

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

"Solaklı Havzasının hidrojeoloji-hidrokimyasal incelenmesi ve hidroelektrik santrallerin (HES) su kalitesine etkilerinin araştırılması" isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora eğitimim ve çalışmalarımın devam etmesinde hem profesyonel hem de kişisel gelişimim için desteğini esirgemeyen, karşılaştığım sorunlarda bilgi ve deneyimleriyle bana çözüm yollarını gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN'e teşekkürü borç bilirim.

"Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne 10232 No'lu proje ile bu çalışmayı desteklediğinden dolayı buradan teşekkür ederim. Doktora Tez İzleme Komitesi'nin değerli üyeleri Prof. Dr. Adem BAYRAM ve Prof..Dr. Arzu FIRAT ERSOY'a katkılarından dolayı teşekkür ederim. Dr. Öğr. Üyesi Esra HATİPOĞLU TEMİZEL'e bilgi, görüş, maddi ve manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Laboratuvar analizlerinde sağladığı kolaylıklarından dolayı TİSKİ ESİROĞLU laboratuvara teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini, sevgisini ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili annem Aminata Fati NYAMPA'na, babam Paul Ismaël OUEDRAOGO'ya ; kıymetlim canım kızım Hikma TONDE'ye minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Nadine W. Farida OUEDRAOGO

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Solaklı Havzasının hidrojeoloji-hidrokimyasal incelenmesi ve hidroelektrik santrallerin (HES) su kalitesine etkilerinin araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/06/2024.

Nadine W. Farida OUEDRAOGO

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	IX
SUMMARY.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 GİRİŞ.....	1
1.2 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI.....	2
1.3 İNCELEME ALANININ TANITIMI.....	3
1.3.1 İnceleme Alanının Coğrafi Konumu.....	3
1.3.2 İnceleme Alanının Nüfus Bilgileri ve Yerleşimi.....	4
1.3.3 İnceleme Alanının Morfolojisi.....	5
1.3.4 İnceleme Alanının İklimi.....	7
1.3.5 İnceleme Alanının Akarsuları.....	7
1.3.6 İnceleme Alanının Bitki Örtüsü.....	8
1.3.7 İnceleme Alanının Ekonomik Durumu.....	9
1.3.8 Hidroelektrik Santraller (HES) ve Türkiye’de HES’lerin Durumu.....	11
1.4 LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	15
1.4.1 Çalışma Alanında Yapılan Çalışmalar.....	15
1.4.2 Su Kalitesi Konusunda Yapılan Çalışmalar.....	17
2 YAPILAN ÇALIŞMALAR VE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	25
2.1 ARAZI ÇALIŞMALARI.....	25
2.2 BÜRO ÇALIŞMALARI.....	28
2.2.1 Haritalama İşlemleri.....	28
2.2.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	29
2.2.3 Hidrolojik ve Hidrokimyası Verilerin İncelenmesi.....	29

2.3 SU KALİTESİ İNDEKSLERİ.....	33
2.3.1 Ağırlıklı Aritmetik Su kalite İndeksi.....	35
2.3.2 Kanada Su Kalitesi İndeksi (CWQI).....	38
3 BULGULAR.....	41
3.1 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJISI.....	41
3.1.1 Hamurkesen Formasyonu (Jh).....	44
3.1.2 Berdiga Formasyonu (JKb).....	44
3.1.3 Çatak Formasyonu (Kç).....	45
3.1.4 Kızılkaya Formasyonu (Kk).....	45
3.1.5 Çağlayan Formasyonu (Kça).....	46
3.1.6 Çayırbağ Formasyonu (Kçb).....	46
3.1.7 Bakırköy Formasyonu (Ktb).....	47
3.1.8 Kaçkar Granitoyidi (Kk1).....	47
3.1.9 Kabaköy Formasyonu (Tk).....	48
3.1.10 Alüvyon (Qal).....	49
3.2 ÇALIŞMA ALANININ HİDROLOJISI.....	49
3.2.1 Yağış.....	49
3.2.2 Sıcaklık.....	50
3.2.3 Buharlaşma.....	51
3.2.4 Akış.....	58
3.3 SOLAKLI HAVZASI SU KALİTESİNİN İNCELENMESİ.....	59
3.3.1 Sıcaklık Değerleri (°C).....	59
3.3.2 Elektriksel iletkenlik.....	60
3.3.3 Hidrojen İyon Konsantrasyon pH.....	61
3.3.4 Toplam Çözünmüş Katı Madde.....	62
3.3.5 Çözünmüş Oksijen.....	64
3.3.6 Kalsiyum (Ca^{2+}).....	65
3.3.7 Magnezyum (Mg^{2+}).....	66
3.3.8 Sodyum (Na^{+}).....	66
3.3.9 Potasyum (K^{+}).....	67
3.3.10 Klorür (Cl^{-}).....	68
3.3.11 Sülfat (SO_4^{2-}).....	69
3.3.12 Nitrat (NO_3^{-}).....	70

3.3.13 Alkalinite.....	71
3.3.14 Askıda Katı Madde (AKM).....	72
3.3.15 BOİ5 (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı).....	73
3.3.16 KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı).....	74
3.3.17 Toplam Organik Karbon (TOC).....	75
3.3.18 Toplam Koliform Bakteri.....	76
3.3.19 Tuzluluk.....	77
3.3.20 Yağ ile gres.....	78
3.3.21 Ağır metaller ve İz Elementler.....	79
3.4 SULARIN FASIYES KAVRAMINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI : PIPER DİYAGRAMI.....	82
3.5 SULARIN FASIYES KAVRAMINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI: SCHÖELLER YARI- LOGARİTMİK DİYAGRAMI.....	84
3.6 SU KALİTE İNDEKSLERİ.....	86
3.6.1 Ağırlıklı Aritmetik Su Kalite İndeksi.....	86
3.6.2 Kanada Su Kalitesi İndeksi (CWQI).....	96
3.7 MEVSİMSEL SU KALİTESİNE HES ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI.....	97
3.7.1 Haziran Dönemi için Bağımsız Örneklem T-Testi Uygulaması.....	97
3.7.2 Eylül Dönemi için Bağımsız Örneklem T-Testi Uygulaması.....	99
3.7.3 Ocak Dönemi için Bağımsız Örneklem T-Testi Uygulaması.....	101
3.7.4 Temmuz Dönemi için Bağımsız Örneklem T-Testi Uygulaması.....	103
3.8 SU KALİTESİNE HES'LERİN TEKİL ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI.....	105
3.8.1 Arca Hidroelektrik Santrali (ARA-ARB).....	105
3.8.2 Güneşli II Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali (GA-GB).....	110
3.8.3 Enerjisa Hidroelektrik Santrali (EA-EB).....	116
3.8.4 Çamlıkaya Hidroelektrik Santrali (CA-CB).....	122
3.8.5 Su Kalitesi Parametreleri Farklılıklarının HES'lere Göre Değişiminin İncelenmesi.....	128
4 TARTIŞMA.....	135
5 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	140
6 KAYNAKLAR.....	143
7 EKLER.....	154
ÖZ GEÇMİŞ.....	159

Doktora Tezi

ÖZET

SOLAKLI HAVZASININ HİDROJEOLOJİ-HİDROKİMYASAL İNCELENMESİ VE HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN (HES) SU KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Nadine W. Farida OUEDRAOGO

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN
2024, 153 Sayfa ve 4 Ek Sayfa

Bu çalışma, Solaklı havzasının hidrojeoloji-hidrokimyasal incelenmesi ve havzada bulunan HES'lerin su kalitesine olan etkilerinin araştırılması hedeflenmiştir. Çalışma alanında 10 noktada ölçülmüş ve 32 su parametresi analiz edilmiştir. Sularının su kalite sınıfları ve kalite indeksleri su kirliliği kontrolü yönetmeliği kıta içi su kalite değerleri standart olarak baz alınarak Ağırlıklı Aritmetik Su kalitesi İndeksi ve Kanada Su Kalite İndeksi yöntemi yardımıyla hesaplanmıştır. Suların genel olarak katyonları bakımından karışık, anyonları bakımından HCO_3 tipinde, alüminyum (Al), mangan (Mn) ve demir (Fe) iz metalleri dışındaki iz elementlerin oldukça düşük konsantrasyonlarda olduğu belirlenmiştir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği kıta içi standartlara göre BOİ ve KOİ parametreleri hariç, diğer parametreler açısından I. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Su Kalitesi İndeksi Ağırlıklı Aritmetik Yöntemine (AAY) ve Kanada Su kalitesi İndeksine (CWQI) göre hesaplanmış ve suların sırasıyla "Mükemmel-iyi" ve "Orta" sınıfta olduğu belirlenmiştir. HES'lerin tekil etkileri değerlendirildiğinde majör iyon konsantrasyonlarına HES'lerin etkisi olmadığı, ancak özellikle suyun miktarı ile değişebilecek sıcaklık, fekal koliform, DO, BOI, toplam fosfat ve toplam nitrat gibi parametrelerde HES'lerin etkili olduğu belirlenmiştir. Bu etkinin ise regülatörden sonra suyun alındığı noktadan itibaren azalan su miktarında genellikle artış yönünde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Solaklı havzası, Su kalitesi İndeksi, Kanada Su Kalite İndeksi, Ağırlıklı Aritmetik Su Kalitesi İndeksi, HES.

PhD. Thesis

SUMMARY

HYDROGEOLOGICAL-HYDROCEMICAL STUDY OF SOLAKLI BASIN AND INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS (HEPP) ON WATER QUALITY

Nadine W. Farida OUEDRAOGO

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate
Program Supervisor: Prof. Fatma GÜLTEKİN
2024, 153 Pages and 4 Annex Pages

This study aims to investigate the hydrogeology-hydrochemistry of the Solaklı basin and the effects of HEPPs in the basin on water quality. 10 points were measured in the study area and 32 water parameters were analyzed. Water quality classes and water quality indices were calculated using the weighted arithmetic water quality index method and the Canadian Water Quality. It was determined that the waters were generally mixed in terms of cations, HCO_3 in terms of anions, and had very low concentrations of trace elements with the exception of the trace metals aluminum (Al), manganese (Mn) and iron (Fe). According to the same standards, with the exception of the BOD and COD parameters, the other parameters are class I in terms. The water quality index calculated using the weighted arithmetic method (AAY) and the Canadian Water Quality Index (CWQI) and it was determined that the waters were respectively in the “Excellent”, “Good” and “Average” class. The individual effects of HEPPs were evaluated, HEPPs had no effect on major ion concentrations, but were effective on parameters such as temperature, fecal coliforms, DO, BOD, total phosphate and total nitrate, which can change with the amount of water. This effect generally increases as the amount of water decreases from the point where water is drawn from the regulator.

Keywords: Solaklı basin, Water Quality Index, Canadian Water Quality Index, Weighted Arithmetic Water Quality Index, HEPP.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	4
Şekil 2.	Çalışma alanı fiziki haritası (USGS Earthexplorer, 2021).....	7
Şekil 3.	Hidroelektrik santrali ve çalışma prensibi (Bayazit ve Karakurt, 2013),.....	13
Şekil 4.	Çalışma alanında örnek alınan ve ölçmüş yapılan su noktalarını konumu.....	26
Şekil 5.	Solaklı deresinde ölçüm ve örnekleme işlemleri.....	28
Şekil 6.	Çalışma alanın jeoloji haritası (MTA, 1/100 000 ölçekli, 1998).....	42
Şekil 7.	Çalışma alanın jeolojik kesiti (K-G).....	43
Şekil 8.	İstasyonları ortalama yağış miktarları ve hava sıcaklıkları (MGM, 2021).....	51
Şekil 9.	Çalışma alanının meteoroloji istasyonlarına ait yağış ve Etp'nin aylık değişimi	57
Şekil 10.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen sıcaklık değerleri ve ortalamaları.....	60
Şekil 11.	Çalışma alanında ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri ve ortalamaları.....	61
Şekil 12.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen pH değerleri ve ortalamaları.....	62
Şekil 13.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen TDS değerleri ve ortalamaları.....	63
Şekil 14.	Çalışma alanında dört ölçülen çözülmüş oksijen değerleri ve ortalamaları.....	64
Şekil 15.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen Ca^{2+} konsantrasyonları ve ortalamaları.	65
Şekil 16.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen Mg^{2+} konsantrasyonları ve ortalamaları.	66
Şekil 17.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen Na^{+} konsantrasyonları ve ortalamaları..	67
Şekil 18.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen SO_4^{2-} konsantrasyonları ve ortalamaları..	68
Şekil 19.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen Cl^{-} konsantrasyonları ve ortalamaları....	69
Şekil 20.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen K^{-} konsantrasyonları ve ortalamaları.....	70
Şekil 21.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen NO_3^{-} konsantrasyonları ve ortalamaları..	71
Şekil 22.	Çalışma alanında ölçülen alkalinite konsantrasyonları ve ortalamaları.....	72
Şekil 23.	Çalışma alanında ölçülen AKM konsantrasyonları ve ortalamaları.....	73
Şekil 24.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen BOI_5 konsantrasyonları ve ortalamaları.	74
Şekil 25.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen KOI konsantrasyonları ve ortalamaları. .	75
Şekil 26.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen TOC konsantrasyonları ve ortalamaları..	76
Şekil 27.	Çalışma alanında ölçülen Toplam koliform değerleri ve ortalamaları.....	77
Şekil 28.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen alüminyum değerleri ve ortalamaları.....	80
Şekil 29.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen mangan değerleri ve ortalamaları.....	81
Şekil 30.	Çalışma alanında dört dönem ölçülen demir değerleri ve ortalamaları.....	82

Şekil 31. Çalışma alanı sularının Piper diyagramındaki konumları.....	84
Şekil 32. Çalışma alanı sularının Schöeller diyagramındaki konumları.....	85
Şekil 33. Arca HES alanında ölçülen parametrelerin değişimi.....	110
Şekil 34. Güneşli HES alanında ölçülen parametrelerin değişimi.....	115
Şekil 35. Enerjisa HES alanında ölçülen parametrelerin değişimi.....	121
Şekil 36. Çamlıkaya HES alanında ölçülen parametrelerin değişimi.....	127
Şekil 37. Su kalitesi parametreleri parametresi HES regülatörden önce ve sonrası.....	129

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Çalışmada örneklenen noktalar ve konum bilgileri.....	27
Tablo 2.	Su kirliliği kontrolü yönetmeliği kıta içi su kaynaklarının sınıfları	32
Tablo 3.	Genel SKI yöntemi için su kalitesi değerleri ve kalite sınıfları	36
Tablo 4.	İkinci durum ağırlıklı aritmetik yöntemi için su kalite sınıfları.....	38
Tablo 5.	Kanada su kalitesi yöntemi için su kalitesi değerleri ve sınıfları (CCME,2001 40	
Tablo 6.	Çalışma alanın istasyonları aylık ortalama yağış (MGM, 2021).....	50
Tablo 7.	Çalışma alanın istasyonları aylık ortalama sıcaklık değerleri (MGM, 2021)....	50
Tablo 8.	Of/Fıdanlık istasyonu için Thornthwaite yöntemi ile hazırlanan su bilançosu. .	53
Tablo 9.	Çaykara istasyonu Thornthwaite yöntemiyle hazırlanan su bilançosu.....	54
Tablo 10.	Uzungöl istasyonu Thornthwaite yöntemiyle hazırlanan su bilançosu.....	55
Tablo 11.	Lustra Yaylası istasyonu Thornthwaite yöntemiyle hazırlanan su bilançosu.....	56
Tablo 12.	Demirkapı Köyü istasyonu Thornthwaite yöntemiyle hazırlanan su bilançosu. .	56
Tablo 13.	Akım gözlemlerin değerleri (m ³ /s) (Sahin, 2007).....	59
Tablo 14.	Toplam Çözünmüş Katı Madde miktarına göre su sınıfları (Güler,1997).....	64
Tablo 15.	Suların tuzluluk değerlerine göre sınıflandırılması (URL-11, 2023.).....	80
Tablo 16.	Su kalite parametresinin ağırlık faktörünü ve standardın maksimum değeri....	89
Tablo 17.	Ağırlıklı aritmetik yöntemi- 1. duruma göre suların indeksleri ve sınıfları.....	90
Tablo 18.	Su kalite parametresinin ağırlık faktörünü standardın maksimum değeri-II.....	94
Tablo 19.	Ağırlıklı aritmetik yöntemi- II duruma göre suların indeksleri ve sınıfları.....	95
Tablo 20.	Solaklı havzasının su noktaları için hesaplanan CWQI değerleri.....	96
Tablo 21.	Haziran dönemi örnekleme için Bağımsız Örneklem T-Testi.....	98
Tablo 22.	Eylül dönemi örnekleme için independent samples test.....	100
Tablo 23.	Ocak dönemi örnekleme için independent samples test.....	102
Tablo 24.	Temmuz dönemi örnekleme için Bağımsız Örneklem T-Testi.....	104
Tablo 25.	ARA-ARB noktalarda yerinde ölçülen parametreler ve ortalamaları.....	106
Tablo 26.	ARA-ARB noktalarda majör katyon konsantrasyonları ve ortalamaları.....	107
Tablo 27.	ARA-ARB noktalarda majör anyonlar konsantrasyon ve ortalamaları.....	108
Tablo 28.	ARA-ARB noktalarda ölçülen kalite parametreleri ve ortalamaları.....	109
Tablo 29.	GA-GB noktalarda yerinde ölçülen parametreler ve ortalamaları.....	111
Tablo 30.	GA-GB noktalarda ölçülen majör katyon konsantrasyonları ve ortalamaları. .	113

Tablo 31.	GA-GB noktalarda ölçülen majör anyon konsantrasyonları ve ortalamaları. .	114
Tablo 32.	GA-GB noktalarda ölçülen kalite parametreleri ve ortalamaları.....	115
Tablo 33.	EA-EB noktalarda yerinde ölçülen parametreler ve ortalamaları.....	117
Tablo 34.	EA-EB noktalarda ölçülen majör katyon konsantrasyonları ve ortalamaları. .	119
Tablo 35.	EA-EB noktalarda ölçülen majör anyonlar konsantrasyon ve ortalamaları....	120
Tablo 36.	EA-EB noktalarda ölçülen kalite parametreleri ve ortalamaları.....	121
Tablo 37.	CA-CB noktalarda yerinde ölçülen parametreler ve ortalamaları.....	123
Tablo 38.	CA-CB noktalarda majör katyonları konsantrasyonları ve ortalamaları.....	125
Tablo 39.	CA-CB noktalarda ölçülen majör anyon konsantrasyonları ve ortalamaları. .	126
Tablo 40.	CA-CB noktalarda ölçülen kalite parametreleri ve ortalamaları.....	127

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAȲ	: Ağırlıklı Aritmetik Yöntemi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKM	: Askıda Katı Madde
BCWQI	: British Columbia İndeksi
BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CCME	: Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement
CWQI	: Canada Water Quality Index (Kanada Su Kalite İndeksi)
DO	: Çözünmüş Oksijen
DOKA	: Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı
DOKAP	: Doğu Karadeniz Projesi
DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel İletkenlik :European Economic Community (Avrupa Ekonomik
EEC	Topluluğu)
EİE	: Enerji İşleri Etüt
EN	: Euopen Norm
ETP	: Potansiyel Buharlaşma-Terleme
ETR	: Gerçek Buharlaşma-Terleme
FA	: Faktör Analizi
HES	: Hidroelektrik Santrali
İSO	: İnternational Organization for Standartları
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
M.Ö	: Milattan Önce
MATLAB	: Matrix Laboratory
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
MW	: Mega Watt
NSFWQI	: National Sanitation Foundation Water Quality Index
NT- HES	: Nehir Tipi Hidroelektrik Santralleri

Ort.	: Ortalama
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
OWQI	: Oregon Water Quality Indices
ÖÇK	: Özel Çevre Koruma
pH	: Hidrojen Potansiyeli
SKİ	: Su Kalite İndeksi
SKKY	: Su Kalite Kontrolü Yönetmeliği
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
T	: Sıcaklık
TA	: Toplam Anyon
TDS	: Toplam Çözünmüş Madde Miktarı
TH	: Toplam Hata
TİSKİ	: Trabzon İçme suyu ve Kanalizasyon İdaresi
TK	: Toplam Katyon
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
	: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel
TOB-SYGM	Müdürlüğü
TOC	: Toplam Organik karbon
Topl.	: Toplam
TRABZON İCDR	: Trabzon İl Çevre Durum Raporları
TS 266	: Türk Standart 266/Turkish Standart 266
TS	: Türk Standardı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TTSO	: Trabzon Ticaret ve Sanayi Odası
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UESY	: Ulusal Elektrik Sisteminin Yükünü
	: United States Geological Survey (ABD Jeoloji
USGS	Araştırmaları)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
WQI	: Water Quality Indices
WWF	: World Wildlife Fund (Dünya Doğayı Koruma Vakfı)

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Su, doğal kaynaklar arasında en önemli olan yaşamsal maddelerden biridir ve kendine has özellikleriyle canlılar için vazgeçilmez bir kaynaktır. Su, sadece temel bir ihtiyaç olarak değil, aynı zamanda medeniyetin gelişmesi için de kritik bir kaynak olmuştur. Tarih boyunca suyun yönetimi, kullanımı, yaşamın birçok alanında evrilmeye devam etmiş ve toplumların yapılanması üzerinde belirleyici bir faktör olmuştur.

Su kaynakları günümüzde nüfus artışının etkisiyle endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin genişlemesi, doğal kaynakların üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bu durum su ve hava gibi hayati öneme sahip olan doğal kaynakların kirlenmesine, habitatların yok olmasına ve biyoçeşitlilikte azalmaya yol açmakta ve suların hem miktar hem de kalite açısından suyun korunması, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve endüstriyel atıkların yönetimi gibi konular, doğal yaşam dengesini korumak için büyük önem taşımaktadır.

Su sınırlı bir kaynaktır, günümüzün en büyük sorunlarından birisi olan İklim değişikliği su kaynaklarında azalmaya neden olmaktadır. İklim değişikliği ve kalkınmanın etkileri birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'deki su havzalarında da gözlemlenmektedir. Yağış miktarlarındaki azalma, su havzalarının kapasitesini, dolayısıyla tarım ve içme suyu gibi kritik ihtiyaçları karşılama potansiyelini etkilemektedir. Son 30 yıl içinde Türkiye'de yer yüzüne düşen yağış miktarı yaklaşık olarak %25 oranında azalmıştır (WWF, 2014). İklim değişikliği, küresel su döngüsünü ve dolayısıyla su kalitesini ciddi şekilde etkilemekte ve su varlığı ve kalitesi çevresel ve toplumsal ortamlarda en önemli baskı unsuru yaratmaktadır.

Son yıllarda suyun kontrolsüz ve aşırı tüketilmesi, dünyadaki pek çok su ekosisteminin zarar görmesine yol açmıştır. Dünya çapında artan nüfus, gelişen endüstriyel faaliyetler, hızlı kentleşme gibi faktörlere iklim değişikliği de eklenirse su kaynaklarımızın ciddi bir tehdit altında olduğu ve gelecek nesiller için en önemli sorun olacağı açıktır.

Solaklı Havzası, 4.685 kilometrekarelik bir alanla Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunur ve Trabzon ili sınırları içerisinde, Türkiye'nin topraklarının yüzde 0,6'sını

kaplamaktadır (Şekil 1). Doğu Karadeniz Bölgesi, Türkiye'nin en çok engebeli ve en fazla yağış alan bölgesi olmakla birlikte Türkiye'nin en bakir doğal güzelliklerine sahiptir. Milli parklar, yaylalar, ormanlar ve göller turizm için yoğun talep olmakta ve her yıl binlerce kişi tarafından ziyaret edilmektedir. Yaban hayatı, balık faunası biyoçeşitlilik ve ekolojik bakımında çok önemli bir alan olan çalışma alanında, her türlü turizm faaliyeti yapılmaktadır (Arpacık vd., 2017). Ayrıca bölgenin eğimli topoğrafyası sebebiyle, yerleşim, tarım, sanayi tesisleri ile rekreasyonel aktiviteler için kullanımın artması, su kaynaklarının kalitesinde değişikliklere ve kirliliğe neden olmakta ve bu durum kaçınılmaz hale gelmektedir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Doğu Karadeniz bölgesindeki akarsular üzerine son yıllarda gerçekleştirilen araştırmalara göre, genellikle kirlilik seviyesi düşük olarak bulunmuş; ancak denize yaklaşılrken fosfat, nitrat ve sülfat değerlerinin yükseldiği saptanmıştır (Dayı, 1996). Nitrit ve amonyak değerleri bakımından akarsuların sınıflandırıldığı II ve III sınıf su kalitelerine sahip oldukları (Özdemir, 1998; Boran ve Sivri 2001), nitrit açısından ise oldukça kirli su kategorisinde oldukları belirtilmiştir (Gültekin vd. 2005). Gültekin vd. (2012) çalışmalarına dayanarak, akarsu havzalarının nitrit ve fosfat konsantrasyonlarının ortalama değerlerine göre III ve IV sınıf su kalitesinde olduğu ve derelerin giderek daha kirli hale geldiği gözlemlenmiştir.

Havzadaki alüvyon akiferler havzanın en önemli yeraltı su kaynaklarıdır. Nüfus artışı ve su kaynaklarının her türlü kirlenmeye açık oldukları dikkate alınırsa gelecek yıllarda bu alüvyonlarda depolanan yeraltı sularının içme kullanma su ihtiyacını karşılayamayacağı düşünülmektedir (Gültekin ve Hatipoğlu Temizel, 2020).

Doğu Karadeniz Türkiye'nin en çok yağış alan bölgelerinden biri olup, bu durum onu su kaynakları açısından oldukça zengin kılmakta, bol su kaynağının varlığı, bölge için önemli bir doğal zenginlik ve çeşitli kullanım olanakları sunmuştur. Coğrafi konumu ve sahip olduğu zengin su kaynakları yüzünden havzada birçok Hidroelektrik Santrali (HES) planlanmış çoğu tamamlanmış bir kısmının inşaatı devam etmektedir. Doğu Karadeniz

Projesi (DOKAP) kapsamında bölgede hem aktif çalışan hem de yapım aşamasında olan toplam 271 lisanslı Hidroelektrik Santrali (HES) bulunmaktadır. Solaklı Deresi üzerinde 36 tane nehir tipi HES yapılması planlanmaktadır. HES'lerin 1'i ön inceleme aşamasındayken, 14'u planlama, 10'u proje geliştirme, 7'si inşaat ve 4'u de işletme safhasında yer almaktadır (Çalış, 2019). İşletme aşamasında olan santraller toplam 99 MW kurulu güce sahiptir. Bu hidroelektrik santraller ile Türkiye'deki HES'lerden üretilen elektriğin % 0,343 oranı, toplam elektrik tüketiminin ise % 0,101 oranı karşılanır (Enerji Atlası, 2020).

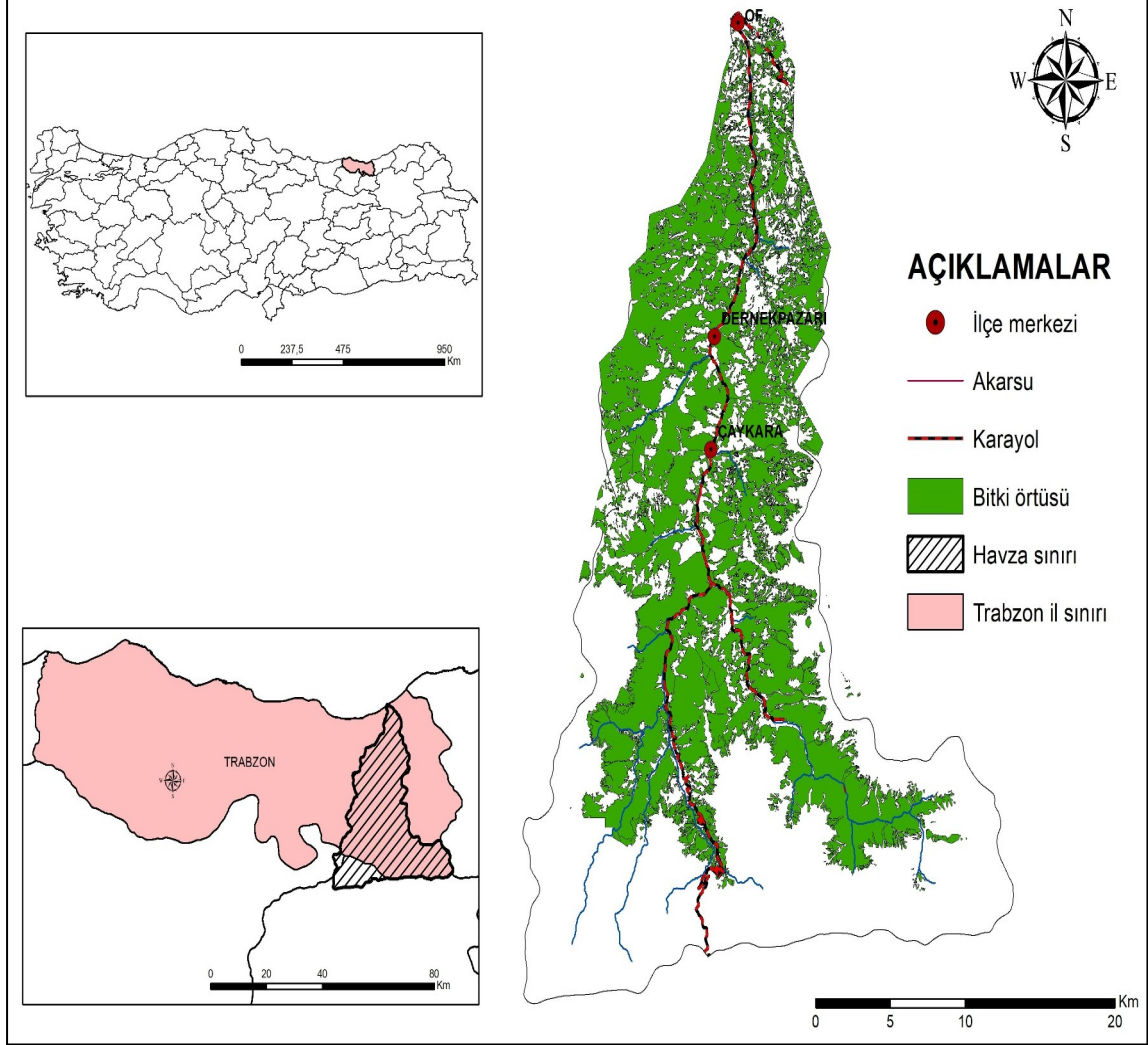
Su kaynakları yönetiminde hem günümüz hem de gelecek için kaynakların yeterliliğinin, kalitesinin, sürdürülebilirliğinin devam ettirilebilmesi su kalitelerinin korunabilmesi için havza bazında ayrıntılı çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmada, Solaklı havzasının hidrojeoloji incelenmesi, havzadaki yerüstü sularının kalitesinin belirlenmesi ve faaliyette olan hidroelektrik santrallerin suyun kalitesine olan etkilerinin ortaya çıkartılması amaçlanmaktadır.

1.3 İnceleme Alanının Tanıtımı

1.3.1 İnceleme Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma alanı Türkiye'nin kuzeyinde, Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon il sınırları içerisinde yer almaktadır. Trabzon ili 39° doğu boylamı ve 41° kuzey enlemi arasında; Kalkanlı dağlık kütesinin kuzey yamacında yer almaktadır (Karayusufoğlu, 2010). Trabzon, Rize ile doğusunda, Bayburt ile güneydoğusunda, Gümüşhane ile güneyinde, Giresun ile batısında sınırlarını paylaşmakta ve kuzeyden Karadeniz'in sularıyla ile çevrilidir. Trabzon, %30 gibi önemli bir bölümü dağlık; kalan büyük bir kısmı kıydan iç kesimlere doğru yükselen, %10'unun düzlük olduğu engebeli topoğrafyaya sahiptir. Çalışma alanı, kuzeyden başlayarak Of, Dernekpazarı ve Çaykara olmak üzere üç farklı ilçe topraklarından meydana gelen ve güney kesimini doğu-batı doğrultusunda uzanan Haldizen ve Soğanlı Dağları sınırları oluşturan Solaklı Havzası'dır (Şekil 1). Of'un yüz ölçümü 258 km², Dernekpazarı ise 78 km²'lik yüz ölçümleriyle Trabzon ilinin doğusunda yer alırlar Çaykara ilçesi, dağlık ve kayalık bir yapıya sahiptir. İlin en önemli turistik

yerlerinden biri olan Uzungö'ün içerisinde bulunduğu ilçe 420km² yüz ölçümüyle Trabzon ilinin güneydoğu kesiminde yer almaktadır (URL1-2023).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

1.3.2 İnceleme Alanının Nüfus Bilgileri ve Yerleşimi

Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Trabzon, nüfus sıralamasında Türkiye'nin en kalabalık 27. ili olarak önemini korumaktadır. Bununla birlikte, Karadeniz'in Samsun'dan sonra bölgenin ikinci en büyük ve ekonomik olarak aktif merkezlerinden biri olarak kabul

edilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumuna göre toplam nüfusu 811901 kişi, üç ilçe topraklardan oluşan havzanın ise toplam nüfusu 49087 kişidir (TÜİK, 2020).

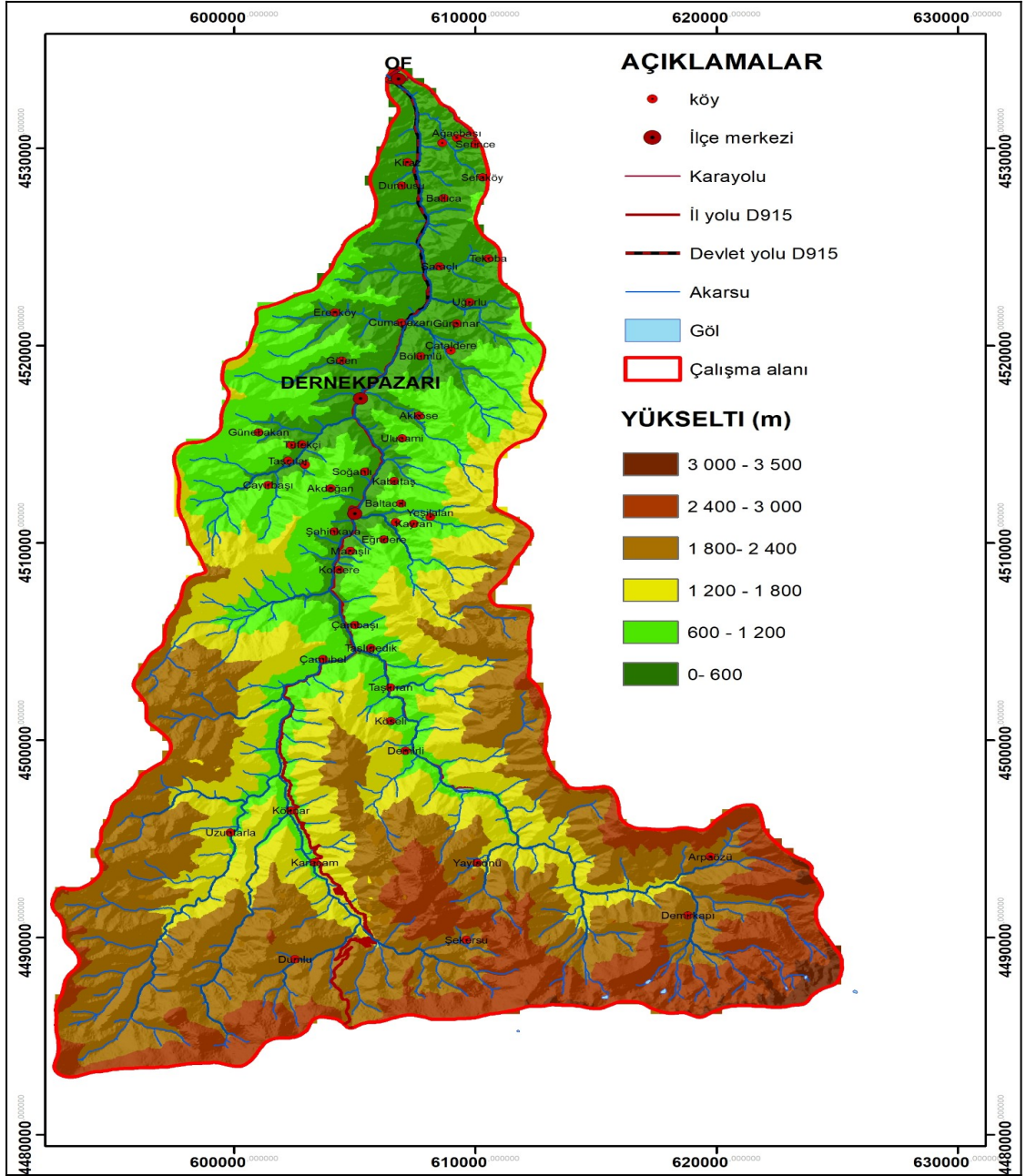
Trabzon ili yerleşmelerinin en önemli özelliği tarihlerinin çok eskiye dayanıyor olmasıdır ve Trabzon'un kuruluşuna dair net bir tarih ve kurucular hakkında kesin bilgi yoktur. Yapılan araştırmalar ve tarihi kaynaklar, bölgeye ilk yerleşen halkların Kafkasya'dan ve Orta Asya'dan gelen, aralarında çeşitli Türk boylarının da bulunduğu topluluklar olduğunu göstermektedir (Çetinkaya, 2006). Yerleşme tarihi M.Ö. 2000 yıllarına dayanmış olup, 1461 yılında Fatih Sultan Mehmet tarafından fethiyle müslüman nüfus hızla artarken, konutlaştırma hareketleri hızlanmıştır. Trabzonlu vatandaşların yaşam biçimi, adetleri ve gelenekleri kendine has bir kültüre sahiptir (Başaran, 2016).

1.3.3 İnceleme Alanının Morfolojisi

Solaklı Havzası Karadeniz Dağ Sistemine dahil olup çok karmaşık yer şekilleri arz etmektedir (Acar, 1996). Havzanın en yüksek noktası güneydoğudaki Haldizen dağındaki 3376 m ile Demirkapı tepesidir (Şekil 2). Havzasının büyük bir kısmını akarsular özellikle ikinci dereceden kollar ve onlara karışan yan derelerin meydana getirdiği vadiler oluşturmaktadır (Karayusufoglu, 2010). Açar (1996)'ya göre üç yükselti kademesi bulunur:

- 0-500 m. arası alanlar: bu bölümde önce nispeten düz ve dar bir kıyı şeridi mevcuttur. Bu bölgelerde topoğrafik ve iklimik özellikleri uygun olduğunu için daha fazla nüfuslanmıştır. Güneye doğru gidildikçe eğimler hızla artar ve vadi tabanı dar ve tarımlara yer vermeyecek şekilde uzanır.
- 500 m. ile yaylalar (1700-1900 m.) arası alan: Bu alanlarda jeolojik oluşum nedeniyle arazilerde V şekli dar ve derin vadiler olmaktadır. Çaykara - Uzungöl arasında Boğaz vadiler çok yaygındır. Solaklı deresinde 750m.den sonra akarsu iki kola ayrılır. Köknar ve Haldizen olarak adlandırılan bu iki akarsu boyunca 2000-2200 m'ye kadar dik yamaçlar yüksek eğimli akarsu vadisi ve boğaz vadiler devam etmektedir.
- Yaylalar ve dağlık alanlar: Denizden güneye gidildikçe dağların etekleri 200-1000

m yüksekliğinde tepelik arazi görünümündedir. Tepelik araziler dereceli olarak yükselerek dağlık arazilere dönüşmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanı fiziki haritası (USGS Earthexplorer, 2021)

1.3.4 İnceleme Alanının İklimi

Doğu Karadeniz Havzasının bir bölümünü oluşturan Solaklı Havzası içinde deniz etkilerinin yüksek derecede etkin olduğu genellikle Karadeniz iklimi hâkimdir (Koralay, 2015). Terzioğlu (1998)'e göre Doğu Karadeniz İklimi, deniz etkisinin hâkim olduğu bir iklim tipidir. Makroklima çerçevesinde değerlendirildiğinde, bu bölgede kışları ılık, yazları ise sıcak ve yağışlı hava koşulları hakimdir. Bölgenin en sıcak ayı (genellikle Ağustos) ortalama 23°C ile karakterizedir ve en soğuk ayı (genellikle Şubat) ise ortalama 7°C sıcaklığa sahiptir. Trabzon'da yıllık ortalama yağış miktarı metrekare başına 830 mm'dir (MGM, 2021). Bölgede yıl içinde yaklaşık 51 gün güneşli, 174 gün az bulutlu veya parçalı bulutlu ve 140 gün ise tamamen bulutlu geçtiği görülmektedir (Koralay, 2015). Her mevsim yağış iklimin dominant özelliğidir, ancak en fazla yağışlı sonbahar ve kış aylarında gerçekleşir. İlkbahar minimum bir yağışla karakterize edilir (Gürgen, 2004).

1.3.5 İnceleme Alanının Akarsuları

Doğu Karadeniz havzası, Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgelerinden biridir ve buna bağlı olarak su kaynakları açısından oldukça zengin olan havzasıdır. Havzanın toplam yağış alanı 22.844 km² olup, yıllık ortalama su verimi yaklaşık 17,86 milyar metreküp (m³) civarındadır. Ayrıca, bölgenin yıllık ortalama akış yüksekliği 743,35 mm olarak hesaplanmıştır (Doğu Karadeniz Havzası Master Plan (Nihai) Raporu, 2016). Kar suları ile bol yağışlar akarsuların beslenme kaynaklarıdır, ilave olarak, fazla buharlaşmanın olmadığı ılıman iklim bölgede olduğu için akarsuların yatakları genellikle kurumaz. Akarsu yataklarının eğimli olması aşınmaya yol açar ve nehrin kum ve çakıl gibi malzemeleri sürüklemesine neden olmaktadır. Bu malzemeler, akarsuyun yol boyunca ve denize döküldüğü noktalarda birikir.

Çalışma alanının su kaynağı Solaklı Deresi ve kollarıdır, Solaklı Deresi, Köknar ve Haldizen derelerinin birleşiminden meydana gelir ve her mevsim su taşıyan önemli bir akarsudur. Haldizen Deresi, Trabzon'un yüksek zirvelerinden biri olan 3376 metre yükseklikteki Demirkapı Tepesi'nden doğar. Önce kuzeybatı yönünde Uzungöl'e kadar

akışını sürdüren akarsu Balkodu dereyi aldıktan sonra Solaklı Dere ismini alır ve yönünü kuzeye çevirerek akışını Çaykara ilçesine kadar devam ettirir. Buradan itibaren kuzeye doğru akışına devam eder ve Of ilçesi sınırları içerisinde Karadeniz'e dökülür (Ayaz, 2009).

Havza göller bakımından da zengindir. özellikle Uzungöl heyelan set gölü olmak üzere, Balıklı Göl, Aygır Gölü, Kara Göl ve Haldizen Dağları'nda yer alan çeşitli büyüklükteki buzul göleriyle zenginlik göstermektedir. Doğal set gölü olan Uzungöl, denizden 1.250m yüksekte yamaçlardan kayan kütlelerin vadiyi kapatması sonucu oluşmuş bir kayaç gölüdür (TOB-SYGM, 2020). Uzungöl gerek turizm ve gerekse su ürünleri bakımından da bereketli bir yer olarak biliniyor. Uzungöl yerleşim alanı ve gölün etrafındaki 1625 hektarlık ormanlık bölge, zengin bitki örtüsü, heyelan morfolojisi, çeşitli yaban hayatı ve büyüleyici manzarası nedeniyle Orman Bakanlığı tarafından "Tabiat Parkı" olarak ilan edilmiştir (Verep vd., 2001).

1.3.6 İnceleme Alanının Bitki Örtüsü

Doğu Karadeniz bölümü içinde yer alan araştırma alanının bitki örtüsü bakımından yağış ve sıcaklık koşullarının elverişliliği nedeniyle önemli bir hususiyet sunmaktadır ve genel olarak nemli çevrelerde yetişen bitki türlerine rastlanır. Trabzon ili, yemyeşil doğası ve çeşitli ağaç türleriyle kaplı zengin ormanlarıyla ünlüdür. Bunlar arasında kızılâğaç, gürgen, kestane, kayın, köknar ve ladin ağaçları bulunmakta ve geniş bir orman örtüsü oluşturmaktadırlar. Haldizen Dağı'nın güney yamaçları sarıçam ormanları ile kaplıdır ve bölge 2000-2100 metre yüksekliklerde Sultanmurat gibi alp tipi çayırlar ve yaylalara ev sahipliği yapmaktadır. Solaklı Deresi Havzası'nda 29.134 hektar ormanlık alan, 8.576 hektarlık mera, 13.158 hektar tarım alanı, 1.330 hektar yerleşim alanı ve 23.523 hektar da orman toprağı bulunmaktadır. Ormanlık alanda, 4.949 hektar yapraklı ağaçlar, 8.056 hektar iğne yapraklı ağaçlar ve 15.996 hektar karışık türlerden oluşan ormanlar mevcuttur (Koralay vd., 2014).

1.3.7 İnceleme Alanının Ekonomik Durumu

Doğu Karadeniz havzasının eğimli ve düz alanların sınırlı olması nedeniyle tarımsal faaliyet imkanları çok sınırlıdır. Arazinin engebeli olması ve ormanların geniş yer tutmasından dolayı tarım yapılacak araziler çok kısıtlı ve dağınık küçük parçalar halinde bulunur (Sakal, 1991). Trabzon şehrinin toplam 468.500 hektarlık arazi alanının sadece yüzde 23.49'u olan 110.092 hektarı tarım için uygun durumdadır. Kalan arazilerin yüzde 38.76'sını ormanlar kaplayarak 181.637 hektarlık bir alanı oluştururken, çayır ve mera olarak kullanılan kısım 112.128 hektar ile yüzde 23.93'ü teşkil etmektedir. Ayrıca, yüzde 13.79'lık bir kısım olan 64.643 hektarlık arazi ise ürün vermez durumdadır ve bu araziler genellikle ekonomik değeri olmayan alanlar olarak belirlenmiştir (TTSO, 2023). Trabzon'da tarım faaliyetlerinin çeşitliliği, arazinin topoğrafik yapısı ile doğrudan ilişkilidir. Düz alanlarda çoğunlukla sebze ve tütün ekimi yapılmakta, bu bölümler daha yoğun tarım faaliyetlerine uygun şartları sağlamaktadır. Az meyilli arazilerde tütün, patates ve fındık yetiştiriciliği ön plana çıkmakta; bu alanlar hem meyilli hem de düz alanlara göre tarıma daha elverişli durumdadır. Daha yokuşlu ve meyilli araziler ise özellikle fındık ve çay tarımı için tercih edilmekte, bu ürünler eğimli topraklarda iyi bir verim göstermektedirler (T-ICDR, 2016).

Trabzon, Türkiye çay yetiştirilmesinde Rize'den sonra başta gelen ildir. Günümüzde Trabzon'da Of ilçesi çay tarımının merkezini olmuştur. Of ilçesinde toplam 8708.2 hektar çay bahçelerinden oluşmakta, Dernekpazarı'nda ise 288.7 hektar çay tarımı yapılmaktadır (Doğanay, 2006). Çay'dan sonra fındık tarımı bölgenin önemli tarım ürünleri arasındadır. Arazi yapısı gerekçesiyle traktör ve benzeri araçların tarımsal faaliyetlerde kullanılması pek mümkün değildir. Tarım çoğunlukla ailenin kendi ihtiyaçlarını karşılayacak bir üretim yapısı bulunmaktadır.

Çalışma alanında hayvancılık faaliyetleri önemli bir gelir kaynağıdır. Bölgenin iklim koşulları, yüksek yağış oranları ile karakterize edilen yumuşak bir iklime sahip olduğundan hayvancılık için oldukça uygundur. Bol yağışlar, meraların ve çayırların sürekli olarak verimli ve yemyeşil kalmasını sağlamaktadır. Bazı yörelerde tarımın yanında ikinci bir faaliyet olarak yapılmakta, diğer bölgelerde yanı yukarı kesimlere çıkıldıkça tarım

imkanlarının yetersiz olmasından dolayı hayvancılık halkın ana geçim kaynağı durumuna gelmektedir (Zaman, 2018).

Trabzon'daki hayvancılık faaliyetlerinin büyük bir kısmı aile işletmeleri tarafından yürütülmekte ve bu işletmeler genellikle süt ve süt ürünleri üretimine odaklanmaktadır. Bölgenin engebeli ve parçalı arazi yapısı nedeniyle, birçok aile işletmesi yalnızca limitli sayıda büyükbaş hayvan besleyebilmekte, genellikle 3 ila 4 baş hayvan arasında değişmektedir. Sığır, koyun ve kıl keçisi bakımı ile kümes hayvancılığı da yaygın olarak yapılmaktadır. Son yıllardaki arıcılık çalışmaları ve bal dolum vakumlama tesislerinin kurulması sayesinde, arıcılık sektöründe ciddi gelişmeler kaydedilmekte ve bu alanda ekonomik bir ivme oluşturulmaktadır. Balıkçılık, Trabzon ve genel olarak Karadeniz bölgesi kültürünün önemli bir parçasıdır. Hamsi, bölge mutfağının ve kültürünün vazgeçilmez bir parçası olup, sadece bir gıda maddesi olarak değil ayrıca sosyal ve kültürel bir simge olarak da önem taşınmaktadır. (Özok, 2018).

Trabzon ilinde sanayileşme var olan potansiyeline rağmen yeterince gelişmemiştir ve Türkiye genelindeki sanayileşme hareketini geç takip etmiştir. İlde mevcut arazi yapısı büyük ölçekli sanayi tesislerinin kurulmasına engel olmaktadır. Trabzon ekonomisi, tarım ve hayvancılığa yönelik geniş kaynaklara sahip olduğu bilinmektedir. Zira bu bölgede fındık ve çay gibi tarım ürünleri büyük bir ekonomik öneme sahiptir. Bu iki ürün, sadece yerel tarım alanlarında değil, aynı zamanda gıda işleme sanayisinde de merkezi bir rol oynamaktadır. Trabzon'da 3'ü faal (Arsin OSB, Beşikdüzü OSB ve Akçaabat Şinik OSB) ve diğeri de yapım aşamasında (Vakfikebir OSB) olmak üzere 4 Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır (DOKA, 2023). 2019 verilerine göre, şehirde Sanayi Sicil Belgesi'ne sahip 798 firma faaliyet göstermekte ve bunların yaklaşık %29'u, başta Trabzon'un meşhur fındığı olmak üzere gıda ve içecek sektöründe yer almakta, bu oran bölgenin sektörü ne kadar önemli bir yer tuttuğunun bir göstergesidir. Bunun yanı sıra, yapı-inşaat ve makine imalatı sektörleri de %9'luk bir payla önemli bir ekonomik rol oynamakta ve gıda ve içecekler sektöründen sonra en çok faaliyet gösterilen alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır (DOKAP, 2021).

Trabzon, Türkiye'nin Karadeniz kıyısında bulunan ve tarihi zenginlikleri, doğal manzaraları ile dikkat çeken bir şehirdir. Her yıl pek çok yabancı turistini ilgisini çeken bu

şehir, Karadeniz bölgesinin incisi olarak kabul edilmektedir. DOKA verilerine göre 2022 yılında Trabzon, turist sayısını 2017-2021 ortalamasına göre %37, yabancı turist sayısını ise %119 artırmıştır ve Trabzon nüfusuna oranla en çok turist çeken ilk 10 şehir arasına girip Trabzon'u 823,090 yerli ve yabancı turist ziyaret etmiştir (DOKA, 2023). Çalışma alanı doğal bir güzelliğe sahip olup yüksek bir turizm potansiyeline sahip olan bir bölgedir. Özellikle Çaykara ilçesinde bulunan Uzungöl Beldesi, Trabzon'un Eko-Turizm bir merkez olmaktadır.

1989 yılında Orman Bakanlığı, zengin bitki örtüsü, çeşitli yaban hayatı ve etkileyici manzarası sayesinde, deniz seviyesinden yaklaşık 1250 metre yükseklikteki bu göl havzasını "Tabiat Parkı" olarak tescil etmiştir. Bir sonraki yıl turizm açısından değerinin anlaşılması üzerine "Turizm Merkezi" olarak belirlenmiş ve 2004 yılında Bakanlar Kurulu kararı ile de "Özel Çevre Koruma Bölgesi" statüsü verilmiştir (Atasoy, 2007).

Trabzon, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alır ve ulaşım ağı bakımından Samsun'un ardından ikinci büyük merkez konumundadır. Bu şehir, hava yolu, kara yolu ve deniz yolu dahil olmak üzere çeşitli ulaşım seçeneklerini kullanma avantajına sahiptir. Arazi yapısı nedeniyle iç kesimlere ulaşım zordur. Sahil yolu dışında iki devlet karayolu bağlantısı bulunmaktadır. Çalışma alanında Of-Dernekpazarı-Çaykara-Bayburt karayolunun bulunmakta, Çaykara'dan sonra bu yolun önemli bir bölümü stabilize edilmiştir.

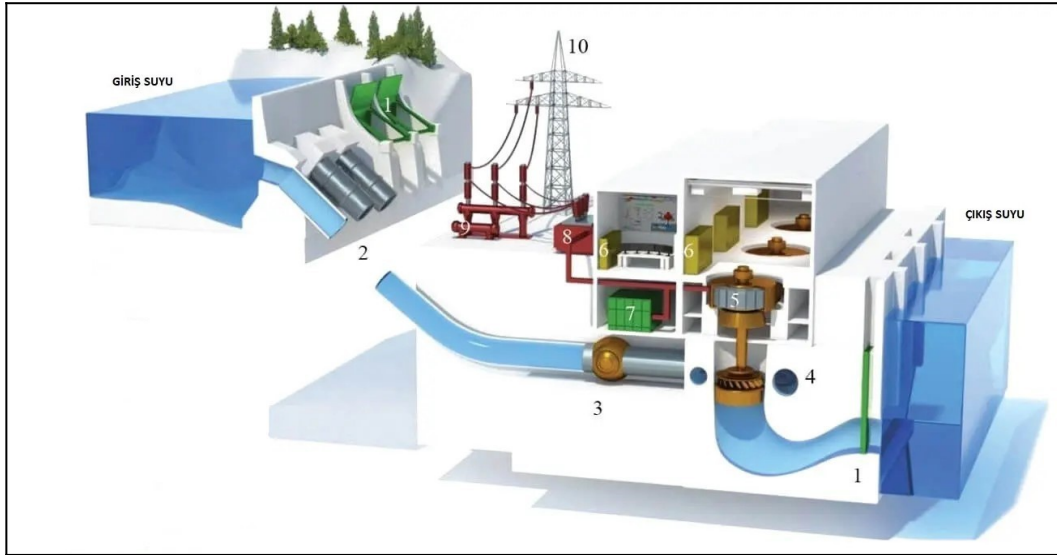
1.3.8 Hidroelektrik Santraller (HES) ve Türkiye'de HES'lerin Durumu

Dünya'nın her yerinde olduğu gibi nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişmeler enerjiye olan talepleri artırmıştır. Ülkelere hem enerji temin etmek hem de enerjilik bağımsızlığını kazanmak çok mühim olduğu için fosil enerji kaynaklarının dışında yeni, yerel enerji kaynak arayışlarına girmektedirler.

Su gücü, yani "beyaz kömür", elektrik üretiminde ve enerji ihtiyacının karşılanmasında özellikle son yıllarda oldukça önemli bir role sahiptir. Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren inşa edilen büyük barajlar ve hidroelektrik santralleri (HES'ler), gelişmekte olan ülkelerde sosyoekonomik kalkınmayı destekleyen ve gerekli enerji üretimini sağlayan önemli faktörler arasında yerini almıştır (Sever ve Kalın, 2011). Dünya

çapında hidroelektrik enerji, yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir ve global elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık %19'unu karşılamaktadır (Gökdemir vd, 2012).

Hidroelektrik enerji, suyun potansiyel enerjisinden yararlanarak elektrik enerjisi üreten temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Su, genellikle yüksekten alçak bir seviyeye doğru serbest bırakıldığında potansiyel enerjisini kinetik enerjiye dönüştürür ve bu hareket enerjisi, türbin kanatlarına çarparak onların dönmesini sağlar. Bu dönme hareketi, türbin miline bağlı bir jeneratör aracılığıyla elektrik enerjisine çevrilmektedir. Hidrolik potansiyel, yağış rejimine bağlı olup dolayısıyla, iklim değişimlerine göre hassas bir enerji çeşittir. Hidroelektrik sistemlerde suyun akım enerjisinden faydalanmak için su, bir baraj gibi yüksek bir noktadan cebri borular veya kanallar aracılığıyla alınarak türbinlere yönlendirilir. Bu suyun kinetik enerjisi, türbinleri döndürerek mekanik enerjiye dönüştürülür ve bağlı olduğu jeneratörler sayesinde elektrik enerjisi elde edilir. (Şekil 3).



Şekil 3. Hidroelektrik santrali ve çalışma prensibi (Hidroelektrik santrallerinin enerji üretim aşamaları (Bayazit ve Karakurt, 2013), 1=geçit, 2=Cebri boru, 3=Giriş vanası, 4=Türbin, 5=jeneratör, 6=otomasyon, kontrol, 7=Düşük voltaj kesicileri, 8=Güç trafosu, 9=Yüksek voltaj kesicileri, 10=İletim hattı).

Hidroelektrik santraller hidroelektrik enerji imal edilen yapılardır. Suyun sahip olduğu potansiyel enerjisini kullanarak, önce mekanik enerjiye ve daha sonra da bu mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirmek için jeneratörleri kullanmaktadır. Hidroelektrik santraller depolama yapıları, düşüşler, kurulu güçleri, ulusal elektrik sisteminin yükünü karşılama durumu, baraj gövdesinin tipi ve santral binasının konumuna göre olmak üzere 6 parametreye göre sınıflandırılırlar.

Ülkenin zengin su kaynakları, iklimsel ve topografik özellikleri sayesinde geniş bir hidroelektrik enerji potansiyeli bulunmaktadır, bu potansiyelini değerlendirme yönünde önemli adımlar atmış ve birçok hidroelektrik santral (HES) kurmuştur. Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli önemli bir enerji kaynağıdır ve enerji ihtiyacını karşılamada kritik bir role sahiptir. Türkiye'nin coğrafi yapısı ve bol miktarda yağış alması, ülkenin önemli bir hidroelektrik potansiyele sahip olmasına imkan tanımıştır. Türkiye'nin dağlık arazileri ve güçlü akarsu ağları, hidroelektrik santral yatırımları için uygun koşullar yaratmaktadır. 1902 yılında Osmanlı döneminde Tarsus'ta kurulan ilk hidroelektrik santraliyle başlayan gelişim, Cumhuriyetin kuruluş döneminde, özellikle 1930'lar ve sonrasında Isparta'daki Keçiborlu Su Elektrik Santrali gibi projelerle devam etmiştir. Sonraki yıllarda, çok sayıda hidroelektrik enerji santrallerinin inşası ile Türkiye kendi elektrik ihtiyacının büyük bir bölümünü bu kaynaktan sağlamaya başlamıştır. Türkiye'de en çok nehir tipi ve depo tipi HES kullanılmaktadır ve DSİ mevcut tahminlere göre, Türkiye'nin brüt hidroelektrik enerji potansiyeli yaklaşık olarak 433 milyar kilovat saat (kWh) civarındadır. Bu rakam, dünya hidroelektrik enerji potansiyelinin yaklaşık %1'ine ve Avrupa'nınki ise %14'üne denk gelmektedir. Enerji tüketimi hızlı artışı, Türkiye ekonomisine maksimum enerji temin etmek maksadıyla HES projelerin çok değer kazanmaktadır, Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinden yararlanmak için farklı yönetim seviyelerinde, yani hükümet birimleri, özel sektör ve yerel belediyeler tarafından pek çok alanda yatırım yapılmıştır ve ülkenin dört bir yanında sayısız hidroelektrik santrali inşa edilerek, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim kapasitesi artırılmıştır (Gökdemir vd, 2012).

Türkiye'deki hidroelektrik santralleri büyük nehirleri üzerinde büyük ölçekte barajlar olarak tasarlanmıştır. Bununla birlikte, ülkenin dört bir yanına dağılmış pek çok küçük ve orta ölçekli HES bulunmaktadır. Bu santraller, Türkiye'nin elektrik üretim portföyünde

önemli bir paya sahiptir ve üretimin bir kısmını karşılamaktadır. Türkiye'nin hidroelektrik enerji kapasitesine bakıldığında, brüt teorik potansiyelin 433 milyar kwh/yıl olduğu görülmektedir. Teknik olarak kullanılabilir potansiyel ise 216 milyar kwh/yıl civarında. Ekonomik anlamda işlenmiş ve kullanıma hazır olan potansiyelin miktarı ise yılda 158 milyar kilovatsaattir. Öte yandan, devam eden ve planlanan projeler sayesinde, 2023 yılının sonrası için bu kapasitenin yaklaşık 180 milyar kwh/yıl seviyesine çıkması bekleniyor. (TMMOB, 2012).

Doğu Karadeniz Havzası, Türkiye'nin 26 temel su havzasından biri olup, çok sayıda akarsu ve minik buzul göllerine ev sahipliği yapmaktadır. Buraları süsleyen Melet Çayı, Harşit Çayı ve Fırtına Deresi gibi akarsular ana su yollarını oluştururken, bu su yolları ise alanı serpilen alt havzaları meydana getirir (Ak vd, 2008). Bu coğrafyada dağların denize dik uzanışı ve havzanın yıl boyunca yeterince yağış alması, nehir tipi hidroelektrik santralleri (NT-HES) için ideal koşullar sunmaktadır. Türkiye'de NT-HES'ler özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yoğunlaşmış durumdadır. Lisans almış NT-HES projelerinin önemli bir kısmı bu bölgede konumlanmaktadır. Trabzon, Giresun ve Rize gibi illerde sırasıyla 125, 95 ve 71 olmak üzere, toplam 450'ye yakın NT-HES projesi yapılmış ve yapılmakta olan projelerle bölge enerji potansiyeli açısından zenginleşmiştir (EİE, 2016).

36 tane nehir tipi HES Çalışma alanında yanı Solaklı Dere üzerinde yapılmasını planlanmaktadır. HES'lerin 1'i ön inceleme aşamasında, 14'u planlama aşamasında, 10'u proje aşamasında, 7'si inşaat aşamasında ve 4'u de işletme aşamasındadır (Çalış, 2019). İşletmede olan hidroelektrik santraller, toplamda 99 MW'lık bir kurulu güce sahip. Türkiye'deki tüm hidroelektrik santralleri tarafından üretilen elektriğin %0.343'lük bir kısmı bu santraller tarafından sağlanmakta ve Türkiye'nin toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %0.101'ini karşılmaktadır (Enerji Atlası, 2020). Solaklı Deresi üzerinde bulunan ve aşağıda sıralanan HES'ler depolamasız nehir tipi santrallerdir:

- Arca Hidroelektrik Santrali: Trabzon'un Solaklı Deresi üzerinde konumlanmış ve yıllık ortalama 47.258.926 kWh elektrik üretim kapasitesine sahiptir (Enerji Atlası, 2020).
- Güneşli II Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali: Trabzon ilinin Of ilçesindeki Solaklı Deresi üzerine 2013 yılında inşa edilen hidroelektrik santrali, yıllık

ortalama olarak 37.804.210 kWh enerji üretmektedir (Enerji Atlası, 2020).

- Çamlıkaya Hidroelektrik Santrali (HES), Trabzon'un Çaykara ilçesinde yer almakta ve kapasitesine göre Trabzon'daki 37. büyük, Türkiye genelinde ise 461. büyük Hidroelektrik Santralidir. Bu tesis yıllık ortalama olarak 25.861.474 kilovatsaat (kWh) elektrik üretimi gerçekleştirmektedir (Enerji Atlası, 2020).
- Çambaşı Hidroelektrik Santrali, Enerjisa tarafından işletilmekte olup, 2013 yılında Trabzon'un Çaykara ilçesindeki Solaklı Deresi üzerinde kurulmuştur. Bu santral, kapasitesine göre Trabzon'un 2. büyük enerji santrali konumundadır. Çambaşı HES, yıllık ortalama olarak 122.849.464 kilovatsaat (kWh) enerji üretimi yapmaktadır (Enerji Atlası, 2020).

1.4 Literatür Çalışmaları

1.4.1 Çalışma Alanında Yapılan Çalışmalar

Bulut (1989), “Çambaşı barajı (Trabzon – Çaykara) ve Uzungöl hidroelektrik santral yerlerinin mühendislik jeolojisi açısından incelenmesi” başlıklı çalışmada alandaki lito-stratigrafi birimlerini ayırtlamış, kayaçların jeomekanik özellikleri, arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla araştırmıştır.

Bulut ve Tarhan (1992), Çambaşı baraj yeri, metabazaltın litolojik yapısal, fiziksel, mekanik ve elastik özellikleri saha ve laboratuvar çalışmalarıyla belirlenmiştir. Baraj yeri temel kayasını oluşturan metabazalt genellikle orta, iyi kaliteli ve sık çatlaklı ortaya konulmuştur.

Açar (1996), Baltacı ve Solaklı deresi havzaları, yerleşme ve ziraat hayatı hızlı değişimleri incelenip ve sorunlarının çözümlerini değerlendirmiştir.

Açar (2001), 1994-1997 yıllarında yapılan arazi çalışmaları ile Trabzon yöresinde yer alan yol şevlerine ait yetişme ortamlarının yer örtücü bitki türleri belirlenmiştir. Bu çalışmada çeşitli yer örtücü bitkilerin türleri keşfedilmiştir.

Boran ve Sivri (2001), Solaklı ve Sürmene derelerinde nütrient ve askıda katı madde yüklerini araştırmışlardır. Akarsulardan 2000 yılı bahar döneminde alınan örneklerle

derelerin mansap bölümlerindeki nütrient ve askıda katı madde incelenmiştir. Çalışma sonucunda nütrient yüklerinde zamanla artış olduğu belirtilmiştir.

Andiç (2007), Solaklı Havzası üzerinde yürüttüğü çalışma, bölgenin hidroelektrik enerji potansiyelini belirleme açısından kapsamlı bir analiz içermektedir. Havza içindeki akarsuların hidroelektrik potansiyelini değerlendirmek amacıyla aylık yağış verileri ve akış katsayıları gibi hidrometeorolojik parametreler kullanılmıştır. Santralin hidroelektrik gücünü hesaplarken kullanılan dört farklı metodun sonuçlarının uyumlu çıkması, analiz verilerinin güvenilirliğini ve çalışmanın sağlamlığını gösterilmiştir.

Algancı (2008), çalışmasında özellikle erişim zorluğu olan dağlık bölgelerde hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesinde uzaktan algılama ve uydu verilerinin kullanımını konu almıştır. Trabzon – Solaklı havzası gibi, doğrudan akım ölçümleri yapmanın zor veya imkansız olduğu yerlerde bu teknolojinin önemi büyük olabilmektedir. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) gibi araçlar, arazinin topografik özelliklerini ayrıntılı olarak ortaya çıkarmak için kullanılmış ve SYM veritabanından yararlanılarak havza sınırları, drenaj ağları, ve topografyanın diğer önemli özellikleri, yani arazinin yüksekliği, eğimi ve yönü gibi veriler dijital bir biçimde elde edilmiştir. Bu bilgilerden, daha sonra bölgedeki su akışı modelleri oluşturmuş; potansiyel baraj ve HES potansiyelini belirlenmiştir.

Karayusufoğlu (2010), çalışmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımıyla havzanın hidrolojik modellemesini yapmıştır. Çalışmada uydu verileri kullanılarak elde edilmiş Sayısal yükseklik modeli (SYM), jeostatistiksel yöntemler kullanarak hazırlanan eş yağış haritaları ve çoklu regresyon analizi ile türetilen akım değerleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre edilerek bir havzanın matematiksel akım modeli oluşturulmuştur. Bu çalışma baz alınarak bazı noktalardaki hidroelektrik potansiyel tespit edilmiştir.

Aydınçakır (2017), Taşlıyayla (Çaykara, Trabzon, Kuzeydoğu Türkiye) bölgesinde yüzeylenen Geç Kretase'ye ait kalk-alkali volkanik kayaçların petrografik yapıları ve jeokimyasal özellikleri üzerine bir araştırma yapmıştır. Volkanik kayaçların, hem Geç Kretase hem de Eosen dönemlerinde plütonik kayalar tarafından kesilmiş ve bazı bölgelerde alterasyona uğratılmış olduğu tespit edilmiştir.

Yıldırım (2021), yaptığı çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesindeki on farklı akarsuyun hidrolojik karakteristiklerini ve bunların su toplama havzalarını ayrıntılı incelemiştir. Çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak morfometrik özellikler incelenmiş ve akarsu havzalarının farklı hidrolojik sorunlara ne kadar duyarlı olduğu analiz edilmiştir. Analizler sonucunda, Değirmendere, Karadere ve Solaklı havzalarının özellikle sel ve taşkın riski açısından hassas olduğu, Fol ve Ağasar havzalarının geçirimsiz özellikte olduğu; Yanbolu havzasının ise erozyon açısından en riskli bölge olduğu tespit edilmiştir.

1.4.2 Su Kalitesi Konusunda Yapılan Çalışmalar

Khan vd. (2005), Kanada Çevre Bakanları Konseyi (CCME) Su Kalitesi (WQI) değerli bir araç olarak kanıtlamıştır. Bu çalışma içme suyu kalitesi verileri için kullanımına ilişkin örnek çalışmaları sunulmuştur.

Ramakrishnaiah vd. (2008), Tümkur taluk'un yeraltı suyu kalitesi Su Kalitesi İndeksini (WQI) yöntemiyle değerlendirmişler. 12 parametre pH, toplam sertlik, kalsiyum, magnezyum, bikarbonat, klorür, nitrat, sülfat, TDS, demir, manganez ve florür dikkate alınarak WQI hesaplanmıştır. WQI 89,21 ile 660,56 arasında değişmekte, yüksek değerleri demir, nitrat, toplam değerlerinden kaynaklandığı bulunmuştur. Araştırma bölgenin yeraltı suyunun kirlendiğini ve korunmak gerektiğini belli etmiştir.

Yogendra ve Puttaiah (2008), Shimoga şehirde bulunan Gopishettykere nehirin Su Kalitesi İndeksini (WQI) hesaplamıştır. Araştırmada Su Kalitesi İndeks pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, toplam alkalinite, toplam sertlik, toplam askıda katı madde, kalsiyum, magnezyum, klorür, nitrat, sülfat, çözünmüş oksijen ve biyolojik oksijen ihtiyacı kullanılarak belirlenmiştir.

Mustapha ve Aris (2011), su kalitesi indeksi (WQI) yöntemiyle Kuzey Nijerya'da bulunan Jakara Havzası Kano'nun yüzeysel suyu kalitesinin değerlendirilmesinde yaklaşım uygulandı. Otuz su örneğinden yirmi üç kalite parametresi analiz edilmiş. Bu parametrelerden dokuz fizikokimyasal ve bakteriyolojik kullanılarak Ulusal Bilim Vakfı Su Kalitesi Endeksi (NSF-WQI) su kalitesi indeksi hesaplanmıştır. Genel olarak Jakara havzasındaki su çok kötü durumda kategorisine ait olup her türlü su tüketimi tehlike

oluşturduğunu sonucuna varmışlardır.

Shukla vd (2011), 2007 yılında Kanpur şehrinde bulunan Jajmau sanayi bölgesindeki yüzey suyunun kalitesini izlemek amacıyla, Ganga nehrinde on iki örnek alınmış, önceden tanımlanmış yedi su kalite parametreleri analiz edilmiştir. Elde edilmiş veriler, su kalitesi indeksi (WQI) değerlendirilerek entegre edilmiştir. Örnekleme alanlarının banyo, yüzme ve halka açık su temini için uygun olmadığı bulunmuş.

Priya vd. (2013), çalışmada Coimbatore'da bulunan Singanallur'un yeraltı suların kalitesini araştırmıştır. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ve Su Kalitesi İndeksi yöntemleri birleştirilerek Singanallur alt havzası hesaplanmış tüm alt havza, ArcGIS yazılımı ve sonuçları kullanılarak suyun içme amaçlı uygun olup olmadığını incelenmiştir.

Valero (2012), İspanya'nın kuzeybatısında bulunan Lérez Nehri üzerindeki bir küçük hidroelektrik, 2007'den 2010'a kadar 36 aylık boyunca 3 aylık aralıklarla numuneleri alınarak, su kalitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak, santralin inşaatının aşamasında suyun fiziko-kimyasal özelliklerini özellikle geçici olarak bozduğunu göstermektedir.

Gültekin vd (2012), Trabzon il sınırlarında yüzey sularının kalitesini araştırmıştır. Akhisar, Foldere, Kalanima, Sera, İskefiye, Beşirli, İkisu, Değirmendere, Yomra, Yanbolu, Karadere, Yanbolu, Manahoz, Solaklı ve Baltacı Derelerinin hidrokimyasal özellikleri ve su kalitesi incelenmiştir. Araştırma, yüzey sularının genellikle kalsiyum ve magnezyum bakımından zengin olduklarını; sularda $Ca^{2+}+Mg^{2+} > Na^{+}+K^{+}$ olduğu belirtilmiştir. Su Kalitesi değerlendirilirken, mevcut mevzuat ve yönetmeliklerde belirlenen kriterler temel alınmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, suların birçok parametre açısından yüksek kaliteli olduğu sonucu çıkarılmıştır. Ancak, bakır (Cu), kurşun (Pb), mangan (Mn), nitrit (NO₂-), amonyum (NH₄⁺), fosfat (PO₄³⁻), siyanür (CN⁻) ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) gibi bazı parametreler bakımından suların az kirlenmiş, kirlenmiş veya çok kirlenmiş sınıflara girebileceği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, tarımsal faaliyetler ve çevresel atıkların bu kirliliğin potansiyel kaynakları arasında olduğu vurgulanmıştır.

Arias vd (2013), Meksika Chihuahua'da bulunan Francisco I. Madero yapay barajı için WQI hesaplanmıştır. Baraj alanında rastgele sekiz nokta seçilmiş ve her bir noktada Mart 2011'den Şubat 2012'ye kadar üç derinlik için 0.30m, 5m ve 10m, aylık olarak su

örnekleri alınmıştır. Potansiyel hidrojen (pH), çözünmüş oksijen (DO), elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık (T), toplam çözünmüş katılar (TDS), toplam sertlik (TH) , bulanıklık, ve klorürler (Cl) ölçülmüştür: Hesaplanan WQI, su kalitesinin mevsimsel olarak değiştiğini ve yağışlı mevsimde kötü, kışın iyi olarak sınıflandırıldığını göstermiştir.

Guettat vd. (2014), Seybouse Nehrinde toplam 48 yüzeysel su örnekleri toplanmış ve su kalite indeksi (WQI) hesaplanmıştır. WQI indeksinin yüksek değeri bulunmuş yerlerde kimyasal elementler yüksek mineralizasyon ve konsantrasyon kaynaklandığını belirlenmiştir.

Koralay vd (2014), Solaklı havzasının mansap kısmında askıda katı maddenin zamansal değişimini araştırmıştır. Çalışmada, Solaklı havzasının mansap kısmından denize dökülen AKM miktarlarının ortalama bir su ekosistemi için 50 mg/lt olarak belirlenen askıda katı madde sınırının 2,5 kat üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yağış rejimindeki değişiklikler, akarsu üzerinde gerçekleştirilen HES inşaatları ve kum ocağı faaliyetleri gibi antropojenik etkenler, bu yüksek askıda katı madde miktarına nedenler arasında sayılabilir. Yaptığı çalışmada 10 yıl öncesine kıyasladığında Solaklı deresinde taşınan yıllık toplam AKM yükünün yaklaşık 5,5 kat arttığı görülmektedir.

Uysal (2015), Eskişehir ilinde bulunan altı farklı gölette su kalitesinin mevsimsel olarak nasıl değiştiğini incelemiştir. Araştırma kapsamında 2013 ve 2014 yılları arasında bu göletlerden yüzeysel su numuneleri alınmış ve suyun fiziksel ve kimyasal parametreleri analiz edilmiştir. Alınan numunelerin içerdiği sıcaklık (yüzey ve dip arasındaki fark dâhil), pH, bulanıklık, fekal koliform, çözünmüş oksijen miktarı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI), toplam fosfat, toplam nitrat ve toplam katı madde değerleri belirlenmiştir. Araştırma, su kalitesini belirlemek için NSFQI (Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalitesi İndeksi) metodunu kullanmıştır.

Koralay vd (2015), üretim faaliyetlerinin su kaynaklarına ve sucul ekosistemlere etkisi araştırmıştır. Bu faaliyetlerin doğrudan ve dolaylı yollarla suyun kalitesini ve ekosistemin sağlığını nasıl etkilendiğini değerlendirmeye çalışmışlardır.

Akbulut (2016), Aşağı Seyhan Ovası'nda hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Araştırmada bölgedeki kuyular ve yüzey sularından alınan toplam 173 adet su numunesi üzerinde çeşitli fiziksel ve kimyasal

analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma, elde edilen verileri Avrupa Ekonomik Topluluğu'nun (EEC) kabul ettiği ve Türkiye'nin de uygulamaya başladığı 98/83/EC sayılı İçme Suyu Direktifi ile kıyaslamıştır. Ayrıca, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) içme suyu standartlarıyla da karşılaştırma yapılmıştır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kapsamında yer alan Teknik Usuller Tebliği'nde belirtilen sulama suyu kalite kriterlerine göre de sular değerlendirilmiştir. Akbulut, su numunelerinin analizinde hidrojeokimyasal fasiyes kavramını ve Stuyfzand sınıflama sistemini kullanmanın yanı sıra Piper, Durov, Yarı Logaritmik Schoeller, ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox gibi çeşitli grafiksel yöntemlere de başvurmuştur.

Dede ve Sezer (2017), Aksu çayı su kalitesi belirlenmek amacıyla Kanada su kalitesi indeks (CWQI) modelini uygulanmışlardır. Giresun ilinde bulunan Aksu Çayı üzerinde 3 farklı istasyon noktasından 1 yıl süreyle 12 ay boyunca 36 adet su kalitesi parametresinin analizinden elde edilmiş su kalitesi verileri incelenip ve Kanada Su Kalitesi İndeks Modeli (CWQI) uygulanmıştır. Üç istasyon için de indeks değerleri “zayıf” kategorisinde bulunmuştur.

Erdoğan (2017), Doğu Karadeniz Havzası'ndaki noktasal ve yayılı kirletici kaynaklardan alıcı ortamlara ulaşabilecek kirlilik yüklerinin incelenmesine odaklanmıştır. Araştırma, bu havzadaki kirlilik cinslerini ve kaynaklarını nasıl ve ne kadar kirlilik yükünün alıcı ortamlara ulaştığını tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası'nın noktasal kirlilik kaynaklarının başında kentsel atık sular gelirken, yayılı kirlilik kaynakları olarak tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden ve arazi kullanımından kaynaklanan etkiler öne çıkmıştır. Bu kirlilik kaynaklarından suya karışan azot (TN) ve fosfor (TP) yükleri değerlendirilmiş ve bulgulara göre azot için noktasal kaynakların toplam yükün %17'sini, yayılı kaynakların ise %83'ünü oluşturduğu, fosfor içinse noktasal kaynakların %51'ini ve yayılı kaynakların %49'unu oluşturduğu anlaşılmıştır. Özellikle Ordu-Giresun ve Trabzon alt havzalarının, azot ve fosfor yüklerinin en fazla olduğu alt havzalar olduğu belirlenmiştir.

Bilgin (2018), çalışmada su, su kalitesi değerlendirilmesinde en çok kullanılan Su Kalitesi İndeksi (water quality index=WQI) karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Şahin (2018), Porsuk Çayı'nın kaynağından seçilen istasyonlardan alınan su

örneklerinde; sıcaklık, bulanıklık, pH, , çözülmüş oksijen, fekal koliform, toplam fosfat, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam nitrat analizleri yapılmış ve NSFQI (Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalitesi İndeksi) suyun kalite sınıflarını belirlemek için kullanılmıştır.

Baştürk ve Alver (2019), Aksaray'da Melendiz Nehri'nin su kalitesi, Aralık 2015 ile Kasım 2016 arası dönemde, nehrin farklı noktalarından alınan 9 ayrı örnekle değerlendirilmiştir. Bu örneklemeler sonucunda elde edilen analizler, su kalite indeksleri (SKİ) kullanılarak modellenmiş ve suyun farklı kullanım amaçlarına ne derece uygun olduğu belirlenmiştir. Söz konusu çalışmada kullanılan su kalite indeksleri (SKİ), nehrin su kalitesinin ne düzeyde olduğunu ve hangi kullanımlara uygun olup olmadığını ortaya koymuştur. Alkalinite, sertlik, renk, klorür, nitrat, fosfat, iletkenlik gibi bazı parametrelerin Yönetmeliklere göre iyi kalitede olmasına rağmen, pH, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), toplam çözülmüş madde (TDS), çözülmüş oksijen (CO) ve bulanıklık gibi diğer önemli su kalite parametrelerinin bazen sınır değerlerin üzerine çıktığı belirlenmiştir. Özellikle her mevsim mikrobiyal kirlenmenin olması, su kaynağının insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik değerler Ulusal Sanitasyon Vakfı ve Dinius Su Kalite İndekslerine göre değerlendirilmiş ve su kalitesinin "orta" ve "kötü" arasında değiştiği belirlenmiştir.

Verap vd (2020), Doğu Karadeniz Havzası'ndaki yüzey sularının kalitesini ve dağılımını incelemek için jeostatistik yöntemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanmıştır. Bu çalışmada, 11 farklı akarsuda 17 fiziko-kimyasal su kalitesi parametresi aylık sonuçları analiz edilmiş ve incelenmiştir. Havza akarsularının su kalitesi açısından genel karakteristikleri ılıman, düşük mineralli, hafif alkali olarak belirtilmiştir. Suların yağışlı dönemlerde bulanık olurken diğer dönemlerde düşük bulanıklı olmaktadır, havzanın doğu bölgelerindeki akarsuların yumuşak su karakteri gösterdiği belirtilmiştir. Batı kesimlerindeki akarsuların orta sert, çok düşük düzeyde organik içeren, düşük sülfatlı, amonyum ve nitrat açısından yüksek kaliteli, nitrit açısından az düzeyde kirlenmiş olarak değerlendirildiği ve düşük fosfat ve silikat içeriğiyle karakterize edildiği belirtilmiştir.

Gültekin ve Hatipoğlu Temizel (2020), kentsel faaliyetlerin kıyı akiferlerine olan etkilerini incelemiştir. Doğu Karadeniz bölgesinde, kıyıya paralel uzanan ve derin vadiler ile son bulan akarsuların taşıdığı alüvyonlar, denize yakın bölgelerde yeraltı suyunun

zenginleşmesine katkıda bulunur. Bu alüvyon birikintileri sayesinde oluşan akiferler, bölgede başta dört il olmak üzere birçok yerleşim yerinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayan hayati su kaynakları arasında yer almaktadır. Bu akarsuların ve akiferlerin debi ve su kalitesi, mevsim şartlarına bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterir. Bu doğal kaynakların mevsimsel değişikliklerinin yanı sıra insan kaynaklı kirlenme tehlikesi taşınması, su kaynaklarının korunmasını daha da önemli hale getirir. Bu sebeple, kıyı akiferlerinin korunması ve gelecek nesillere sürdürülebilir bir şekilde devredilmesi için gerekli önlemlerin alınması ve bilinçli bir yönetim stratejisinin uygulanması gerekmektedir.

Kacan (2020), Fethiye İç Körfezi kıyı sularının su kalitesi değerlendirilmiştir. Araştırmacı, Fethiye İç Körfezi'ndeki 14 farklı noktadan 12 ay boyunca alınan su örnekleri üzerinde çeşitli ölçümler yapmış ve bu analiz sonuçları MATLAB yazılımı kullanarak değerlendirilmiştir. Şubat ayında yapılan ölçümler, yüksek su kalite indeksi değerlerini (86,1 ile 82,4 arasında) işaret ederken, Ağustos ayında su kalite indeksi değerlerinde gözle görülür bir düşüş (62,7 ile 80,1 arasında) gözlemlenmiştir.

Talhaoui vd (2020), Fas'ın Kuzey Doğusundaki Oued Moulouya'nın yüzey suları Mart-Ağustos 2014 döneminde yirmi iki nokta örneklemiştir. Toplam dokuz fiziko-kimyasal parametre suların genel kalitesini değerlendirmek amacıyla SKI kullanmıştır. Bazı bölgelerinde su kalitesi bozulduğunu dikkat çekmiştir.

Titiz (2020), İpsala İlçesi'ne bağlı köylerin içme suyu kalitesi ve köylerde, yerel halk tarafından kullanılan yalak ve çeşmelerin su kalitesini araştırılmıştır. Su Kalite İndeksi (WQI) ve Faktör Analizi (FA) kullanılarak elde edilen veriler de değerlendirilmiştir. Toplam 45 istasyondan içme suyu ve yeraltı suyu örnekleri toplanmıştır. Su numunelerinde sıcaklık, çözünmüş oksijen (ÇO), oksijen doygunluğu, pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı, askıda katı madde (AKM), tuzluluk, bulanıklık, nitrat (NO_3^-), nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) nitrit (NO_2^-), nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$), fosfat (PO_4^{3-}) ve fosfor pentaoksit (P_2O_5) olmak üzere toplam 15 su kalite parametresi tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, İpsala İlçesi ve bağlı köyleri içme ve yeraltı sularındaki azotlu ve fosforlu bileşiklerin oldukça yüksek olmasına rağmen, genel olarak tespit edilen WQI değerlerinin içme suyu sınırını aşmadığı kaydedilmiştir.

Durmuş (2021), Ankara Çayı'nda su kalite indeksi metodu kullanmış ve su kalite indeksine bağlı olarak su kalite sınıfları tespit edilmiştir. Ankara Çayı'nın kaynağından başlamak üzere Sakarya Nehri ile birleştiği noktaya kadar akarsu boyunca seçilen on adet örnekleme istasyonundan 2019-2020 yıllarında mevsimsel olarak su örnekleri alınmıştır. Alınan numunelerde sıcaklık, pH, bulanıklık, fekal koliform, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam fosfat ve toplam nitrat analizleri su kalite indeksi hesaplamalarında kullanılmak üzere toplam 20 parametrenin analizi yapılmış ve NSF-WQI'ne göre su kalite sınıfları belirlenmiştir.

Çiftçi (2021), Sakarya Nehri'nde belirlenen 12 istasyonda çeşitli su kalite indekslerine bağlı olarak mevsimsel izleme çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen veriler ile dünyada yaygın olarak kullanılan su kalite indeksleri (NSF-WQI, CWQI, OWQI), kullanılarak su kalitesinin mevsimlere bağlı değişimi belirlenmiştir. Kullanım amacı bazlı su kalitesi indeksinin, akarsuların gerçek kalite durumlarını yansıtmak için kullanılabilecek etkili indeks olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde Ankara Çayı baskın kirlilik kaynağı olarak tespit edilmiştir.

Aydın Er (2023), Türkiye'nin önemli nehir havzaları olan Kızılırmak ve Yeşilirmak Havzalarındaki su kalitesinin doğal ve yapay etkiler sonucunda değişimlerinin seviyesini tespit etmiş ve havza karakterizasyonunu ortaya koymak ve su kalitesini değerlendirmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, Kızılırmak Havzasında 462 yerüstü su kütlesinin 147'si noktasal kaynaklı, 421'i yayılı kaynaklı, Yeşilirmak Havzasında 116 yerüstü su kütlesinin 63'ü noktasal kaynaklı, 96'sı yayılı kaynaklı baskı altında olduğu belirlenmiştir. Her iki nehir havzası sınıf I su kalite kategorisini temsil etmektedir. Kızılırmak ve Yeşilirmak Nehir Havzalarında Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi, Kanada Çevre Bakanlığı Su Kalite İndeksi; sınırlı sayıda çalışmada kullanılan Bulanık Su Kalite İndeksi karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. Uygulanan indeks hesaplama modellerine göre her iki havzanın da su kalitesinin "Orta" seviye olduğu belirlenmiştir.

Güloğlu vd. (2023), Adana ili su kalitesi (Seyhan, Yüreğir, Sarıçam, Çukurova) içme suyu kalite indeksi iki metod ile yanı Kanada su kalite indeksi ve British Columbia su kalite indeksi hesaplanmıştır. On beş su kalite parametresi pH, bulanıklık, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS), tuzluluk, klorür (Cl), nitrat (NO₃),

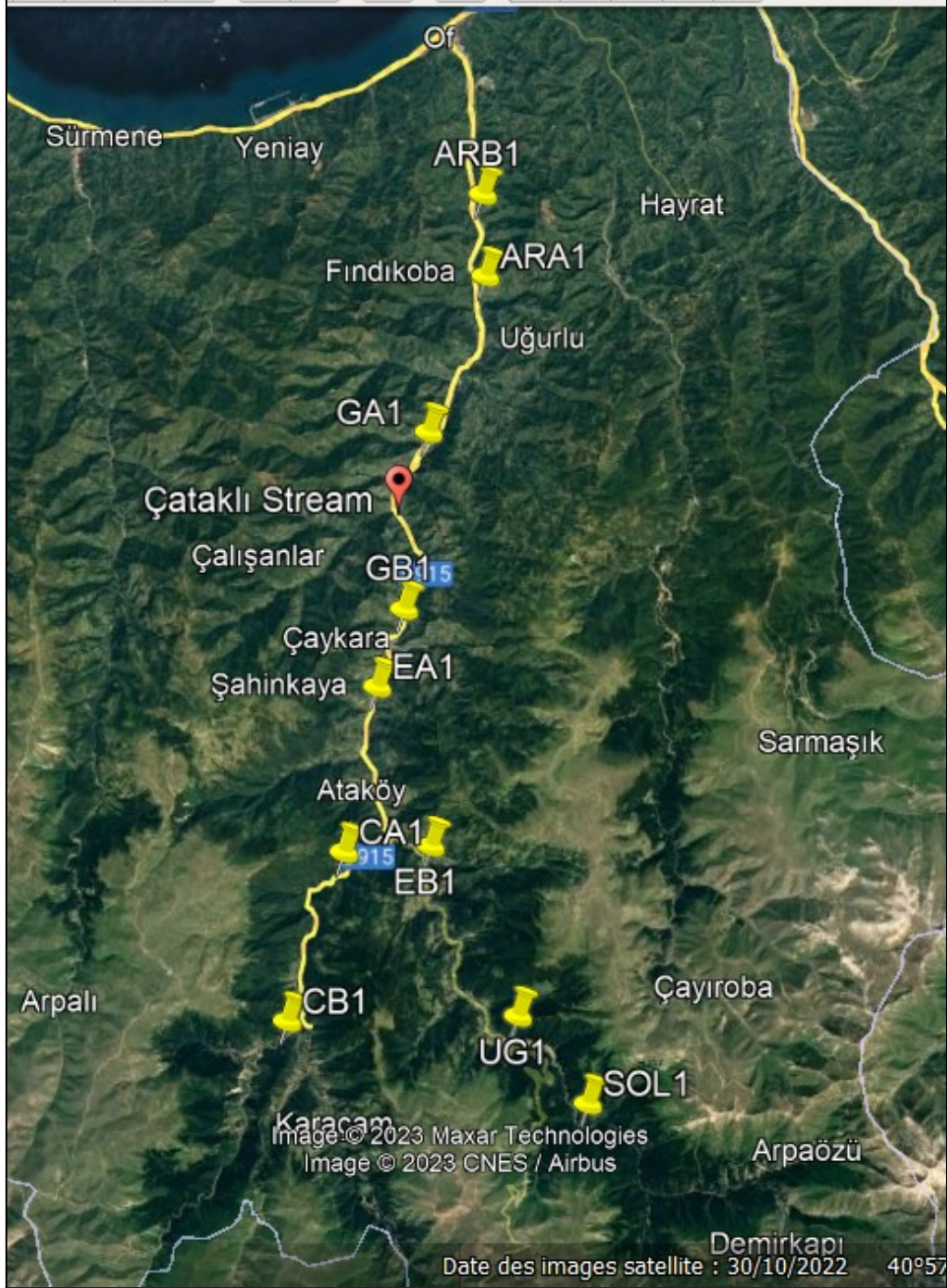
sülfat (SO₄), demir (Fe), fosfat (PO₄), alüminyum (Al), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), magnezyum (Mg) kullanılarak Adana ilinde içme suyunun "iyi" sınıfına girdiği yönünde bir sonuç ortaya koymaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE KULLANILAN YÖNTEMLER

Çalışma arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür.

2.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları havzanın jeolojisini ortaya koymak amacıyla mevcut jeoloji haritalarının arazide kontrolü ve su örnek noktalarının belirlenmesi, örnekleme ve ölçüm işlemlerinin yapılmasını içermektedir. Örnekleme noktaları işletme aşamasındaki HES'ler dikkate alınarak belirlenmiştir. Solaklı Deresi üzerinde, Of'tan başlayarak Uzungöle kadar inşa edilmiş işletme aşamasında nehir tipi hidroelektrik santrallerden önce ve sonra olmak üzere on (10) nokta yerinde ölçüm ve su örnek alımı için belirlenmiştir. Örnekleme Haziran 2022- Mayıs 2023 tarihleri arasında bir yıl süreyle dört kere ölçüm yapılacak şekilde planlanmıştır. Solaklı havzasında bulunan HES'ler (Camlıkaya HES, Güneşli II HES, Enerjisa HES, Arca HES) için iki nokta, biri regülatörden sonra diğeri regülatörden önce seçilmiş ve örneklenmiştir Şekil 4Ayrıca Uzungöl gölde iki nokta biri girişte diğeri gölün çıkışından alınmıştır (Tablo 1).



Şekil 4. Çalışma alanında örnek alınan ve ölçmüş yapılan su noktalarını konumu

Tablo 1. Çalışmada örneklenen noktalar ve konum bilgileri

İst. Kodu	İstasyon Adı	Koordinat		
		Enlem N	Boylam E	Yükseklik (m)
GB	Günesli II Regülatör sonra	40.45008	40.14433	311
GA	Günesli II Regülatör önce	40.48271	40.1521	185
EA	Enerjisa Regülatör önce	40.43307	40.14018	376
EB	Enerjisa Regülatör sonra	40.40267	40.15245	623
ARA	Arca Regülatör önce	40.51296	40.1649	104
ARB	Arca Regülatör sonra	40.53053	40.16449	73
CB	Camlıkaya Regülatör sonra	40.37059	40.1146	974
CA	Camlıkaya Regülatör önce	40.40197	40.13116	658
SOL	Solaklı deresi	40.3532	40.19232	1225
UG	Uzungöl	40.37123	40.17374	1138

Örnekleme noktalarında sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, elektrik iletkenlik ve tuzluluk değerleri arazide YSI Professional Plus marka cihaz çok parametre ölçer aleti ile yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Solaklı deresinde ölçüm ve örnekleme işlemleri

Sulardan örnek alma işlemleri TS EN ISO 5667-3 Mart 2007 nolu standartlarda verilen koşullara uygun olarak yapılmıştır. Analizlerin yapılacağı laboratuvarla önceden görüşülmüş ve laboratuvarın önerdiği örnek hacimleri ve örnek kapları kullanılarak örnekleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerin saklandığı kaplar yapılacak ölçümlere göre özenle seçilmiş, yağ ve gres analizi için cam şişelere, mikrobiolojik analiz için gama steril şişelere ve diğer analizler için plastik şişelere örnekler alınarak gün içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır.

2.2 Büro Çalışmaları

2.2.1 Haritalama İşlemleri

Haritalar Coğrafi Bilgi sistemleri (CBS) ortamında ARCGIS 10.8 versiyonu ile gerçekleştirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Enstitüsü (USGS) sitesinden alınan DEM bilgilerinden ARCGIS 10.8 versiyonu üzerinde Hydrologis analys kullanarak havzanın sınırı belirlenmiştir. Ek olarak havzaya ait topoğrafik haritalar

sayısallaştırılarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı programlara aktarılmış ve bölgenin fiziksel ve coğrafi özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Daha sonra literatür çalışmalarından elde edilen jeolojik çalışmalar derlenerek Solaklı havzası için CBS ortamında sayısal güncel jeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 5). Hazırlanmış haritaların Kuzeybatı- Güneybatı yönüne göre jeolojik kesit yapılmıştır.

2.2.2 Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanın sularını amaçlayan düşünüldüğü noktalardan alınan örneklerinde fiziksel, kimyasal parametreler, mikrobiyolojik parametreler TİSKİ- Esiroğlu Merkez Laboratuvarı tarafından yapılmıştır.

2.2.3 Hidrolojik ve Hidrokimyası Verilerin İncelenmesi

Bu aşamada, Solaklı havzası hakkında önceki yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar elde edilmiş meteorolojik ve hidrolojik veriler toplanmış ve değerlendirilmiştir. Hidrolojik özellikleri ortaya çıkartmak amacıyla, Solaklı havzasının sınırları içerisinde yer alan 5 meteoroloji istasyonundan (Çaykara, Uzungöl, Of, Lustra yaylası ve Demirköy) aylık ortalama yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri elde edilerek Excel programında değerlendirilmiştir ve incelenme alanının yağış ve buharlaşma-terleme değerleri hesaplanmıştır.

Su kalite incelenmesinde, arazi ve laboratuvar çalışmalardan elde edilen verileri değerlendirilmiştir. Değerlendirmede, çalışma alanından örneklenen su noktalarının fizikokimyasal su kalite parametreleri (sıcaklık, pH, Eh, çözülmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik, Toplam Çözülmüş Katı Madde (TDS) ve Askıda Katı Madde, KOI, BOI), majör iyonlar (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^-) ve metal ve iz elementler demir (Fe), bakır (Cu), florür (F), alüminyum (Al), mangan (Mn), nikel (Ni), kobalt (Co), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), arsenik (As), civa (Hg), bor (B), çinko (Zn), selenyum (Se) ve toplam Krom (Cr) ile fosfat (PO_4^{3-}) ve amonyum (NH_4^+) analizleri dikkate alınmıştır. Su kalite değerlendirmesinde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaiçi (2021) değerleri

dikkate alınmıştır. Ayrıca, suların jeokimyasal sürecini anlayabilmek için majör katyon ve anyonları kullanarak Piper ve Shöeller diyagramları hazırlanmıştır.

Arazı çalışmalardan elde edilen verileri doğrulamak için katyon-anyon dengesi veya yüzde hata değeri eşitlik (1) kullanılarak belirlenmiştir.

$$\%Hata = \frac{\sum TK - \sum TA}{\sum TK + \sum TA} * 100 \quad (1)$$

Burada TK ve TA, toplam katyon ve toplam anyonları temsil etmektedir. Formülde katyon ve anyon olarak bulunan tüm parametreler için meg/L birimi kullanılmıştır. Hata oranlarının %5 veya altında tutulması, sonuçların güvenilirliği ve sonuçtan emin olunması açısından önem taşımaktadır.

Su kalitesi kriterleri, suyun kullanım amacına göre belirlenir ve çevresel su kalite standartlarına temel oluşturur. Bu kriterler, suda bulunan belirli maddelerin konsantrasyonu ve bunların canlılar üzerindeki potansiyel etkilerini dikkate alarak oluşturulmaktadır. Su kalitesi kriterleri içerisinde kimyasal, fiziksel ve biyolojik parametreler yer almakta ve bu parametreler suyun içilebilirliği, endüstriyel kullanımı, rekreasyonel aktiviteler ve sucul canlılar için uygunluğunu göz önünde bulundurmaktadır. su kalitesi standartları, çeşitli yasal düzenlemeler ve yönetmelikler yoluyla belirlenmekte ve genellikle her ülkenin kendi çevresel koşulları, ihtiyaçları ve yönetim politikalarına göre farklılık gösterebilmektedir. Türkiye'deki su kaynaklarının korunması ve yönetimi, hem mevcut kuşakların hem de gelecek nesillerin sağlığı ve refahı açısından büyük öneme sahiptir. Bu kapsamda 2004 yılında, Çevre ve Orman Bakanlığı, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının korunmasını ve akılcı yönetimini sağlamak amacıyla “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”ni hayata geçirmiştir. Yönetmelik, su kaynaklarının kirlenmesini önlemeyi, su kalite standartlarını belirlemeyi ve sürdürülebilir su kullanımını teşvik etmeyi amaçlamıştır. 2021 yılında yapılan değerlendirmelerde, Türkiye içerisindeki yüzeysel sular çeşitli kriterlere göre üç ana sınıfa ayrılmıştır. (Çizelge 2).

- Sınıf I: Yüksek kaliteli su, içme suyu olarak kullanım için yüksek potansiyele sahip olan ve ayrıca yüzme gibi doğrudan insan teması gerektirecek rekreasyonel faaliyetler ile balıkçılık ve çiftçilik gibi çeşitli ihtiyaçlar için uygun olan temiz yüzeysel sulardır.

- Sınıf II: içme suyu olma potansiyeli taşıyan ancak Sınıf I kadar kaliteli olmayan biraz kirlenmiş yüzeysel suları ifade eder. Bu sular genelde arıtıldıktan sonra içme suyu olarak kullanılabilir ve alabalık dışındaki balık türlerinin üretimi için de elverişlidir. Rekreatif amaçlar kapsamında, daha az temas gerektiren aktiviteler için uygun olabilirler.

- Sınıf III: Kirlenmiş sulardır; gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilecek sulardır. Nitelikte su ve sanayi su ifade etmektedir.

Tablo 2. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite Kriterleri (Resmi Gazete, 2021)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	Su Kalitesi Sınıfları		
	I (çok iyi)	II (iyi)	III(orta)
A. Fiziksel inorganik kimyasal parametreler			
Sıcaklık (°C)	25	25	30
pH	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (µS/cm)	<400	1000	>1000
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l)	>8	6	<6
Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /l)	25	200	>200
Sülfat iyonu (mg SO ₄ ²⁻ /l)	200	200	>200
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/l)	<0,2	1	>1
Nitrat azotu(mg NO ₃ ⁻ -N/l)	<3	102	>10
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/l)	5	10	>10
Toplam fosfor (mg PO ₄ ³⁻ -P/l)	0,02	0,16	>0,16
Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	>1500
Sodyum (mg Na ⁺ /l)	125	125	>125
B. Organik parametreler			
Kimyasal oksijen ihtiyacı KOI (mg/L)	<25	50	>50
Biyolojik oksijen ihtiyacı BOI (mg/L)	<4	8	>8
Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	>8
Yap ve gres (mg/L)	<0,2	0,3	>0,3
C.İnorganik kirlenme parametreleri			
Civa (µg Hg/L)	0,1	0,5	>0,5
Kadmiyum	3	5	>5
Kurşun (µg Pb/L)	10	20	>20
Arsenik (µg As/L)	20	50	>50
Bakır (µg Cu/L)	20	50	>50
Krom(toplam)	20	50	>50
Kobalt (µg Co/L)	10	20	>20
Nikel (µg Ni/L)	20	50	>50
Çinko (µg Zn/L)	200	500	>500
Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	>50
Florür (µg F ⁻ /L)	≤1000	1500	>1500
Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	10	10	>10
Sülfür (µg S =/L)	≤2	5	>5
Demir (µg Fe/L)	300	1000	>1000
Mangan	≤100	500	>500
Bor (µg B/L)	1000 ^e	1000 ^e	>1000 ^e
Selenyum(µg Se/L)	≤10	15	>15
Baryum	1000	2000	>2000
Alüminyum(mg Al/L)	0,3	0,3	>0,3
D.Bakteriyolojik parametreler			
Toplamkoliform(EMS/100mL)	100	20000	>20000

Su kalite incelenmesinde, arazi ve laboratuvar çalışmalardan elde edilen verileri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Verileri özetlemek için ortalama indeksi kullanılmış ve tablo ve grafik haline getirilmiştir. T-Testi (Independent Sample T-Test), HES'lerin regülatörlerden önce ve sonra alınan parametrelerin konsantrasyonları arasında fark olup olmadığını test edilmiştir. T-test, iki grup arasındaki ortalama farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir istatistiksel testtir. Özellikle, bu test, iki gruptaki veriler normal dağılım gösterdiğinde ve örneklem büyüklükleri küçük olduğunda tercih edilen bir yöntemdir. T-testinin yapılabilmesi için bazı varsayımlar yerine getirilmiş olmalıdır. T-testi sonucunda elde edilen p-değer (p-value), ortalamanın farkının ne kadar anlamlı olduğunu gösterir. Eğer p-değeri 0.05'ten küçükse ($p < 0.05$), bu genellikle istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğuna işaret eder ve null hipotezin reddedilmesine yol açar. Ancak p-değeri 0.05'ten büyükse ($p > 0.05$), iki grup arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğuna dair yeterli kanıt bulunmadığı anlamına gelir ve null hipotezin reddedilmesi için yeterli delil olmadığı sonucuna varılır.

2.3 Su Kalitesi İndeksleri

Suyun kalitesini değerlendirmek amacıyla ve yöneticiler veya halk tarafından kolayca anlaşılabilir şekilde Su Kalitesi İndeksi (SKI) oluşturulmuştur. Su Kalitesi İndeksi (SKI), su kalitesinin sınıflandırılması amacıyla standart parametreler kullanılarak, çok sayıdaki veriyi genellikle boyutsuz tek bir sayıya indirgeyen basit ve tekrarlanabilir bir metottur. Tarihsel olarak, su kalitesi değerlendirmesi için organizmaların varlığı gibi biyolojik göstergeleri kullanma fikri 1850'lerde Almanya'da başlamıştır. Bu dönemde, sucul ortamdaki belirli organizmaların varlığı veya yokluğu, suyun kalitesinin bir göstergesi olarak alınmıştır. Ancak, Bilgin (2018) ve diğer kaynaklar tarafından belirtildiği üzere, su kalitesi indeksleri (WQI) gerçek anlamda hesaplama ve değerlendirme için 1960'lı yılların sonuna kadar yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmamıştır. Horton (1965) ve Brown ve diğerleri (1970) tarafından önerilen ilk su kalite indeksleri, çeşitli su kalitesi parametrelerini bütünleştirerek genel bir su kalitesi değerlendirmesi için olanak bir yöntem önerilmiştir.

1970'lerden itibaren, özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da olmak üzere

dünya genelinde birçok ülke, su kalitesi yönetimine ve çevresel izleme programlarına bu tür değerlendirme yöntemlerini entegre etmeye başladı. Taner'in (2007) belirttiği gibi bu indeksler, su kalitesi yönetimi konusunda açık ve anlaşılır bir çerçeve sağladığı için çevre yönetim kurulları ve araştırma enstitüleri tarafından benimsenmiştir. Su kalite indeksleri hesaplama yöntemleri bakımından beş grupta incelenmektedir (Bilgin, 2018). Bunlar:

- Genel Su Kalite İndeksleri: Bu gruptaki indeksler genel su kalitesini belirlemek için kullanılmaktadır.
- Spesifik Su Kalite İndeksleri: Bu gruba giren indeksler içme suyu, sulama suyu, endüstriyel amaçlı sular ve sucul yaşam için kullanılan sular gibi özel kullanım amaçlı suların su kalitesini belirlemek için kullanılmaktadır.
- Dizayn İndeksleri: Su yönetiminde karar alma süreçlerinde kullanılan indekslerdir. Bu gruptaki indekslerde su kalitesini sınıflandırmaktan ziyade alınacak kararların etkisini değerlendirmek ve su yönetimi ile ilgili politikalar belirlemek için kullanılmaktadır.
- İstatistiksel İndeksler: Su kalitesini sınıflandırmak için kullanılan en ideal yöntemlerdir.
- Biyolojik İndeksler: Bu gruba giren indekslerde suyun kalitesi sucul hayata etkilerine göre değerlendirilmektedir.

Genel bir su kalitesi indeksi yaklaşımı için üç adım çok önemlidir; parametrelerin seçimi, alt indeks olarak düşünülen her parametre için kalite fonksiyonunun (eğrisinin) belirlenmesi ve alt indekslerin uygun hesaplama yöntemi ile toplanması.

- Parametre seçimi: Su çeşitli amaçlarla kullanılacağına göre ajansların, uzmanların veya devlet kurumlarının kararı ile kılavuzlarda ya da yönetmeliklerde belirtilen parametreler esas alınır. Parametrelerin, su kalitesi üzerinde önemli etkisi olan oksijen grubu, çözünmüş maddeler, ötrofikasyon, fiziksel özellikler ve sağlık tarafı olmak üzere beş sınıftaki değişkenlerden seçilmesi önemlidir.
- Alt İndeks olarak kabul edilen her bir parametrenin, standart bir değerlendirme sistemi içerisinde karşılaştırılabilir olması için, farklı konsantrasyon birimlerinden bağımsız birimsiz değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüştürme işlemi, her bir parametrenin kendi özgün kalite fonksiyonu veya eğrisi kullanılarak yapılır.
- Matematiksel ifade ile alt indekslerin birleştirilmesi: Genellikle aritmetik veya

geometrik ortalamalar alınarak yapılmaktadır (Bilgin, 2018).

Dünyada pek çok su kalite indeksi formları mevcuttur. Çeşitli kuruluşlar ve organizasyonlar tarafından geliştirilen Su Kalitesi İndeksleri bulunmaktadır. Ancak bilim insanları tarafından kabul görmüş ve en çok kullanılan su kalite indeksleri; Amerika National Sanitation Foundation tarafından desteklenen Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalitesi İndeksi (National Sanitation Foundation Water Quality Index – NSFQI) (Brown vd., 1970); Kanada Çevre Bakanları Konseyi (Canadian Council of Ministers of the Environment) tarafından geliştirilen Kanada Su Kalitesi İndeksi (Canada Water Quality Index – CWQI)); Oregon Su Kalitesi İndeksi (Oregon Water Quality Index – OWQI), British Columbia İndeksi (BCWQI)'dir (Çiftçi, 2021).

Bu çalışmada Solaklı havzasının suları, Aritmetik Su Kalite İndeksi ve Kanada Su Kalitesi İndeksi (CWQI) olmak üzere iki farklı indeks ile değerlendirilmiştir.

2.3.1 Ağırlıklı Aritmetik Su kalite İndeksi

Ağırlıklı Aritmetik Su kalite İndeksi - Yöntem 1

Ağırlıklı Aritmetik su kalite indeksi yerüstü sularının genel kalitesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemde, su kalitesi parametrelerinin ulusal standartları ile karşılaştırılarak ve parametrelerin ağırlıklı aritmetik indeksleri kullanılarak su kalitesinin sınıflandırılması sağlanmaktadır (Talhoui vd, 2020). Bu yaklaşımda, her fiziko-kimyasal parametre için bir ağırlık faktörü eşitlik (2) kullanılarak hesaplanır:

$$W_i = \frac{k}{S_i} \quad (2)$$

Burada; W_i , i numaralı su kalite parametresinin ağırlık faktörü,

S_i , Sularının standardının maksimum değeri

k , orantısallık sabitidir ve eşitlik (3) kullanılarak hesaplanabilir:

$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (1/S_i)} \quad (3)$$

Burada; n, su kalite parametresi sayısını

S_i , Sularının standardının maksimum değerini göstermektedir

Ardından, eşitlik (4) kullanılarak Q_i , i numaralı su kalitesi parametre için kalite değerlendirme ölçeği hesaplanır:

$$Q_i = \frac{C_i}{S_i} * 100 \quad (4)$$

Burada, Q_i , i numaralı su kalitesi parametre için kalite değerlendirme ölçeği

C_i , i numaralı su kalite parametresi için ölçüm değerine karşılık gelen değeri

Son olarak genel su kalitesi indeksi eşitlik (5) ile hesaplanır:

$$SKI = \sum_i^n Q_i \times W_i / \sum_i^n w_i \quad (5)$$

SKI İndeks değerlerine göre beş kalite sınıfı belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Genel SKI yöntemi için su kalitesi değerleri ve kalite sınıfları (Brown et al., 1972; Chatterji et Raziuddin, 2002; Aher et al., 2016; Talhaoui vd, 2020).

WQI Değerleri	Kalite Sınıfı	Kullanım alanı
0-25	Mükemmel	İçme suyu,sulama ve sanayi
>25-50	İyi	İçme suyu,sulama ve sanayi
>50-75	kötü	sulama ve sanayi
>75-100	Çok kötü	sulama
>100	kullanılmaz	Uygun bir arıtmadan sonra kullanılabilir.

Ağırlıklı Aritmetik Su kalite İndeksi - Yöntem 2

Bu yöntemde hesaplamada kullanılacak tüm parametreler için, içme amaçlı suyun genel kalitesindeki göreceli önemine göre bir ağırlık (w_i) atanır, göreceli ağırlık (W_i), eşitlik (6) ile hesaplanır (Ramakrishnaiah, 2009; Gajendran , 2011).

$$W_i = w_i / w_t \quad (6)$$

Burada, w_i bireysel su kalitesi parametresi için belirlenen ağırlık, w_t ise bireysel parametrelerin toplam ağırlığıdır.

Kalite derecelendirme ölçeği q_i , her bir su örneğindeki bireysel parametrelerin konsantrasyonu (C_i), ve her parametre için kılavuz değer (S_i) kullanılarak eşitlik (7) ile hesaplanır:

$$q_i = (C_i / S_i) \times 100 \quad (7)$$

Her parametre için alt indeks (SI) ise eşitlik (8) ile hesaplanır.

$$SI_i = W_i \times q_i \quad (8)$$

Burada, SI_i i'nci parametresinin alt indeksi, W_i i'nci parametresinin göreceli ağırlığı, q_i ise i'nci parametresinin konsantrasyonuna göre kalite derecesidir. Son olarak, Su Kalite İndeksi (WQI) eşitlik (9) ile belirlenmektedir.

$$WQI = \sum SI \quad (9)$$

Tablo 4. İkinci durum ağırlıklı aritmetik yöntemi için su kalite sınıfları

WQI Değerleri	Kalite sınıfı
<50	Mükemmel
50-100	İyi
100-200	Kötü
200-300	Çok Kötü
>300	Kullanılmaz

2.3.2 Kanada Su Kalitesi İndeksi (CWQI)

Kanada Çevre Bakanlar Konseyi Su Kalitesi İndeksi (CWQI), Kanada'nın farklı su kaynaklarının kalitesini ölçmek ve halka bu bilgileri iletme amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Ölçülecek parametre sayısı su kalitesi uzmanları tarafından kararlaştırılmakta ve her parametre için aşılmaması gereken değer belirlenmektedir. İndeks, su kalitesi değişkenlerinin ne sıklıkta örneklenmesi gerektiği, başarısızlık gösteren değişkenlerin ne kadar sık ortaya çıktığı ve bu değişkenlerin su kalite standartlarındaki hedef değerlere ne kadar uyduğuna bakarak değerlendirme yapılmaktadır. CWQI'nin hesaplanabilmesi için en az dört farklı parametrenin dikkate alınması ve her bir parametre için en az dört ölçüm yapılması şarttır. Bu gereksinim, indeksin su kalitesinin farklı yönlerini yeterince yansıtmayı sağlamak ve güvenilir bir değerlendirme yapmak için konulmuştur. (Şahin, 2018). İndeks sistemi, su kalitesinin durumunu 0 ile 100 aralığında bir sayısal değerle ifade ediyor. Bu değer, su kalitesini değerlendiren üç ana faktörün entegre edilmesiyle elde edilir ve suyun kalitesini zayıftan mükemmele doğru sıralamaktadır (Dede ve Sezer, 2017). CWQI değeri eşitlik (10) ile hesaplanır:

$$CWQI=100-\frac{\sqrt{F_1^2+F_2^2+F_3^2}}{1.732} \quad (10)$$

F_1 kapsam olarak adlandırılan birinci faktördür. Belirlenen su kalitesi hedeflerine göre değerlendirilen parametrelerin oranını ifade eder ve eşitlik (11) ile hesaplanır:

$$F1 = \frac{\text{BaşarısızParametrelerinSayısı}}{\text{ToplamParametreSayısı}} * 100 \quad (11)$$

F₂, frekans olarak adlandırılan ikinci faktördür. Parametrelerin ne sıklıkla belirlenen su kalitesi hedeflerini karşılayamadığı incelenmektedir. Bir su kalitesi hedefinin kaç kez aşıldığı ölçümler baz alınır ve eşitlik (12) ile hesaplanır:

$$F2 = \frac{\text{BaşarısızDeneylerinSayısı}}{\text{ToplamDeneySayısı}} * 100 \quad (12)$$

F₃, genişlik olarak adlandırılan üçüncü faktördür. belirlenen standart veya hedef değerlerden ne ölçüde ve ne sıklıkla uzaklaşıldığı incelenir ve üç aşamada hesaplanmaktadır.

Sapma (değişken değerinin sınır değeri karşılamadığı deney sayısı) hesaplanmaktadır. Değişken değerinin sınır değerden fazla olamayacağı durumlar için eşitlik (13) ile hesaplanır:

$$\text{Sapmai} = \frac{\text{BaşarısızDeneyDeğeri}}{\text{HedefDeğeriSayısı}} - 1 \quad (13)$$

Değişken değerinin sınır değerden az olamayacağı durumlar için eşitlik (14) ile hesaplanır:

$$\text{Sapmai} = \frac{\text{HedefDeğeriSayısı}}{\text{BaşarısızDeneyDeğeri}} - 1 \quad (14)$$

Hedef değerin sıfır olduğu durumlar için $\text{Sapmai} = \text{Başarısız deney değeri}$; Bundan sonra birinci basamakta elde edilen sapmaların toplamının deney sayısına oranı belirlenmekte ve bu oran normalleştirilmiş sapmalar toplamı (nse) olarak adlandırılmaktadır (eşitlik 15).

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{sapmai}}{\text{ToplamDeneySayısı}} \quad (15)$$

Son aşamada nse değerlerinin sınır değerlerden 0 ile 100 aralığına ölçeklendirilerek F3 değeri eşitlik (16) ile hesaplanmaktadır:

$$F3 = \frac{nse}{0.01nse + 0.01} \quad (16)$$

Hesaplanan CWQI değerleri için su kalitesi sınıfları tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kanada su kalitesi yöntemi için su kalitesi değerleri ve kalite sınıfları (CCME,2001)

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

CWQI değeri 95 ile 100 arası olan suları "Mükemmel" sınıfındadır. Suların kalitesi hiçbir tehdit veya bozulma tespit bulunmayıp Kalitesi doğal veya orijinal seviyelere çok yakındır.

CWQI değeri 80 ile 94 arası olan suları "İyi" sınıfındadır, su kalitesi korunur yalnızca küçük bir tehdit veya bozulma gözlemlenmektedir.

CWQI değeri 65 ila 79 arası olan suları "Ortalama" sınıfındadır. Su kalitesi gene korunur, ancak ara sıra tehdit edilir veya kirlenme tespit edilir.

CWQI değeri 45 ila 64 arası olan suları "Zayıf" sınıfındadır. Su kalitesi sıklıkla tehdit ediliyor veya kirlenmeye maruz kalmaktadır

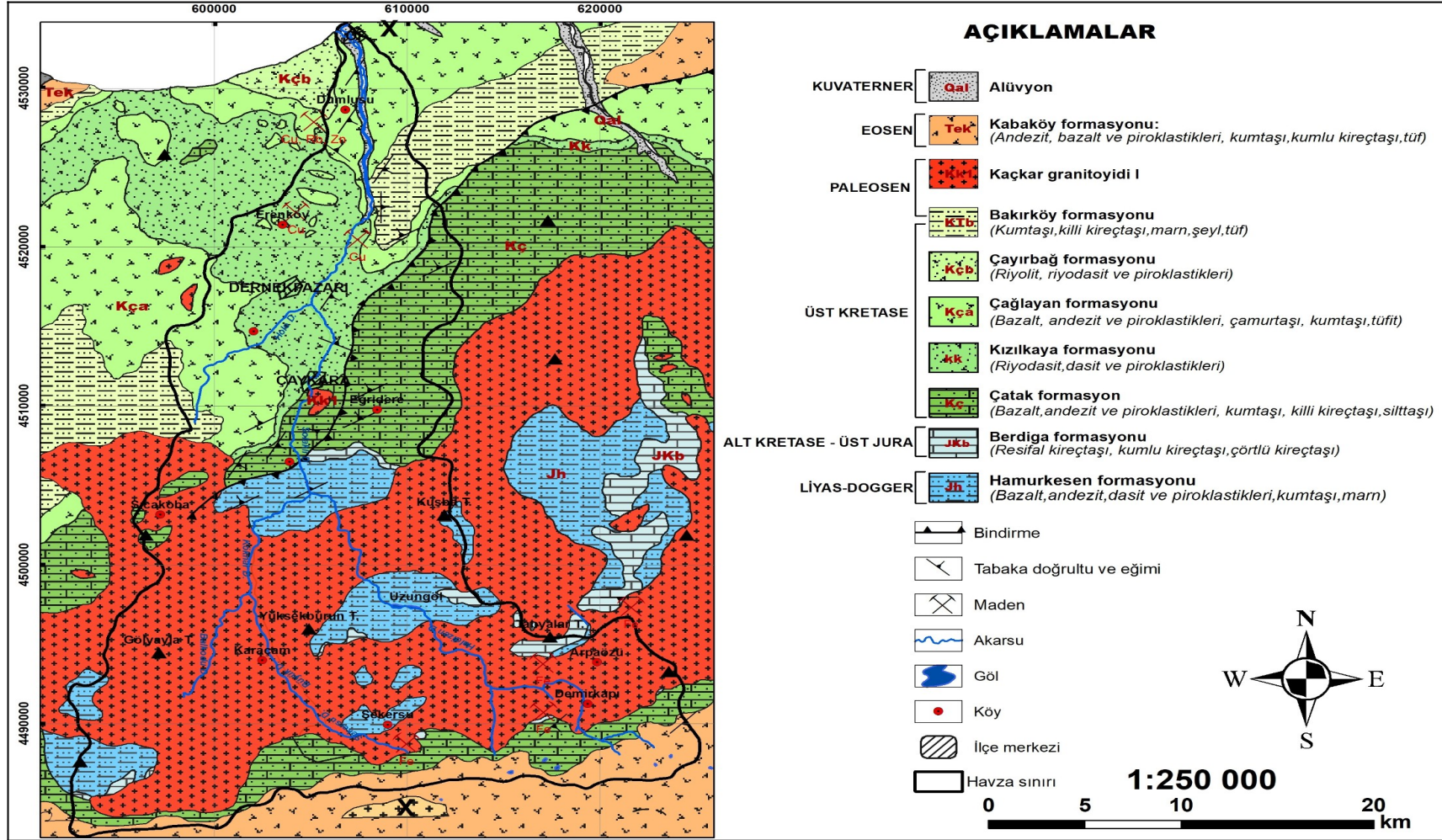
CWQI değeri 0 ila 44 arası olan suları "Kötü" sınıfındadır. Suları kirlilik göstermektedir ve tehdit altındadır (CCME, 2001).

3. BULGULAR

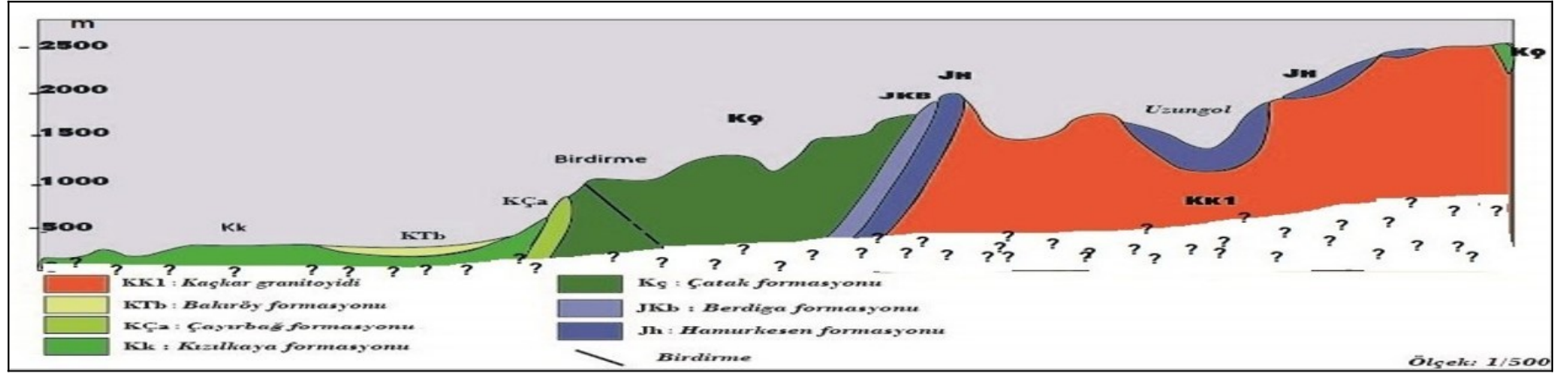
3.1 Çalışma alanının jeolojisi

Solaklı Havzasını (Trabzon) kapsayan inceleme alanının jeoloji haritası MTA çalışanları tarafından farklı tarihlerde hazırlanmış çalışmaların bir derlemesi olan 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasından alınmıştır. Güven (1993) tarafından yapılan bu çalışmada yörenin stratigrafik dizilimi formasyon düzeyinde ortaya konmuştur.

Bu çalışmada alanın jeolojisi yukarıda adı geçen çalışmadan alınmıştır. Bu çalışmaya göre inceleme alanında genellikle Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı tortul ara katkılı volkanik kayalar yüzeylenir. En yaşlı birim genellikle mor ve yeşilimsi gri renkli bazalt, bazaltik piroklastlar ve bunlarla ara katkılı kırmızı bordo renkli killi kireçtaşları ve kumtaşlarından oluşan Hamurkesen Formasyonu'dur. Bunun üzerine uyumsuz olarak çoğunlukla kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu gelmektedir. Üst Kretase dönemi yoğun bir volkanik aktivitenin görüldüğü dönem olup kumtaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı gibi tortul kayalarla ardalanmalı olan genellikle volkanik karakterli Çatak, Kızılkaya ve Çağlayan Formasyonları oluşmuştur. Üst Kretase yaşlı Çayırbağ Formasyonu riolit ve riyodasit gibi volkanik kayalardan meydana gelmiştir. Üst Kretase sonlarına doğru volkanik aktivite sona ererek, Paleosen sonlarına kadar yerini turbidit çökellere bırakmıştır. Bakırköy Formasyonu olarak adlandırılan bu istifin üzerine Eosen yaşlı bazalt ve andezitlerden oluşan Kabaköy Formasyonu gelmektedir. Paleosen sonlarında ve Eosen'de orojenik faaliyetlerle birlikte granitoid yerleşimi (Kackar Granitoidi I, II) meydana gelmiştir. Alandaki en genç birimler depolanmaları devam eden Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA, 1/100 000 ölçekli, 1998 haritalarından alınmıştır.)



Şekil 7. Çalışma alanının jeolojik kesiti (K-G)

3.1.1 Hamurkesen Formasyonu (Jh)

Genellikle mor, yeşilimsi gri renkli bazalt, andezit, dasit ve piroklaslarından oluşan Hamurkesen Formasyonu, Ağar 1977 tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanında Çaykara güneyi ve Uzungöl civarında yüzeyleşme verir (Şekil 6). Birim içinde yer yer killi kireçtaşı, şeyl ve kumtaşı ara tabakları bulunmaktadır.

Görünür kalınlığı 300-500 m arasında değişen Hamurkesen Formasyonu'nun yaşı kırmızı bordo renkli pelajik kireçtaşlarında saptanan *Agerina martana* (FARİNACCİ) Lagenidae, *Involutina Liassica* (JONES), *Trocholina sp.*, *Lenticulina sp.*, *Spirulina sp.*, *Vidalina Mortana* (FARİNACCİ), *Lingulina sp.*, *Lagenidae sp.* fosil türlerine göre Liyas olarak belirlenmiştir (Ağar, 1977; Güven, 1993).

Birim, çeşitli araştırmacılar tarafından Kelkit Formasyonu (Bergoungnan, 1987), Hacıören Formasyonu (Pelin, 1977; Yılmaz, 1985), Karatepe Formasyonu (Seymen, 1975; Serdar vd, 1984), Seyfe Formasyonu (Öztürk, 1979; Aktimur vd, 1989), Zimonköy Formasyonu (Eren, 1983) ve Şenköy Formasyonu (Kandemir, 2004) gibi değişik isimlerle de incelenmiştir.

3.1.2 Berdiga Formasyonu (JKb)

Pelin 1977 tarafından, volkanik, volkano-tortul istifler arasında bulunan neritik karbonatlar Berdiga formasyonu olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanında Tabyalar tepe ve Uzungöl civarında ve Şekersu, Çambaşı yörelerinde yüzeyleşir (Şekil 6). Genellikle gri renkli, orta tabakalanmalı, killi kireçtaş, ve çörtlü kireçtaş ve kumlu kireçtaşından oluşur. İnceleme alanında Berdiga Formasyonu, Hamurkesen Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Formasyonun yaklaşık kalınlığı 100-200 m arasındadır.

Formasyonun yaşı; *Trochiline Elongate* (LEOPOLD), *Trachiline Alpina* (LEOPLD), *Trochiline Conica* (SCHULUMBERGER), *Orbitolina sp.*, *Tricinella sp.*, *Hedbergella sp.*, *Textularidae*, *Ophtalmidae*, *Globigerinoloides sp.*, mercan ve sünger spikülleri gibi fosillere göre Malm- Alt Kretase-Senomaniyen olarak belirlenmiştir (Güven, 1993).

3.1.3 Çatak Formasyonu (Kç)

Berdiga formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen bazık karakterli volkano-tortul istif Güven 1993 tarafından Çatak formasyonu isimlendirilmiştir. Çalışma alanında Ataköy ve Eğridere yörelerinde yüzeylenen Çatak Formasyonu andezit bazalt ve bazaltik piroklastların kumtaşı, marn, kıltaşı, silttaşı tabakaları ile ardalanmasından meydana gelir (Şekil 6). Genellikle gri-yeşil renk tonunu egemen olduğu birimin tuf ve breşlerden oluşan volkanik seviyeleri koyu gri, yer yer siyah, ayrıışmış kısımları kahverenkli. Bazaltlarda iyi gelişmiş yastık lav yapıları gözlenmiştir. Çatak Formasyonu Berdiga Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir ve kalınlığı yaklaşık 750-1000 m arasındadır.

Çatak Formasyonunun yaşı, kırmızı-bordo kireçtaşlarında elde edilen; *Globotruncana Lapparenti* (BROTZEN), *Globotruncana Linneiana* (D'ORBIGNY), *Globotruncana sp.*, *Marginetruncana sp.*, *Globigerinella sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Gümbelina sp.*, *Hedbergella sp.*, *Radiolaria sp.* fosil türlerine göre Turoniyen-Koniasiyen-Santoniyen zaman aralığı olarak belirlenmiştir (Güven,1993).

3.1.4 Kızılkaya Formasyonu (Kk)

Çatak formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen birim, Güven (1993) tarafından Kızılkaya formasyonu olarak adlandırılmıştır. Dernekpazarı ve Çaykara civarında yüzeylenen Kızılkaya formasyonu, çoğunlukla gri-beyaz ve gri-sarımsı renkli riyodasit, dasit ve riyodasitik- dasitik piroklastardan oluşur (Şekil 6). Birimin üst kısımlarında tuf ve tuf-breş özelliği gösteren kayaçlar yer alır.

Kızılkaya Formasyonu'nun kalınlığı 200-500m arasındadır. Güven, (1993) birime Yomra-Kayabaşı (Kanköy) alanından elde edilen mikrofosiller ile Senoniyen yaşını vermiştir. Formasyon Kampaniyen-Maestrichtiyen yaşlı Çağlayan Formasyonu ile uyumlu olarak üzerlenir. Altta Turoniyen-Santoniyen yaşlı Çatak Formasyonun izlenmesi nedeniyle Formasyonu'nun yaşı, Santoniyen-Kampaniyen-Maestrichtiyen zaman aralığı olarak belirlenmiştir.

3.1.5 Çağlayan Formasyonu (Kça)

Genel olarak bazalt, andezit ve piroklastikleri ve tortul ara katmanlar içeren birim Trabzon İli Çağlayan yöresine izafeten Güven (1993) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanının kuzey kesiminde Of ve Dumlusu yörelerinde yüzeylenen birim bazalt- andezit ve bazaltik piroklastiklerden meydana gelmiştir (Şekil 6). Bazalt- andezit türü kayaçlarla başlayan birim üste ve yanlara doğru piroklastiklere geçer. Bazaltlar yer yer boşluklu olup, boşuklar kalsit, zeolit ve klorit mineralleri ile doldurulmuştur. Mikroskopik incelemelerinde bazaltların mikrolitik porifirk doku gösterdikleri, plajioklas, ojit, klorit, kalsit, zeolit ve opak mineralleri içerdikleri belirlenmiştir. Plajioklaslar hem iri kristaller hem de mikrolitler şeklinde gözlenir. Kızılkaya formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen birimin, Çayırbağ formasyonu tarafından uyumlu olarak gelmektedir.

Birime kırmızı karbonatlardan alınan örneklerde tayin edilen *Marginotruncana pseudolinneana* (BESSAGNO), *Marginotruncana coronata* (BOLLI), *Dicarinella* sp., *Globigerinidae* fosil topluluğuna dayanarak Santoniyen yaşı verilmiştir (Güven, 1993)

3.1.6 Çayırbağ Formasyonu (Kçb)

Geç Kretase döneminin asidik volkanizma karakterli son evresini oluşturan birim Güven (1993) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Dernekpazarı ve Çaykara yörelerinde yüzeyleme vermektedir (Şekil 6). Formasyon başlıca asidik volkanizma evre ürünlerini oluşturan riyolit, dasit, piroklastitler ile kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Riyolit ve dasitler daha çok grimsi yeşil ve pembe renkli olup yer yer prizmatik (sütunsal) soğuma yüzeylerine sahiptir. Alterasyon yaygın olup beyaz, bej ve pembemsi renkli killeşmiş ürünlere rastlanmaktadır. Dasit ve riyolitlerde kuvars taneleri ve feldispatlar gözle görülür ve porfi rik dokuludurlar. Benzer özellikleri taşıyan Kızılkaya formasyonundan farklı olarak Çayırbağ formasyonuna ait dasit ve riyolitlerde piritte fazla rastlanmamaktadır.

Formasyon içinden derlenen numunelerin fosil tanımlamalarından ve dasit örneğinde yapılan radyometrik analizden Çayırbağ formasyonuna Kampaniyen – Maastrichtiyen yaşı

verilmiştir (Güven, 1993; Alan vd, 2019). Çayırbağ formasyonu asidik volkanizmanın eşlik ettiği denizel koşullarda çökelmiştir. Volkanizmanın sakinleştiği dönemde mikritik kireçtaşı çökelimi gerçekleşmiştir. İnceleme alanında formasyonun görünür kalınlığı 150-200 m arasındadır (Alan vd, 2019).

3.1.7 Bakırköy Formasyonu (Ktb)

Türbiditik karakterli derin denizel çökeller Doğu Pontid kuzey zonunda “Bakırköy formasyonu” olarak tanımlanmıştır (Güven, 1993). Bakırköy formasyonu inceleme alanında Ballica ve Kayasu yörelerinde yüzeylenmektedir (Şekil 6).

Bakırköy formasyonu çoğunlukla gri renkli marn, gribeyaz renkli killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve kısmen de kumtaşlarından oluşmaktadır. İnce ve orta kalınlıkta tabakalı yapıların izlendiği birimin kalınlığı 100-250 m’dir. *Globotruncana Lapparenti Tricarinata*, *Globotruncana Arca* (CUSMAN), *Marsonellacf. Oxycona* (REUSE), *Globigerina sp.*, *Gümbelina sp.*, *Orbitolides sp.*, *Robulus sp.*, *Discocyliina sp.*, *Textularia sp.* ve *Miliolidea sp.* fosil türlerine göre formasyonun yaşı Maestrihtiyen-Paleosen olarak belirlenmiştir (Güven, 1993).

3.1.8 Kaçkar Granitoyidi (Kk1)

Geç Kretase yaşlı birimlerin bir bölümünü kesen ve Erken-Orta Eosen yaşlı birimler tarafından transgresif olarak örtülen granitoyidler Güven (1998) tarafından Kaçkar granitoyidi I olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında İkizdere’nin GB-KD boyunca uzanan Kaçkar Dağları’nda Kaçkar granitoyidi I’e ait kayaçlar yüzeylenmektedir. Çalışma alanında büyük bir kısmında granitoyidlere ait yüzeylenmeler gözlenmektedir (Şekil 6).

Kaçkar granitoyidi I, yeşilimsi, grimsi bej ve pembe renkli, sert, masif yapılı ve çoğu yerde arenalaşmış olarak gözlenmektedir. Çoğunlukla Kaçkar granitoyidi I, granit, granodiyorit, diyorit, tonalit ve monzonitten oluşmaktadır. Granit ve monzonit bileşiminde olanlar bej-pembe renkli olup iri ortoklaz taneleri gözle görülmektedir. Alkali feldispat granitler daha çok açık yeşilimsi ve grimsi renklidir. Kaçkar granitoyidi I’e ait kayaçlar

içinde anklavlara rastlamak mümkündür. Gabro; yeşilimsi gri renkli, makroskobik olarak tanesel dokuludur. Kretase-Paleosen yaşlı Kaçkar granitoyidi I'e ait litolojiler Geç Jura-Erken Kretase ve Geç Kretase yaşlı çökel ve volkanik kayaların bir bölümü ile sıcak kesme ilişkilidir (Alan vd, 2019). Üst dokanağında Erken-Orta Eosen yaşlı birimler uyumsuz olarak yer alır.

Kaçkar Dağları'nın yükselimi boyunca geniş alanlarda magmatik kompleks olarak yüzlekler vermektedir. Kaçkar granitoyidi I'e karşılık gelen alanlardan Taner (1977) 80,7 My ile Kampaniyen, Boztuğ vd. (2001, 2006) Geç Kretase ve Paleosen, benzer birimlerde (Harşit plütону) Karşlı vd. (2010a) 79 My ile Kampaniyen, Evcimen vd. (2013) 80 My ile yine Kampaniyen yaşı elde etmişlerdir. Dolayısıyla gerek Kaçkar granitoyidi I'in arazi gözlemleri gerekse radyometrik yaşlar dikkate alındığında Kaçkar granitoyidi I'e Kretase-Paleosen yaşı verilmiştir. Kaçkar granitoyidi I'e ait kayalar, Neotetis Okyanusu'na ait okyanus kabuğunun kuzeye doğru Pontid Kıtası altına dalması ile oluşan yitim kökenli I-tipi granitoyidlerdir (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997a; Okay ve Tüysüz, 1999; Boztuğ vd., 2006; Karşlı vd., 2007, 2010a, 2010b). Kaçkar granitoyidi I'e ait birimleri inceleme alanı batısında yer alan Harşit plütону (Karşlı vd., 2010a), Kaçkar batoliti (Altınlı, 1970), Ayder, Ortaköy, Kaptanpaşa plütонları (Gedik vd., 1992), Kompozit Kaçkar batolitinin bir bölümü (Boztuğ vd., 2001, 2006) ve Rize graniti (Çoğulu, 1970) ile deneştirilebilir.

3.1.9 Kabaköy Formasyonu (Tk)

Güven (1990), volkano-tortul özellikteki bu birimi “Kabaköy formasyonu” olarak isimlendirmiştir. Çalışma alanında Demirkapı güneyinde yüzeylenen birim volkanik karakterlidir (Şekil 6).

Genelde andezit-bazalt ve bunların piroklastik bileşenlerinden oluşan birim kumtaşı-kumlu kireçtaşı-marn ara seviyeleri içermektedir. Bu birime ait volkanik kayalar genelde yoğun hidrotermal alterasyona uğramıştır. Gözlenen alterasyonlar silisleşme, arjilitleşme, piritleşme, limonitleşme, hematitleşme, kloritleşme ve epidotlaşmadır. Bu formasyon epitermal altın oluşumları açısından önemlidir.

İstifin inceleme alanında gözlenen kalınlığı 800 m civarındadır (Ağan vd, 2017).

Kabaköy Formasyonu'nun yaşı, *Numilites cf. globulus* LEYMERİE, *Assilina cf. exponens* (SOWERBY), *Assilina cf. spira*, *Numulites Sp.*, *Discocyclina Sp.*, *Asteroceyelina Sp.*, *Actinocyclina Sp.*, *Amphistegina Sp.* ve *Aljeolina Sp.* türlerine göre Alt-Orta Eosen olarak saptanmıştır (Güven, 1990).

3.1.10 Alüvyon (Qal)

Alüvyon (Qal) inceleme alanında Karadeniz'e dökülen Solaklı Deresinin oluşturduğu yataklarda depolanmaktadır (Alan vd, 2019). Bu yataklarda kil, silt, kum ve çakıl gibi güncel yığılımlar depolanmıştır (Güven 1993).

3.2 Çalışma alanının Hidrolojisi

Çalışma alanına ait aylık ortalama yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (MGM)'den alınmıştır. Çalışma alanı sınırları içerisinde toplam 5 (Çaykara, Uzungöl, Of, Lustra yaylası ve Demirkoyü) meteoroloji istasyonu bulunmaktadır.

3.2.1 Yağış

Çalışma alanında yer alan Of/Fidanlık istasyonu 1639,7 mm yağışla en çok yağış alan istasyonudur. En az yağış gören ise 718,4 mm yağışla Uzungöl istasyonudur (Tablo 6). Bölgede her mevsimi yağışlıdır. Alandaki yağış miktarlarının aylık değişimi şekil 8' te verilmiştir.

Tablo 6. Çalışma alanın istasyonları aylık ortalama yağış (MGM, 2021)

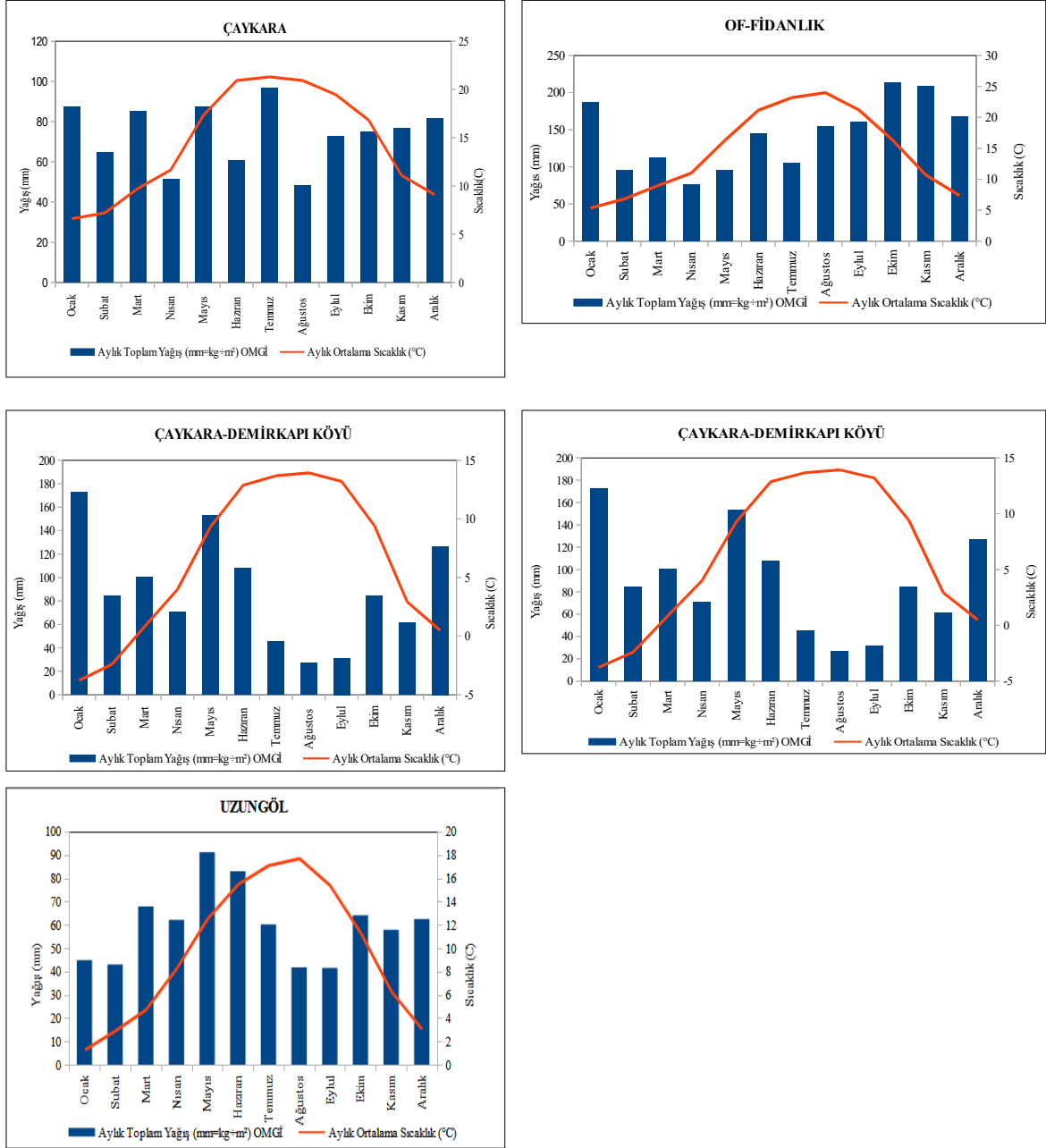
İstasyon adı	Ocak	Şub	Mar	Nis	May	Haz.	Tem	Ağus	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıllık
Çaykara/19246	87	65	85	51	87	60	97	48	72	75	77	81	887
Uzungöl/17569	45	43	69	62	91	83	60	42	40	62	60	62	718
Of-Fidanlık/ 17775	169	98	115	71	86	141	111	143	161	187	209	149	1640
Lustra yaylası/19062	100	147	107	75	132	116,	114	71	61	82	79	173	1259
Demirkoyü/ 19064	173	85	100	70	153,	108,	45	27	31	84	58,0	150	1085

3.2.2 Sıcaklık

Sıcaklık değerleri kıyıdan iç kesimlere doğru çıkılınca değişmektedir. Çalışma alanında genel olarak sıcaklıklar mayıs ayından itibaren ortalama değerlerin üzerine çıkmakta, ekim ayından sonra düşüşe girmektedir. Genellikle en sıcak ayının Ağustos ve en soğuk Ocak aydır. Tablo 7’den anlaşılabacağı üzere Of istasyonunda yıllık ortalama sıcaklık 14,3 °C iken güneye doğru azalmaktadır. Uzungöl 9,7°C, Lustra yaylası 7,6°C, Demirkapı koyü istasyonunda ise 6,1°C’dir. Alandaki sıcaklık değerlerinin aylık değişimi şekil 8’ te verilmiştir.

Tablo 7. Çalışma alanının istasyonların aylık ortalama sıcaklık değerleri (MGM, 2021)

İstasyon adı	Ocak	Şub	Mar	Nis	May	Haz.	Tem	Ağus	Eyl	Eki	Kas	Ara	Ort
Çaykara/19246	7	7	10	12	17	21	21	21	19	17	11	9	14
Uzungöl/17569	1	3	4,76	8	12	15	17	18	15	11	6	3	10
Of-Fidanlık/ 17775	5	7	9,0	11	16	21	23	24	21	17	11	7	14
Lustra yaylası/19062	-2	-0	2,8	5,	10	14	15	15	14	11	5	1	8
Demirkoyü/ 19064	-4	-2	0,83	4	9	13	14	14	13	9	3	-0	6



Şekil 8. İstasyonları ortalama yağış miktarları ve hava sıcaklıkları (MGM, 2021)

3.2.3 Buharlaşma

Solaklı havzasında ve civarında buharlaşma rasadı yapılmamaktadır. Çalışma alanına en yakın buharlaşma rasadı yapan istasyon olarak Trabzon meteoroloji istasyonunun buharlaşma değerleri esas alınmıştır. Alınan verilere göre Trabzon ve çevresinde yıllık toplam buharlaşma miktarı 830 mm civarındadır (Karayusufoğlu, 2010). Dolayısıyla çalışma alanında bulunan istasyonların buharlaşma-terleme miktarının hesaplanması için aylık sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak potansiyel (Etp) ve gerçek (Etr) buharlaşma değerleri Thornthwaite (1948) yöntemiyle hesaplanmıştır. Bulunan değerlerden yararlanılarak yağış ve potansiyel buharlaşma grafiği her ayrı istasyonu için hazırlanmıştır (Şekil 9).

Her bir istasyon noktası için aylık Potansiyel Buharlaşma-Terleme (ETP) değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$ETP = 1.6 \times G \times \frac{10t}{T} \quad (17)$$

Bu eşitlikte;

ETP: Aylık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (cm)

G: Aylık güneşleme faktörü (enlem değeri ve aylara göre belirlenmiş bir faktördür)

I: Yıllık sıcaklık indisi olup ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$I = \sum (i) \quad (18)$$

i: Aylık sıcaklık indisi olup ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad (19)$$

t: Aylık sıcaklık ortalaması (°C)

a: Yıllık sıcaklık indisine bağlı bir katsayı olup aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$a = (6.75 \times 10^{-7} I^3) - (7.71 \times 10^{-5} I^2) + (1.79 \times 10^{-2} I) + 0.492 \quad (20)$$

(19) Öncelikle her ay için aylık sıcaklık indisi ve yıllık sıcaklık indisi elde edilmiştir. Yıllık sıcaklık değeri kullanılarak (18) eşitliği ile a katsayısı, (17) eşitliği ile de aylık Etp değerleri belirlenmiştir. Aylık ETP ve aylık toplam yağış değerleri kullanılarak, Gerçek Buharlaşma-Terleme (ETR) değeri aylık olarak hesaplanmıştır.

• Of/ Fidanlık istasyonu

Of/Fidanlık istasyonunda yıllık yağış ortalama 1723,7 mm, potansiyel buharlaşma (Etp) değeri ve gerçek buharlaşma (Etr) değeri 778,48 mm olarak bulunmuştur (Tablo 8).

Tablo 8. Of/Fidanlık istasyonu için Thornthwaite yöntemi ile hazırlanan su bilançosu

Of/Fidanlık	Ocak	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağus	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl.
Sıcaklık (°C)	5	7	9	11	16	21	23	24	21	16	11	7	
İndeks i	1	2	2	3	6	9	10	11	8	6	3	2	
Enlem Düzetme Katsayısı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Etp (mm)	10	15	27	40	80	120	140	137	101	63	29	16	778
P (mm)	188	96	112	76	96	145	105	154	161	214	209	167	1723
Etr (mm)	10	16	27	40	80	120	140	137	101	63	29	16	778
Faydalı Reserv	100	100	100	100	100	100	65	82	100	100	100	100	
Su fazlası	177	81	85	36	15	25	0	0	42	151	180	151	945
Su Eksiği							-25						-25

Ocak ayından Haziran ayına ve Ağustos ile Aralık aylarında yağış (P) potansiyel buharlaşmadan (Etp) fazladır (Şekil 8). Sadece Temmuz ayında potansiyel buharlaşma (Etp) yağışından (P) daha fazladır. Temmuz ayında yağış 105,4 mm'dir ve potansiyel buharlaşma (Etp) 140,4 mm' dir. 100 mm olarak kabul edilen faydalı rezervden kullanarak gerçek buharlaşma (Etr) 140,4 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu istasyonunda her dönem için Etp ile Etr birbirine eşittir ve su fazlası 945,22 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre; 1723,7 mm olan yıllık yağışın 778,48 mm'lik kısmı buharlaşarak atmosfere dönmekte, su fazlası yaklaşık olarak tüm yağışın % 55'sini oluşturmaktadır.

- Çaykara istasyonu

Çaykara istasyonu istasyonunda yıllık ortalama yağış 887 mm, potansiyel buharlaşma (Etp) değeri ve gerçek buharlaşma (Etr) değeri 477 mm olarak bulunmuştur (Tablo 9).

Tablo 9. Çaykara istasyonu Thornthwaite yöntemiyle hazırlanan su bilançosu.

Çaykara	Ocak	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağus	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
Sıcaklık(°C)	7	7	10	12	17	21	21	21	19	17	11	9	
İndeks i	2	2	3	4	7	9	9	9	8	6	3	2	63
Enlem Düzetme Katsayısı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Etp (mm)	9	10	20	28	56	75	78	70	56	42	19	14	477
P (mm)	87	65	85	51	87	61	97	48	73	75	77	81	887
Etr (mm)	9	10	20	28	56	75	78	70	56	42	19	14	447
Faydalı Reserv	100	100	100	100	100	100	86	100	78	95	100	100	
Su fazlası	78	55	65	23	31	0	5	0	0	28	58	67	410
Su Eksiği													

Ocak ayından Mayıs'a kadar, Temmuz, Eylül ve Aralık aylarında yağış (P) potansiyel buharlaşmadan (Etp) fazladır (Şekil 8). Haziran ve Ağustos aylarında potansiyel buharlaşma (Etp) yağıştan (P) daha fazladır. Bu istasyonunda her dönem için Etp, Etr'ye eşittir ve su fazlası 410 mm'dir. Bu verilere göre; 887 mm olan yıllık yağışın 477 mm'lik kısmı buharlaşarak atmosfere dönmekte, su fazlası ise yaklaşık tüm yağışın % 46'sını oluşturur.

- Çaykara/Uzungöl

Çaykara/Uzungöl istasyonunda ortalama yıllık yağış 720 mm, potansiyel buharlaşma (Etp) değeri 621mm iken gerçek buharlaşma (Etr) değeri 565 mm olarak bulunmuştur (Tablo10).

Ocak ayından Temmuz ayına kadar ve Eylül ile aralık aylarında yağış (P) potansiyel buharlaşmadan (Etp) fazladır. Ağustos ve Eylül aylarında potansiyel buharlaşma (Etp) yağıştan (P) fazladır (Şekil 8). Bu istasyonunda her dönem için Etp, Etr'ye eşittir ve su fazlası 629 mm'dir. Bu verilere göre; 1185 mm'lik yıllık yağışın 556 mm'lik kısmı buharlaşarak atmosfere dönerken, fazla su yaklaşık olarak tüm yağışın % 53'sini oluşturur.

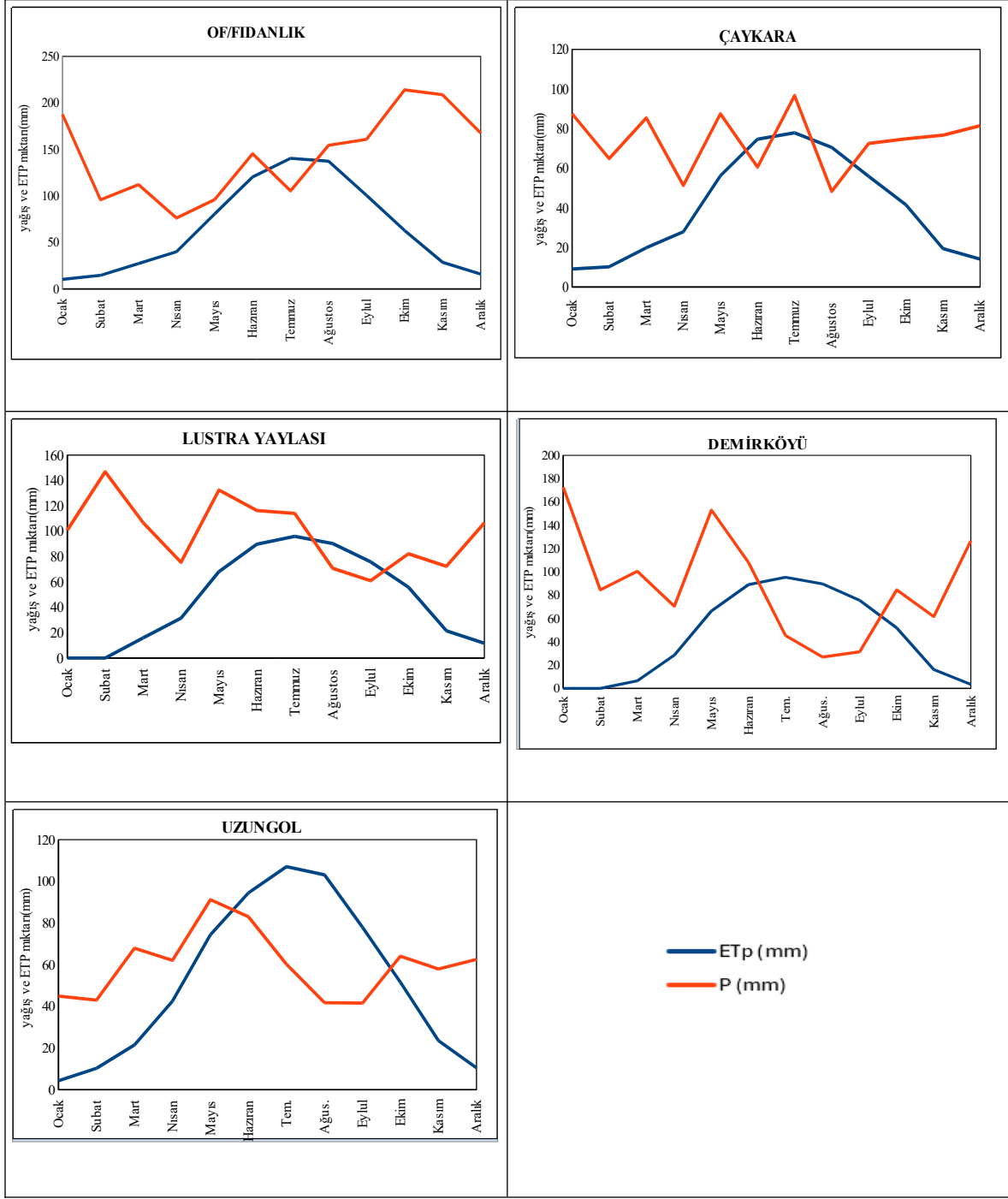
- Çaykara/Demirkapı köyü

Çaykara/ Demirkapı köyü istasyonuna ait su bilançosunda toplam ortalama yıllık 1066 mm, potansiyel buharlaşma (Etp) değeri 522 mm iken gerçek buharlaşma (Etr) değeri 466 mm olarak bulunmuştur (Tablo 12).

Tablo 12. Demirkapı Köyü istasyonu Thornthwaite yöntemiyle hazırlanan su bilançosu.

Demirkapı Köyü	Ocak	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağus	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl.
Sıcaklık(°C)	-4	-2	1	4	9	13	14	14	13	9	3	1	
İndeks i	0	0	0	1	3	4	5	5	4	3	0	0	
Enlem Düzetme Katsayısı	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81	
Etp (mm)	0	0	7	29	66	89	95	90	76	52	16	3	522
P (mm)	173	85	101	71	153	108	45	27	31	85	62	127	1066
Etr (mm)	0	0	7	29	66	89	95	77	31	52	16	3	466
Faydalı Reserv	100	100	100	100	100	100	50	0	0	33	78	100	861
Su fazlası	173	85	94	42	87	19	0	0	0	0	0	101	600
Su Eksiği								-13	-44				-57

Yağış - potansiyel buharlaşma grafiğinde Ocak ayından Hazirana kadar ve Ekim ayından Aralık ayına kadar yağışın (P) potansiyel buharlaşmadan (Etp) fazla olduğu görülmektedir (Şekil 8). 100 mm olarak kabul edilen faydalı rezerv, Temmuz ayında harcanarak sıfırlanmıştır. Ekim ayında su rezervi tekrar doldurmaya başlamıştır. Verilere göre; 1066 mm'lik yıllık yağışın 466 mm'lik kısmı buharlaşarak atmosfere dönmektedir. Fazla su yaklaşık olarak tüm yağışın % 56'sini oluşturur.



Şekil 9. Çalışma alanının meteoroloji istasyonlarına ait yağış ve Etp'nin aylık değişimi.

3.2.4 Akış

Solaklı Havza sınırı içerisinde 10 adet DSİ ve 1 adet EİE olmak üzere toplamda 11 adet akım gözlem istasyonu bulunmakta ve bunların sekiz tanesi şu an faaliyet göstermemektedir. Kalan üç açık istasyon şunlardır: "22-07 Haldizen S-Şerah", "22-057 Ögene Deresi-Alçakköprü" ve "22-052 Solaklı D.-Ulucamii"'dir (Sahin, 2007).

Tablo 13'te, 22-007 Haldizen S- Şerah, 22-057 Ögene Deresi Alçakköprü ve 22-052 Solaklı D.-Ulucamii istasyonlarında ölçülen aylık ortalama akım değerleri (m^3/s) verilmiştir.

22-07 Haldizen S- Şerah $153,5 \text{ km}^2$ yağış alanı ile ortalama $4,9 \text{ m}^3/s$, 22-057 Ögene Deresi Alçakköprü $241,0 \text{ km}^2$ yağış alanı ile $5,96 \text{ m}^3/3$ ve 22-052 Solaklı D.-Ulucamii $576,8 \text{ km}^2$ yağış alan ile $14,40 \text{ m}^3/s$ ölçülmüştür.

Tablo 13. Akım gözlemlerin değerleri (m^3/s) (Sahin, 2007)

İstas.	Ocak	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağus	Eyl	Eki	Kas	Ara	Ort.
22-007	2,63	2,64	2,00	1,5	1,53	2,63	7,87	13,76	12,54	6,58	3,11	1,98	4,9
22-057	2,86	4,56	3,10	1,98	2,01	4,32	14,24	18,61	10,92	4,41	2,46	2,04	5,96
22-052	8,80	10,86	7,62	5,56	5,66	9,99	27,55	37,7	28,28	14,45	9,18	7,19	14,40

Her istasyon için en yüksek akım değeri Mayıs, en düşük akım değeri ise Ocak ayında ölçülmüştür.

3.3 Solaklı Havzası Su Kalitesinin İncelenmesi

İnceleme alanının Solaklı Deresi üzerinde, Of ilçesinden Uzungöl'e kadar belirlenen 10 örnek noktasında su kalite parametreleri analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar bu bölümde değerlendirilmiştir.

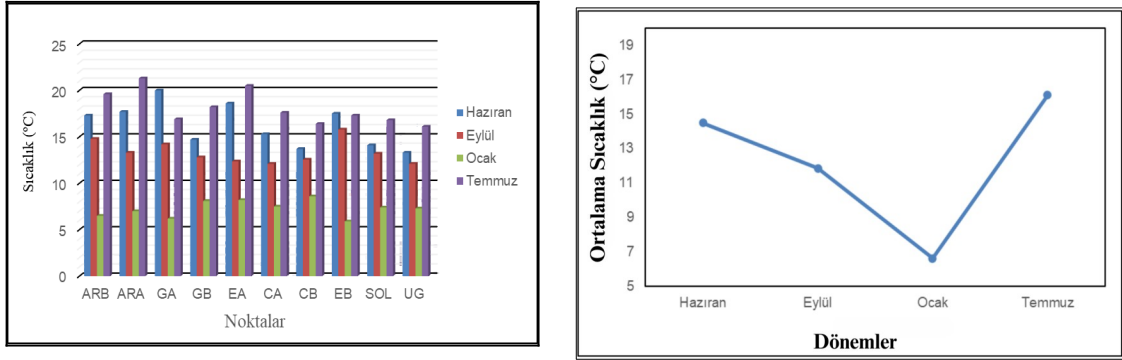
Son yıllarda artan nüfus, kentleşme ve sanayileşme yüzey suyunun aşırı ve kontrolsüz bir şekilde kullanımı, mevcut kalitelerin azaltılmasından dolayı sayısız kaynağı tehlikeye atmaktadır. Yüzey suyunun kalitesindeki kötüleşme, küresel çapta yaygın bir endişe kaynağıdır. Su kalitesinin düşmesi, insan sağlığı başta olmak üzere sucul ekosistemler ve tarımsal faaliyetler üzerinde de olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Sanayileşme, kentsel yayılma, tarımsal faaliyetler ve iklim değişikliği gibi faktörler, su kaynaklarının kirlenmesine yol açmakta ve bu durum, sürdürülebilir yönetim stratejilerinin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu sebeple, su kalitesi izleme çalışmaları, sağlıklı ekosistemlerin ve miktar açısından yeterli su kaynaklarının korunmasında kilit bir rol oynamaktadır.

3.3.1 Sıcaklık Değerleri (°C)

Sıcaklık parametresi, pH ile sudaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri kontrol eden önemli bir parametredir. Dolayısıyla numune alımı esnasında ölçülmesi gerekmektedir. Sıcaklık değişikliğinin su ekosistemleri üzerindeki etkileri önemlidir. Su sıcaklığındaki artış, su içerisinde çözünebilir oksijen miktarını azaltarak suyun doygunluk seviyesini düşürmektedir. Bu ters orantı, yüksek sıcaklık koşullarında suyun oksijen tutma kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu etki hem gazın çözünürlüğünden hem de organik maddelerin bozulmasının hızlanmasından kaynaklanmaktadır. Su kaynakları; iklimsel koşullar, su kaynağının özellikleri gibi pek çok faktörün etkisiyle farklı sıcaklıklarda olabilir. Yüksek su sıcaklıkları mikroorganizma gelişimini ve tat, koku, renk ve korozyon problemlerini arttırabilir, genelde su sıcaklığının 16°C'den düşük olması tercih edilir (Canan vd, 2019).

Araştırma alanında gerçekleştirilen su sıcaklığı ölçümleri şekil 10'da verilmiştir. Alanda Haziran tarihli su sıcaklığı 13,3°C ile 20°C arasında ortalama ise 16,22°C; Eylül

tarihli su sıcaklığı 12,1°C ile 15,8°C arasında ve ortalama 13,3°C; Ocak tarihli su sıcaklığı 5,9°C ile 8,2°C arasında ve ortalama 6,62°C; Temmuz tarihli su sıcaklığı 16,1°C ile 21,3°C arasında ve ortalama ise 16,11°C olduğunu belirlenmiştir. Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre sıcaklık açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



Şekil 10. Çalışma alanında dört dönem ölçülen sıcaklık değerleri ve ortalamaları

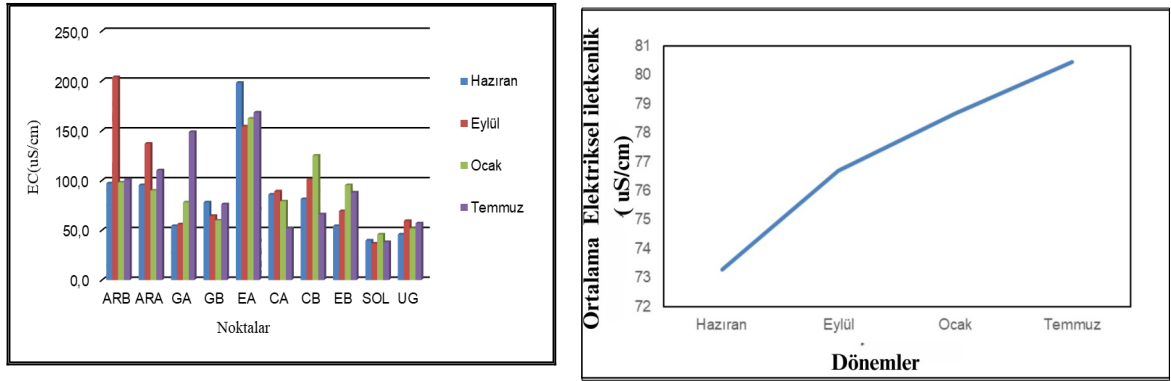
3.3.2 Elektriksel iletkenlik

Suyun iletkenliği suyun en önemli özelliklerinden biridir ve suyun elektrik akımını iletme özelliğinin sayısal bir ifadesidir (Hem, 1971). Sudaki iyonların toplam ve bağlı konsantrasyonları, değerlikleri, hareketlilikler ve ölçüm sıcaklığı suyun iletkenliğini önemli derecede etkilemektedir. İletkenlik yaygın olarak kirlilik izlemesinde kullanılmaktadır. Doğal nehirlerin ve göllerin tipik iletkenlikleri 10-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında kabul edilmektedir (Karakuş, 2012). Bu seviyenin üzerindeki değerler ise kirlilik olduğunu gösterir (Canan vd, 2019). Sanayideki kirliliğin yüksek olduğu dere ve akarsularda 4500-5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ seviyelerine ulaşabilmektedir (Demir, 2012).

Sularda çözünen maddelerin çoğu iyonlar şeklindedir. İletkenlik suda çözünen maddelerin oranı hakkında fikir vermektedir. Sıcaklık parametre ile olduğu gibi, elektriksel iletkenlik arazi esnasında ölçülür. Sıcaklık gibi, yüksek ölçümler su kirliliği, karışma alanlarını veya sızma alanlarını tayin edilebilir. İletkenlik de suyun fiziko- kimyasal analizlerini doğrulamanın yollarından biridir. Mümkün olduğunda arazide ölçülen değer ve

laboratuvarında ölçülen değerle karşılaştırılmalıdır. Ölçü birimi olarak Siemens/cm kullanılmaktadır, Saf suyun iletkenliği $0.055 \mu\text{S/cm}$ civarındadır. Genellikle, ölçüm sonuçları 20 veya 25°C 'de eşdeğer iletkenlik açısından sunulmaktadır (Toros, 2000).

Çalışma alanında gerçekleştirilen EC ölçümlerinde Haziran tarihli EC değerleri $39,8 \mu\text{S/cm}$ ile $198,1 \mu\text{S/cm}$ arasında, ortalama ise $73,28 \mu\text{S/cm}$; Eylül tarihli EC değerleri $36,7 \mu\text{S/cm}$ ile $154,3 \mu\text{S/cm}$ arasında ve ortalama $76,7 \mu\text{S/cm}$; Ocak tarihli EC değerleri $45,84 \mu\text{S/cm}$ ile $162,1 \mu\text{S/cm}$ arasında ve ortalama $78,6 \mu\text{S/cm}$; Temmuz tarihli EC değerleri $38,2 \mu\text{S/cm}$ ile $168,3 \mu\text{S/cm}$ arasında ve ortalama ise $80,44 \mu\text{S/cm}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 11). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre EC açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



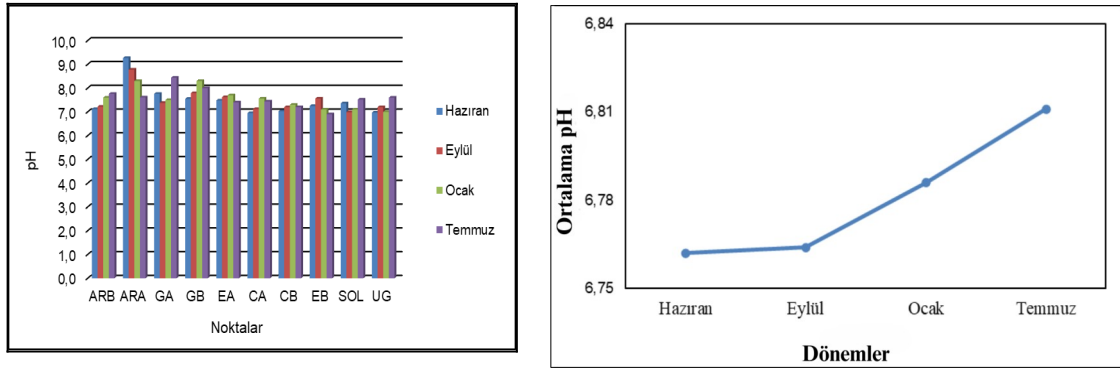
Şekil 11. Çalışma alanında ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri ve ortalamaları

3.3.3 Hidrojen İyon Konsantrasyon pH

Suyun asidik veya bazik olduğunu belirten bir parametre olan pH sudaki canlı yaşamını etkileyen önemli faktörlerden biridir. pH genellikle 0 ile 14 arasında değer alır. Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunu 10 tabanına göre negatif logaritması pH değeri olarak tanımlanmaktadır (Güler, 1997). $1-14$ aralığında derecelendirilen pH değeri 7 olduğunda ise nötr olarak adlandırılır. Bu durumda sudaki H^+ ve OH^- iyonlarının denge halinde bulunduğundan bahsedilebilir. Bu denge eğer H^+ iyonları artarsa pH'ın azalması (asitlik) ya da OH^- iyonlarının artması halinde ise pH'ın artması (bazlık) yönünde değişmektedir (Çiftçi, 2021). Yüzey suları genellikle pH değeri 8 'den büyük olan bazik

karakterli sulardır. İçme suyu için ise Dünya Sağlık Örgütü (WHO) dahil birçok sağlık kurumları, genellikle pH değerinin 6.5 ile 8.5 arasında olmasını önermektedir. (Güler, 1997).

pH'ın insan sağlığı üzerinde direk bir etkisi olmamakla birlikte, işletme açısından en önemli su kalite parametrelerinden biridir. pH'ın su kimyasındaki rolü korozivite, alkalinite, sertlik, klorlama, koagülasyon ve CO₂ dengesi ile bağlantılıdır. pH yerinde suyun doğal halinde ölçülmelidir.



Şekil 12. Çalışma alanında dört dönem ölçülen pH değerleri ve ortalamaları

Araştırma bölgesinde gerçekleştirilen pH ölçümlerinde Haziran tarihli pH değerleri 7,03 ile 9,17 arasında, ortalama ise 6,79; Eylül tarihli pH değerleri 6,99 ile 8,78 uS/cm arasında ve ortalama 6,76; Ocak tarihli pH değerleri 7 ile 8,3 arasında ve ortalama 6,78; Temmuz tarihli pH değerleri 6,9 ile 8,44 arasında ve ortalama ise 6,81 olarak belirlenmiştir (Şekil 12). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre pH açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.

3.3.4 Toplam Çözünmüş Katı Madde

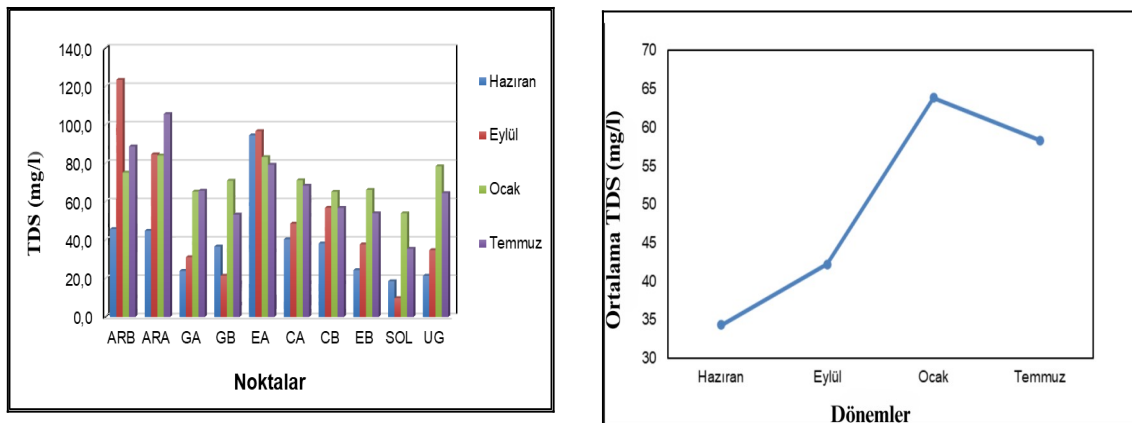
Sudaki çözünmüş maddeler, suda çözünmüş ve anorganik tuzların ve az miktardaki organik maddeden kaynaklanmaktadır. Suyun tat, sertlik ve korrozivitesine etki eden çözünmüş maddeler toplam miktarı ise Toplam Çözünmüş Madde (TDS) olarak ifade edilir. suyun lezzetinde de etkili olan (Güler ve Çobanoğlu, 1997) çözünmüş maddeler

doğal prosesler, şehir atıksuları, lağım suları, endüstriyel işlemler ve tarımsal etkinlikler gibi çeşitli faaliyetlerden kaynaklanır. Toplam çözünmüş madde açısından suların sınıflaması tablo 14’te verilmiştir. Çok çözünmüş madde içeren içme suları yavan ve lezzetsiz olup su dağıtma sistemlerinde klorür, sülfat, magnezyum, karbonat gibi anyon ve katyonlar korozyona ve borularda kabuklanmaya neden olmaktadır (Güler,1997).

Tablo 14. Toplam Çözünmüş Katı Madde miktarına göre su sınıfları (Güler,1997)

Katı Madde Miktarı (mg/l)	Sınıf
0-1000	Tatlı Su
1000-10.000	Acı Su
10.000-100.000	Tuzlu Su
100.000 den fazla	Deniz Suyu

Haziran döneme ait suların TDS değerleri 21,46 ile 94,6 mg/l; Eylül döneme ait suların TDS değerleri ise 9,8 ile 96,8 mg/l arasındadır; Ocak döneme ait suların TDS değerleri 54 ile 84,11 mg/l; Temmuz döneme ait suların TDS değerleri 54 ile 105,7mg/l’dir. Haziran tarihine ait TDS ortalaması 34,34 mg/l; Eylül tarihine ait ortalama 42,19 mg/l; Ocak tarihine ait ortalama 63,89 mg/l; Temmuz tarihine ait ortalama 58,33 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 13). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY’ye (2021) göre toplam çözünmüş madde açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



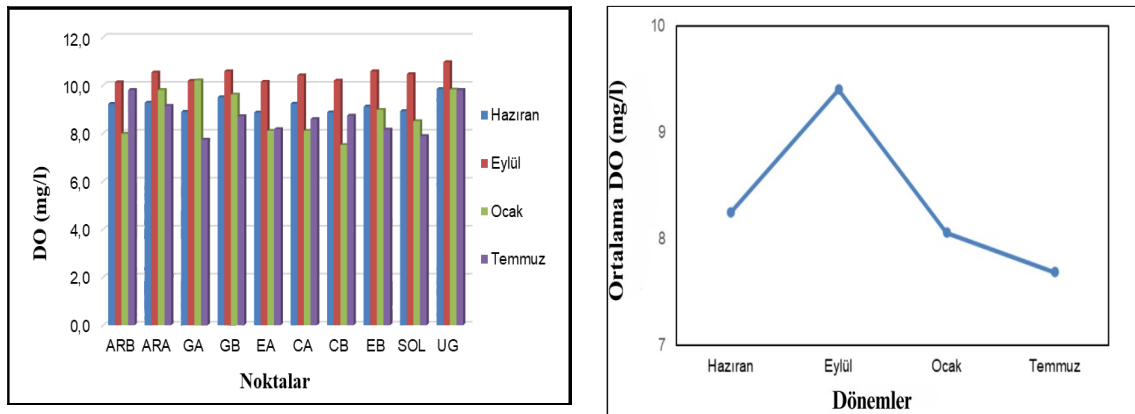
Şekil 13. Çalışma alanında dört dönem ölçülen TDS değerleri ve ortalamaları

3.3.5 Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen, sudaki serbest oksijen konsantrasyonunun bir ölçüsüdür. Fotosentez sırasında organizmalar, su bitkileri ve algler tarafından sulara salınır. Yüzeysel su ve atık suyun çevresel olarak değerlendirilmesinde çözünmüş oksijen tayini oldukça önemlidir. Çözünmüş oksijen yokluğu veya belirli konsantrasyonların altında kalması, canlı türlerinin ölümüne kadar gidebilen sonuçlar gözlemlenmektedir. Sıcaklık ve tuzluluk gibi parametreler sudaki çözünmüş oksijen seviyesini düşürmektedir (Köktürk, 2013).

Genel olarak, göl ve nehir gibi tatlısu ekosistemlerindeki balıklar ve diğer sucul organizmalar için çözünmüş oksijen seviyelerinin en azında 4 mg/L olması gerektiği kabul edilir. Daha yüksek seviyeler, örneğin 5 mg/L ve üzeri, ekosistem içindeki çoğu canlının sağlıklı bir şekilde yaşaması için daha uygun koşullar sağlar (Uysal, 2015). Suda durgunluk, derinlik, sıcaklık, mineral ve kirlenici varlığı arttıkça çözünmüş oksijen miktarı düşer. Çözünmüş oksijen birimi mg/L veya % olarak verilir (URL-2, 2023).

Çalışma alanında gerçekleştirilen çözünmüş oksijen ölçümlerinde Haziran tarihli DO değerleri 8,86 mg/l ile 9,84 mg/l arasında, ortalama ise 8,25 mg/l; Eylül tarihli DO değerleri 10,12 mg/l ile 10,96 mg/l arasında ve ortalama 9,4mg/l; Ocak tarihli DO değerleri 8,1 mg/l ile 10,2 mg/l arasında ve ortalama 8,06 mg/l; Temmuz tarihli DO değerleri 7,88 mg/l ile 9,8 mg/l arasında ve ortalama ise 7,69 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 14). Sulara dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre çözünmüş oksijen açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



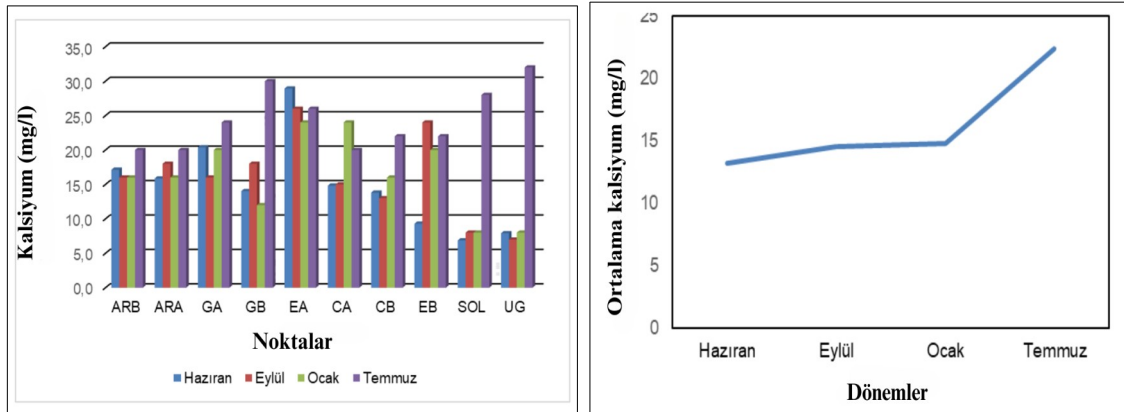
Şekil 14. Çalışma alanında dört ölçülen çözünmüş oksijen değerleri ve ortalamaları

3.3.6 Kalsiyum (Ca^{2+})

Doğada en çok kaynağa sahip elementlerden biri olan kalsiyum, karbonatlarda (kireç taşı veya mermer), jipslerde ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), aragonit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), anhidrit (CaSO_4) minerallerinde bulunmaktadır. Sudaki kalsiyum iyonu genellikle karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum minerallerinden kaynaklanmaktadır. Suya sertlik veren en önemli iyon olan kalsiyum, sulama sularında toprağın geçirgenliği ve yapısı bakımından faydalı olmaktadır (Güler, 1997).

Doğal su kaynaklarında en bol bulunan elementlerden bir tanesi olan kalsiyum, yüksek bitkilerin ve alglerin gelişimi için önemlidir. Eko-sistemde canlılar için çok önemli bir yeri olan kalsiyum, insan vücudunda da en çok bulunan ve en çok ihtiyaç duyulan katyondur.

Haziran döneme ait suların kalsiyum değerleri 6,88 mg/l ile 28,94 mg/l; Eylül döneme ait suların kalsiyum değerleri ise 7 mg/l ile 26 mg/l arasındadır; Ocak döneme ait suların kalsiyum değerleri 8 mg/l ile 24 mg/l; Temmuz döneme ait suların kalsiyum değerleri 20 mg/l ile 32 mg/l'. Kalsiyum iyonu ortalaması Haziran'da 13,20 mg/l; Eylül'de 14,5 mg/l; Ocak ayında 14,8 mg/l; Temmuz ayında 22,4 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 15). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre Ca^{2+} açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.

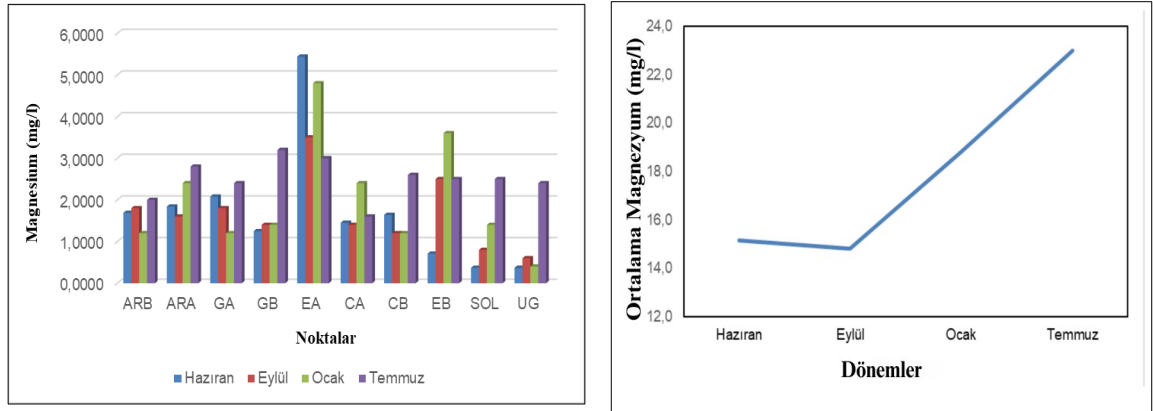


Şekil 15. Çalışma alanında dört dönem ölçülen Ca^{2+} konsantrasyonları ve ortalamaları

3.3.7 Magnezyum (Mg^{2+})

Doğal sularda magnezyumun en büyük kaynağı dolomittir. Magmatik ve metamorfik kayalarındaki olivin, ojit, biyotit ve hornblend gibi minerallerden gelmektedir. Suda çözünen kalsiyum ve magnezyum, suyu sert yapan en yaygın iki mineraldir. Sertlik derecesi, kalsiyum ve magnezyum içeriği arttıkça artar ve suda çözünen çok değerlikli katyonların konsantrasyonu ile ilgilidir (URL-3, 2023).

Magnezyum iyonu konsantrasyonları Haziran'da 0,37 ile 5,44 mg/l; Eylül'de 0,6 ile 3,5 mg/l arasındadır. Ocak ayında Mg^{2+} 0,4 ile 4,8 mg/l; Temmuz ayında 1,6 ile 3,2 mg/l'dir. Haziran ayında Mg^{2+} ortalaması 1,515 mg/l; Eylül ayında 1,48 mg/l; Ocak ayında 1,88 mg/l; Temmuz ayında ise ortalama 2,3 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 16). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre Mg^{2+} açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



Şekil 16. Çalışma alanında dört dönem ölçülen Mg^{2+} konsantrasyonları ve ortalamaları

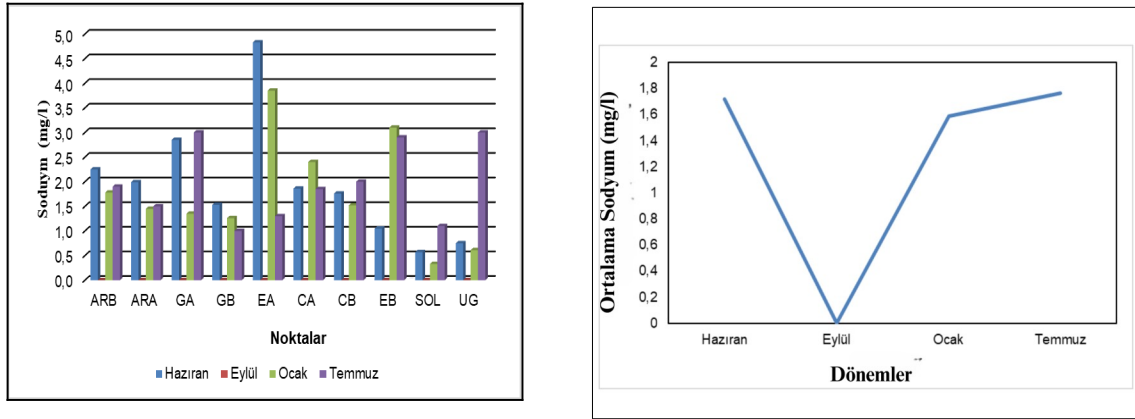
3.3.8 Sodyum (Na^+)

Sodyum doğada yaygın bulunan ve suda kolay çözünen alkali bir metaldir. Sodyum en fazla deniz suyunda bulunmaktadır ve NaCl şeklindedir (Bariş,2008). Doğal etmenlerin yanı sıra, kış mevsimlerinde yapılan yol tuzlamaları, atık sular, deniz suyu püskürmeleri sodyumun yüzeysel sulara karışmasına sebep olmaktadır (Çiftçi, 2015).

Sudaki sodyum için tat eşiği, ilgili anyona ve çözeltinin sıcaklığına bağlıdır. Sodyum

tuzlarının sudaki çözünürlükleri oldukça yüksektir ve karasal ortamdan yeraltı sularına ve yüzey sularına sızılmaktadır (WHO, 2003).

Haziran ayına ait suların Na^+ konsantrasyonları 0,57mg/l ile 4,83 mg/l; Ocak ayında 0,33mg/l ile 3,85 mg/l; Temmuz ayında 1,1mg/l ile 3 mg/l'dir. Haziran ayı Na^+ ortalaması 1,71 mg/l; Ocak ayı ortalaması 1,58 mg/l; Temmuz ayı ortalaması ise 1,77 mg/l (Şekil 17). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre Na^+ açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.

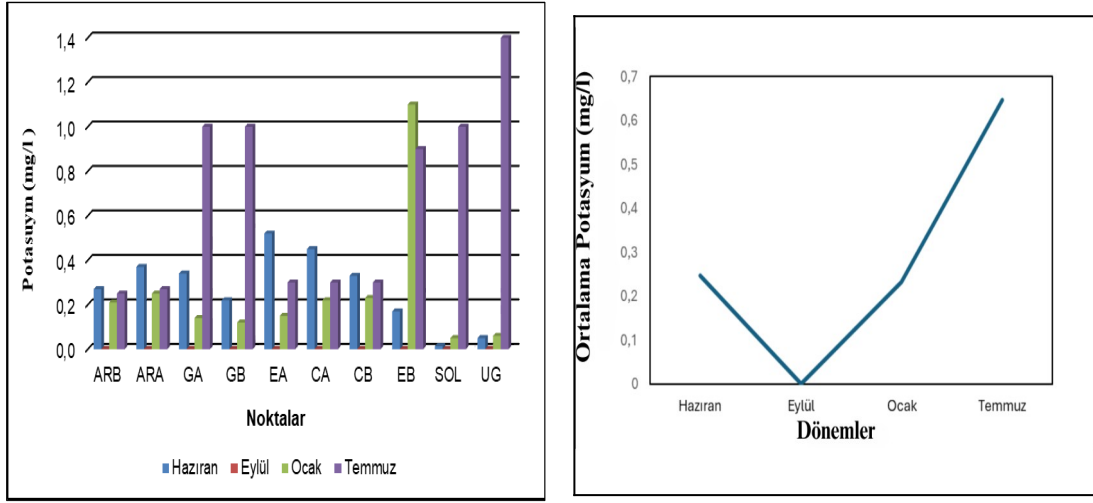


Şekil 17. Çalışma alanında dört dönem ölçülen Na^+ konsantrasyonları ve ortalamaları

3.3.9 Potasyum (K^+)

Na^+ iyon gibi potasyum da alkali grubunda yer almaktadır. Silikatlı minerallerinde zengince bulunan potasyum iyonu, sularda çözünürlüğün düşük olması sebebiyle Na^+ iyonuna göre çok az miktarda bulunur. Çözünen K^+ iyonu Na^+ iyonuna göre bitkiler ve kil mineraller tarafından çok fazla soğurulur (Şahinci, 1991; Konare,2021).

Hazirana ait suların K^+ değerleri 0,014 mg/l ile 0,52 mg/l; Ocak ayı potasyum değerleri 0,05 mg/l ile 1,1mg/l; Temmuz ayı potasyum değerleri 0,25 mg/l ile 1 mg/l. Haziran K^+ ortalaması 0,25 mg/l; Ocak ayı ortalaması 0,23 mg/l; Temmuz ayı ortalaması 0,65 mg/l (Şekil 17). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre K^+ açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



Şekil 18. Çalışma alanında dört dönem ölçülen SO_4^{2-} konsantrasyonları ve ortalamaları

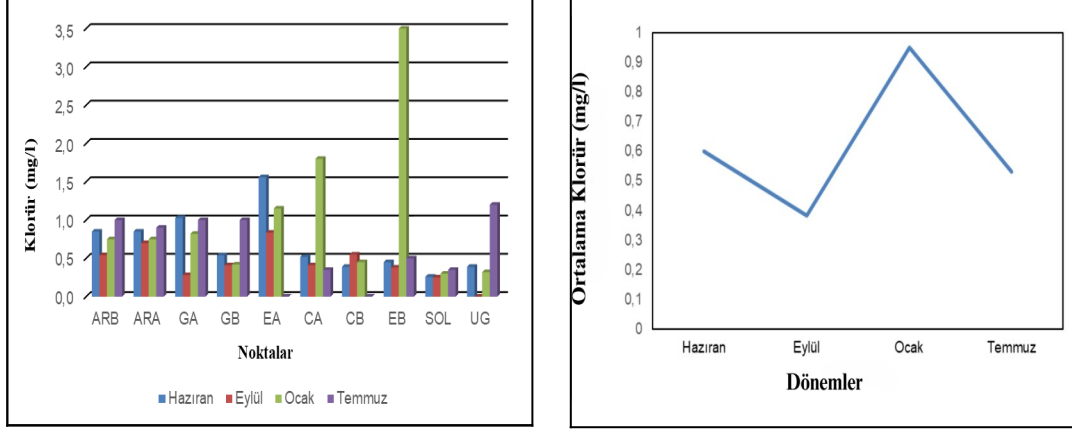
3.3.10 Klorür (Cl^-)

Klorür (Cl^-) bütün doğal sulardaki majör iyonlardan birisidir. Yağmur kar suyu veya evaporitik mineraller (halit $NaCl$, $MgCl$, $CaCl$) ve toprak gözeneklerinde biriken toprak tuzlarından ve/veya kıyı bölgelerde tuzlu su girişiminden dolayı sulardaki Cl konsantrasyonu artabilir. Normal sularda 1 mg/l den birkaç bin mg/l'te kadar bulunabilen klorür iyonun konsantrasyonunun sularda aniden yüksekliği o suyun sanayiden kirlendiği şüphesini doğurur (Güler, 1997).

Doğal suların kalitesinin içme suyu teminine uygunluğunu belirlemede klorür bir faktör olarak dikkate alınır. Klorür konsantrasyonu yüksek olan suların genel olarak mineral (tuz) içeriği de yüksektir. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise 250 mg/l'yi geçmemesi önerilmektedir.

Haziran ayına ait suların Cl^- değerleri 0,26 mg/l ile 1,56 mg/l; Eylül ayına ait suların klorür değerleri ise 0,25 mg/l ile 0,84 mg/l arasındadır. Ocak ayına ait suların klorür değerleri 0,3 mg/l ile 1,8 mg/l, Temmuz ayına ait suların klorür değerleri ise 0,001 mg/l ile 1,2 mg/l arasındadır. Haziran ayı klorür ortalaması 0,6 mg/l, Eylül ayı ortalaması 0,41 mg/l Ocak ayı ortalaması 0,95 mg/l; Temmuz ayı ortalaması ise 0,53 mg/l (Şekil 19). Sularda

dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre Cl^- açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



Şekil 19. Çalışma alanında dört dönem ölçülen Cl^- konsantrasyonları ve ortalamaları

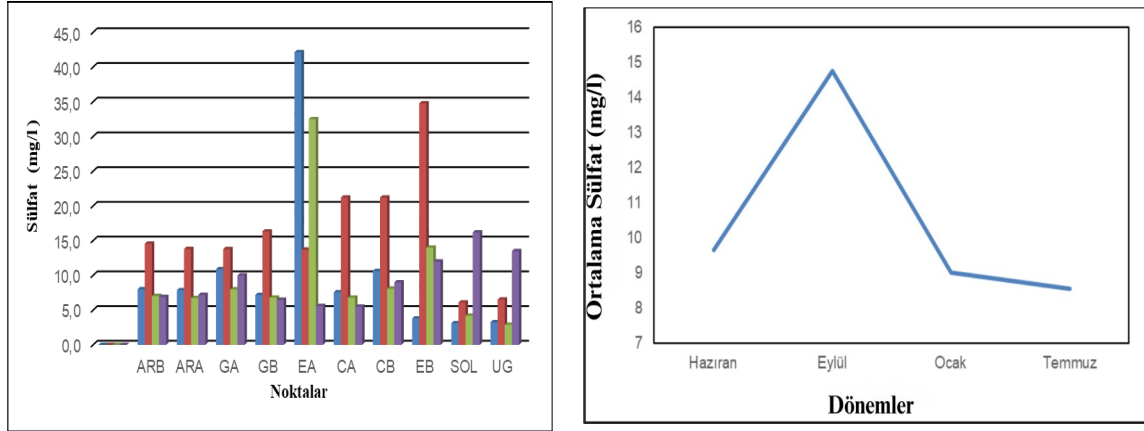
3.3.11 Sülfat (SO_4^{2-})

Sülfat, doğal olarak pek çok mineralde bulunur. Sülfatlar ve sülfürik asit ürünleri gübre, kimyasal, boya, cam, kâğıt, sabun, tekstil, fungusit, insektisit ve ilaç yapımı ile madencilikte, odun hamurunda, metal ve kaplama endüstrilerinde, atıksu arıtımında ve deri işleme gibi birçok endüstriyel alanda geniş bir kullanım alanına sahiptir (URL-4, 2023). 1990 yılında yayımlanan bir çalışmada, sülfat değerlerin tatlı sulardaki tipik değeri 20 mg/l olduğu, nehirlerde 0-630 mg/l, göllerde 2-250 mg/l ve yeraltı sularında 0-230 mg/l arasında değişen konsantrasyonlarda olduğu belirtilmiştir (Canan vd, 2019).

600 mg/l ve üzeri gibi yüksek sülfat seviyelerinde sülfatın ishal etkisinin olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla içme suyu kaynaklarında 500 mg/l ve üzerine çıkan sülfat konsantrasyonlarının tespit edilmesi halinde, sağlık yetkililerinin bilgilendirilmesi önerilmektedir (Canan Oğuz, 2015).

Haziran ayı SO_4^{2-} değerleri 3,12 mg/l ile 42,14 mg/l; Eylül ayı değerleri ise 6,1 mg/l ile 34,78 mg/l arasındadır. Ocak ayı suların SO_4^{2-} değerleri 2,9 mg/l ile 32,5 mg/l; Temmuz ayı değerleri ise 5,5 mg/l ile 16,2mg/l arasındadır. Haziran ayına ait sülfat ortalaması 9,65 mg/l; Eylül ayına ait ortalama 14,75mg/l; Ocak ayına ait ortalama 9,00 mg/l; Temmuz ayına ait ortalama ise 8,55mg/l (Şekil 20). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları

suların SKKY'ye (2021) göre SO_4^{2+} açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



Şekil 20. Çalışma alanında dört dönem ölçülen Sülfat konsantrasyonları ve ortalamaları

3.3.12 Nitrat (NO_3^-)

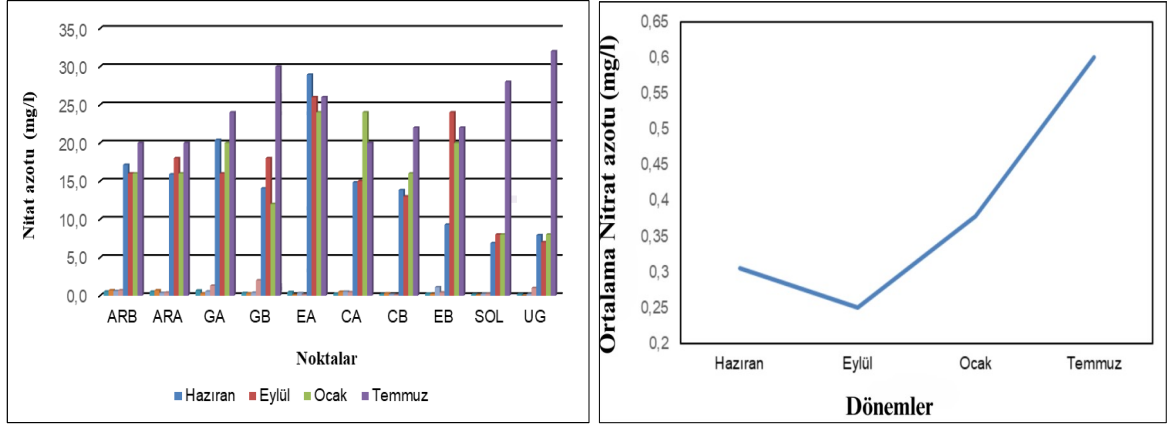
Azot genel olarak topraktan nitrat veya amonyum formunda alınan önemli bir bitki besinidir. Yerüstü ve yeraltı sularında nitratın kaynağı tarımsal faaliyetler, katı atık sızıntı suları, endüstriyel deşarjlar ve atıksu deşarjı ile septik tanklar da dâhil olmak üzere insan ve hayvan dışkılarındaki azotlu atıklar olarak sıralanabilir (Canan Oğuz, 2015).

Farklı yollarla su kaynaklarına dahil olan azot bileşikler çeşitli mikroorganizmalar tarafından amonyağa, nitrite veya nitrata dönüştürülmektedir. Akarsuların azot kaynaklı kirlenmesinde önemli olan nitrifikasyon prosesi esnasında ve sonrasında oksijen dengesinin bozulmasıdır (Güler, 1997).

Nitrat, vücutta nitrit formuna dönüşebilir ve nitritin yüksek seviyeleri, sağlık için potansiyel riskler oluşturabilir. Nitratların bebekler üzerindeki etkileriyle ilgili yapılan çalışmalar, özellikle altı aylık ve daha küçük bebeklerde mavi bebek sendromuna (methemoglobinemia) ve nitrozaminlerin oluşumuna dikkat çekmekte, Ayrıca, nitritlerin bazı formlarının kanserojen etkileri olduğu da bilinmektedir (Özçelik, 1982 ; Yıldız ve Karakuş 2017).

Haziran ayına ait suların NO_3^- değerleri 0,16 mg/l ile 0,67 mg/l; Eylül ayına ait suların NO_3^- değerleri ise 0 mg/l ile 0,7 mg/l arasındadır. Ocak ayı NO_3^- değerleri 0,14 mg/l ile 0,61 mg/l; Temmuz ayı NO_3^- değerleri ise 0,1 mg/l ile 2 mg/l. Nitrat azotu ortalaması

Haziran ayında 0,30 mg/l; Eyllda 0,25 mg/l; Ocak ayında 0,38 mg/l; Temmuz ayında ise 0,60 mg/l (ekil 21). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY’ye (2021) göre nitrat açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.

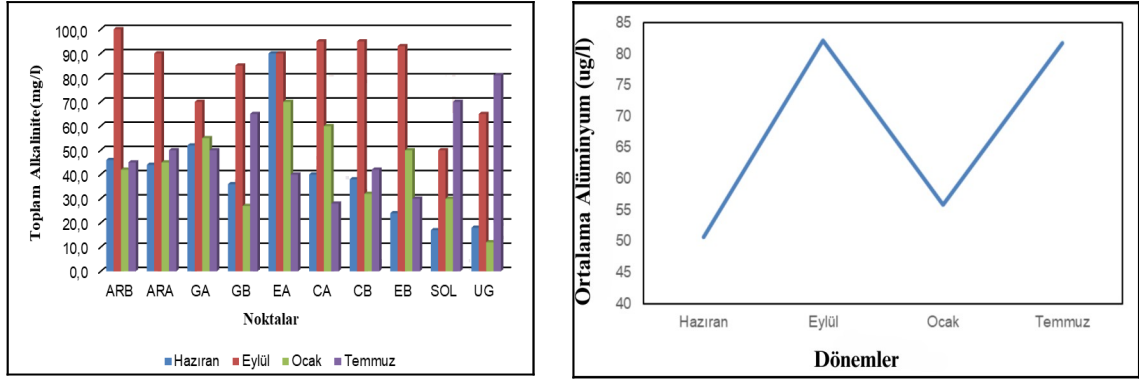


Şekil 21. Çalışma alanında dört dönem llen NO_3^- konsantrasyonları ve ortalamaları

3.3.13 Alkalinite

Alkalinite suyun asidi nötralize etme kabiliyeti olarak tanımlanır, alkalinite analizi doğal sularda ve atıksularda çok kullanılan önemli bir deney parametresidir (Gürses, 2014). Yüzey sularında alkalinite, karbonat, bikarbonat ve hidroksit içeriğinin bir fonksiyonudur (URL-5, 2023).

Solaklı Dere sularında alkalinite HCO_3^- olarak analiz edilmiştir. Haziran ayına ait suların toplam alkalinite değerleri 17 mg/l ile 90 mg/l; Eylül ayına ait suların toplam alkalinite değerleri ise 50 mg/l ile 100 mg/l arasındadır. Ocak ayına ait suların toplam alkalinite değerleri 12 mg/l ile 70 mg/l; Temmuz ayına ait suların toplam alkalinite değerleri 28 mg/l ile 81mg/l arasındadır. Haziran ayında toplam alkalinite ortalaması 35,9 mg/l; Eylül ayında 73,3mg/l; Ocak ayında 38,1mg/l; Temmuz ayında ise 45,6 mg/l olarak belirlenmiştir (ekil 22). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY’ye (2021) göre alkalinite açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.

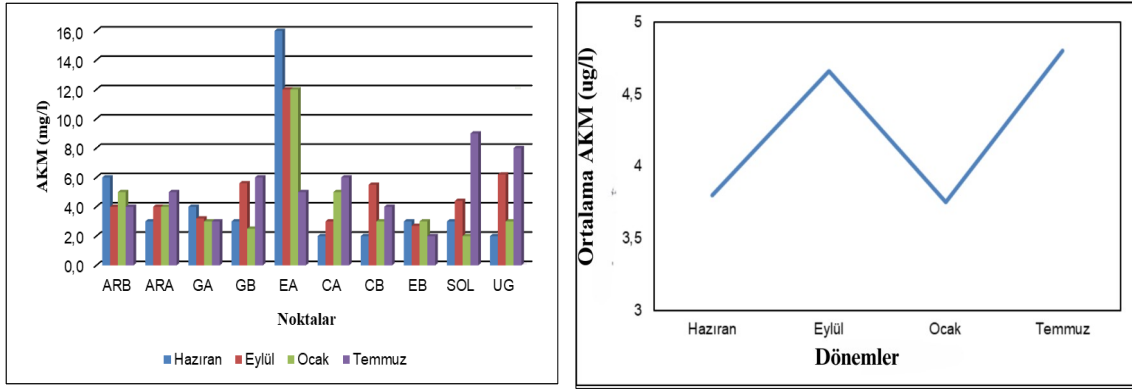


Şekil 22. Çalışma alanında dört dönem ölçülen alkalinite konsantrasyonları ve ortalamaları

3.3.14 Askıda Katı Madde (AKM)

Toplam Katı Madde, su içerisindeki çökebilir ve çökemeyen katı maddelerin toplamıdır. Sediment maddelerini genellikle çok küçük kaya parçaları, çamur veya kil mineralleri, koloidal organik madde parçaları ve planktonlar oluşturur (URL-6, 2023). İnsan faaliyetleri ve tarım arazilerinde meydana gelen erozyon askıda katı madde miktarının artışına neden olabilmektedir (Anonim,2013).

Haziran ayına ait suların AKM değerleri 2 mg/l ile 16 mg/l; Eylül ayına ait suların askıda katı madde değerleri ise 2,7 mg/l ile 12 mg/l arasındadır. Ocak ayına ait suların askıda katı madde değerleri 2 mg/l ile 12 mg/l; Temmuz ayına ait suların askıda katı madde değerleri ise 2 mg/l ile 9 mg/l arasındadır. Askıda katı madde ortalaması Haziran ayında 3,8 mg/l; Eylül ayında 4,66 mg/l; Ocak ayında 3,75 mg/l; Temmuz ayında 4,8 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 23). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre askıda katı madde açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



Şekil 23. Çalışma alanında ölçülen askıda katı madde konsantrasyonları ve ortalamaları

3.3.15 BOİ5 (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı)

Biyolojik Oksijen talebi (BOİ5), suların kirlenme nedeninin ve düzeyinin ölçümünde kullanılan gösterge önemli parametrelerdir. BOİ5 suyun oksijen tüketme eğilimini göstermekte ve evsel ve endüstriyel atık suların organik kirlilik derecesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir (Yanık ve Atamanalp, 2001).

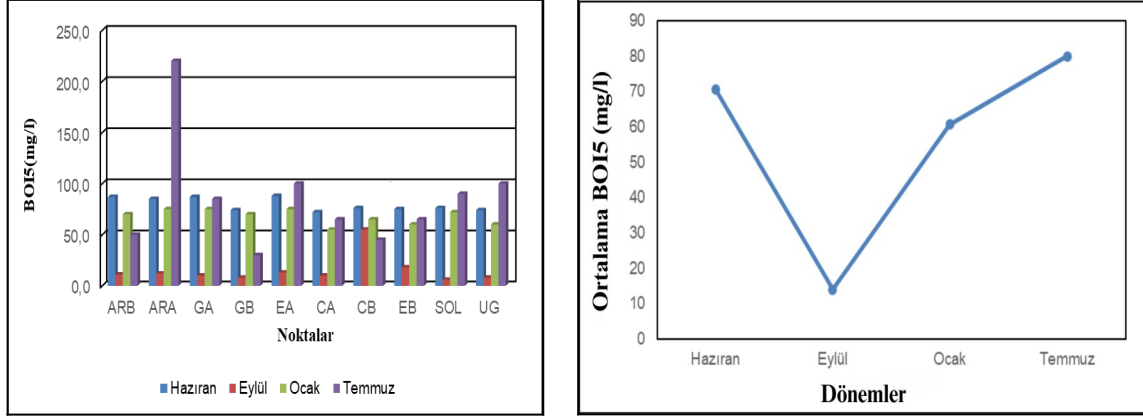
Havalandırılmalı ortamda organik maddelerin başta bakteriler olmak üzere oksijen kullanım hızı biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ5) olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir tanımla, kirli sudaki organik maddelerin aerobik koşullar altında oksidasyonu ve stabilizasyonu için bakteriler tarafından tüketilen oksijen miktarıdır (Uysal, 2015). BOİ, 5 günlük bir süre içinde belirli bir sıcaklıkta (genellikle 20°C) çözeltideki organik maddelerin aerobik bakteriler tarafından ne kadar oksijenle parçalanabileceğini ölçer. Bu, suyun organik kirlenmelerinin potansiyel etkisini değerlendirmek için önemlidir ve su kalitesinin belirlenmesinde kullanılır (URL 7- 2023).

Mikroorganizmalar bir besini ayrıştırmak için oksijen kullanmaktadır. Düşük oksijen kullanım hızı tespit edildiğinde şu şekilde yorumlanabilir;

- kirlilik olmamaktadır.
- mevcut mikroorganizmalar ortamda var olan organik maddeleri tüketmemektedir.
- mikroorganizmalar ölüdürler ya da ölmek üzeredirler (Morgan vd., 2004).

Sulardaki BOİ5 değerleri Haziran ayında 72 mg/l ile 88 mg/l; Eylül ayında 6 mg/l ile 55 mg/l, Ocak ayında 50 mg/l ile 75 mg/l; Temmuz ayında 60 mg/l ile 220 mg/l

arasındadır. BOI5 ortalaması Haziran ayında 8 mg/l; Eylül ayında 15,1 mg/l; Ocak ayında 60,7 mg/l; Temmuz ayında 80 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 24). Sulara dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre BOI açısından III sınıf olduğunu göstermektedir.



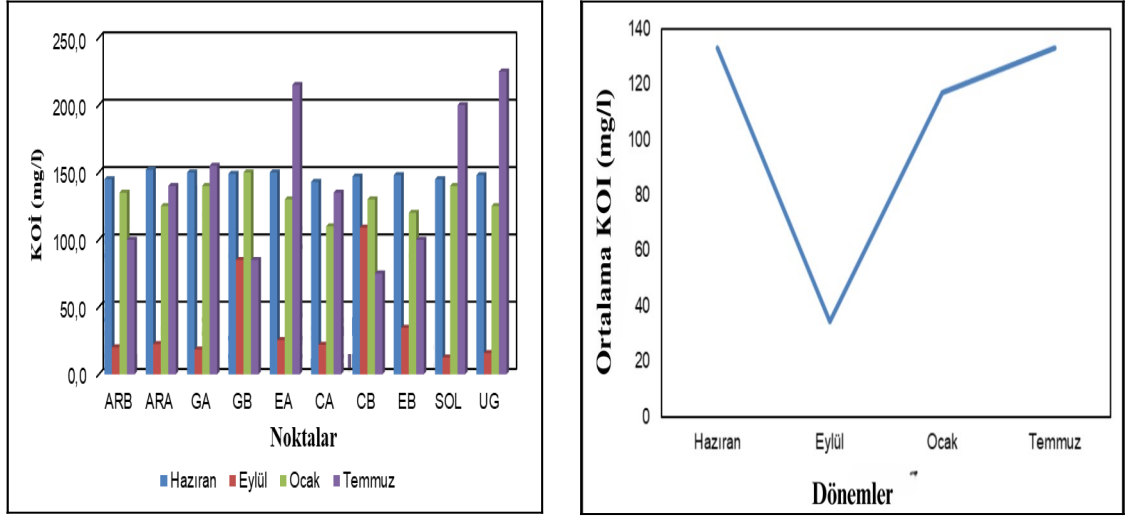
Şekil 24. Çalışma alanında dört dönem ölçülen BOI5 konsantrasyonları ve ortalamaları

3.3.16 KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), bir su numunesinde bulunan organik maddelerin bir kimyasal oksitleyici tarafından oksitlenerek tüketilen oksijen miktarını ölçen bir parametredir. (URL-8, 2023). Suda bulunan organik ve inorganik bileşenleri kimyasal reaksiyonla ayırtırmak için gerekli oksijen miktarını ölçer. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), sudaki organik kirleticileri ve bazı indirgeyici maddeleri oksidanlarla (potasyum dikromat veya potasyum permanganat gibi) belirli koşullar altında okside etmek için gereken oksijen miktarıdır. Kimyasal oksijen ihtiyacı ne kadar yüksek olursa, organik kirlilik o kadar ciddi olur (Anonim, 2012).

Suların KOİ değerleri Haziran ayında 145 ile 152 mg/l; Eylül ayında 12 ile 109 mg/l Ocak ayında 110 ile 150 mg/l; Temmuz ayında ise 75 ile 225 mg/l arasındadır. KOİ ortalaması Haziran'da 133,2 mg/l; Eylül'de 34,55mg/l; Ocak ayında 117 mg/l; Temmuz ayında ise 133 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 25). Sulara Haziran, Ocak ve Temmuz dönemlerinde yapılan ölçümler suların SKKY'ye (2021) göre KOI açısından III. sınıf

olduğunu göstermektedir.



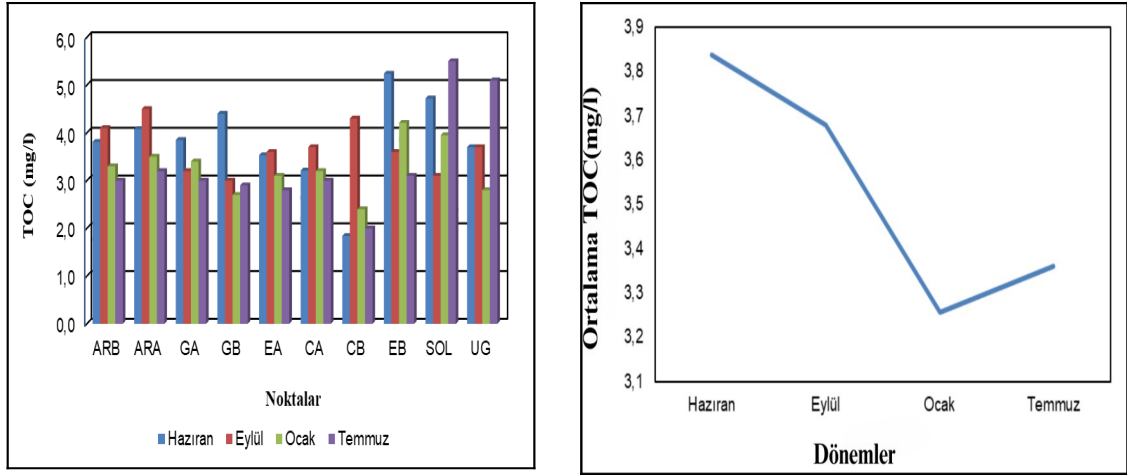
Şekil 25. Çalışma alanında dört dönem ölçülen KOİ konsantrasyonları ve ortalamaları

3.3.17 Toplam Organik Karbon (TOC)

Sulardaki Toplam Organik Karbon (TOC) hem doğal hem de sentetik maddelerden kaynaklanabilir ve suların organik kirlilik seviyesini belirlemek için kullanılır. Doğal kaynaklar organik maddenin biyolojik çürümesinden kaynaklanır ve humik asitler, fulvik asitler, aminler ve üre gibi bileşikler içerir. Deterjanlar, pestisitler, suni gübreler, zararlı ot öldürücüler (herbisit), endüstriyel kimyasallar ve klorlu organikler sentetik kaynaklara örnektir. TOC analizi, Birleşik Devletler'de 1974'te kabul edilen Güvenli İçme Suyu Kanunu'nun (Safe Drinking Water Act) bir parçası olarak su kalite testlerinde yerini almıştır. TOC, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) analizlerine göre daha hızlı ve doğru bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Bayram, 2011).

Kıtaîçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması bahsinde I. Sınıf sudaki TOC için müsaade edilen değer 5 mg/L'dir. suların TOC değerleri Haziran ayında 1,84 mg/l ile 5,24 mg/l; Eylül ayında 3,1 mg/l ile 4,5mg/l, Ocak ayında 2,4 mg/l ile 4,21 mg/l ve Temmuz ayında 2 mg/l ile 5,5 mg/l arasındadır. TOC değerlerin ortalamaları Haziran ayında 3,8 mg/l; Eylül ayında 3,68 mg/l; Ocak ayında 3,25 mg/l; Temmuz ayında ise 3,36 mg/l olarak

belirlenmiştir (Şekil 26). SKKY'ye (2021) göre dört dönemden yapılan TOC değeri ölçümleri çoğu noktalarda I. Sınıf. EA örneği için Temmuz ayında II. sınıf, SOL ve UG örnekleri için II. sınıf olduğu görülmektedir.



Şekil 26. Çalışma alanında dört dönem ölçülen TOC konsantrasyonları ve ortalamaları

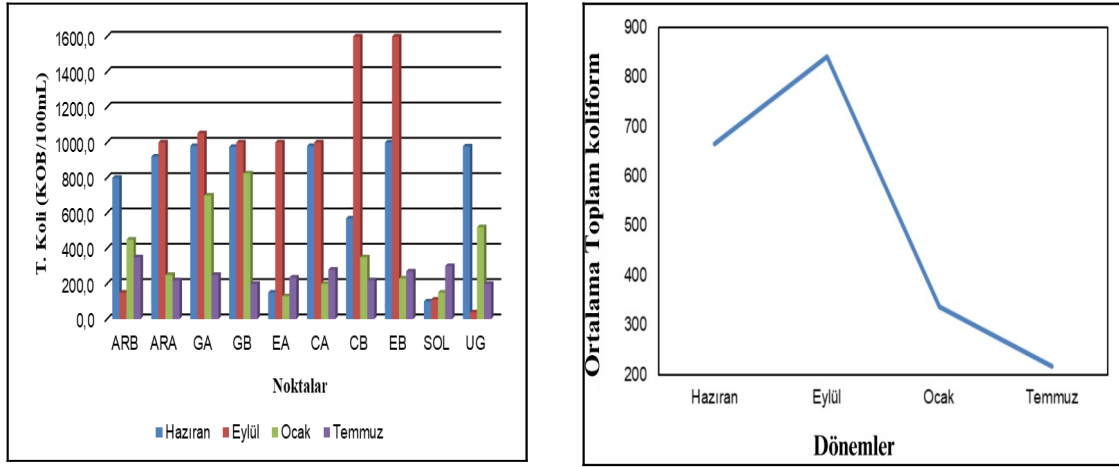
3.3.18 Toplam Koliform Bakteri

İçme suyu ile insanlara bulaşabilen tifo, dizanteri, kolera, sarılık gibi hastalıklar, suda var olan mikroorganizmalar yoluyla bulaşmaktadır ve bu canlıların sudaki varlığını sürekli ölçmek zor ve masraflıdır. Bundan dolayı suyun mikrobiyolojik kalitesi, koliform gibi indikatör organizmaların konsantrasyonlarının ölçülmesi ile tespit edilmektedir (Altinkum,1996).

Koliform grubunun en iyi bilenen türleri *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia* ve *Enterobacter aerogenes*'tir. *E. coli*, bakteriyolojik araştırmalarda özellikle de genetik çalışmalarda en çok kullanılan bakteridir. *E. coli*, doğada sadece sıcakkanlı hayvanların ve insanların bağırsaklarında bulunduğundan, dünya genelinde en yaygın olarak bilinen aerobik bakterilerdir (Toraman Selçuk, 2011). Koliform gurubu içindeki birkaç mikroorganizma tipi patojenlerin göstergesidir. Koliform grup bakteriler oldukça karışık bir grubu oluşturmaktadır, koliformlar, sıcak kanlı hayvanların bağırsaklarında yaşayan ve hayvanların fiziksel atıklarında, dışkılarında ve doğal olarak da toprakta bulunabilen, farklı

türlerde bakteri tipleridir (URL-9, 2023). Bu bakterini hiçbir gıda maddesinde, hatta sulama ve kullanma sularında bulunmasına izin verilmez. Bulunduğu takdirde, maddeye dışkı bulaştığının veya lağım suyu ile kontamine olduğunun ispattır (URL-10, 2023).

Suların Toplam koliform değerleri Haziran'da 100 ile 1000 KOB/100 ml; Eylül'de ise 310 ile 1600 KOB/100mL arasındadır. Ocak ayına ait suların Toplam koliform değerleri 54 ile 84,11 KOB/100 mL; Temmuz ayında ise 54 ile 105,7 KOB/100mL'dir. Toplam koliform ortalaması Haziran ayında 665,3 KOB/100mL; Eylül ayında 840 KOB/100mL; Ocak ayında 336,5 KOB/100mL ve Temmuz ayında 217,5 KOB/100 mL olarak belirlenmiştir (Şekil 27).



Şekil 27. Çalışma alanında dört dönem ölçülen Toplam koliform değerleri ve ortalamaları

3.3.19 Tuzluluk

Tuzluluk, su içinde çözülmüş olan tüm tuzların toplam konsantrasyonunu gösterir ve bu, deniz suyu gibi doğal sularda olduğu gibi insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan sular gibi yapay ortamlarda da ölçülebilir. Artan tuzluluk düzeyleri, suyun elektriksel iletkenliğini ve osmotik basıncını artırır. Bu durum suda yaşayan canlıları olumsuz yönde etkileyebilir. Suların tuzluluğa göre sınıflandırılması çizelge 15' te verilmiştir.

Tablo 15. Suların tuzluluk değerlerine göre sınıflandırılması (URL-11, 2023.)

Su Tuzluluğu	%	‰
Tatlı Su	< % 0.05	< ‰ 0,5
Acı Su	% 0,05- % 3	‰ 0,5- ‰ 30
Tuzlu Su	% 3- % 5	‰ 30-‰ 50
Salamura	% 5 <	‰ 50 <

Çalışma alanında suların tuzluluk ölçümü arazide ölçülmüştür. Tuzluluk Değerleri < %0.05 bulunmuştur ve Solaklı Havzası yerüstü suları “tatlı su” sınıfındadır.

3.3.20 Yağ ile gres

Esas olarak aynı maddeden oluşan yağ ve gres genelde birlikte anılmaktadır. Gres suda kolay çözülen bir yağ değildir. Suda oldukça yavaş ayrışan yağ ve gres, bulundukları ortamlardan kolayca gitmezler (URL-12, 2023). Bundan dolayı birçok sucul ortamlarda problemlere neden olurlar.

Et, bitkisel yağ ve margarin sektörlerinden gelen atıklar yüksek gres içeriklidir ve bunlarda köpük problemi çok fazla olduğu için doğrudan evsel kanalizasyon sistemlerine verilmesi doğru değildir. Bu tip atıklar, kanalizasyon sistemlerinin tıkanması ile taşıma kapasitesi üzerinde ters etki yapar (URL-13, 2023). Yağ ve gres atıkları, kanalizasyon sistemlerine ve alıcı sulara önemli ölçüde zarar verebilir. Bunlar boruların tıkanmasına, arıtma tesislerinde zorluklara ve biyolojik ekosistemlerin bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, birçok ülke ve yerel yönetim, yağ ve gres atıklarının doğru şekilde yönetilmesi için katı düzenlemeler ve standartlar getirilmiştir (Sayın, 2000). İnceleme alanında alınan tüm suların yağ ve gres değeri <0,001 bulunmuştur. Bu değer ile sular SKKY’ye (2021) göre I. Sınıf su grubundadır.

3.3.21 Ağır metaller ve İz Elementler

Ağır metal ve iz elementler olarak demir (Fe), florür (F), Alüminyum (Al), Bakır (Cu), Kursun (Pb), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Kobalt (Co), Kadmiyum (Cd), Arsenik (As), Cıva (Hg), Bor (B), Çinko (Zn), Selenyum (Se) ve Toplam Krom (Cr) analizleri yapılmıştır. Metal ve iz elementlerden Arsenik (As), Bakır (Cu), Bor (B), Çinko (Zn), Florür (F), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Selenyum (Se) ve Toplam Krom konsantrasyonları tüm su noktalarında oldukça düşük konsantrasyonlarda ölçülmüştür (0.001 mg/l'nin altında). Alüminyum (Al), Mangan (Mn) ve Demir (Fe) gibi iz metaller ise su noktalarında farklı konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Dolayısıyla ayrıntılı olarak bu iz metaller açıklanmıştır.

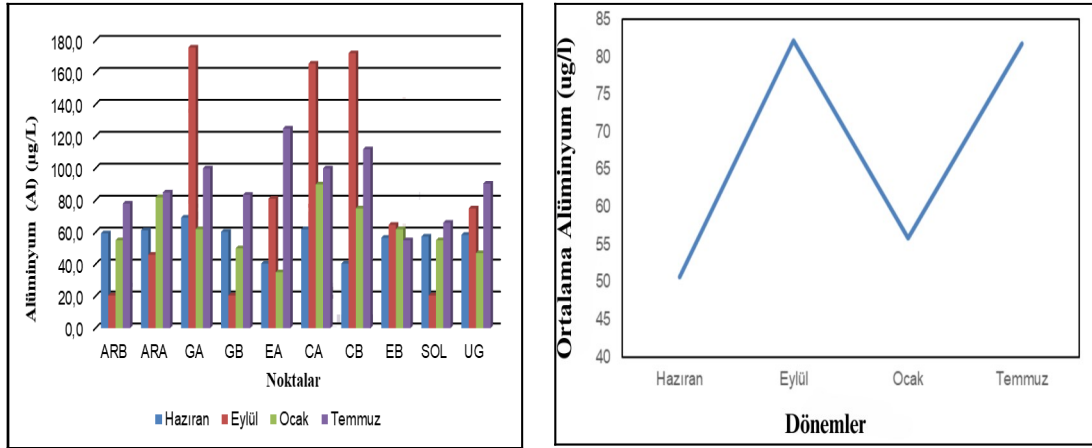
Alüminyum (Al)

Alüminyum, yerkabuğunda en bol bulunan metallerden biridir ve günlük hayattaki pek çok ürünün üretiminde kullanılır (Yavuz vd., 2013). Kullanımı bu kadar yaygın olduğundan, alüminyuma maruz kalma da kaçınılmazdır. Alüminyum, doğal olarak birçok gıdada bulunabilir ve ayrıca gıda işleme sırasında veya ambalaj malzemelerinden kaynaklanan kontaminasyon yoluyla gıdalara eklenebilir. İçme suyundaki alüminyum genellikle suyun arıtılması sırasında kullanılan alüminyum bazlı çöktürler nedeniyle mevcuttur (Yavuz vd., 2013).

Alüminyumun başta sinir sistemi olmak üzere vücutta farklı sistemlerde etki gösterebildiği ortaya konulmuş olmakla birlikte alüminyumun sağlık etkilerine ait pek fazla bilgi mevcut değildir (Yavuz vd., 2013). Alüminyumun çevresel hareketliliği, sayısız değişkene bağlıdır ve doğadaki proseslerle derinden bağlantılıdır. Bu metalin kimyasal nitelikleri ve yeraltı suyunu etkileyen hidrojeolojik dinamikler, onun hareketini etkileyen başlıca faktörlerdir. Alüminyum, çevrede ayrışmaya dirençli bir elementtir; bu yüzden doğal olarak dönüşüm geçirip partikül şeklinde toprakta ve yer altında yığılır. Asidik koşullar ve asit yağmurları, toprakta ve özellikle yeraltı sularında erimiş alüminyum seviyelerini yükselten önemli faktörlerdendir. Bu süreçler, mevcut ekolojik dengeyi değiştirebilir ve doğal olarak yeraltı sularının kimyasal bileşimini etkileyebilir (Yavuz vd.,

2013).

Suların alüminyum değerleri Haziranda 40,44 µg/l ile 69,21 µg/l; Eylül'de 20,5 µg/l ile 175,7 µg/l, Ocak ayında 35 µg/l ile 90 µg/l ve Temmuz ayında 55 µg/l ile 125 µg/l arasındadır. Haziran ayı Al ortalaması 50,60 µg/l; Eylül ayı 82,12 µg/l; Ocak ayı 55,8 µg/l; Temmuz ayı 81,7 µg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 28). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre alüminyum açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.

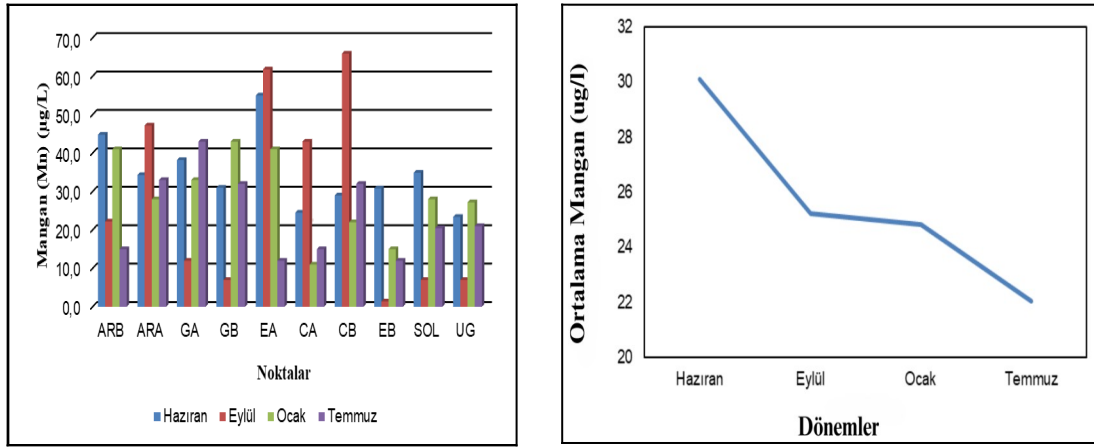


Şekil 28. Çalışma alanında dört dönem ölçülen alüminyum değerleri ve ortalamaları

Mangan (Mn)

Mangan, yerküre yapısında en çok bulunan metallerden biridir, genellikle demirle birlikte görülmektedir. birçok oksidasyon basamağına sahip Mn'nın II, IV, VI, VII oksidasyon basamakları en stabil tuzları oluşturmaktadır. MnO ve Mn₂O₃ gibi daha düşük oksitler bazik, daha yüksek olanlar ise asidiktir (Katip, 2010). Mn konsantrasyonu sularda genellikle 0,001-0,6 mg/L aralığındadır. Ancak manganlı minerallerin oksijensiz ortamda su ile teması ya da bakterilerin aktivitesi söz konusu olduğunda 1 mg/L'yi aşan konsantrasyonlarda gözlenmektedir (Canan, 2015). Mangan, insanların ve hayvanların fonksiyonlarının sağlıklı işlemesi (pek çok hücrel enzim çalışması ve pek çoğunun da aktive olabilmesi) için gerekli bir elementtir (WHO, 2011). Sağlık açısından 0,4 mg/L konsantrasyonda limit değer belirlemek mümkün olmakla birlikte (WHO, 2011).

Mangan değerleri Haziran’da 23,4 ile 55 µg/l; Eylül’de 1,4 ile 65,9 µg/l arasındadır. Ocak ayına Mn değerleri 11 ile 43 µg/l; Temmuz ayı Mn değerleri ise 12 ile 43 µg/l. Mn ortalamaları Haziran ayında 30,11 µg/l; Eylül ayında 25,23 µg/l; Ocak ayında 24,82 µg/l; Temmuz ayında 22,05 µg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 29). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY’ye (2021) göre mangan açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



Şekil 29. Çalışma alanında dört dönem ölçülen mangan değerleri ve ortalamaları

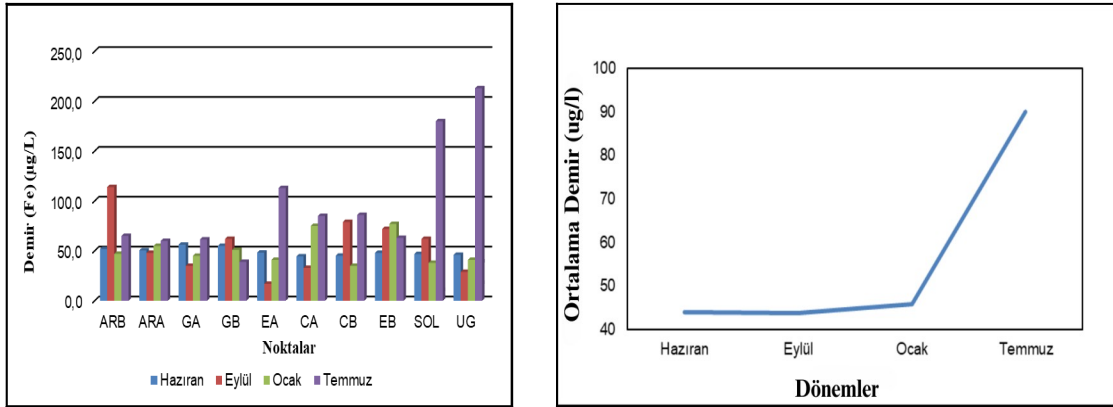
Demir (Fe)

Demir, yerkürede en bol miktarda bulunan metallere biridir ve doğada serbest, saf element haliyle bulunması oldukça nadirdir. Doğada en çok oksitlenmiş haliyle bulunan demir, genellikle demir oksitler (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 gibi), hidroksitler, karbonatlar ve sülfatlar şeklinde bulunmaktadır. (Canan vd, 2019).

Suda çözünmeyen hematit (Fe_2O_3), demir hidroksit ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) ve demir sülfat (pirit ve markasit, FeS_2) en yaygın bileşikler olarak bilinmektedir. Demir esansiyel bir element olduğundan su kaynaklarında rastlanan derişimlerde sağlık için bir tehdit oluşturma ihtimali çok azdır (Durmuş, 2021). Demir, özellikle demir (II) oksit durumundayken, insan vücudu için gerekli elementlerden biridir. Demirin 3 mg/L’nin altındaki konsantrasyonlarında insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Ancak, tat eşik değerinin bu değerin çok altında kalması sebebiyle insan sağlığı açısından limit değeri

önerilmemiştir (WHO, 2008).

Demir değerleri Haziran ayında 46 µg/l ile 56,24 µg/l; Eylül ayında 17 µg/l ile 114 µg/l, Ocak ayında 35 µg/l ile 77 µg/l; Temmuz ayında ise 39 µg/l ile 213 µg/l arasındadır. Ortalama Demir değerleri Haziran'da 44,05 µg/l; Eylül'de 43,7 µg/l; Ocak ayında 45,8 µg/l; Temmuz ayında 90,05 µg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 30). Sularda dört dönem yapılan ölçüm sonuçları suların SKKY'ye (2021) göre demir açısından I. sınıf olduğunu göstermektedir.



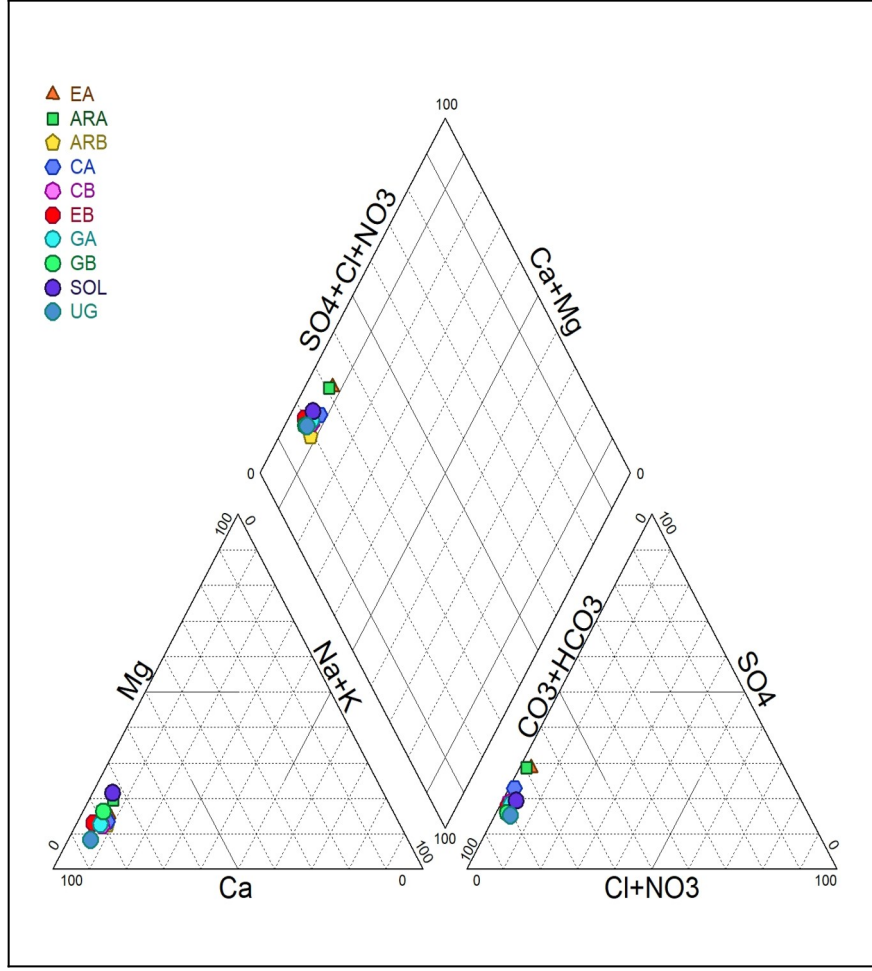
Şekil 30. Çalışma alanında dört dönem ölçülen demir değerleri ve ortalamaları

3.4 Suların Fasiyes Kavramına Göre Sınıflandırılması : Piper Diyagramı

İnceleme alanında örneklenen suların hidrokimyasal özellikleri Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH, 1979) Sıcak ve Mineralli Sular Komisyonu Çalışma Raporu'nda belirtilen sınıflamaya göre belirlenmiştir. Bu sınıflama, suyun kimyasal bileşimini analiz etmek ve suyun kalitesini belirlemek için önemlidir. Su numunesinde çözünmüş bulunan başlıca iyonlar, katyonlar (pozitif yüklü iyonlar) ve anyonlar (negatif yüklü iyonlar) olarak iki gruba ayrılır. Bu iyonların her birinin litredeki eşdeğer gram miktarı hesaplanır ve daha sonra her iyonun toplam eşdeğer gram miktarının yüzde 20'sinden fazlası olan iyonlar belirlenir. Sıralama, önce katyonların ve ardından anyonların listelenmesiyle yapılmaktadır (Başkan ve Canik, 1983). Bu sınıflamaya göre Solaklı Havzası yüzey suları Ca-HCO₃ su sınıfındadır.

Çalışma alanının ölçülen kimyasal analiz sonuçları değerlendirilmeden önce Kimyasal analizleri doğrulamak gerekmektedir. Yük-denge hatası (%hata) Eşitlik (1) ile hesaplanmıştır.

Suların hidrokimyasal fasiyes tiplerinin belirlenmesinde, suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında Piper Diyagramı yaygın olarak kullanılmaktadır. Piper diyagramı sayesinde, suların tipleri belirlenebilmektedir. Çalışma alanındaki suları temsil eden su örneklerine ait analiz sonuçlarının ortalama değerleri Piper Diyagramı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 30). Piper Diyagramı değerlendirilmesine göre inceleme alanındaki tüm sular $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ su tipinde olup; sularda alkali toprak elementler ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) > alkali elementler ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)'ve zayıf asit kökleri ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$) > güçlü asit kökleri ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$)'dir (Şekil 31).

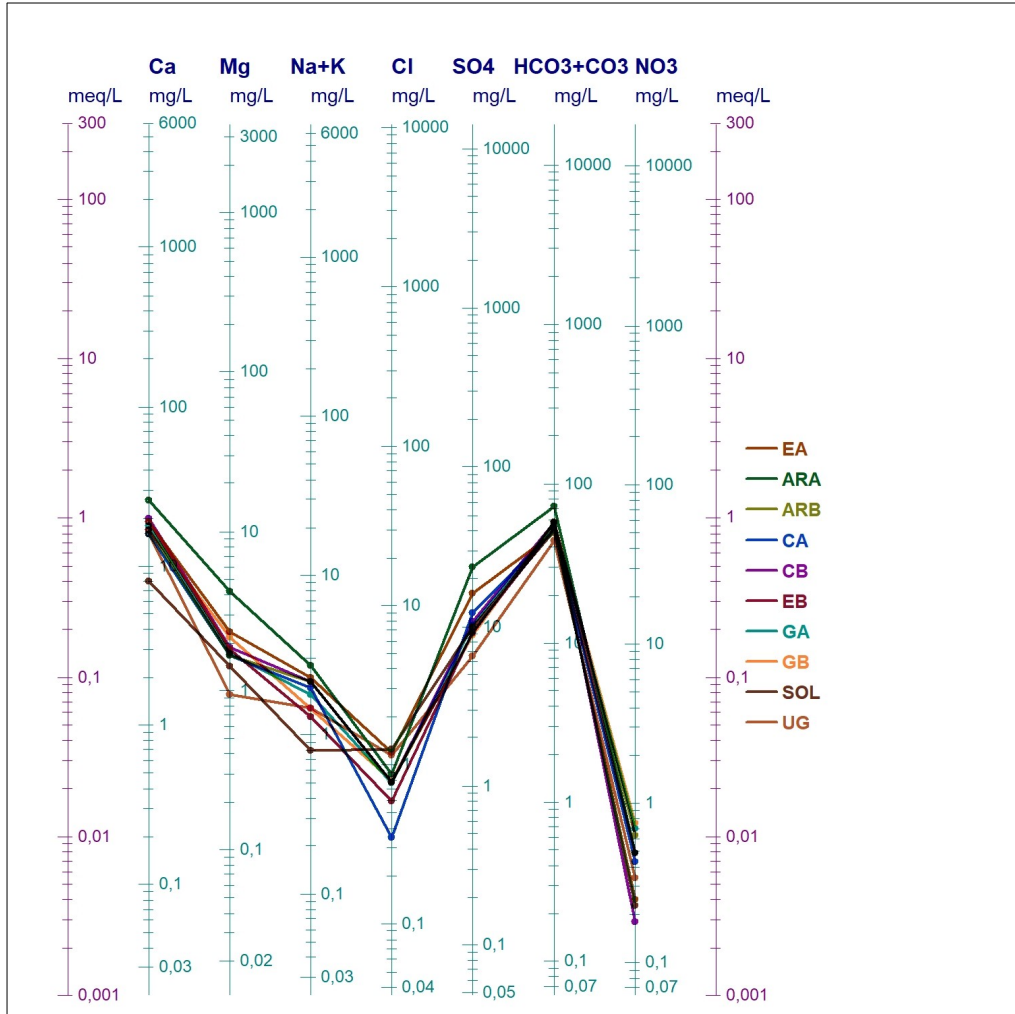


Şekil 31: Çalışma alanı sularının Piper diyagramındaki konumları

3.5 Suların Fasiyes Kavramına Göre Sınıflandırılması: Schöeller Yarı-Logaritmik Diyagramı

Schöeller Diyagramı hidrojeolojide kullanılan ve suların kimyasal özelliklerini grafik üzerinde gösteren bir araçtır. Bu diyagram, çeşitli su örneklerinin iyon bileşimini karşılaştırmada ve analiz etmede etkili bir yöntem sağlamaktadır. Su numunelerindeki başlıca katyon ve anyonları, miliequivalent veya yüzde olarak göstermekte ve bunun sayesinde, farklı su kaynaklarına ait iyon konsantrasyonlarının görsel karşılaştırmasını yapabilmektedir. Diyagramda kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, bikarbonat, sülfat, klorür gibi majör iyonların dağılımları gösterilir. İnceleme alanına ait suların

ortalama değerlerinin Schöeller Diyagramındaki konumları Şekil 32’de gösterilmiştir. Şekil 32 incelendiğinde genel olarak tüm suların iyonlarının meq/l değerlerini birleştiren doğrular birbiri ile çakışmakta ya da paralel geçmektedir. Bu durum suların iyon konsantrasyonlarının birbirine oldukça yakın ve besleniminin aynı kaynaktan olduğunu ve mevsimsel değişimlerden etkilenmediğini gösterir. Sularda katyon sıralaması $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ ve anyon sıralaması $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ şeklindedir.



Şekil 32: Çalışma alanı sularının Schöeller diyagramındaki konumları

3.6 Su Kalite İndeksleri

Su kalitesi indeksi (WQI), suyun kalitesini değerlendirmek için kullanılan önemli bir araçtır. Bu indeks, farklı tekil parametrelerin (örneğin, sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, besin maddeleri, toksik maddeler vb.) bütün su kalitesi üzerindeki etkisini anlamamıza yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada Ağırlıklı Aritmetik Su kalite İndeksi ve Kanada Su İndeksi kullanılarak suların kalite indeksi hesaplanmıştır.

3.6.1 Ağırlıklı Aritmetik Su Kalite İndeksi

Ağırlıklı Aritmetik Su kalite İndeksi- Yöntem 1

Çalışma alanında örnekleme noktalarında 32 parametre yerinde ölçülmüş ve analiz edilmiştir. Bu parametrelerden yer üstü suları için kirlenme belirtisi olarak kabul edilen ve yaygın olarak kullanılan 10 önemli parametre (pH, DO, EC, T°C, TDS SO₄, BOİ₅, nitrat azotu, Toplam Koliform, Toplam organik karbon) Kalite İndeksini hesaplamak için seçilmiş ve standart olarak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Kıta içi değerleri kullanılmıştır.

Parametrenin standardının maksimum değeri kullanılarak her parametre için su kalite parametresinin ağırlık faktörün w_i değerleri Eşitlik 2 ile hesaplanmıştır (Tablo 16). S_i değeri olarak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Kıta içi değerleri alınmıştır.

Tablo 16. Su kalite parametresinin ağırlık faktörünü ve sularının standardının maksimum değeri

Parametre	Si (standardın maksimum değeri)	1/Si	wi
pH	9	0,11	0,18
T	30	0,03	0,05
EC	1000	0,00	0,00
DO	8	0,13	0,20
TDS	1500	0,00	0,00
Nitrat azotu	10	0,10	0,16
Sülfat	200	0,01	0,01
BOI5	8	0,13	0,20
Toplam koliform	20000	0,00	0,00
Toplam Organik Karbon	8	0,13	0,20

Tablo 16’te verilen 1/Si değerleri kullanılarak orantısallık sabiti k değeri eşitlik (3) ile hesaplanmış ve 1.918 olarak bulunmuştur. Solaklı havzası sularının Haziran ayı için hesaplanan SKI değeri 5,79 ve 7,33; Eylül ayında 5,59-7, 79; Ocak ayında arasında 5,72 ve 6,89; Temmuz ayında ise 5,88 ve 7,33 arasında değişmektedir. Bu değerler ile havza sularının kalitesinin “mükemmel” olduğu saptanmıştır (Tablo 17).

Tablo 17. Ağırlıklı aritmetik yöntemi- 1. duruma göre suların indeksleri ve sınıfları

İstasyonlar	Dönem	WQI Değerleri	Kalite Sınıfı
ARB	Haz-2022	6,73	Mükemmel
	Eylül-2022	6,24	Mükemmel
	Ocak-2023	6,01	Mükemmel
	Temmuz-2023	6,62	Mükemmel
ARA	Haz-2022	7,33	Mükemmel
	Eylül-2022	7,10	Mükemmel
	Ocak-2023	6,75	Mükemmel
	Temmuz-2023	7,73	Mükemmel
GA	Haz-2022	5,79	Mükemmel
	Eylül-2022	6,53	Mükemmel
	Ocak-2023	6,37	Mükemmel
	Temmuz-2023	6,19	Mükemmel
GB	Haz-2022	7,15	Mükemmel
	Eylül-2022	6,49	Mükemmel
	Ocak-2023	6,89	Mükemmel
	Temmuz-2023	6,44	Mükemmel
EA	Haz-2022	6,75	Mükemmel
	Eylül-2022	6,46	Mükemmel
	Ocak-2023	6,07	Mükemmel
	Temmuz-2023	6,33	Mükemmel
CA	Haz-2022	6,78	Mükemmel
	Eylül-2022	6,15	Mükemmel
	Ocak-2023	5,72	Mükemmel
	Temmuz-2023	6,17	Mükemmel
CB	Haz-2022	6,3	Mükemmel
	Eylül-2022	6,6	Mükemmel
	Ocak-2023	5,63	Mükemmel
	Temmuz-2023	5,88	Mükemmel
EB	Haz-2022	6,41	Mükemmel
	Eylül-2022	6,60	Mükemmel
	Ocak-2023	6,13	Mükemmel
	Temmuz-2023	5,93	Mükemmel
SOL	Haz-2022	6,75	Mükemmel
	Eylül-2022	6,26	Mükemmel
	Ocak-2023	6,17	Mükemmel
	Temmuz-2023	6,89	Mükemmel
UG	Haz-2022	6,6	Mükemmel
	Eylül-2022	6,42	Mükemmel
	Ocak-2023	6,1	Mükemmel
	Temmuz-2023	7,58	Mükemmel

Ağırlıklı Aritmetik Su kalite İndeksi - yontem 2

İkinci yöntemde de yaygın olarak kullanılan 9 önemli parametre (pH, DO, EC, T(°C), TDS, SO₄, BOİ5, nitrat azotu, toplam koliform bakteri) dikkate alınarak SKI hesaplanmıştır. Her parametre için bir ağırlık w_i atanmış, göreceli ağırlık W_i hesaplanmıştır (Tablo 18). Çizelgedeki veriler kullanılarak Solaklı havzası sularının Haziran ayı için hesaplanan indeks değeri 41,63- 50,25; Eylül ayında 29,86 -55,33; Ocak ayında 37,55- 43,24; Temmuz ayında ise 74,68-36,8 arasında değişmektedir. Bu değerler ile havza sularının kalitesinin “mükemmel” olduğu, ARA noktasında Temmuz ayında için İyi ve EA noktasında Haziran ayında İyi olduğun bulunmuştur (Tablo 19).

Tablo 18. Su kalite parametresinin ağırlık faktörünü ve sularının standardının maksimum değeri-Yöntem II

Parametreler	Si	Ağırlık (w_i)	Göreceli ağırlık (W_i)
pH	9	4	0,13
T	30	3	0,1
EC	1000	3	0,1
DO	8	3	0,1
TDS	1500	5	0,16
Nitrat azotu	10	5	0,16
Sülfat	200	3	0,1
BOİ5	50	3	0,1
Toplam Koliform	20000	2	0,06
	Toplam	31	1

Tablo 19. Ağırlıklı aritmetik yöntemi- II duruma göre suların indeksleri ve sınıfları

İstas.	Dönem	WQI Değerleri	Kalite Sınıfı
ARB	Haz-2022	46,71	Mükemmel
	Eylül-2022	34,68	Mükemmel
	Ocak-2023	39,42	Mükemmel
	Temmuz-2023	42,49	Mükemmel
ARA	Haz-2022	49,59	Mükemmel
	Eylül-2022	36,29	Mükemmel
	Ocak-2023	43,24	Mükemmel
	Temmuz-2023	74,68	İyi
GA	Haz-2022	47,88	Mükemmel
	Eylül-2022	31,78	Mükemmel
	Ocak-2023	42,56	Mükemmel
	Temmuz-2023	48,16	Mükemmel
GB	Haz-2022	43,74	Mükemmel
	Eylül-2022	30,99	Mükemmel
	Ocak-2023	42,23	Mükemmel
	Temmuz-2023	38,6	Mükemmel
EA	Haz-2022	50,25	İyi
	Eylül-2022	33,37	Mükemmel
	Ocak-2023	42,59	Mükemmel
	Temmuz-2023	49,48	Mükemmel
CA	Haz-2022	42,38	Mükemmel
	Eylül-2022	32,18	Mükemmel
	Ocak-2023	36,46	Mükemmel
	Temmuz-2023	41,63	Mükemmel
CB	Haz-2022	42,13	Mükemmel
	Eylül-2022	55,33	İyi
	Ocak-2023	37,55	Mükemmel
	Temmuz-2023	36,8	Mükemmel
EB	Haz-2022	43,29	Mükemmel
	Eylül-2022	35,81	Mükemmel
	Ocak-2023	38,71	Mükemmel
	Temmuz-2023	40,67	Mükemmel
SOL	Haz-2022	41,63	Mükemmel
	Eylül-2022	29,86	Mükemmel
	Ocak-2023	38,41	Mükemmel
	Temmuz-2023	45,15	Mükemmel
UG	Haz-2022	41,95	Mükemmel
	Eylül-2022	32,20	Mükemmel
	Ocak-2023	37,86	Mükemmel
	Temmuz-2023	50,87	İyi

3.6.2 Kanada Su Kalitesi İndeksi (CWQI)

Çalışma alanında 2023-2024 yılları arasında bulunan 10 ölçüm noktasından yılda 4 dönemde (1. Dönem: Haziran, 2. Dönem: Eylül, 3. Dönem: Ocak ve 4. Dönem: Temmuz) ölçülmüş pH, çözünmüş oksijen (DO), nitrat (NO_3), EC, toplam fosfat, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), AKM, Toplam Organik Karbon sülfat gibi fiziksel ve kimyasal parametreler kullanılarak su kalite indeksleri belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Kıta içi değerleri standart olarak kullanılmış ve su örneklerinin analiz sonuçlarında standart değeri aşan parametreler doğrultusunda F1, F2 ve F3 değerleri eşitlik (11), (12), (16) ile belirlenmiştir (Tablo 20). Daha sonra CWQI değeri eşitlik (10) ile hesaplanmıştır (Tablo 20).

Tablo 20. Solaklı havzasının su noktaları için hesaplanan CWQI değerleri

İstas.	F1	F2	F3	CWQI	Su sınıfı
ARB	10	10	36,76	77,26	Orta
ARA	10	10	52,94	66,81	Orta
GA	10	10	43,28	74,80	Orta
GB	20	10	31,97	77,47	Orta
EA	10	10	43,26	73,72	Orta
CA	10	10	34,69	78,37	Orta
CB	10	10	39,5	75,77	Orta
EB	10	10	36,76	77,26	Orta
SOL	20	10	40,16	73,46	Orta
UG	20	10	39,61	86,89	İyi

Solaklı havzasının su noktaları için hesaplanan CWQI değerleri 66,81 ile 86,89 arasında değişmekte, su kalite durumu ise orta ve iyi arasındadır. En yüksek CWQI değeri 86,89 olarak UG noktasında, en düşük değeri ise ARA noktasında bulunmuştur (Tablo 20).

3.7 Mevsimsel Su Kalitesine HES Etkilerinin Araştırılması

Solaklı Deresi üzerinde yer alan HES'lerin su kalitesine mevsimsel etkisini araştırmak için sulardan her mevsim regülatörden önce alınan örneklerle santral binasından sonra alınan örneklerin analizleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada regülatörlerden önce ve sonra alınan parametrelerin konsantrasyonları arasında fark olup olmadığı istatistik yöntemlerle tespit edilmeye çalışılmıştır. Her örnekleme dönemi için olası bir fark olup olmadığı T testi uygulanarak belirlenmiştir. Testler sıcaklık, PH, EC, TDS, DO, nitrat azotu, Alüminyum, demir, mangan, BOI5, kalsiyum, KOI, klorür, magnezyum, potasyum, sodyum, sülfat, alkalinite, TOC, toplam koliform parametreleri kullanılarak SPSS programıyla yapılmıştır. Testteki hipotezler aşağıdaki gibidir:

H_1 : regülatörlerden önce ve sonra alınan parametrelerin konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır

H_0 : regülatörlerden önce ve sonra alınan parametrelerin konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

3.7.1 Haziran Dönemi için Bağımsız Örneklem T-Testi Uygulaması

Tablo 21'de Sig. (2-tailed) değeri parametrelerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ve H_0 hipotezinin reddedilebilip reddedilemeyeceğini göstermektedir. Regülatörden önce ve sonrası parametrelerin karşılaştırma için yapılan t testi sonrasında Sıcaklık ($t_{0,05;6} = 1,535$), pH ($t_{0,05;6} = 1,230$), EC($t_{0,05;6} = 0,949$), TDS ($t_{0,05;6} = 0,928$), DO ($t_{0,05;6} = -0,662$), nitrat azotu ($t_{0,05;6} = 1,386$), alüminyum($t_{0,05;6} = 0,519$), demir ($t_{0,05;6} = -0,044$), mangan ($t_{0,05;6} = 0,557$), BOI5($t_{0,05;6} = 1,043$), kalsiyum ($t_{0,05;6} = 1,792$), KOI ($t_{0,05;6} = 0,697$), klorür ($t_{0,05;6} = 1,800$), magnezyum ($t_{0,05;6} = 1,454$),sodyum ($t_{0,05;6} = 1,693$), sülfat ($t_{0,05;6} = 1,143$), alkalinite ($t_{0,05;6} = 1,665$), TOC ($t_{0,05;6} = -0,775$), toplam koliform ($t_{0,05;6} = -0,348$) Sig. (2-tailed) değeri 0,05'ten büyük olduğunu için konsantrasyonları istatistiksel olarak birbirinden fark olmadığını belirlenmiştir (Çizelge 21).

Tablo 21. Haziran dönemi örnekleme için Bağımsız Örneklem T-Testi

		Levene'nin Varyansların Eşitliği Testi		Ortalamaların Eşitliği için t-testi		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
T	Eşit varyasyonlar varsayılmış	0,110	0,752	1,535	6	0,176
	Eşit varyasyonlar yok sayılmış			1,535	5,990	0,176
PH	#	3,347	0,117	1,230	6	0,265
	#			1,230	3,312	0,299
EC	#	3,303	0,119	0,949	6	0,379
	#			0,949	3,479	0,404
TDS	#	3,105	0,129	0,928	6	0,389
	#			0,928	3,506	0,413
DO	#	0,001	0,975	-0,662	6	0,533
	#			-0,662	5,808	0,533
NO3	#	0,008	0,930	1,386	6	0,215
	#			1,386	5,934	0,216
Al	#	0,221	0,655	0,519	6	0,622
	#			0,519	5,576	0,624
De	#	0,001	0,971	-0,044	6	0,967
	#			-0,044	5,899	0,967
Mg	#	0,516	0,500	0,557	6	0,597
	#			0,557	4,790	0,602
BOI5	#	0,162	0,701	1,043	6	0,337
	#			1,043	5,763	0,339
Ca	#	1,521	0,264	1,792	6	0,123
	#			1,792	4,425	0,141
KOI	#	1,958	0,211	0,697	6	0,512
	#			0,697	4,085	0,523
Cl	#	1,288	0,300	1,800	6	0,122
	#			1,800	4,266	0,142
Mg	#	4,439	0,080	1,454	6	0,196
	#			1,454	3,361	0,232

Tablo 21'in devamı

K	#	0,315	0,595	3,247	6	0,018
	#			3,247	5,833	0,018
Na	#	2,193	0,189	1,693	6	0,141
	#			1,693	3,781	0,170
SO₄	#	5,994	0,050	1,143	6	0,296
	#			1,143	3,170	0,332
HCO₃+CO₃	#	2,509	0,164	1,665	6	0,147
	#			1,665	3,924	0,173

F değeri varyansların homojen olup olmadığını test etmek için kullanılan bir istatistiksel değerdir.

Eğer F değerinin hemen yanındaki Sig. değeri 0,05'ten küçükse, bu durum varyansların homojen olmadığını gösterir ve H₀ hipotezini reddedilmektedir. Bu durumda, "Eşit varyasyonlar yok sayılmış" kullanılır.

Ancak, eğer F değerinin yanındaki Sig. değeri 0,05'ten büyükse, bu durum varyansların homojen olduğuna karar verilir. Bu durumda, Eşit varyasyonlar varsayılmış kabul edilir ve analiz bu yönde devam etmektedir.

Potasyum parametresi ($t_{0,05;6} = 3,247$) için Sig. (2-tailed) değeri 0,05'ten küçüktür ve konsantrasyonları istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu bulunmuştur. Buna göre potasyum konsantrasyonu regülatörden önce belirlenen değerinden değeri (ortalama_x = 0,42) ve regülatörden sonra belirlenen değerinden (ortalama_x = 0,2475) daha yüksektir.

3.7.2 Eylül Dönemi için Bağımsız Örneklem T-Testi Uygulaması

Tablo 22'da Sig. (2-tailed) değeri parametrelerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ve H₀ hipotezinin reddedilebilip reddedilemeyeceğini göstermektedir. Regülatörden önce ve sonrası parametrelerin karşılaştırma için yapılan t testi sonrasında Sıcaklık ($t_{0,05;6} = -1,086$), pH ($t_{0,05;6} = 0,719$), EC ($t_{0,05;6} = -0,014$), TDS ($t_{0,05;6} = 0,199$), DO ($t_{0,05;6} = -0,339$), nitrat azotu ($t_{0,05;6} = 0,147$), alüminyum ($t_{0,05;6} = 0,996$), mangan ($t_{0,05;6} = -0,808$), BOİ5 ($t_{0,05;6} = -1,078$), kalsiyum ($t_{0,05;6} = 0,293$), KOİ ($t_{0,05;6} = -1,941$), klorür ($t_{0,05;6} = 0,641$), magnezyum ($t_{0,05;6} = 0,624$), sodyum ($t_{0,05;6} =$

1,693), sülfat ($t_{0,05;6} = -1,235$), alkalinite ($t_{0,05;6} = -1,101$), TOC ($t_{0,05;6} = 1,606$), toplam koliform ($t_{0,05;6} = -0,217$) Sig. (2-tailed) değeri 0,05'ten büyük olduğunu için konsantrasyonları istatistiksel olarak birbirinden fark olmadığını belirlenmiştir (Tablo 22).

Tablo 22. Eylül dönemi örnekleme için independent samples test

		Levene'nin Varyansların Eşitliği Testi		Ortalamaların Eşitliği için t-testi		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
T	Eşit varyasyonlar varsayılmış	3,679	0,104	-1,086	6	0,319
	Eşit varyasyonlar yok sayılmış			-1,086	4,963	0,327
PH	#	1,998	0,207	0,719	6	0,499
	#			0,719	3,885	0,513
EC	#	0,301	0,603	-0,014	6	0,989
	#			-0,014	5,335	0,989
TDS	#	0,220	0,656	0,199	6	0,849
	#			0,199	5,303	0,850
DO	#	3,797	0,099	-0,339	6	0,746
	#			-0,339	5,578	0,747
AKM	#	28,290	0,002	2,008	6	0,091
	#			2,008	3,039	0,137
NO₃	#	0,206	0,666	0,147	6	0,888
	#			0,147	5,866	0,888
Al	#	0,011	0,920	0,996	6	0,358
	#			0,996	5,919	0,358
De	#	1,055	0,344	-3,740	6	0,010
	#			-3,740	4,725	0,015
Mn	#	2,765	0,147	-0,808	6	0,450
	#			-0,808	3,510	0,470
BOI5	#	6,618	0,042	-1,078	6	0,322
	#			-1,078	3,029	0,359
Ca	#	0,038	0,852	0,293	6	0,779
	#			0,293	5,969	0,779
KOI	#	31,804	0,001	-1,941	6	0,100
	#			-1,941	3,031	0,147
Cl	#	12,293	0,013	0,641	6	0,545
	#			0,641	3,704	0,559

Tablo 22'in devamı

TOC	#	1,284	0,300	1,606	6	0,159
	#			1,606	4,377	0,177
HCO₃+CO₃	#	1,208	0,314	-1,101	6	0,313
	#			-1,101	4,727	0,324
SO₄	#	1,845	0,223	-1,235	6	0,263
	#			-1,235	3,966	0,285
Mg	#	0,971	0,363	0,624	6	0,556
	#			0,624	4,889	0,561
Toplam Koliform	#	8,062	0,030	-0,217	6	0,835
	#			-0,217	3,009	0,842

Demir parametresi ($t_{0,05;6} = -3,740$) için Sig. (2-tailed) değeri 0,05'ten küçüktür ve konsantrasyonları istatistiksel olarak birbirinden fark olduğu bulunmuştur. Buna göre regülatörden önceki demir konsantrasyonu (ortalama $\bar{x} = 33,25$) ve regülatörden sonraki demir konsantrasyonundan (ortalama $\bar{x} = 81,75$) daha düşüktür.

3.7.3 Ocak Dönemi için Bağımsız Örneklem T-Testi Uygulaması

Tablo 23'te Sig. (2-tailed) değeri parametrelerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ve H_0 hipotezinin reddedilebilip reddedilemeyeceğini göstermektedir. Regülatörden önce ve sonrası parametrelerin karşılaştırma için yapılan t testi sonrasında Sıcaklık ($t_{0,05;6} = -0,065$), pH ($t_{0,05;6} = 0,593$), EC ($t_{0,05;6} = 0,320$), TDS ($t_{0,05;6} = 1,271$), DO ($t_{0,05;6} = 0,730$), nitrat azotu ($t_{0,05;6} = -0,575$), alüminyum ($t_{0,05;6} = 0,504$), demir ($t_{0,05;6} = 0,129$), mangan ($t_{0,05;6} = -0,213$), BOI5 ($t_{0,05;6} = 0,676$), kalsiyum ($t_{0,05;6} = 1,987$), KOI ($t_{0,05;6} = -0,849$), klorür ($t_{0,05;6} = -0,192$), magnezyum ($t_{0,05;6} = 0,890$), potasyum ($t_{0,05;6} = -0,973$), sodyum ($t_{0,05;6} = 0,490$), sülfat ($t_{0,05;6} = 0,690$), alkalinite ($t_{0,05;6} = 2,701$), TOC ($t_{0,05;6} = -1,398$), toplam koliform ($t_{0,05;6} = -0,789$) Sig. (2-tailed) değeri 0,05'ten büyük olduğunu için konsantrasyonları istatistiksel olarak birbirinden fark olmadığını belirlenmiştir (Tablo 23).

Tablo 23. Ocak dönemi örnekleme için independent samples test

		Levene'nin Varyansların Eşitliği Testi		Ortalamaların Eşitliği için t-testi		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
T	Eşit varyasyonlar varsayılmış	2,793	0,146	-0,065	6	0,950
	Eşit varyasyonlar yok sayılmış			-0,065	5,184	0,950
PH	#	0,364	0,569	0,593	6	0,575
	#			0,593	5,361	0,577
EC	#	0,852	0,392	0,320	6	0,760
	#			0,320	5,217	0,762
TDS	#	7,236	0,036	1,271	6	0,251
	#			1,271	4,404	0,267
DO	#	0,957	0,366	0,730	6	0,493
	#			0,730	5,860	0,494
AKM	#	3,816	0,099	1,241	6	0,261
	#			1,241	3,440	0,292
NO3	#	3,126	0,127	-0,575	6	0,586
	#			-0,575	3,485	0,600
Al	#	2,810	0,145	0,504	6	0,632
	#			0,504	4,131	0,640
De	#	0,034	0,859	0,129	6	0,902
	#			0,129	5,865	0,902
Mn	#	0,532	0,493	-0,213	6	0,839
	#			-0,213	5,951	0,839
BOI5	#	1,929	0,214	0,676	6	0,524
	#			0,676	4,306	0,533
Ca	#	0,500	0,506	1,987	6	0,094
	#			1,987	5,854	0,095
KOI	#	0,000	1,000	-0,849	6	0,429
	#			-0,849	6,000	0,429
Cl	#	3,652	0,105	-0,192	6	0,854
	#			-0,192	3,617	0,858
Mg	#	0,106	0,756	0,890	6	0,408
	#			0,890	5,649	0,410
K	#	6,485	0,044	-0,973	6	0,368
	#			-0,973	3,082	0,400

Tablo 23'in devamı

Na	#	0,527	0,495	0,490	6	0,642
	#			0,490	5,394	0,644
SO₄	#	4,490	0,078	0,690	6	0,516
	#			0,690	3,427	0,534
HCO₃+CO₃	#	0,047	0,836	2,701	6	0,036
	#			2,701	5,999	0,036
TOC	#	0,143	0,719	-1,398	6	0,212
	#			-1,398	5,998	0,212
Toplam Koliform	#	0,009	0,929	-0,789	6	0,460
	#			-0,789	6,000	0,460

3.7.4 Temmuz Dönemi için Bağımsız Örneklem T-Testi Uygulaması

Tablo 24'te Sig. (2-tailed) değeri parametrelerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ve H₀ hipotezinin reddedilebilip reddedilemeyeceğini göstermektedir. Regülatörden önce ve sonrası parametrelerin karşılaştırma için yapılan t testi sonrasında Sıcaklık ($t_{0,05;6} = 0,942$), pH($t_{0,05;6} = 0,735$), EC($t_{0,05;6} = 1,384$), TDS($t_{0,05;6} = 1,324$), DO($t_{0,05;6} = -0,962$), nitrat azotu($t_{0,05;6} = -0,480$), alüminyum($t_{0,05;6} = 1,420$), demir($t_{0,05;6} = 1,058$), mangan($t_{0,05;6} = 0,328$), BOI5($t_{0,05;6} = 1,964$), kalsiyum($t_{0,05;6} = -0,374$), klorür($t_{0,05;6} = -0,186$), magnezyum($t_{0,05;6} = -0,316$), potasyum ($t_{0,05;6} = -0,548$), sodyum($t_{0,05;6} = -0,069$), sülfat($t_{0,05;6} = -0,930$), alkalinite($t_{0,05;6} = -0,391$), TOC($t_{0,05;6} = -0,732$), toplam koliform($t_{0,05;6} = -0,384$) Sig. (2-tailed) değeri 0,05'ten büyük olduğunu için konsantrasyonları istatistiksel olarak birbirinden fark olmadığını belirlenmiştir.

Tablo 24. Temmuz dönemi örnekleme için Bağımsız Örneklem T-Testi

		Levene'nin Varyansların Eşitliği Testi		Ortalamaların Eşitliği için t-testi		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
T	Eşit varyasyonlar varsayılmış	3,938	0,094	0,942	6	0,383
	Eşit varyasyonlar yok sayılmış			0,942	5,078	0,389
PH	#	0,140	0,721	0,735	6	0,490
	#			0,735	5,993	0,490
EC	#	4,316	0,083	1,384	6	0,216
	#			1,384	3,517	0,248
TDS	#	0,001	0,981	1,324	6	0,234
	#			1,324	5,976	0,234
DO	#	0,005	0,943	-0,962	6	0,373
	#			-0,962	5,891	0,374
AKM	#	0,033	0,862	0,728	6	0,494
	#			0,728	5,634	0,496
NO3	#	0,721	0,429	-0,480	6	0,648
	#			-0,480	4,961	0,651
Al	#	0,232	0,647	1,420	6	0,206
	#			1,420	5,402	0,211
De	#	0,629	0,458	1,058	6	0,331
	#			1,058	5,641	0,333
Mn	#	1,831	0,225	0,328	6	0,754
	#			0,328	5,482	0,755
BOI5	#	4,701	0,073	1,964	6	0,097
	#			1,964	3,256	0,137
Ca	#	0,360	0,570	-0,374	6	0,722
	#			-0,374	5,270	0,723
KOI	#	2,779	0,147	3,672	6	0,010
	#			3,672	3,656	0,025
Cl	#	0,010	0,924	-0,186	6	0,858
	#			-0,186	5,999	0,858
Mg	#	0,291	0,609	-0,316	6	0,763
	#			-0,316	5,711	0,763
K	#	0,601	0,468	-0,548	6	0,604

Tablo 24'in devamı

	#			-0,548	5,942	0,604
SO₄	#	0,198	0,672	-0,930	6	0,388
	#			-0,930	5,812	0,389
Na	#	0,017	0,901	-0,069	6	0,947
	#			-0,069	5,997	0,947
HCO₃+CO₃	#	0,113	0,748	-0,391	6	0,709
	#			-0,391	5,451	0,711
Toplam Koliform	#	2,957	0,136	-0,384	6	0,714
	#			-0,384	3,863	0,721
TOC	#	4,095	0,089	-0,732	6	0,492
	#			-0,732	3,335	0,512

KOİ parametresi KOİ ($t_{0,05;6} = 3,672$) için Sig. (2-tailed) değeri 0,05'ten küçüktür ve konsantrasyonları istatistiksel olarak birbirinden fark olduğu bulunmuştur. Buna göre regülatörden önceki KOİ konsantrasyonu (ortalama $\bar{x} = 161,25$) ve regülatörden sonra demir konsantrasyonundan (ortalama $\bar{x} = 90,0$) daha yüksektir.

3.8 Su Kalitesine HES'lerin Tekil Etkilerinin Araştırılması

Solaklı Deresi üzerinde yer alan her bir HES'in su kalitesine tekil etkisini araştırmak için sulardan regülatörden önce alınan örneklerle santral binasından sonra alınan örneklerin analizleri karşılaştırılmıştır.

3.8.1 Arca Hidroelektrik Santrali (ARA-ARB)

Arca HES Trabzon'un, Of ilçesinde Solaklı Deresi üzerinde bulunmakta, 16,35 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 645. Trabzon'un ise 11. büyük enerji santralidir (Enerji Atlası, 2020). Arca HES ortalama 47.258.926 kilovatsaat elektrik üretimi ile 13.012 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir (Enerji Atlası, 2020). Arca HES'in etkisini anlayabilmek için regülatörden önce ARA, ve regülatörden sonra ARB noktalarından örnekleme yapılmıştır.

Regülatörden önce (ARA) yerinde ölçülen parametrelerin ortalama değerleri sıcaklık için 14,55 °C, pH için 8,49, elektiksel iletkenlik için 108,07 $\mu\text{S/cm}$, TDS için 79,85mg/l ve DO için 9,68 mg/l olarak bulunmuştur. Regülatörden sonra ise sıcaklık 14,55 °C, pH 7,42, elektiksel iletkenlik 124,97 $\mu\text{S/cm}$, TDS 83,33 mg/l ve DO 9,69 mg/l'dir (Tablo 25).

Tablo 25. ARA-ARB noktalarda yerinde ölçülen parametreler ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (ARA)	Regülatör sonra (ARB)
T(°C) Sıcaklık	Haziran	17,3	17,7
	Eylül	14,8	13,3
	Ocak	6,5	7
	Temmuz	19,6	21,3
	Ortalama	14,5	14,8
pH	Haziran	9,3	7,1
	Eylül	8,8	7,2
	Ocak	8,3	7,6
	Temmuz	7,6	7,8
	Ortalama	8,5	7,4
EC ($\mu\text{S/cm}$)	Haziran	95,3	97,1
	Eylül	136,9	203,8
	Ocak	89,9	98
	Temmuz	110,2	101
	Ortalama	108,1	124,9
TDS (mg/l)	Haziran	44,9	45,8
	Eylül	84,7	123,5
	Ocak	84,1	75,2
	Temmuz	105,7	88,8
	Ortalama	79,8	83,3
DO (mg/l)	Haziran	9,2	9,2
	Eylül	10,5	10,1
	Ocak	9,8	7,9
	Temmuz	9,1	9,8
	Ortalama	9,7	9,3

Majör katyon konsantrasyon ortalamaları regülatörden önce (ARA) Kalsiyum için 17,47mg/l, Magnezyum için 2,16 mg/l, Sodyum için 1,23 mg/l ve Potasyum için

0,22mg/l'dir. Regülatörden sonra ise Kalsiyum 17,28mg/l Magnezyum 1,67mg/l, Sodyum 1,98mg/l, Potasyum 0,18mg/l'dir (Tablo 26).

Tablo 26. ARA-ARB noktalarda ölçülen majör katyon konsantrasyonları ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (ARA)	Regülatör sonra (ARB)
Ca²⁺ Kalsiyum (mg/l)	Haziran	15,88	17,14
	Eylül	18	16
	Ocak	16	16
	Temmuz	20	20
	Ortalama	17,47	17,28
Mg²⁺ Magnezyum (mg/l)	Haziran	1,84	1,69
	Eylül	1,6	1,8
	Ocak	2,4	1,2
	Temmuz	2,8	2
	Ortalama	2,16	1,67
K⁺ Potasyum (mg/l)	Haziran	0,37	0,27
	Eylül	0,001	0,001
	Ocak	0,25	0,21
	Temmuz	0,27	0,25
	Ortalama	0,22	0,18
Na⁺ Sodyum (mg/l)	Haziran	1,99	2,25
	Eylül	0,001	0,001
	Ocak	1,45	1,78
	Temmuz	1,5	1,9
	Ortalama	1,23	1,98

Regülatörden önce (ARA) Nitrat azotu ortalamaları 0,49mg/l; Klorür ortalamaları 2,45mg/l; Sülfat ortalamaları 8,91mg/l; Alkalinite ortalamaları 57,25mg/l olarak bulunmuştur. Majör anyonlar regülatörden sonra (ARB) Nitrat azotu ortalamaları 0,63 mg/l; Klorür ortalamaları 2,00 mg/l; Sülfat ortalamaları 9,14 mg/l; Alkalinite ortalamaları

58,25 mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 27).

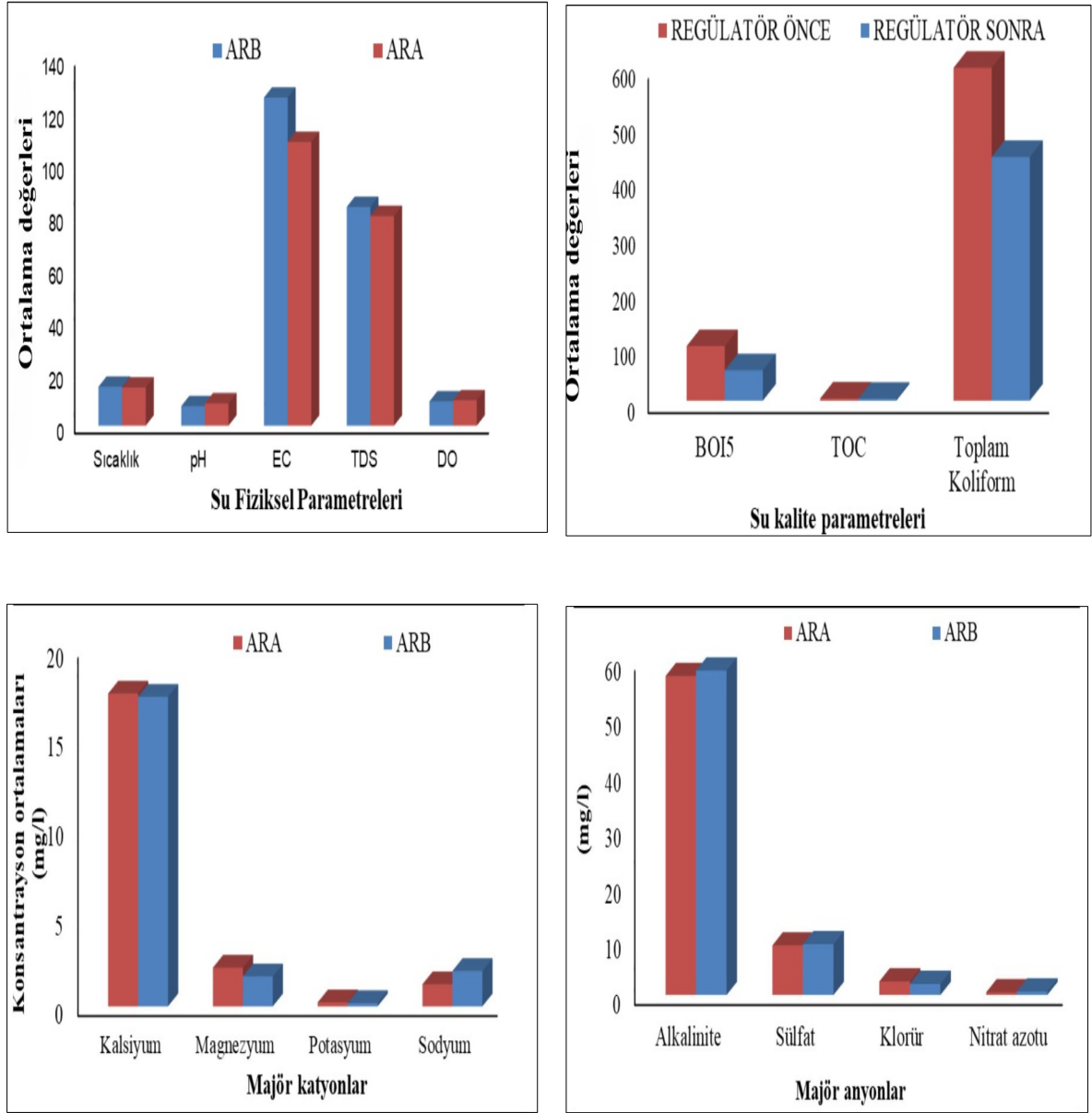
Tablo 27. ARA-ARB noktalarda ölçülen majör anyonlar konsantrasyon ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (ARA)	Regülatör sonra (ARB)
HCO₃⁻ Alkalinite (mg/l)	Haziran	44	46
	Eylül	90	100
	Ocak	45	42
	Temmuz	50	45
	Ortalama	57,25	58,25
SO₄²⁻ Sülfat (mg/l)	Haziran	7,87	8,01
	Eylül	13,81	14,58
	Ocak	6,75	7,05
	Temmuz	7,2	6,9
	Ortalama	8,91	9,14
Cl⁻ Klorür (mg/l)	Haziran	0,85	0,85
	Eylül	7,29	5,42
	Ocak	0,75	0,75
	Temmuz	0,9	1
	Ortalama	2,45	2,00
NO₃⁻ Nitrat azotu (mg/l)	Haziran	0,52	0,53
	Eylül	0,7	0,7
	Ocak	0,35	0,61
	Temmuz	0,4	0,7
	Ortalama	0,49	0,63

Regülatörden önce (ARA) BOI5 değerleri 98mg/l, TOC değerleri 3,82 mg/l ve Toplam Koliform değerleri 597,5 KOB/100mL'dir. Regülatörden sonra (ARB) ise BOI5 değerleri 54,5mg/l, değerleri 3,36 mg/l, Toplam Koliform değerleri 437,5 KOB/100mL'dir (Tablo 28).

Tablo 28. ARA-ARB noktalarda ölçülen kalite parametreleri ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (ARA)	Regülatör sonra (ARB)
BOİ5 (mg/l)	Haziran	85	87
	Eylül	12	11
	Ocak	75	70
	Temmuz	220	50
	Ortalama	98	54,5
TOC (mg/l)	Haziran	4,08	3,85
	Eylül	4,5	3,2
	Ocak	3,5	3,4
	Temmuz	3,2	3
	Ortalama	3,82	3,36
Toplam Koliform	Haziran	920	800
	Eylül	1000	150
	Ocak	250	450
	Temmuz	220	350
	Ortalama	597,5	437,5



Şekil 33. Çalışma alanında ölçülen parametrelerin ARA-ARB noktalarındaki değişimi

3.8.2 Güneşli II Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali (GA-GB)

Trabzon ili Of ilçesinde yer alan Güneşli II Regülatörü ve HES 2013 Temmuz ayından itibaren faaliyet göstermektedir. 12,6 MW kurulu gücü ile yıllık ortalama 45.000.000 kWh enerji üretimi gerçekleştirmektedir. Güneşli HES'in etkisini anlayabilmek için regülatörden

önce GA, ve regülatörden sonra GB noktalarından örnekleme yapılmıştır.

Suların regülatörden önce (GA) yerinde ölçülen parametrelerin ortalama değerleri sıcaklık için 13,45 °C; pH için 7,77; elektiksel iletkenlik için 84,25µS/cm; TDS için 79,85 mg/l ve DO için 46,54 mg/l olarak hesaplanmıştır. Regülatörden sonra (GB) ölçülen değerlerin ortalamaları ise sıcaklık için 14,32 °C; pH için 7,91; elektiksel iletkenlik için 69,57µS/cm; TDS için 45,63 mg/l; DO için 9,6 mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 29).

Tablo 29. GA-GB noktalarda yerinde ölçülen parametreler ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (GA)	Regülatör sonra (GB)
Sıcaklık T (°C)	Haziran	14,7	20
	Eylül	12,8	14,2
	Ocak	8,1	6,2
	Temmuz	18,2	16,9
	Ortalama	13,45	14,32
pH	Haziran	7,76	7,55
	Eylül	7,38	7,79
	Ocak	7,5	8,3
	Temmuz	8,44	8
	Ortalama	7,77	7,91
EC (uS/cm)	Haziran	78	54,3
	Eylül	64,4	56
	Ocak	59,8	78
	Temmuz	76,1	148,7
	Ortalama	69,57	84,25
TDS (mg/l)	Haziran	36,7	24
	Eylül	21,48	31,12
	Ocak	71	65,3
	Temmuz	53,34	65,76
	Ortalama	45,63	46,54

Tablo 29'in devamı

DO (mg/l)	Haziran	8,89	9,5
	Eylül	10,18	10,58
	Ocak	10,2	9,61
	Temmuz	7,73	8,71
	Ortalama	9,25	9,6

Regülatörden önce (GA) alınan suların majör katyonları Kalsiyum 20,1 mg/l, Magnezyum 0,37 mg/l, Sodyum 1,80 mg/l, Potasyum 1,46 mg/l olarak bulunmuştur. Regülatörden sonraki (GB) değerler kalsiyum için 18,51 mg/l, Magnezyum için 0,34 mg/l, Sodyum için 0,94 mg/l, Potasyum için 0,18mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 30).

Tablo 30. GA-GB noktalarda ölçülen majör katyon konsantrasyonları ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (GA)	Regülatör sonra (GB)
Ca²⁺ Kalsiyum (mg/l)	Haziran	20,4	14,04
	Eylül	16	18
	Ocak	20	12
	Temmuz	24	30
	Ortalama	20,1	18,51
Mg²⁺ Magnezyum (mg/l)	Haziran	2,08	1,25
	Eylül	1,8	0,001
	Ocak	1,2	1,4
	Temmuz	2,4	3,2
	Ortalama	1,87	1,46
K⁺ Potasyum (mg/l)	Haziran	2,85	1,53
	Eylül	0,001	0,001
	Ocak	1,35	1,26
	Temmuz	3	1

Tablo 30'in devamı

	Ortalama	1,80	0,94
Na⁺ Sodyum (mg/l)	Haziran	0,34	0,22
	Eylül	0,001	0,001
	Ocak	0,14	0,12
	Temmuz	1	1
	Ortalama	0,37	0,33

Majör anyonlar ise regülatörden önce (GA) noktasında HCO_3^- 56,75 mg/l, Sülfat 10,67 mg/l, Klorür 1,42 mg/l, Nitrat azotu 0,70 mg/l olarak bulunmuştur. Majör anyonlar regülatörden sonra (GB) Alkalinite 53,25 mg/l, Sülfat 9,20 mg/l, Klorür 0,59 mg/l, Nitrat azotu 0,75mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 31).

Tablo 31. GA-GB noktalarda ölçülen majör anyon konsantrasyonları ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (GA)	Regülatör sonra (GB)
HCO₃⁻ Alkalinite (mg/l)	Haziran	52	36
	Eylül	70	85
	Ocak	55	27
	Temmuz	50	65
	Ortalama	56,75	53,25
SO₄²⁻ Sülfat (mg/l)	Haziran	10,9	7,18
	Eylül	13,79	16,33
	Ocak	8	6,8
	Temmuz	10	6,5
	Ortalama	10,67	9,20
Cl⁻ Klorür (mg/l)	Haziran	1,03	0,54
	Eylül	2,82	0,41
	Ocak	0,82	0,42
	Temmuz	1	1

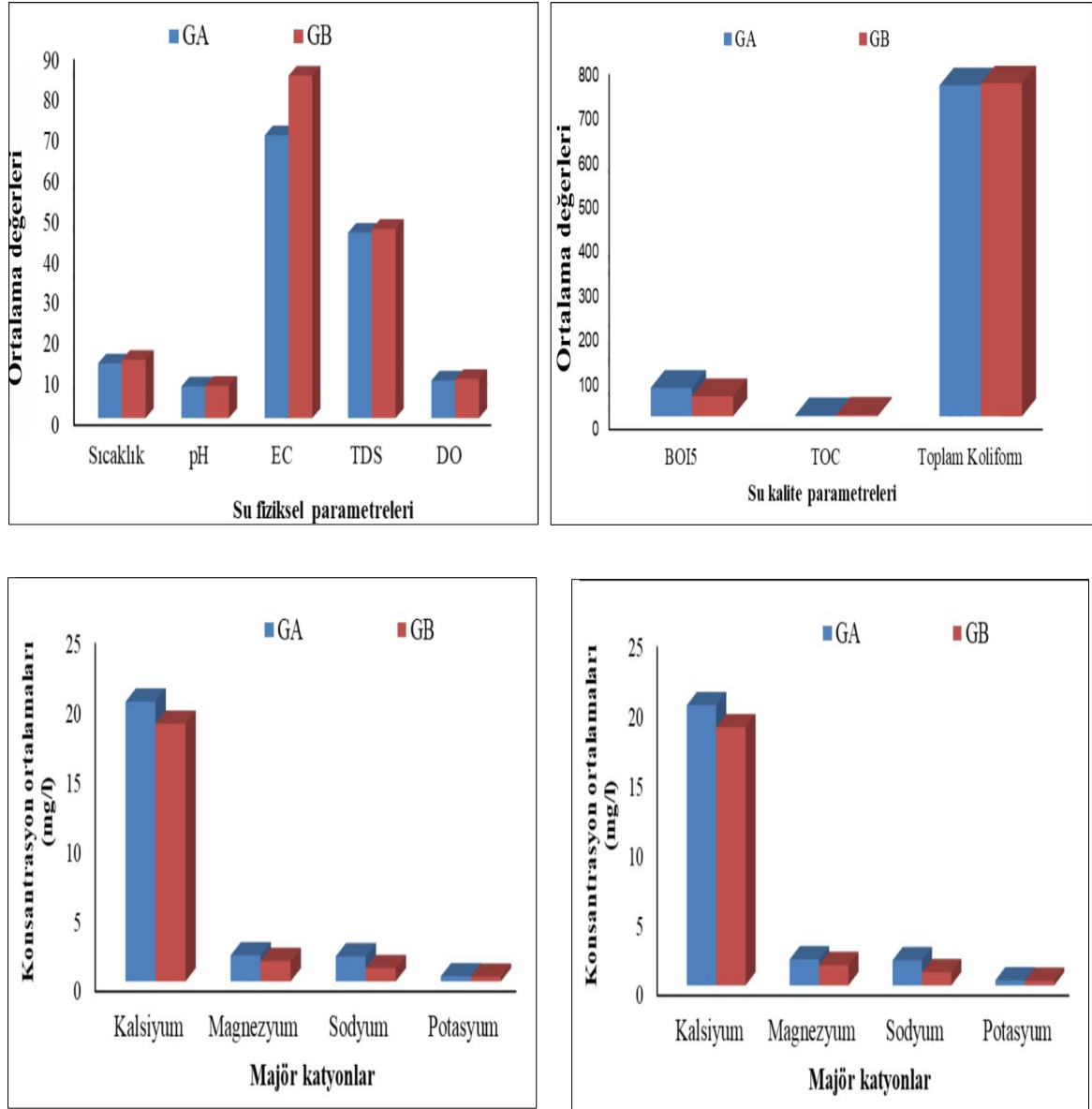
Tablo 31'in devamı

	Ortalama	1,42	0,59
NO₃⁻ Nitrat azotu (mg/l)	Haziran	0,67	0,34
	Eylül	0,3	0,3
	Ocak	0,55	0,38
	Temmuz	1,3	2
	Ortalama	0,70	0,75

Su kalite parametrelerinden BOI, TOC ve Toplam koliform değerleri de regülatörden önce ve sonra olmak üzere dört kez analiz edilmiştir. Regülatörden önce (GA) BOI5 değeri 64,25 mg/l; TOC değeri 2,22 mg/l; Toplam Koliform değeri 745,5 KOB/100mL olarak bulunmuştur. Bu parametreler regülatörden sonra (GB) BOI5 45,5mg/l, TOC 3,89 mg/l, Toplam Koliform 750 KOB/100mL olarak bulunmuştur (Tablo 32).

Tablo 32. GA-GB noktalarda ölçülen kalite parametreleri ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (GA)	Regülatör sonra (GB)
BOI5 (mg/l)	Haziran	87	74
	Eylül	10	8
	Ocak	75	70
	Temmuz	85	30
	Ortalama	64,25	45,5
TOC (mg/l)	Haziran	0,184	5,24
	Eylül	4,3	3
	Ocak	2,4	4,21
	Temmuz	2	3,1
	Ortalama	2,22	3,89
Toplam Koliform (KOB/100mL)	Haziran	980	975
	Eylül	1052	1000
	Ocak	700	825
	Temmuz	250	200
	Ortalama	745,5	750



Şekil 34. Güneşli HES alanında ölçülen parametrelerin GA-GB noktalarındaki değişimi

3.8.3 Enerjisa Hidroelektrik Santrali (EA-EB)

Hidroelektrik Santrali/Enerjisa HES: Trabzon'un Çaykara ilçesi Solaklı Deresi üzerinde 2013 yılında kurulmuş, Trabzon'u 2. büyük enerji santralidir. Cambaşı HES'in bir yıllık enerji üretimi ortalama 122.849.464 kWh dır (Enerji Atlası, 2020). Enerjisa HES'in etkisini anlamak için örnek alınan noktalar EA (regülatörden önce) ve EB (regülatörden sonra)

olarak adlandırılmıştır.

Suların yerinde ölçülen parametreleri regülatörden önce (EA) ve regülatörden sonra (EB) noktasında ölçülmüştür. EA noktasında ölçülen ortalama değerler sıcaklık için 14,12 °C; pH için 7,55; elektiksel iletkenlik için 76,7 uS/cm; TDS için 88,50 mg/l ve DO için 8,86 mg/l'dir. EB noktasında ölçülen ortalama değerler ise sıcaklık 14,91 °C; pH 7,20; elektiksel iletkenlik 170,7 uS/cm; TDS 45,6 mg/l; DO 9,11 mg/l'dir (Tablo 33).

Tablo 33. EA-EB noktalarda yerinde ölçülen parametreler ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (EA)	Regülatör sonra (EB)
Sıcaklık (°C)	Haziran	17,5	18,6
	Eylül	15,8	12,36
	Ocak	5,9	8,2
	Temmuz	17,3	20,5
	Ortalama	14,12	14,91
pH	Haziran	7,48	7,25
	Eylül	7,62	7,56
	Ocak	7,7	7,1
	Temmuz	7,4	6,9
	Ortalama	7,55	7,20
EC (µS/cm)	Haziran	54,3	198,1
	Eylül	69,2	154,3
	Ocak	95,3	162,1
	Temmuz	88	168,3
	Ortalama	76,7	170,7
TDS (mg/l)	Haziran	24,4	94,6
	Eylül	37,8	96,8
	Ocak	66,21	83,3

Tablo 33'in devamı

	Temmuz	54	79,32
	Ortalama	45,6	88,50
DO (mg/l)	Haziran	8,86	9,11
	Eylül	10,14	10,58
	Ocak	8,1	8,97
	Temmuz	8,17	8,15
	Ortalama	8,82	9,20

Regülatörden önce (EA) noktasında majör katyon ortalamaları Kalsiyum için 26,23mg/l, Magnezyum için 4,18 mg/l, Sodyum 2,49 mg/l, Potasyum 0,24 mg/l olarak bulunmuştur. Regülatörden sonra ise (EB) Kalsiyum 18,82mg/l; Magnezyum 2,33 mg/l; Sodyum 1,76 mg/l Potasyum 0,54 mg/l'dir (Tablo 34).

Tablo 34. EA-EB noktalarda ölçülen majör katyon konsantrasyonları ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (EA)	Regülatör sonra (EB)
Ca²⁺ Kalsiyum (mg/l)	Haziran	28,94	9,3
	Eylül	26	24
	Ocak	24	20
	Temmuz	26	22
	Ortalama	26,23	18,82
Mg²⁺ Magnezyum (mg/l)	Haziran	5,44	0,71
	Eylül	3,5	2,5
	Ocak	4,8	3,6
	Temmuz	3	2,5
	Ortalama	4,18	2,33
K⁺ Potasyum (mg/l)	Haziran	0,52	0,17
	Eylül	0,001	0,001
	Ocak	0,15	1,1
	Temmuz	0,3	0,9
	Ortalama	0,24	0,54
Na⁺ Sodyum (mg/l)	Haziran	4,83	1,05
	Eylül	0,001	0,001
	Ocak	3,85	3,1
	Temmuz	1,3	2,9
	Ortalama	2,49	1,76

Majör anyon ortalama konsantrasyonları ise (EA) noktasında Alkalinite 72,5 mg/l, Sülfat 2,49mg/l, Klorür ortalamaları 2,77 mg/l ve Nitrat azotu 0,25 mg/l'dir. Regülatörden sonra (EB) Alkalinite 49,25 mg/l, Sülfat 16,14 mg/l; Klorür 2,06 mg/l ve Nitrat azotu 0,63 mg/l'dir (Tablo 35).

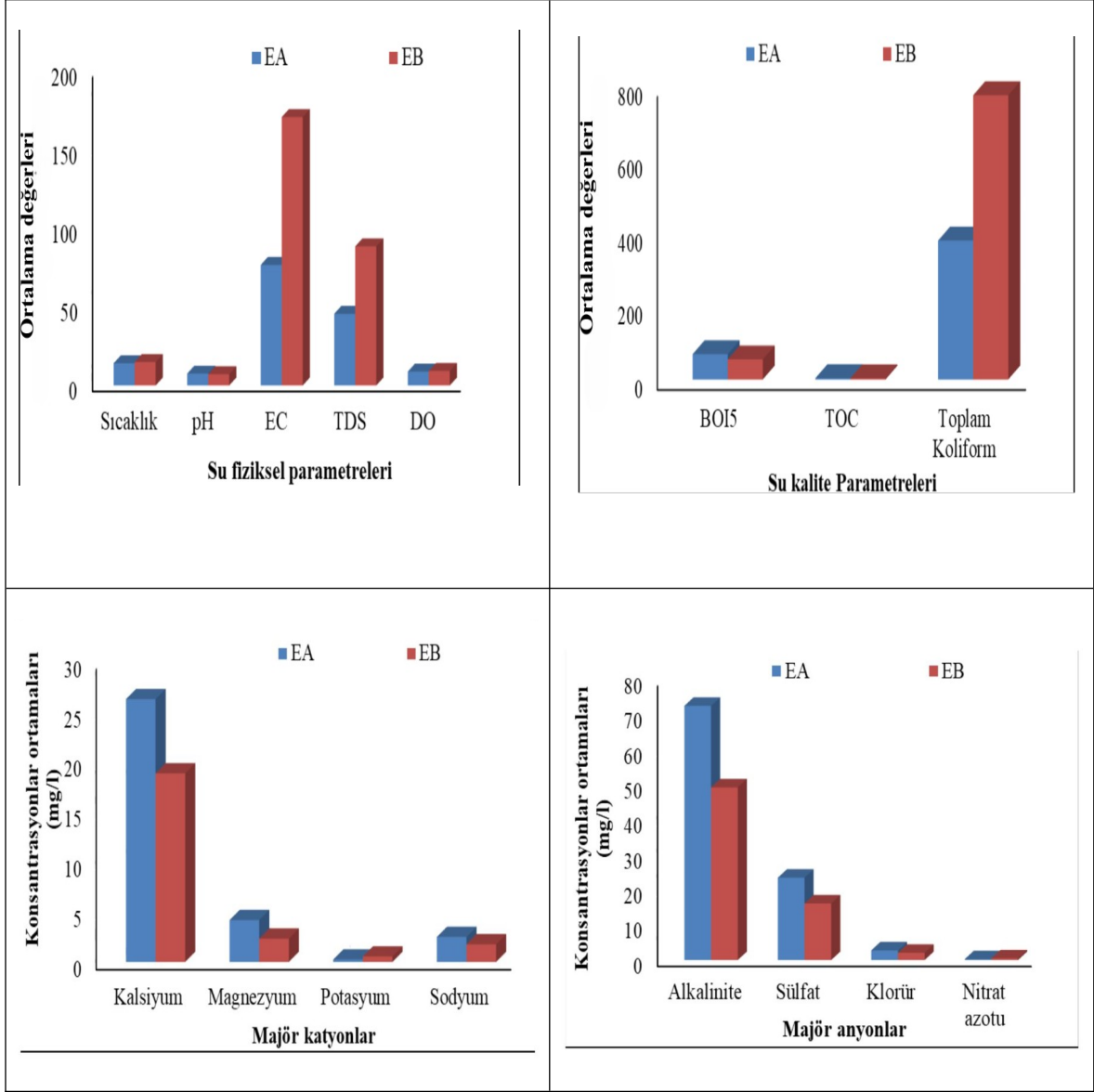
Tablo 35. EA-EB noktalarda ölçülen majör anyonlar konsantrasyon ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (EA)	Regülatör sonra (EB)
HCO₃⁻ Alkalinite (mg/l)	Haziran	90	24
	Eylül	90	93
	Ocak	70	50
	Temmuz	40	30
	Ortalama	72,5	49,25
SO₄²⁻ Sülfat (mg/l)	Haziran	42,14	3,8
	Eylül	13,72	34,78
	Ocak	32,5	14
	Temmuz	5,6	12
	Ortalama	23,49	16,14
Cl⁻ Klorür (mg/l)	Haziran	1,56	0,45
	Eylül	8,36	3,8
	Ocak	1,15	3,5
	Temmuz	0,001	0,5
	Ortalama	2,77	2,06
NO₃⁻ Nitrat azotu (mg/l)	Haziran	0,47	0,26
	Eylül	0,1	0,2
	Ocak	0,32	1,1
	Temmuz	0,12	0,41
	Ortalama	0,25	0,49

(EA) noktasında belirlenen BOI5 değeri 69mg/l, TOC değeri 3,55 mg/l ve Toplam Koliform ortalamaları 378,75 değeri KOB/100mL'dir. Regülatörden sonra (EB) ise BOI5 değeri 54,5mg/l, TOC değeri 3,28 mg/l, Toplam Koliform 775 KOB/100mL'dir (Tablo 36).

Tablo 36. EA-EB noktalarda ölçülen kalite parametreleri ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (EA)	Regülatör sonra (EB)
BOI5 (mg/l)	Haziran	88	75
	Eylül	13	18
	Ocak	75	60
	Temmuz	100	65
	Ortalama	69	54,5
TOC (mg/l)	Haziran	3,81	3,21
	Eylül	4,1	3,7
	Ocak	3,3	3,2
	Temmuz	3	3
	Ortalama	3,55	3,28
Toplam Koliform (KOB/100mL)	Haziran	150	1000
	Eylül	1000	1600
	Ocak	130	230
	Temmuz	235	270
	Ortalama	378,75	775



Şekil 35.Enerjisa HES alanında ölçülen parametrelerin EA-EB noktalarındaki değişimi

3.8.4 Çamlıkaya Hidroelektrik Santrali (CA-CB)

Trabzon'un Çaykara ilçesinde bulunan Çamlıkaya HES Türkiye'nin 461. Trabzon'un 37. büyük enerji santralidir. Çamlıkaya HES ortalama 25.861.474 kilovatsaat elektrik üretimi yapmaktadır (Enerji Atlası, 2020). Çamlıkaya HES'in etkisini anlayabilmek için regülatörden önce CA, ve regülatörden sonra CB noktalarından örnekleme yapılmıştır.

Çamlıkaya HES alanında santralden önce ve sonra suların yerinde ölçülen dört dönem parametrelerinin ortalamaları alınmış ve bu değerlere göre karşılaştırmalar

yapılmıştır. Çamlıkaya HES'te regülatörden önceki ölçüm noktasında (CA) ortalama değerlere göre sıcaklık 12,81 °C; pH 7,27; elektiksel iletkenlik 76,47 uS/cm; TDS 57,17 mg/l; DO 9,08 mg/l olarak bulunmuştur. Regülatörden sonra (CB) ise sıcaklık 13,12 °C; pH 7,18; elektiksel iletkenlik 93,35 µS/cm; TDS 54,3 mg/l; DO 8,82 mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 37).

Tablo 37. CA-CB noktalarda yerinde ölçülen parametreler ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (CA)	Regülatör sonra (CB)
Sıcaklık (°C)	Haziran	13,7	15,3
	Eylül	12,56	12,1
	Ocak	8,6	7,5
	Temmuz	16,4	17,6
	Ortalama	12,81	13,12
pH	Haziran	6,95	7,03
	Eylül	7,12	7,2
	Ocak	7,56	7,3
	Temmuz	7,44	7,2
	Ortalama	7,27	7,18
EC (µS/cm)	Haziran	85,9	81,3
	Eylül	89,1	101,1
	Ocak	79	125
	Temmuz	51,9	66
	Ortalama	76,47	93,35
TDS (mg/l)	Haziran	40,5	38,3
	Eylül	48,6	56,87
	Ocak	71,2	65,23
	Temmuz	68,4	56,8
	Ortalama	57,17	54,3

Tablo 37'in devamı

DO (mg/l)	Haziran	9,23	8,87
	Eylül	10,41	10,19
	Ocak	8,1	7,51
	Temmuz	8,59	8,73
	Ortalama	9,08	8,82

Çamlıkaya HES alanında santralden önce ve sonra suların majör iyon konsantrasyonlarının dört dönem ortalamaları alınmış ve bu değerlere göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Çamlıkaya HES'te regülatörden önceki ölçüm noktasında (CA) ortalama değerlere göre Ca^{2+} 18,46 mg/l, Mg^{2+} 1,71 mg/l, Na^+ 1,52 mg/l, K^+ 0,24 mg/l olarak bulunmuştur (Şekil 34). Regülatörden sonra (CB) ise Ca^{2+} 16,20 mg/l, Mg^{2+} 1,66 mg/l, Na^+ 1,76 mg/l K^+ 0,31 mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 38).

Tablo 38. CA-CB noktalarda ölçülen majör katyonları konsantrasyonları ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (CA)	Regülatör sonra (CB)
Ca^{2+} Kalsiyum (mg/l)	Haziran	14,84	13,82
	Eylül	15	13
	Ocak	24	16
	Temmuz	20	22
	Ortalama	18,46	16,20
Mg^{2+} Magnezyum (mg/l)	Haziran	1,45	1,64
	Eylül	1,4	1,2
	Ocak	2,4	1,2
	Temmuz	1,6	2,6
	Ortalama	1,71	1,66
K^+ Potasyum (mg/l)	Haziran	0,45	0,33
	Eylül	0,001	0,001
	Ocak	0,22	0,23
	Temmuz	0,3	0,3
	Ortalama	0,24	0,21
Na^+ Sodyum (mg/l)	Haziran	1,86	1,76
	Eylül	0,001	0,001
	Ocak	2,4	1,52
	Temmuz	1,85	2
	Ortalama	1,52	1,76

Regülatörden önce (CA) ölçülen majör anyon ortalamaları HCO_3^- 55,75 mg/l, SO_4^{2-} 10,27 mg/l, Cl^- 1,69 mg/l, NO_3^- 0,43 mg/l'dir (Çizelge 44). regülatörden sonra (CB) majör anyon ortalamaları ise HCO_3^- 51,75mg/l, Sülfat 12,24mg/l, Klorür 0,35 mg/l, Nitrat 0,18 mg/l olarak bulunmuştur (Şekil 39).

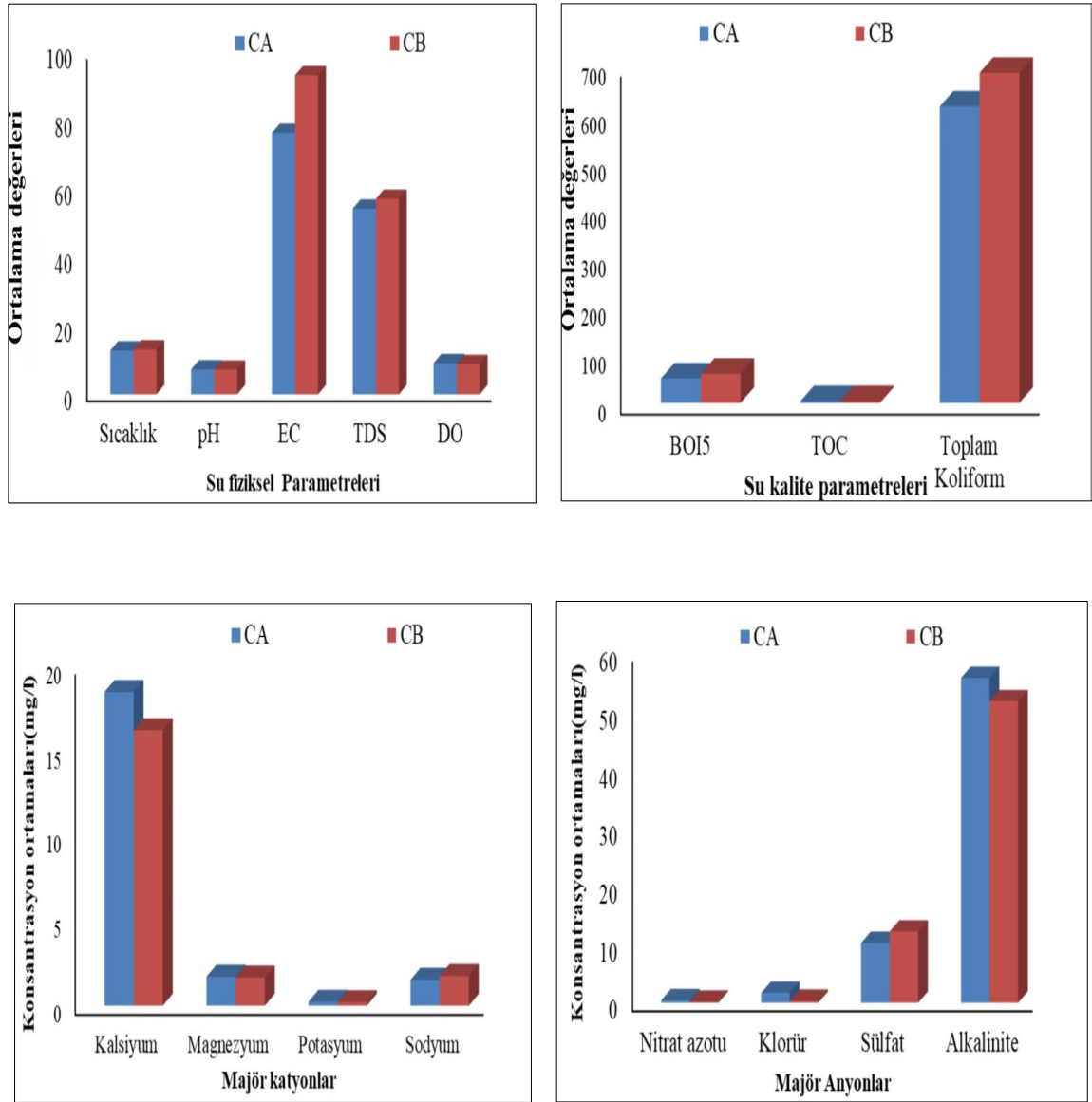
Tablo 39. CA-CB noktalarda ölçülen majör anyon konsantrasyonları ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (CA)	Regülatör sonra (CB)
NO_3^- Nitrat azotu (mg/l)	Haziran	0,27	0,184
	Eylül	0,5	0,3
	Ocak	0,52	0,14
	Temmuz	0,45	0,1
	Ortalama	0,43	0,18
Cl^- Klorür (mg/l)	Haziran	0,52	0,39
	Eylül	4,1	0,55
	Ocak	1,8	0,45
	Temmuz	0,35	0,001
	Ortalama	1,69	0,35
SO_4^{2-} Sülfat (mg/l)	Haziran	7,56	10,64
	Eylül	21,21	21,22
	Ocak	6,8	8,1
	Temmuz	5,5	9
	Ortalama	10,27	12,24
HCO_3^- Alkalinite (mg/l)	Haziran	40	38
	Eylül	95	95
	Ocak	60	32
	Temmuz	28	42
	Ortalama	55,75	51,75

Su kalite parametrelerinden BOI, TOC ve Toplam Koliform analizleri de regülatörden önce ve sonra olmak üzere analiz edilmiştir. Regülatörden önce (CA) noktasında BOI değeri 50,5 mg/l; TOC değeri 3,25 mg/l; Toplam Koliform değeri ise 615 KOB/100mL olarak bulunmuştur. Bu değerler (CB) noktasında BOI5 60,25 mg/l, TOC (mg/l) 3,26 mg/l; Toplam Koliform 685 KOB/100mL olarak bulunmuştur (Tablo 40).

Tablo 40. CA-CB noktalarda ölçülen kalite parametreleri ve ortalamaları

Parametre	Dönem	Regülatör önce (CA)	Regülatör sonra (CB)
BOI5 (mg/l)	Haziran	72	76
	Eylül	10	55
	Ocak	55	65
	Temmuz	65	45
	Ortalama	50,5	60,25
TOC (mg/l)	Haziran	4,4	3,53
	Eylül	3	3,6
	Ocak	2,7	3,1
	Temmuz	2,9	2,8
	Ortalama	3,25	3,26
Toplam Koliform (KOB/100mL)	Haziran	980	570
	Eylül	1000	1600
	Ocak	200	350
	Temmuz	280	220
	Ortalama	615	685

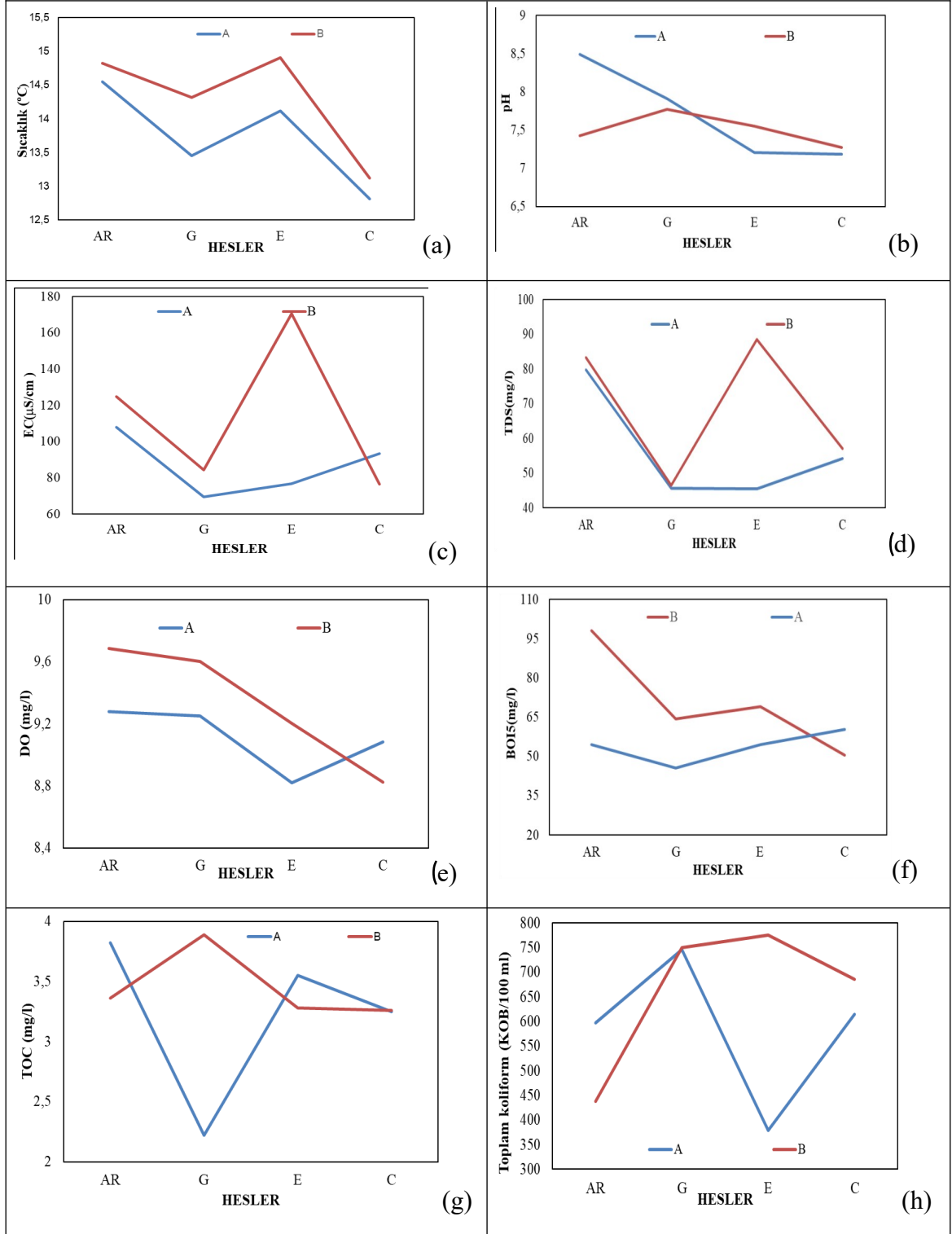


Şekil 36. Çamlıkaya HES alanında ölçülen parametrelerin CA-CB noktalarındaki değişimi

3.8.5 Su Kalitesi Parametreleri Farklılıklarının HES'lere Göre Değişiminin İncelenmesi

Regülatörden önce ve sonrası değişiklikleri değerlendirmek için her bir HES'te ölçülen sıcaklık, pH, EC, TDS, DO, BOI, TOC, Toplam koliform bakteri analiz sonuçlarının her bir nokta için ortalaması kullanılmıştır (Şekil 36).

Şekil 36 a'ya göre en düşük sıcaklıklara Çamlıkaya HES'te ölçülmüş olup, sıcaklık değerleri regülatörden sonra daha yüksektir. EC ve TDS değerleri incelendiğinde (Şekil 49 c, d) HES'lerinde regülatörden sonra değerlerin yüksek olduğu görülür. DO ve BOI değerleri Arca, Güneşli ve Enerjisa HES'lerinde regülatörden sonra daha yüksek, Çamlıkaya HES'lerinde düşük değerlerdedir (Şekil 49 e, f). TOC değerleri regülatörden önce Arca ve Güneşli HES'de daha yüksek iken, Çamlıkaya ve Enerjisa HES'de daha düşüktür (Şekil 49 g). Toplam Koliform Bakteri değerleri regülatörden önce Güneşli, Çamlıkaya ve Enerjisa HES'de daha düşük olarak gözlenlemiştir (Şekil 49 h).



Şekil 37. Su kalitesi parametreleri parametresi HES regülatörden önce ve sonrası

4. TARTIŞMA

Çalışmanın alanı Solaklı havzası Türkiye'nin kuzeyinde, Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon il sınırları bulunmaktadır. Havza dağlık, ormanlık bir alana ve zengin bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir ve havza aynı zamanda turizm açısından önemli bir merkez olmaktadır. Ekolojik olarak önemli bir bölge olan Solaklı Havzası'nın yönetiminde sürdürülebilirlik, biyoçeşitliliğin korunması ve ekosistem sağlığının sürdürülmesi gibi konular önceliklidir. Bunun yanı sıra, bölgede yapılan hidroelektrik santral projeleri ve diğer insan faaliyetleri, çevresel etkiler açısından dikkatle değerlendirilmesi gereken konular arasındadır. Araştırma alanında jeolojik olarak genellikle Mezozoik ve Senozoik yaşlı tortul ara katkılı volkanik kayalar yüzeylenmektedir. En yaşlı birim Hamurkesen Formasyonu en genç birim ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır. Solaklı Havzası Karadeniz ikliminin etkisi altındadır. Her mevsimin düzenli olarak yağış almakta ve ortalama yıllık yağış miktarı yüksektir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden 5 istasyon temin edildiği verilerden yağış miktarı 718,8mm ve 1639,7 mm arasında değişmekte ve bölgenin doğal vejetasyon çeşitliliğini ve zenginliğini desteklenmektedir. Sıcaklık durumu genelde ılıman ve nemlidir, alınan veriler genellikle Ağustos ayın en sıcak ay, Ocak ayının en soğuk ay olduğunu göstermektedir. Aylık sıcaklık ortalamaları 6,1-14,4 derecece arasında değişmektedir. Yıl boyunca yağışlı ve sıcaklık durumu ılıman ve nemli olduğu için buharlaşma oranları genellikle düşüktür. Thornthwaite (1948) yöntemiyle hesaplanan gerçek buharlaşma-terleme miktarı en düşük 446 mm en yüksek ise 778,48 mm bulunmuştur.

Çalışma alanı yüksek yağış aldığı için su kaynakları açısından da zengindir. Diğer havzalarında olduğu gibi artan nüfus, kentleşme ve sanayileşme su kaynakları yönetimini ve korunmasını zorunlu kılmıştır. Solaklı Havzası üzerinde enerji üretmek amacıyla kurulan HES'ler çeşitli çevresel ve sosyal meseleleri de beraberinde getirmiştir. HES'ler temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak ön plana çıkmalarına rağmen, su kalitesi üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir. Özellikle son yıllarda sayısı artan HES'ler nedeniyle havzada su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve kalitesine yönelik çalışmalar gündeme gelmiş ve su sıcaklığının ve pH değerinin HES'lerden etkilendiği belirtilmiştir (Koralay,2015; Verap, 2019). Bu çalışmada Solaklı Deresi üzerinde faaliyeti devam eden 4 adet HES'in su kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. 10 örnek noktasında 32

adet su kalite parametresi analiz edilmiş ve sonuçlar Suların Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre değerlendirilmiş, su kalite indeksleri hesaplanarak yerüstü suyunun kalitesi hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Solaklı havzasının suları Ca-HCO_3 sınıfında olup, birçok parametre açısından Suların Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre I. sınıf yanı sular yüksek kaliteli, içme olma potansiyeli yüksek, rekreasyonel amaçlı, alabalık ve hayvan üretimi kullanabilen sulardır. Yüksek konsantrasyonlarda olan BOİ ve KOİ parametrelerine göre sular SKKY'ye göre III. Sınıf'ta yer alır.

Suların bazı parametrelere göre yüksek kaliteli bazı parametrelere göre düşük kaliteli olması durumunda suyun kalitesinin nasıl belirtileceği karışıklık yaratmaktadır. Bu nedenle Su kalitesi indeksi (WQI) belirlenerek su kalitesi tek bir değerle ifade edilmiştir. WQI, su kalitesini belirleyen tekli parametrelerin bütün su kalitesi üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Suyun kalitesinin ortaya konulmasında etkili bir bakış açısı sağlayan WQI yöntemi ilk olarak Horton (1965) tarafından denenmiştir. WQI, belirli tanımlanmış hedeflerin ışığında suyun bileşiminin ağırlıklı bir toplamıdır. Hedefler genellikle ulusal ve uluslararası su standartları olup, sudaki ana parametrelerin her birini içermektedir. WQI hesaplamalarda Ağırlıklı Aritmetik Su kalitesi İndeksi Yöntemi ve Kanada Su Kalitesi İndeksi (CWQI) yöntemleri olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. Ağırlıklı Aritmetik Yöntemine (AAY) göre belirlenen su kalite indeksi yüzey suları genel kalitesini değerlendirmek için kullanılmış ve yapılan hesaplamalarda suların "Mükemmel" ve "İyi" sınıfta olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemde su kalitesi için önemli olduğu düşünülen belli sayıda kalite seçilerek kalite indeksi hesaplanmaktadır. Bu işlem yapılırken genel olarak kirlenme belirtisi olan azot türevleri, bakteriler, çözülmüş oksijen gibi ekosistem açısından önemli olan parametreler dikkate alınmaktadır (Shukla vd, 2011; Arias vd, 2013; Baştürk ve Alver, 2019). CWQI genel su kalitesini belirlemek için uygulanmış ve AAY yönteminin aksine 9 noktada su kalitesi "Orta" olarak hesaplanmıştır. CWQI, yönteminde ulusal ve uluslararası standartlarda verilen sınır değeri aşan parametrelerin hepsi hesaplama işleminde kullanılmaktadır. Ayrıca analiz edilen parametre sayısının da hesaplamalarda yer alması daha kapsayıcı bir değer ortaya koymaktadır. AAY basit bir hesaplama gibi gözükmekte, CWQI ise daha detaylı bir şekilde analiz etmekte ve daha güvenilir sonucu veren bir metot olarak gözükmektedir (Çiftçi, 2021; Konare, 2021).

HES'lerin mevsimsel su kalitesine etkilerinin araştırılması amacıyla sulardan her

mevsim regülatörden önce ve santral binasından sonra alınan örnek konsantrasyonları arasında fark olup olmadığı her örnekleme dönemi için T testi uygulanarak belirlenmiştir. Testler sıcaklık, PH, EC, TDS, DO, nitrat azotu, Alüminyum, demir, mangan, BOI, KOI, kalsiyum, klorür, magnezyum, potasyum, sodyum, sülfat, alkalinite, TOC, toplam koliform parametreleri kullanılarak SPSS programıyla yapılmıştır. Test sonuçları zaman zaman belirli parametreler için fark olduğunu göstermiştir. Ancak farklar aynı parametrelerde tekrarlanmadığı için kesin fark olmadığı varsayılarak HES'lerin genelinde suların dönemsel olarak regülatörlerden önce ve sonra analiz edilmiş parametrelerin konsantrasyonları arasında istatistiksel fark olmadığını sonucuna varılmıştır.

Her HES'in için regülatörden önce ve sonra ölçülmüş her kalite parametresi detaylı olarak incelenmiştir. Sıcaklık değerinin regülatör öncesi ve sonrası değişiklik gösterdiği ve değişimin regülatör sonrası bir artış şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Ortalama sıcaklıkların regülatörden önce 13,73°C ve regülatörden sonra 14,29 °C olduğu yani %3,91'lik bir artış olduğu tespit edilmiştir. Havzada Verip, (2019)'un Çambaşı HES ve Regülatörü üzerinde yaptığı çalışmada sıcaklıkta %11 düzeyinde artış olduğu tespit edilmiştir. Nehir tipi HES'lerin su kalitesi üzerine etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada (Volera, 2012) noktalar arasında anlamlı farklılıklar olmadığı noktalar arasındaki sıcaklık değişikliklerinin ise mevsimsel ve meteorolojik etkenlerden olabileceği belirtilmiştir. Mevcut çalışmada tespit edilen regülatörden sonraki %3,91'lik sıcaklık artışının su miktarının azalması ve dolayısıyla atmosferik sıcaklıkların su sıcaklığı üzerinde etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bu fark özellikle su seviyesinin düşük olduğu yaz aylarında daha belirgindir.

pH değerleri Arca ve Güneşli II regülatörden önce yüksek, Enerjisa ve Çamlıkaya regülatörlerinden sonra daha yüksek olarak ölçülmüştür. Yüzeysel suların pH değeri iklim koşulları, beşeri faaliyetler ve kirlilik gibi faktörlerden etkilenebileceği için HES'lerin bir etkisi olmadığını düşünülmektedir. Koralay (2015), Çamlıkaya HES ve Arca HES'leri üzerine yaptığı çalışmada pH değerlerinde istatistiki olarak anlamlı değişimler tespit etmiştir. Araştırmacı bu değişimlerin inşaat aşamasında kum ocağından dereye bırakılan atık ve sedimentli suyun büyük etkisinin olduğunu belirtmiştir. Verip (2019) ise pH değerine HES'lerin bir etkisi olmadığını belirtmiştir.

Çalışmamızda EC ve TDS ortalama değerleri arasında birbirlerine paralel olarak artış

ve azalışlar meydana gelmiştir. İki parametre için regülatörden sonra bir artış olduğu gözlenmiş, en yüksek ortalama Enerjisa HES regülatörden sonra (EB) tespit edilmiştir. Volera (2012) yaptığı çalışmada HES'in inşaat aşamasındayken EC değerinin yüksek çıktığını ancak, HES işletilmeye başlandıktan sonra EC değerlerinde ile istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığını belirtmiştir. Verep (2019) yaptığı çalışmada baraj sonrası ve öncesi bölgeler arasındaki su kalite değişimleri EC için % 102 ve TDS %39 artış gösterdiği sonucuna varmıştır. EC ve TDS değerleri açısından sular SKKY (2021)'ya göre I. Sınıf olup, regülatör sonrası artışlarının suların kalitesini etkilemediği görülmüştür. Ancak Solaklı Deresi ve kolları her mevsim su taşıyan ve aylık akım değerleri çok fazla değişkenlik göstermeyen akarsulardır (DSİ, 2004). Dolayısıyla bu değişimler belirgin bir farklılık sunmamaktadır.

Solaklı havzası suları BOI ve KOI parametreleri açısından SKKY (2021)'ya göre III. Sınıf olup ve havzanın bir organik kirliliği olduğunu göstermektedir. BOİ ortalama değeri genel olarak regülatörden sonra bir artış göstermektedir. En yüksek ortalamaları Arca HES noktasında, en düşük değerleri Çamlıkaya HES'te gözlenmiştir. Organik kirliliğin su ekosistemlerine etkileri arasında oksijen seviyelerinde düşme, su kalitesinin bozulması, alg patlaması (ötrofikasyon), sucul canlılara zarar verme ve insan sağlığı için tehlikeli olabilecek mikroorganizmaların artması bulunmaktadır. Arca HES civarında nüfus yoğunluğunun fazla olması organik kirliliğin insan faaliyetlerinden kaynakladığını göstermektedir. Toplam Koliform Bakteri değerleri regülatörden önce Güneşli, Çamlıkaya ve Enerjisa HES'de daha düşük olarak gözlenmiştir. Solaklı Havzasında HES'lerin su kalitesine etkilerinin incelendiği bu çalışma sularda bulunan majör iyon (Ca, Mg, Na, K, HCO₃, SO₄, Cl) konsantrasyonlarına HES'lerin etkisi olmadığını göstermiştir. Ancak suyun miktarı ile değişebilecek T(°C), bulanıklık, fekal koliform, DO, BOI, toplam fosfat ve toplam nitrat gibi parametrelerde HES'lerin suyu aldığı noktadan itibaren azalan su miktarında genellikle artış yönünde değişimin olduğu gözlenmiştir. Bu değişimler akarsuya yan kollar eklenmesiyle tekrar etkisini kaybetmektedir. Dolayısıyla HES'lerin inşaat edilmesinde yan kollara yakınlıkları dikkate alınması su kalitesinin olumsuz etkilenmesini kısmen önleyebilecektir. Bu tür çalışmaların özellikle su miktarı yaz aylarında düşük olan akarsularda yapılırsa HES'lerin etkilerinin daha iyi analiz edileceği görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Solaklı havzasının hidrojeoloji incelenmesi, havzadaki yerüstü sularının kalitesinin belirlenmesi ve faaliyette olan hidroelektrik santrallerin suyun kalitesine olan etkilerinin ortaya konmasının amaçlandığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1- Araştırma alanında jeolojik olarak genellikle Mezozoik ve Senozoik yaşlı tortul ara katkılı volkanik kayalar yüzeylenmektedir. En yaşlı birim Hamurkesen Formasyonu en genç birim ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır.

2- Çalışma alanında yağış miktarı 718,8 mm ve 1639,7 mm, aylık sıcaklık değerleri ise 6,1 °C -14,4 °C arasında değişmektedir. Gerçek buharlaşma-terleme miktarı ise 446 mm ile 778,48 mm arasında değişmektedir.

3- İnceleme alanındaki yer üstü sularının kimyasal sınıfını belirlemek için majör iyon analizleri değerlendirilmiş ve Piper diyagramındaki konumlarına göre suların genel olarak kanyonları bakımından karışık, anyonları bakımından HCO_3 tipinde olduğu; sularda alkali toprak elementlerin ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) alkali elementlerden ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) fazla ve zayıf asit köklerinin ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$) güçlü asit köklerinden ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$) fazla olduğu belirlenmiştir.

4- Ağır metal ve iz elementler olarak demir (Fe), florür (F), Alüminyum (Al), Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Kobalt (Co), Kadmiyum (Cd), Arsenik (As), Cıva (Hg), Bor (B), Çinko (Zn), Selenyum (Se) ve Toplam Krom (Cr) analizleri yapılmıştır. Metal ve iz elementlerden Arsenik (As), Bakır (Cu), Bor (B), Çinko (Zn), Florür (F), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Selenyum (Se) ve Toplam Krom konsantrasyonları tüm su noktalarında oldukça düşük konsantrasyonlarda ölçülmüştür (0.001 mg/l'nin altında). Alüminyum (Al), Mangan (Mn) ve Demir (Fe) gibi iz metaller ise su noktalarında farklı konsantrasyonlarda tespit edilmiştir.

5- İnceleme alanındaki yerüstü su kalitesini belirlemek için sularda 32 parametre analiz edilmiş ve Su kirliliği kontrolü yönetmeliği kıta içi su kalite değerleri standart olarak baz alınmış ve yer üstü sularının BOI_5 ve KOİ parametreleri hariç, diğer parametreler açısından I. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. BOI_5 ve KOİ açısından ise III. Sınıf su kalitesindedir.

6- Su Kalitesi (WQI) hesaplamalarında Ağırlıklı Aritmetik Su kalitesi İndeksi Yöntemi ve Kanada Su Kalitesi İndeksi (CWQI) yöntemleri olmak üzere iki farklı yöntem

kullanılmıştır. Ağırlıklı Aritmetik Yöntemine (AAY) göre suların "Mükemmel" ve "İyi" sınıfta olduğu; CWQI'ne göre suların "Orta" sınıfta olduğu belirlenmiştir.

7- HES'lerin mevsimsel su kalitesine etkilerinin araştırılması amacıyla sulardan her mevsim regülatörden önce ve santral binasından sonra alınan örnek konsantrasyonları arasında fark olup olmadığı her örnekleme dönemi için T testi uygulanarak belirlenmiştir. Sıcaklık, PH, EC, TDS, DO, nitrat azotu, Alüminyum, demir, mangan, BOI, KOI, kalsiyum, klorür, magnezyum, potasyum, sodyum, sülfat, alkalinite, TOC, toplam koliform parametrelerinin kullanıldığı test sonuçları zaman zaman belirli parametreler için fark olduğunu göstermiştir. HES'lerin genelinde suların dönemsel olarak regülatörlerden önce ve sonra analiz edilmiş parametrelerin konsantrasyonları arasında istatistiksel fark olmadığını sonucuna varılmıştır.

8- Solaklı Havzasında HES'lerin su kalitesine etkilerinin incelendiği bu çalışma sularda bulunan majör iyon (Ca, Mg, Na, K, HCO₃, SO₄, Cl) konsantrasyonlarına HES'lerin etkisi olmadığını göstermiştir. Ancak özellikle suyun miktarı ile değişebilecek sıcaklık, bulanıklık, fekal koliform, DO, BOI, toplam fosfat ve toplam nitrat gibi parametrelerde HES'lerin suyu aldığı noktadan itibaren azalan su miktarında genellikle artış yönünde değişimin olduğu gözlenmiştir. Bu değişimler akarsuya yan kollar eklenmesiyle tekrar etkisini kaybetmektedir. HES'lerin mevsimsel su kalitesine etkilerinin araştırılması T-test uygulanması sonunda HES'lerin genelinde suların dönemsel olarak regülatörlerden önce ve sonra analiz edilmiş parametrelerin konsantrasyonları arasında istatistiksel fark olmamaktadır.

Su kalitesi izlemesi, çeşitli nedenlerle oldukça önemli olmaktadır. Bu nedenler arasında, İnsan Sağlığı, ekosistemlerin Sağlığı ve Biyoçeşitliliğin korunması da yer almaktadır. Su kalitesi izlemenin gelişmiş ve hassas yöntemlerle düzenli olarak yapılması ve sonuçların düzgün bir şekilde yorumlanıp uygulanması gerekmektedir. Bu tür çalışmalardan daha verimli sonuçlar elde edilmesi için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

1- Su kalitesi ile ilgili çalışmalarda uzun süreli olmak üzere çok sayıda parametreye ve çok sayıda analize gereksinim vardır. Benzer çalışmaların diğer havzalarda su kalitesi gözlem noktalarından numune alma sürelerinin kısalmasına ve daha sık veri toplanmasına olanak sağlayabilecektir. Veriler bu şartlara uygun olarak sağlandığı zaman elde edilecek sonuçlar daha güvenilir olacaktır.

2- Çalışma alanında Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ5) ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) yüksek bulunmuştur suyun oksijen seviyesinin düşük olduğunu ve sucul canlılar için potansiyel olarak tehlikeli olduğunu gösterir. Bu durumuna karşı önlemler alınmalıdır.

3- HES'ler ve su kalitesi arasındaki ilişki çeşitli araştırmalarda tartışılmıştır. HES projeleri planlanırken ve işletilirken su kalitesini izlemek ve korumak için özel önlemler alınması gerekmektedir. Bu çalışmada HES'lerin net bir etkisi tespit edilmemiştir. Bu durum meydana gelmesinde havzanın her mevsim yağış alan bölge olmasının etkisi büyüktür. Diğer havzalarda hem örnek sayısı hem de ve örnekleme sıklığı artırılarak benzer çalışmaların tekrarlanması ile daha verimli sonuçlar elde edebilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, C. (2001). Trabzon yöresi Değirmendere ve Solaklı havzaları yol şevlerinde yetişen yer örtücü bitkiler, Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1: 43-53.
- Acar, Y. (1996). Yerleşme ve Ziraat Hayatı açısından Baltacı ve Solaklı Deresi Havzaları, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, İstanbul.
- Aydın, M. (2023, Ocak 8). Hidrolik Enerji ve çevresel etkileri. Ses gazetesi. <https://www.sesgazetesi.com.tr/makale/2817700/metin-aydin/hidrolik-enerji-ve-cevresel-etkileri>
- Ağan, A., Ali Faik Altınbaş, A. F., Cevdet İrfan Eroğlu, C. İ., Hamzaçebi, S., Aydın, Ü. & Çetiner, L. (2017). Trabzon-Rize (Doğu Karadeniz Bölgesi) Metalik Maden Aramaları MTA, Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni (2017) 23: 53-65
- Ağan, A., Altınbaş, A. F., Eroğlu, C. İ., Hamzaçebi, S., Aydın, Ü. & Çetiner, L. (2016). Trabzon-Rize (Doğu Karadeniz Bölgesi) Metalik Maden Aramaları, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 23: 53-65.
- Ağar, Ü. (1977). Demirözü ve Köse Bölgesinin Jeolojisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Akbulut, C. (2016). Aşağı Seyhan Ovası (Adana) Yeraltı ve Yüzey Suyu Kaynaklarının Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Mersin.
- Akgiray, Ö., İçme Sularında Florür (Fluoride İn Drinking Water). Marmara Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Göztepe, İstanbul.
- Akın, M., & Akın, G. (2007). Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47(2), 105-118.
- Aksungur, M., Ak, O. & Özdemir, A. (2011). Nehir tipi hidroelektrik santrallerinin sucul ekosisteme etkisi: Trabzon örneği. 5(1), 79- 92.
- Alan, İ., Balcı, V., Keskin, H., Altun, İ., Böke, N., Demirbağ, H., Arman, S., Elibol, H., Soyakıl, M., Kop, A. & Hanılçı, N. (2019). Çayeli (Rize) ve İspir (Erzurum) arasında kalan alanın tektonostratigrafi k özellikleri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 0(158), 1- 29.
- Algancı, U. (2008). Akarsu Havzalarında Hidroelektrik Potansiyel Parametrelerinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Alver, A. & Basturk, E. (2019). Karasu Nehri Su Kalitesinin Farklı Su Kalitesi İndeksleri Açısından Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 23. 212-221.

- Andiç, G. (2007). Akım Ölçümleri Yetersiz Havzalarda Aylık Akımların ve Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Anonim (2012). Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ). Erciyes Üniversitesi.
- Anonim (2013). Katı Madde Tayini. Erciyes Üniversitesi.
- Arduç, G. (2023, Ocak 15). Sülfat: <https://galiparduc.com/sulfat/>. hml adresinden alınmıştır.
- Arkoç, O. (2016). Application Of Water Quality Index With The Aid Of Geographic Information System In Eastern Thrace To Assess Groundwater Quality, 40. 189-208.
- Arpacık, A., Alptuğ, S. & Gündoğdu, E. (2017). Doğu Karadeniz Bölgesinde Yaban Hayatı Turizm Potansiyeli.
- Aslan, H., & Soğuksulu, Ş. (2017). Nehir Tipi Hidroelektrik Santralleri (NT-HES)'nin Neden Olduğu Sorunlar ve Rehabilitasyon Çalışmaları: Trabzon Örneği. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 20(1), 67-74.
- Ayaz, E. (2009). Solaklı Havzasında Aylık ve Yıllık Debi Süreklilik Eğrilerinin Normalleştirme Yöntemiyle İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Aydın Er, B. (2023). Kızılırmak ve Yeşilirmak Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi, On dokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun.
- Aydınçakır, E. (2017). Taşlıyayla (Çaykara, Trabzon, KD Türkiye) Civarı Geç Kretase Yaşlı Kalk-alkali Volkanik Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(1), 51-78.
- Aygun, E. & Avcı, N. (2020). Hidroelektrik Santrallerin Turizme Etkileri: Uzungöl Solaklı Vadisi Örneği, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 23 (43), 471-483.
- Barış, N. (2008). Tahtalı Baraj Havzasının Hidrojeolojik İncelenmesi ve Yeraltı Suyu Kirlenebilirliğinin AHS- DRASTIC Yöntemi ile Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Başaran, B. (2016). Trabzon'da Yaşayan Tüketicilerin Geleneksel Gıdalara Yönelik Tutum ve Algıları (The Attitudes and Perceptions of The Consumers in Trabzon Towards Traditional Foods). 33. 99-110.

- Baştürk, E. & Alver, A. (2019). Melendiz Nehri su Kalitesinin Farklı Kullanım Amaçlarına Göre Değerlendirilmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(2), 731-740.
- Berkun, M., Aras, E. & Koç, T. (2008). Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler. TMH- Türkiye Mühendislik Haberleri, 6, 41-48.
- Bermúdez, X., Valero, E., Torre-Rodríguez, N. & Acuña-Alonso, C. (2020). Influence of Small Hydroelectric Power Stations on River Water Quality. Water. 12(2),312.
- Bilgin, A. (2018). Water Quality Index and Applications, Journal of Current Researches on Engineering, Science and Technology, 4 (2), 161-170.
- Boran, M. & Sivri, N. (2001). Trabzon (Türkiye) İl Sınırları İçerisinde Bulunan Solaklı ve Sürmene Derelerinde Nütrient ve Askıda Katı Madde Yüklerinin Belirlenmesi, Su Ürünleri Dergisi, 18, 343-348.
- Boyraz, Y. K. (2017). Meram İlçesinde Ev Tipi Su Arıtma Cihazlarının İçme Suyu Kalitesine Etkisi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Uzmanlık Tezi, Konya.
- Bulut, F. (1989). Çambaşı Trabzon-Çaykara Barajı ve Uzungöl Hidroelektrik Santral Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Calış, G. (2019). Solaklı havzasında kurulmuş nehir tipi hidroelektrik santrallerin çevresel etkileri, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Rize.
- CCME. (2001). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Canadian Water Quality Index 1.0 Technical Report, In Canadian environmental quality guidelines. 1999.
- Celep, S. (2009). Trabzon ili yeraltı ve yerustu sularının hidrojeokimyasal incelemesi ve su kalitesinin izlenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Çapar, G. (2019). Su Kaynakları Yönetimi ve İklim Değişikliği, İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 8, Ankara.
- Çetinkaya, T. (2006). Tarihli Sicil Defterİne Göre Trabzon'un Sosyal Tarih, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çiftçi, M. (2021). Yukarı Sakarya Nehri'nde Su Kalitesindeki Mevsimsel Değişimlerin İndekslere Bağlı Olarak Belirlenmesi ve Kirlenici Kaynaklarına Göre Değerlendirilmesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir.

- Çoğulu, E., (1975). Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar: İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, 1034, İstanbul, 112 s.
- Dede, Ö. & Sezer, M. (2017). Aksu Deresi Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kanada Su Kalitesi İndeks (CWQI) Modelinin Uygulanması. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 32.
- Doğanay, S. (2006). Trabzon'da Çay Tarımının Coğrafi Esasları, Doğu Coğrafya Dergisi, 16, 89-112.
- Durmuş, M.T. (2021). Ankara Çayı Su Kalitesinin NSF-WQI İndeksi Kullanılarak Belirlenmesi ve Çözüm Önerilerinin Değerlendirilmesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim -Enstitüsü, Eskişehir.
- Erdoğan, N. (2017). Doğu Karadeniz Havzası'nda Kirlilik Yüklerinin Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Eren, M., (1983). Gümüşhane-Kale arasının Jeolojisi ve mikrofasiyes incelemesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Gajendran, C. (2011). Water Quality Assessment And Prediction Modelling Of Nambiyar River Basin, Tamil Nadu India, Doctor of philosophy, Faculty of Civil Engineering, Anna University ,Chennai, India.
- Gevrekçioğlu, N. (2021). Application Of A Water Quality Model For The Küçük Menderes River, Dokuz Eylül University, Graduate School Of Natural And Applied Science, Degree Of Master, İzmir.
- Gokdemir, M., Komurcu, M. I. & Evcimen, T. U. (2012). Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, İMO Su Yapıları Kurulu, TMH- 471 – 2012/1.
- Gökbulut, H. (2011). Haringet Çayı'nın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elâzığ.
- Göktaş, H. (2018). Türkiye için Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Önemi ve Durum Analizi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Kırklareli.
- Guettaf, M., Maoui, A. & Ihdene, Z. (2014). Assessment of water quality: a case study of the Seybouse River (North East of Algeria). Applied Water Science. 7. 1-13.
- Güler, Ç ve Çobanoğlu, Z. (1997). Su kimyası. Çevre Sağlığı Temel Kaynağı Dizisi, No 43.
- Güloğlu, E., Başbüyük, M., Balcı, B. & Erkurt, F.E. (2023). Adana İli İçme Suyu Kalite İndeksinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(3), 765-773.

- Gültekin, F. & Hatipoğlu Temizel, E. (2020). Kentsel Faaliyetlerin Kıyı Akiferlerine Etkileri: Doğu Karadeniz Havzası Örneği, Türkiye Jeoloji Bülteni, 63 (1), 69-82.
- Gültekin, F., Fırat Ersoy, A., Hatipoğlu Temizel, E. & Celep, E. (2012). Trabzon İli Akarsularının Yağışlı Dönem Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi, Ekoloji, 21. 77-88.
- Gümüş, N. E. & Akköz, C. (2020). Eber Gölü (Afyonkarahisar) Su Kalitesinin Araştırılması, Limnofish-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research 6(2): 153-163.
- Güneş Şen, S. (2021). Kastamonu Yöresi Ormancılık Uygulamalarının Su Kalitesine Etkisi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kastamonu.
- Gürgeç, G. (2004). Doğu Karadeniz Bölümü'nde Maksimum Yağışlar ve Taşkınlar Açısından Önemi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı2, 79-92.
- Güven, H. (1990). Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/100.000 ölçekli kompilasyon çalışması, (yayımlanmamış).
- Güven, H. (1993). Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/100.000 ölçekli harita ve jeoloji raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- H. Rubio-Arias, H., Ochoa-Rivero, J., Quintana, R., Saucedo-Teran, R., Ortiz-Delgado, R., Rey-Burciaga, N. & Espinoza-Prieto, J. (2013). Development of a Water Quality Index (WQI) of an Artificial Aquatic Ecosystem in Mexico, Journal of Environmental Protection, Vol. 4 No. 11, pp. 1296-1306.
- Hébert, S., (1997). Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, envirodoq no EN/970102, 20 p., 4 annexes.
- Horton, R.K. (1965). An Index Number System for Rating Water Quality, Journal of the Water Pollution Control Federation, 37, 300-306.
- Kaçan, M. (2020). Fethiye Körfezinde Su Kalitesi İndeksleri ile Değerlendirmenin Karşılaştırılması, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kaçar, K. (2019). Hakkari- Merkez Sulama Havuzlarındaki Su Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Van.
- Kalem, Y. (2022, Aralık 8). Alkalinite Analizi: <https://www.yesilaski.com/alkalinite-analizi.html>. htm alınmıştır.

Kalem, Y. (2023, Ocak 20). Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ):

<https://www.yesilaski.com/biyokimyasal-oksijen-ihtiyaci-analizi.html>. htm

alınmıştır.

Kambalagere, Y. & Puttaiah, E. (2008). Determination of Water Quality Index and Suitability of an Urban Waterbody in Shimoga Town, Karnataka. The 12th World Lake Conference.

Karadeniz, V., Akpınar, E. & Başbüyük, A. (2011). Nehir Tipi Hidroelektrik Santraller ve Çevresel Etkileri (Reşadiye Hidroelektrik) Santralleri Örneği, Doğu Coğrafya Dergisi, 16, 95-114.

Karakoyun, Y. & Yumurtacı, Z. (2013). Hidroelektrik Santral Projelerinde Çevresel Akış Miktarının ve Çevresel Etkinin Değerlendirmesi. Tesisat Mühendisliği, MMO, vol.12, no.138, pp.7-23.

Karakuş, M. (2012). Doğu Karadeniz bölgesindeki bazı göllerin morfo-edafik indeks yöntemi ile verimliliklerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Karayusufoğlu, S. (2010). Solaklı Havzasının Uzaktan Algılama (UA) Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Hidrolojik Modelinin Oluşturulması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Katıp, A. (2010). Uluabat Gölü Su Kalitesinin İzlenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bursa.

Khan, A A., Paterson, R. & Khan H. (2004). Modification and Application of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for the Communication of Drinking Water Quality Data in Newfoundland and Labrador, Water Qual. Res. J. Canada, Vol. 39, pp 285–293.

Koç, A., Yağlı, H., Koc, Y. & Uğurlu, I. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi, Mühendis ve Makina dergisi, 59, 86-114.

Koçak, B. (2022). Türkiye Sularında Hesaplanmış Su Kalitesi İndeksleri, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Bitirme Tezi, Van.

Konare, M. (2019). Amasya İli Yüzey ve Yeraltı suyu Kalite Parametrelerinin Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.

Koralay, N. (2015). Solaklı Havzasında Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Su Kalitesine Etkileri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Trabzon.

- Koralay, N., Ömer Kara, Ö. & Kezik, U. (2014). Solaklı Deresinde Askıda Katı Madde Miktarının Zamansal Değişimi, I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu, s. 365-370. Çankırı.
- Kurt, M.A. (2010). Deliçay ve Tarsus Çayı (Mersin) Arasında Kalan Alandaki Toprak Profillerinin Mineralojisi, Toprak ve Su Kirliliğinin Araştırılması, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Mersin.
- MTA. (1998). Trabzon C30 ve D30 Paftalarının Jeoloji Haritası, Ankara.
- Mustapha, A. & Aris, A. Z. (2011). Application of water quality index method in water quality assessment. Elixir on line Journal, 33, 2264-2267.
- Oğuz, T.C. (2015). İçme suyu arıtımında yaygın olarak karşılaşılan su kalite problemleri ve arıtımı için çözüm önerileri. Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 92, Ankara
- Özay, G. (2019). Çoklu Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin (HES) Kabaca Deresi'nin Su Miktarı, Su Kalitesi ve Askıda Sediment Değerleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, Artvin.
- Özçelik, S. (1982). Bazı Gıdalarda Nitrit ve Nitrozaminlerin Oluşumu ve Sağlığa Zararlı Etkileri. Gıda, 7(4).
- Özdemir, N., Yılmaz, F. & Yorulmaz, B. (2007). Investigation of physico-chemical parameters and fish fauna of Bereket hydro-electric plant dam lakes on Dalaman river. Ekoloji. 16. 30-36.
- Öztürk, A. (1979). Lâdik-Destek Yöresinin Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22, 1, 27-34, Ankara.
- Pelin, S.(1977). Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Yayınları, 103 s, Trabzon.
- Philipppart, J.C., Ovidio, M., Rimbaud, G. et Poncin, P. (2013). Essai d'estimation des dommages piscicoles engendrés par les prises d'eau industrielles et les turbines hydroélectriques dans les cours d'eau de la Province de Liège. Partie F. Chapitre 7. Les centrales hydro-électriques sur la Vesdre. Rapport pour l'année 2013 à la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole de Wallonie, Université de Liège LDPH, 187 pages+ annexes (décembre 2013
- Priya, KL., Jebastina, N., & Prince Arulraj, G. (2012). Assessment of Water Quality Indices for Groundwater in the Singanallur Sub-Basin, Coimbatore, India. 1: 186. doi:10.4172/scientificreports.186

- Priya, K.L., Jebastina, N., & Prince Arulraj, G. (2012). Assessment of Water Quality Indices for Groundwater in the Singanallur Sub-Basin, Coimbatore, India. 1: 186. doi:10.4172/scientificreports.186
- Provencher, M. (1979). Indice De La Qualité Des Eaux, Canadian Water Resources Journal, 4:2, 82-93.
- Ramakrishnaiah, C.R., Sadashivaiah, C., & Ranganna, G. (2009). Assessment of Water Quality Index for the Groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India, E-Journal of Chemistry, 6 (2), 523-530.
- Resm  Gazete. (2021). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210616-1.htm>
- Sakal, M. (1991). Solaklı vadisinde kırsal yerleşme, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Sayın, A. (2000). Değirmendere Havzasında Bazı Kirleticilerin Düzeyleri ve Ortama Etkileri, Karadeniz Teknik Universitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Selek, Z. & Karaaslan, Y. (2019). Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi, Bölüm 1. Giriş, Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı, pp.1-5.
- Serdar, H. S., Aydın, M. C. & Yazman, K.M. (1984). İnebolu- Sinop- Samsun-  arşamba- Havza- Vezirköprü-Boyabat-Taşköprü Y relerinin jeolojisi (Orta Pontidler), 38.TJK, Bil.  zleri, 45-46, Ankara.
- Serdar, S. (2015). Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fizikokimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Rize.
- Sever, R. & Kalın, O. (2011). Artvin İlinde Yapılan/ Yapılmakta olan Barajlar Hakkında Artvin Halkının Bazi Goruşları, Doğu Coğrafya Dergisi ,15 (23) , 65-80.
- Seymen, İ., (1975). Kelkit Vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Tektonik  zellikleri; Doktora Tezi. İ.T. . yayınları, İstanbul, 192s., (Yayınlanmamış).
- Shukla, SP., Agrawal, V., Singh, NB., Shukla, R., Bhargava, D. & Behera, S. (2011). Water quality index of surface water quality in an industrial area in Kanpur City, Journal of the Institution of Engineers (India): Environmental Engineering Division, 92. 18-22.
- S me, V. & Fırat, S. S. (2020). Hidroelektrik Santraller ve Trabzon İlinde Bulunan Hidroelektrik Santrallerin Şehir ve Doğu Karadeniz Havzası İçin  nemi. Türk Hidrolik Dergisi, 4(1), 10-24.

- Şahin, M., (2018). porsuk çayı'nın su kalite indekslerine göre değerlendirilmesi ve baraj gölü trofik seviyesinin belirlenmesi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi,Eskişehir.
- Talhaoui, A., Hmaidi, A. E., Jaddi, H., Ousmana, H., & Manssouri, I. (2020). Calcul De L'indice De Qualité De L'eau (IQE) Pour L'évaluation De La Qualité Physico-Chimique Des Eaux Superficielles De L'Oued Moulouya (NE, Maroc) European Scientific Journal, ESJ, 16 (2), 64
- Terzioğlu, S. (1998). Uzungöl (Trabzon-Çaykara) ve Çevresinin Flora ve Vegetasyonu. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- TMMOB 2012.Türkiye'nin Enerji Görünümü, MMO Raporu, Yay No:588, Ankara.
- Toraman Selçuk, Z. (2011). Van ve Yöresi İçme Sularında Aeromonas Spp., Koliform, Escherichia Coli Varlığının Araştırılması ve İzole Edilen Aeromonas Türlerinin Antimikrobiyal Maddelere Dirençliliklerinin Belirlenmesi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Van.
- Toros, H. (2000). İstanbul'da Asit Yağışları, Kaynakları ve Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Trabzon Valiliği, (2015). Trabzon İl Planı 2015 – 2023, Türkiye.
- Turhan, E., Cağatay, H. & Kececi, A. (2015). Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevresel ve Sosyal Etkileri: Alakır Vadisi Örneği, Su Yapıları Sempozyumu,67-77
- TÜMAŞ Türk Mühendislik Müşavirlik ve Müteahhitlik A.Ş. (2018). Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme Taslak Kapsam Belirleme Raporu. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı, Taşkın Yönetimi Şube Müdürlüğü, Ankara.
- URL-1. (2022, Nisan 8). Coğrafi Yapı: <https://www.caykara.bel.tr/Sayfa/67/cografii-yapi>.htm adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2023, Ocak 11). Çözünmüş Oksijen: <https://www.aem.com.tr/cozunmus-oksijen-nedir-olcumu-tayini-nasil-yapilir/>.htm adresinden alınmıştır.
- URL-3. (2023, Ocak 15). Sertlik: <https://www.ilersuaritma.com/t-sertlik-ind-coz-500cc/>. htm adresinden alınmıştır.
- URL-4.(2023, Ocak 11). Askıda Katı Madde (AKM 105 °C): <https://chevremuhendisi.blogspot.com/2010/01/askida-kati-madde-akm-105oc.html>. htm adresinden alınmıştır
- URL-5. (2023, Ocak 11). <https://www.aem.com.tr/kimyasal-oksijen-ihtiyaci-koi-analizi/> htm adresinden alınmıştır.

- URL-6. (2023, Ocak 11). https://www.diatek.com.tr/Makale-Yontem/Sularda-Ecoli-Koliform-Grubu-Bakteriler-ve-Fekal-Koliformlar/Sularda-Ecoli-Koliform-Grubu-Bakteriler-ve-Fekal-Koliformlar_132.htm. htm adresinden alınmıştır.
- URL-7.(2023, Ocak 12). https://tr.wikipedia.org/wiki/Su_mikrobiyolojisi. htm adresinden alınmıştır.
- URL-8. (2023, Şubat 20). <https://tr.wikipedia.org/wiki/Tuzluluk>. htm adresinden alınmıştır.
- URL-9. (2023, Şubat 20). <https://www.laboratuvar.com/gida-analizleri/kimyasal-analizler/yag-ve-gres-tayini>. htm adresinden alınmıştır.
- URL-10. (2023, Şubat 19). <https://www.laboratuvar.net/gida-analizleri/fiziksel-analizler/yag-ve-gres-tayini-olcumu/>. htm adresinden alınmıştır.
- Uysal, E. (2015). Eskişehir’deki Sulama Göletlerinin su Kalite İndekslerinin Belirlenmesi ve Ekolojik açıdan Değerlendirilmesi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, Eskişehir.
- Uzun, O. (2011). Hidro Elektrik Santraller (HES) ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (CED) Düzce Örneği, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 7, 1-13.
- Valero, E. (2012). Characterization of the Water Quality Status on a Stretch of River Lerez around a Small Hydroelectric Power Station. Water. 4. 815-834.
- Verep, B. & Çalış, Ç. (2021). Solaklı Akarsu Havzasında Kurulmuş Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri. Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, 6(4), 684-699.
- Verep, B., Serdar, S., Özçelik, A.E. & Yüksek, T. (2020). Doğu Karadeniz Havzası Akarsuları Fiziko-Kimyasal Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Dağılışının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Belirlenmesi. Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, 5(4), 725-742.
- Verep, B., Şahin C., Çilooğlu H, E. & İmamoğlu O. (2002). Uzungöl’ün İklimi ve Çevresel Sorunları Üzerine Bir Çalışma Atatürk Üniversite. Ziraat Fakültesi. Dergisi. 33 (4), 353-358.
- Villeneuve, V., Legare S., Painchaud, J. & Vincent, W. (2004). Dynamique Et Modélisation De L’oxygène Dissous En Rivière (Dynamics And Modelling Of Dissolved Oxygen In Rivers), Ministère Du Développement Durable, De L’environnement Et Des Parcs Du Québec, Canada.

- World Health Organization & International Programme on Chemical Safety. (1996). Guidelines for drinking-water quality. Vol. 2, Health criteria and other supporting information, 2nd ed. World Health Organization
- Yaman, M. & Haşıl, F. (2018). Türkiye’deki Hidroelektrik Santrali (HES) Uygulamalarına Çevre Açısından Bakış, Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi, 3, 145-156.
- Yıldırım, Ümit. (2021). Trabzon (KD Türkiye) Akarsu Havzalarının Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Morfometrik Analiz Yoluyla Hidrolojik Değerlendirmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 23. 1-1. 10.24011/barofd.894180.
- Yıldız, Sayiter & Karakus, Can. (2018). Sivas 4 Eylül Barajı Su Kalitesi-Seviye İlişkisinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Haritalanması. Academic Platform-Journal of Engineering and Science. 10.21541/apjes.337111.
- Yılmaz Erdem, Y. (2017). Doğu Karadeniz Bölgesi Denizaltı Volkanizması. Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni 24: 27-35.
- Yılmaz, Ş. (2018). Sayfa 309. Türkiye’nin enerji görünümü 2018. Ankara: Makina Mühendisleri Odası yayınları.
- Yurtseven, İ., Özhan, S., & Hızal, A. (2011). Meşe-Kayın Karışık Ormanında Orman altı Yağış, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 61(1), 23-30.
- Zaman, M. (2018). Doğu Karadeniz Bölümü Sahil Yöresindeki Kırsal Yerleşmeler ve Özellikleri, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 22(1): 323-346.
- WWF. (2014). Türkiye’nin Su Riskleri Raporu. İstanbul.
http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiyenin_su_riskleri_raporu_web.pdf
- Ek. Şekil 1. Çalışma alanında ölçülen noktaları 1

7. EKLER

EkTablo 1. Çalışma alanında ölçülen parametreleri analiz sonuçları

Param.	Yükseklik	İstas.	ARA	GA	GB	EA	CA	CB	EB	SOL	UG
		104,0	73,0	185,0	311,0	376,0	658,0	974,0	623,0	1225,0	1138,0
Sıcaklık	Haziran	17,3	17,7	20,0	14,7	18,6	15,3	13,7	17,5	14,1	13,3
	Eylül	14,8	13,3	14,2	12,8	12,4	12,1	12,6	15,8	13,2	12,1
	Ocak	6,5	7,0	6,2	8,1	8,2	7,5	8,6	5,9	7,4	7,3
	Temmuz	19,6	21,3	16,9	18,2	20,5	17,6	16,4	17,3	16,8	16,1
PH	Haziran	7,1	9,3	7,8	7,6	7,5	7,0	7,0	7,3	7,4	7,0
	Eylül	7,2	8,8	7,4	7,8	7,6	7,1	7,2	7,6	7,0	7,2
	Ocak	7,6	8,3	7,5	8,3	7,7	7,6	7,3	7,1	7,1	7,0
	Temmuz	7,8	7,6	8,4	8,0	7,4	7,4	7,2	6,9	7,5	7,6
EC	Haziran	97,1	95,3	54,3	78,0	198,1	85,9	81,3	54,3	39,8	45,8
	Eylül	203,8	136,9	56,0	64,4	154,3	89,1	101,1	69,2	36,7	59,3
	Ocak	98,0	89,9	78,0	59,8	162,1	79,0	125,0	95,3	45,8	51,7
	Temmuz	101,0	110,2	148,7	76,1	168,3	51,9	66,0	88,0	38,2	57,0
TDS	Haziran	45,8	44,9	24,0	36,7	94,6	40,5	38,3	24,4	18,6	21,5
	Eylül	123,5	84,7	31,1	21,5	96,8	48,6	56,9	37,8	9,8	34,8
	Ocak	75,2	84,1	65,3	71,0	83,3	71,2	65,2	66,2	54,0	78,5
	Temmuz	88,8	105,7	65,8	53,3	79,3	68,4	56,8	54,0	35,5	64,5

Ek Tablo 1'in devamı

AKM	Haziran	6,0	3,0	4,0	3,0	16,0	2,0	2,0	3,0	3,0	2,0
	Eylül	40,0	400,0	320,0	56,0	120,0	30,0	55,0	27,0	44,0	62,0
	Ocak	5,0	4,0	3,0	2,5	12,0	5,0	3,0	3,0	2,0	3,0
	Temmuz	4,0	5,0	3,0	6,0	5,0	6,0	4,0	2,0	9,0	8,0
Nitrat azotu	Haziran	0,5	0,5	0,7	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
	Eylül	0,7	0,7	0,3	0,3	0,1	0,5	0,3	0,2	0,3	0,0
	Ocak	0,6	0,4	0,6	0,4	0,3	0,5	0,1	1,1	0,2	0,2
	Temmuz	0,7	0,4	1,3	2,0	0,1	0,5	0,1	0,4	0,2	1,0
AL	Haziran	59,4	61,3	69,2	60,4	40,4	62,0	40,4	56,6	57,3	58,5
	Eylül	205,0	460,0	175,7	205,1	81,1	165,6	172,1	64,7	205,1	7,5
	Ocak	55,0	82,0	62,0	50,0	35,0	90,0	75,0	62,0	55,0	47,0
	Temmuz	78,0	85,0	100,0	83,5	125,0	100,0	112,0	55,0	66,0	90,5
Demir	Haziran	51,9	50,5	56,2	55,0	48,3	44,5	45,2	48,0	46,9	46,0
	Eylül	114,0	480,0	35,0	62,0	17,0	33,0	79,0	72,0	62,0	29,0
	Ocak	47,0	55,0	45,0	51,0	41,0	75,0	35,0	77,0	38,0	41,0
	Temmuz	65,0	60,0	61,5	39,0	113,0	85,0	86,0	63,0	180,0	213,0
Mangan	Haziran	44,8	34,3	38,2	31,0	55,0	24,5	29,0	30,8	34,9	23,4
	Eylül	222,0	472,0	1,2	0,7	61,8	4,3	65,9	1,4	0,7	0,7
	Ocak	41,0	28,0	33,0	43,0	41,0	11,0	22,0	15,0	28,0	27,2
	Temmuz	15,0	33,0	43,0	32,0	12,0	15,0	32,0	12,0	20,5	21,0

Ek Tablo'in devamı

BOİ5	Haziran	87,0	85,0	87,0	74,0	88,0	72,0	76,0	75,0	76,0	74,0
	Eylül	11,0	12,0	10,0	8,0	13,0	10,0	55,0	18,0	6,0	8,0
	Ocak	70,0	75,0	75,0	70,0	75,0	55,0	65,0	60,0	72,0	60,0
	Temmuz	50,0	220,0	85,0	30,0	100,0	65,0	45,0	65,0	90,0	100,0
Kalsiyum	Haziran	17,1	15,9	20,4	14,0	28,9	14,8	13,8	9,3	6,9	7,9
	Eylül	16,0	18,0	16,0	18,0	26,0	15,0	13,0	24,0	8,0	7,0
	Ocak	16,0	16,0	20,0	12,0	24,0	24,0	16,0	20,0	8,0	8,0
	Temmuz	20,0	20,0	24,0	30,0	26,0	20,0	22,0	22,0	28,0	32,0
KOI	Haziran	145,0	152,0	150,0	149,0	150,0	143,0	147,0	148,0	145,0	148,0
	Eylül	20,1	22,5	18,5	85,0	25,5	22,0	109,0	34,6	12,6	15,8
	Ocak	135,0	125,0	140,0	150,0	130,0	110,0	130,0	120,0	140,0	125,0
	Temmuz	100,0	140,0	155,0	85,0	215,0	135,0	75,0	100,0	200,0	225,0
Klorür	Haziran	0,9	0,9	1,0	0,5	1,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4
	Eylül	0,5	0,7	0,3	0,4	0,8	0,4	0,6	0,4	0,3	0,3
	Ocak	0,8	0,8	0,8	0,4	1,2	1,8	0,5	3,5	0,3	0,3
	Temmuz	1,0	0,9	1,0	1,0	0,0	0,4	0,0	0,5	0,4	1,2
Magnezyum	Haziran	1,7	1,8	2,1	1,3	5,4	1,5	1,6	0,7	0,4	0,4
	Eylül	1,8	1,6	1,8	1,4	3,5	1,4	1,2	2,5	0,8	0,6
	Ocak	1,2	2,4	1,2	1,4	4,8	2,4	1,2	3,6	1,4	0,4
	Temmuz	2,0	2,8	2,4	3,2	3,0	1,6	2,6	2,5	2,5	2,4
Potasyum	Haziran	0,3	0,4	0,3	0,2	0,5	0,5	0,3	0,2	0,0	0,1
	Eylül	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ocak	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	1,1	0,1	0,1

Ek Tablo 1'in devamı

Toplam Koliform	Haziran	800,0	920,0	980,0	975,0	150,0	980,0	570,0	1000,0	100,0	978,0
	Eylül	150,0	1000,0	1052,0	1000,0	1000,0	1000,0	1600,0	1600,0	110,0	38,0
	Ocak	450,0	250,0	700,0	825,0	130,0	200,0	350,0	230,0	150,0	520,0
DO	Haziran	9,2	9,3	8,9	9,5	8,9	9,2	8,9	9,1	8,9	9,8
	Eylül	10,1	10,5	10,2	10,6	10,1	10,4	10,2	10,6	10,5	11,0
	Ocak	8,0	9,8	10,2	9,6	8,1	8,1	7,5	9,0	8,5	9,8
	Temmuz	9,8	9,1	7,7	8,7	8,2	8,6	8,7	8,2	7,9	9,8

ÖZ GEÇMİŞ

Nadine Wendyam Farida Ouedraogo ilk, orta ve lise öğrenimini (Wagadugu) Burkina Faso'da tamamladı. 2007-2008 öğretim yılı bahar döneminde Wagadugu Üniversitesinde Yaşam ve yer bilimleri Enstitüsü kazanarak 2011 yılında Genel jeoloji Lisans diploması ile mezun oldu ardından 2012 yılında Genel jeoloji yüksek lisans diploması aldı. 2013-2015 yılları arasında Mali'nin Ulusal Mühendisler Yüksekokulu (ENI-ABT), Jeoloji Mühendisliği bölümü hidrojeoloji anabilimde yüksek lisansını tamamladı. 2017-2018 öğretim yılı bahar döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde Türkçe hazırlık tamamlayıp ardından Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'nda Doktora öğrenimine başladı. Yazar bekar ve çocuklu olup, iyi derecede Fransızca bilmektedir.