi belirli seviyeyi aştığında taşma veya akışın gerçekleştiği bölgeye yakın olacak şekilde belirlenmiştir. Belirlenen istasyonların haritası görsel 3.2’de ve örnekleme yapılan noktaların koordinatları çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. *Örnekleme yapılan istasyonların koordinatları*

İstasyon	Koordinat
1. İstasyon	36S 0269658 / 4397445
2. İstasyon	36S 0269923 / 4397629
3. İstasyon	36S 0270010 / 4397500
4. İstasyon	36S 0270334 / 4397737
5. İstasyon	36S 0270333 / 4397552
6. İstasyon	36S 0270543 / 4397623



Görsel 3.2. *Çalışma alanı*

3.2. Deneysel Çalışma

Sonbahar 2018 – Yaz 2019 tarihleri arasında, mevsimlik olarak yapılan örnek toplama çalışmalarında Musaözü Göleti’nde belirlenen 6 istasyondan su örnekleri alınmıştır.

Alınan su örneklerinde sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve çözünmüş oksijen doygunluğu seviyeleri numune alındığı anda Thermo Orion Star A329 cihazıyla yerinde yapılmıştır. BOİ, nitrat ve fosfat değerleri uygun koşullar ile muhafaza edilerek laboratuvarında Hach Lange marka (DR 2800) multi parametre ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Fekal koliform değerleriyse uygun koşullarda muhafaza edilerek laboratuvarında En Muhtemel Sayı yöntemiyle tespit edilmiştir (EN ISO 10304-1, EN ISO 10304-2, EN ISO 26777).

3.3. NSF-WQI Modifikasyonu

Çalışma kapsamında, NSF-WQI yönteminde kullanılan parametrelerden çözünmüş oksijen, fekal koliform, pH, BOİ, nitrat, fosfat, sıcaklık ve bulanıklık değerlerine bakılmıştır. Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi hesaplanması için gerekli olan 9 parametreden, Toplam katı parametresinin analizi yapılmadığı için NSF-WQI yeniden modifiye edilmiş ve aşamaları sırasıyla gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Orijinal NSF-WQI Etki değerleri (Abbasi & Abbasi, 2012).

Sayı	Parametre	Etki değeri
1	ÇO	0,17
2	Fekal Koliform	0,16
3	pH	0,11
4	BOİ	0,11
5	Sıcaklık değişimi	0,10
6	Nitrat	0,10
7	Toplam fosfat	0,10
8	Bulanıklık	0,08
9	Toplam katı	0,07
Toplam		1

Toplam katı değerinin etki değeri “0.07” etkisiz hale getirilmesi için;

$$1 - 0.07 = 0.93 \quad 3.1$$

Kullandığımız parametrelerin etki değeri toplamı “0.93” olarak ifade edilmektedir. Her parametrenin, Toplam katı parametresi çıkarıldıktan sonraki yeni değerlerini hesaplamak ve etki değerleri toplamını “1” yapabilmek için;

$$W_{\text{ÇO}} \text{ için; } \frac{0,17}{0,93} = 0,183 \quad 3.2$$

Denklem 3.2’de yapılan işlem her parametre için ayrı ayrı yapılarak modifiye edilmiş yeni etki değerleri çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. NSF-WQI 8 parametreye modifiye edilmiş yeni etki değerleri (W_i)

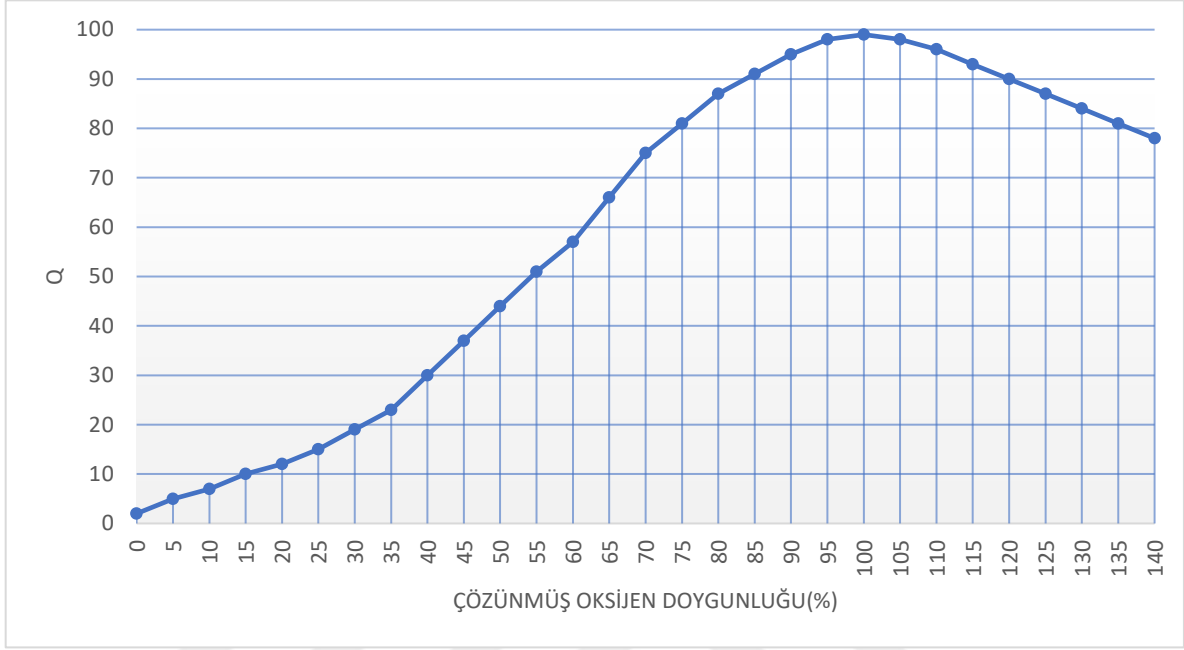
Orijinal etki değeri			Modifiye edilmiş etki değeri		
Sayı	Parametre	Etki değeri (W_i)	Sayı	Parametre	Etki değeri (W_i)
1	ÇO	0,17	1	ÇO	0,183
2	Fekal Koliform	0,16	2	Fekal Koliform	0,172
3	pH	0,11	3	pH	0,118
4	BOİ	0,11	4	BOİ	0,118
5	Sıcaklık değişimi	0,10	5	Sıcaklık değişimi	0,108
6	Nitrat	0,10	6	Nitrat	0,108
7	Toplam fosfat	0,10	7	Toplam fosfat	0,108
8	Bulanıklık	0,08	8	Bulanıklık	0,085
9	Toplam katı	0,07			
Toplam		1	Toplam		1

NSF-WQI değeri hesaplanması için denklem 2.1’de gösterilen her parametrenin W_i değerleri çizelge 3.3.’ün modifiye edilmiş kısmından elde edilebilir.

3.4. Kullanılan Su Kalitesi Parametrelerinin Q Değerleri

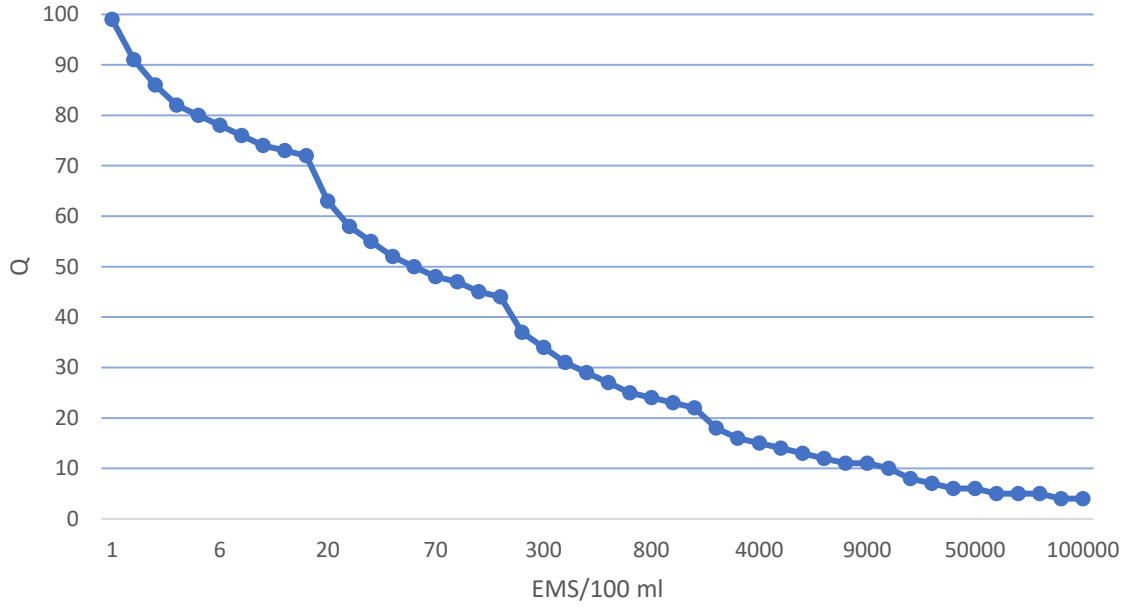
Analizi yapılmış parametre sonuçlarına karşı gelen Q değerleri, şekil 3.4.-3.11.’de verilen grafikler yardımıyla elde edilir. Burada elde edilen Q değerleri, NSF-WQI hesaplanırken kullanılır.

3.4.1. Çözünmüş oksijen



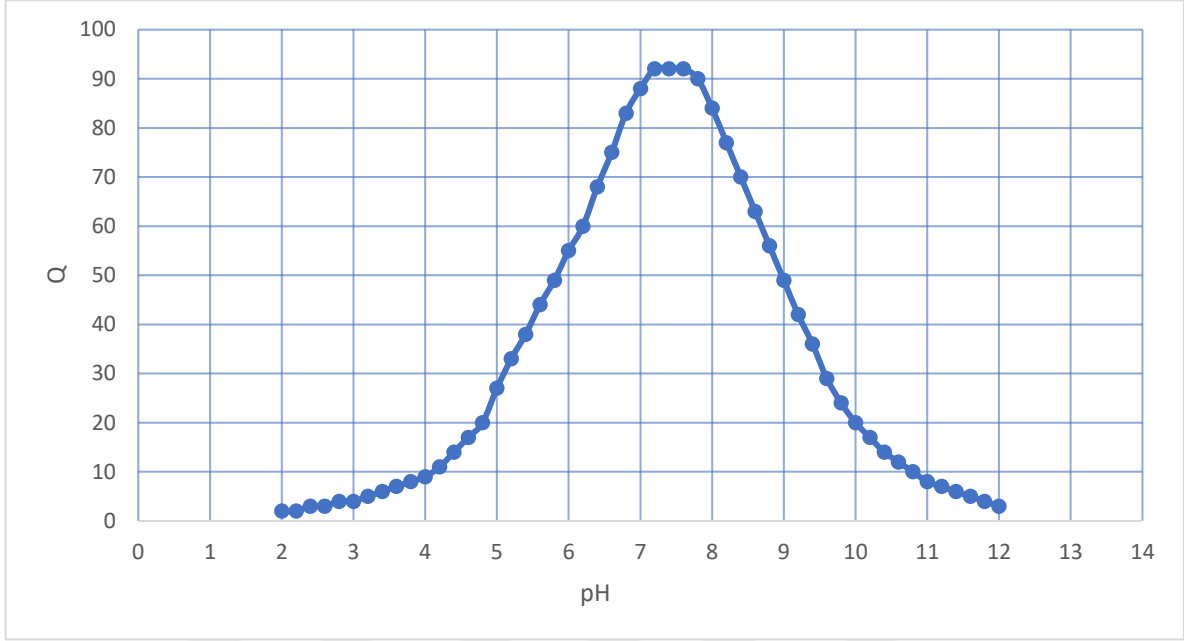
Şekil 3.4. Q -Çözünmüş oksijen için ($\text{ÇO} > \%140$ için $Q=50$)

3.4.2. Fekal koliform



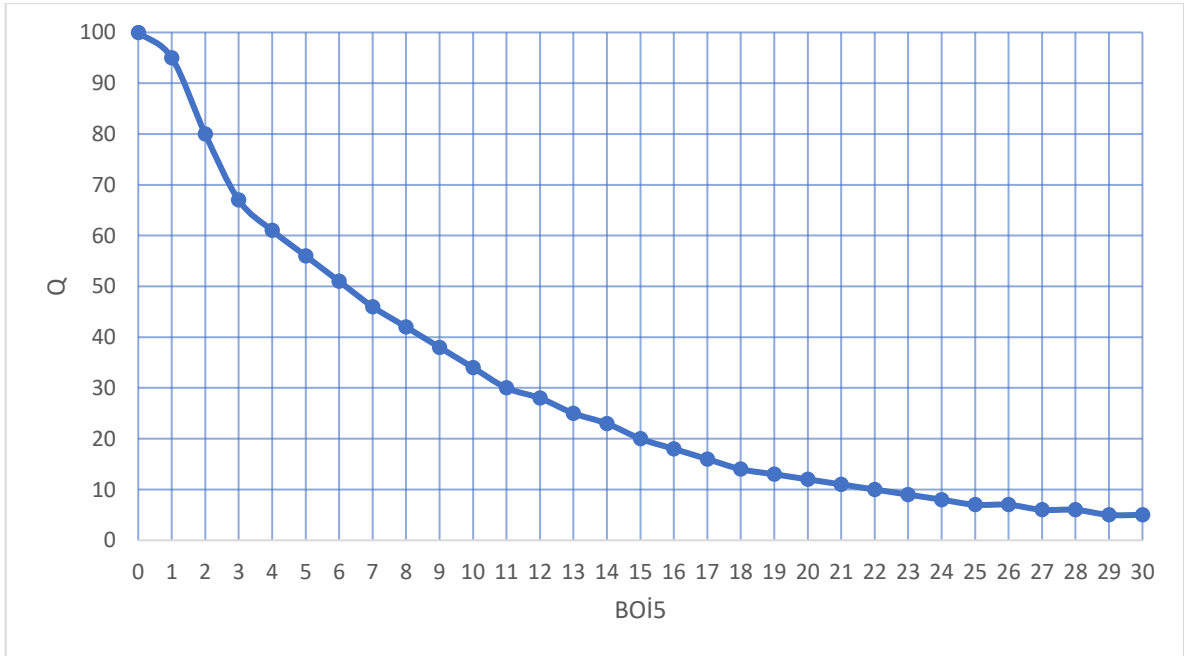
Şekil 3.5. Q -Fekal koliform (Fekal koliform > 100000 EMS/100ml için $Q=2$)

3.4.3. pH



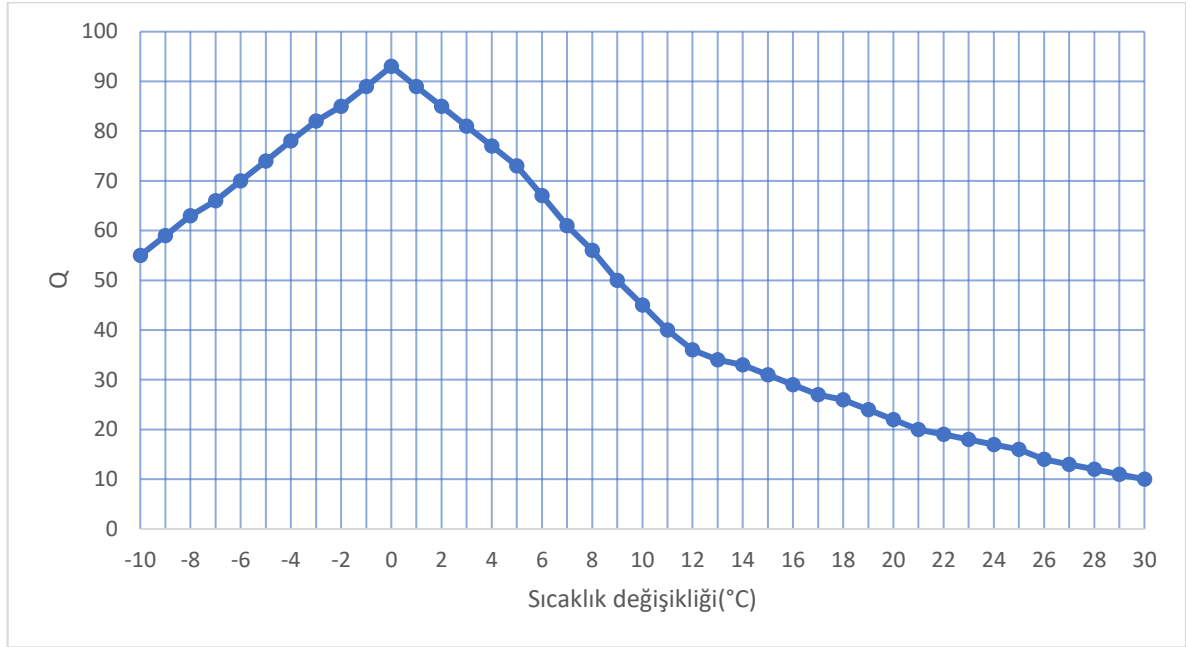
Şekil 3.6. Q -pH ($pH < 2$ ve $pH > 12$ için $Q=0$)

3.4.4. BOİ



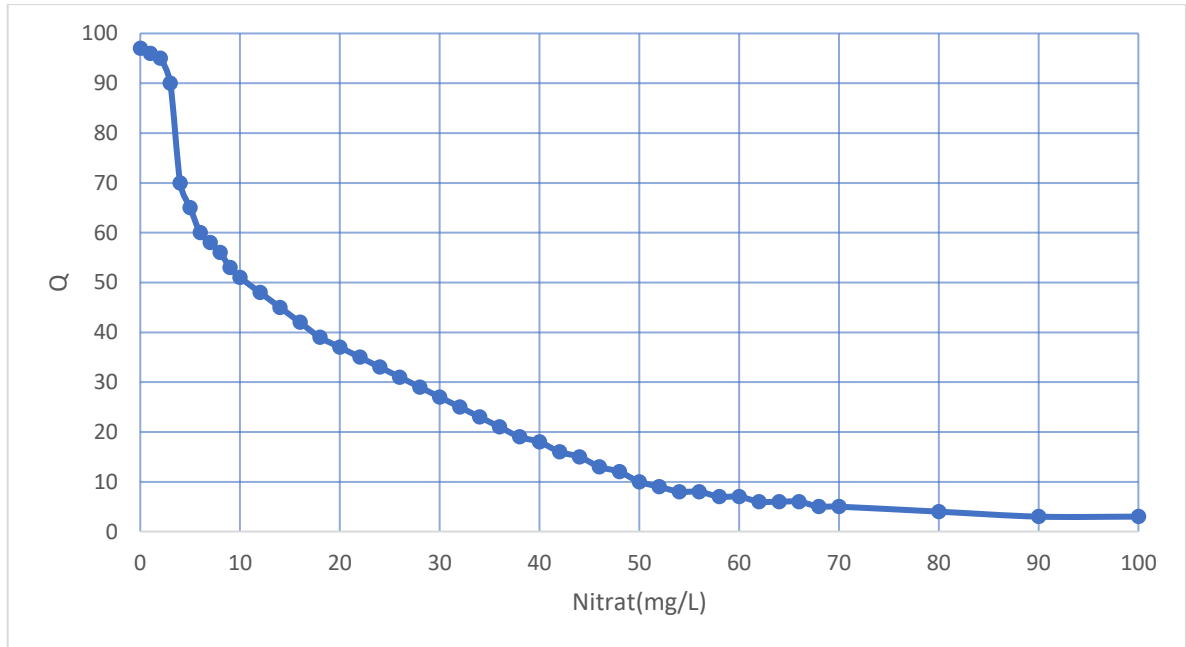
Şekil 3.7. Q -BOİ ($BOİ > 30\text{mg/L}$ için $Q=2$)

3.4.5. Sıcaklık değişimi



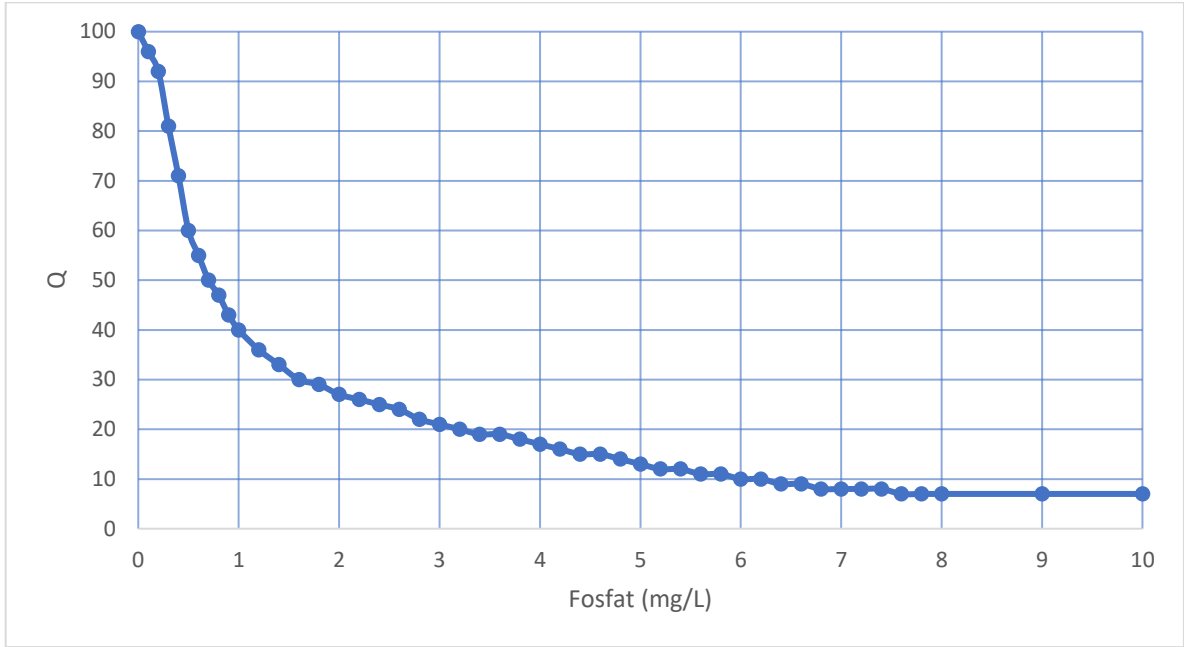
Şekil 3.8. Q -Sıcaklık

3.4.6. Nitrat



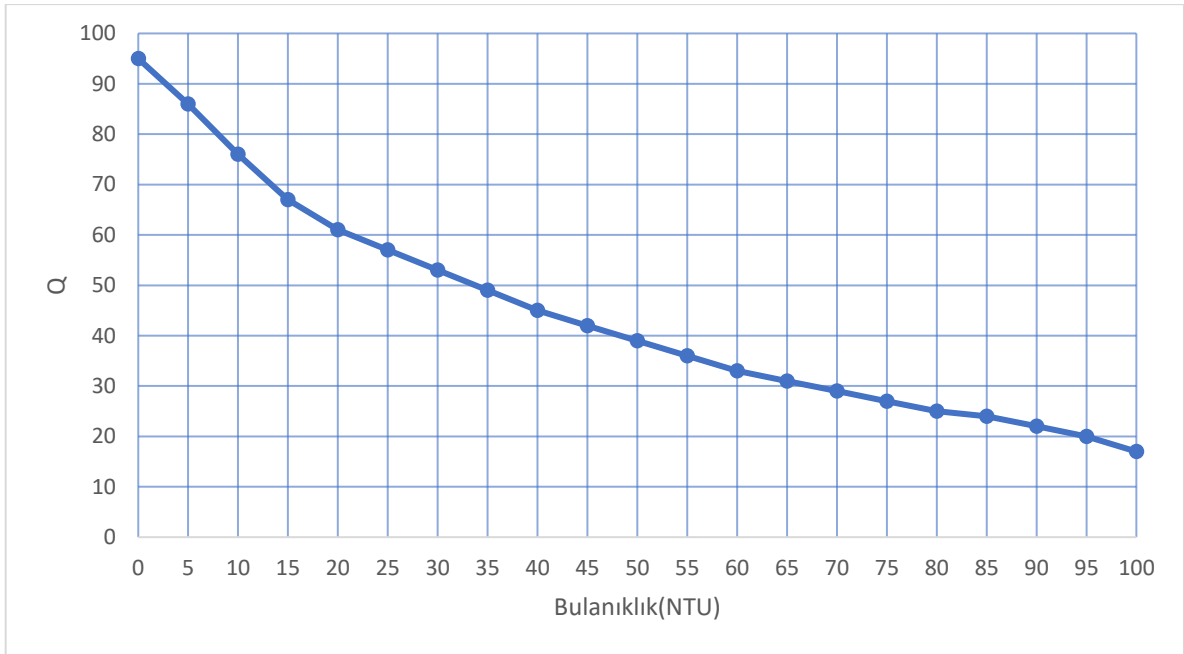
Şekil 3.9. Q -Nitrat (Nitrat > 100 mg/L için $Q=1$)

3.4.7. Toplam fosfat



Şekil 3.10. Q -Fosfat (Fosfat > 10 mg/L için $Q=2$)

3.4.8. Bulanıklık



Şekil 3.11. Q -Bulanıklık (NTU > 100 için $Q=5$)

3.5. NSF-WQI göre Örnek Hesaplama

Musaözü Göleti'nde yapılan örneklemler sonucunda elde edilen değerlerden 1. İstasyonun Sonbahar-2018 verileri NSF-WQI örnek hesaplaması için kullanılmıştır ve çizelge 3.4 de gösterilmiştir. Analiz değerlerine karşılık gelen Q değerleri ise şekil 3.4-3.11 yardımıyla elde edilmiştir.

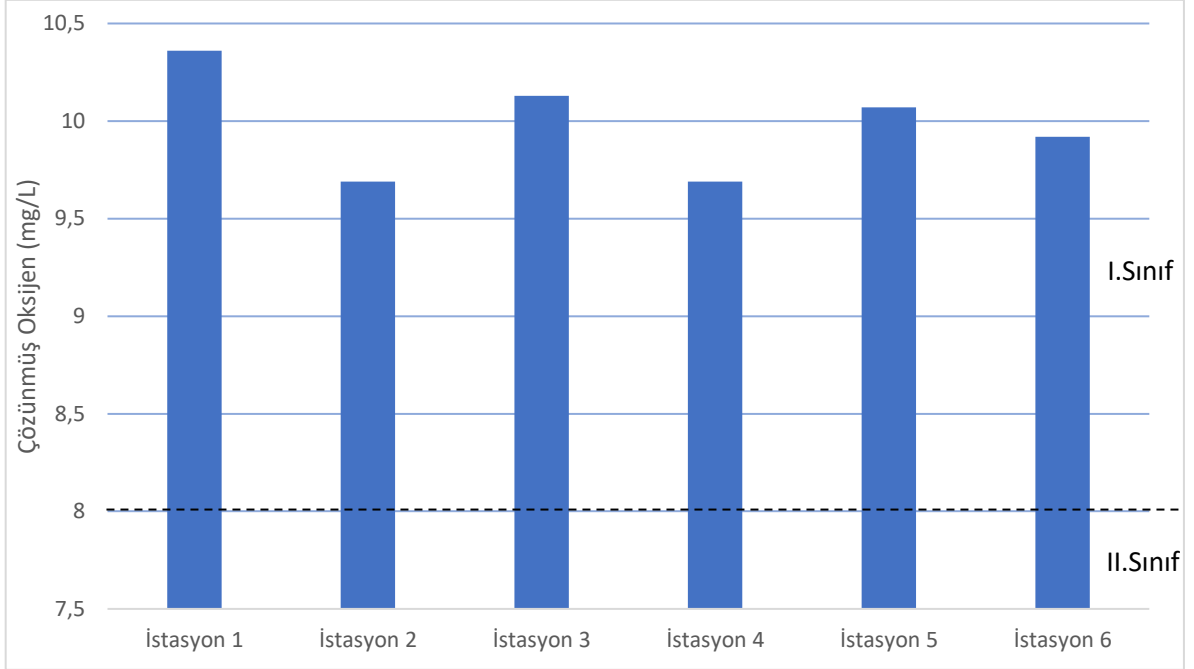
Çizelge 3.4. Örnek NSF-WQI hesaplama

Faktör	Analiz değeri	Q-değeri	Etki Faktörü(W)	WQI=QxW
ÇO (% doygunluk)	97,1	99	0,183	18,12
Fekal Koliform (EMS/100ml)	+1100	20	0,172	3,44
pH	7,82	89	0,118	10,5
BOİ (mg/L)	9,81	35	0,118	4,13
Sıcaklık değişikliği (°C)	2,4	83	0,108	8,96
Nitrat (mg/L)	2,05	95	0,108	10,26
Toplam fosfat – P (mg/L)	0,05	98	0,108	10,58
Bulanıklık (NTU)	22,68	59	0,085	5,01
Toplam WQI			WQI= Σ Q.W	71,01

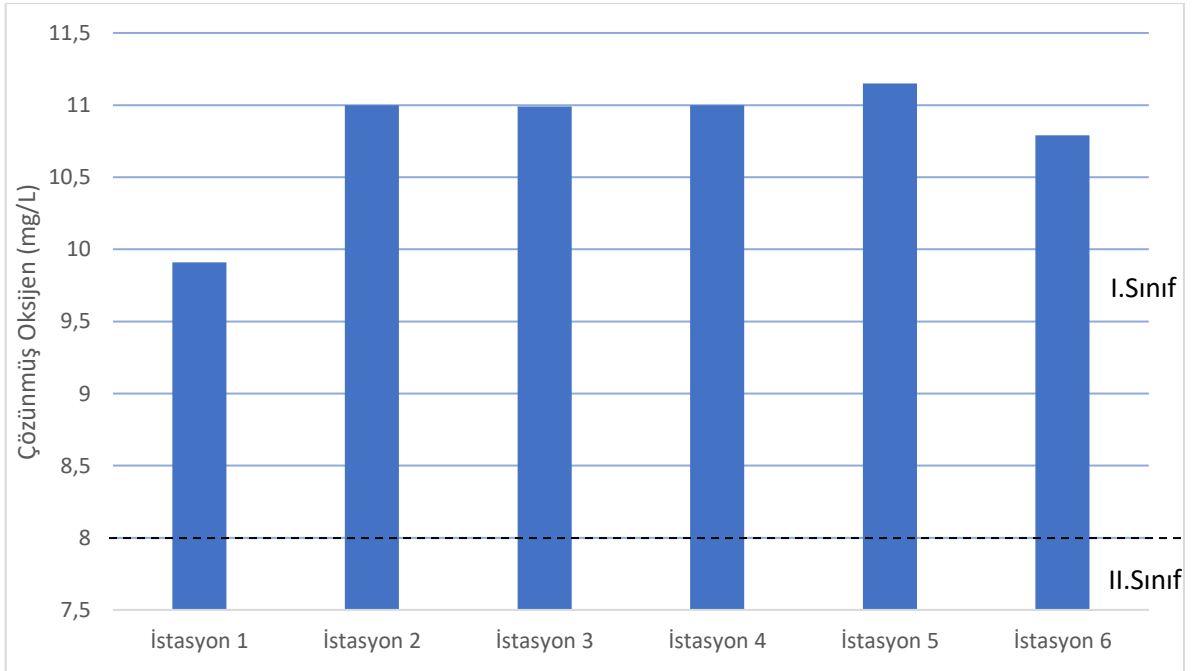
Her parametre için elde edilen Q değerleri ile etki faktörü çarpımı toplanarak Sonbahar 2018 mevsimindeki 1.istasyon için NSF-WQI değeri 71,01 olarak hesaplanmıştır ve çizelge 2.6 ile karşılaştırıldığında “iyi” kalite su olduğu gözlemlenmiştir. Her istasyon ve her mevsim için su kalite indeksi yukarıda gösterildiği şekilde hesaplanarak grafiğe geçirilmiştir.

4. BULGULAR

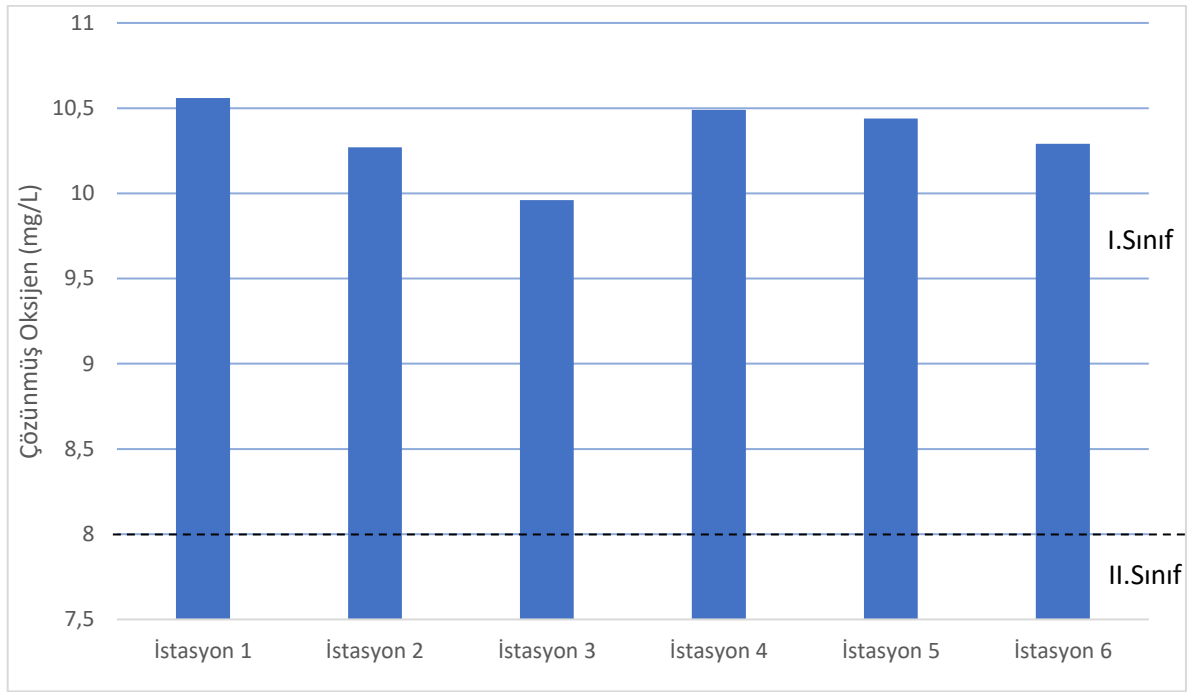
4.1. Su Kalite Parametreleri



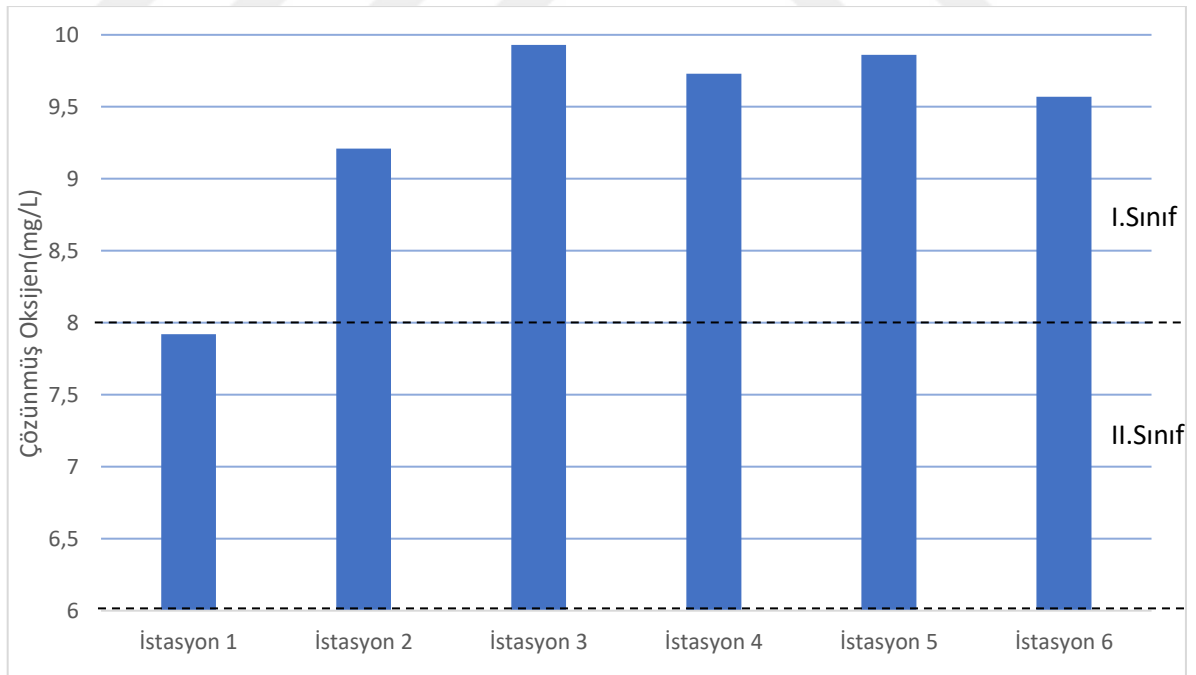
Şekil 4.1. Sonbahar 2018 çözülmüş oksijen miktarı (mg/L)



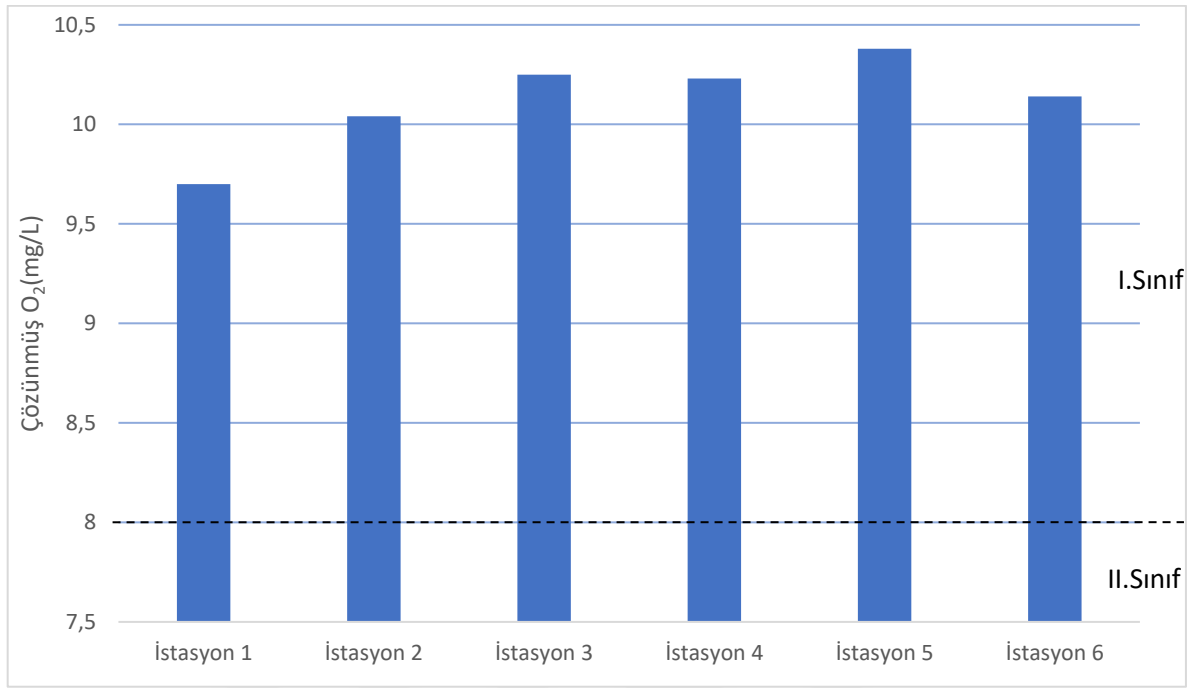
Şekil 4.2. Kış 2019 çözülmüş oksijen miktarı (mg/L)



Şekil 4.3. İlkbahar 2019 çözünmüş oksijen miktarı (mg/L)

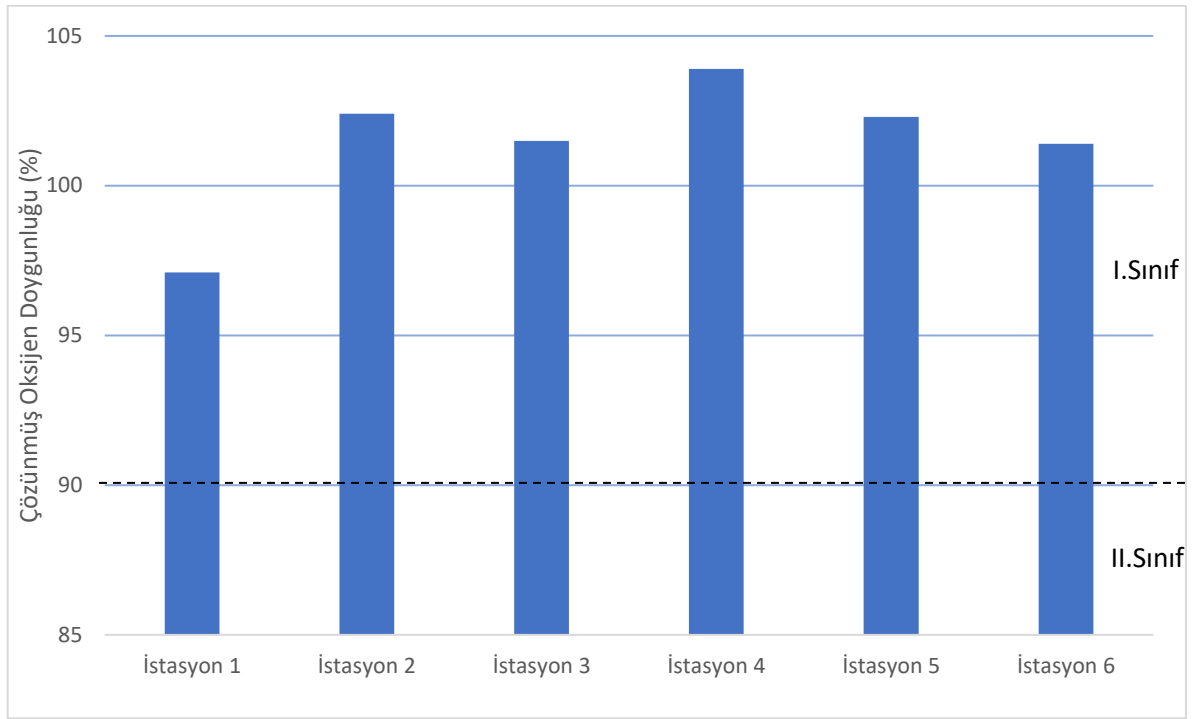


Şekil 4.4. Yaz 2019 çözünmüş oksijen miktarı (mg/L)

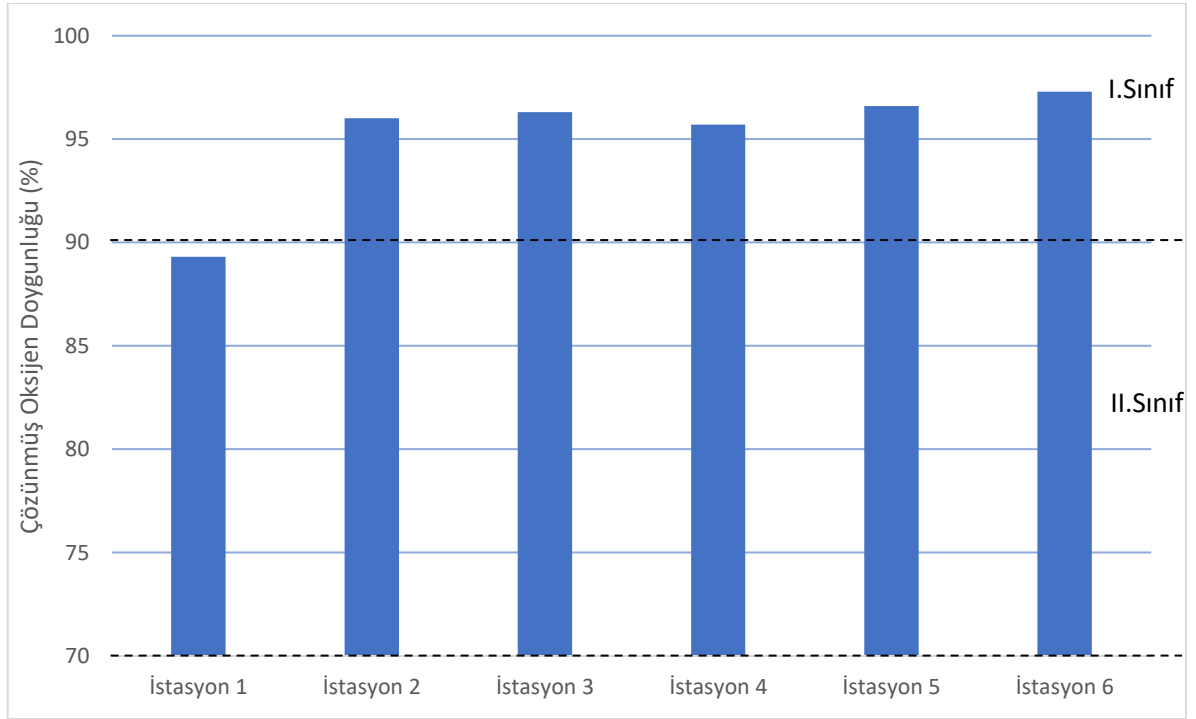


Şekil 4.5. Yıllık ortalama çözünmüş oksijen miktarı (mg/L)

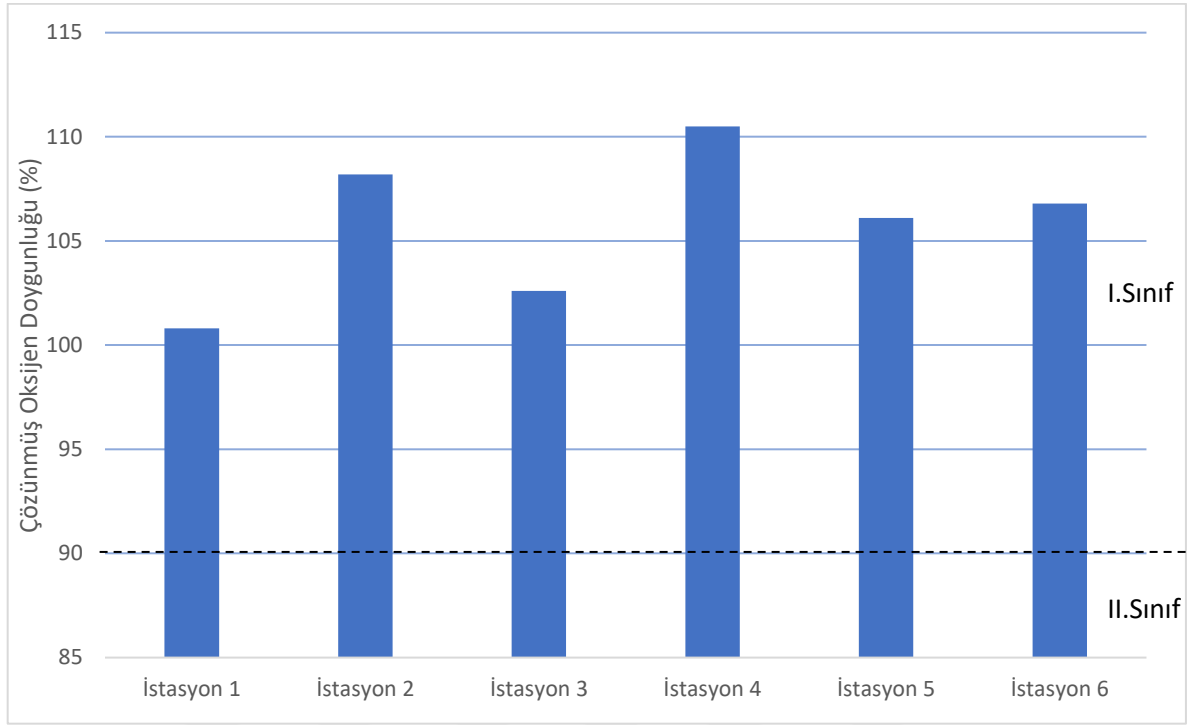
Yapılan çalışmada 2018 yılı Sonbahar mevsiminde, çözünmüş oksijen konsantrasyonu en yüksek 10,36 mg/L olarak 1. İstasyonda, en düşük 9,69 mg/L olarak 2. ve 4. İstasyonda ölçülmüştür. YSKSKK'ya göre karşılaştırıldığında tüm istasyonlar 1.Sınıf olduğu gözlenmiştir. 2019 yılı Kış mevsiminde ise 2,3,4 ve 5 istasyon çözünmüş oksijen konsantrasyonları birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiş, en yüksek konsantrasyon değerinin 11,15 mg/L olarak 5. İstasyonda, en düşük 9,91 mg/L olarak 1. İstasyonda ölçülmüştür ve YSKSKK'ya göre tüm istasyonlar Sonbahar mevsiminde olduğu gibi 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı İlkbahar mevsiminde, en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu 10,56 olarak 1. İstasyonda, en düşük 9,96 mg/L olarak 3. İstasyonda ölçülmüştür ve YSKSKK'ya göre tüm istasyonlar Sonbahar ve Kış mevsiminde olduğu gibi 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı Yaz mevsiminde, en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu 9,93 mg/L olarak 3. İstasyonda, en düşük 7,92 mg/L olarak 1. İstasyonda ölçülmüştür ve YSKSKK'ya göre 2, 3, 4, 5 ve 6 istasyonları 1. Sınıf olarak gözlemlenirken 1. İstasyon 2. Kalite sınıf su olduğu gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerlerine bakıldığında tüm istasyonların 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir.



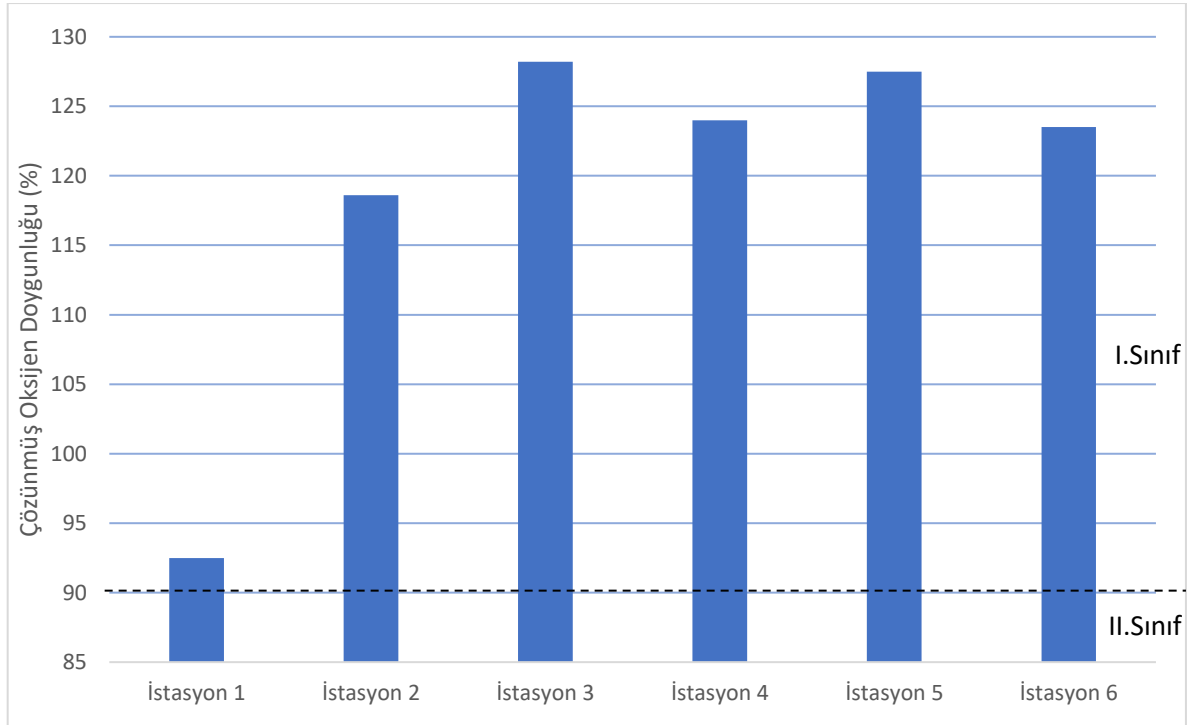
Şekil 4.6. Sonbahar 2018 çözünmüş oksijen doygunluğu (%)



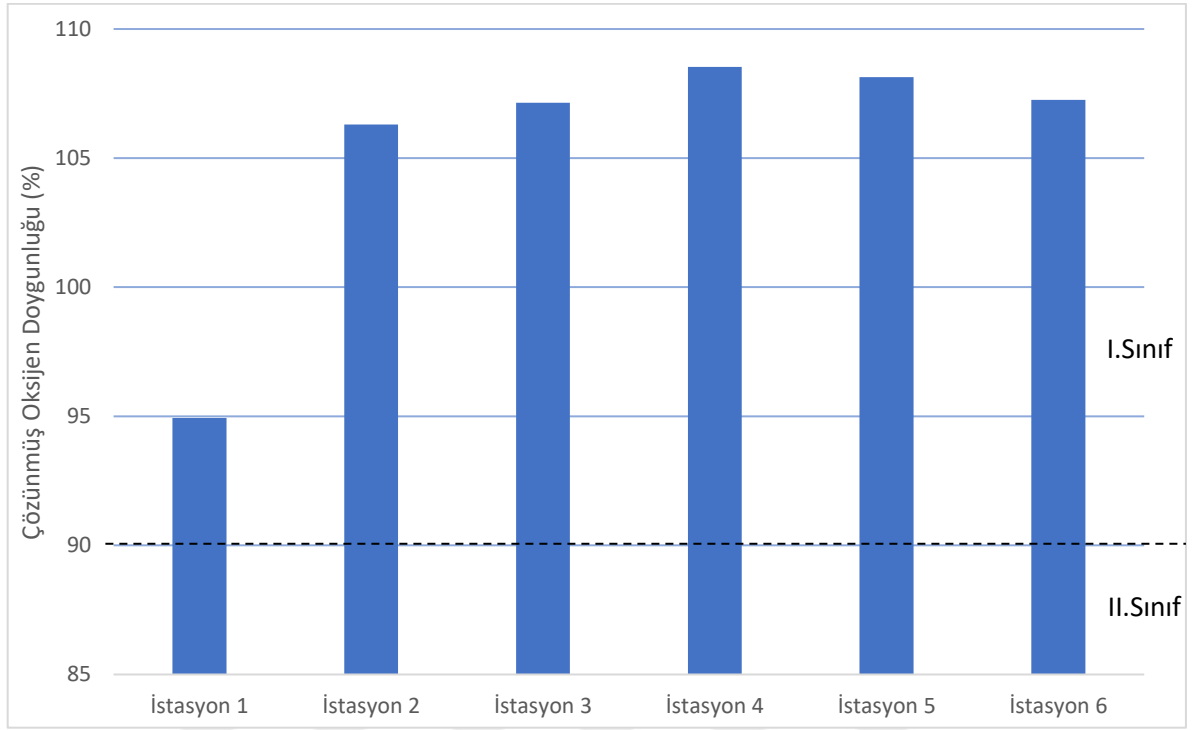
Şekil 4.7. Kış 2019 çözünmüş oksijen doygunluğu (%)



Şekil 4.8. İlkbahar 2019 çözünmüş oksijen doygunluğu (%)

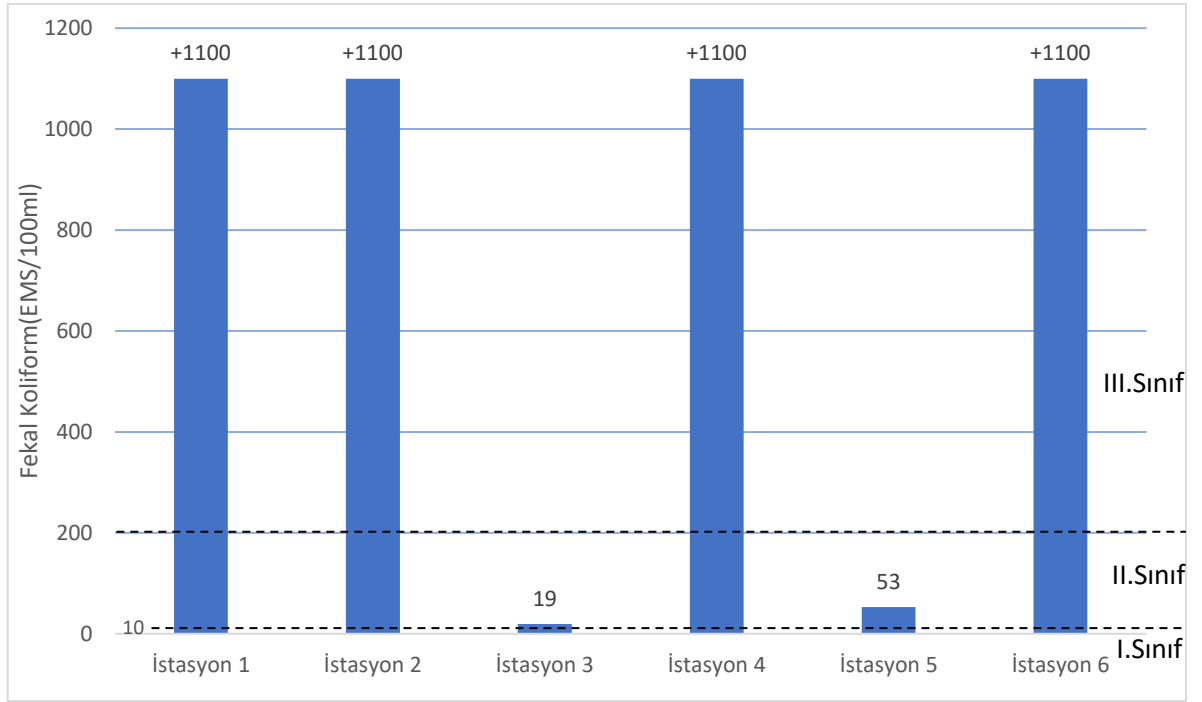


Şekil 4.9. Yaz 2019 çözünmüş oksijen doygunluğu (%)

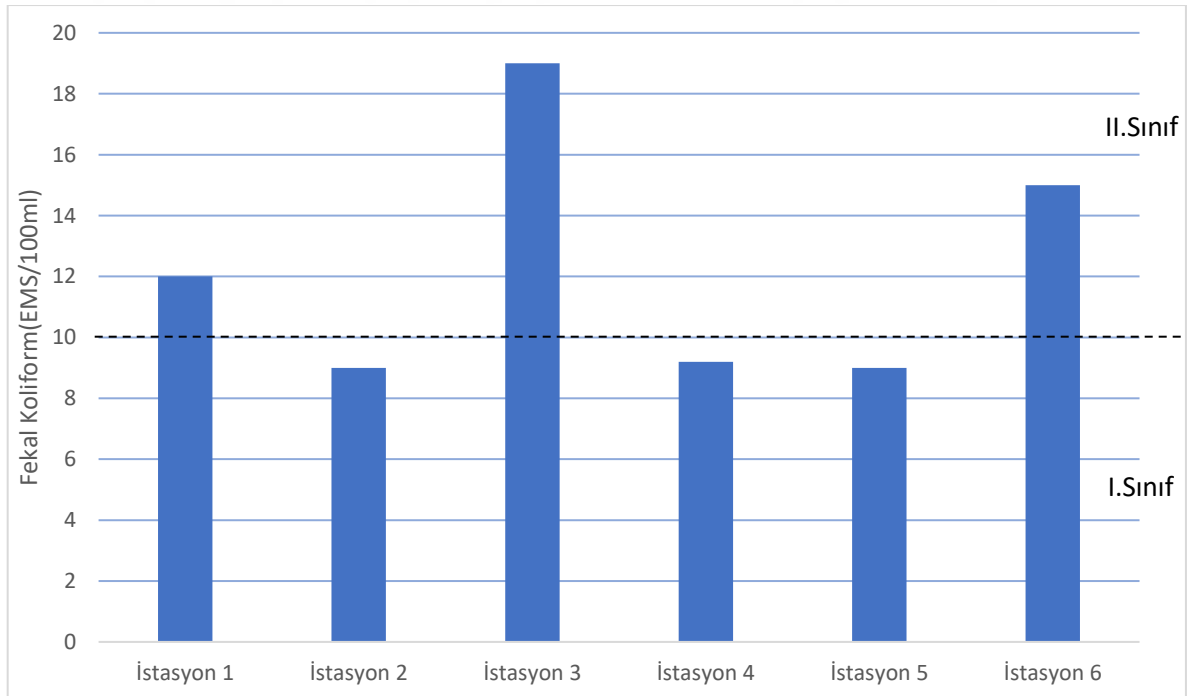


Şekil 4.10. Yıllık ortalama çözünmüş oksijen doygunluğu (%)

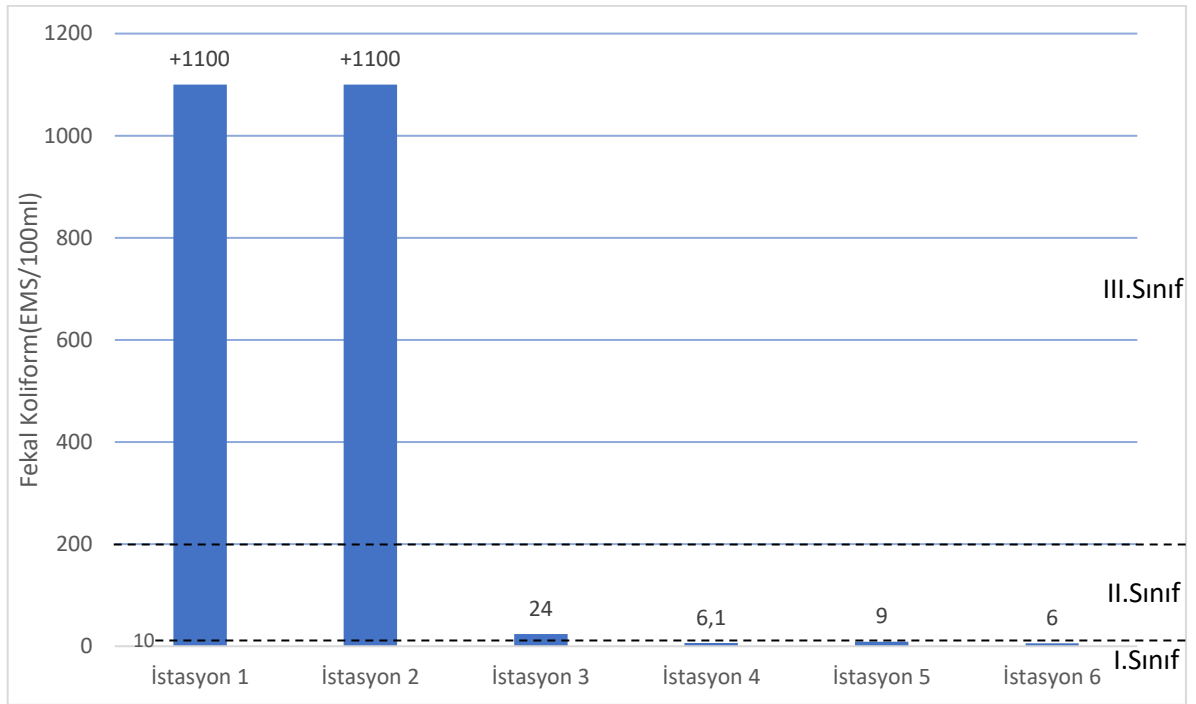
2018 yılı Sonbahar mevsiminde, çözünmüş oksijen doygunluğu en yüksek %103,9 olarak 4. İstasyonda, en düşük %97,1 olarak 1. İstasyonda ölçülmüştür ve YSKSKK'ya göre karşılaştırıldığında tüm istasyonlar 1.Sınıf olduğu gözlenmiştir. 2019 yılı Kış mevsiminde ise 2, 3, 4, 5 ve 6 istasyonlarının çözünmüş oksijen doygunluğu değerleri birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiş, en yüksek değerinin %97,3 olarak 6. İstasyonda, en düşük %89,3 olarak 1. İstasyonda ölçülmüştür ve YSKSKK'ya göre 1. İstasyon hariç tüm istasyonlar Sonbahar mevsiminde olduğu gibi 1.Sınıf olduğu gözlemlenirken 1. İstasyon 2.Sınıf olduğu görülmektedir. 2019 yılı İlkbahar mevsiminde, en yüksek çözünmüş oksijen doygunluğu %110,5 olarak 4. İstasyonda, en düşük %100,8 olarak 1. İstasyonda ölçülmüştür ve YSKSKK'ya göre tüm istasyonlar Sonbahar mevsiminde olduğu gibi 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı Yaz mevsiminde, en yüksek çözünmüş oksijen doygunluğu %128,2 mg/L olarak 3. İstasyonda, en düşük %92,5 olarak 1. İstasyonda ölçülmüştür ve YSKSKK'ya göre tüm istasyonlar Sonbahar ve İlkbahar mevsiminde olduğu gibi 1.Sınıf olarak gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama çözünmüş oksijen doygunluğu değerlerine bakıldığında tüm istasyonların 1.Sınıf olduğu görülmektedir.



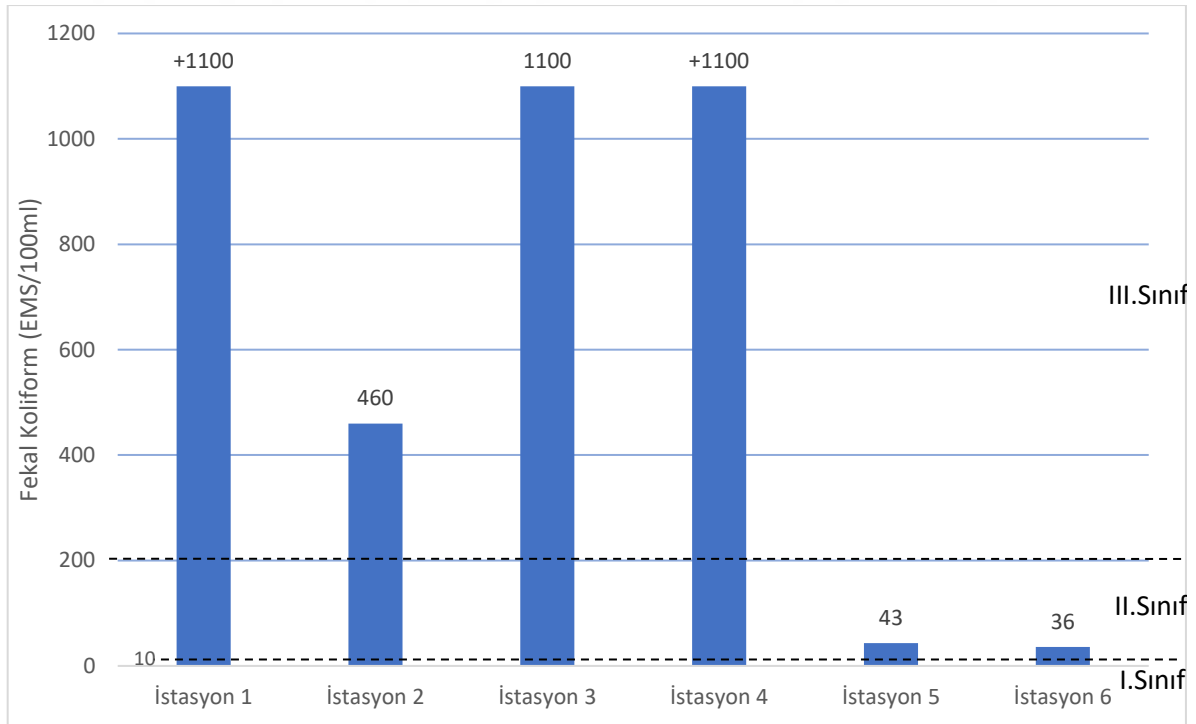
Şekil 4.11. Sonbahar 2018 fekal koliiform seviyeleri (EMS/100ml)



Şekil 4.12. Kış 2019 fekal koliiform seviyeleri (EMS/100ml)

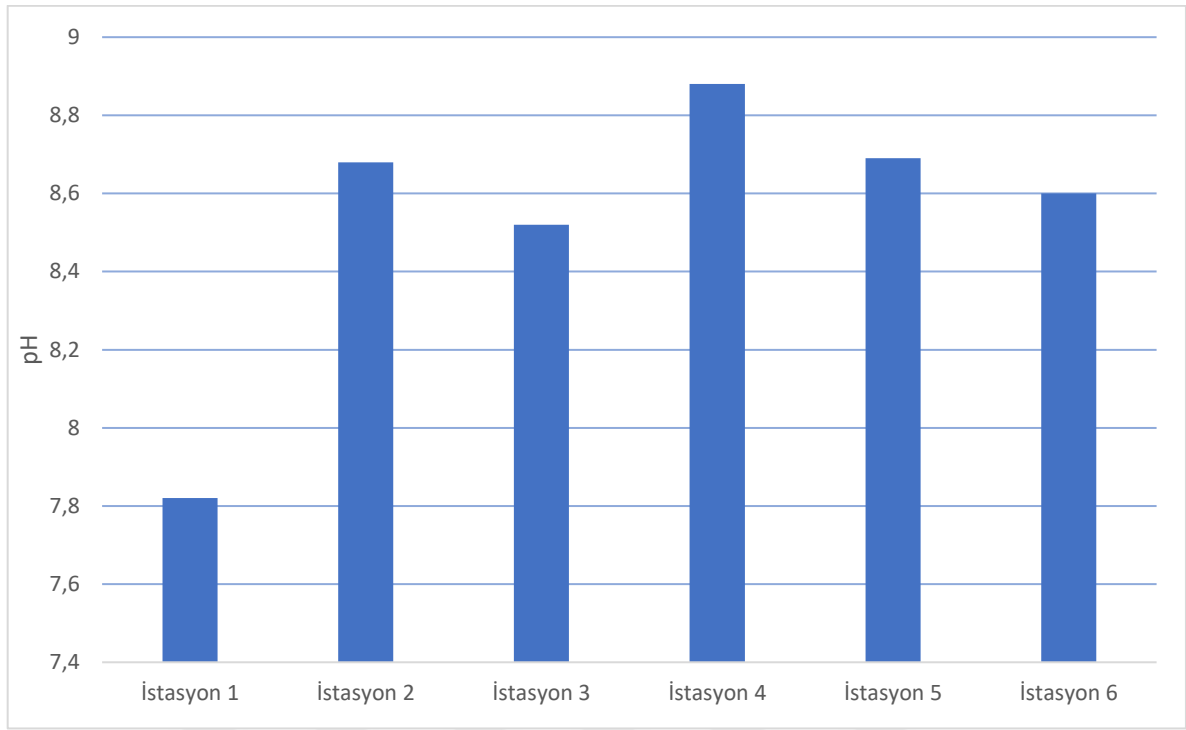


Şekil 4.13. İlkbahar 2019 fekal koliform seviyeleri (EMS/100ml)

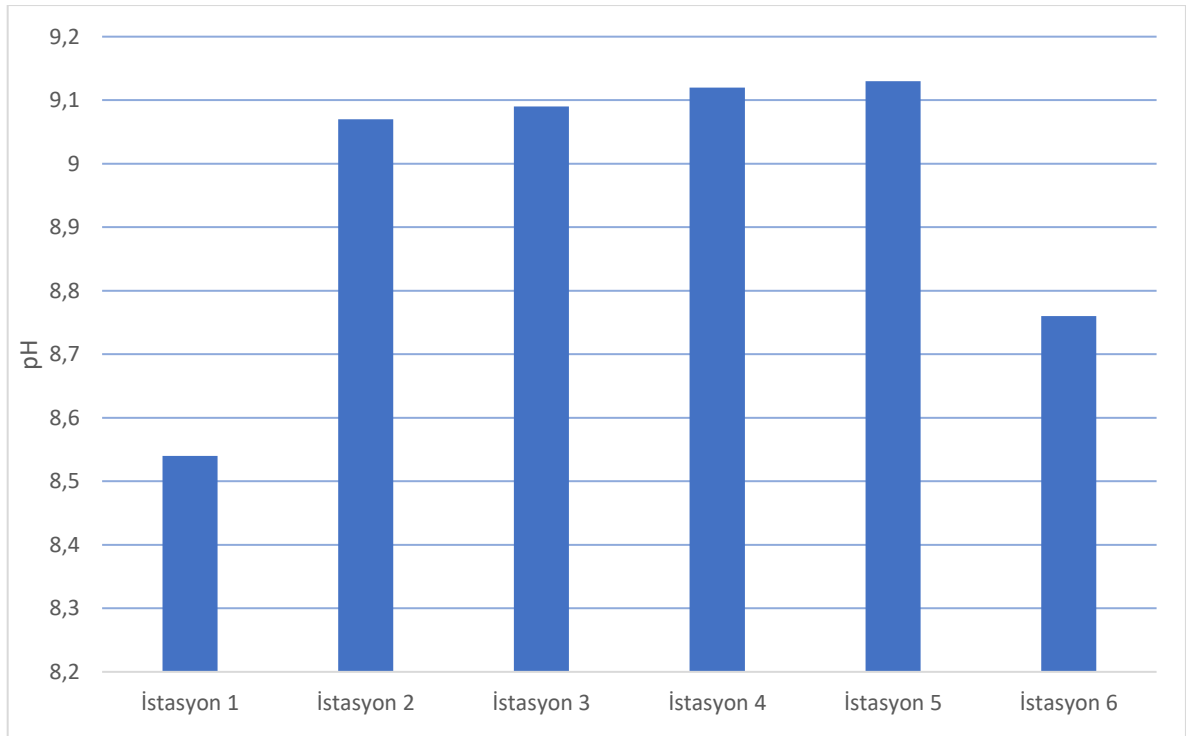


Şekil 4.14. Yaz 2019 fekal koliform seviyeleri (EMS/100ml)

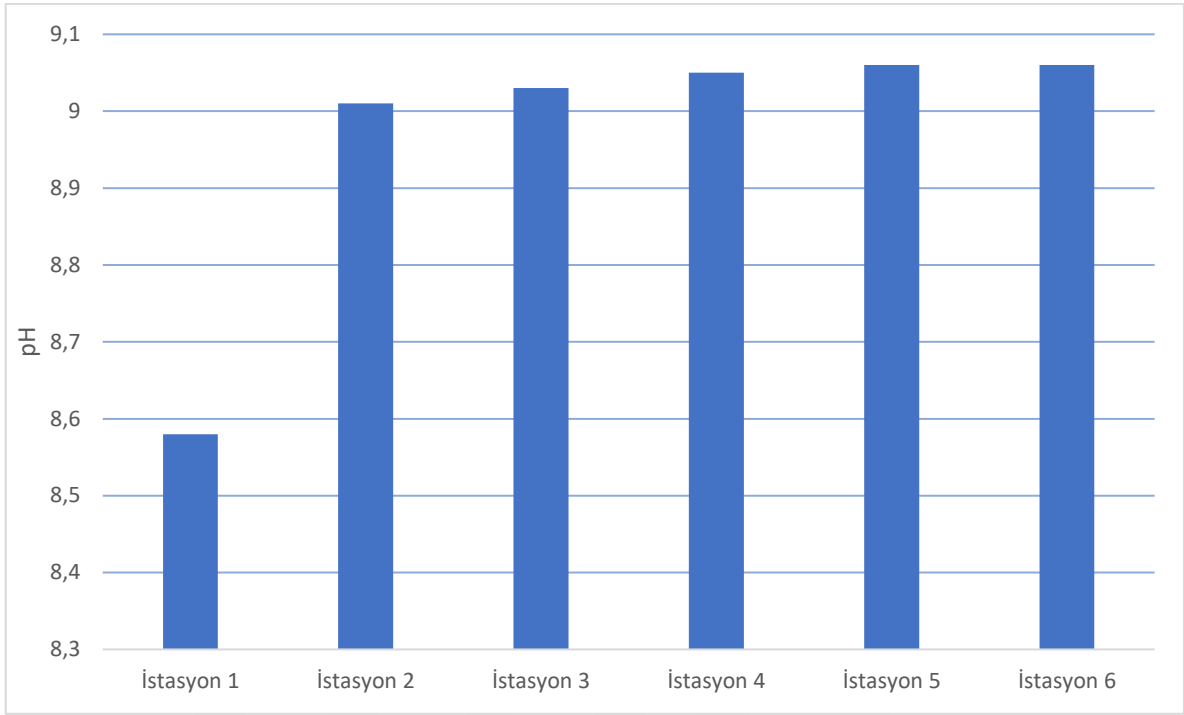
2018 yılı Sonbahar mevsiminde, fekal koliformun en yüksek +1100 EMS/100mL olarak 1, 2, 4 ve 6 İstasyonlarında, en düşük 19 EMS/100mL olarak 3. İstasyonda görülmektedir. YSKSKK'ya göre karşılaştırıldığında 1, 2, 4 ve 6 istasyonları 3.Sınıf, 3 ve 5 İstasyonlarının 2.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı Kış mevsiminde ise fekal koliformun en yüksek değerinin 19 EMS/100mL olarak 3. İstasyonda, en düşük 9 EMS/100mL olarak 2. İstasyonda görülmektedir. YSKSKK'ya göre 2, 4 ve 5 İstasyonları 1.Sınıf ve 1, 3, ve 6 istasyonlarının 2.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı İlkbahar mevsiminde, en yüksek fekal koliform değeri +1100 EMS/100mL olarak 1. ve 2. İstasyonlarında, en düşük 6 EMS/100mL olarak 6. İstasyonda görülmektedir. YSKSKK'ya göre 1 ve 2 istasyonlar 3.Sınıf, 3. İstasyon 2.Sınıf, 4. 5. ve 6. İstasyonlarının 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı Yaz mevsiminde, en yüksek fekal koliform değeri +1100 EMS/100mL olarak 1, 3 ve 4 İstasyonlarında, en düşük 36 EMS/100mL olarak 6. İstasyonda ölçülmüştür. YSKSKK'ya göre 1, 2, 3 ve 4 istasyonlarının 3.Sınıf; 5. ve 6. İstasyonların 2.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre koliform bakteriler için sınır değeri 0/250mL olarak belirlenmiştir. 2018 Sonbahar mevsiminden 2019 Yaz mevsime kadar her istasyon için elde edilen fekal koliform değerleri bu sınır değerinin oldukça üzerindedir ve insani tüketim amaçlı olarak kullanılması uygun değildir.



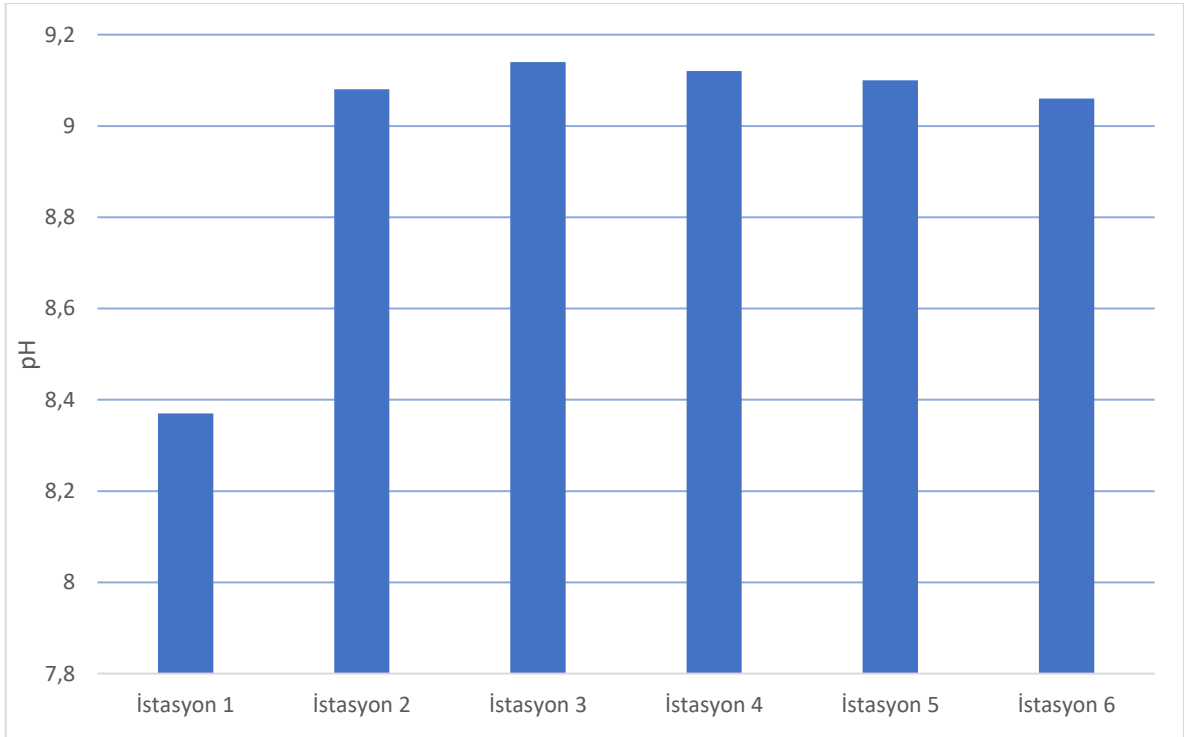
Şekil 4.15. Sonbahar 2018 pH değerleri



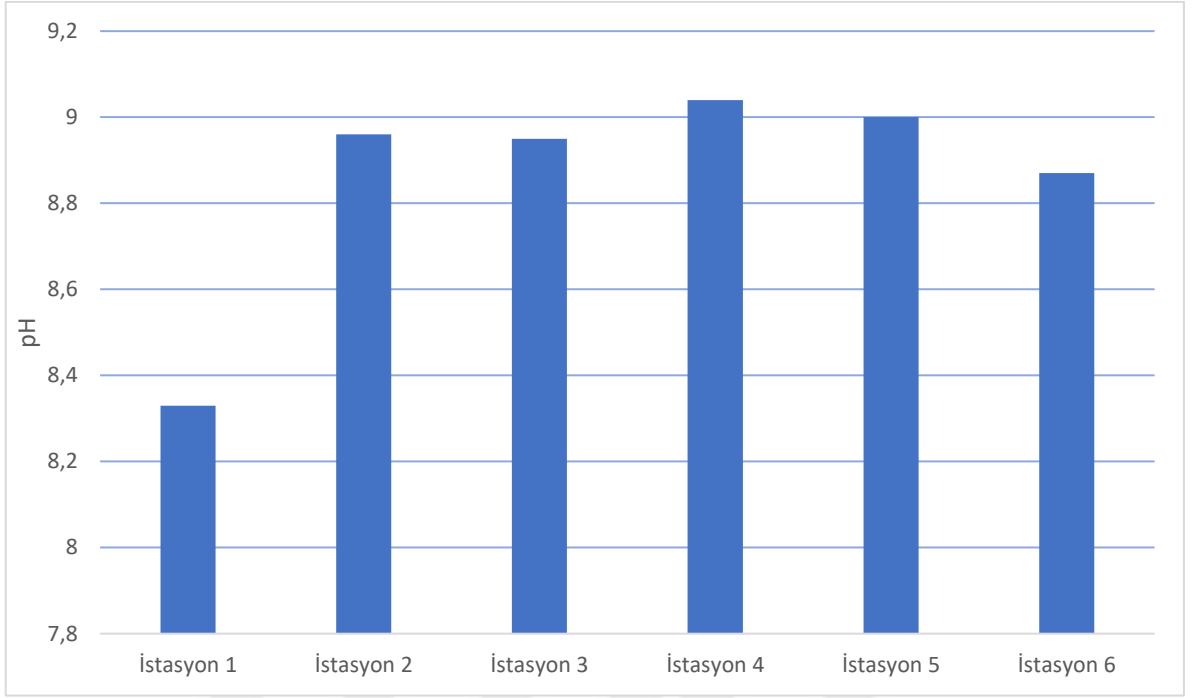
Şekil 4.16. Kış 2019 pH değerleri



Şekil 4.17. İlkbahar 2019 pH değerleri

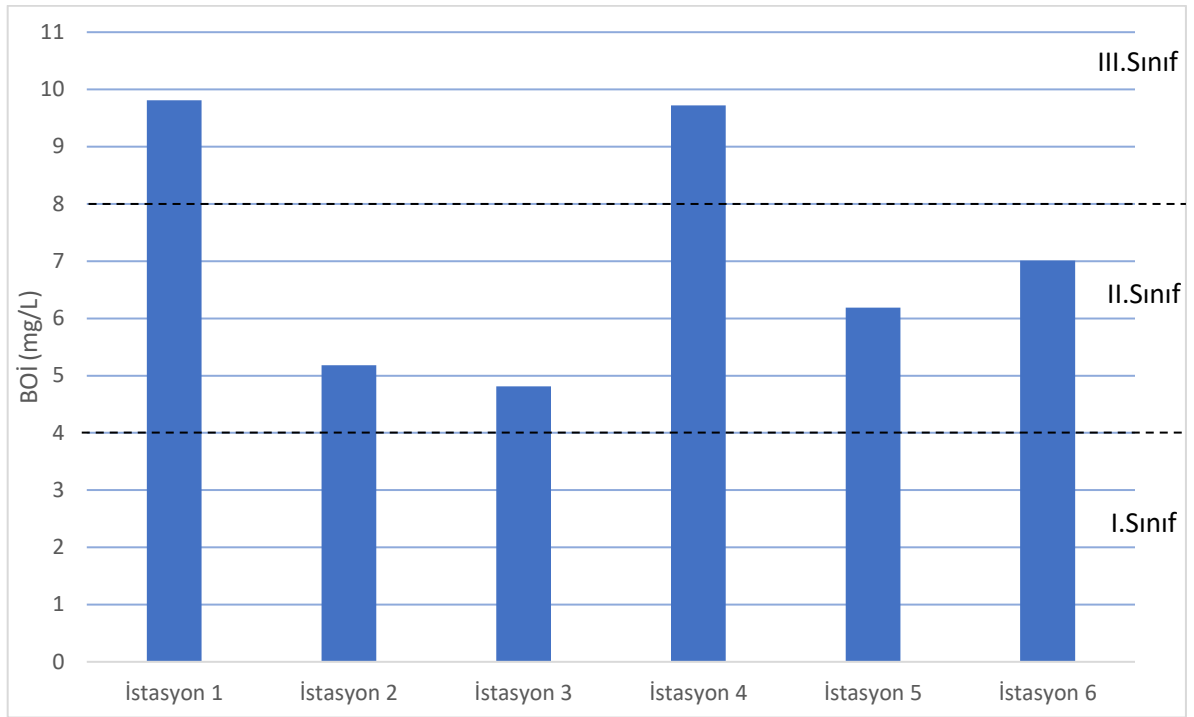


Şekil 4.18. Yaz 2019 pH değerleri

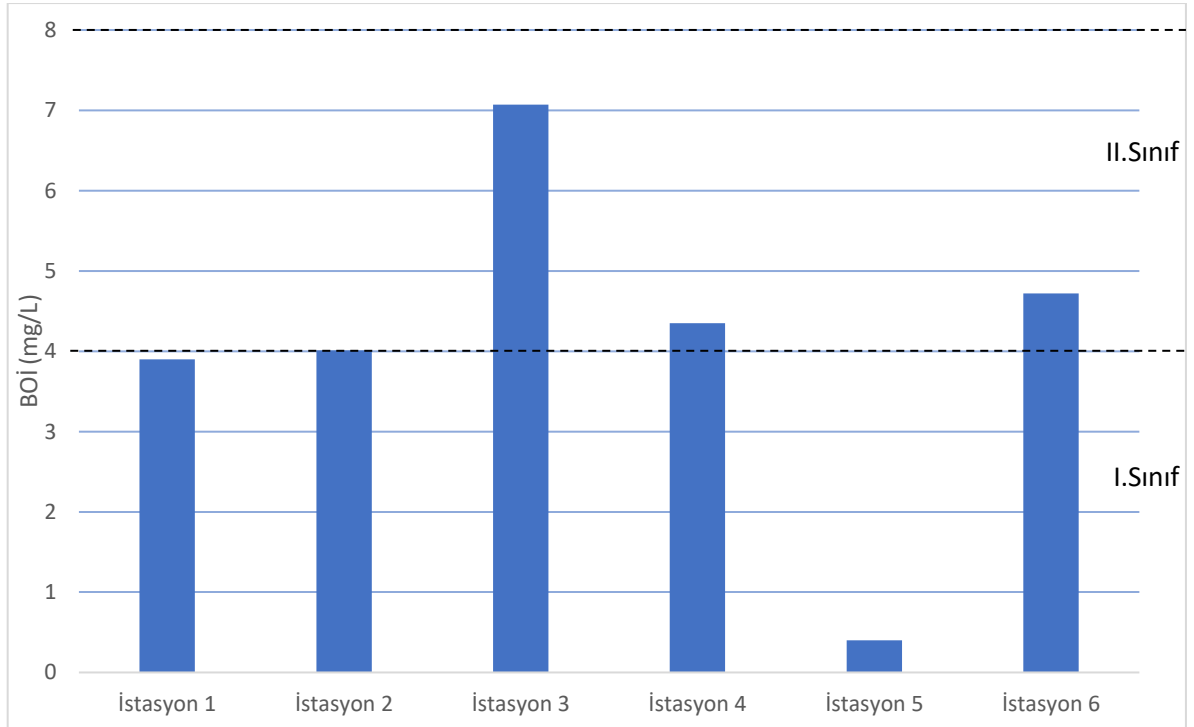


Şekil 4.19. Yıllık ortalama pH değerleri

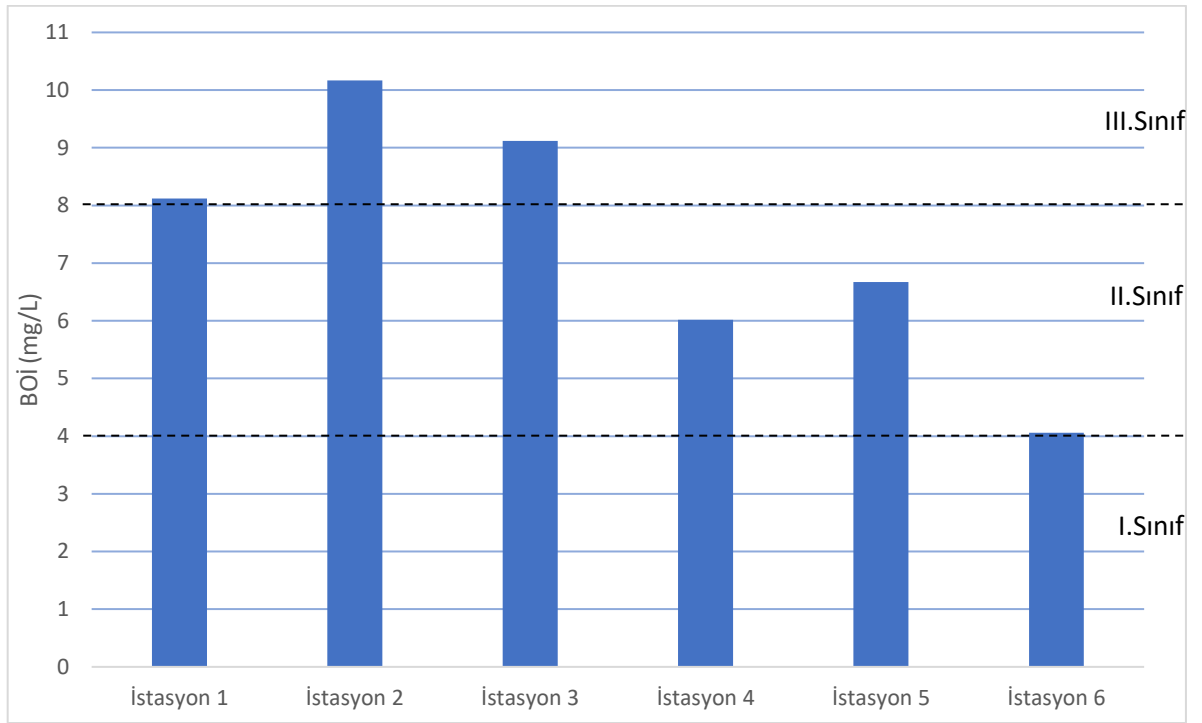
Sonbahar 2018- Yaz 2019 tarihleri arasında yapılan çalışmada tüm mevsimlerdeki tüm istasyon pH değerleri 7,82 ile 9,14 arasında değişim gösterdiği gözlenmektedir. YSKSKK'ya göre pH parametresi için tüm kalite sınıflarına göre 6 ile 9 arasında, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre 6,5 ile 9,5 arasında olduğu gözlemlenmiştir. En düşük pH değerinin 2018 yılının Sonbahar mevsiminde 7,82 olarak 1. İstasyonda, en yüksek ise 2019 yılının Yaz mevsiminde 9,14 olarak 3. İstasyonda ölçülmüştür. YSKSKK'ya göre Sonbahar mevsimi mevzuatta belirtilen sınır değerleri aşmazken; Kış, İlkbahar ve yaz mevsimlerinde üst sınır değerlerinin aşıldığı gözlemlenmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre tüm mevsimlerde mevzuatta belirtilen alt ve üst sınır değerlerinin aşılmadığı gözlemlenmiştir.



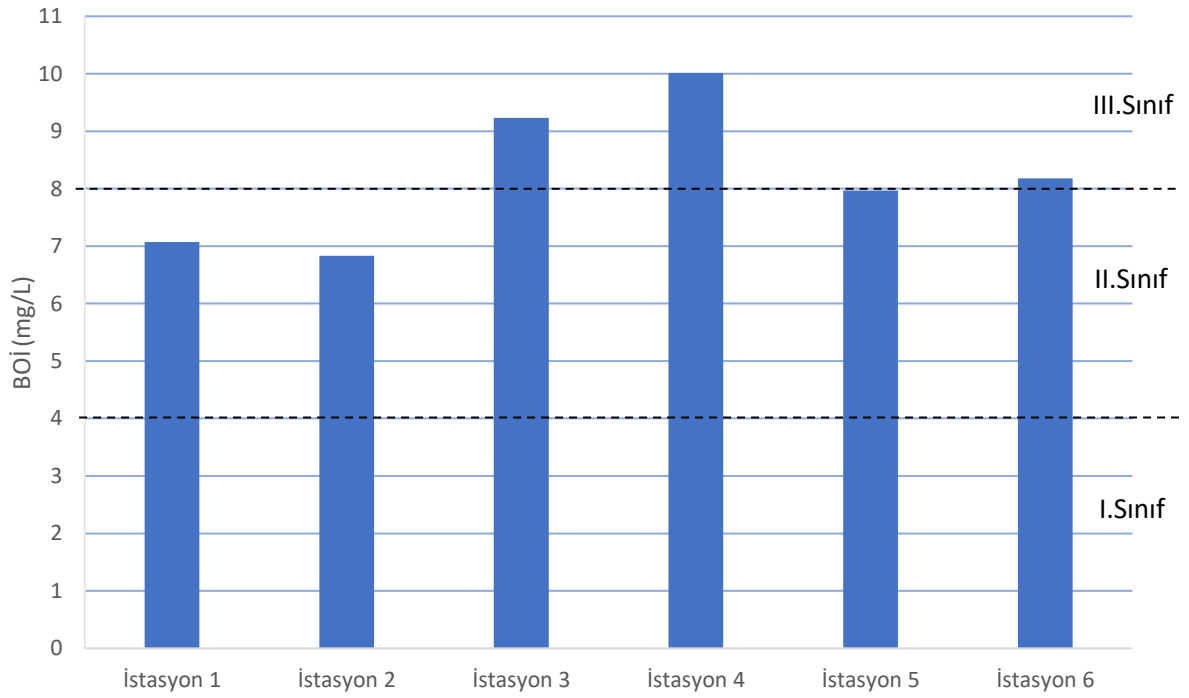
Şekil 4.20. Sonbahar 2018 BOİ değerleri (mg/L)



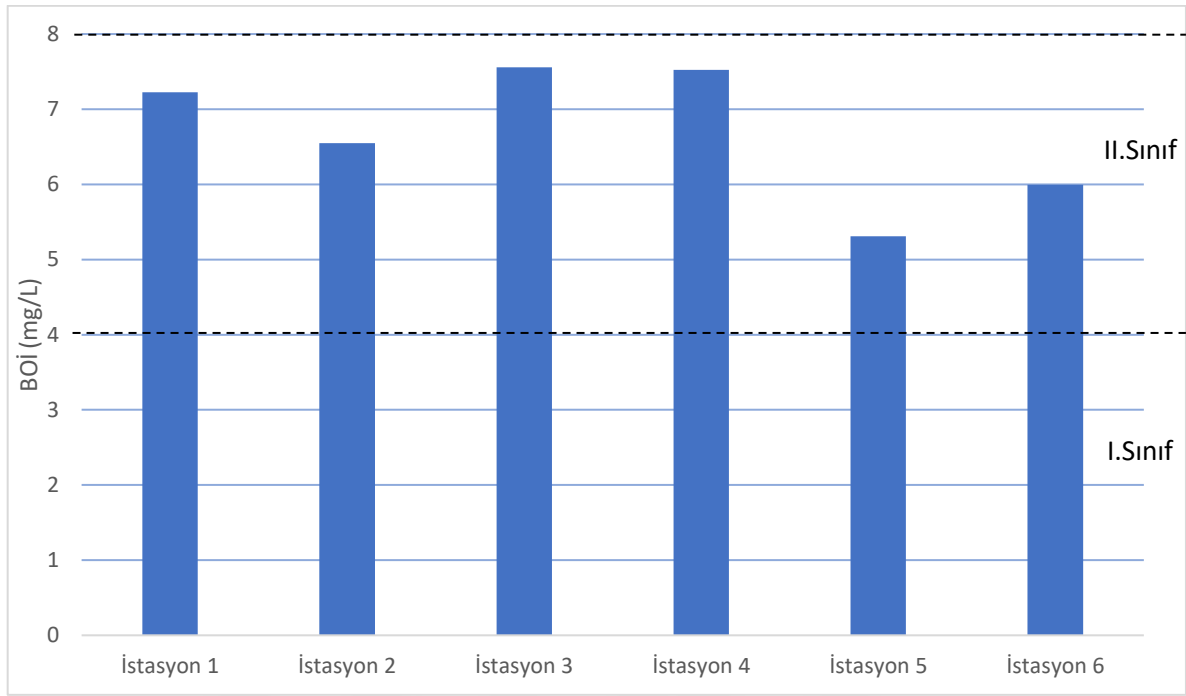
Şekil 4.21. Kış 2019 BOİ değerleri (mg/L)



Şekil 4.22. İlkbahar BOİ değerleri (mg/L)

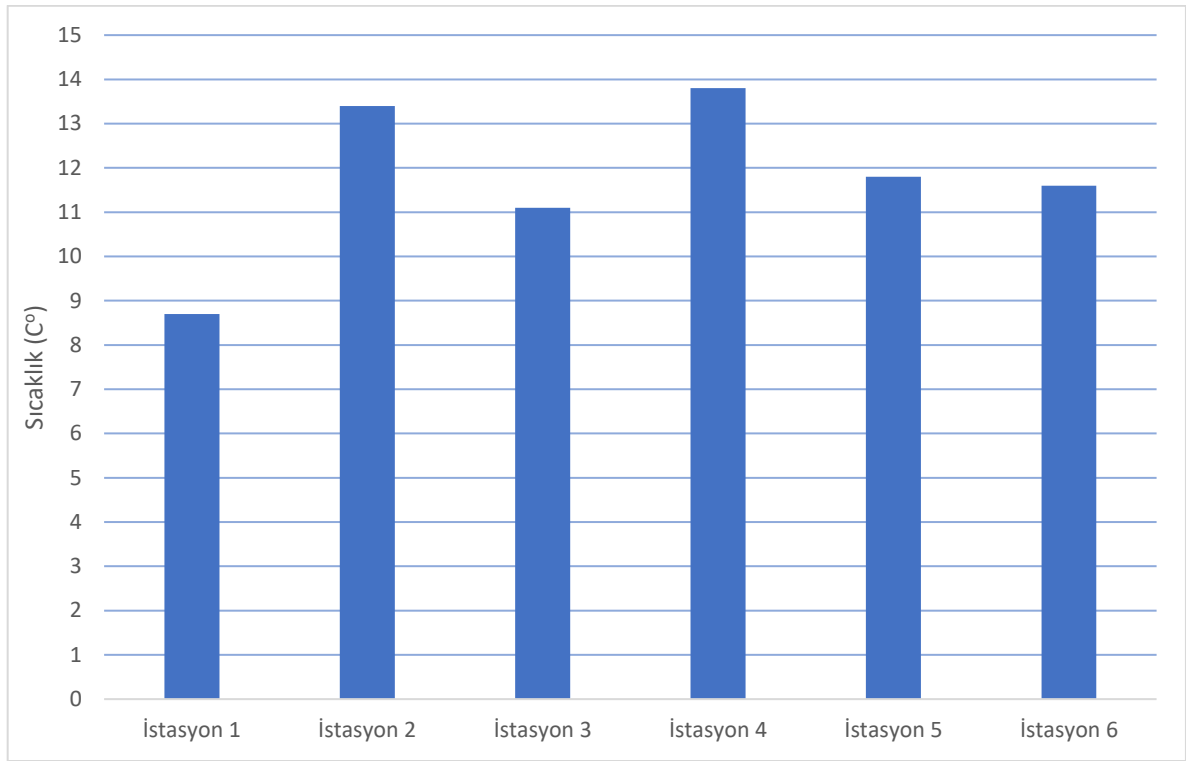


Şekil 4.23. Yaz 2019 BOİ değerleri (mg/L)

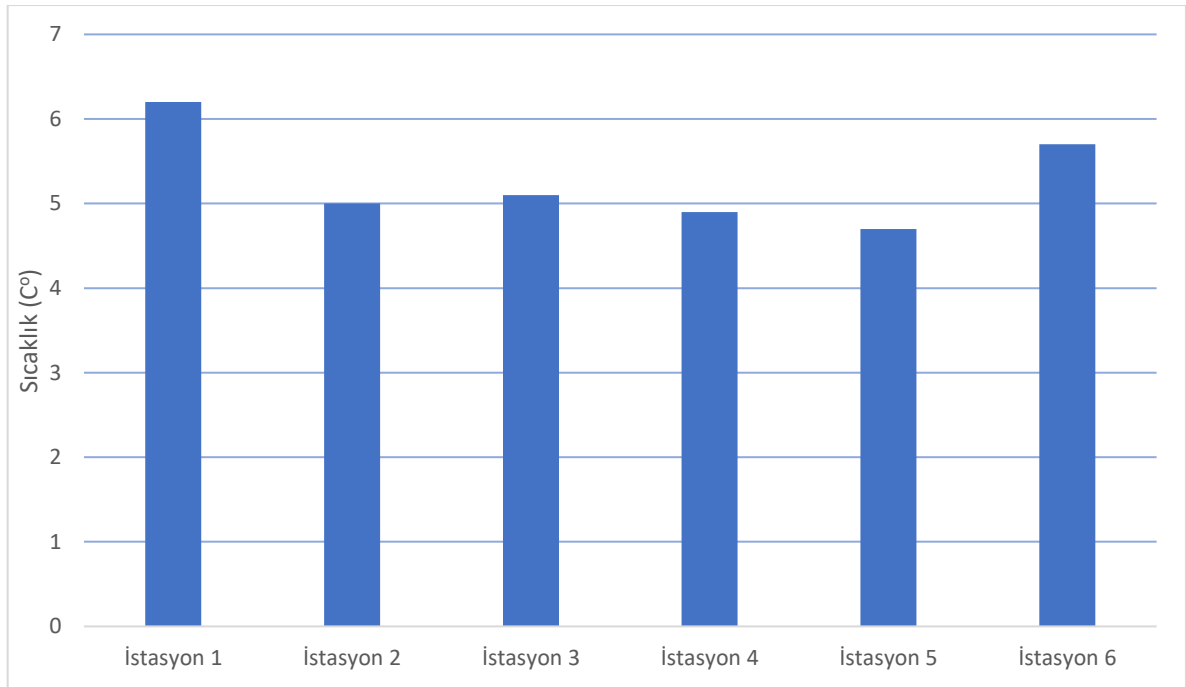


Şekil 4.24. Yıllık ortalama BOİ değerleri (mg/L)

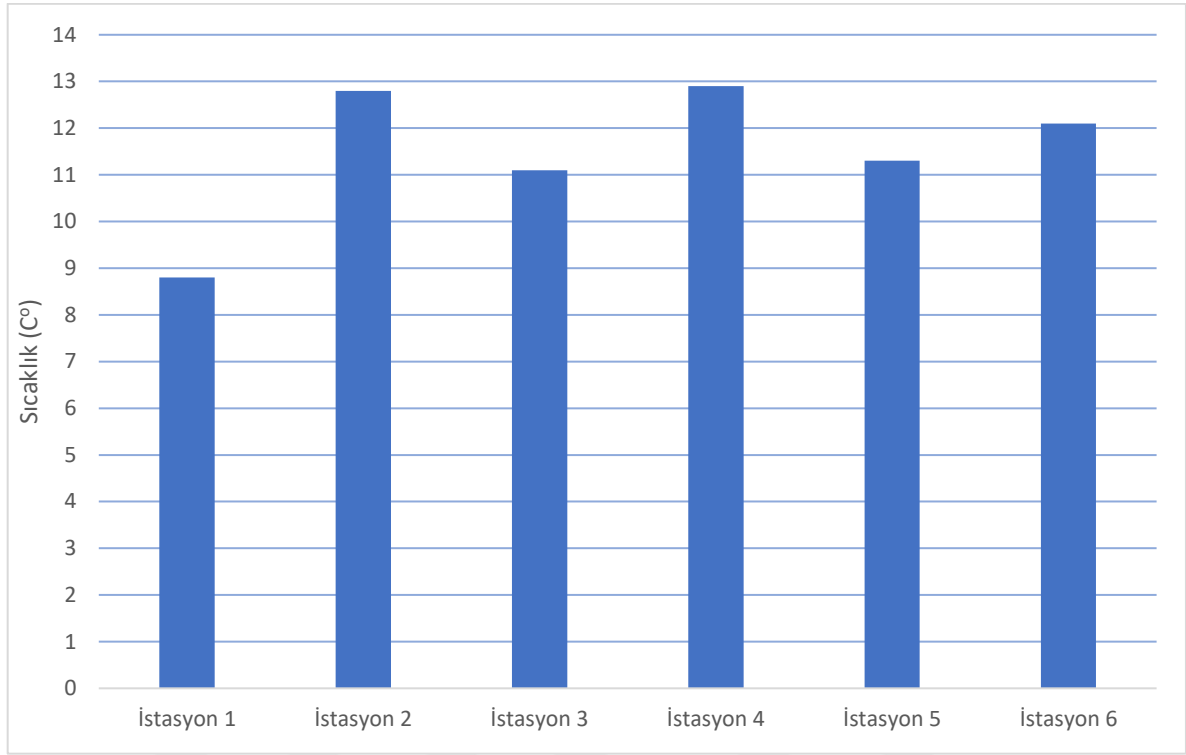
2018 yılı Sonbahar mevsiminde, en yüksek BOİ değeri 9,81 mg/L olarak 1 İstasyonda, en düşük BOİ değeri 4,81 mg/L olarak 3. İstasyonda görülmektedir. YSKSKK'ya göre karşılaştırıldığında 2, 3, 5 ve 6 istasyonları 2.Sınıf, 1 ve 4 İstasyonlarının 3.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı Kış mevsiminde ise en yüksek BOİ değeri 7,07 mg/L olarak 3. İstasyonda, en düşük BOİ değeri 0,4 mg/L olarak 5. İstasyonda görülmektedir. YSKSKK'ya göre 2, 3, 4 ve 6 İstasyonları 2.Sınıf; 1 ve 5 istasyonlarının 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı İlkbahar mevsiminde, en yüksek BOİ değeri 10,17 mg/L olarak 2. İstasyonda, en düşük BOİ değeri 4,06 mg/L olarak 6. İstasyonda görülmektedir. YSKSKK'ya göre 1, 2 ve 3 istasyonları 3.Sınıf; 4, 5 ve 6 İstasyonlarında 2.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı Yaz mevsiminde, en yüksek BOİ değeri 10,01 mg/L olarak 4. İstasyonda, en düşük BOİ değeri 6,83 mg/L olarak 2. İstasyonda ölçülmüştür. YSKSKK'ya göre 3, 4 ve 6 istasyonlarının 3.Sınıf ve 1, 2 ve 5 İstasyonlarının 2.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama BOİ seviyelerinin tamamı 2.Sınıf olarak gözlemlenmektedir.



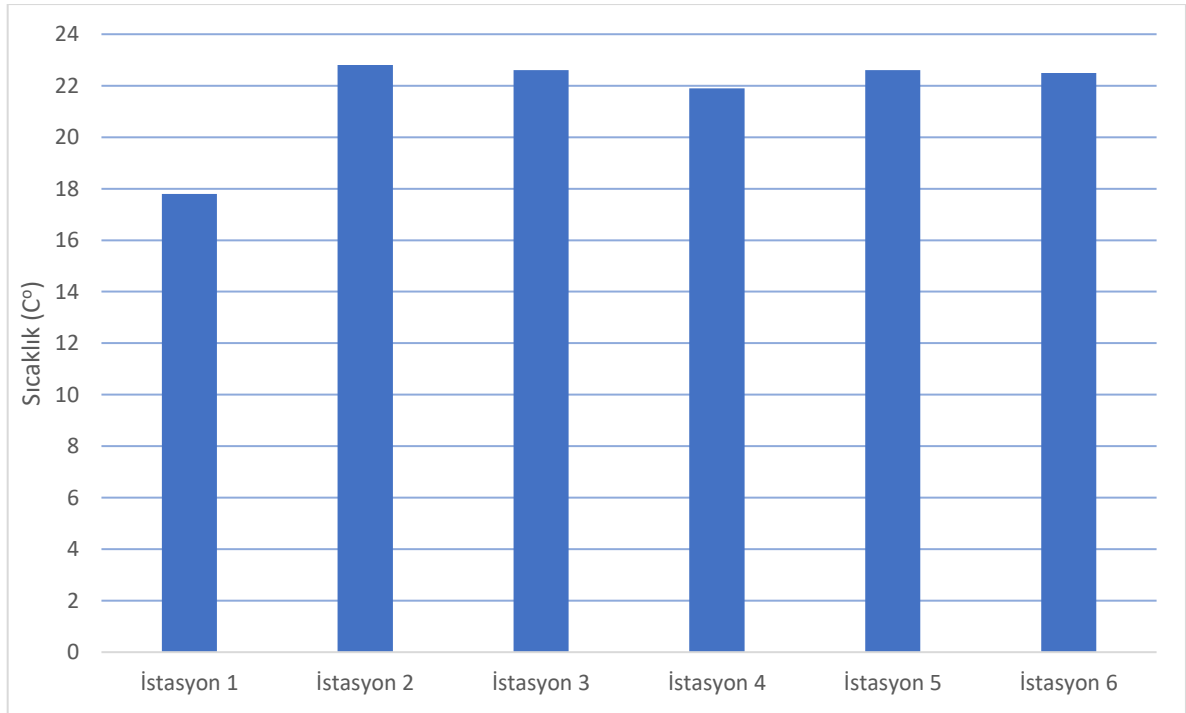
Şekil 4.25. Sonbahar 2018 sıcaklık değerleri (°C)



Şekil 4.26. Kış 2019 sıcaklık değerleri (°C)

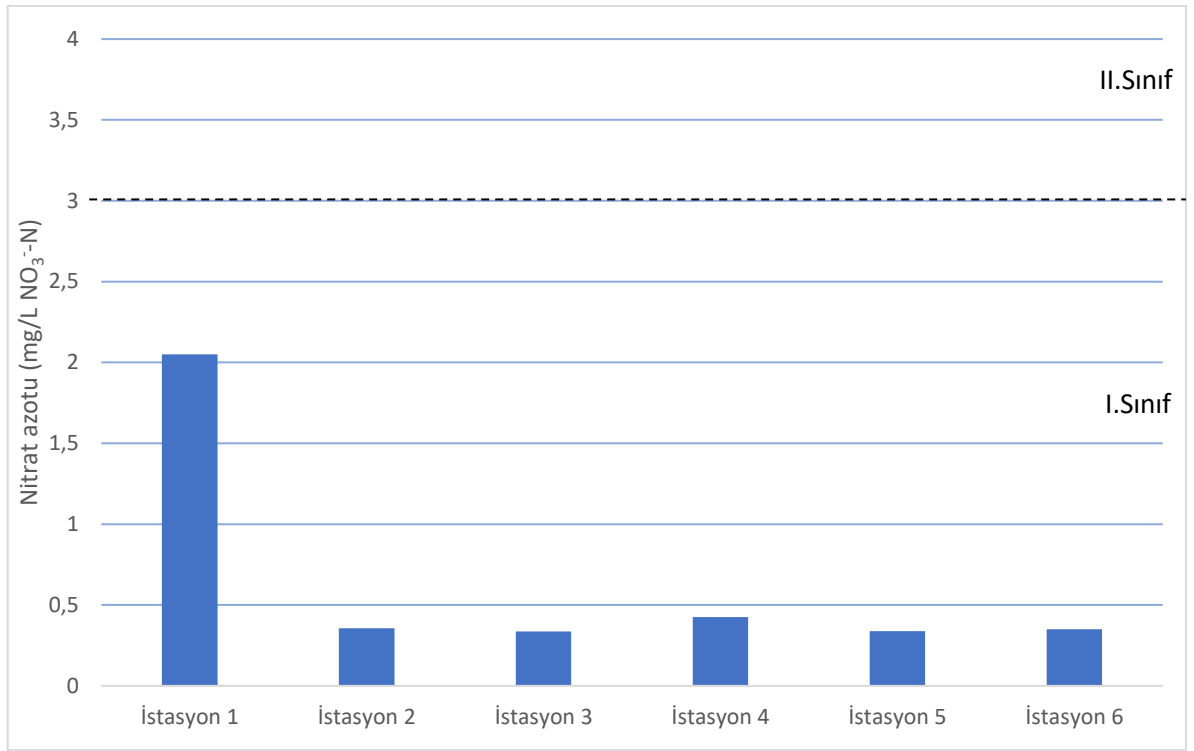


Şekil 4.27. İlkbahar 2019 sıcaklık değerleri (°C)

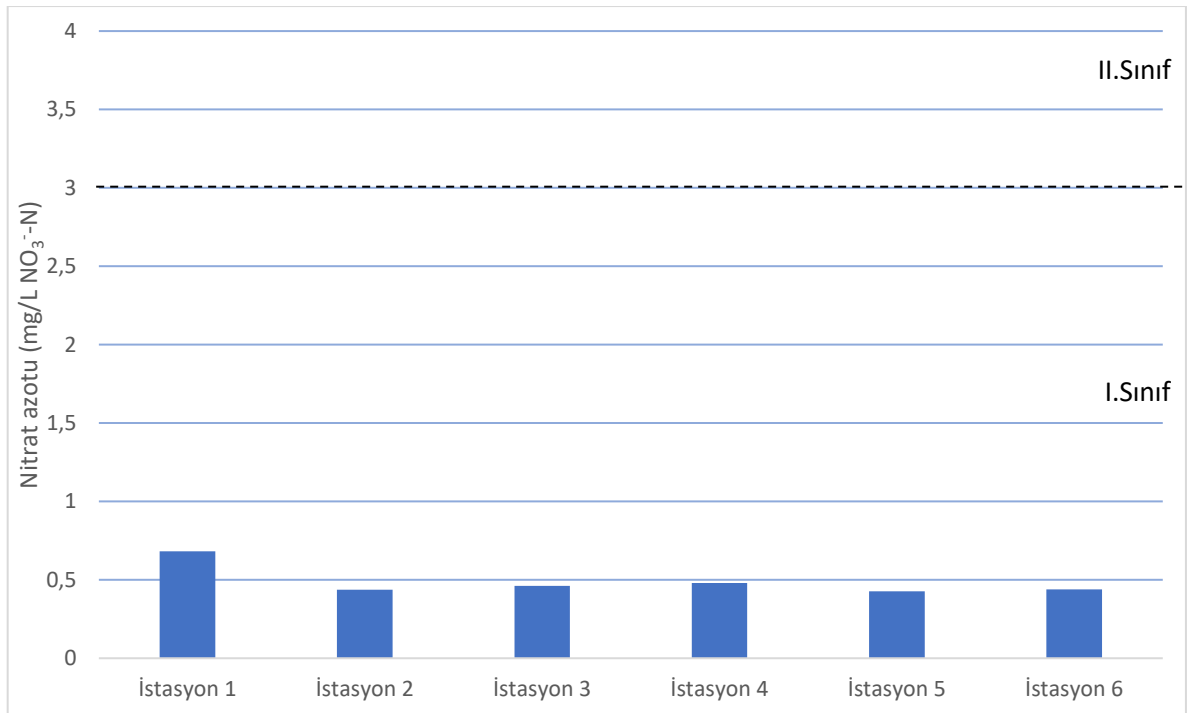


Şekil 4.28. Yaz 2019 sıcaklık değerleri (°C)

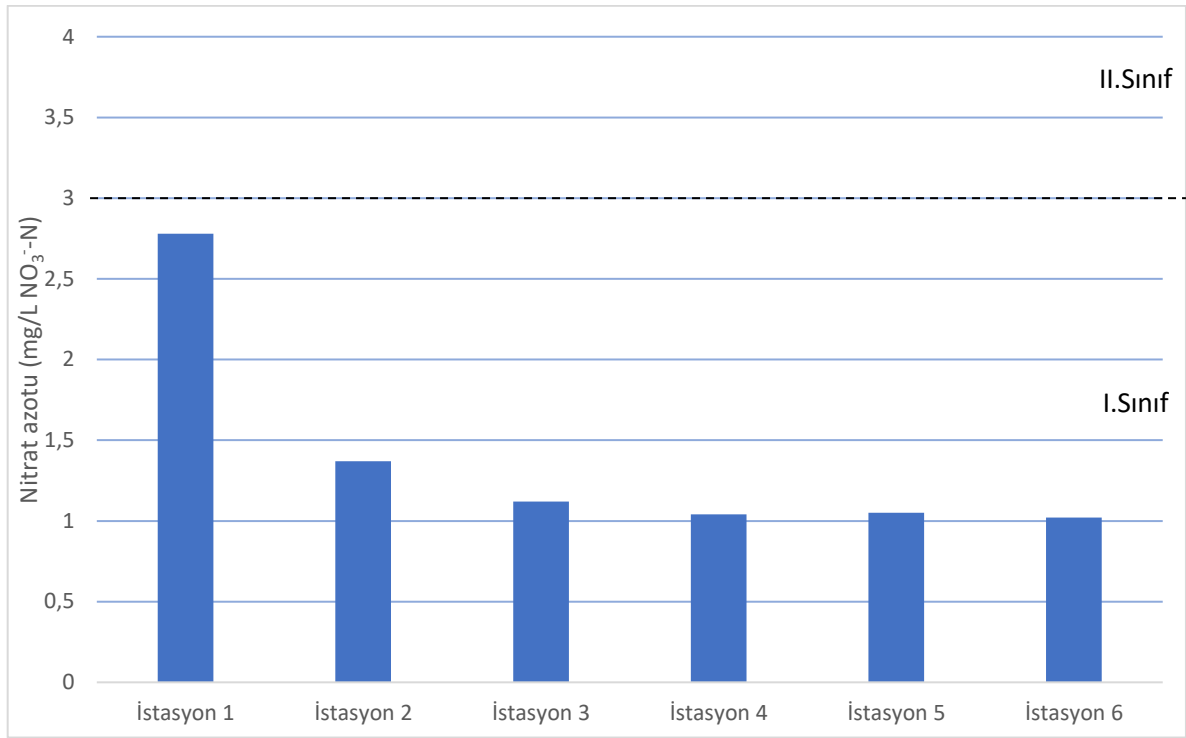
2018 yılı Sonbahar mevsiminde, en yüksek sıcaklık değeri 13,8°C olarak 4. İstasyonda, en düşük sıcaklık değeri 8,7°C olarak 1. İstasyonda görülmektedir. 2019 yılı Kış mevsiminde ise en yüksek sıcaklık değeri 6,2°C olarak 1. İstasyonda, en düşük sıcaklık değeri 4,7°C olarak 5. İstasyonda görülmektedir. 2019 yılı İlkbahar mevsiminde, en yüksek sıcaklık değeri 12,9°C olarak 4. İstasyonda, en düşük sıcaklık değeri 8,8°C olarak 1. İstasyonda görülmektedir. 2019 yılı Yaz mevsiminde, en yüksek sıcaklık değeri 22,8°C olarak 2. İstasyonda, en düşük sıcaklık değeri 17,8°C olarak 1. İstasyonda ölçülmüştür. YSKSKK'ya göre sıcaklık parametresi için 1. ve 2. Sınıf kalite sular 25°C altında olması gerekmektedir. Çalışma süresi boyunca tüm mevsimler ve tüm istasyonların sıcaklık değerleri 25°C altında olduğu gözlemlenmektedir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre sıcaklık için herhangi bir sınır değer verilmemiştir.



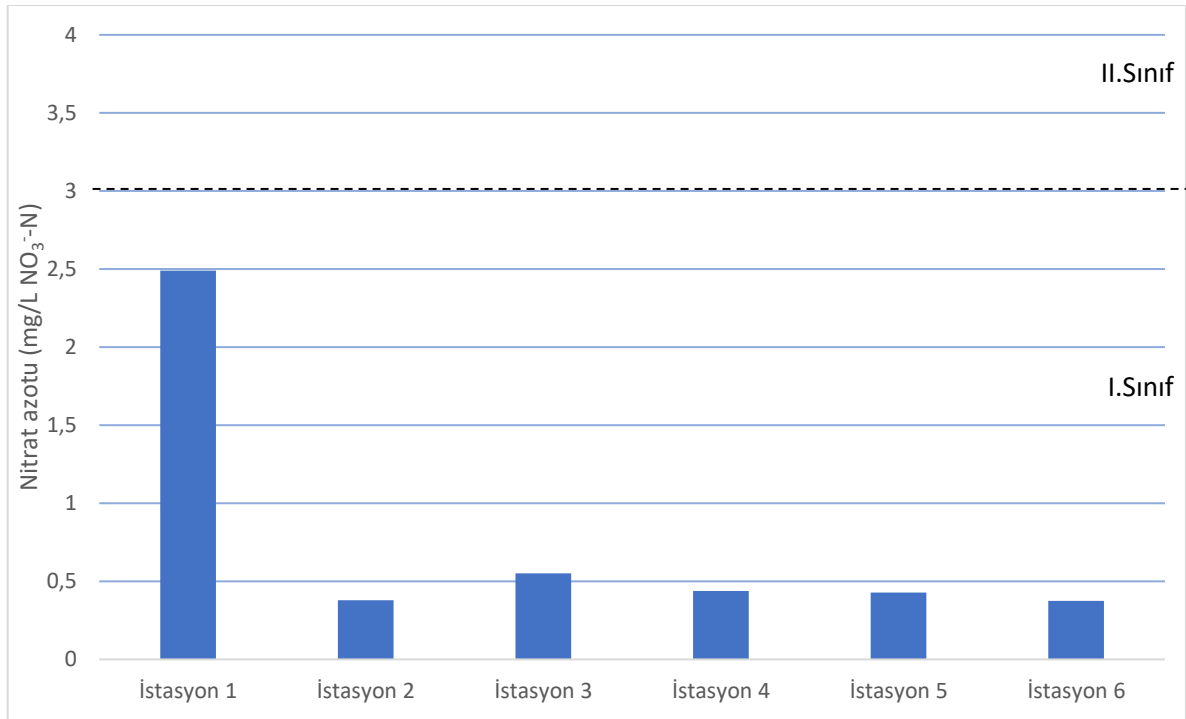
Şekil 4.29. Sonbahar 2018 nitrat azotu değerleri (mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$)



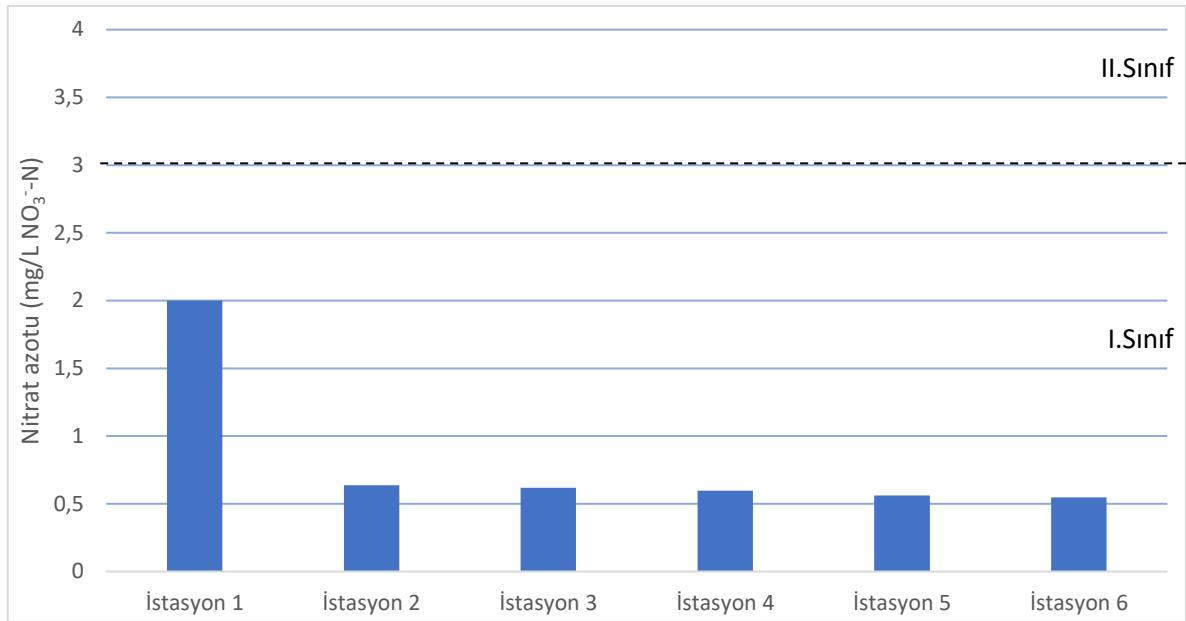
Şekil 4.30. Kış 2019 nitrat azotu değerleri (mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$)



Şekil 4.31. İlkbahar 2019 nitrat azotu değerleri (mg/L NO₃-N)

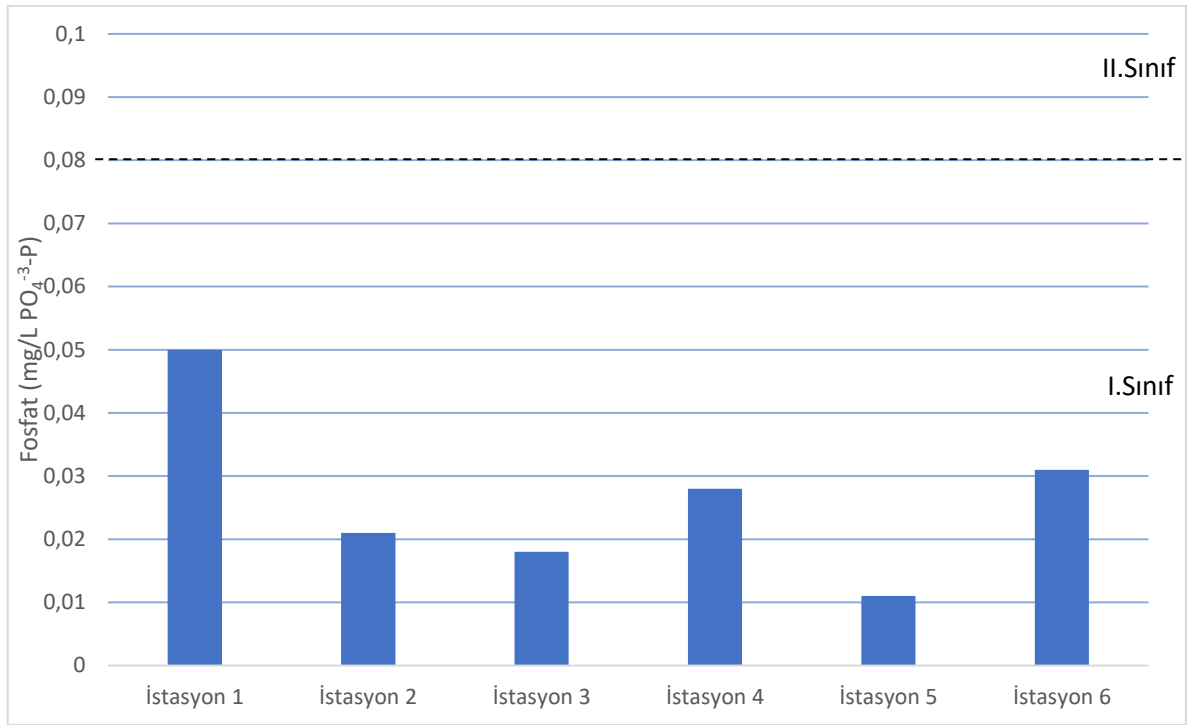


Şekil 4.32. Yaz 2019 nitrat azotu değerleri (mg/L NO₃-N)

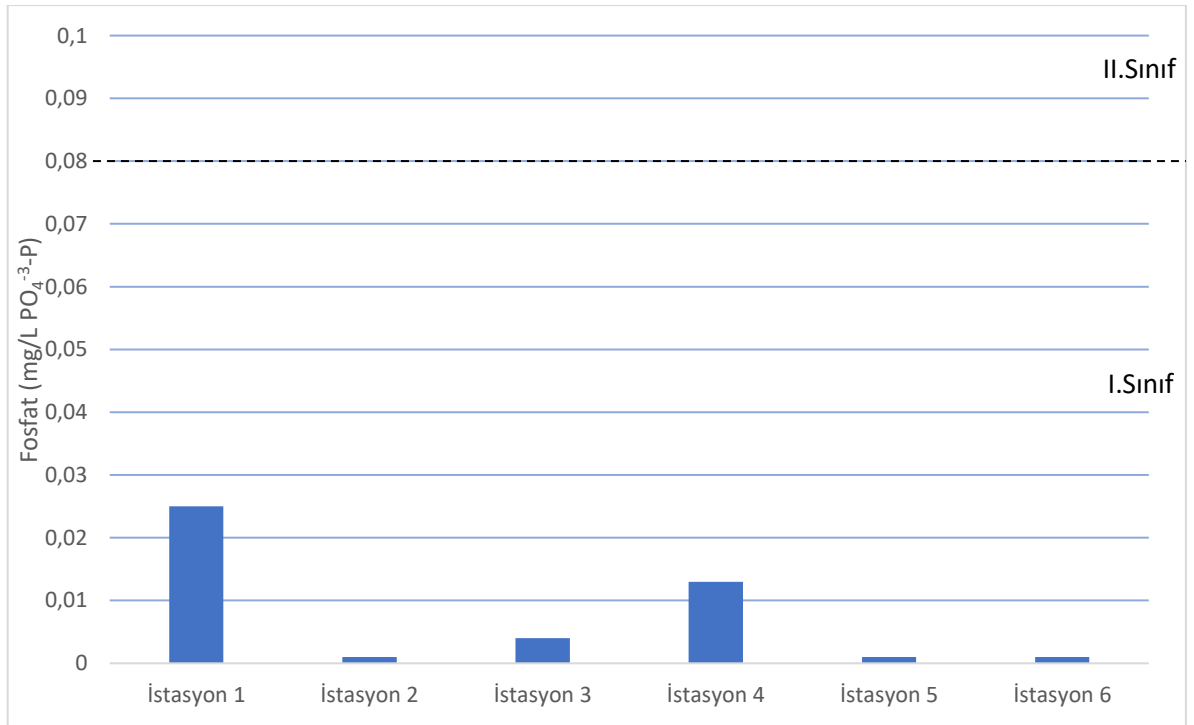


Şekil 4.33. Yıllık ortalama nitrat azotu değerleri (mg/L NO₃-N)

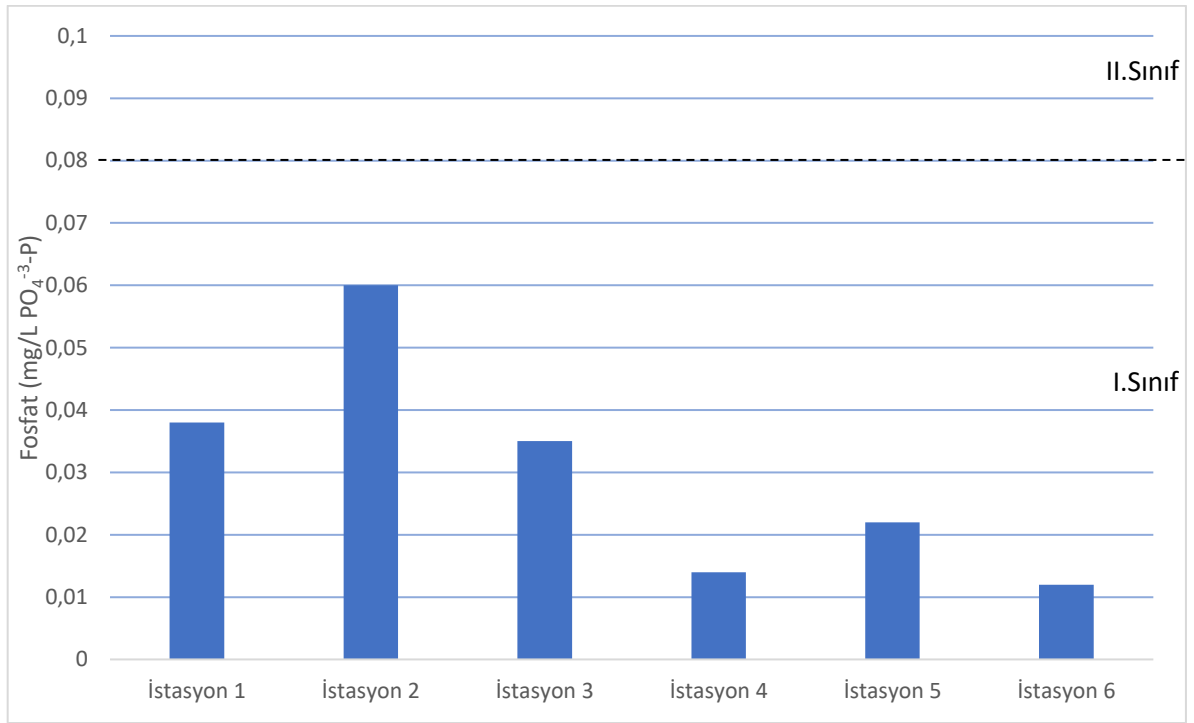
2018 yılı Sonbahar mevsiminde, en yüksek nitrat azotu değeri 2,05 mg/L olarak 1. İstasyonda, en düşük nitrat azotu değeri 0,337 mg/L olarak 3. İstasyonda gözlemlenmektedir. YSKSKK'ya göre karşılaştırıldığında tüm istasyonların 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı Kış mevsiminde ise en yüksek nitrat azotu değeri 0,682 mg/L olarak 1. İstasyonda, en düşük nitrat azotu değeri 0,427 mg/L olarak 5. İstasyonda gözlemlenmektedir. YSKSKK'ya göre tüm istasyonların 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı İlkbahar mevsiminde, en yüksek nitrat azotu değeri 2,78 mg/L olarak 1. İstasyonda, en düşük nitrat azotu değeri 1,02 mg/L olarak 6. İstasyonda görülmektedir. YSKSKK'ya göre tüm istasyonların 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı Yaz mevsiminde, en yüksek nitrat azotu değeri 2,49 mg/L olarak 1. İstasyonda, en düşük nitrat azotu değeri 0,375 mg/L olarak 6. İstasyonda tespit edilmiştir. YSKSKK'ya göre tüm istasyonlarının 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama nitrat azotu değeri YSKSKK'ya göre 1.Sınıf olarak gözlemlenmektedir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre nitrat için sınır değeri 50 mg/L olarak belirlenmiştir. Nitrat ve nitrat azotu arasında yaklaşık 4.45 kat fark olduğundan nitrat azotu için sınır değeri yaklaşık olarak 11,23 mg/L civarındadır. Tüm mevsim ve tüm istasyon değerleri ile karşılaştırıldığında, tüm değerlerin bu sınır değerinin çok altında kaldığı tespit edilmiştir.



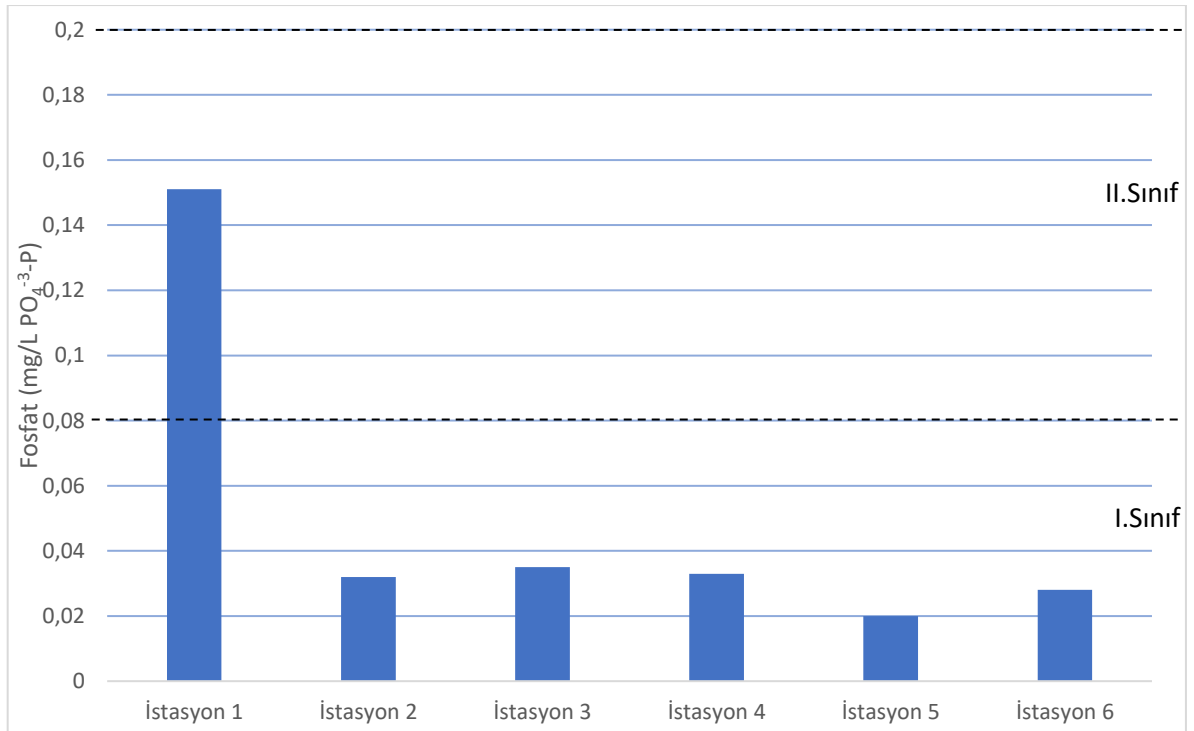
Şekil 4.34. Sonbahar 2018 fosfat değerleri (mg/L PO_4^{3-P})



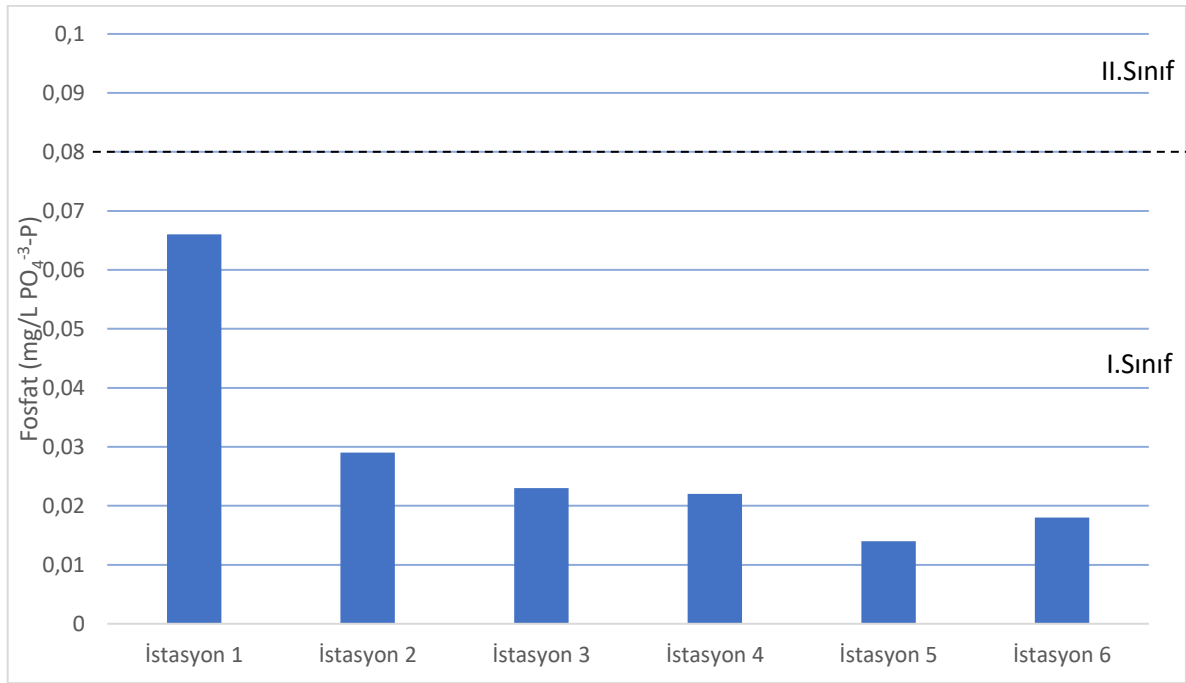
Şekil 4.35. Kış 2019 fosfat değerleri (mg/L PO_4^{3-P})



Şekil 4.36. İlkbahar 2019 fosfat değerleri (mg/L PO_4^{3-P})

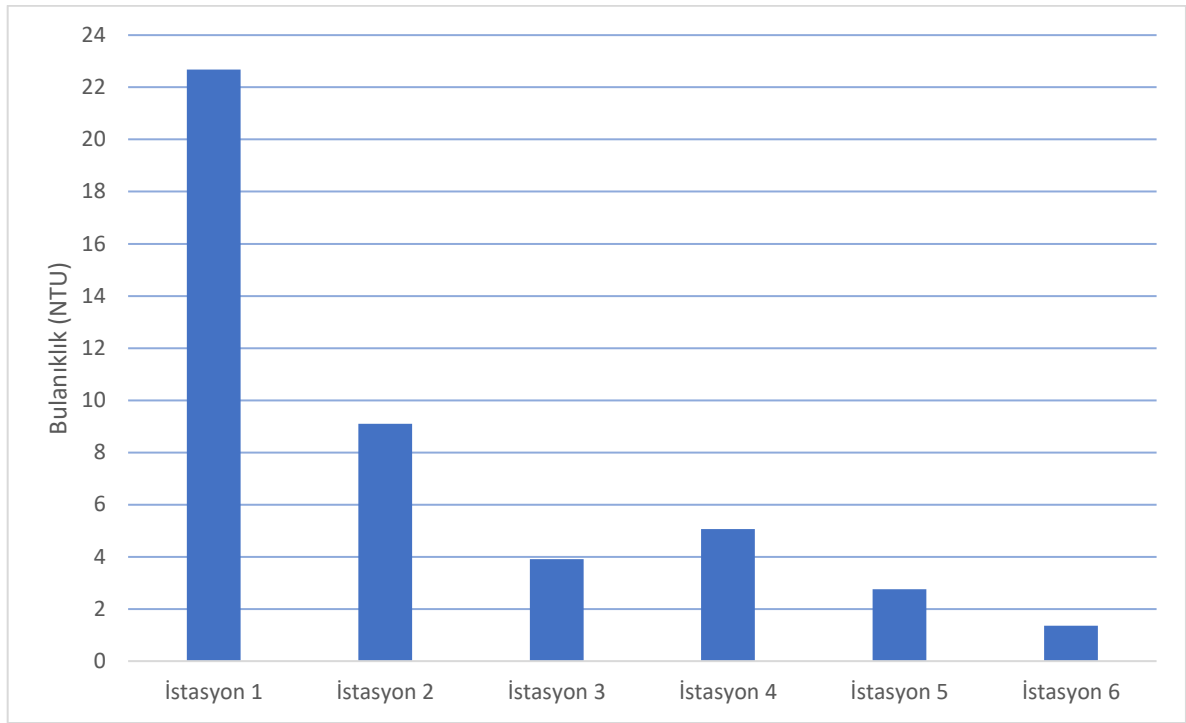


Şekil 4.37. Yaz 2019 fosfat değerleri (mg/L PO_4^{3-P})

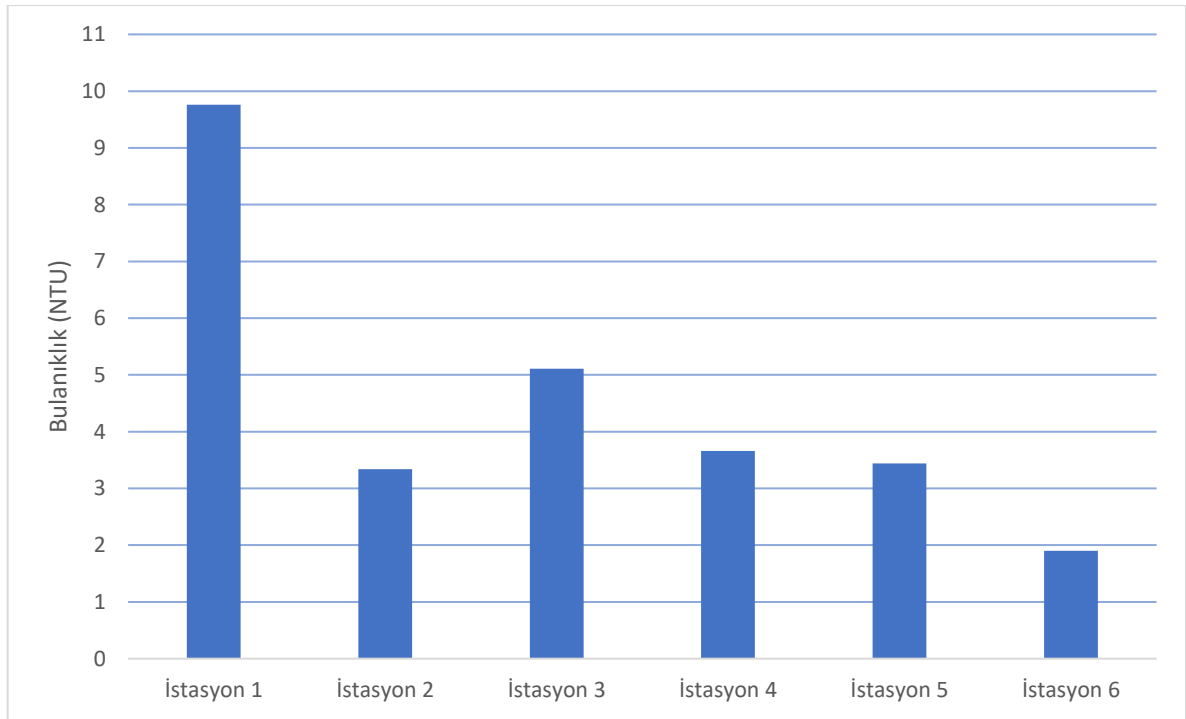


Şekil 4.38. Yıllık ortalama fosfat değerleri (mg/L PO_4^{3-P})

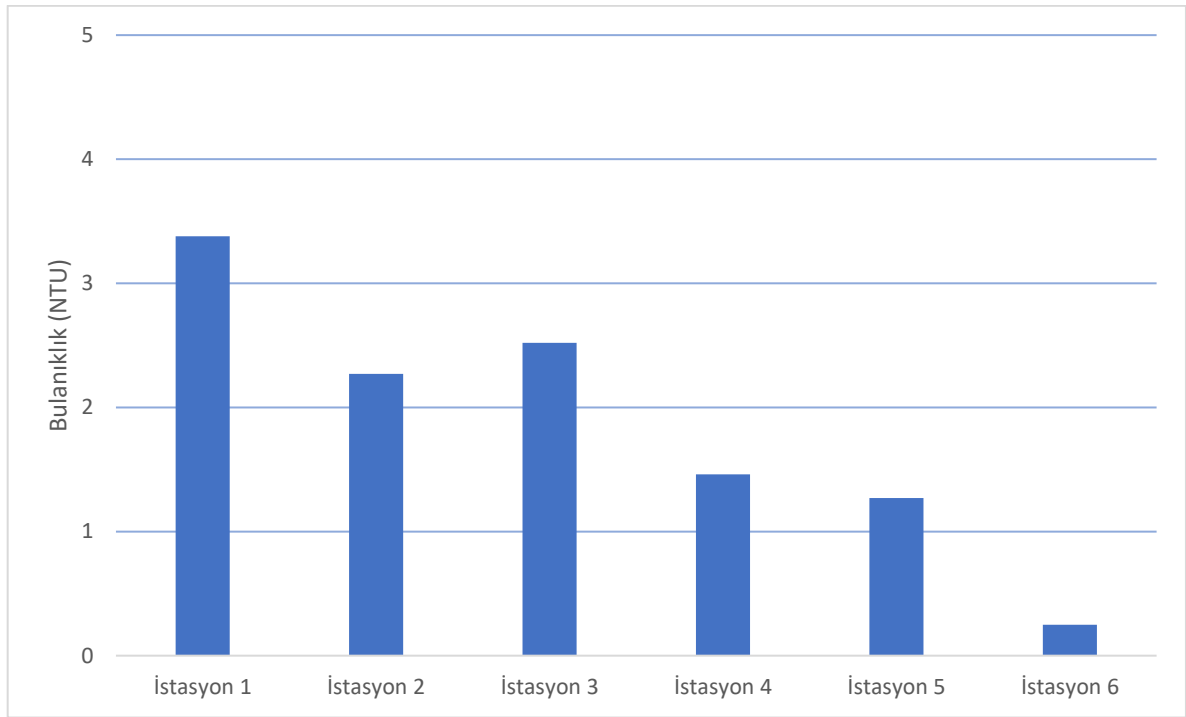
2018 yılı Sonbahar mevsiminde, en yüksek fosfat değeri 0,05 mg/L olarak 1. İstasyonda, en düşük nitrat azotu değeri 0,011 mg/L olarak 5. İstasyonda gözlemlenmektedir. YSKSKK'ya göre karşılaştırıldığında tüm istasyonların 1.Sınıf olduğu gözlemlenmektedir. 2019 yılı Kış mevsiminde ise en yüksek fosfat değeri 0,025 mg/L olarak 1. İstasyonda, en düşük fosfat değeri 0,001 mg/L olarak 2, 5 ve 6 İstasyonlarında gözlemlenmektedir. YSKSKK'ya göre karşılaştırıldığında tüm istasyonların Sonbahar mevsiminde olduğu gibi 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı İlkbahar mevsiminde, en yüksek fosfat değeri 0,06 mg/L olarak 2. İstasyonda, en düşük fosfat değeri 0,012 mg/L olarak 6. İstasyonda görülmektedir. YSKSKK'ya göre tüm istasyonların Sonbahar ve Kış aylarında olduğu gibi 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılı Yaz mevsiminde, en yüksek fosfat değeri 0,151 mg/L olarak 1. İstasyonda, en düşük fosfat değeri 0,02 mg/L olarak 5. İstasyonda tespit edilmiştir. YSKSKK'ya göre 1. İstasyon 2.Sınıf ve diğer tüm istasyonların 1. Sınıf olduğu gözlemlenmektedir. Yıllık ortalama fosfat değerleri YSKSKK'ya göre kıyaslandığında ise tüm istasyonlar 1.Sınıf olarak gözlemlenmiştir.



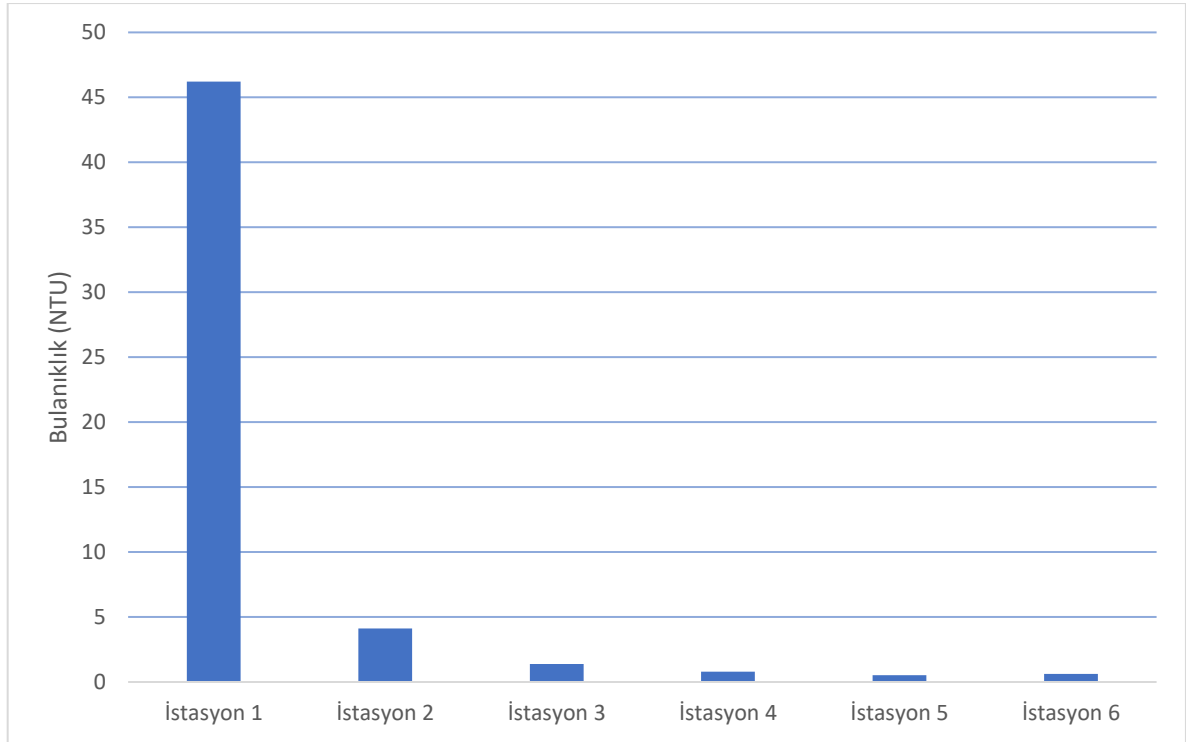
Şekil 4.39. Sonbahar2018 bulanıklık değerleri (NTU)



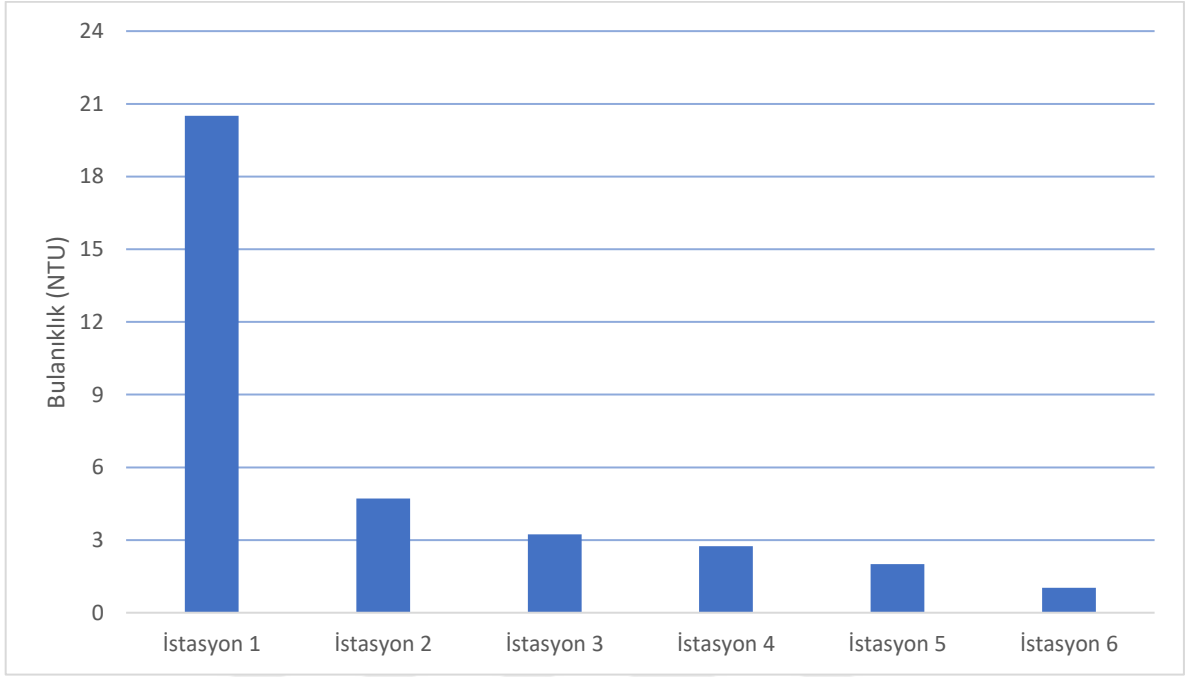
Şekil 4.40. Kış 2019 bulanıklık değerleri (NTU)



Şekil 4.41. İlkbahar 2019 bulanıklık değerleri (NTU)



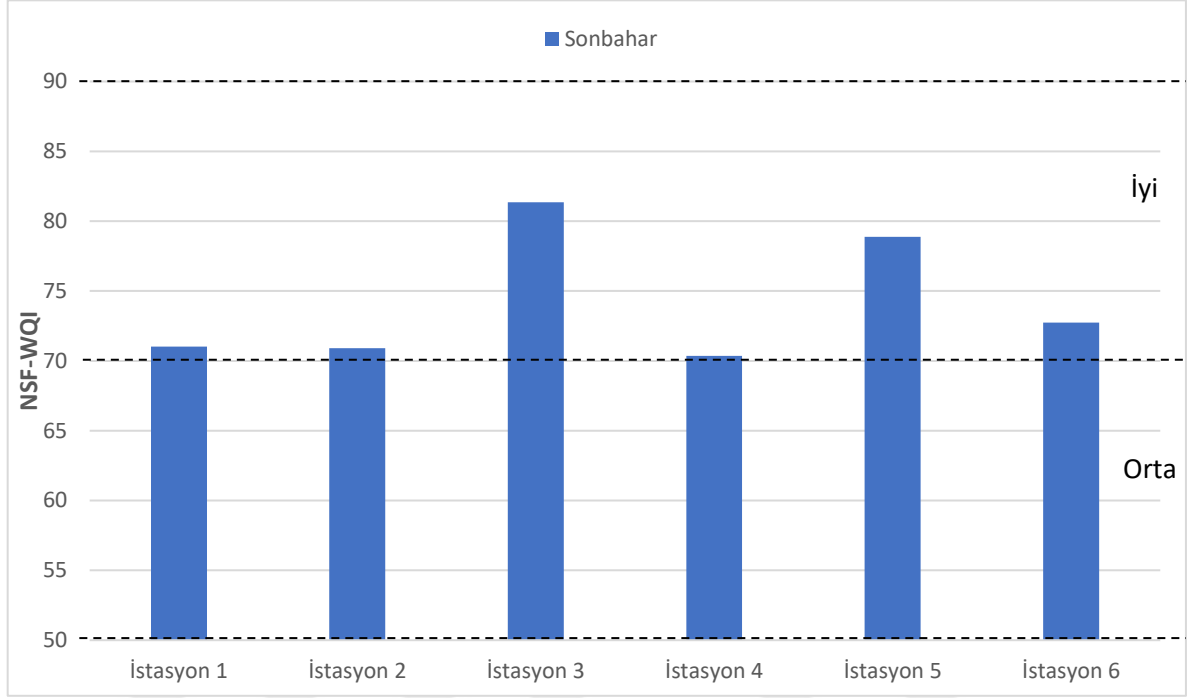
Şekil 4.42. Yaz 2019 bulanıklık değerleri (NTU)



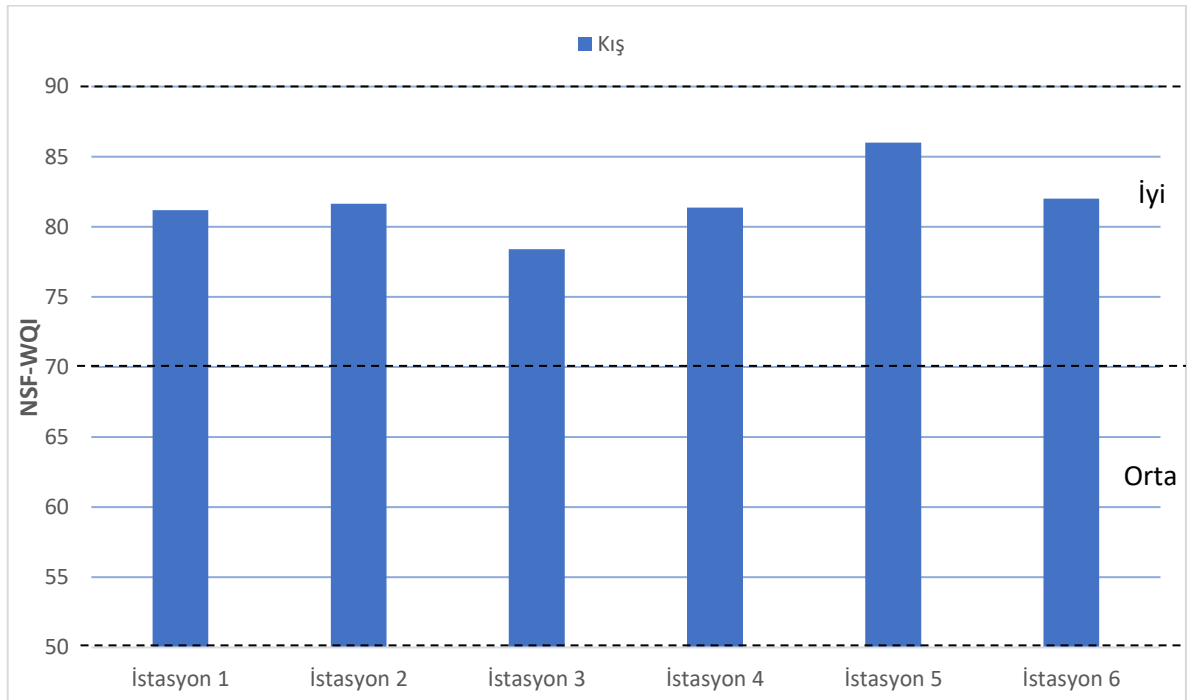
Şekil 4.43. Yıllık ortalama bulanıklık değerleri (NTU)

2018 yılı Sonbahar mevsiminde, en yüksek bulanıklık değeri 22,68 NTU olarak 1. İstasyonda, en düşük bulanıklık değeri 1,36 NTU olarak 6. İstasyonda gözlemlenmektedir. 2019 yılı Kış mevsiminde ise en yüksek bulanıklık değeri 9,76 NTU olarak 1. İstasyonda, en düşük bulanıklık değeri 1,9 NTU olarak 6. İstasyonda gözlemlenmektedir. 2019 yılı İlkbahar mevsiminde, en yüksek bulanıklık değeri 3,38 NTU olarak 1. İstasyonda, en düşük bulanıklık değeri 0,25 NTU olarak 6. İstasyonda görülmektedir. 2019 yılı Yaz mevsiminde, en yüksek bulanıklık değeri 46,21 NTU olarak 1. İstasyonda, en düşük bulanıklık değeri 0,53 NTU olarak 5. İstasyonda tespit edilmiştir. Yıllık ortalama bulanıklık değerine bakıldığında diğer tüm mevsimlerde olduğu gibi en yüksek değer 1. İstasyonda 20,51 NTU olarak ve en düşük değer 6. İstasyonda 1,03 NTU olarak gözlemlenmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013) ve YSKSKK'ya göre herhangi bir sınır değer bulunmazken, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'te "Yüzeysel suyun arıtılması durumunda Kurum, arıtılmış sudaki bulanıklığın 1,0 NTU değerini aşmamasına dikkat eder." maddesi bulunmaktadır.

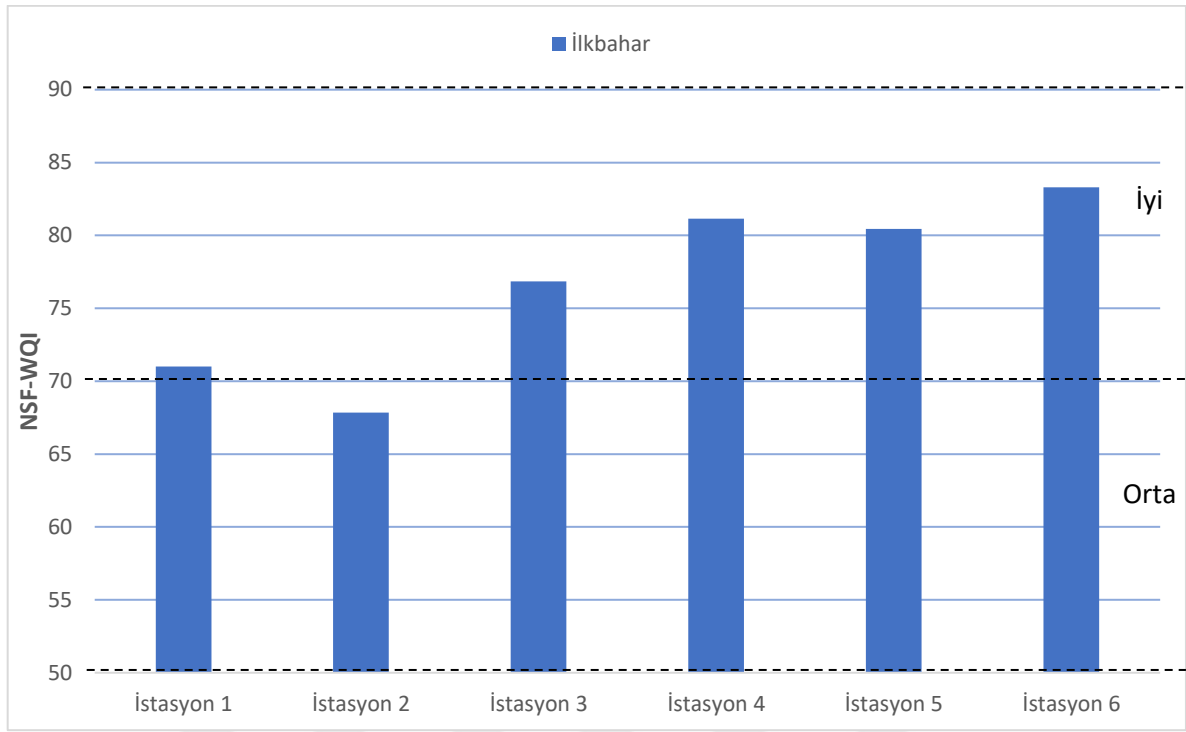
4.2. Su Kalite İndeksi



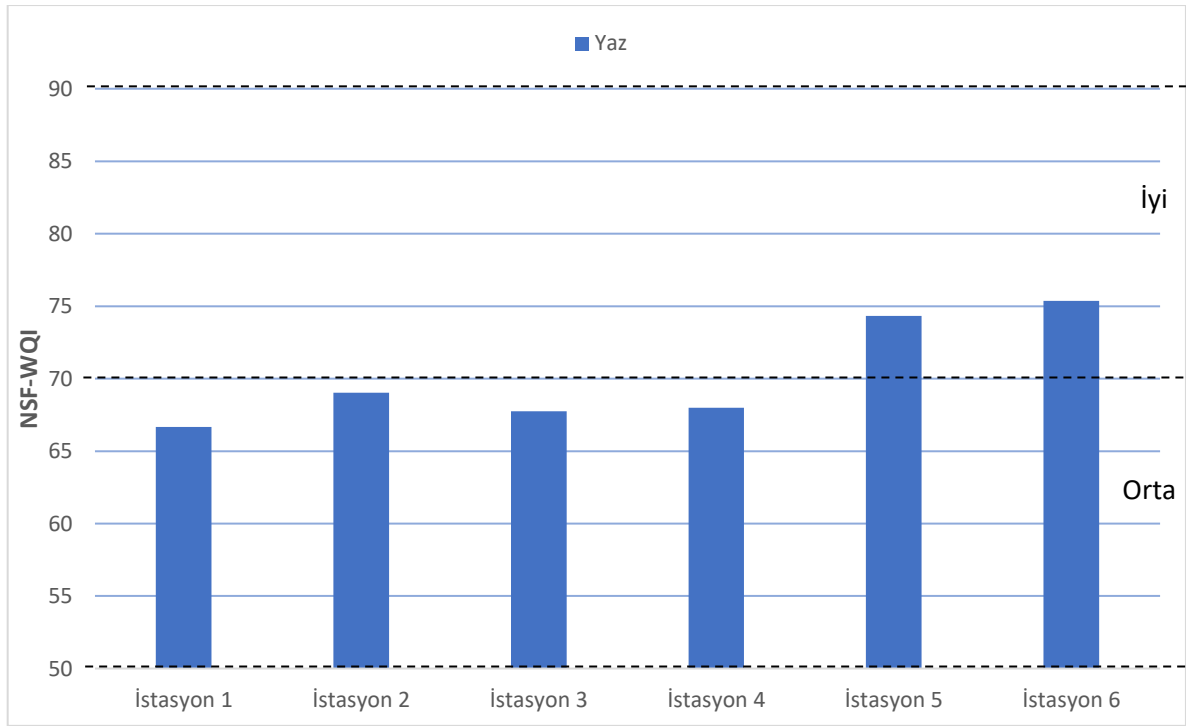
Şekil 4.44. Sonbahar 2018 NSF-WQI değerleri



Şekil 4.45. Kış 2019 NSF-WQI değerleri

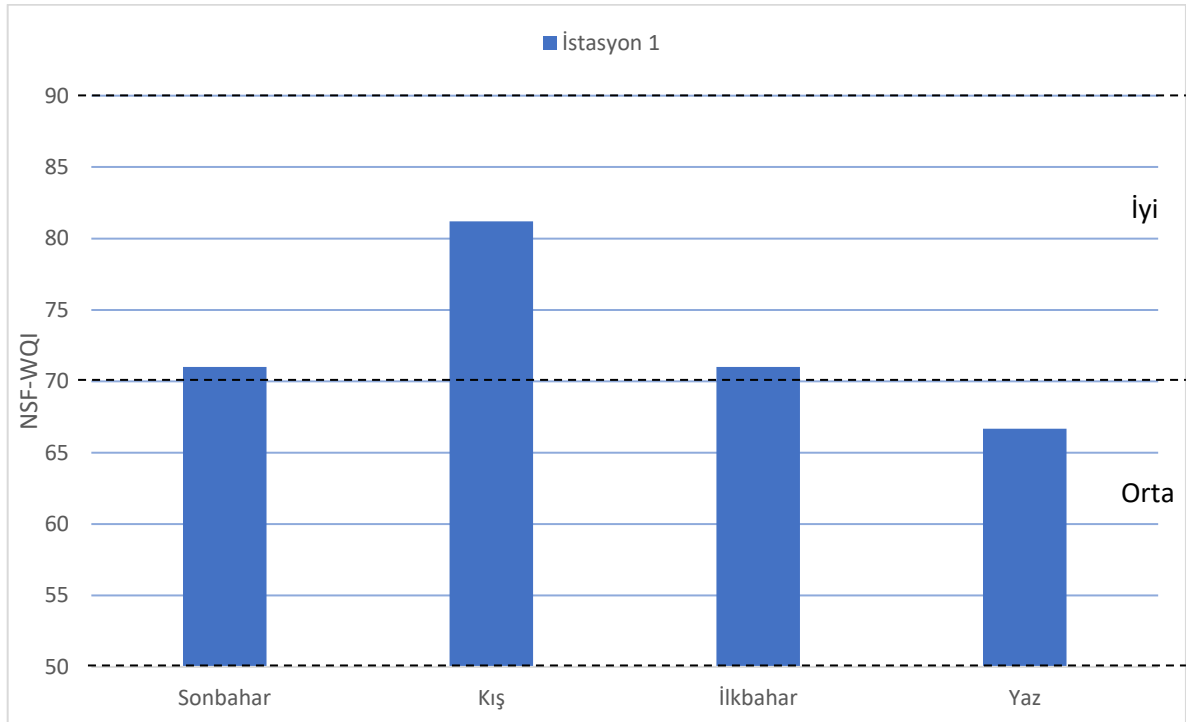


Şekil 4.46. İlkbahar 2019 NSF-WQI değerleri

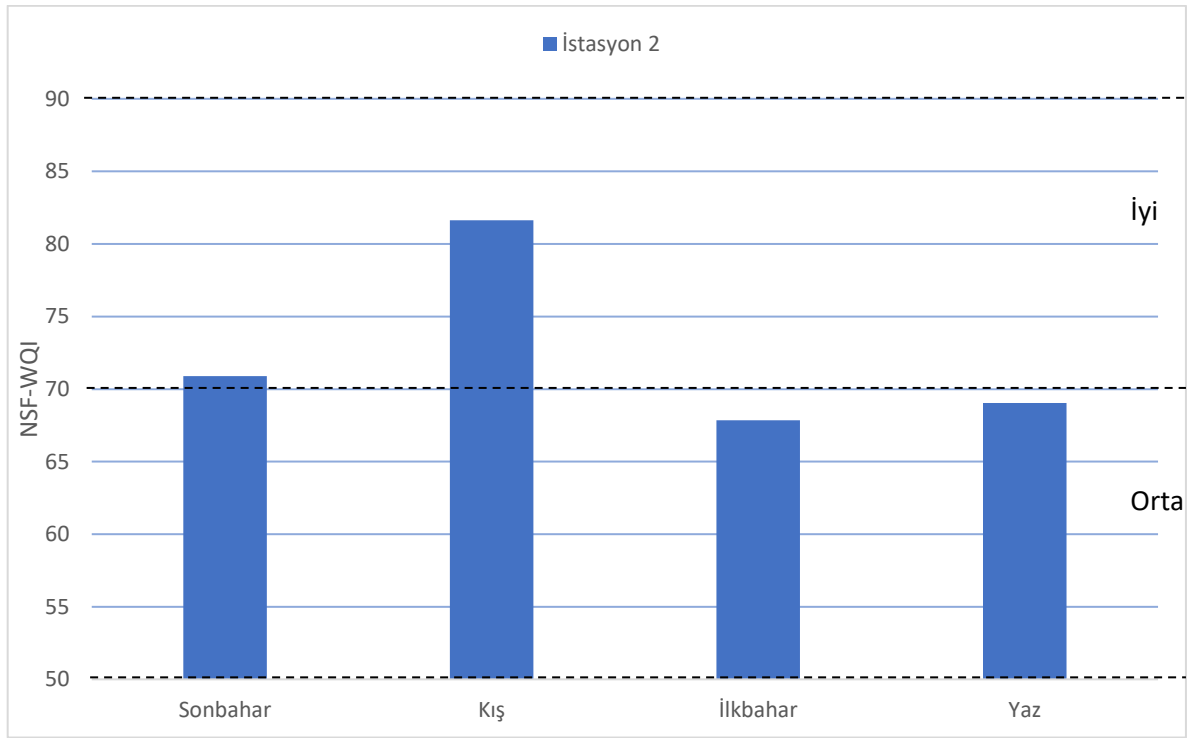


Şekil 4.47. Yaz 2019 NSF-WQI değerleri

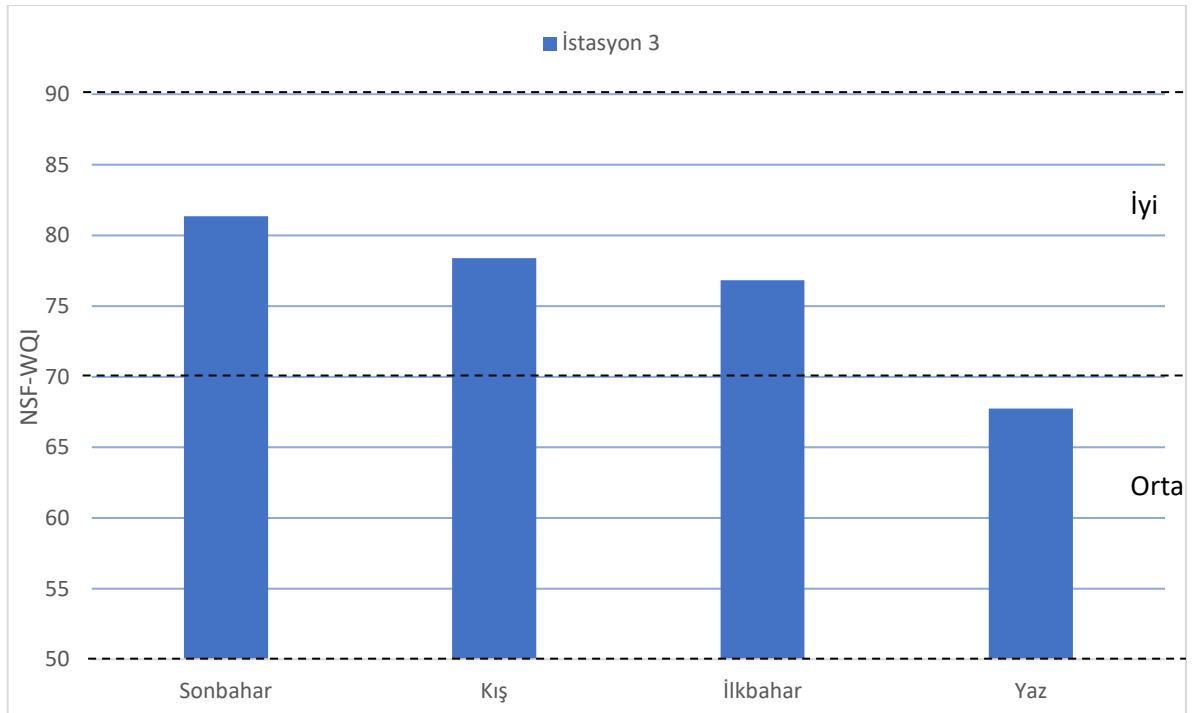
2018 yılı Sonbahar mevsiminde, en yüksek NSF-WQI değeri 81,35 olarak 3. İstasyonda, en düşük NSF-WQI değeri 70,35 olarak 6. İstasyonda gözlemlenmektedir. Çizelge 2.6 ile karşılaştırıldığında tüm istasyonların iyi kalite olduğu gözlemlenmektedir. 2019 yılı Kış mevsiminde ise en yüksek NSF-WQI değeri 86 olarak 5. İstasyonda, en düşük NSF-WQI değeri 78,4 olarak 3. İstasyonda gözlemlenmektedir. Çizelge 2.6 ile karşılaştırıldığında Sonbahar mevsiminde olduğu gibi iyi kalite olduğu gözlemlenmektedir. 2019 yılı İlkbahar mevsiminde, en yüksek NSF-WQI değeri 83,31 olarak 6. İstasyonda, en düşük NSF-WQI değeri 67,84 olarak 2. İstasyonda görülmektedir. Çizelge 2.6 ile karşılaştırıldığında 2.istasyon orta kalite olarak gözlemlenirken, diğer tüm istasyonlar iyi kalite olarak görülmektedir. 2019 yılı Yaz mevsiminde, en yüksek NSF-WQI değeri 75,36 olarak 6. İstasyonda, en düşük NSF-WQI değeri 66,67 olarak 1. İstasyonda tespit edilmiştir. Çizelge 2.6 ile karşılaştırıldığında 5.ve 6. İstasyonların iyi kalite olduğu gözlemlenirken, diğer tüm istasyonların orta kalite olduğu görülmektedir. Çizelge 4.48 ile 4.53 arasında istasyonların mevsimsel değişimleri görülmektedir.



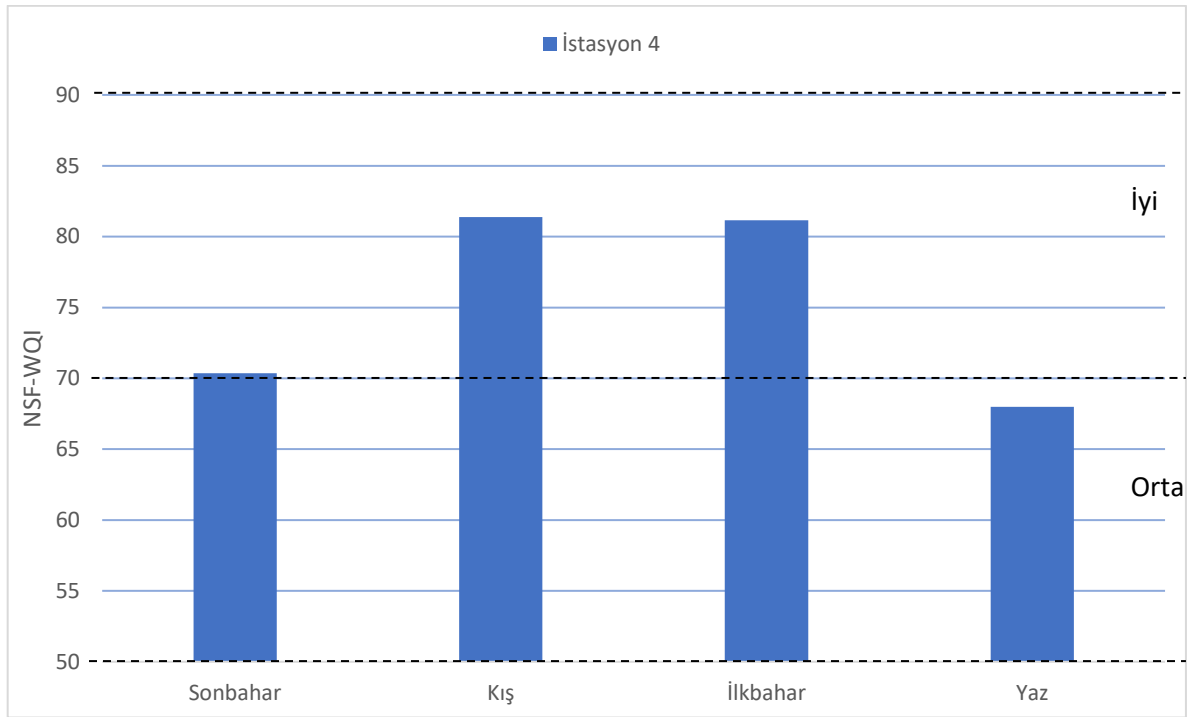
Şekil 4.48. 1.İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi



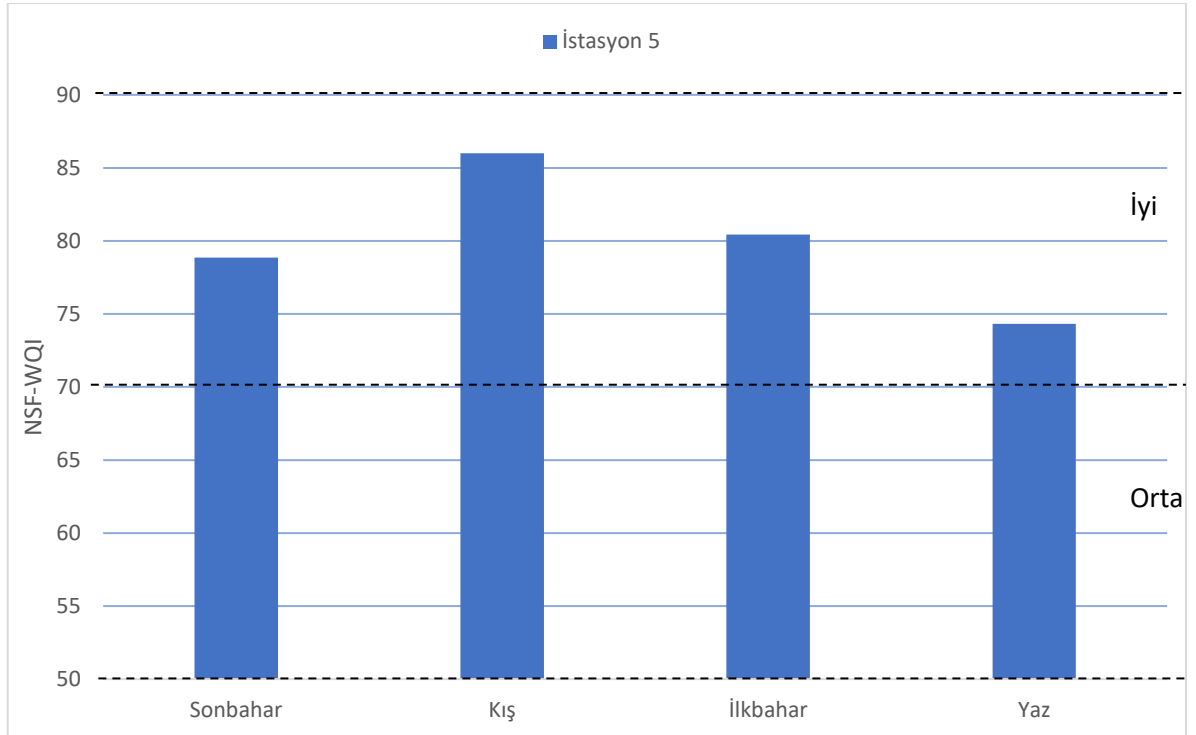
Şekil 4.49. 2.İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi



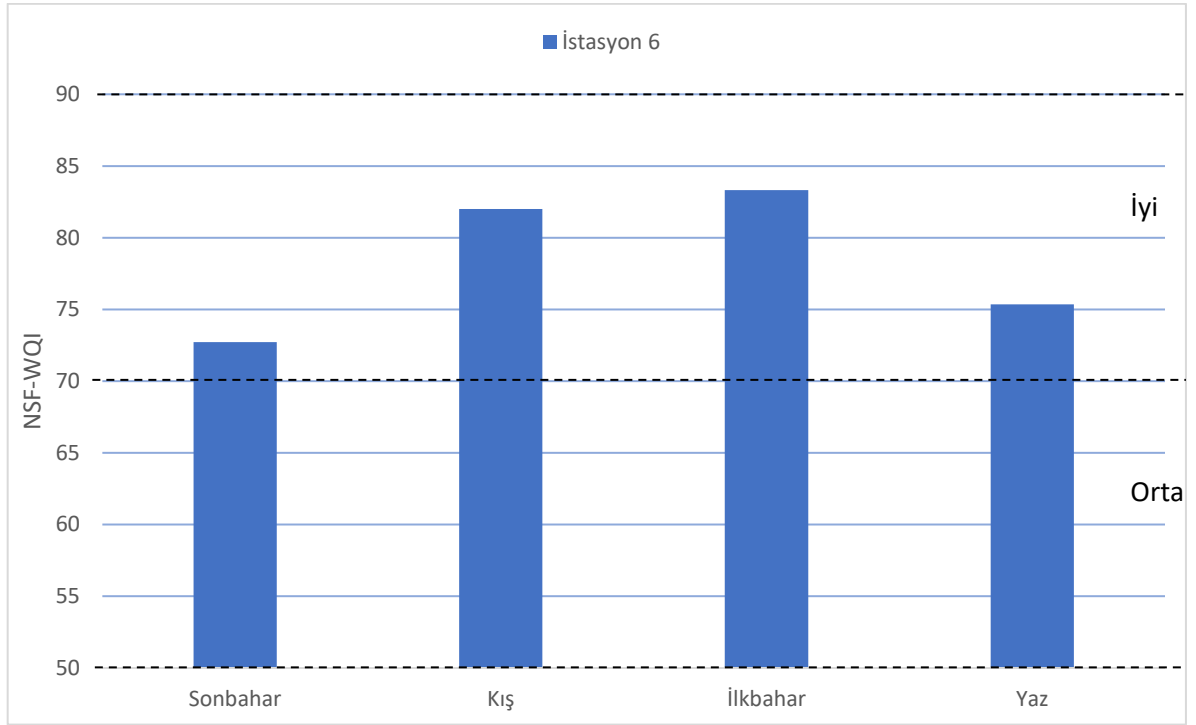
Şekil 4.50. 3.İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi



Şekil 4.51. 4.İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi



Şekil 4.52. 5.İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi



Şekil 4.53. 6.İstasyon NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişimi

1, 3 ve 4 İstasyonlarında, NSF-WQI yaz mevsimi değeri orta kalite olarak gözlemlenirken diğer tüm mevsimlerdeki NSF-WQI değerleri iyi kalite olarak görülmektedir. 2. İstasyonda, Sonbahar ve Kış mevsimlerinde iyi kalite olarak gözlemlenirken, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde orta kalite olarak görülmektedir. 5. ve 6. İstasyonlarda tüm mevsimlerdeki NSF-WQI değerleri iyi kalite olarak gözlemlenmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Eskişehir ili Tepebaşı ilçesinde yer alan, Eskişehir-Kütahya yolu üzerinde 21 km uzaklıkta olan Musaözü Göleti'nin normal su seviyesinde hacmi 1.600.000m³ ve 0.43km² bir alanı kaplamaktadır. Musaözü Göleti'nin bulunduğu konumun kuzeybatısında kuşbakışı 3 km uzaklıkta Mollaoğlu Köyü ve güneydoğusunda kuşbakışı 1,5 km uzaklıkta Musaözü Köyü bulunmaktadır. Göletin etrafını çevreleyen alanın büyük kısmını köy halkına ait tarım arazisi oluşturmaktadır. Gölü besleyen Mollaoğlu deresi, Mollaoğlu Köyü içerisinden geçerek göle ulaşmaktadır. Gölün su kalitesi normal seviyede olup yaklaşık 400 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir ve çevresinde bulunan tarım arazisinden etkilenmektedir. Bu çalışmada Musaözü Göleti'nde belirlenen 6 istasyondan alınan örneklerde yapılan analizler ile Musaözü Göleti'nin Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalitesi İndeksine (NSF-WQI) göre kalite sınıfları belirlenmesi hedeflenmiştir.

Su sıcaklığı önemli bir parametre olmakla beraber fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayları etkilemektedir. Çözünmüş oksijen ve BOİ için sıcaklık oldukça etkili bir parametredir. Sıcaklık ile çözünmüş oksijen miktarı arasında ters bir orantı vardır. Sıcaklık miktarı yükseldikçe suyun tutabildiği çözünmüş oksijen kapasitesi düşmektedir. Aynı zamanda su yaşamı için belirleyici bir parametredir. Musaözü Göleti'ne gelen kaynak suyu Mollaoğlu Deresi'nin sıcaklık değeri kış mevsimi hariç diğer tüm mevsimlerde gölün sıcaklık seviyesinden yaklaşık olarak 5°C derece düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada ölçülen en yüksek sıcaklık değerini yaz mevsiminde 22,8°C olarak 2. İstasyonda, en düşük kış mevsiminde 4,7°C olarak 5.istasyonda tespit edilmiştir. YSKSKK'ya göre belirtilen sınır değerini aşmadığı gözlemlenmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre sıcaklık için herhangi bir sınır değer verilmemiştir.

Yüzeysel sularda pH canlı hayatını etkilemesinin yanı sıra bazı bileşiklerin toksisitesini de değiştirmektedir. Yapılan çalışmada tüm mevsimlerdeki tüm istasyon pH değerleri 7,82 ile 9,14 arasında değiştiği gözlenmektedir. YSKSKK'ya göre pH parametresi için tüm kalite sınıflarına göre 6 ile 9 arasında, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre 6,5 ile 9,5 arasında olduğu gözlemlenmiştir. En düşük pH değerinin 7,82 olarak 2018 yılının Sonbahar mevsiminde 1. İstasyonda, en yüksek ise 9,14

olarak 2019 yılının Yaz mevsiminde 3. İstasyonda ölçülmüştür. YSKSKK'ya göre Sonbahar mevsimi mevzuatta belirtilen sınır değerleri aşmazken; Kış, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde üst sınır değerlerini aştığı gözlemlenmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre tüm mevsimlerde mevzuatta belirtilen alt ve üst sınır değerlerini aşmadığı gözlemlenmiştir.

Çözünmüş oksijen seviyesi sudaki yaşamı etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Sıcaklık miktarı arttıkça suyun tutabildiği oksijen miktarı düşmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının az olduğu durumlarda su ortamında yaşayan mikroorganizmalar gerekli oksijeni bünyelerine alamadıkları için yaşamlarını sürdüremeyebilirler. Yapılan çalışmada en yüksek çözünmüş oksijen değeri kış mevsiminde 11,15 mg/L olarak 5. İstasyonda, en düşük yaz mevsiminde 7,92mg/L olarak 1. İstasyonda gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerlerine bakıldığında tüm istasyonların 1.Sınıf olduğu gözlemlenmiştir.

Organik maddelerin parçalanması sırasında ihtiyaç duyulan oksijen olarak ifade edilen BOİ, sulardaki kirlenmenin artmasıyla su ortamında parçalanacak organik maddelerin de oksijene olan ihtiyacı artmaktadır ve bu durum BOİ değerinin yükselmesine neden olmaktadır. Yapılan çalışmada en yüksek BOİ değeri İlkbahar mevsiminde 10,17 mg/L olarak 2. İstasyonda, en düşük kış mevsiminde 0,4 mg/L olarak 5. İstasyonda tespit edilmiştir. Yıllık ortalama BOİ seviyelerine bakıldığında 2.Sınıf olarak gözlemlenmektedir.

Nitrifikasyon tepkimesinin son ürünü olan nitratlar su ile yüksek çözünme özelliğine sahiplerdir. Başlıca kaynakları nitrat içerikli gübreler ve kanalizasyon atıkları olmasına rağmen doğal sularda azot içeren maddelerin çoğu nitrata dönüşmektedir. Su ortamındaki nitrat miktarının fazlalığı o suyun çok daha önceden kirlendiğinin de göstergesidir. Yapılan çalışmada en yüksek nitrat seviyesi İlkbahar mevsiminde 2,78 mg/L olarak 1. İstasyonda, en düşük Yaz mevsiminde 0,375 mg/L olarak 6. İstasyonda gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama nitrat azotu değeri YSKSKK'ya göre 1.Sınıf olarak gözlemlenmektedir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre nitrat için sınır değer 50 mg/L olarak belirlenmiştir. Nitrat ve nitrat azotu arasında yaklaşık 4.45 kat fark olduğundan nitrat azotu için sınır değer yaklaşık olarak 11,23 mg/L civarındadır. Tüm mevsim ve tüm istasyon

değerleri ile karşılaştırıldığında, tüm değerlerin bu sınır değerinin çok altında kaldığı tespit edilmiştir.

Sulardaki fosforun kaynakları; deterjan, deterjan içerikli atıksular ve tarımsal alanda kullanılan fosfat içerikli gübreler olarak belirtilmektedir. Göllerde bitkiler ve algler için başlıca besin maddelerinden birisi olan fosfat, göl ortamındaki alglerin fazla üremesine neden olarak ötrofikasyon oluşumunun belirleyici elementidir. Suyun üst kısmında bulunan oksijen yönünden zengin kısımda fotosentez yapan bitkiler ve alglerin aşırı miktar çoğalmasına neden olarak su ortamının yüzeysel alışverişini engelleyerek çözünmüş oksijen miktarını düşürmektedir. Yapılan çalışmada en yüksek fosfat değeri Yaz mevsiminde 0,151 mg/L olarak 1.İstasyonda, en düşük Kış mevsiminde 0,001 mg/L olarak 2, 5 ve 6 istasyonlarında gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama fosfat değerleri YSKSKK'ya göre kıyaslandığında ise tüm istasyonlar 1.Sınıf olarak gözlemlenmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre fosfat için herhangi bir sınır değer verilmemiştir.

Göl ortamında bulunan nitrat ve fosfat değerleri oldukça düşük olmasına rağmen Sonbahar, İlkbahar ve Yaz aylarında anlık yükselmeler görülmektedir. Bunun başlıca sebebi olarak, Musaözü Göleti etrafında bulunan Mollaoğlu Köyü ve Musaözü Köyü halkının sahip olduğu tarım arazileri olduğu düşünülmektedir. Sonbahar, İlkbahar ve Yaz mevsimleri için numune almaya gidildiği dönem ve öncesinde yağmur yağdığı için çevredeki tarımsal arazilerde kullanılan gübrelerin yüzeysel akış yardımıyla göle ulaşmış olabileceği düşünülmektedir. Genel olarak kaynak suyu olan Mollaoğlu Deresi'nin göl ile birleştiği nokta olan 1. İstasyon değerlerinin yüksek olmasının sebebi ise derenin Mollaoğlu köyü içerisinden geçerek göle ulaşmasıyla birlikte köylü halkının Mollaoğlu Deresi'ni çeşitli yollarla kirlettiği düşünülmektedir.

Bulanıklık değeri arttıkça suyun güneş ışığı geçirme oranı düştüğü için su ortamındaki fotosentez yapabilen canlı mikroorganizmaların fotosentez yapma oranları düşmektedir. Su ortamındaki canlı hayatını ve çözünmüş oksijen miktarını etkilemektedir. Yapılan çalışmada en yüksek bulanıklık değeri yaz mevsiminde 46,21 NTU olarak 1. İstasyonda, en düşük İlkbahar mevsiminde 0,25 NTU olarak 6. İstasyonda gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama bulanıklık değerine bakıldığında diğer tüm mevsimlerde olduğu gibi en

yüksek değer 1. İstasyonda 20,51 NTU olarak ve en düşük değer 6. İstasyonda 1,03 NTU olarak gözlemlenmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013) ve YSKSKK'ya göre herhangi bir sınır değer bulunmazken, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'te "Yüzeysel suyun arıtılması durumunda Kurum, arıtılmış sudaki bulanıklığın 1,0 NTU değerini aşmamasına dikkat eder." maddesi bulunmaktadır. Bulanıklık değerlerinin sürekli olarak 1. İstasyonda yüksek çıkmasının nedeni, numune alınan noktanın Mollaoğlu Deresi ve Musaözü Göleti birleşme noktasında olmasından kaynaklanmaktadır. Akıntıya sahip dere göl girişi ve dere yatağındaki toprak tabakayı kaldırmakta ve fazladan bulanıklığa sebep olmaktadır.

Su ortamında fekal koliform olması suyun dışkıyla kirlenmiş olmasını, yani hastalık yapıcı bakterilerin, birçok zararlı ve tehlikeli virüs, bakteri, protozoa gibi parazitler ile kirlenmiş olduğunu göstermektedir. Adı geçen mikroorganizmalarla kirlenen içme suları mide bulantısı ve ishal gibi bağırsak-mide hastalıklarına neden olabilir. Yapılan çalışmada en yüksek fekal koliform seviyesi +1100 EMS/100mL olarak kış mevsimi hariç diğer tüm mevsimlerde gözlemlenmiş olup, en düşük İlkbahar mevsiminde 6 EMS/100mL olarak 6. İstasyonda gözlemlenmektedir. YSKSKK'ya yönetmeliğine göre 2000 EMS/100mL üzeri sular 4.Sınıf, 200 EMS/100mL ile 2000 EMS/100mL arasında olan sular 3.Sınıf, 10 EMS/100mL ile 200 EMS/100mL arasında olan sular 2.Sınıf, 10 EMS/100mL ve altı sular ise 1.Sınıf sular olarak belirtilmiştir. YSKSKK'ya göre fekal koliform için kalite sınıfı grafikleri şekil 4.11 ile şekil 4.14 arasında gösterilmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2013)'e göre koliform bakteriler için sınır değer 0/250mL olarak belirlenmiştir. Bu yönetmeliğe göre 2018 Sonbahar mevsiminden 2019 Yaz mevsime kadar her istasyon için elde edilen fekal koliform değerleri bu sınır değer oldukça üzerindedir ve insani tüketim amaçlı olarak kullanılması uygun değildir. Fekal koliform değerlerinin normal seviyenin üzerinde olmasının sebebi Mollaoğlu Deresinin Mollaoğlu köy halkı tarafından kirlenmesi olabilmektedir. Ayrıca Musaözü Göleti fazla miktarda balık popülasyonunun bulunduğu ve insanların balık tutmak için de geldikleri bir göldür. Göl içerisinde bulunan balıkların dışkıları ve insanların etkileri nedeniyle de fekal koliform seviyeleri yükselmiş olabilmektedir.

Suyun kalitesini belirlemek, daha basit ve anlaşılır hale getirmek amaçlı formülize edilmiş birçok su kalitesi indeksi olmasına rağmen bu çalışmada en çok kullanılan su kalite indeksi olan Ulusal Sanitasyon Vakfı kullanılmıştır. NSF-WQI hesaplanması için orijinal formülde bu çalışma kapsamında analizi yapılmayan TDS de bulunmaktadır. Fakat analizi yapılmadığı için formül yeniden modifikasyon edilerek TDS parametresi etkisiz hale getirilmiş olup materyal ve metot kısmında detaylıca gösterilmiştir. Yapılan çalışmada en düşük NSF-WQI değeri yaz mevsiminde 66,67 olarak 1. İstasyonda, en yüksek NSF-WQI değeri ise kış mevsiminde 86 olarak 5. İstasyonda ölçülmüştür. Hesaplanan NSF-WQI değerleri orta ve iyi kalite arasında değişim gösterdiği görülmektedir. NSF-WQI değerlerinin mevsimlik değişim grafikleri incelendiğinde NSF-WQI değerleri kış aylarında daha yüksek olarak gözlemlenmiştir. Bunun başlıca sebeplerinden birisi, fekal koliform değerleri kış mevsimi düşüktür. Düşük fekal koliform değeri, yüksek Q değerine sebep olur ve NSF-WQI hesaplamasında fekal koliform parametresi en yüksek ikinci etki faktörüne sahip olduğu için yüksek NSF-WQI değerleri genel olarak kış mevsiminde görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2012). *Water Quality Indices*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Akar, S. (2009). *İzmir İç Körfezi'nde, kıyı sularında ve kara midyelerde (Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819) fekal koliform bakterilerin izlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Alaş, A., & Çil, O. (2002). Aksaray İline İçme Suyu Sağlayan Bazı Kaynaklarda Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. *Çev-Kor*, 11(42), 40-44.
- Alparslan, K., Karakaya, G., Koçer, M. A. T., & Yıldız, N. (2013). Güzelyurt Baraj Gölü (Malatya) Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-11.
- Atasoy, H. (2012). *Bahçelik Barajı Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Açidan İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Kayseri: Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydın, H. (2015). *Batlama Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Giresun: Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydınalp, C. (1997). Çevre Kirliliğinin Nedenleri ve Etkileri. *Çevre ve İnsan Dergisi*, 37, 37-41.
- Bakan, G., Özkoç, H. B., Tülek, S., & Cüce, H. (2010). Integrated environmental quality assessment of Kızılırmak River and its coastal environment. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(4), 453-462.
- Barlas, M., & Kiriş, E. (2004). *Akçay (Muğla-Denizli)'in fiziko-kimyasal ve bentik makroinvertebrata yönünden incelenmesi*. Muğla: Muğla Üniversitesi Yayınları.
- Bilgin, M. (2003). *Niğde İli İçme Sularının Fiziksel, Kimyasal ve Bakteriolojik Olarak İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Niğde: Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.
- Boyd, C. E., & Queiroz, J. F. (1998). Effects of a bacterial inoculum in channel catfish ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 29(1), 67-73.
- Bozkurt, A. (2006). Yenişehir Gölü (Reyhanlı, Hatay) Zooplanktonu. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/1), 39-43.
- Bulut, C., Atay, R., Uysal, K., & Köse, E. (2012). Çivril Gölü Yüzey Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Anadolu University of Sciences & Technology-C: Life Sciences & Biotechnology*, 2(1), 1-8.
- Çakırsoy Şen, S. (2007). *Büyük Melen Havzası'nın Su Kalitesinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Adapazarı: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çakmak, L., Demir, T. (1997). Su Kirliliği ve Etkileri. *Çevre ve İnsan Dergisi*, 36, 27-29.

- ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü. (2017). *Eskişehir İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu*. Eskişehir: T.C. Eskişehir Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü.
- Çoban, F. (2007). *Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dede, Ö. T., & Sezer, M. (2017). Aksu çayı su kalitesinin belirlenmesinde Kanada su kalitesi indeks (CWQI) modelinin uygulanması. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 32(3).
- Demirer, M. A. (1992). *Su Hijyeni*. Ankara: Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı.
- Dişli, M. (2002). *Şanlıurfa Balıklıgölü'nün Su Kalitesi Yönüyle Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eren, H. (2006). *Bütünüyle katı-hal PVC-Membran ve Kompozit Nitrat-Seçici Potansiyometrik Sensörler ve Uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eroğlu, M. (2012). *Aksaray İli Merkez İlçesinin Yüzey ve Yeraltı Su Potansiyelinin ve Su Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Aksaray: Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fatoki, O. S., & Awofolu, R. (2003). Levels of Cd, Hg and Zn in some surface waters from the Eastern Cape Province, South Africa. *Water SA*, 29(4), 375-380.
- Genç, S. (2006). *Taze Tüketime Sunulan Bazı Balık Türlerinde Listeria Monocytogenes, Vibrio Parahymoliticus, Toplam Mezofil Bakteri ve Fekal Koliform Bakteri Sayılarının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güler, Ç. (1997). Su kalitesi. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, 43(2), 1-93.
- Gültekin, F., Ersoy, A. F., Hatipoğlu, E., & Celep, S. (2012). Trabzon İli Akarsularının Yağışlı Dönem Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 21(82).
- Gürel, E. (2011). *Porsuk Çayı Su Kalitesinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hepsağ, E. (2003). *Köyceğiz-Dalyan Lagün Havzası Su Kaynaklarının Su Kalitesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jeyaraj, M., Ramakrishnan, K., Anandhi, A. J., Arunachalam, S., & Magudeswaran, P. (2016). Investigation of physico-chemical and biological characteristics of various lake water in coimbatore district, Tamilnadu, India. *Oriental Journal of Chemistry*, 32(4), 2087-2094.
- Kahriman, A. (2019). *Bezirgan Hazım Kılıç Göleti (Daday-Kastamonu)'nin Su Kalitesinin Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu: Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Karakaya, N., & Evrendilek, F. (2010). Water quality time series for Big Melen stream (Turkey): its decomposition analysis and comparison to upstream. *Environmental monitoring and assessment*, 165(1-4), 125-136.
- Kenneth, M. V. (2003). *Clean Water: An Introduction to Water Quality and Water Pollution Control*. Oregon: Oregon State University Press.
- Kırmızı, M. Ş. (2010). *Akışkan Yataklı Kum Filtreleri ile Yüzeysel Suların Arıtımında Optimum Şartların Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kocataş, A. (2006). *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi*. İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Ders Kitabı Dizini No:20.
- Kumbur, H. (1981). *Ankara Çayında Mevcut Deterjanlar, Deterjanların Parçalama Durumları ve Metallerin Kantitatif Analizi*. Doktora Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi.
- Mahananda, M., Mohanty, B., & Behera, N. (2010). Physico-chemical analysis of surface and ground water of Bargarh District, Orissa, India. *International journal of research and reviews in applied sciences*, 2(3), 284-295.
- Munsuz, N., & Ünver, İ. (1995). *Su Kalitesi*. Ankara: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları:1389, Ders Kitabı:403.
- Muslu, Y. (2001). *Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi ve Alg Kontrolü*. İstanbul: İSKİ.
- Oenema, O., & Roest, C. (1998). Nitrogen and phosphorus losses from agriculture into surface waters; the effects of policies and measures in the Netherlands. *Water Science and Technology*, 37(3), 19-30.
- Özçelik, O. (2015). *Assessment and prediction of water quality parameters in Lake Köycegiz using artificial neural network approach*. Master Thesis. Ankara: Department of Environmental Engineering, Middle East Technical.
- Özdemir, N., Yılmaz, F., & Yorulmaz, B. (2007). Dalaman Çayı üzerindeki Bereket Hidro-Elektrik Santrali Baraj Gölü suyunun bazı fiziko-kimyasal parametrelerinin ve balık faunasının araştırılması. *Ekoloji*, 16(62), 30-36.
- Özer, O. (2008). *Göksu Deltası'nda Su Kalitesinin Belirlenmesi ve Su Kalitesi Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması*. Yüksek Lisans Tezi. Mersin: Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sánchez, E., Colmenarejo, M. F., Vicente, J., Rubio, A., García, M. G., Travieso, L., & Borja, R. (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological indicators*, 7(2), 315-328.
- Saygı, Y., Demirkalp, F. (2004). Bolu Yeniçağa Gölünün Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri, *Ulusal Su Günleri*. İzmir.
- Sharda, A. K., & Sharma, M. P. (2013). Water quality assessment of Swan River in Himachal Pradesh, India. *International Journal of Environmental Sciences*, 4(3), 402-414.

- Sınanmış Atasoy, A. D., & Şeneş, S. (2004). Atatürk Baraj Gölünde Alabalık Üretiminin Oluşturduğu Kirlilik Yükünün Araştırılması. *Ekoloji*, 14(53), 9-17.
- Solak, M. (2007). *Elektrokoagülasyon Prosesi ile Mermer Atıksularının Arıtılması*. Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Solanki, V. R., Hussain, M. M., & Raja, S. S. (2010). Water quality assessment of Lake Pandu Bodhan, Andhra Pradesh State, India. *Environmental monitoring and assessment*, 163(1-4), 411-419.
- Şahin, M. (2018). *Porsuk Çayı'nın Su Kalite İndekslerine Göre Değerlendirilmesi ve Baraj Gölü Trofik Seviyesinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şekerci, İ. (2011). *Van Gölü'ne Dökülen Karasu (Mermit) Çayı'nın Su Kalite Kriterlerinin İncelenmesi* Yüksek Lisans Tezi. Van: Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şengül, F., & Müezzinoğlu, A. (1993). *Çevre kimyası*. (228). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- Şimşek, H. (2011). *Sazlıdere Baraj Gölü'nün mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik düzeyinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Taner, M. Ü. (2007). *Development of water quality index as a sustainability indicator in Küçükçekmece watershed*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tanyolaç, J. (2004). *Limnoloji:Tatlı Su Bilimi*. (18). Ankara: Hatiboğlu Yayınları: Yükseköğretim dizisi.
- Taş, B. (2006). Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Ekoloji*, 16(61), 6-15.
- Taş, B. (2011). Gaga gölü (Ordu, Türkiye) su kalitesinin incelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 43-61.
- Taşdemir, M., & Göksu, Z. L. (2001). Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) bazı su kalite özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18(1-2), 55-64.
- Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E., & Töre, Y. (2006). Hasan Çayı (Erzin-Hatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/1), 149-154.
- Tepe, Y., & Boyd, C. E. (2003). A Reassessment of Nitrogen Fertilization for Sunfish Ponds. *Journal of World Aquaculture Society*, 34(4), 505-511.
- Tepe, Y., Mutlu, E., Ateş, A., & Başusta, N. (2004). Water quality of Samandağ-Karamanlı Pond (Hatay). *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 2(3), 408-414.
- Topkaya, B., Şen, B. (1995). Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler ve Su Ürünleri Açısından Önemi. *Doğu Anadolu Bölgesi II. Su Ürünleri Sempozyumu*.

- Tülek, S. (2006). *Kızılırmak Nehri Su Kalitesi Belirlenmesi ve Ötrofikasyona Bağlı Risk Değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., & Dobhal, R. (2013). Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of Water Resources*, 1(3), 34-38.
- Üstündağ, S., Çevlik, H., Üstündağ, K., Polat, M., & Can, D. (2001). *Eğrekkaya Baraj Gölü ve Havzasında Kirlilik Araştırması Raporu*. Ankara: DSİ Genel Müdürlüğü İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı.
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D., & Şahin, C. (2005). İyidere (Trabzon)'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 14(57), 26-35.
- Wetzel, R. G. (1975). *Limnology*. Philadelphia, London: W. B. Saunders Co.
- Yılmaz, F. (2004). Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Ekoloji*, 13(50), 10-17.
- Yılmaz, G. (1999). *Büyük Melen Nehrinin Kirlilik Durumunun Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Adapazarı: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- YSKSKK. (2016). *Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Zeybek, Z. (2006). *Akgöl'deki (Karaman-Konya) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Ümit SARIDOĞAN

Yabancı Dil: İNGİLİZCE

Doğum Yeri ve Yılı: BEYPAZARI/1993

E-Posta: umit.msda@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

2018, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Eskişehir.

2016-2017, Jan Evangelista Purkyně University, Faculty of Environment, Environmental Engineering, Ústí nad Labem/ CZECH REPUBLIC (Erasmus Programı).

Temmuz 2017-Ağustos 2017, Temçev Mühendislik Müşavirlik Arıtma Sistemleri San. Tic. Ltd. Şti., Stajyer Mühendis, Eskişehir.

Mayıs 2017-Temmuz 2017, Anadolu Üniversitesi, Çevre Sorunları Uyg. ve Araş. Merkezi, Stajyer Mühendis, Eskişehir.