

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :

Üye :

Üye :

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Doğu Karadeniz Havzası Akarsularında Su Kalitesinin İncelenmesi ve Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Tahmin Edilmesi” başlıklı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmayı bana öneren, çalışmanın her aşamasında ilgi ve desteğini eksik etmeyen, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile yol gösteren, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam Doç. Dr. Adem BAYRAM’a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Bilgisini ve desteğini benden esirgemeyen, 19 Şubat 2013’te vefat eden pek kıymetli hocam Doç. Dr. Murat İhsan KÖMÜRCÜ’ye teşekkürü bir borç bilirim.

Değerli zamanlarını ayırıp Tez çalışmamı değerlendiren hocalarım, Prof. Dr. Ömer YÜKSEK ve Doç. Dr. Murat KANKAL’a ayrı ayrı teşekkür ederim. Yoluma ışık tutan ve manevi desteğini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Murat KANKAL’a ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalışmamın modelleme kısmında desteğini ve emeğini esirgemeyen Arş. Gör. Osman Tuğrul BAKİ’ye ve düzenlenmesi kısmında yardımlarından ötürü Arş. Gör. Betül METE’ye teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca üzerimde emeği olan hocalarıma teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında desteklerini esirgemeyen Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü’ne, bu bölge müdürlüğüne bağlı Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü’nde görevli hidrolog personeline, Su Kalitesi Baş Mühendisliği ekibine ve özellikle Perihan KONAKOĞLU’na, Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü’nde görevli başta Şube Müdürüne ve emeği geçen tüm iş arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Tez çalışmam sırasında büyük bir anlayış ve fedakarlık örneği gösteren, desteğini bir kez olsun esirgemeyen sevgili eşim Orman Yüksek Mühendisi Banu BAHADIR ERDOĞAN’a, canım oğlum Mustafa Emir ve kızım İpek’e çok teşekkür ederim. Hayatım boyunca maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan, bu günlere gelme sebebim canım annem ve babama tüm kalbimle teşekkür ederim.

Bu çalışmanın bilime, bölgemize ve ülkemize yararlı olmasını dilerim.

Merhum Doç. Dr. Murat İhsan KÖMÜRCÜ anısına...

İlyas ERDOĞAN

Trabzon, 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz Havzası Akarsularında Su Kalitesinin İncelenmesi ve Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Tahmin Edilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Adem BAYRAM’ın 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. 04/10/2019

İlyas ERDOĞAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Su	1
1.2. Ulusal Su Kaynakları.....	1
1.3. Ulusal Su Kaynakları Standart ve Yönetmelikleri	2
1.3.1. TS 266.....	2
1.3.2. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği.....	3
1.3.3. İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik	4
1.4. Uluslararası Su Kaynakları Standart ve Yönetmelikleri.....	5
1.4.1. 98/83/EC Sayılı Konsey Direktifi.....	5
1.4.2. US EPA 822-F-18-001	5
1.4.3. Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Kalitesi Rehberi.....	5
1.5. Yapay Sinir Ağları.....	7
1.6. Literatür Araştırması.....	8
1.6.1. Yerüstü Su Kalitesi Takibine Yönelik Literatür Araştırması	8
1.6.2. Askıda Katı Madde Tahminine Yönelik Literatür Araştırması	11
1.7. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	13
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	14
2.1. Doğu Karadeniz Havzası	14
2.1.1. Coğrafi Konum	14
2.1.2. Yerçekimleri	15
2.1.3. İklim.....	15
2.1.4. Su Kaynakları	16

2.2.	Su Kalitesi Takibi Yapılan Akarsular.....	16
2.2.1.	Fırtına Akarsuyu	16
2.2.2.	İyidere Akarsuyu	17
2.2.3.	Solaklı Akarsuyu	18
2.2.4.	Karadere Akarsuyu	18
2.2.5.	Söğütlü Akarsuyu	19
2.2.6.	Aksu Akarsuyu	20
2.3.	Çalışmanın Gerçekleştirildiği Dönem	20
2.4.	Çalışma Kapsamında Takibi Yapılan Su Kalite Değişkenleri.....	20
2.4.1.	Yerinde Gerçekleştirilen Ölçümler ve Su Örneklerinin Alınması.....	21
2.4.1.1.	Debi Ölçümü.....	22
2.4.1.2.	Sıcaklık Ölçümü	22
2.4.1.3.	Çözünmüş Oksijen Ölçümü.....	22
2.4.1.4.	pH Ölçümü	23
2.4.1.5.	Elektriksel İletkenlik Ölçümü.....	23
2.4.2.	Su Örneklerinin Filtre Edilmesi ve Laboratuvarda Gerçekleştirilen Analizler	23
2.4.2.1.	Bulanıklık Ölçümü	23
2.4.2.2.	Askıda Katı Madde Tayini	23
2.4.2.3.	Amonyum Azotu ve Toplam Sertlik Tayini	24
2.4.2.4.	Nitrat Azotu, Florür ve Klorür Tayini	24
2.4.2.5.	Toplam Kjeldahl Azotu Tayini.....	25
2.4.2.6.	Toplam Azot Tayini.....	25
2.4.2.7.	Orto Fosfat Fosforu ve Toplam Fosfat Fosforu Tayini	26
2.4.2.8.	Toplam Organik Karbon Tayini	26
2.4.2.9.	Alüminyum İyonu, Toplam Demir ve Çinko İyonu Tayini.....	26
2.5.	Askıda Katı Madde Tahmin Çalışmaları	27
2.5.1.	Çoklu Regresyon Analizi.....	27
2.5.2.	Yapay Sinir Ağları.....	28
2.5.3.	Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Ölçütleri	30
3.	BULGULAR	32
3.1.	Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular	32
3.2.	Askıda Katı Madde Tahmininde Çoklu Regresyon Analizi Model Bulguları .	45
3.3.	Askıda Katı Madde Tahmininde Yapay Sinir Ağları Model Bulguları.....	52

4.	İRDELEME	57
4.1.	Arazi ve Laboratuar Çalışmalarından Elde Edilen Bulguların İrdelenmesi	57
4.1.1.	Debinin Akarsularda Mevsimsel Değişimi.....	57
4.1.2.	Su Sıcaklığının Akarsularda Mevsimsel Değişimi	57
4.1.3.	Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi	58
4.1.4.	pH'nın Akarsularda Mevsimsel Değişimi	59
4.1.5.	Elektriksel İletkenliğin Akarsularda Mevsimsel Değişimi.....	60
4.1.6.	Bulanıklığın Akarsularda Mevsimsel Değişimi	61
4.1.7.	Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi ...	61
4.1.8.	Toplam Sertliğin Akarsularda Mevsimsel Değişimi	62
4.1.9.	Amonyum Azotunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi.....	63
4.1.10.	Nitrat Azotunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi	64
4.1.11.	Toplam Kjeldahl Azotunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi.....	65
4.1.12.	Toplam Azotun Akarsularda Mevsimsel Değişimi	66
4.1.13.	Orto-fosfat Fosforunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi	67
4.1.14.	Toplam-fosfat Fosforunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi	68
4.1.15.	Toplam Organik Karbonun Akarsularda Mevsimsel Değişimi	69
4.1.16.	Florür İyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi	70
4.1.17.	Klorür İyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi	71
4.1.18.	Alüminyum İyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi.....	72
4.1.19.	Toplam Demirin Akarsularda Mevsimsel Değişimi.....	73
4.1.20.	Çinko İyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi	74
4.2.	Askıda Katı Madde Konsantrasyonu Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi	75
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	77
6.	KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

DOĞU KARADENİZ HAVZASI AKARSULARINDA
SU KALİTESİNİN İNCELENMESİ VE
ASKIDA KATI MADDE KONSANTRASYONUNUN TAHMİN EDİLMESİ

İlyas ERDOĞAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Adem BAYRAM
2019, 83 Sayfa

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası akarsularından Fırtına ve İyidere (Rize), Solaklı, Karadere ve Söğütlü (Trabzon) ile Aksu'da (Giresun), her bir akarsuda bir istasyon olmak üzere toplamda seçilen altı gözlem istasyonunda, 2016 Mart ile 2019 Haziran arasındaki dönemi kapsayan 14 mevsim boyunca, üç ay aralıklarla su kalitesi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, yerinde (debi, sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik) ölçümler ve laboratuarda (bulanıklık, askıda katı madde, toplam sertlik, amonyum azotu, nitrat azotu, toplam Kjeldahl azotu, toplam azot, orto-fosfat fosforu, toplam-fosfat fosforu, toplam organik karbon, florür iyonu, klorür iyonu, alüminyum iyonu, toplam demir ve çinko iyonu) analizler gerçekleştirilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre su kalitesi sınıflandırması yapılarak, gerek ulusal gerekse uluslararası standart ve yönetmeliklere göre akarsuların içme suyu olarak kullanılabilirliği de değerlendirilmiştir.

Akarsu havzalarındaki gerek doğal gerekse insan kökenli faaliyetler nedeniyle, hem azot (amonyum azotu, toplam Kjeldahl azotu ve toplam azot) hem de fosfor (orto-fosfat fosforu ve toplam-fosfat fosforu) bakımından bir kirlilik söz konusu olduğu, bu akarsulardan içme ve kullanma suyu temin edilmesi durumunda azot ve fosforun yanı sıra suda mevcut gerek askıda katı madde ve bulanıklık gerekse alüminyum iyonu ve toplam demir parametreleri için de arıtıma ihtiyaç duyulacağı anlaşılmıştır.

Son olarak, askıda katı madde (AKM) konsantrasyonunun debi ve bulanıklık parametrelerine dayalı tahmini, çeşitli regresyon analizleri ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemiyle yapılmıştır. AKM konsantrasyonunun tahmininde, parametrelerden bulanıklık yöntemlerinden ise YSA'nın daha iyi ve kabul edilebilir sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Askıda katı madde, Doğu Karadeniz Havzası, Su kalitesi, Yapay sinir ağları

Master Thesis

SUMMARY

A STUDY ON WATER QUALITY MONITORING AND ASSESSMENT
IN THE EASTERN BLACK SEA BASIN STREAMS
AND THE ESTIMATION OF THE SUSPENDED SEDIMENT CONCENTRATION

İlyas ERDOĞAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Adem BAYRAM
2019, 83 Pages

In this study, a water-quality research was quarterly conducted in six water monitoring and sampling stations selected in the Firtına and İyidere (Rize), Solaklı, Karadere, and Söğütlü (Trabzon), and Aksu (Giresun) from the Eastern Black Sea Basin streams, during a period of 14 seasons from March 2016 to June 2019. In situ measurements (discharge, water temperature, pH, dissolved oxygen, and electrical conductivity) and on laboratory analysis (turbidity, suspended sediment, total hardness, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, total Kjeldahl nitrogen, total nitrogen, orthophosphate phosphorus, total phosphate phosphorus, total organic carbon, fluoride ion, chloride ion, aluminum ion, total iron, and zinc ion) were conducted. The Eastern Black Sea Basin streams were classified according to the Turkish Surface Water Quality Regulation, and the quality and safety of the water used for drinking purposes were evaluated according to the national and international directives and guidelines.

It was determined that there is a pollution in terms of both nitrogen (ammonium nitrogen, total Kjeldahl nitrogen, and total nitrogen) and phosphorus (orthophosphate phosphorus and total phosphate phosphorus) due to the natural and anthropogenic activities in the stream watersheds. It was concluded that there was a need to the treatment for the water quality parameters: suspended solids, turbidity, aluminum ion, and total iron as well as nitrogen and phosphorus in the event that domestic water demand would be provided from these streams.

Finally, the suspended sediment concentration (SSC) was estimated based on stream discharge and turbidity using several Regression Analysis and Artificial Neural Networks (ANNs) methods. For the estimation of the SSC, turbidity from the water quality parameters and the ANNs from the analysis methods yielded better and acceptable results.

Key Words: Suspended solids, Eastern Black Sea Basin, Water quality, Artificial neural networks

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Doğu Karadeniz Havzası genel görünümü.....	14
Şekil 2. Fırtına Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu.....	17
Şekil 3. İyidere Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu.....	17
Şekil 4. Solaklı Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu.....	18
Şekil 5. Karadere Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu.....	19
Şekil 6. Söğütlü Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu.....	19
Şekil 7. Aksu Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu.....	20
Şekil 8. Akarsularda ölçümlerin gerçekleştirildiği portatif çoklu ölçüm cihazı.....	21
Şekil 9. Debi ölçümünde kullanılan elektronik muline.....	22
Şekil 10. Katyon tayinlerinde kullanılan iyon kromatografi cihazı.....	24
Şekil 11. Anyon tayinlerinde kullanılan iyon kromatografi cihazı.....	24
Şekil 12. Toplam Kjeldahl azotu tayininde kullanılan Kjeldahl K-375 isimli cihaz...	25
Şekil 13. Toplam azot tayininde kullanılan spektrofotometre.....	25
Şekil 14. Toplam organik karbon tayininde kullanılan analizör.....	26
Şekil 15. Ağır metallerin tayininde kullanılan Aurora M90 ICP-MS isimli cihaz.....	27
Şekil 16. Model 1 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi.....	46
Şekil 17. Model 1 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği.....	47
Şekil 18. Model 2 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi.....	49
Şekil 19. Model 2 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği.....	49
Şekil 20. Model 3 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi.....	51
Şekil 21. Model 3 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği.....	51
Şekil 22. Model 1 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi.....	53
Şekil 23. Model 1 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği.....	53
Şekil 24. Model 2 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi.....	54
Şekil 25. Model 2 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği.....	55
Şekil 26. Model 3 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi.....	56
Şekil 27. Model 3 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği.....	56
Şekil 28. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında debinin mevsimsel değişimi.....	57
Şekil 29. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında sıcaklığın mevsimsel değişimi.....	58

Şekil 30.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında çözünmüş oksijenin mevsimsel değişimi	58
Şekil 31.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında pH'nın mevsimsel değişimi	59
Şekil 32.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında iletkenliğin mevsimsel değişimi	60
Şekil 33.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında bulanıklığın mevsimsel değişimi	61
Şekil 34.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında askıda katı maddenin mevsimsel değişimi	62
Şekil 35.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında toplam sertliğin mevsimsel değişimi	63
Şekil 36.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında amonyum azotunun mevsimsel değişimi	63
Şekil 37.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında nitrat azotunun mevsimsel değişimi..	64
Şekil 38.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında Kjeldahl azotunun mevsimsel değişimi	66
Şekil 39.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında toplam azotun mevsimsel değişimi...	66
Şekil 40.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında orto-fosfat fosforunun mevsimsel değişimi	67
Şekil 41.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında toplam fosforun mevsimsel değişimi	68
Şekil 42.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında organik karbonun mevsimsel değişimi	69
Şekil 43.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında florür iyonunun mevsimsel değişimi	70
Şekil 44.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında klorür iyonunun mevsimsel değişimi	71
Şekil 45.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında alüminyum iyonunun mevsimsel değişimi	72
Şekil 46.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında toplam demirin mevsimsel değişimi .	73
Şekil 47.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularında çinko iyonunun mevsimsel değişimi.	74
Şekil 48.	Model 1 AKM (mg/L) tahmin sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	75
Şekil 49.	Model 2 AKM (mg/L) tahmin sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	76
Şekil 50.	Model 3 AKM (mg/L) tahmin sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	76

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Çalışma kapsamında takibi yapılan su parametreleri için ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklere göre kalite sınıfları ve ölçütleri.....	6
Tablo 2.	Çoklu regresyon analizinde kurulan modeller kullanılan akarsular	28
Tablo 3.	Yapay Sinir Ağları analizlerinde kurulan modeller ve kullanılan akarsular	29
Tablo 4.	Yapay Sinir Ağları analizlerinde kullanılan değişkenler.....	30
Tablo 5.	Fırtına Akarsuyu'nda (Ardeşen / Rize) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz).....	33
Tablo 6.	İyidere Akarsuyu'nda (İyidere / Rize) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz).....	34
Tablo 7.	Solaklı Akarsuyu'nda (Of / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz).....	35
Tablo 8.	Karadere Akarsuyu'nda (Araklı / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz).....	36
Tablo 9.	Söğütlü Akarsuyu'nda (Akçaabat / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz).....	37
Tablo 10.	Aksu Akarsuyu'nda (Merkez / Giresun) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz).....	38
Tablo 11.	Fırtına Akarsuyu'nda (Ardeşen / Rize) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi.....	39
Tablo 12.	İyidere Akarsuyu'nda (İyidere / Rize) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi.....	40
Tablo 13.	Solaklı Akarsuyu'nda (Of / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi.....	41
Tablo 14.	Karadere Akarsuyu'nda (Araklı / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi.....	42
Tablo 15.	Söğütlü Akarsuyu'nda (Akçaabat / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi.....	43
Tablo 16.	Aksu Akarsuyu'nda (Merkez / Giresun) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi.....	44
Tablo 17.	Model 1 (ÇRA) için kullanılan fonksiyonların denklem katsayıları	45
Tablo 18.	Model 1 (ÇRA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları	46
Tablo 19.	Model 2 (ÇRA) için kullanılan fonksiyonların denklem katsayıları	48
Tablo 20.	Model 2 (ÇRA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları	48

Tablo 21.	Model 3 (ÇRA) için kullanılan fonksiyonların denklem katsayıları	50
Tablo 22.	Model 3 (ÇRA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları	50
Tablo 23.	Model 1 (ÇK-YSA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları	52
Tablo 24.	Model 2 (ÇK-YSA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları	54
Tablo 25.	Model 3 (ÇK-YSA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları	55
Tablo 26.	AKM (mg/L) tahmin modellerine ait hata değerleri ve NSE katsayıları	75



SEMBOLLER DİZİNİ

AKM	: Askıda katı madde (mg/L)
Ag ⁺	: Gümüş iyonu
Al ⁺³	: Alüminyum iyonu
APHA	: American Public Health Association (Amerikan Halk Sağlığı Birliği)
As	: Arsenik
B	: Bor
BOİ ₅	: Beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı
Ca ⁺²	: Kalsiyum iyonu
CaCO ₃	: Kalsiyum karbonat (Su sertliği)
Cd ⁺²	: Kadmiyum iyonu
Chl- <i>a</i>	: Chlorophyll- <i>a</i> (Klorofil- <i>a</i>)
Cl ⁻	: Klorür iyonu
CO ₂	: Karbondioksit
ÇO	: Çözünmüş oksijen
ÇRA	: Çoklu regresyon analizi
DSİ	: Devlet Su İşleri
EF	: Exponential function (Üssel fonksiyon)
Eİ	: Elektriksel iletkenlik (μS/cm)
EU	: European Union (Avrupa Birliği)
F ⁻	: Florür iyonu
GDM	: Gradient Descent with Momentum (Momentum değişme oranında azalma)
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat iyonu
HDPE	: High Density Polyethylene (Yüksek yoğunluklu polietilen)
Hg	: Cıva
HNO ₃	: Nitrik asit
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (İndüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi)
İSTESKAHY	: İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik
K ⁺	: Potasyum iyonu
KCl	: Potasyum klorür

KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
KOKH	: Kök ortalama karesel hata (mg/L)
LF	: Linear function (Doğrusal fonksiyon)
LM	: Levenberg-Marquardt
MBAS	: Methylene Blue Active Substance (Metilen mavisi yüzey aktif madde)
Mg ⁺²	: Magnezyum iyonu
Mn ⁺²	: Mangan iyonu
Na ⁺	: Sodyum iyonu
NH ₃	: Amonyak
NH ₃ -N	: Amonyak azotu
NH ₄ ⁺	: Amonyum iyonu
NH ₄ ⁺ -N	: Amonyum azotu
NO ₂ ⁻	: Nitrit iyonu
NO ₂ ⁻ -N	: Nitrit azotu
NO ₃ ⁻	: Nitrat iyonu
NO ₃ ⁻ -N	: Nitrat azotu
NSE	: Nash-Sutcliffe Efficiency (Nash-Sutcliffe etkinlik) katsayısı
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit (Nephelometrik bulanıklık birimi)
<i>o</i> -PO ₄ ⁻³	: Orto-fosfat iyonu
<i>o</i> -PO ₄ ⁻³ -P	: Orto-fosfat fosforu
OMH	: Ortalama mutlak hata (mg/L)
ORP	: Oxidation Reduction Potential (Oksidasyon redüksiyon potansiyeli)
\bar{O}	: Ölçülen askıda katı madde (mg/L) aritmetik ortalama
P	: Precipitation (yağış)
Pb	: Kurşun
PET	: Polyethylene terephthalate (Polietilen tereftalat)
PF	: Power function (Üs fonksiyonu)
PO ₄ ⁻³	: Fosfat iyonu
R	: Korelasyon katsayısı
Q	: Debi (m ³ /s)
QF	: Quadratic function (Kuadratik fonksiyon)
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SO ₄ ⁻²	: Sülfat iyonu
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences (Sosyal Bilimler istatistik programı)

SS	: Standart sapma
t	: Sıcaklık (°C)
t-Cr	: Total chromium (Toplam krom)
t-Fe	: Toplam demir
t-PO ₄ ⁻³	: Toplam fosfat iyonu
t-PO ₄ ⁻³ -P	: Toplam fosfat fosforu
T	: Bulanıklık (NTU)
TDS	: Total dissolved solids (Toplam çözünmüş katılar)
TH	: Total hardness (Toplam sertlik)
TKN	: Total Kjeldahl nitrogen (Toplam Kjeldahl azotu)
TN	: Toplam azot
TOC	: Toplam organik karbon
TS	: Türk Standardı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
US EPA	: United States Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Teşkilatı)
V	: Velocity (akım hızı, m/s)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
YSA	: Yapay Sınır Ağları
YSKY	: Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği
Zn ⁺²	: Çinko iyonu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Su

İnsanların ve diğer canlıların yaşamları için temel öğelerden birisi olan su tabiatta katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç farklı halde bulunur. Su, doğada sürekli bir döngü halindedir ve bu özelliği sayesinde yenilenebilen bir kaynak olarak görülmektedir. Buharlaşıma ve terleme yoluyla atmosfere yükselen su oradan da yağış olarak tekrar yeryüzüne inmektedir. Böylelikle yüzey akışlarının oluşması ve yeraltı sularının beslenmesi şeklinde devam eden bir su hareketidir. İnsanlar tarafından bu döngüden alınan su, kullanıldıktan sonra tekrar bu döngüye geri verilmektedir. İçme ve kullanma suyu ihtiyacının giderilmesinde, tarım alanlarının sulanmasında, endüstriyel üretimde ve ulaşımda kullanılan su, canlılığın devamında gerekli olan biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde de etkin rol oynamaktadır. Aynı zamanda birçok canlı için yaşam ortamı olarak da kullanılmaktadır.

Şehirleşme ve artan nüfusa paralel olarak içme ve kullanma suyu ihtiyacı ve kirletilen su miktarı günden güne artmaktadır. İnsanların doğayı kirletmesi sonucu kirletici maddeler kilometrelerce uzaktaki bölgelere taşınabilmektedirler. Bu kirlenme sonucunda doğada serbest halde bulunan su ve su kaynaklarında da kirlenmeler oluşmaktadır. Bu kirliliğin etkisiyle hem temiz kullanma suyuna duyulan ihtiyaç artmakta hem de su ortamında yaşayan canlıların yaşam alanları kısıtlanmaktadır. Temiz su kaynaklarındaki bu risk dikkate alındığında çevre ve su kirliliği konusuna verilen önem gün geçtikçe daha da artmaktadır.

1.2. Ulusal Su Kaynakları

Ülkemiz, zannedildiği gibi su zengini bir ülke değildir ve gerekli önlemler alınmazsa su sıkıntısı çeken bir ülke olma yolunda ilerlemektedir. Arazi yapısının engebeli olmasından dolayı su kaynaklarının kontrol edilmesi zordur. Yağışın ve su kaynaklarının havzalarda dengesiz olarak dağılımından dolayı su kaynaklarından istenilen ölçüde faydalanılamamaktadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1,519 m³/yıl civarındadır (DSİ, 2019).

Dünyada bulunan toplam su miktarı 1.4×10⁹ km³'tür. Bu suların %97.5'ini tuzlu su olarak okyanuslar ve denizler, %2.5'ini ise tatlı su olarak nehir ve göller oluşturmaktadır.

Tatlı su kaynaklarının da %90'ı kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır (DSİ, 2019). İnsanoğlunun kolayca erişip kullanabileceği tatlı su kaynaklarının ne kadar kısıtlı olduğu ve tatlı su kaynaklarına verilmesi gereken önemin ne kadar fazla olduğu anlaşılabilir.

Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı 643 mm civarında olup bu da yaklaşık 501×10^9 m³ suya karşılık gelmektedir. Toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar ile 274×10^9 m³ su atmosfere geri dönmekte, 69×10^9 m³ su yeraltı suyuna karışmakta ve 158×10^9 m³'lük kısım da akış yoluyla akarsulara, denizlere ve göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyuna karışan 69×10^9 m³'lük kısmın 28×10^9 m³'ü pınarlar aracılığıyla yerüstü suyuna geri katılmaktadır. Ayrıca yılda 7×10^9 m³'lük bir su komşu ülkelerden ülkemize giriş yapmaktadır. Toplam yerüstü su potansiyeli 193×10^9 m³ olmaktadır (DSİ, 2019).

Yeraltı suyu miktarı da göz önüne alındığında, ülkemizde yenilenebilir su potansiyeli toplam 234×10^9 m³ olarak hesaplanmaktadır. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95×10^9 m³ ve komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3×10^9 m³ olmak üzere, yılda ortalama toplam 98×10^9 m³'tür. Yeraltı suyu potansiyeli 14×10^9 m³ olarak belirlenmiş olup ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yıllık ortalama 112×10^9 m³ olup, bu miktarın 44×10^9 m³'ü kullanılmaktadır (DSİ, 2019).

1.3. Ulusal Su Kaynakları Standart ve Yönetmelikleri

1.3.1. TS 266

TS 266 (Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular) isimli bu standart, Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nin Kimya Hazırlık Grubu'na TS 266 (1997)'nin revizyonu olarak hazırlanmış ve sonra, TSE Teknik Kurulu'nun 29 Nisan 2005 tarihli toplantısında kabul edilerek yayımına karar verilmiştir (TS 266, 2005). Bu standart, insani tüketim amaçlı suların tarifine, sınıflandırma ve özelliklerine, numune alma, muayene ve deneyleri ile piyasaya arz şekline dairdir. İnsani tüketim amaçlı sular, orijinal haliyle veya arıtıldıktan sonra bu standartta belirtilen özellikleri sağlayan, genel olarak içme, yemek yapma, gıda maddelerinin hazırlanması (gıda maddelerinin hazırlanmasında gıda maddesi ile doğrudan temas eden sular) vb. amaçlar ile temizlik için kullanılan dere, nehir vb. akarsular, göl, baraj vb. durgun sular ile kaynak (memba) sularıdır. Çalışma kapsamında takibi yapılan su kalite

parametrelerinin TS 266 (2005)'ya göre ilgili sınıfları ve tipleri Tablo 1'de verilmektedir. Söz konusu su sınıfları ve tipleri de ilgili standartta şu şekilde tanımlanmaktadır:

Sınıf 1 : Kaynak (membra) suları,

Sınıf 2 : Kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular,

Tip 1 : İşlem görmüş kaynak (membra) suları,

Tip 2 : İçme ve kullanma suları.

Kaynak (membra) suları; jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından kendiliğinden yeryüzüne çıkan veya teknik yöntemlerle yapay olarak yeryüzüne çıkarılan, bu standartta belirtilen özellikleri orijinal hali ile sağlayan, sıcaklık, debi ve özellikleri mevsimlere göre çok az değişiklik gösteren, yağışlar, yüzey suları ve taban suyundan büyük ölçüde etkilenmeyen, göze, pınar, kuyu, galeri vb. yer altı kaynaklı sulardır.

İşlem görmüş kaynak (membra) suları; Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından kendiliğinden yeryüzüne çıkan veya teknik yöntemlerle yapay olarak yeryüzüne çıkarılan, bu standartta belirtilen özellikleri ancak dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma ve benzeri işlemler uygulandıktan sonra ya da özellik değerlerinin azaltılması veya artırılmasıyla sağlayabilen yeraltı kaynaklı sulardır.

İçme ve kullanma suları; kaynağına bakılmaksızın orijinal haliyle veya arıtıldıktan sonra bu standartta belirtilen özellikleri sağlayan, genel olarak içme, yemek yapma, gıda maddelerinin hazırlanması (gıda maddelerinin hazırlanmasında gıda maddesi ile doğrudan temas eden sular) vb. amaçlar ile temizlik amacıyla kullanılan sulardır.

1.3.2. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY), 30.11.2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmi Gazete'de "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği" başlığı altında yayımlanmış ve 31.12.2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nin 7., 8., 9., 10., 11., 14. 15. maddeleri de yürürlükten kaldırılmıştır. 15.04.2015 tarihli ve 29327 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ile adı "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği" olarak değiştirilen bu yönetmelik en son 10.08.2016 tarihli ve 29797 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ile de en güncel halini almıştır.

Bu yönetmeliğin amacı, yüzeysel sular ile kıyı ve geçiş sularının biyolojik, kimyasal, fiziko-kimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, bu suların kullanım maksatlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde koruma kullanma dengesi de gözetilerek ortaya konulması, korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik usul ve esasların belirlenmesidir (YSKY, 2016).

YSKY (2016) açık deniz haricindeki bütün yerüstü suları ile kıyı ve geçiş sularını kapsar. Çalışma kapsamında takibi yapılan su kalite parametrelerinin bahse konu yönetmeliğe göre ilgili sınıfları Tablo 1’de verilmektedir. Söz konusu su sınıfları da ilgili yönetmelikte şu şekilde tanımlanmaktadır:

- Sınıf I : Yüksek kaliteli su,
- Sınıf II : Az kirlenmiş su,
- Sınıf III : Kirli su,
- Sınıf IV : Çok kirlenmiş su.

1.3.3. İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik

‘İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (79/869/AB ile Değişik 75/440/AB)’ 20.11.2005 tarihli ve 25999 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Bu yönetmelik, 29.06.2012 tarihli ve 28338 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan ‘İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik’ ile yürürlükten kaldırılmıştır. Son olarak 06.07.2019 tarihli ve 30823 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan ‘İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik’ ile de söz konusu ikinci yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır.

‘İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik’in amacı, içme suyu temin edilen veya temin edilmesi planlanan sular ile ilgili esasları, kalite kriterleri ile suların içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilmesi için belirlenmesi gereken arıtma sınıflarını ve arıtma veriminin tespitine ilişkin hususları belirlemektir.

‘İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik’ (İSTESKAHY, 2019) içme suyu temin edilen veya temin edilmesi planlanan suların kalite kategorisi, suların dahil olduğu kategoriye göre uygulanacak arıtma sınıfları, bu sularda izlenmesi gereken parametreler için numune alma ve analiz sıklıkları ile içme suyu arıtma

tesislerinin arıtma veriminin tespitine ilişkin hususları kapsar. Çalışma kapsamında takibi yapılan su kalite parametrelerinin bahse konu yönetmeliğe göre A1, A2 ve A3 kalite kategorileri Tablo 1’de verilmektedir. Söz konusu kalite kategorileri de çeşitli işlemlerin ardından içilebilir suları tanımlamakta olup her bir kategori için ilgili işlemler şunlardır:

A1: Basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon,

A2: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon,

A3: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, ileri arıtma ve dezenfeksiyon.

1.4. Uluslararası Su Kaynakları Standart ve Yönetmelikleri

1.4.1. 98/83/EC Sayılı Konsey Direktifi

Çalışma kapsamında takibi yapılan su kalite parametreleri, Avrupa Birliği’ne (European Union, EU) üye ülkelerce esas alınan İnsani Kullanım Amaçlı Suların Kalitesine Dair 98/83/EC sayılı Konsey Direktifi (Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption) dikkate alınarak irdelenmiştir. Söz konusu direktif (EU, 1998) tarafından izin verilen azami değerler Tablo 1’de verilmektedir.

1.4.2. US EPA 822-F-18-001

Çalışma kapsamında takibi yapılan su kalite parametreleri, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Teşkilatı (United States Environmental Protection Agency, US EPA) İçme Suyu Standartları ve Sağlık Önerileri 2018 Baskısı (2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories) dikkate alınarak irdelenmiştir. Söz konusu standart (US EPA, 2018) tarafından izin verilen azami değerler Tablo 1’de verilmektedir.

1.4.3. Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Kalitesi Rehberi

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) İçme Suyu Kalitesi Rehberi 4. Baskısı (Guidelines for Drinking-water Quality Fourth Edition) dikkate alınarak çalışma kapsamında takibi yapılan su kalite parametrelerini irdellemek nitrat iyonu (NO_3^-) ve flüorür iyonu (F^-) dışında mümkün olamamıştır. Söz konusu rehber (WHO, 2011) tarafından NO_3^- ve F^- parametreleri için önerilen kılavuz değerler Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Çalışma kapsamında takibi yapılan su parametreleri için ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklere göre kalite sınıfları ve ölçütleri

Parametre Birim	YSKY (2016)				İSTESKAHY (2019)			TS 266 (2005)	EU (1998)	EPA (2018)	WHO (2011)	
	Sınıf I	Sınıf II	Sınıf III	Sınıf IV	A1	A2	A3	Sınıf 1 ve 2	Sınıf 2			
								Tip 1	Tip 2			
ÇO (mg/L)	>8	6	3	<3	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	6.5≤pH≤9.5	6.5≤pH≤9.5	6.5≤pH≤9.5	6.5≤pH≤9.5	6.5≤pH≤9.5	6.5≤pH≤9.5	6.5-8.5	-
Eİ (µS/cm)	<400	1,000	3,000	>3,000	2,500	-	25,000	650	2,500	2,500	-	-
T (NTU)	-	-	-	-	1	50	500	5	5	-	5	-
NH₄⁺ (mg/L)	-	-	-	-	0.500	2.5	5	0.050	0.500	0.500	-	-
NH₄⁺-N (mg/L)	<0.2	1	2	>2	-	-	-	-	-	-	-	-
NO₃⁻ (mg/L)	-	-	-	-	50	-	330	25	50	50	-	50
NO₃⁻-N (mg/L)	<3	10	20	>20	-	-	-	-	-	-	10	-
TKN (mg/L)	<0.5	1.5	5	>5	-	-	-	-	-	-	-	-
TN (mg/L)	<3.5	11.5	25	>25	-	-	-	-	-	-	-	-
o-PO₄⁻³ (mg/L)	-	-	-	-	0.400	0.700	-	-	-	-	-	-
o-PO₄⁻³-P (mg/L)	<0.050	0.160	0.650	>0.650	-	-	-	-	-	-	-	-
t-PO₄⁻³-P (mg/L)	<0.080	0.200	0.800	>0.800	-	-	-	-	-	-	-	-
TOC (mg/L)	-	-	-	-	4	4.7	10	-	-	-	-	-
F⁻ (mg/L)	1	1.5	2	2	1.5	5	7.5	1	1.5	1.5	2.0	1.5
Cl⁻ (mg/L)	-	-	-	-	250	-	1,250	30	250	250	250	-
Al⁺³ (µg/L)	-	-	-	-	200	500	2,000	200	200	200	200	-
t-Fe (µg/L)	-	-	-	-	200	1,000	2,000	50	200	200	300	-
Zn⁺² (µg/L)	-	-	-	-	3,000	6,000	12,000	-	-	-	5,000	-

1.5. Yapay Sinir Ağları

Yapay zeka temel olarak insanın düşünme yapısını anlayarak bilgisayarlar aracılığıyla bu düşünme yapısının benzerini ortaya çıkarma girişimi olarak tanımlanabilmektedir. 1950'li yıllardan bu yana yapay zeka çalışmaları ile insan faaliyetlerini taklit etmeye yönelik çalışmalar mühendislik, nöroloji ve psikoloji gibi çeşitli alanlarda yürütülmektedir. Günümüzde hala insan gibi düşünebilen ve davranabilen sistemlerin geliştirilebilmesi için farklı alanlardaki çalışmalara devam edilmektedir (Yurtoğlu, 2005).

Yapay zeka tekniklerinden birisi olan yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin sahip olduğu öğrenme ile yeni bilgiler üretme ve keşfedebilme gibi yeteneklerini dışarıdan hiçbir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilmiş olan bilgisayar sistemleridir. Bu yeteneklerin geleneksel programlama yöntemleri aracılığıyla sağlanması zordur. Bu nedenle YSA'nın bu zor olaylar karşısında programlanması ve geliştirilmesi ile ilgilenen bir bilim dalı da bulunmaktadır.

YSA, insanın beyin sinir hücrelerinden esinlenen yapay sinir hücrelerinin birbirlerine değişik geometriler ile bağlanması ile ortaya çıkan karmaşık sistemler olarak tanımlanabilmektedir. Bilgi işlem süreçlerinde verilen girdilere karşılık çıktılar üretmesi sebebiyle de bir kara kutuya benzetilmektedir (Kohonen, 1988; Baki, 2016).

İnsan beyninin üstün özellikler bilim adamlarını bu doğrultuda çalışmaya zorlamıştır. Bilim adamları yaptıkları çalışmalar ile beyin yapısından esinlenerek matematiksel bir model ortaya koymaya çalışmışlardır. Etkin bir matematiksel model yapabilmek için fiziksel bileşenlerin doğru olarak modellenmesi düşüncesi yapay hücre ve ağ modellerinin gelişmesini sağlamıştır. Bu gelişme sonucunda YSA denen yeni ve günümüz bilgisayarlarının hesaplama yöntemlerinden farklı bir bilim alanı oluşmuştur. Farklı uygulama alanları ve bilgi işleme yöntemindeki farklılık nedeniyle YSA birçok bilim dalı kapsamına girmiştir. Birçok mühendislik alanında kullanılmasının yanı sıra özellikle çevre ve inşaat mühendisliğinin birçok alanında da başarıyla kullanılmaktadır (Ataseven, 2013).

Genel olarak YSA kendisine verilen bir bilgiye karşılık gelebilecek bir çıktı takımı üretmektedir. Bunu gerçekleştirebilmesi için ağ bir olayın örnekleri ile eğitilerek o olay ile ilgili genelleme yapabilecek bilgiye kavuşturulur. Ve bu bilgi ile benzer olaylarla alakalı çıktı takımları üretir (Öztemel, 2006).

1.6. Literatür Araştırması

Literatür araştırması iki kısımdan oluşmaktadır; ilki Doğu Karadeniz Havzası'nda gerçekleştirilmiş yerüstü su kalitesi takibine yönelik çalışmalar diğeri askıda katı madde tahminine yönelik çalışmalar.

1.6.1. Yerüstü Su Kalitesi Takibine Yönelik Literatür Araştırması

Doğu Karadeniz Havzası'nda yürütülen yerüstü su kalitesi çalışmaları dikkate alındığında, araştırmacıların sıklıkla sıcaklık (t), pH, çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu, elektriksel iletkenlik (Eİ), toplam çözünmüş katılar (TDS), oksidasyon redüksiyon potansiyeli (ORP), akımın hızı (V) ve debisi (Q), bulanıklık (T), askıda katı madde (AKM), alkalinite, karbondioksit (CO_2), klorofil a (Chl-a), kalsiyum iyonu (Ca^{+2}), magnezyum iyonu (Mg^{+2}), bikarbonat (HCO_3^-), sertlik (CaCO_3) veya toplam sertlik (TH), klorür iyonu (Cl^-), flüorür iyonu (F^-), amonyak iyonu (NH_3) veya azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$), amonyum iyonu (NH_4^+) veya azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), nitrit iyonu (NO_2^-) veya azotu ($\text{NO}_2^-\text{-N}$), nitrat iyonu (NO_3^-) veya azotu ($\text{NO}_3^-\text{-N}$), toplam Kjeldahl azotu (TKN), toplam azot (TN), orto-fosfat iyonu ($o\text{-PO}_4^{-3}$) veya fosforu ($o\text{-PO}_4^{-3}\text{-P}$), toplam fosfat iyonu ($t\text{-PO}_4^{-3}$) veya fosforu ($t\text{-PO}_4^{-3}\text{-P}$), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5), toplam organik karbon (TOC), metilen mavisi yüzey aktif madde (MBAS), alüminyum iyonu (Al^{+3}), mangan iyonu (Mn^{+2}), toplam demir (t-Fe) ve toplam krom (t-Cr) vb. parametrelerin takibini yaptıkları anlaşılmaktadır.

Verep vd. (2004), Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan Trabzon ve Rize illerine sınır olan İyidere Akarsuyu'nda su kalitesi takibi yapmışlardır. Kasım 2003 - Mayıs 2004 tarihlerini kapsayan süreçte akarsuyun Karadeniz ile buluştuğu yerden iç kısımlara doğru 10 km aralıklarla seçilen dört istasyonda aylık olarak yerinde (V, t, ÇO, pH ve Eİ) ve laboratuvarında (AKM, alkalinite, CO_2 , HCO_3^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , TH, NH_4^+ , NO_2^- , PO_4^{-3} ve BOI_5) analizler gerçekleştirmişlerdir. İyidere sularının fiziksel ve kimyasal tüm özelliklerinin Kıta İçi Su Kalite Standartları'na göre 'Yüksek kaliteli su' sınıfında olduğunu ortaya koymuşlardır.

Gedik vd (2010), Rize ilinin Ardeşen ve Çamlıhemşin ilçeleri sınırları içinde bulunan Fırtına Akarsuyu'nda bir su kalitesi çalışması gerçekleştirmişlerdir. Mayıs 2006 - Nisan 2008 tarihleri arasında yürüttükleri çalışmalarında, seçilen yedi istasyonda aylık olarak

yerinde (t, ÇO, pH, Eİ ve TDS) ölçümler ve laboratuvarında (AKM, alkalinite, CO₂, HCO₃⁻, Ca⁺², Mg⁺², TH, NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, PO₄⁻³-P ve BOİ₅) analizler gerçekleştirmişlerdir. Fırtına Akarsuyu'nun fiziksel ve kimyasal özellikleri incelendiğinde PO₄⁻³-P hariç Kıta İçi Su Kalite Standartları'na göre 'Yüksek kaliteli su' sınıfında olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bayram (2011), Doğu Karadeniz Havzası'nın 3280 km² drenaj alanı ile en büyük alt havzası olan Harşit Çayı Havzası'nda membadan mansaba doğru ana kol boyunca seçilen on gözlem istasyonunda, 2009 Mart ile 2010 Şubat döneminde on beş gün aralıklarla yerüstü su kalitesi araştırması gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında, yerinde (t, pH, ÇO, Eİ ve T) ölçümler ve laboratuvarında (AKM, TH, NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, TN, TKN, *o*-PO₄⁻³-P, KOİ, TOC, MBAS, Al⁺³, Mn⁺², t-Fe ve t-Cr) analizler gerçekleştirmiştir. Harşit Çayı Havzası yerüstü su kalitesinin ana kol boyunca zamansal değişimi üzerinde durarak, havzadaki insan kökenli faaliyetlerin bu kaliteye olan etkilerini irdelemiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 2004)'ne göre su kalite sınıflandırması yaparak, gerek ulusal gerekse uluslararası standart ve yönetmeliklere göre akarsuyun içme suyu olarak kullanılabilirliğini de değerlendirilmiştir. Sonuçta, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, KOİ, TOC, Mn⁺² ve Al⁺³ dışında arıtıma ihtiyaç olduğunu belirlemiştir.

Şengün (2013), Giresun ili Merkez ilçesinden denize dökülen Aksu Akarsuyu'nda seçilen üç istasyonda bir su kalitesi çalışması gerçekleştirmiştir. Ocak – Aralık 2012 tarihleri arasında yürüttüğü çalışmada, aylık olarak yerinde (t, ÇO, pH, Eİ, TDS ve ORP) ölçümler ve laboratuvarında (AKM, alkalinite, Chl-a, TH, Cl⁻, NH₃, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, *o*-PO₄⁻³-P, *t*-PO₄⁻³-P ve BOİ₅) ölçümleri gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)'ne göre yorumlamış ve Aksu Akarsuyu'nun genel olarak 'Yüksek kaliteli su' sınıfında olsa da NO₂⁻ ve *t*-PO₄⁻³-P parametreleri bakımından az kirlenmiş su sınıfında olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Dinçer (2014), Giresun ili Görele ilçesinden denize dökülen Çanakçı Akarsuyu'nda seçilen üç istasyonda bir su kalitesi çalışması yürütmüştür. Mart 2013 - Şubat 2014 tarihleri arasında aylık olarak yürüttüğü çalışmada, yerinde (t, ÇO, pH, Eİ, TDS ve ORP) ölçümler ve laboratuvarında (AKM, alkalinite, Chl-a, TH, NH₃, NH₄⁺, *o*-PO₄⁻³-P, *t*-PO₄⁻³-P ve BOİ₅) analizler gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçları SKKY'ye göre yorumlamış ve Çanakçı Akarsuyu'nun NH₄⁺ bakımından 'Az kirlenmiş su' ve *t*-PO₄⁻³-P bakımından ise 'Kirliliği' sınıfında olsa da genel olarak 'Yüksek kaliteli su' sınıfında olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Satılmış (2015), Trabzon ili içme ve kullanma suyu ihtiyacının sağlandığı Galyan Deresi'nin de içerisinde bulunduğu Değirmendere Havzası'nda, yerüstü su kalitesinin mekana ve zamana bağlı değişimini belirlemek amacıyla, seçilen 14 istasyonda, Ocak – Aralık 2014 dönemini kapsayan bir yıllık sürede 15 günlük aralıklarla yürüttüğü çalışmada, arazide; t, pH, ÇO, Eİ, Chl-a ve T ölçümleri ile laboratuvarda; AKM, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, TN, TKN, $\text{t-PO}_4^{3-}\text{-P}$, TOC, KOİ ve F^- analizleri gerçekleştirmiştir. Havzadaki insan kökenli faaliyetlerin yerüstü su kalitesine olan etkilerini irdelemiş, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY, 2015)'ne göre su kalite sınıflandırması yaparak akarsuların gerek ulusal gerekse uluslararası standart ve yönetmeliklere göre içme suyu olarak kullanılabilirliğini de değerlendirmiştir. Takibini yaptığı su kalite değişkenleri bakımından Değirmendere Havzası akarsularının yüksek kaliteli su sınıfında olduğu, Atasu Baraj Gölü'nün de beslendiği Kuştu ve Galyan akarsularından içme ve kullanma suyu olarak faydalanılmasında herhangi bir sakıncalı durumun olmadığı sonucuna varmıştır.

Serdar (2015), Doğu Karadeniz Havzası akarsularından Melet Çayı (Ordu), Pazarsuyu, Aksu ve Harşit Çayı (Giresun), Değirmendere ve Solaklı (Trabzon), İyidere, Büyükdere, Fırtına ve Çağlayan (Rize) ve Kapistre (Artvin) akarsularında, her birinde bir istasyon olmak üzere toplamda seçilen 11 gözlem istasyonunda, su kalitesinin zamana bağlı değişimini belirlemek amacıyla, 2013 yılında mevsimsel olarak yürüttüğü çalışmada, arazide; t, pH, ÇO ve Eİ ölçümleri ile laboratuvarda; AKM, Chl-a, T, TH, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, TN, $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ ve $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$, $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ve SO_4^{2-} analizleri gerçekleştirmiştir. YSKY (2015)'ne göre su kalite sınıflandırması yapan Serdar (2015), $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ve TP bakımından az kirlenmiş su sınıfında olan Doğu Karadeniz Havzası akarsularının diğer su kalite parametreleri bakımından yüksek kaliteli su sınıfında olduğu sonucuna varmıştır.

Şantaflıoğlu (2018), Ordu ili Fatsa ilçesi Bolaman mevkiinden Karadeniz'e dökülen Çalışlar Deresi'nde, su kalitesinin mekana ve zamana bağlı değişimini belirlemek amacıyla, seçilen üç istasyonda, Nisan 2016 – Mart 2017 dönemini kapsayan bir yıllık sürede aylık olarak yürüttüğü çalışmada, arazide; t, pH, ÇO, Eİ, TDS ve Chl-a ölçümleri ile laboratuvarda; AKM, TH, $\text{NH}_3^+\text{-N}$, NO_3^- , TP ve BOI_5 analizleri gerçekleştirmiştir. YSKY (2016)'ne göre su kalite sınıflandırması yapan Şantaflıoğlu (2018), Çalışlar Deresinin az kirlenmiş su sınıfında olduğu TP parametresi hariç takibini yaptığı diğer su kalite parametreleri bakımından yüksek kaliteli su sınıfında olduğu üstelik içme ve kullanma suyu olarak faydalanılmasında herhangi bir sakıncalı durumun olmadığı sonucuna varmıştır.

1.6.2. Askıda Katı Madde Tahminine Yönelik Literatür Araştırması

Rajae ve vd. (2009), çalışmalarında Little Black ve Salt (Arizona) nehirlerinde gözlemlenen günlük debi ve AKM parametreleri ile tahmin çalışması gerçekleştirmişlerdir. YSA, sinirsel bulanıklık, çoklu lineer regresyon ve anahtar eğrisi yöntemleri yardımıyla AKM tahmini gerçekleştirmişlerdir. YSA ve sinirsel bulanıklık yöntemleri AKM tahmininde kullanılabilir sonuçlar verdiğini; en iyi tahmin sonucunu ise sinirsel bulanıklık yönteminin verdiğini ifade etmişlerdir.

Kisi ve Guven (2010), çalışmalarında Rio Valenciano (Porto Riko) ve Quebrada Blanca (Şili)' de belirledikleri istasyonlardan elde ettikleri günlük Q ve AKM konsantrasyonu parametreleri ile modelleme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Doğrusal genetik programlama yöntemi ile AKM konsantrasyonunu tahmin etmişlerdir. Bu yöntemi anahtar eğrisi, uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sistemi ve YSA modelleri ile karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda doğrusal genetik programlama yönteminin kullandıkları diğer yöntemlere kıyasla daha iyi sonuçlar elde ettiğini gözlemlemişlerdir.

Melesse vd. (2011), ABD'de AKM yükü bakımından üç büyük nehir olan Mississippi, Missouri ve Rio Grande üzerinden çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında AKM miktarını yağış ve Q parametreleri ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Tahmin yöntemi olarak YSA, çoklu lineer ve lineer olmayan regresyon, otoregresif bütünleşik hareketli ortalamalar modeli yöntemlerini kullanmışlardır. Elde edilen hata değerleri yorumlandığında YSA modelinin diğer tahmin modellerine kıyasla daha iyi sonuçlar elde ettiğini ileri sürmüşlerdir.

Bayram vd. (2012), Harşit Çayı üzerinden belirledikleri altı istasyon üzerinde ölçümünü gerçekleştirdikleri T (NTU) ve AKM (mg/L) parametreleri ile modelleme çalışması ortaya koymuşlardır. Regresyon analizi ve YSA yöntemlerini kullanarak AKM (mg/L) parametresini T (NTU) parametresi aracılığıyla tahmin etmeye çalışmışlardır. YSA yöntemi regresyon analizine oranla daha iyi tahmin modeli oluşturduğu sonucuna varmışlardır.

Kisi ve AYTEK (2013), Tongue Nehri (ABD) üzerinde belirlenmiş iki istasyona ait günlük Q ve AKM parametreleri ile modelleme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında açık sinir ağları, anahtar eğrisi, çoklu lineer ve lineer olmayan regresyon yöntemlerini kullanmışlardır. Elde ettikleri modelleme sonuçlarını birbirleri ile karşılaştırdıklarında açık sinir ağları yönteminin diğer yöntemlere oranla daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Ul Mustafa vd. (2014), Kinta Nehri (Malezya)'nde Q parametresini kullanarak radyal fonksiyon tabanlı YSA yöntemi ile AKM konsantrasyonu tahmini çalışması gerçekleştirmişlerdir. AKM konsantrasyonunu tahmininde radyal fonksiyon tabanlı YSA yönteminin kullanılabilir bir yöntem olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Makarynskyy vd. (2015), Angel ve Tidepole Adaları (Avustralya) etrafında belirledikleri iki gözlem istasyonundan elde ettikleri akım ve dalga verilerini elde etmişlerdir. Nümerik dalga fonksiyonları, yapay zeka yöntemlerinden biri olan YSA'yı ve bu iki yöntemin ortaklaşa kullanıldığı bir yöntem ile AKM konsantrasyonunu tahmin çalışması gerçekleştirmişlerdir. YSA ile hibrit kurulan modelin nümerik modellerin performansını daha da iyileştirdiğini ve YSA yönteminin AKM konsantrasyonunda kullanılabilir olduğunu ortaya koymuşlardır.

Joshi vd. (2016), Gangotri Buzulu Havzası'nda (Hindistan) gözlemledikleri Q ve AKM konsantrasyonu parametreleri ile bir tahmin çalışması yapmışlardır. Çalışmalarında anahtar eğrisi ile YSA yöntemleri analizler yaparak bu iki yöntemi birbirleri ile karşılaştırmışlardır. YSA yönteminin anahtar eğrisine göre daha iyi sonuçlar elde ettiğini gözlemlemişlerdir.

Sari vd. (2017), Potiribu Nehri (Brezilya) üzerinde bir istasyonda gözlemlenen su seviyesi, T ve AKM konsantrasyonu parametreleri ile modelleme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Su seviyesi ve T parametrelerini kullanarak AKM konsantrasyonunu YSA yöntemi ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Kurmuş oldukları modelin ile AKM konsantrasyonunun tahmin edilmesinde başarılı olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Meral vd. (2018), farklı YSA yöntemleri ile AKM konsantrasyonu tahmin çalışması gerçekleştirmişlerdir. Akustik geri saçılma sinyali ve bulanıklık parametreleri ile AKM konsantrasyonunu modellemişlerdir. AKM tahmininde alternatif bir yöntem olarak akustik geri saçılma sinyali ve bulanıklık parametreleriyle farklı büyüklükteki tanecik koşulları altında YSA ile tahmin yapılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Khan vd. (2019), Ramganga Nehri (Hindistan) üzerinde yağış (P), Q ve AKM parametrelerini kullanarak bir tahmin çalışması yapmışlardır. Farklı YSA algoritmaları kullanarak AKM tahmin modellemesi gerçekleştirmişlerdir. Modellemelerinde girdi olarak yalnızca P, yalnızca Q ve her iki parametrenin de girdi olarak kullanıldığı denemelere yer vermişlerdir. İki parametrelili girdi modeli modellemeler arasından en iyi sonucu elde etmiştir. AKM miktarı modellemesinde YSA yöntemiyle P ve Q parametrelerinin girdi olarak kullanılması ile kullanılabilir bir model oluşturmuşlardır.

1.7. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bir akarsudan faydalanmak için yapılması gerekli olan ilk çalışma, o akarsu üzerinde gözlem ve ölçümlere başlamaktır. Bunun için ihtiyaç doğuncaya kadar beklemek bir hata olur. Çünkü bir akarsudan doğru ve verimli bir şekilde istifade edilebilmesi için gerekli su bilgilerinin sağlıklı olması, uzun süreli akım verilerinin toplanmasına bağlı bulunduğuna göre, bunun önceden başlatılmış olması gerekmektedir. Aksi takdirde, ihtiyaç anından itibaren senelerce beklemek mecburiyeti doğar (Bayram, 2011).

Son yıllarda hızlı nüfus artışına paralel olarak artan su talebine karşı, uygun kaynak varlığının azlığı ve gün geçtikçe gelişen sanayi ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak aşırı kullanım ve kirlilik oluşumu nedeniyle ortaya çıkan sorunlar, özellikle havza bazında su kaynakları yönetiminin önemini bir kat daha artırmıştır. SKKY (2004)'nin beşinci maddesinde “Havza Koruma Eylem Planları, DSİ Genel Müdürlüğü ve ilgili kuruluşların görüşleri alınarak Çevre ve Orman Bakanlığınca yapılır ve/veya yaptırılır” ifadesi yer almaktadır. Bu çerçevede Havza Koruma Eylem Planları oluşturması çalışmaları başlatılmıştır (Bayram, 2011).

- Doğu Karadeniz Havzası yerüstü su kalitesini, Fırtına ve İyidere (Rize), Solaklı, Karadere ve Söğütlü (Trabzon) ile Aksu (Giresun) akarsularında ve her birinde bir istasyon olmak üzere toplamda seçilen altı gözlem istasyonunda, 2016 Mart - 2019 Haziran dönemini kapsayan zaman diliminde ve yılda dört kez olacak şekilde, toplamda 14 çalışma ve debinin yanı sıra 19 adet fiziko-kimyasal değişken ile incelemek,

- YSKY (2016) Tablo 2, “Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kalite Kriterleri” esas alınarak seçilen Doğu Karadeniz Havzası akarsuları su kalitesini sınıflandırmak, TS 266 (2005) ve İSTESKAHY (2019) gibi ulusal, EU (1998), US EPA (2018) ve WHO (2011) gibi uluslararası direktif, standart ve yönetmeliklere göre içme suyu olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek,

- Regresyon analizi ve YSA yöntemleri kullanılarak Doğu Karadeniz Havzası akarsularında Q (m^3/s) ve T (NTU) parametrelerine dayalı AKM (mg/L) tahmini yapabilecek bir model ortaya kaymaktır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Doğu Karadeniz Havzası

Türkiye hidrolojik olarak 26 havzaya ayrılmıştır. Bu çalışmanın gerçekleştirildiği Doğu Karadeniz Havzası (Şekil 1), hidrolojik havzaların içinde 22. sırada yer almaktadır. Havza batıdan doğuya; Terme Çayı (Samsun), Melet Çayı (Ordu), Aksu ve Harşit Çayı (Giresun), Söğütlü, Değirmendere, Karadere ve Solaklı (Trabzon) ile İyidere ve Fırtına (Rize) gibi birbirine paralel olarak uzanan akarsuların oluşturduğu alt havzalardan oluşmaktadır.



Şekil 1. Doğu Karadeniz Havzası genel görünümü

2.1.1 Coğrafi Konum

Doğu Karadeniz Havzası; Türkiye'nin kuzeydoğu kesiminde 40° 15'–41° 34' kuzey enlemleri ile 36° 43'–41° 35' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kuzeyde Karadeniz, doğuda Kaçkar Dağları, güneyde Yamanlı, Soğanlı, Kemer ve Iğdır dağları, batıda Çarşamba Ovası'nın doğusuna kadar uzanan bu havza 2,284,439 ha alanla ülkemizin %2.92'sine karşılık gelmektedir. Doğu Karadeniz Havzası sınırları içerisinde Artvin, Bayburt, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Samsun, Sivas, Tokat ve Trabzon illeri yer almaktadır.

Bu illerden alansal olarak Trabzon ilinin %100'ü, Rize ilinin %99'u, Ordu ilinin %90'ı, Giresun ilinin %62'si, Gümüşhane ilinin %55'i ve Artvin ilinin %7'si havza sınırları içerisinde kalmaktadır. Bayburt, Erzurum, Samsun, Sivas ve Tokat illerinin havzada kalan kısmında yerleşim bulunmamaktadır.

2.1.2. Yer Şekilleri

Doğu Karadeniz Havzası, Karadeniz Bölgesi'nin doğusunda sularını Karadeniz'e boşaltan Terme Çayı'ndan Hopa yakınlarındaki küçük derelerin yağış alanlarına değin uzanan bir kuşağı kapsamaktadır. Doğudan itibaren Kaçkar, Tatos, Rize, Soğanlı, Gümüşhane ve Canik dağları su bölüm çizgisiyle ve kuzeyden Karadeniz ile sınırlanmıştır. Akarsuların hemen hepsi dar ve derin vadiler içerisinde denize dikey olarak akmaktadır. Dağlık bir topoğrafyaya sahip olan havzada geniş ovalara rastlanmaz. Dağlar kıyından itibaren hemen yükselir. Kıyıya paralel olarak uzanan dağların en yüksek tepesi Kaçkar Dağları üzerinde 3,937 m yüksekliğindedir. Yurdumuzun en fazla yağış alan yöresi olması nedeniyle havzanın denize bakan yamaçları her zaman yeşil ve gür bir doğal örtüye sahiptir. Ancak iç kısımlarda, özellikle Gümüşhane dolaylarında denizin etkisi azaldığından yağış çok düşmemekte ve doğal örtü genellikle mevsimlik çayırlara dönüşmektedir. Orman varlığı bakımından zengin olan bu havzada iğne ve geniş yapraklı çok çeşitli ağaç yetişmektedir. Bunların başında çam, göknar, ladin, kayın, meşe, gürgen, kızılâğaç, karaâğaç ve kestane gelmektedir. Doğu Karadeniz Havzası içerisine giren arazinin arazilerin %66'sı orman ve yarı doğal alanları, %33'ü tarım alanlarını, %0.5'i yapay alanları ve %0.5'i yüzey sularını içermektedir.

2.1.3. İklim

Doğu Karadeniz Havzası iklim yönünden iki farklı kısma ayrılabilir. Bunlardan ilki yüksek dağların denize bakan yamaçlarını da içine alan sahil kesimi, diğeri ise dağların arka yüzeyinde suları Harşit Çayı ile boşaltılan iç kesimdir. Sahil kesimi engebelerin etkisine uyarak biraz değişiklik göstermekle beraber genellikle yağışlı bir iklime sahip olmasına karşılık iç kesimler nispeten kuraktır. Karadeniz'in etkisi altında bulunan sahil kesimi, kışları yumuşak ve yağmurlu, yazları ılıman ve nispeten yağışlıdır. İç kısımda yazlar kurak ve ılık, kışlar yağışlı ve soğuktur. Havzada mevcut meteoroloji istasyonlarının ölçümlerine göre,

doğudan batıya doğru yağış dağılımı değişmektedir. Havzada yağışın farklı dağılışına, engebelerin değişiklik arz etmesi geniş ölçüde sebep olmaktadır. Trabzon ilinin bulunduğu yörelerde yağış birden bire düşmektedir. Bunun nedeni Yoroz Burnu'nun yağmur taşıyan bulutlara engel olmasıdır. Trabzon'dan batıya doğru yağış tekrar artmaktadır. Yağışın sahil kesimlerinde mevsimlere göre dağılışı oldukça düzenli olmasına rağmen, iç kesimlerde yaz ayları kurak geçer. Havzada, yağışın mevsimlere göre dağılışının yanı sıra şiddeti de önem arz etmektedir. Buna göre havzada günlük maksimum yağış miktarları önemli seviyelerdedir.

2.1.4. Su Kaynakları

Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan önemli akarsular arasında Melet Çayı, Aksu Çayı, Harşit Çayı, Solaklı Deresi, İyidere ve Fırtına Deresi sayılabilir. Havzanın fiziksel yapısı ve eğimi büyük göl oluşumuna engel olmaktadır. Rize ilinde Kaçkarlar, İkizdere ve Çamlıhemşin ilçelerinde turistik önemi olan küçük krater göller mevcuttur. Trabzon ilinde Balıklıgöl, Çakırgöl, Sera Gölü ve Uzungöl bulunmaktadır. Havzada yer alan önemli barajlar Topçam (Melet Çayı, Ordu), Aslancık (Harşit Çayı, Giresun), Atasu (Galyan deresi, Trabzon), Torul ve Kürtün (Harşit Çayı, Gümüşhane) barajları olup, bunlardan Atasu Barajı'ndan Trabzon iline içme ve kullanma suyu temin edilmektedir.

2.2. Su Kalitesi Takibi Yapılan Akarsular

Çalışma kapsamında su kalitesi takibi yapılan akarsu sayısı toplamda altı olup, bu akarsular sırasıyla şunlardır: Fırtına ve İyidere (Rize), Solaklı, Karadere ve Söğütlü (Trabzon) ile Aksu (Giresun).

2.2.1. Fırtına Akarsuyu

Fırtına Akarsuyu, Rize ili Ardeşen ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Kaçkar Dağları'nın kuzey yamaçlarından kaynağını alan Fırtına Akarsuyu 56 km ana kol uzunluğuna sahip olup, Durak, Hemşin, Hala, Polovit, Elevit ve Tunca dereleri gibi yan kollardan oluşmaktadır. 798.7 km² havza alanına ve yıllık ortalama 1497.6 mm/m² yağış miktarı sahip olan Fırtına Akarsuyu'nda ortalama debiler 49.604 ile 237.139 m³/s arasında

değişmektedir. Bu akarsuda su kalitesi takibi yapılacak istasyon 30 m kotunda ve 41°10'7.12" K - 40°58'55.07" D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Fırtına Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu

2.2.2. İyidere Akarsuyu

İyidere Akarsuyu, Trabzon ve Rize illeri arasında sınır oluşturmakta ve Rize ili İyidere ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Soğanlı Dağları'ndan kaynağını alan İyidere Akarsuyu Rize ili İyidere ilçesi ile Trabzon ili Of ilçesi arasından denize ulaşır. 78 km ana kol uzunluğuna ve 834.90 km² havza alanına sahip olan akarsuda ortalama debiler 7.156 ile 74.460 m³/s arasında değişmektedir. Bu akarsuda su kalitesi takibi yapılacak istasyon 34 m kotunda ve 40°58'4.87" K - 40°22'43.13" D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. İyidere Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu

2.2.3. Solaklı Akarsuyu

Trabzon ili Of ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Solaklı Akarsuyu 56 km ana kol uzunluğuna sahip olup, Şekersu, Demirkapı, Dumlu, Sağ, Maltepe ve Akköse dereleri gibi yan kollardan oluşmaktadır. 760 km² havza alanına sahip olan Solaklı Akarsuyu'nda ortalama debiler 8.584 ile 13.713 m³/s arasında değişmektedir. Bu akarsuda su kalitesi takibi yapılacak istasyon 18 m kotunda ve 40°55'46.39" K - 40°16'41.13" D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Solaklı Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu

2.2.4. Karadere Akarsuyu

Karadere Akarsuyu, Trabzon ili Araklı ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Pervane, Kaya, Horren, Türküp, Yağmur, Yuvalı ve Üçtaş dereleri gibi yan kollardan oluşmaktadır. 735 km² havza alanına sahip olan Karadere Akarsuyu'nda ortalama debiler 9.269 ile 22.003 m³/s arasında değişmektedir. Bu akarsuda su kalitesi takibi yapılacak istasyon 24 m kotunda ve 40°54'04.36" K - 40°2'19.10" D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Karadere Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu

2.2.5. Söğütlü Akarsuyu

Trabzon ili Akçaabat ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Akise Yaylası'ndan kaynağını alan Söğütlü Akarsuyu 44 km ana kol uzunluğuna sahip olup, Kemaliye, Kale, Yedigöz, Kanaga, Sakalturan ve Karanlık dereleri gibi yan kollardan oluşmaktadır. 265 km² havza alanına sahip olan Söğütlü Akarsuyu'nda ortalama mevsimsel debi 1.810 ile 7.778 m³/s arasında değişmektedir. Bu akarsuda su kalitesi takibi yapılacak istasyon 98 m kotunda ve 40°58'25.10" K - 39°32'2.56" D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Söğütlü Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu

2.2.6. Aksu Akarsuyu

Giresun ili Merkez ilçe (Duroğlu Beldesi) sınırları içerisinde yer almaktadır. Giresun Dağları'ndan kaynağını alan Aksu Akarsuyu Őebinkarahisar ilçesini geçip kuzeye doğru dar boğazlardan hızla inerek Giresun ilinden denize ulaşır. 85 km ana kol uzunluğuna sahip olup, Soğucaksu, Kargılımacun, Tehneli, Karpuz, Kkaksu, Kırkgeçit, Bafadan, Tatlıay, obanz, Eğriz, Hayıtlı, Karganlı, Asar, Naneli, Kuzgun dereleri gibi yan kollardan oluşmaktadır. 731 km² havza alanına sahip Aksu Akarsuyu'nda ortalama debiler 4.068 ile 18.497 m³/s arasında değişmektedir. Bu akarsuda su kalitesi takibi yapılacak istasyon 77 m kotunda ve 40°50'28.02" K - 38°28'3.62" D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Aksu Akarsuyu'nda seçilen su kalitesi gözlem istasyonu

2.3. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Dönem

Doğu Karadeniz Havzası akarsularında Q, T ve AKM takibi 2015 yılında ve diğer su kalitesi parametrelerinin takibi de 2016 yılında başlatılmış, Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında olacak Şekilde yürütülmüş ve Haziran 2019'daki 14. Çalışma ile sonlandırılmıştır.

2.4. Çalışma Kapsamında Takibi Yapılan Su Kalite Değişkenleri

Çalışma kapsamında, yerinde Q (m³/s), t (°C), O (mg/L), pH ve Eİ (μS/cm) lmleri ile DSİ 22. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü'nün Kimya Laboratuvarı'nda T (NTU), AKM (mg/L), TH (mg/L), NH₄⁺-N (mg/L), NO₃⁻-N

(mg/L), TKN (mg/L), TN (mg/L), $o\text{-PO}_4^{-3}\text{-P}$ (mg/L), $t\text{-PO}_4^{-3}\text{-P}$ (mg/L), TOC (mg/L), F^- (mg/L), Cl^- (mg/L), Al^{+3} ($\mu\text{g/L}$), $t\text{-Fe}$ ($\mu\text{g/L}$) ve Zn^{+2} ($\mu\text{g/L}$) analizleri gerçekleştirilmiştir.

2.4.1. Yerinde Gerçekleştirilen Ölçümler ve Su Örneklerinin Alınması

Akarsularda elektronik muline yardımıyla hız ölçümleri ve portatif multiparametre ölçüm cihazı (Şekil 8) ile de ÇO (mg/L), pH ve Eİ ($\mu\text{S/cm}$) ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. Akarsularda ölçümlerin gerçekleştirildiği portatif çoklu ölçüm cihazı

Akarsulardan ham su örneklerinin alınması, muhafazası ve laboratuara nakli, standart yöntemlere (APHA, 1992) uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Su örneklerinin alınmasında, 5 L hacimli yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) numune kapları kullanılmıştır. Su örneklerinin olası kirliliğini önlemek için, numune kapları önce sıcak su ve fırça yardımıyla sonra da 1 M HNO_3 ile temizlenmiş, son olarak da saf su ile durulanmış ve kurutulmuştur. Örnekleme sırasında, su örneklerinin alınacağı numune kapları bu kez akarsuyun suyu ile birkaç kez çalkalanmış, üzerinde hava kalmayacak şekilde doldurulmuş ve kapakları sıkıca kapatılmıştır (Bayram, 2011).

2.4.1.1. Debi Ölçümü

Q (m³/s) ölçümü TS ISO 2537 (2008) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Hız ölçümlerinde Akım marka elektronik muline (Şekil 9) kullanılmıştır.



Şekil 9. Debi ölçümünde kullanılan elektronik muline

2.4.1.2. Sıcaklık Ölçümü

%0.5 hassasiyetle t (°C) ölçümü yapabilen WTW marka Multi 3420'nin ölçüm aralığı 0-50 °C'dir. Ölçümler üç kez tekrarlanmış ve aritmetik ortalamaları alınmıştır.

2.4.1.3. Çözünmüş Oksijen Ölçümü

%0.5 hassasiyetle ÇO (mg/L) ölçümü yapabilen WTW marka Multi 3420'nin ölçüm aralığı 0–20 mg/L'dir. Her çalışma öncesi ÇO probu hava ile kalibre edilmiştir. Ölçümler üç kez tekrarlanmış ve aritmetik ortalamaları alınmıştır.

2.4.1.4. pH Ölçümü

pH ölçümü TS EN ISO 10523 (2012) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde 0.000-14.000 aralığında ve ± 0.004 hassasiyetle pH ölçümü yapabilen WTW marka Multi 3420 isimli cihaz kullanılmıştır. Her çalışma öncesi pH probu standart çözeltilerle kalibre edilmiştir. Ölçümler üç kez tekrarlanmış ve aritmetik ortalamaları alınmıştır.

2.4.1.5. Elektriksel İletkenlik Ölçümü

Eİ ölçümü TS 9748 EN 27888/T1 (2012) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde 0-2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında Eİ ölçümü yapabilen WTW marka Multi 3420 isimli cihaz kullanılmıştır. Her çalışma öncesi Eİ probu 0.01 mol/L'lik KCl çözeltisi kullanılarak kalibre edilmiştir. Ölçümler üç kez tekrarlanmış ve aritmetik ortalamaları alınmıştır.

2.4.2. Su Örneklerinin Filtre Edilmesi ve Laboratuvarda Gerçekleştirilen Analizler

Filtrasyon işlemi için 47 mm çaplı süzme haznesine sahip Sartorius marka vakumlu filtrasyon seti (kod no: 16307) kullanılmıştır. AKM tayini için gözenek boyutu 1.2 μm olan Sartorius marka cam elyaf filtreler (FT-3-1103-055), diğer parametreler içinse gözenek boyutu 0.45 μm olan selüloz asetat filtreler (11106-50-N) kullanılmıştır (Satılmış, 2015).

2.4.2.1. Bulanıklık Ölçümü

T (NTU) ölçümü TS EN ISO 7027-1 (2016) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. 0-1,000 NTU aralığında ölçüm yapabilen Hach marka 2100Q isimli cihaz kullanılmıştır.

2.4.2.2. Askıda Katı Madde Tayini

AKM (mg/L) tayini TS 7992 (2016) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Su örneklerinin süzüldüğü cam elyaf filtreler filtrasyon işleminden önce saf suda bekletilmiş ve etüvde 105 ± 2 °C'de bir saat kurutulmuş, filtrasyon işleminden sonra da etüvde 105 ± 2 °C'de dört saat tutularak kurutulmuştur. Son ağırlıktan ilk ağırlık çıkarılarak elde edilen fark örnek hacmine bölünerek mg/L cinsinden AKM konsantrasyonu tayin edilmiştir (Bayram, 2011).

2.4.2.3. Amonyum Azotu ve Toplam Sertlik Tayini

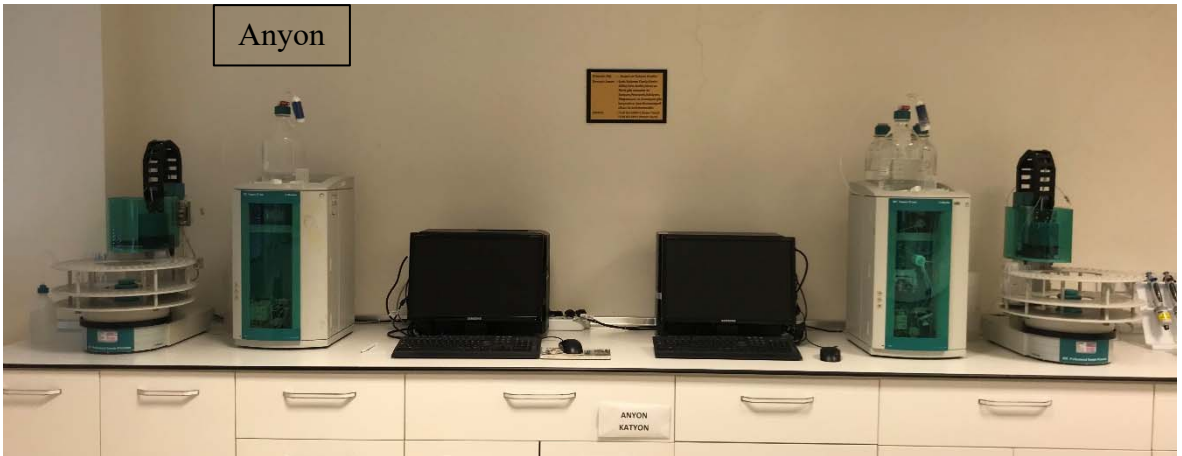
NH_4^+ (mg/L), Ca^{+2} (mg/L) ve Mg^{+2} (mg/L) tayinleri TS EN ISO 14911 (2000) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu tayinde Metrohm marka 882 Compact IC Plus-Cation (Şekil 10) isimli cihaz kullanılmıştır. NH_4^+-N (mg/L) ile TH (mg/L) ise hesap edilmiştir.



Şekil 10. Katyon tayinlerinde kullanılan iyon kromatografi cihazı

2.4.2.4. Nitrat Azotu, Florür ve Klorür Tayini

NO_3^- (mg/L), F^- (mg/L) ve Cl^- (mg/L) tayinleri TS EN ISO 10304-1 (2010) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu tayinlerde Metrohm marka 882 Compact IC Plus-Anion (Şekil 11) isimli cihaz kullanılmıştır. $\text{NO}_3^- -\text{N}$ (mg/L) ise hesap edilmiştir.



Şekil 11. Anyon tayinlerinde kullanılan iyon kromatografi cihazı

2.4.2.5. Toplam Kjeldahl Azotu Tayini

TKN (mg/L) tayini STMD 4500 NH₃ (APHA, 2005) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu tayinde Buchi marka KjelMaster K-375 (Şekil 12) isimli cihaz kullanılmıştır.



Şekil 12. Toplam Kjeldahl azotu tayininde kullanılan KjelMaster K-375 isimli cihaz

2.4.2.6. Toplam Azot Tayini

Bu tayinde Hach marka DR 5000 UV-VIS spektrofotometre (Şekil 13) kullanılmış olup ölçümler 10 mm'lik bir küvet (LCK 138, 1-16 mg/L TN) ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 13. Toplam azot tayininde kullanılan spektrofotometre

2.4.2.7. Orto Fosfat Fosforu ve Toplam Fosfat Fosforu Tayini

$o\text{-PO}_4^{-3}$ (mg/L) tayini TS 7886 (1990) ve $t\text{-PO}_4^{-3}$ (mg/L) tayini ise TS 7889 (1990) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu tayinlerde Hach marka DR 5000 UV-VIS spektrofotometre (Şekil 13) isimli cihaz kullanılmıştır. $o\text{-PO}_4^{-3}\text{-P}$ (mg/L) ve $t\text{-PO}_4^{-3}\text{-P}$ (mg/L) ise hesap edilmiştir.

2.4.2.8. Toplam Organik Karbon Tayini

TOC (mg/L) tayini TS 8195 EN 1484 (2000) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu tayinde Teledyne Tekmar marka Fusion UV/Persulfate Analyzer (Şekil 14) isimli cihaz kullanılmıştır.



Şekil 14. Toplam organik karbon tayininde kullanılan analizör

2.4.2.9. Alüminyum İyonu, Toplam Demir ve Çinko İyonu Tayini

Al^{+3} , $t\text{-Fe}$ ve Zn^{+2} ($\mu\text{g/L}$) tayinleri US EPA Method 200.8 (1994) yanı sıra TS EN ISO 17294-1 (2007) ve TS EN ISO 17294-2 (2017) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu tayinlerde Bruker marka Aurora M90 ICP-MS (Şekil 15) isimli cihaz (indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi) kullanılmıştır.



Şekil 15. Ağır metallerin tayininde kullanılan Aurora M90 ICP-MS isimli cihaz

2.5. Askıda Katı Madde Tahmin Çalışmaları

Yerinde gerçekleştirilen Q (m^3/s) ölçümlerinden ve laboratuvarında gerçekleştirilen T (NTU) ve AKM (mg/L) tayinlerinden elde edilen verilerle AKM (mg/L) tahmin çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Farklı girdi parametreleri kullanılarak denemeler yapılmış ve en iyi sonucu veren model belirlenmiştir. AKM tahmin çalışmalarında bir girdi parametresi (Q ya da T) ve iki girdi parametresi (Q ve T) kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Girdi parametrelerinde yapılan bu kombinasyonların yanı sıra kullanılan verilerin de modelleme üzerindeki etkilerini gözlemlemek amacıyla test setinde kullanılan akarsularda değişikliğe gidilmiştir. Böylelikle aynı havza içerisinde yer alan ve gözlem yapılan akarsulardan yola çıkılarak gözlem yapılmayan başka bir akarsuyun AKM parametresinin tahmin edilip edilemeyeceği araştırılmıştır.

AKM'yi tahmin etmek amacıyla üç ayrı model oluşturulmuştur. Model 1 olarak adlandırılan ilk modelde, Giresun ili akarsularını temsil etmesi amacıyla Aksu Çayı, Model 2 olarak adlandırılan ikinci modelde, Rize ili akarsularını temsil etmesi amacıyla Fırtına Deresi ve Model 3 olarak adlandırılan son modelde ise Trabzon ili akarsularını temsil etmesi amacıyla Söğütlü Deresine ait ölçüm verileri test aşamasında kullanılmıştır.

2.5.1. Çoklu Regresyon Analizi

Elde edilen ölçüm verileri ile çoklu regresyon analizleri (ÇRA) gerçekleştirilmiştir. AKM (mg/L) parametresinin değişimi doğrusal bir olay olmadığı için tahmin edilmesi

amacıyla dört ayrı fonksiyon kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla, doğrusal, üslü, üstel ve kuadratik fonksiyonlardır. Eğitim setinde en iyi sonucu veren modele ait regresyon katsayıları elde edilmiş ve bu katsayılar test setinde kullanılarak hata değerleri hesaplanmıştır. En düşük hata değerini elde eden model belirlenerek en iyi tahmin modeli ortaya konmuştur. Analizlerde kullanılan fonksiyonlar aşağıda verilmektedir:

$$y_{LF} = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_m * x_m \quad (1)$$

$$y_{PF} = b_0 * x_1^{b_1} * x_2^{b_2} * \dots * x_m^{b_m} \quad (2)$$

$$y_{EF} = b_0 + \exp(b_1 + b_2 * x_1 + b_3 * x_2 + \dots + b_m * x_{m-1}) \quad (3)$$

$$y_{QF} = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_1 * x_1 + b_3 * x_2 + b_4 * x_2 * x_2 + b_5 * x_1 * x_2 \quad (4)$$

Verilen denklemlerde; LF, PF, EF ve QF sırasıyla doğrusal, üslü, üstel ve kuadratik fonksiyonları; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ değerleri bağımsız değişkenleri; $b_0, b_1, b_2, \dots, b_m$ değerleri regresyon katsayılarını; y ise bu bağımsız değişkenler yerine konularak elde edilen bağımlı değişkenleri göstermektedir.

Regresyon analizinde, su kalitesi takibi yapılan akarsular eğitim ve test setleri olmak üzere iki takıma ayrılmıştır. Toplamda altı adet akarsuyun beş tanesi modelin eğitiminde geriye kalan bir akarsu ise modelin doğruluğunu test etmede kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Çoklu regresyon analizinde kurulan modeller kullanılan akarsular

Model adı	Eğitim	Test
Model 1	Fırtına, İyidere, Solaklı, Karadere ve Söğütlü	Aksu (Giresun)
Model 2	İyidere, Solaklı, Karadere, Söğütlü ve Aksu	Fırtına (Rize)
Model 3	Fırtına, İyidere, Solaklı Karadere ve Aksu	Söğütlü (Trabzon)

2.5.2.Yapay Sinir Ağları

YSA, insan beynindeki sinir hücrelerini ilham alarak geliştirilen, değişik geometrilerle birbirine bağlanan karmaşık sistemler olarak bilinmektedir (Kohonen, 1988; Baki, 2016). Bir YSA'nın temel görevi verilen bir veri takımına karşılık gelecek bir çıktı takımı üretmektir. Bu durumun gerçekleşebilmesi için ağ önceden olay ile alakalı örnekler ile

eğitilir. Böylece olayı genelleyebilecek yeteneğe kavuşur. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı takımları elde edilir (Öztemel, 2006; Baki, 2016). YSA, veri takımında bulunmayan ve aralarında doğrusal bir ilişki bulunmayan verilerin birbirleri ile benzerliklerini tespit edebilir. Bu üstün enterpolasyon yeteneği kesin olmayan bazı verilerin belirlenmesini sağlar (Singh vd., 2009; Baki vd., 2019).

YSA analizlerinde de arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen ölçüm verileri kullanılmıştır. Üç farklı model ile analizler gerçekleştirilmiştir. Su kalitesi takibi yapılan akarsular eğitim, doğrulama ve test olmak üzere üç ayrı takıma ayrılmıştır (Tablo 3). Dört akarsuya ait ölçüm verileri (72 adet veri) modellerin eğitilmesinde, bir akarsuya ait ölçüm verileri (18 adet veri) modelin doğrulamasında ve geriye kalan bir akarsuya ait ölçüm verileri (18 adet veri) ise modelin test edilmesinde kullanılmıştır.

Tablo 3. Yapay Sinir Ağları analizlerinde kurulan modeller ve kullanılan akarsular

Model adı	Eğitim	Doğrulama	Test
Model 1	Fırtına, İyidere, Karadere ve Söğütlü	Solaklı (Trabzon)	Aksu (Giresun)
Model 2	İyidere, Karadere, Söğütlü ve Aksu	Solaklı (Trabzon)	Fırtına (Rize)
Model 3	Fırtına, İyidere, Karadere ve Aksu	Solaklı (Trabzon)	Söğütlü (Trabzon)

YSA, veri takımındaki çeşitliliği analiz edebilmekte ve buna uygun çözümler sunabilmektedir. YSA, çeşitli geometrilerle birbirlerine bağlanan ve genellikle katmanlardan oluşan yapay sinir hücrelerinden meydana gelir. YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki ağırlıklar ile bu bilgileri saklama ve genelleme becerisine sahip paralel dağıtılmış bir işlemcidir (Subaşı, 2010). Öğrenme süreci, hedeflenen amaca ulaşabilmek için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan bir süreci kapsamaktadır. Farklı öğrenme algoritmalarıyla daha iyi öğrenme sonuçları elde edilebilmektedir (Nacar vd., 2019).

Bu çalışmada tek gizli katmana sahip üç katmanlı ileri beslemeli ağ mimarisi kullanılmıştır. Modellemeler Levenberg-Marquardt (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963) ve Gradient Descent with Momentum (GDM) öğrenme algoritmaları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Ağın ara katman sayısında değişiklik yapmak, öğrenme ve momentum katsayılarını değiştirmek YSA analizlerinde daha iyi sonuçlar elde etmemizi sağlayabilmektedir (Nacar vd., 2019). Bu çalışmada ara katmandaki eleman sayıları için deneme yanılma yoluyla 2, 4,

6, 8, 10, 12 ve 14'e kadar yedi farklı seçim yapılmıştır. Öğrenme ve momentum katsayıları için 0.1, 0.5 ve 1 olmak üzere üç farklı değer kullanılmıştır (Tablo 4). Ağ eğitiminde kullanılan maksimum iterasyon sayısı 20,000 olarak belirlenmiştir. Yedi farklı ara katman sayısı, üç öğrenme katsayısı ve üç momentum katsayısı aracılığıyla her bir modelleme için 63 adet ve toplamda ise 189 adet kombinasyon ile YSA analizleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. Yapay Sinir Ağları analizlerinde kullanılan değişkenler

Ara katmanda bulunan eleman sayısı	Öğrenme katsayısı	Momentum katsayısı
2, 4, 6, 8, 10, 12 ve 14	0.1	0.1
		0.5
		1
	0.5	0.1
		0.5
		1
1	0.1	
	0.5	
	1	

2.5.3. Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Ölçütleri

Analiz sonuçlarının değerlendirilebilmesi için birden fazla değerlendirme ölçütü kullanılarak modeller birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan ölçütler sırasıyla: kök ortalama karesel hata (KOKH), ortalama mutlak hata (OMH) ve Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)'dir. Bu ölçütlere ait formüller aşağıda verilmektedir:

$$KHOK = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{O}_i - T_i)^2} \quad (5)$$

$$OMH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\hat{O}_i - T_i| \quad (6)$$

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (\hat{O}_i - T_i)^2}{\sum_{i=1}^N (\hat{O}_i - \bar{\hat{O}})^2} \right] \quad (7)$$

Denklemlerde; \bar{O} : ölçülen askıda katı maddeyi (mg/L), T: tahmin edilen askıda katı maddeyi (mg/L), N: veri sayısını ve \bar{O} : Ölçülen askıda katı madde (mg/L) aritmetik ortalamasını temsil etmektedir.

Nash ve Sutcliffe (1970) tarafından ileri sürülen ve birçok hidrolojik tahmin modelinin doğruluğunu belirlemek amacıyla kullanılan NSE katsayısı, ölçülen ve tahmin edilen verilerin hangi oranda benzeştiğini ifade etmektedir. NSE ∞ ile 1 arasında değişen bir katsayıdır. Bu katsayının 1 olması kullanılan yöntemin ölçüm verilerini mükemmel olarak benzeştirdiğini, 0 ile 1 arasında olması kullanılan yöntemin başarısının kabul edilebilir olduğunu ve 0'dan küçük olması ise kullanılan yöntemin başarısının yetersiz olduğunu göstermektedir (Nash ve Sutcliffe,1970; Moriassi vd., 2007).



3. BULGULAR

3.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde, Doğu Karadeniz Havzası akarsularından Fırtına ve İyidere (Rize), Solaklı, Karadere ve Söğütlü (Trabzon) ile Aksu'da (Giresun) her birinde bir istasyon olmak üzere toplamda seçilen altı gözlem istasyonunda, 2016 ilkbaharı ile 2019 yazı arasındaki dönemi kapsayan 14 mevsim boyunca, Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında bir kez ve toplamda on dört kez yerinde gerçekleştirilen Q, t, ÇO, pH, Eİ ve T ölçümleri ile laboratuvarda gerçekleştirilen AKM, TH, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, TKN, TN, $o\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$, $t\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$, TOC, F^- , Cl^- , Al^{+3} , t-Fe ve Zn^{+2} analizleri sonucunda elde edilen bulgular, her bir istasyon için, en küçük değer, ortalama değer, en büyük değer ve standart sapma (SS) şeklinde, sırasıyla Tablo 5, 6, 7, 8, 9 ve 10'da verilmektedir.

Korelasyon katsayısı (R) iki değişken arasındaki ilişkiyi göstermek için yaygın kullanılan bir ölçüdür. Yerinde ve laboratuvarda yapılan ölçümler ve analizler neticesinde elde edilen veriler, IBM SPSS Statistics 23 bilgisayar programı kullanılarak analiz edildi. Su kalite parametrelerinin her bir istasyonda elde edilen değerlerinin korelasyon matrisleri, sırasıyla Tablo 11, 12, 13, 14, 15 ve 16'da (gölgelendirilen değerler: Pearson korelasyon katsayısı, diğer değerler: anlamlılık düzeyi) verilmektedir.

Tablo 5. Fırtına Akarsuyu'nda (Ardeşen / Rize) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz)

Parametre		İlkbahar (Mart)				Yaz (Haziran)				Sonbahar (Eylül)				Kış (Aralık)			
		Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS
Q	(m ³ /s)	47.334	60.617	82.110	14.973	221.697	237.139	267.582	20.980	38.543	70.164	109.158	35.880	45.257	49.604	56.028	5.678
t	(°C)	8.00	9.08	10.00	0.87	12.50	15.30	19.20	2.96	18.60	18.83	19.00	0.21	5.90	7.33	9.40	1.33
ÇO	(mg/L)	10.84	11.41	11.82	0.42	9.27	10.06	10.48	0.56	8.91	9.22	9.40	0.27	11.26	12.11	12.70	0.76
pH		7.32	7.20	7.79	0.46	6.98	7.20	7.76	0.37	6.94	7.22	7.60	0.34	6.71	6.96	7.31	0.31
Eİ	(µS/cm)	51.20	57.43	63.10	5.02	31.20	35.05	39.50	3.43	57.30	63.43	68.40	5.64	62.70	69.27	74.00	5.87
T	(NTU)	4.77	20.33	42.10	15.72	3.49	6.60	13.00	4.48	10.30	20.53	38.70	15.77	2.00	5.36	10.50	4.52
AKM	(mg/L)	3.00	27.50	42.00	17.33	4.00	14.00	35.00	14.31	2.00	50.33	138.00	76.05	2.00	3.33	6.00	2.31
TH	(mg/L)	13.68	25.14	39.56	10.73	11.00	19.35	30.96	8.73	25.73	29.42	36.59	6.21	20.25	31.68	42.86	11.31
NH ₄ ⁺ -N	(mg/L)	0.004	0.398	0.780	0.344	0.004	0.348	0.540	0.236	0.004	1.191	1.960	1.043	0.043	0.234	0.340	0.166
NO ₃ ⁻ -N	(mg/L)	0.830	0.990	1.155	0.133	0.274	0.591	0.976	0.365	0.605	1.016	1.602	0.521	1.071	1.278	1.555	0.250
TKN	(mg/L)	0.576	0.820	1.085	0.255	0.490	0.828	1.166	0.478	0.194	1.290	2.000	0.963	0.660	0.753	0.845	0.131
TN	(mg/L)	1.650	1.853	2.260	0.352	0.764	1.117	1.470	0.499	1.810	2.313	2.840	0.515	1.560	1.957	2.240	0.354
o-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.010	0.026	0.036	0.014	0.013	0.022	0.040	0.015	0.073	0.074	0.076	0.002	0.007	0.026	0.047	0.020
t-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.013	0.043	0.073	0.030	0.026	0.039	0.059	0.018	0.083	0.089	0.096	0.009	0.010	0.068	0.154	0.076
TOC	(mg/L)	1.010	1.888	4.040	1.441	1.295	4.312	7.900	3.339	3.330	4.745	6.610	2.001	0.990	2.580	4.110	1.561
F ⁻	(mg/L)	0.050	0.061	0.095	0.023	0.050	0.138	0.400	0.175	0.050	0.067	0.090	0.021	0.050	0.270	0.710	0.381
Cl ⁻	(mg/L)	1.50	1.95	2.97	0.69	1.50	9.16	32.05	15.26	1.50	15.37	42.88	23.82	2.60	4.57	6.89	2.17
Al ⁺³	(µg/L)	265.49	317.15	419.02	88.22	67.26	210.88	345.40	120.17	380.53	689.85	999.16	437.44	88.34	112.01	145.33	29.70
t-Fe	(µg/L)	92.46	204.64	347.05	106.07	92.90	172.90	309.50	98.42	521.00	711.54	902.07	269.46	38.26	67.25	83.61	67.25
Zn ⁺²	(µg/L)	1.71	28.22	77.83	35.43	29.78	121.68	267.47	127.68	13.75	30.80	47.85	24.11	7.55	31.17	47.61	20.97

Tablo 6. İyidere Akarsuyu'nda (İyidere / Rize) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz)

Parametre		İlkbahar (Mart)				Yaz (Haziran)				Sonbahar (Eylül)				Kış (Aralık)			
		Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS
Q	(m ³ /s)	5.684	7.156	8.436	1.311	7.481	36.888	92.238	37.809	5.479	74.460	201.476	110.135	11.195	14.980	19.561	4.239
t	(°C)	8.30	10.03	13.00	2.21	12.20	17.08	23.20	4.97	18.90	21.30	23.70	2.40	6.70	9.33	11.80	2.55
ÇO	(mg/L)	10.75	11.60	12.32	0.77	9.14	9.94	10.80	0.77	8.74	8.90	9.01	0.14	10.90	11.36	11.82	0.46
pH		7.12	7.65	8.17	0.54	7.05	7.54	8.63	0.74	7.31	7.91	8.44	0.57	6.90	7.19	7.63	0.39
Eİ	(µS/cm)	113.70	123.68	139.70	11.29	47.20	61.28	77.10	13.88	121.80	143.33	170.90	25.10	142.80	144.87	148.80	3.41
T	(NTU)	3.58	9.16	14.30	4.84	8.09	22.99	61.10	25.57	7.91	47.84	110.00	54.56	8.51	15.76	29.00	11.49
AKM	(mg/L)	2.00	11.50	25.00	10.08	10.00	38.25	66.00	30.92	2.00	595.67	1756.00	1004.97	10.00	23.33	36.00	13.01
TH	(mg/L)	36.38	52.40	63.66	12.81	12.33	36.30	59.36	20.51	51.28	66.63	79.35	14.22	53.78	61.68	76.76	13.06
NH ₄ ⁺ -N	(mg/L)	0.260	0.510	0.770	0.255	0.430	0.493	0.620	0.110	0.050	0.900	2.010	1.006	0.130	0.530	1.120	0.522
NO ₃ ⁻ -N	(mg/L)	2.840	2.884	2.910	0.038	0.594	1.009	1.588	0.517	2.574	3.737	5.326	1.425	3.921	4.361	4.700	0.399
TKN	(mg/L)	0.538	0.622	0.787	0.143	0.450	0.904	1.880	0.674	2.100	2.274	2.450	0.175	0.426	0.732	1.200	0.412
TN	(mg/L)	3.400	3.530	3.730	0.176	0.820	1.770	2.740	0.826	4.870	6.017	7.420	1.294	4.910	5.133	5.330	0.211
o-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.020	0.043	0.078	0.031	0.010	0.197	0.505	0.269	0.017	0.166	0.436	0.234	0.046	0.051	0.056	0.005
t-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.023	0.050	0.089	0.035	0.017	0.256	0.650	0.344	0.036	0.437	0.944	0.463	0.063	0.093	0.154	0.053
TOC	(mg/L)	0.840	1.805	4.120	1.549	1.056	5.658	10.260	6.508	3.170	6.275	9.380	4.391	1.570	3.367	5.330	1.886
F ⁻	(mg/L)	0.060	0.089	0.166	0.052	0.050	0.173	0.470	0.201	0.070	0.073	0.080	0.006	0.010	0.040	0.060	0.026
Cl ⁻	(mg/L)	2.97	4.54	7.40	1.97	1.50	5.03	9.17	3.17	4.06	7.93	13.55	4.98	4.07	6.06	8.31	2.13
Al ⁺ ³	(µg/L)	183.28	274.28	434.44	139.13	281.82	876.60	2032.22	1000.94	289.77	9445.67	18601.57	12948.40	204.50	230.94	274.12	37.71
t-Fe	(µg/L)	83.93	128.07	188.24	53.97	92.90	750.04	1872.45	976.76	174.93	9306.50	18438.07	12913.99	154.32	181.26	215.00	30.91
Zn ⁺ ²	(µg/L)	3.52	20.08	39.38	18.09	67.78	225.67	499.86	238.36	46.41	55.24	64.06	12.48	7.49	33.70	60.46	26.49

Tablo 7. Solaklı Akarsuyu'nda (Of/ Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz)

Parametre		İlkbahar (Mart)				Yaz (Haziran)				Sonbahar (Eylül)				Kış (Aralık)			
		Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS
Q	(m ³ /s)	2.381	8.584	15.324	6.524	0.571	11.383	37.832	17.694	1.739	13.713	24.333	11.358	5.353	10.067	19.124	7.846
t	(°C)	6.30	9.03	11.00	2.13	15.00	17.65	19.90	2.30	19.30	21.20	22.20	1.65	7.90	9.07	10.10	1.11
ÇO	(mg/L)	10.98	11.53	12.39	0.63	8.83	9.81	10.17	0.65	8.97	9.17	9.49	0.28	11.43	11.69	11.94	0.26
pH		7.01	7.62	8.30	0.65	7.31	7.70	8.05	0.36	7.81	8.28	8.63	0.42	6.89	7.19	7.48	0.30
Eİ	(µS/cm)	136.50	146.53	159.80	10.58	77.70	133.23	275.00	94.77	159.40	215.97	291.00	67.72	126.30	154.90	179.70	26.90
T	(NTU)	8.08	19.60	33.10	12.22	5.20	38.97	112.06	49.45	3.13	16.24	33.90	15.88	9.17	40.89	93.60	45.96
AKM	(mg/L)	6.00	29.00	70.00	30.06	5.00	99.25	320.00	148.16	2.00	19.00	50.00	26.89	10.00	44.67	99.00	47.65
TH	(mg/L)	62.30	75.78	94.57	13.78	47.55	62.26	90.72	19.36	73.12	98.02	114.65	21.97	63.48	70.36	75.11	6.10
NH ₄ ⁺ -N	(mg/L)	0.130	0.560	0.970	0.420	0.070	0.470	0.910	0.357	0.570	1.175	1.780	0.856	0.120	0.567	1.260	0.609
NO ₃ ⁻ -N	(mg/L)	1.286	1.327	1.405	0.054	0.442	0.754	1.360	0.413	1.269	2.055	3.218	1.028	1.816	2.951	3.644	0.991
TKN	(mg/L)	0.649	0.832	0.978	0.168	0.450	1.143	2.370	1.066	0.922	1.438	1.791	0.457	0.436	1.078	1.497	0.564
TN	(mg/L)	1.990	2.190	2.410	0.211	1.040	1.953	3.750	1.556	2.600	3.503	4.830	1.174	3.340	4.043	4.690	0.677
o-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.020	0.063	0.142	0.069	0.013	0.375	1.069	0.601	0.040	0.163	0.406	0.211	0.036	0.110	0.238	0.111
t-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.030	0.129	0.310	0.157	0.023	0.574	1.610	0.898	0.053	0.272	0.455	0.204	0.040	0.171	0.290	0.126
TOC	(mg/L)	1.750	2.660	4.650	1.340	1.071	3.427	6.460	2.757	4.950	7.300	9.650	3.323	3.010	4.587	6.250	1.622
F ⁻	(mg/L)	0.050	0.084	0.157	0.049	0.050	0.188	0.470	0.198	0.060	0.097	0.160	0.055	0.050	0.053	0.060	0.006
Cl ⁻	(mg/L)	1.85	3.88	6.22	1.80	1.93	4.78	6.98	2.10	3.20	17.00	42.71	22.29	3.14	5.44	8.67	2.88
Al ⁺³	(µg/L)	206.72	529.38	749.76	285.60	315.77	1022.36	3020.98	1333.98	230.86	2131.30	4031.74	2687.63	198.98	540.71	1205.86	576.11
t-Fe	(µg/L)	120.54	579.44	1441.75	747.29	399.54	982.32	2721.14	1159.22	385.32	2348.85	4312.38	2776.85	179.20	614.18	1450.85	724.77
Zn ⁺²	(µg/L)	4.12	27.13	65.13	33.15	29.63	127.26	182.09	84.76	25.56	27.63	29.69	2.92	12.26	33.07	66.85	29.51

Tablo 8. Karadere Akarsuyu'nda (Araklı / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz)

Parametre		İlkbahar (Mart)				Yaz (Haziran)				Sonbahar (Eylül)				Kış (Aralık)			
		Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS
Q	(m ³ /s)	7.611	11.288	13.154	2.611	10.426	22.003	45.379	16.443	3.659	12.842	23.459	9.978	6.295	9.269	11.762	2.765
t	(°C)	6.90	8.15	9.00	0.96	14.80	17.78	20.40	2.30	20.50	21.27	22.40	1.00	6.40	7.57	8.30	1.02
ÇO	(mg/L)	11.21	11.66	12.34	0.53	8.76	9.56	10.13	0.60	8.81	8.83	8.85	0.02	11.77	11.90	12.15	0.21
pH		7.35	7.68	8.26	0.41	7.19	7.68	8.50	0.59	7.93	8.17	8.47	0.27	6.95	7.19	7.45	0.25
Eİ	(µS/cm)	136.20	150.73	170.10	16.52	111.10	117.33	122.50	5.28	139.70	177.47	238.00	52.96	137.70	168.20	188.60	26.91
T	(NTU)	6.86	8.64	11.80	2.17	3.10	49.75	117.00	55.31	2.49	173.50	309.00	156.31	11.40	35.23	58.00	23.32
AKM	(mg/L)	6.00	14.50	31.00	11.39	4.00	40.75	130.00	59.82	2.00	501.67	1356.00	743.42	8.00	45.00	65.00	32.08
TH	(mg/L)	61.21	75.24	82.82	10.17	46.88	59.62	72.93	12.72	65.10	88.54	126.39	33.09	77.44	78.64	80.51	1.64
NH ₄ ⁺ -N	(mg/L)	0.320	0.677	1.160	0.434	0.380	0.507	0.660	0.142	0.031	0.767	1.560	0.766	0.093	0.524	1.250	0.632
NO ₃ ⁻ -N	(mg/L)	1.000	1.271	1.900	0.426	0.493	0.776	0.941	0.199	0.560	1.212	1.824	0.633	1.248	1.691	2.022	0.399
TKN	(mg/L)	0.560	0.875	1.190	0.445	0.430	0.679	0.990	0.285	0.769	2.123	3.900	1.608	0.337	0.864	1.700	0.732
TN	(mg/L)	1.440	2.047	3.120	0.932	1.130	1.440	1.960	0.453	2.020	3.347	5.740	2.077	1.830	2.580	3.750	1.027
o-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.017	0.033	0.059	0.023	0.010	0.140	0.479	0.226	0.002	0.501	1.459	0.830	0.046	0.066	0.089	0.022
t-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.020	0.039	0.069	0.027	0.017	0.209	0.545	0.292	0.305	0.951	1.597	0.914	0.056	0.122	0.215	0.083
TOC	(mg/L)	1.260	2.890	7.100	2.812	1.370	4.117	6.860	3.880	3.860	10.070	16.280	8.782	2.010	4.737	7.520	2.755
F ⁻	(mg/L)	0.050	0.085	0.161	0.051	0.060	0.435	1.550	0.743	0.050	0.070	0.080	0.017	0.060	0.070	0.080	0.010
Cl ⁻	(mg/L)	1.64	3.01	3.72	0.93	1.50	11.84	35.63	16.19	2.06	5.36	9.27	3.64	3.76	5.29	7.92	2.29
Al ⁺ ³	(µg/L)	216.16	254.71	283.22	34.64	293.82	979.10	2100.98	979.50	833.17	8831.11	16829.05	11310.80	211.87	424.93	663.98	227.17
t-Fe	(µg/L)	141.02	170.97	222.07	44.47	239.58	894.40	1873.47	863.86	664.74	11014.09	21363.43	14636.18	183.12	418.00	717.63	273.07
Zn ⁺ ²	(µg/L)	6.93	18.27	25.77	9.99	80.82	202.40	291.50	109.03	33.81	49.18	64.55	21.74	7.51	58.16	112.76	52.74

Tablo 9. Söğütlü Akarsuyu'nda (Akçaabat / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz)

Parametre	İlkbahar (Mart)				Yaz (Haziran)				Sonbahar (Eylül)				Kış (Aralık)			
	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS
Q (m ³ /s)	5.338	7.778	12.987	3.517	1.505	2.422	2.819	0.618	0.520	1.810	3.746	1.707	3.218	3.461	3.713	0.248
t (°C)	9.00	9.53	10.40	0.67	16.90	20.20	22.50	2.45	22.60	23.60	24.80	1.11	9.30	10.00	10.60	0.66
ÇO (mg/L)	11.11	11.27	11.37	0.11	8.42	9.08	9.96	0.70	8.52	10.42	11.41	1.65	10.87	11.32	11.96	0.57
pH	7.44	7.99	8.33	0.42	8.28	8.40	8.53	0.10	8.42	8.76	8.95	0.30	7.50	7.86	8.08	0.31
Eİ (µS/cm)	194.00	238.75	292.00	41.58	282.00	300.50	324.00	17.56	355.00	382.33	403.00	24.68	252.00	267.67	284.00	16.01
T (NTU)	13.90	42.73	80.50	29.51	9.92	40.12	88.30	33.70	3.00	5.02	6.65	1.85	8.14	36.21	78.90	37.58
AKM (mg/L)	11.00	66.75	118.00	49.37	6.00	79.75	240.00	107.83	3.000	7.667	16.000	7.234	7.000	109.000	292.000	158.830
TH (mg/L)	94.53	111.84	132.03	15.40	137.90	145.78	163.61	12.05	121.12	170.70	215.73	47.47	113.08	127.30	152.90	22.21
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	0.220	0.400	0.650	0.223	0.057	0.387	0.820	0.348	1.100	1.250	1.400	0.212	0.048	0.603	1.400	0.708
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	2.375	2.964	3.652	0.602	3.128	3.260	3.443	0.151	1.406	2.944	4.040	1.371	2.562	3.240	4.213	0.864
TKN (mg/L)	0.710	1.037	1.630	0.515	0.170	0.562	0.840	0.284	1.200	1.875	2.974	0.960	0.707	1.154	1.600	0.631
TN (mg/L)	3.120	3.800	4.210	0.593	3.493	3.836	4.300	0.337	4.380	4.843	5.230	0.430	2.360	3.803	4.920	1.311
o-PO ₄ ⁻³ -P (mg/L)	0.083	0.094	0.102	0.010	0.060	0.107	0.191	0.058	0.044	0.142	0.201	0.086	0.066	0.082	0.106	0.021
t-PO ₄ ⁻³ -P (mg/L)	0.092	0.127	0.185	0.051	0.072	0.170	0.224	0.067	0.191	0.234	0.314	0.069	0.116	0.158	0.227	0.060
TOC (mg/L)	1.750	2.660	4.650	1.340	2.750	4.296	6.460	1.931	4.950	7.300	9.650	3.323	3.010	4.587	6.250	1.622
F ⁻ (mg/L)	0.070	0.205	0.500	0.199	0.100	0.135	0.210	0.052	0.100	0.110	0.130	0.017	0.070	0.080	0.090	0.010
Cl ⁻ (mg/L)	4.24	7.67	9.52	2.35	7.77	19.00	46.47	18.39	12.07	12.46	12.77	0.36	5.54	7.43	9.13	1.80
Al ⁺³ (µg/L)	259.64	1005.74	1805.70	688.19	195.52	545.53	685.22	234.06	39.17	101.22	163.27	87.75	133.41	281.52	487.30	183.86
t-Fe (µg/L)	179.91	655.52	965.79	358.92	215.89	766.69	1149.33	422.14	-	37.69	-	-	213.17	8211.51	23896.00	13584.07
Zn ⁺² (µg/L)	7.16	17.94	34.40	14.48	70.81	188.04	282.06	107.52	1.57	34.84	68.11	47.05	2.39	23.97	40.53	19.56

Tablo 10. Aksu Akarsuyu'nda (Merkez / Giresun) takibi yapılan su kalite parametrelerine ait istatistiki bulgular (2016 İlkbahar – 2019 Yaz)

Parametre		İlkbahar (Mart)				Yaz (Haziran)				Sonbahar (Eylül)				Kış (Aralık)			
		Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS
Q	(m ³ /s)	5.386	17.020	30.225	13.327	1.443	12.878	39.122	17.663	2.713	4.068	6.215	1.881	4.168	18.497	46.832	24.540
t	(°C)	7.00	8.23	8.90	0.87	17.10	18.85	20.40	1.60	19.60	21.03	23.80	2.40	8.80	9.47	10.60	0.99
ÇO	(mg/L)	11.84	11.84	12.05	0.19	9.19	9.53	9.83	0.28	9.58	9.96	10.45	0.45	10.99	11.18	11.54	0.31
pH		7.47	7.87	8.41	0.44	7.68	8.16	8.75	0.45	8.23	8.35	8.56	0.18	7.17	7.37	7.60	0.22
Eİ	(µS/cm)	188.90	225.73	262.00	29.89	212.00	222.75	234.00	10.87	431.00	435.00	441.00	5.29	199.10	215.37	231.00	15.96
T	(NTU)	6.99	9.75	17.00	4.84	2.31	8.22	20.20	8.17	2.27	5.90	9.53	3.63	2.00	60.90	91.10	51.01
AKM	(mg/L)	2.00	10.75	36.00	16.84	4.00	20.75	68.00	31.51	2.00	5.33	12.00	5.77	2.00	88.67	167.00	82.82
TH	(mg/L)	104.07	117.37	125.88	9.68	107.50	114.31	122.55	6.39	196.65	209.99	218.44	11.69	57.66	90.54	124.00	33.17
NH ₄ ⁺ -N	(mg/L)	0.320	0.540	0.950	0.355	0.116	0.397	0.660	0.231	0.004	0.725	1.290	0.657	0.257	0.579	1.170	0.513
NO ₃ ⁻ -N	(mg/L)	1.279	1.908	2.287	0.438	0.549	0.792	1.019	0.192	0.697	0.986	1.187	0.257	2.083	2.677	3.073	0.524
TKN	(mg/L)	0.770	1.123	1.604	0.431	0.480	0.667	0.851	0.186	0.900	1.096	1.482	0.335	0.450	0.756	1.300	0.473
TN	(mg/L)	2.870	3.267	3.610	0.373	1.000	1.363	1.890	0.416	1.980	2.093	2.200	0.110	2.553	3.448	4.200	0.833
o-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.013	0.069	0.168	0.069	0.023	0.091	0.271	0.120	0.010	0.021	0.043	0.019	0.010	0.080	0.188	0.095
t-PO ₄ ⁻³ -P	(mg/L)	0.023	0.136	0.250	0.115	0.033	0.103	0.297	0.129	0.020	0.077	0.182	0.091	0.023	0.267	0.591	0.292
TOC	(mg/L)	1.530	2.885	6.640	2.504	1.399	4.053	8.260	3.685	3.450	4.235	5.020	1.110	1.560	5.170	8.820	3.630
F ⁻	(mg/L)	0.070	0.117	0.200	0.059	0.050	0.063	0.080	0.013	0.090	0.187	0.370	0.159	0.070	0.073	0.080	0.006
Cl ⁻	(mg/L)	3.83	6.12	8.60	2.12	4.58	6.99	10.34	2.43	17.23	25.24	40.06	12.85	3.09	6.76	11.26	4.15
Al ³⁺	(µg/L)	94.42	288.07	675.91	262.53	34.68	227.85	684.78	306.51	55.94	165.16	274.37	154.45	114.19	303.51	476.54	181.72
t-Fe	(µg/L)	94.47	304.92	872.33	378.64	71.74	281.43	739.46	308.46	62.04	180.63	299.22	167.71	115.95	342.35	547.13	216.40
Zn ⁺²	(µg/L)	1.70	36.09	82.86	41.97	137.39	149.15	160.91	16.63	1.63	33.06	64.48	44.44	11.81	42.58	85.11	38.04

Tablo 11. Fırtına Akarsuyu'nda (Ardeşen / Rize) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

	Q	t	ÇO	pH	Eİ	T	AKM	TH	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	TKN	TN	o-PO ₄ ⁻³	t-PO ₄ ⁻³	TOC	F ⁻	Cl ⁻	Al ⁺³	t-Fe
t	0.388																		
	0.170																		
ÇO	-0.395	-0.962																	
	0.162	0.000																	
pH	0.036	0.384	-0.348																
	0.902	0.176	0.223																
Eİ	-0.911	0.305	0.295	-0.107															
	0.000	0.288	0.305	0.715															
T	-0.215	0.037	-0.111	0.265	0.186														
	0.460	0.900	0.706	0.359	0.524														
AKM	0.014	0.219	-0.314	0.123	0.075	0.768													
	0.962	0.451	0.275	0.676	0.798	0.001													
TH	-0.523	0.007	-0.054	0.132	0.589	-0.190	-0.244												
	0.055	0.980	0.856	0.653	0.027	0.514	0.401												
NH ₄ ⁺ -N	-0.767	0.233	-0.216	0.028	0.150	-0.078	-0.183	-0.118											
	0.001	0.423	0.457	0.923	0.609	0.792	0.532	0.689											
NO ₃ ⁻ -N	-0.133	-0.429	0.382	-0.324	0.876	0.390	0.396	0.390	-0.134										
	0.651	0.126	0.178	0.258	0.000	0.168	0.161	0.168	0.649										
TKN	-0.129	0.470	-0.359	0.223	-0.081	-0.558	-0.628	0.330	0.579	-0.630									
	0.742	0.202	0.343	0.563	0.836	0.118	0.070	0.386	0.102	0.069									
TN	-0.492	0.047	-0.002	-0.365	0.549	-0.186	-0.153	-0.046	0.591	0.328	0.404								
	0.149	0.897	0.996	0.300	0.101	0.607	0.672	0.900	0.072	0.355	0.218								
o-PO ₄ ⁻³	-0.225	0.465	-0.373	0.048	0.105	0.323	0.260	-0.060	0.219	0.036	0.518	0.195							
	0.460	0.109	0.210	0.877	0.732	0.281	0.392	0.845	0.473	0.907	0.153	0.590							
t-PO ₄ ⁻³	-0.281	-0.090	0.282	-0.236	0.076	-0.156	-0.237	-0.285	0.193	-0.012	0.393	0.241	0.623						
	0.377	0.781	0.375	0.460	0.815	0.627	0.459	0.369	0.548	0.971	0.296	0.502	0.030						
TOC	0.331	0.222	-0.214	-0.401	-0.302	-0.027	0.141	-0.472	0.322	-0.258	0.515	0.620	0.629	0.433					
	0.293	0.487	0.504	0.197	0.339	0.933	0.663	0.122	0.308	0.419	0.237	0.101	0.038	0.212					
F ⁻	-0.009	-0.305	0.404	-0.388	0.070	-0.166	-0.059	-0.317	-0.319	0.074	-0.128	0.133	0.216	0.743	0.256				
	0.975	0.289	0.152	0.171	0.811	0.571	0.840	0.269	0.266	0.801	0.743	0.715	0.478	0.006	0.423				
Cl ⁻	0.212	0.231	-0.313	-0.260	-0.084	0.463	0.807	-0.205	-0.373	0.244	-0.577	-0.062	0.293	-0.175	0.436	0.291			
	0.468	0.427	0.276	0.369	0.774	0.096	0.000	0.481	0.189	0.400	0.104	0.864	0.332	0.586	0.157	0.313			
Al ⁺³	-0.264	0.431	-0.415	0.029	0.194	0.298	0.189	-0.057	0.756	0.027	0.704	0.646	0.810	0.282	0.484	-0.123	0.095		
	0.407	0.161	0.180	0.928	0.546	0.347	0.556	0.861	0.004	0.934	0.077	0.083	0.002	0.430	0.132	0.704	0.768		
t-Fe	-0.185	0.534	-0.505	-0.106	0.184	0.293	0.407	-0.163	0.680	0.090	0.503	0.536	0.830	0.288	0.574	-0.080	0.311	0.925	
	0.545	0.060	0.078	0.730	0.548	0.332	0.167	0.594	0.011	0.770	0.204	0.137	0.001	0.391	0.051	0.795	0.301	0.000	
Zn ⁺²	0.522	0.135	-0.144	0.104	-0.396	0.001	-0.009	-0.499	0.027	-0.408	-0.538	0.410	-0.330	-0.202	-0.008	-0.097	-0.076	-0.203	-0.205
	0.067	0.660	0.640	0.736	0.180	0.997	0.976	0.083	0.930	0.166	0.169	0.273	0.295	0.551	0.980	0.752	0.806	0.527	0.501

Tablo 12. İyidere Akarsuyu'nda (İyidere / Rize) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

	Q	t	ÇO	pH	Eİ	T	AKM	TH	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	TKN	TN	o-PO ₄ ⁻³	t-PO ₄ ⁻³	TOC	F ⁻	Cl ⁻	Al ⁺³	t-Fe
t	0.309																		
	0.282																		
ÇO	-0.358	-0.967																	
	0.209	0.000																	
pH	0.019	0.508	-0.344																
	0.947	0.064	0.228																
Eİ	0.164	-0.113	0.088	0.112															
	0.574	0.701	0.766	0.702															
T	0.973	0.314	-0.372	0.006	0.197														
	0.000	0.274	0.190	0.984	0.500														
AKM	0.924	0.338	-0.357	0.183	0.398	0.876													
	0.000	0.237	0.211	0.532	0.159	0.000													
TH	0.096	0.257	-0.217	0.374	0.803	0.075	0.385												
	0.744	0.374	0.456	0.188	0.001	0.800	0.174												
NH ₄ ⁺ -N	0.008	0.329	-0.227	0.438	0.265	0.072	0.033	0.268											
	0.980	0.273	0.456	0.134	0.382	0.815	0.916	0.377											
NO ₃ ⁻ -N	0.270	-0.186	0.139	0.022	0.944	0.305	0.461	0.715	0.071										
	0.371	0.544	0.652	0.942	0.000	0.310	0.113	0.006	0.817										
TKN	0.463	0.794	-0.804	0.350	0.026	0.557	0.377	-0.013	0.388	-0.051									
	0.152	0.004	0.003	0.291	0.938	0.075	0.253	0.970	0.238	0.883									
TN	0.448	0.231	-0.227	0.284	0.823	0.472	0.614	0.636	0.081	0.881	0.426								
	0.167	0.494	0.409	0.397	0.002	0.143	0.045	0.035	0.813	0.000	0.189								
o-PO ₄ ⁻³	0.871	0.162	-0.220	-0.144	-0.169	0.882	0.625	-0.308	-0.009	-0.024	0.440	0.127							
	0.000	0.615	0.491	0.725	0.600	0.000	0.030	0.330	0.978	0.941	0.175	0.711							
t-PO ₄ ⁻³	0.949	0.283	-0.371	-0.027	0.062	0.961	0.806	-0.094	-0.103	0.208	0.583	0.414	0.916						
	0.000	0.373	0.235	0.934	0.848	0.000	0.002	0.772	0.749	0.517	0.060	0.205	0.000						
TOC	0.817	0.219	-0.293	-0.258	-0.126	0.860	0.584	-0.370	0.366	-0.015	0.631	0.176	0.897	0.851					
	0.002	0.518	0.382	0.444	0.712	0.001	0.059	0.263	0.298	0.967	0.069	0.651	0.000	0.002					
F ⁻	0.015	-0.063	0.027	-0.146	-0.546	-0.070	-0.048	-0.473	-0.259	-0.515	0.596	-0.110	0.629	0.495	0.116				
	0.958	0.831	0.927	0.619	0.044	0.811	0.871	0.088	0.392	0.072	0.053	0.748	0.028	0.102	0.735				
Cl ⁻	-0.010	0.178	-0.223	0.245	0.146	0.049	0.046	0.197	-0.345	0.286	0.370	0.553	-0.109	0.141	-0.189	-0.101			
	0.972	0.542	0.444	0.399	0.619	0.967	0.875	0.500	0.248	0.343	0.263	0.077	0.735	0.662	0.579	0.732			
Al ⁺³	0.945	0.486	-0.489	0.215	0.419	0.904	0.997	0.412	0.193	0.440	0.474	0.662	0.662	0.835	0.621	-0.100	-0.051		
	0.000	0.129	0.127	0.526	0.199	0.000	0.000	0.207	0.593	0.203	0.236	0.074	0.052	0.005	0.055	0.771	0.881		
t-Fe	0.945	0.478	-0.482	0.203	0.421	0.903	0.997	0.412	0.192	0.443	0.469	0.663	0.660	0.833	0.624	-0.098	-0.053	1.000	
	0.000	0.137	0.134	0.549	0.197	0.000	0.000	0.208	0.594	0.200	0.241	0.073	0.053	0.005	0.054	0.775	0.877	0.000	
Zn ⁺²	0.313	0.119	-0.176	-0.335	-0.615	0.335	-0.068	-0.672	0.008	-0.555	0.362	-0.517	0.717	0.461	0.641	0.154	-0.166	0.000	-0.002
	0.348	0.727	0.605	0.314	0.044	0.313	0.844	0.024	0.981	0.096	0.378	0.189	0.030	0.211	0.046	0.652	0.625	0.999	0.996

Tablo 13. Solaklı Akarsuyu'nda (Of/ Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

	Q	t	ÇO	pH	Eİ	T	AKM	TH	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	TKN	TN	o-PO ₄ ⁻³	t-PO ₄ ⁻³	TOC	F ⁻	Cl ⁻	Al ⁺³	t-Fe
t	0.029																		
	0.923																		
ÇO	-0.119	-0.953																	
	0.685	0.000																	
pH	-0.162	0.580	-0.491																
	0.580	0.030	0.074																
Eİ	-0.328	0.336	-0.406	0.458															
	0.253	0.198	0.150	0.099															
T	-0.224	0.077	-0.116	-0.057	0.412														
	0.442	0.793	0.693	0.845	0.143														
AKM	-0.203	0.193	-0.313	-0.017	0.490	0.884													
	0.487	0.509	0.276	0.954	0.075	0.000													
TH	-0.415	0.325	-0.267	0.597	0.826	0.048	0.093												
	0.141	0.257	0.355	0.024	0.000	0.870	0.751												
NH ₄ ⁺ -N	-0.323	0.294	-0.137	0.455	0.425	0.354	0.189	0.618											
	0.306	0.354	0.671	0.137	0.168	0.258	0.556	0.032											
NO ₃ ⁻ -N	-0.098	-0.199	0.217	0.018	0.532	0.209	0.006	0.363	0.074										
	0.738	0.496	0.457	0.951	0.050	0.473	0.984	0.202	0.819										
TKN	-0.235	0.323	-0.389	0.252	0.792	0.463	0.568	0.728	0.578	0.171									
	0.462	0.292	0.212	0.430	0.002	0.130	0.054	0.007	0.062	0.594									
TN	-0.055	0.154	-0.103	0.259	0.703	0.415	0.265	0.444	0.159	0.868	0.479								
	0.873	0.652	0.762	0.442	0.016	0.204	0.431	0.172	0.660	0.001	0.136								
o-PO ₄ ⁻³	-0.417	0.357	-0.469	0.223	0.751	0.737	0.905	0.373	0.184	0.121	0.709	0.423							
	0.178	0.255	0.124	0.485	0.005	0.006	0.000	0.233	0.588	0.708	0.010	0.195							
t-PO ₄ ⁻³	-0.288	0.339	-0.486	0.178	0.698	0.761	0.944	0.283	0.154	0.075	0.660	0.339	0.977						
	0.364	0.282	0.109	0.581	0.012	0.004	0.000	0.374	0.652	0.817	0.020	0.308	0.000						
TOC	-0.268	0.449	-0.443	0.243	0.885	0.330	0.348	0.674	0.403	0.662	0.639	0.759	0.592	0.543					
	0.399	0.144	0.150	0.447	0.000	0.294	0.268	0.016	0.248	0.019	0.047	0.018	0.071	0.104					
F ⁻	0.747	0.159	-0.286	-0.057	-0.138	0.082	0.241	-0.352	-0.258	-0.319	0.487	0.065	0.640	0.763	-0.121				
	0.002	0.262	0.322	0.846	0.638	0.781	0.407	0.217	0.419	0.266	0.108	0.850	0.025	0.004	0.709				
Cl ⁻	0.405	0.365	-0.367	0.078	0.009	0.058	0.010	-0.057	-0.430	0.075	-0.135	-0.053	-0.127	0.026	0.101	0.137			
	0.151	0.570	0.197	0.791	0.975	0.845	0.947	0.847	0.163	0.799	0.675	0.876	0.694	0.937	0.755	0.641			
Al ⁺³	-0.376	0.053	-0.559	0.513	0.890	0.345	0.461	0.744	0.323	0.354	0.697	0.589	0.781	0.677	0.818	-0.034	-0.167		
	0.228	0.539	0.059	0.088	0.000	0.272	0.131	0.006	0.363	0.259	0.025	0.095	0.008	0.031	0.002	0.917	0.603		
t-Fe		0.071	-0.510	0.406	0.871	0.289	0.395	0.742	0.325	0.383	0.631	0.555	0.703	0.602	0.881	-0.108	-0.147	0.966	
	0.185	0.309	0.090	0.190	0.000	0.362	0.203	0.006	0.359	0.219	0.050	0.121	0.023	0.066	0.000	0.739	0.648	0.000	
Zn ⁺²	0.248	0.309	-0.430	-0.234	0.138	0.327	0.657	-0.134	-0.195	-0.430	0.680	-0.062	0.835	0.873	0.082	0.692	-0.146	0.234	0.195
	0.463	0.355	0.187	0.489	0.685	0.326	0.028	0.694	0.616	0.187	0.044	0.884	0.005	0.002	0.811	0.018	0.668	0.488	0.565

Tablo 14. Karadere Akarsuyu'nda (Araklı / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

	Q	t	ÇO	pH	Eİ	T	AKM	TH	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	TKN	TN	o-PO ₄ ⁻³	t-PO ₄ ⁻³	TOC	F ⁻	Cl ⁻	Al ⁺³	t-Fe
t	0.167																		
	0.567																		
ÇO	-0.196	-0.988																	
	0.502	0.000																	
pH	-0.268	0.569	-0.538																
	0.354	0.034	0.047																
Eİ	-0.480	-0.093	0.161	0.246															
	0.082	0.752	0.582	0.397															
T	0.285	0.516	-0.555	0.306	-0.155														
	0.324	0.059	0.039	0.287	0.596														
AKM	0.234	0.377	-0.391	0.201	-0.099	0.841													
	0.420	0.184	0.167	0.492	0.737	0.000													
TH	-0.684	0.069	-0.033	0.393	0.819	-0.229	-0.154												
	0.007	0.814	0.912	0.164	0.000	0.431	0.599												
NH ₄ ⁺ -N	-0.107	0.095	-0.013	0.292	0.638	-0.200	0.012	0.529											
	0.740	0.769	0.967	0.357	0.026	0.532	0.971	0.077											
NO ₃ ⁻ -N	-0.048	-0.498	0.511	-0.111	0.245	0.330	0.383	-0.053	0.086										
	0.870	0.070	0.062	0.706	0.399	0.250	0.177	0.857	0.791										
TKN	0.204	0.469	-0.457	0.369	0.089	0.701	0.884	0.069	0.431	0.332									
	0.572	0.172	0.184	0.294	0.806	0.024	0.001	0.851	0.214	0.349									
TN	0.145	0.199	-0.176	0.302	0.148	0.700	0.840	-0.040	0.380	0.687	0.919								
	0.672	0.557	0.604	0.366	0.663	0.016	0.001	0.908	0.249	0.019	0.000								
o-PO ₄ ⁻³	0.499	0.398	-0.397	0.102	-0.110	0.760	0.936	-0.292	0.203	0.323	0.910	0.799							
	0.099	0.201	0.202	0.752	0.733	0.004	0.000	0.356	0.550	0.305	0.001	0.006							
t-PO ₄ ⁻³	0.546	0.369	-0.378	0.057	-0.209	0.831	0.936	-0.356	-0.025	0.358	0.818	0.775	0.985						
	0.066	0.238	0.226	0.861	0.514	0.001	0.000	0.257	0.938	0.253	0.004	0.005	0.000						
TOC	0.441	0.374	-0.340	-0.116	0.112	0.684	0.828	-0.442	0.269	0.382	0.850	0.775	0.878	0.872					
	0.175	0.258	0.307	0.735	0.743	0.020	0.002	0.173	0.453	0.247	0.008	0.014	0.001	0.001					
F ⁻	0.213	0.193	-0.125	0.010	-0.312	-0.168	-0.088	-0.375	-0.551	-0.178	0.218	0.298	-0.107	0.568	-0.057				
	0.464	0.508	0.670	0.974	0.277	0.565	0.766	0.186	0.063	0.542	0.545	0.374	0.740	0.054	0.867				
Cl ⁻	0.136	0.250	-0.187	0.133	-0.309	-0.019	-0.038	-0.365	-0.504	-0.087	-0.039	0.196	-0.137	0.074	-0.146	0.956			
	0.643	0.389	0.522	0.650	0.282	0.948	0.897	0.200	0.095	0.767	0.915	0.564	0.672	0.818	0.669	0.000			
Al ⁺³	0.323	0.471	-0.470	0.158	-0.113	0.801	0.987	-0.165	0.133	0.325	0.932	0.845	0.978	0.969	0.866	-0.117	-0.123		
	0.333	0.143	0.145	0.643	0.741	0.003	0.000	0.627	0.734	0.330	0.001	0.008	0.000	0.000	0.001	0.732	0.718		
t-Fe	0.295	0.463	-0.460	0.161	-0.104	0.795	0.990	-0.149	0.134	0.332	0.933	0.850	0.971	0.960	0.863	-0.112	-0.117	0.999	
	0.378	0.152	0.154	0.635	0.761	0.003	0.000	0.662	0.732	0.318	0.001	0.007	0.000	0.000	0.001	0.742	0.732	0.000	
Zn ⁺²	0.791	0.347	-0.300	-0.246	-0.655	-0.092	-0.108	-0.810	-0.125	-0.517	-0.083	-0.240	0.110	0.198	0.099	0.511	0.438	-0.004	-0.024
	0.004	0.296	0.370	0.466	0.029	0.787	0.751	0.003	0.750	0.103	0.845	0.567	0.763	0.610	0.786	0.108	0.178	0.990	0.943

Tablo 15. Söğütlü Akarsuyu'nda (Akçaabat / Trabzon) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

	Q	t	ÇO	pH	Eİ	T	AKM	TH	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	TKN	TN	o-PO ₄ ⁻³	t-PO ₄ ⁻³	TOC	F ⁻	Cl ⁻	Al ⁺³	t-Fe
t	-0.651																		
ÇO	0.488	-0.659																	
pH	-0.212	0.760	-0.257																
Eİ	0.466	0.002	0.374																
T	-0.477	0.793	-0.347	0.638															
AKM	0.085	0.001	0.224	0.014															
TH	0.430	-0.292	-0.160	-0.034	-0.349														
NH ₄ ⁺ -N	0.125	0.312	0.585	0.909	0.221														
NO ₃ ⁻ -N	0.128	-0.225	-0.167	-0.102	-0.210	0.868													
TKN	0.664	0.439	0.569	0.728	0.472	0.000													
TN	-0.517	0.647	-0.522	0.309	0.826	-0.381	-0.273												
o-PO ₄ ⁻³	0.058	0.012	0.056	0.283	0.000	0.179	0.345												
t-PO ₄ ⁻³	-0.373	0.330	0.085	0.424	0.500	-0.547	-0.556	0.456											
TOC	0.233	0.295	0.793	0.170	0.097	0.066	0.055	0.136											
F ⁻	-0.047	-0.022	-0.240	-0.022	0.220	0.335	0.448	0.381	-0.064										
Cl ⁻	0.874	0.940	0.408	0.941	0.450	0.242	0.109	0.179	0.844										
Al ⁺³	-0.033	0.300	0.342	0.317	0.324	-0.532	-0.450	-0.018	0.569	-0.679									
t-Fe	0.922	0.370	0.304	0.343	0.332	0.092	0.165	0.958	0.086	0.022									
Zn ⁺²	-0.400	0.432	-0.100	0.490	0.538	-0.044	0.160	0.292	0.336	0.404	0.273								
	0.198	0.161	0.757	0.106	0.071	0.892	0.620	0.356	0.313	0.193	0.417								
	-0.449	0.376	-0.254	0.289	0.533	-0.306	-0.308	0.590	0.759	0.475	-0.179	0.494							
	0.124	0.203	0.402	0.339	0.061	0.310	0.306	0.034	0.004	0.101	0.599	0.102							
	-0.440	0.468	-0.323	0.368	0.678	-0.302	-0.095	0.620	0.382	0.390	0.093	0.575	0.573						
	0.133	0.107	0.282	0.216	0.011	0.315	0.758	0.024	0.220	0.188	0.786	0.050	0.041						
	-0.563	0.455	0.141	0.478	0.665	-0.470	-0.240	0.498	0.688	0.270	0.123	0.671	0.717	0.558					
	0.057	0.137	0.661	0.116	0.018	0.123	0.453	0.100	0.028	0.395	0.753	0.034	0.013	0.075					
	0.182	-0.144	0.028	-0.139	-0.099	-0.012	0.099	-0.160	-0.118	0.138	-0.221	0.088	0.153	0.151	0.091				
	0.533	0.624	0.925	0.635	0.737	0.968	0.738	0.584	0.715	0.639	0.514	0.786	0.619	0.623	0.778				
	-0.333	0.428	-0.550	0.215	0.194	0.426	0.494	0.161	-0.337	0.056	-0.152	0.031	-0.213	-0.297	-0.122	-0.022			
	0.244	0.126	0.041	0.460	0.505	0.129	0.073	0.582	0.284	0.848	0.656	0.924	0.485	0.324	0.705	0.940			
	0.800	-0.312	-0.091	0.042	-0.348	0.696	0.314	-0.341	-0.284	0.164	-0.499	-0.326	-0.002	-0.202	-0.588	0.130	-0.023		
	0.001	0.300	0.768	0.891	0.243	0.008	0.297	0.254	0.397	0.593	0.142	0.328	0.995	0.529	0.045	0.671	0.941		
	-0.071	-0.220	0.348	-0.056	-0.178	-0.133	-0.145	-0.266	0.666	-0.357	0.566	0.060	0.023	-0.232	0.262	-0.114	-0.175	-0.245	
	0.826	0.943	0.268	0.864	0.580	0.680	0.654	0.402	0.025	0.254	0.112	0.868	0.946	0.493	0.436	0.724	0.587	0.443	
	-0.382	0.497	-0.761	0.157	0.233	0.234	0.208	0.155	-0.225	0.037	-0.209	0.038	0.236	0.073	0.032	0.136	0.504	-0.008	-0.222
	0.246	0.120	0.007	0.645	0.491	0.489	0.539	0.649	0.560	0.915	0.619	0.922	0.512	0.840	0.926	0.691	0.114	0.982	0.538

Tablo 16. Aksu Akarsuyu'nda (Merkez / Giresun) takibi yapılan su kalite parametrelerinin elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

	Q	t	ÇO	pH	Eİ	T	AKM	TH	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	TKN	TN	o-PO ₄ ⁻³	t-PO ₄ ⁻³	TOC	F ⁻	Cl ⁻	Al ³⁺	t-Fe
t	-0.404																		
	0.152																		
ÇO	0.194	-0.892																	
	0.506	0.000																	
pH	-0.211	0.607	-0.429																
	0.469	0.021	0.125																
Eİ	-0.268	0.605	-0.364	0.504															
	0.355	0.022	0.201	0.066															
T	0.337	-0.392	0.269	-0.506	-0.298														
	0.239	0.166	0.352	0.065	0.301														
AKM	0.439	-0.296	0.120	-0.397	-0.295	0.927													
	0.117	0.304	0.682	0.160	0.305	0.000													
TH	-0.311	0.633	-0.361	0.603	0.946	-0.541	-0.499												
	0.279	0.015	0.205	0.022	0.000	0.046	0.069												
NH ₄ ⁺ -N	-0.477	0.155	0.006	0.004	0.232	0.171	0.009	0.096											
	0.099	0.709	0.985	0.991	0.445	0.577	0.976	0.754											
NO ₃ ⁻ -N	0.381	-0.808	0.726	-0.611	-0.380	0.609	0.524	-0.430	-0.188										
	0.199	0.001	0.005	0.026	0.201	0.027	0.066	0.142	0.556										
TKN	-0.545	0.011	0.273	0.176	0.111	-0.192	-0.464	0.128	0.432	-0.257									
	0.103	0.976	0.445	0.626	0.759	0.595	0.177	0.724	0.213	0.504									
TN	0.364	-0.839	0.836	-0.598	-0.526	0.639	0.426	-0.615	0.121	0.869	0.321								
	0.271	0.001	0.001	0.052	0.096	0.034	0.191	0.044	0.724	0.001	0.366								
o-PO ₄ ⁻³	-0.020	-0.094	-0.010	-0.217	-0.282	0.392	0.458	-0.426	0.155	-0.111	-0.292	-0.039							
	0.949	0.760	0.973	0.477	0.350	0.185	0.116	0.147	0.614	0.731	0.413	0.910							
t-PO ₄ ⁻³	0.128	-0.270	0.201	-0.408	-0.247	0.758	0.640	-0.497	0.195	0.082	-0.066	0.382	0.788						
	0.692	0.395	0.532	0.188	0.438	0.004	0.025	0.100	0.543	0.810	0.855	0.247	0.002						
TOC	-0.037	0.080	-0.166	-0.332	0.001	0.617	0.639	-0.278	0.437	-0.012	-0.326	-0.055	0.864	0.843					
	0.909	0.805	0.606	0.291	0.997	0.033	0.025	0.382	0.179	0.971	0.431	0.888	0.001	0.002					
F ⁻	-0.025	0.111	0.130	0.260	0.522	-0.101	-0.094	0.521	-0.338	-0.056	-0.145	-0.264	0.085	0.146	0.087				
	0.931	0.705	0.658	0.369	0.056	0.731	0.750	0.056	0.259	0.856	0.689	0.433	0.783	0.652	0.788				
Cl ⁻	-0.053	0.480	0.250	0.479	0.821	-0.149	-0.107	0.791	-0.235	-0.233	-0.103	-0.427	-0.204	-0.082	-0.017	0.827			
	0.858	0.082	0.388	0.083	0.000	0.612	0.715	0.001	0.441	0.443	0.776	0.191	0.503	0.799	0.958	0.000			
Al ³⁺	0.012	-0.153	0.161	-0.288	-0.188	0.438	0.535	-0.317	0.175	0.187	-0.273	0.021	0.907	0.715	0.822	0.265	-0.037		
	0.969	0.618	0.599	0.340	0.538	0.135	0.060	0.291	0.587	0.561	0.478	0.955	0.000	0.013	0.001	0.381	0.905		
t-Fe	0.091	-0.102	0.095	-0.301	-0.184	0.426	0.524	-0.310	0.106	0.125	-0.336	-0.016	0.893	0.702	0.831	0.277	-0.025	0.980	
	0.767	0.741	0.757	0.318	0.547	0.147	0.066	0.302	0.743	0.699	0.337	0.964	0.000	0.016	0.001	0.360	0.934	0.000	
Zn ⁺²	0.074	0.353	-0.350	0.118	-0.154	-0.211	0.002	-0.076	-0.442	-0.265	-0.435	-0.429	0.467	0.154	0.149	0.059	0.053	0.423	0.425
	0.828	0.287	0.292	0.729	0.651	0.534	0.995	0.825	0.210	0.460	0.282	0.249	0.173	0.692	0.681	0.862	0.877	0.195	0.193

3.2. Askıda Katı Madde Tahmininde Çoklu Regresyon Analizi Model Bulguları

AKM (mg/L) değerlerinin tahmin edilebilmesi için çoklu regresyon analizi (ÇRA) gerçekleştirilmiştir. ÇRA ile Q (m³/s) ve T (NTU) parametrelerinin ayrı ayrı ve her iki parametrenin birlikte AKM konsantrasyonuna olan etkileri de araştırılmıştır.

Analizlerde kullanılan veriler istasyon istasyon ayrılarak modellenmeler gerçekleştirilmiştir. Yerüstü su kalitesi çalışmasının yürütüldüğü toplam altı akarsudan beşi regresyon fonksiyonlarının katsayılarının elde edilmesinde ve geri kalan bir akarsu ise regresyon fonksiyonlarının sonuçlarının test edilmesinde kullanılmıştır.

Bölüm 2.9’da bahsedilen fonksiyon türleri kullanılarak gerçekleştirilen regresyon analizlerinde, farklı bağımsız değişken durumundaki uygun fonksiyon türleri belirlenmiş olup Model 1 (ÇRA) için kullanılan fonksiyonların denklem katsayıları Tablo 17’de, hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları ise Tablo 18’de verilmiştir. Model 1 (ÇRA) için elde edilen AKM (mg/L) tahmin değerleri ile ölçüm değerlerinin zaman serisi ve saçılım grafiği sırasıyla Şekil 16 ve 17’de verilmiştir.

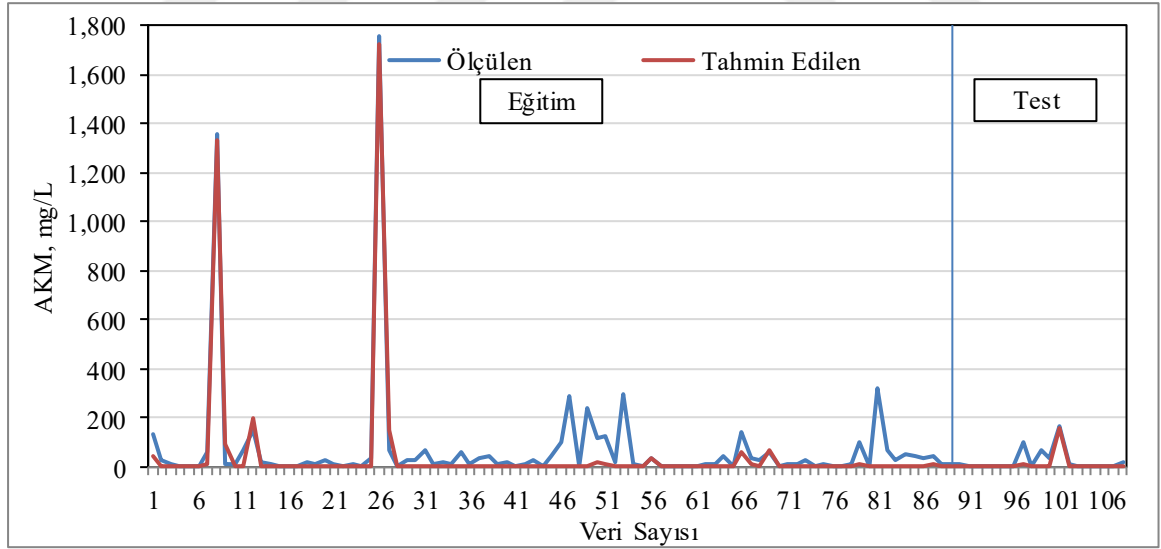
Tablo 17. Model 1 (ÇRA) için kullanılan fonksiyonların denklem katsayıları

Değişken	Fonksiyon	Katsayılar					
		b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅
Q (m ³ /s)	LF	42.5368	0.9998				
	PF	12.1368	0.5601				
	EF	-15,488.8069	9.6506	5.6E-05			
	QF	34.4872	1.5771	-0.0026			
T (NTU)	LF	-28.9253	3.5520				
	PF	0.9185	1.2495				
	EF	-914.5098	6.8062	0.0028			
	QF	-12.4177	2.5430	0.0045			
Q ve T	LF	-62.0071	3.5730	1.0504			
	PF	1.8E-05	2.4475	1.2959			
	EF	39.7500	-242.7543	0.7455	0.8348		
	QF	48.6556	-0.4853	0.0088	-2.8240	0.0092	0.0780

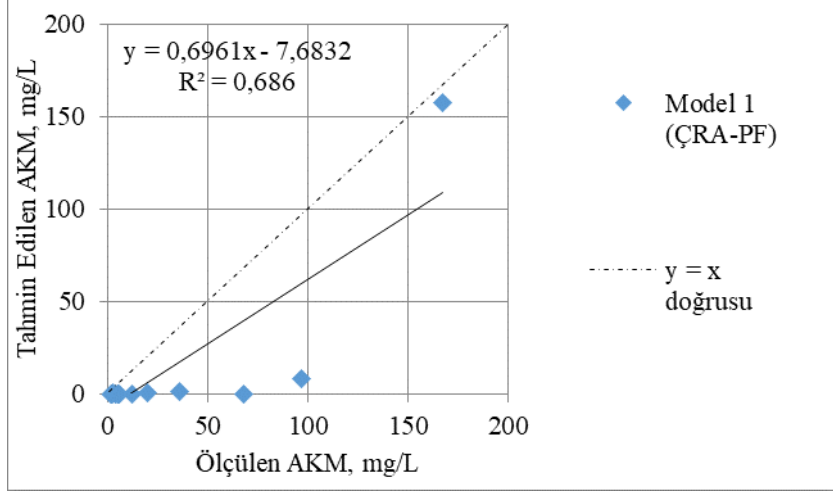
LF için AKM = b₀ + b₁ · T + b₂ · Q
 PF için AKM = b₀ · T^{b₁} · Q^{b₂}
 EF için AKM = b₀ + exp(b₁ + T + b₂ · T + b₃ · Q
 QF için AKM = b₀ + b₁ · T + b₂ · T² + b₃ · Q + b₄ · Q² + b₅ · T · Q

Tablo 18. Model 1 (ÇRA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları

Değişken	Fonksiyon	Eğitim			Test		
		KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE
Q (m ³ /s)	LF	227.9572	93.7963	0.9838	49.7188	47.8138	0.9493
	PF	229.0855	92.4284	0.0422	46.1951	40.6034	-0.1582
	EF	168.1227	80.5946	0.4841	68.6584	33.5550	-1.5584
	QF	227.7645	94.9414	0.0532	48.7059	46.2182	-0.2875
T (NTU)	LF	172.1331	57.3353	0.4592	56.0391	26.5477	-0.7043
	PF	171.2221	50.4028	0.4650	43.7192	18.2668	-0.0373
	EF	170.8488	49.6476	0.4673	41.0710	16.5258	0.0845
	QF	171.0373	50.4677	0.4661	43.0333	17.1896	-0.0050
Q ve T	LF	161.9755	67.3713	0.5212	61.3351	43.4329	-1.0417
	PF	69.9392	35.8889	0.9107	28.4114	15.1127	0.5619
	EF	62.8546	39.0680	0.9279	45.5724	38.9444	-0.1271
	QF	75.5610	44.2228	0.8958	40.1523	31.0274	0.1250



Şekil 16. Model 1 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi



Şekil 17. Model 1 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği

Model 1 (ÇRA) ile gerçekleştirilen regresyon analizlerinde iki girdili modelin diğer tek girdili modellere kıyasla daha iyi sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir. Q (m^3/s) ve T (NTU) parametrelerinin aynı anda modellemede kullanılması modelleme performansını artırıcı yönde etkiler yaratmıştır. Kullanılan regresyon fonksiyonları arasında en iyi tahmin sonucu PF'ye ait denklem aracılığı ile elde edilmiştir. Yalnızca T (NTU) parametresi ile gerçekleştirilen denemelerde model iyi eğitilmemesine rağmen test aşamasında iyi sonuçlar vermiştir. İki girdili modellemelerde EF ve QF fonksiyonları iyi eğitim sonuçları elde etmelerine rağmen test aşamasında PF'ye göre başarısız kalmışlardır.

Model 2 (ÇRA) için kullanılan fonksiyonların denklem katsayıları Tablo 19'da, hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları ise Tablo 20'de verilmiştir. Model 2 (ÇRA) için elde edilen AKM (mg/L) tahmin değerleri ile ölçüm değerlerinin zaman serisi ve saçılım grafiği sırasıyla Şekil 18 ve 19'da verilmiştir.

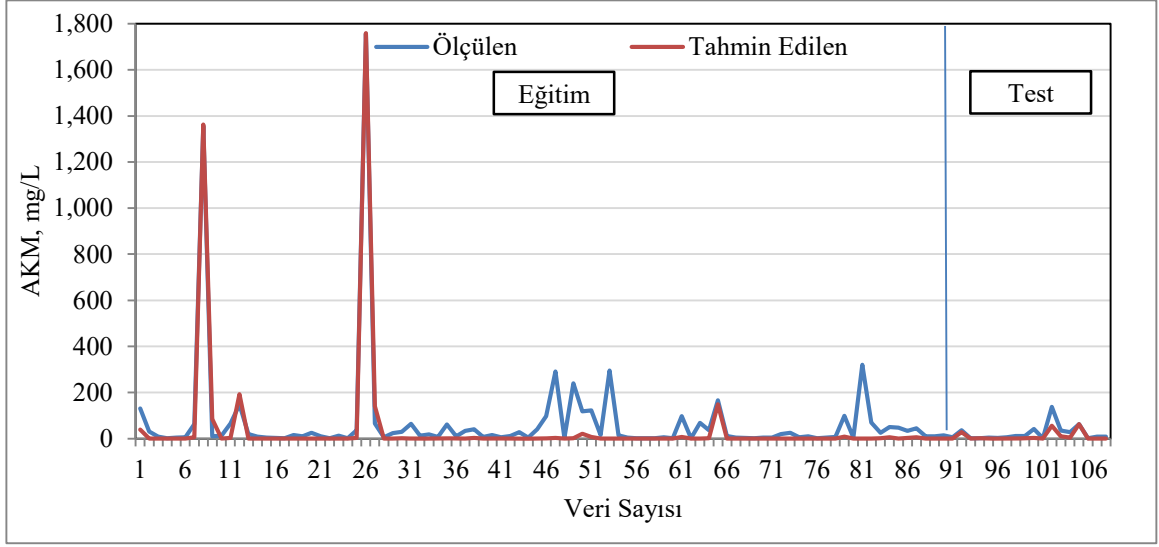
Tablo 19. Model 2 (ÇRA) için kullanılan fonksiyonların denklem katsayıları

Değişken	Fonksiyon	Katsayılar					
		b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅
Q (m ³ /s)	LF	-17.9149	6.5409				
	PF	0.0209	2.1333				
	EF	43.8274	1.9797	0.0271			
	QF	59.8068	-1.6736	0.0490			
T (NTU)	LF	-27.4058	3.4561				
	PF	0.7747	1.2785				
	EF	-709.4129	6.5535	0.0033			
	QF	-9.0170	2.3068	0.0052			
Q ve T	LF	-81.1891	2.7860	5.2356			
	PF	1E-05	2.5321	1.3350			
	EF	4.7930	2.8675	0.0128	0.0158		
	QF	43.1724	-0.0046	0.0120	-3.5027	0.0500	0.0097

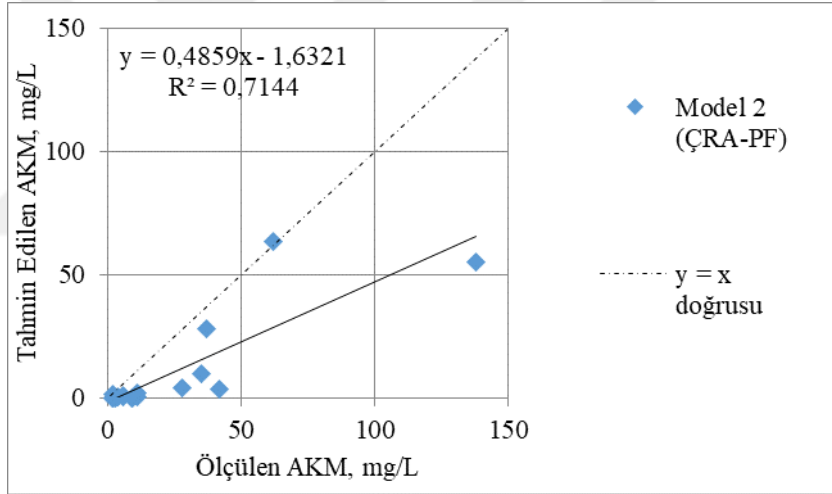
LF için AKM = b₀ + b₁ · T + b₂ · Q
PF için AKM = b₀ · T^{b₁} · Q^{b₂}
EF için AKM = b₀ + exp(b₁ + T + b₂ · T + b₃ · Q)
QF için AKM = b₀ + b₁ · T + b₂ · T² + b₃ · Q + b₄ · Q² + b₅ · T · Q

Tablo 20. Model 2 (ÇRA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları

Değişken	Fonksiyon	Eğitim			Test		
		KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE
Q (m ³ /s)	LF	174.0065	83.2698	0.4486	781.5376	596.1076	-570.0316
	PF	160.9556	53.1148	0.5282	1174.9445	630.1429	-1289.6100
	EF	151.9053	63.1021	0.5798	2824.4513	1200.1199	-7457.1051
	QF	154.5848	64.3153	0.5648	1164.0779	632.1515	-1265.8478
T (NTU)	LF	173.3290	57.9028	0.4529	30.7859	18.8325	0.1139
	PF	171.9080	49.2975	0.4618	24.0474	14.5421	0.4594
	EF	171.3936	48.9120	0.4651	24.4766	15.4609	0.4399
	QF	171.6698	49.4064	0.4633	24.7111	15.4991	0.4291
Q ve T	LF	122.7487	70.3383	0.7256	597.2431	444.8632	-332.4745
	PF	70.2952	35.9043	0.9100	23.6837	13.4592	0.4756
	EF	57.8413	32.0254	0.9391	421.7808	219.4278	-165.3160
	QF	66.3600	35.4075	0.9198	981.2224	476.1754	-899.1092



Şekil 18. Model 2 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi



Şekil 19. Model 2 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği

Model 2 (ÇRA) ile gerçekleştirilen regresyon analizi sonuçlarına bakıldığında Model 1 (ÇRA)'de olduğu gibi yine iki girdiye sahip olan denemenin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu denemede de AKM (mg/L) tahmini için en iyi sonucu PF'ye ait fonksiyon elde etmiştir. İki girdili denemede EF ve QF modelleri eğitimde başarılı olmuşlar ancak aynı başarıyı test aşamasında gösterememişlerdir.

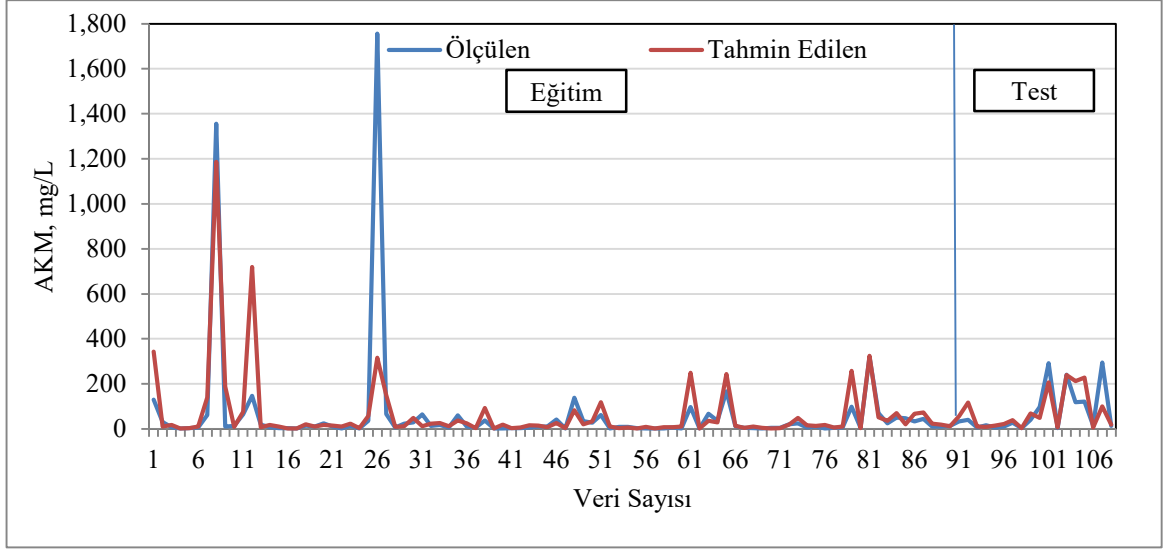
Model 3 (ÇRA) için kullanılan fonksiyonların denklem katsayıları Tablo 21'de, hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları ise Tablo 22'de verilmiştir. Model 3 (ÇRA) için elde edilen AKM (mg/L) tahmin değerleri ile ölçüm değerlerinin zaman serisi ve saçılım grafiği sırasıyla Şekil 20 ve 21'de verilmiştir.

Tablo 21. Model 3 (ÇRA) için kullanılan fonksiyonların denklem katsayıları

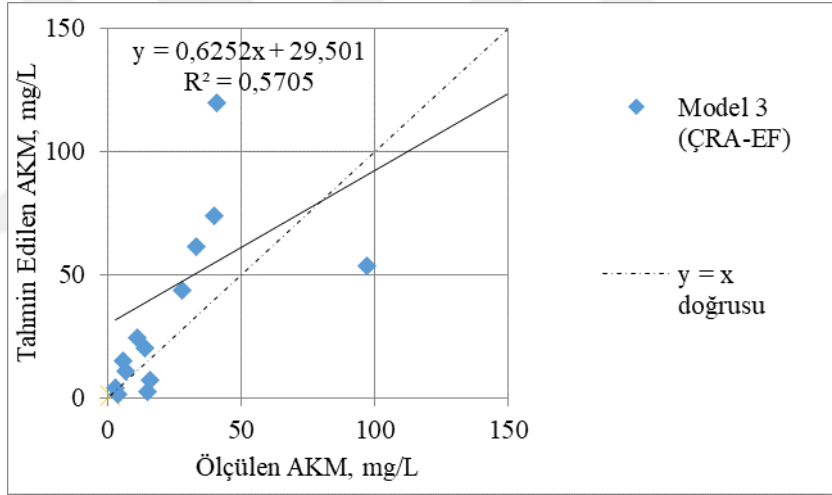
Değişken	Fonksiyon	Katsayılar					
		b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅
Q (m ³ /s)	LF	26.6350	1.1111				
	PF	6.0210	0.7017				
	EF	-9,961.8628	9.2092	1.1E-04			
	QF	11.4636	2.0859	-0.0043			
T (NTU)	LF	-26.3200	3.5163				
	PF	0.7720	1.2799				
	EF	-717.2703	6.5635	0.0033			
	QF	-9.7681	2.3353	0.0051			
Q ve T	LF	-59.7271	3.4878	1.0434			
	PF	8E-04	2.5535	1.3475			
	EF	29.0455	-239.2553	0.7351	0.8232		
	QF	49.2174	-1.6527	0.0126	-2.3442	0.0072	0.0810

Tablo 22. Model 3 (ÇRA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları

Değişken	Fonksiyon	Eğitim			Test		
		KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE
Q (m ³ /s)	LF	224.1184	81.3587	0.0640	106.7743	64.0593	-0.2211
	PF	224.3456	79.6670	0.0621	114.4989	66.1974	-0.4041
	EF	224.1344	81.4991	0.0639	106.6309	64.0715	-0.2178
	QF	223.5630	82.4298	0.0686	112.1151	64.6402	-0.3463
T (NTU)	LF	171.0318	52.8011	0.4549	71.2783	47.4533	0.4558
	PF	169.7961	44.2266	0.4627	64.7330	40.0409	0.5512
	EF	169.3584	43.6676	0.4655	63.7129	40.8610	0.5652
	QF	169.6109	44.3369	0.4639	64.2148	40.7118	0.5584
Q ve T	LF	161.2285	65.2150	0.5156	69.9938	48.2322	0.4753
	PF	47.5889	25.4293	0.9578	121.4271	74.8947	-0.5792
	EF	45.9616	28.4650	0.9606	107.7734	65.2222	-0.2440
	QF	63.3585	38.7383	0.9252	116.5453	73.6786	-0.4548



Şekil 20. Model 3 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi



Şekil 21. Model 3 (ÇRA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği

Model 3 (ÇRA) için yapılan regresyon analizi çalışmasında, en düşük hata ve en yüksek NSE değerlerine sahip modelin tek girdili modellerden T (NTU) parametresi ile yapılan denemeden elde edildiği görülmüştür. En iyi tahmin sonucunu da EF'ye ait denklem vermiştir. Diğer yandan, iki girdili model her ne kadar eğitim aşamasında düşük hata ve yüksek NSE değerleri elde etse de test aşamasında aynı başarıyı gösterememiştir.

Modeller arasında en iyi sonuçları elde eden fonksiyonlar;

$$\text{Model 1 (ÇRA-PF) için: } AKM = 0.000018 * T^{2.4474} * Q^{1.2959} \quad (8)$$

$$\text{Model 2 (ÇRA-PF) için: } AKM = 0.00001 * T^{2.5351} * Q^{1.3350} \quad (9)$$

$$\text{Model 3 (ÇRA-EF) için: } AKM = -717.2703 + \exp(6.5635 + 0.0033 * T) \quad (10)$$

olarak belirlenmiştir.

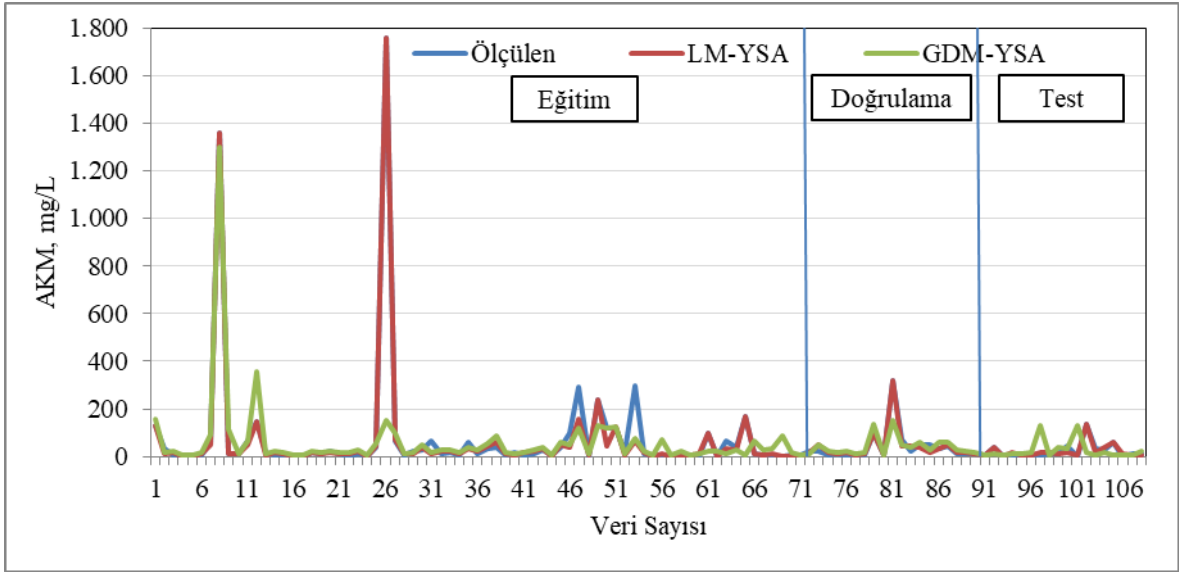
3.3. Askıda Katı Madde Tahmininde Yapay Sinir Ağları Model Bulguları

Q (m³/s) ve T (NTU) parametrelerinin ayrı ayrı ve her iki parametrenin birlikte girdi olarak kullanıldığı YSA modelleri ile AKM (mg/L) parametresinin tahmin çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Veri takımları eğitim (dört akarsu), doğrulama (bir akarsu) ve test (bir akarsu) setlerine ayrıldıktan sonra YSA analizlerine başlanmıştır. Ağın öğrenme algoritması (LM ve GDM), ara katmandaki eleman sayıları, öğrenme ve momentum katsayıları değiştirilerek farklı denemelerin birbiri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları kurulan her bir model için sırasıyla Tablo 23, 24 ve 25'te verilmiştir.

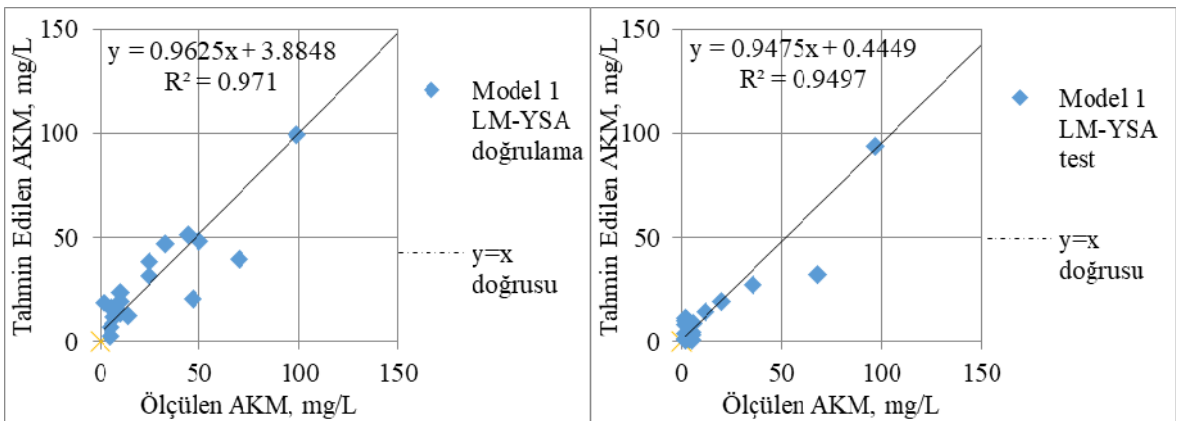
Tablo 23. Model 1 (ÇK- YSA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları

Değişken	Algoritma	Eğitim			Doğrulama			Test		
		KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE
Q (m ³ /s)	GDM	258.8126	104.9293	-0.0001	80.6518	65.5697	-0.2624	70.7804	67.6252	0.1862
	LM	168.1164	55.2119	0.9397	74.3319	35.4581	0.2397	40.8981	31.5487	0.1849
T (NTU)	GDM	195.3188	46.6637	0.4304	42.9633	23.9586	0.6418	15.3975	10.7065	0.8713
	LM	32.7182	14.3060	0.9840	12.4491	9.1359	0.9699	9.6610	5.6761	0.9493
Q ve T	GDM	225.2244	75.2095	0.0555	25.8237	37.7672	0.4448	16.4542	31.7841	0.7453
	LM	38.3179	16.5420	0.9781	12,7371	10.2040	0.9685	10.4593	6.6002	0.9407

Model 1 (ÇK-YSA) ile gerçekleştirilen modellemede en iyi sonuç girdi parametresi T (NTU) olan modelden elde edilmiştir. Doğrulama ve test aşamalarında hata değerlerinin en düşük ve NSE katsayısının en yüksek olduğu model en iyi yöntem olarak belirlenmektedir. LM öğrenme algoritması ile en iyi sonuca sahip olan modelin ara katmandaki eleman sayısı, öğrenme ve momentum katsayıları sırasıyla; 8, 0.5 ve 0.1'dir. Bu modele ait tahmin değerlerinin ölçüm değerleri ile zaman serisi Şekil 22'de, saçılım grafiği ise Şekil 23'te verilmektedir.



Şekil 22. Model 1 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi

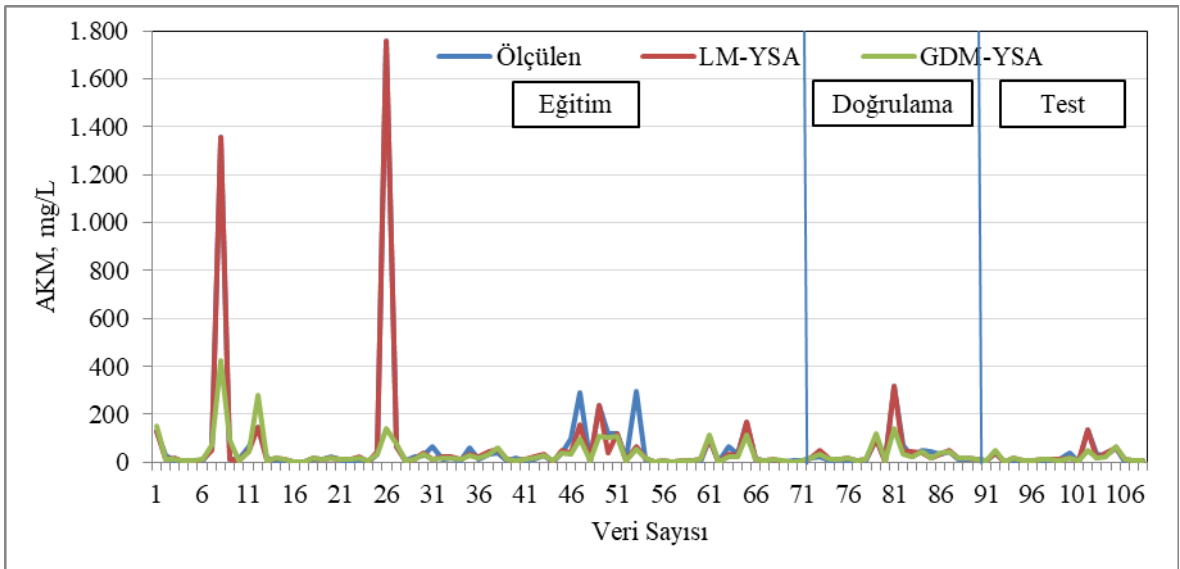


Şekil 23. Model 1 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği

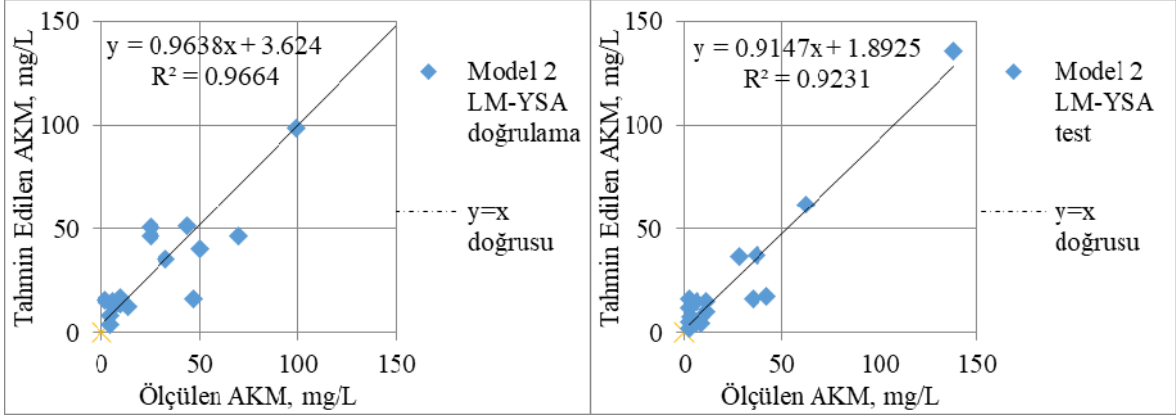
Tablo 24. Model 2 (ÇK- YSA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları

Değişken	Algoritma	Eğitim			Doğrulama			Test		
		KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE
Q (m ³ /s)	GDM	257.1058	77.7559	0.0152	75.5319	36.3654	-0.1072	55.7367	53.0584	-1.9043
	LM	62.9695	40.1905	0.9409	631.7746	180.6243	-76.4639	36.4342	23.3685	-0.2410
T (NTU)	GDM	41.0996	16.9193	0.9748	13.1029	10.3031	0.9667	21.2957	10.9874	0.5760
	LM	118.8325	23.5425	0.7896	13.3260	9.4766	0.9655	9.0762	5.9457	0.9230
Q ve T	GDM	141.7598	35.8566	0.6808	48.0683	23.2822	0.5854	24.2435	18.9457	0.3355
	LM	35.0006	13.5707	0.9817	20.7154	12.6423	0.9167	9.0339	6.5449	0.9236

Model 2 (ÇK- YSA) ile gerçekleştirilen modellemede en iyi sonuç yine girdi parametresi T (NTU) olan modelden elde edilmiştir. LM öğrenme algoritmasına sahip olan modelden en düşük hata değerleri ve en yüksek NSE katsayıları elde edilmiştir. Ara katmandaki eleman sayısı, öğrenme ve momentum katsayıları sırasıyla; 10, 0.1 ve 0.1'dir. Bu modele ait tahmin değerlerinin ölçüm değerleri ile zaman serisi Şekil 24'te, saçılım grafiği ise Şekil 25'te verilmektedir.



Şekil 24. Model 2 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi

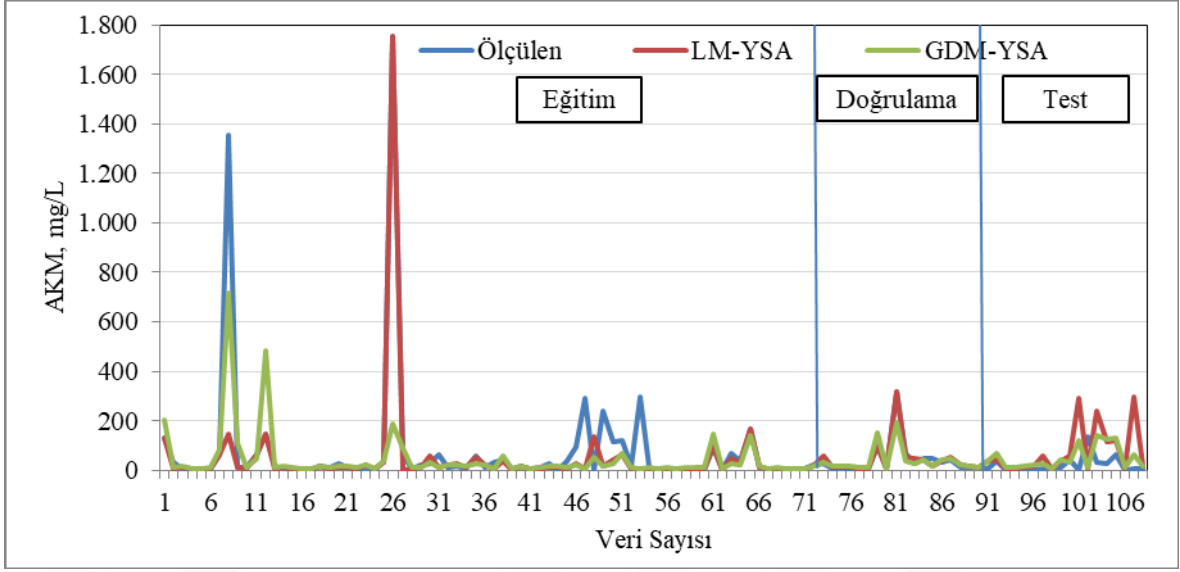


Şekil 25. Model 2 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği

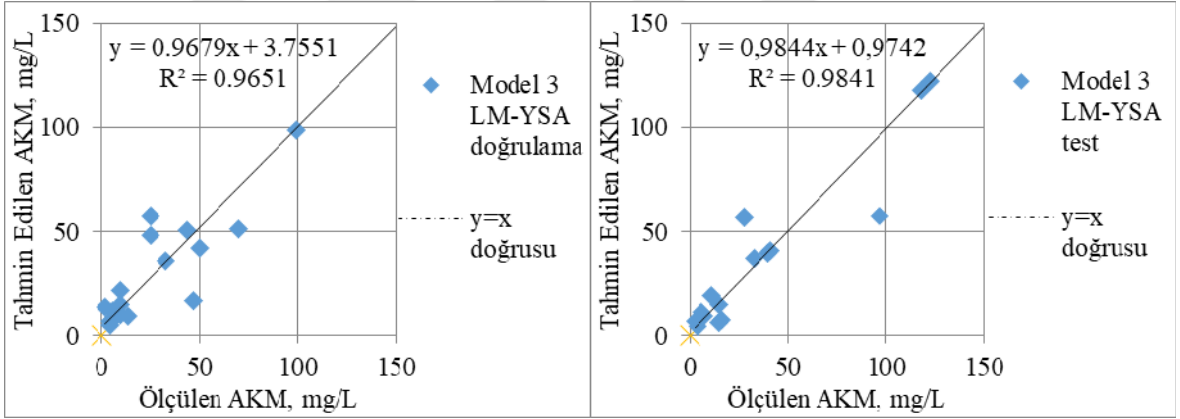
Tablo 25. Model 3 (ÇK-YSA) ile hesaplanan AKM (mg/L) için bağımsız değişkenlere göre hata değerleri ve NSE katsayıları

Değişken	Algoritma	Eğitim			Doğrulama			Test		
		KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE
Q (m ³ /s)	GDM	230.2948	82.2590	0.1927	70.2051	39.3947	0.0434	102.7780	68.2122	-0.1318
	LM	37.5475	25.7979	0.9785	62.0937	39.8616	0.2517	104.0551	77.8603	-0.1600
T (NTU)	GDM	204.7365	48.2754	0.3619	34.5652	18.7015	0.7681	74.3431	37.6093	0.4077
	LM	142.9751	23.1827	0.6888	13.6174	9.2041	0.9640	12.1951	6.1801	0.9841
Q ve T	GDM	166.8327	38.0788	0.5763	40.8621	22.7240	0.6759	75.5513	39.9952	0.3884
	LM	144.1297	25.6327	0.9943	27.0742	16.5011	0.9698	16.6822	8.8817	0.4891

Model 3 (ÇK- YSA) ile gerçekleştirilen modellemelerde de en iyi sonuç yine girdi parametresi T (NTU) olan modelden elde edilmiştir. LM öğrenme algoritmasına sahip olan modelden en düşük hata değerleri ve en yüksek NSE katsayıları elde edilmiştir. Ara katmandaki eleman sayısı, öğrenme ve momentum katsayıları sırasıyla; 10, 0.5 ve 0.5'dir. Bu modele ait tahmin değerlerinin ölçüm değerleri ile zaman serisi Şekil 26'da, saçılım grafiği ise Şekil 27'de verilmektedir.



Şekil 26. Model 3 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin zaman serisi



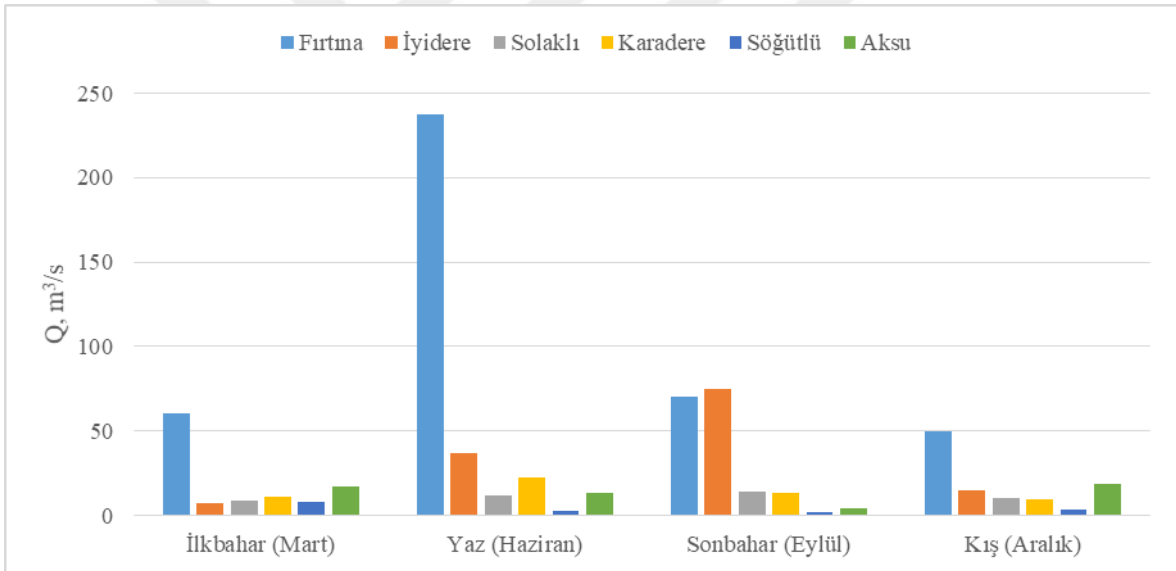
Şekil 27. Model 3 (ÇK-YSA) ile AKM (mg/L) tahmin modelinin saçılım grafiği

4. İRDELEME

4.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulguların İrdelenmesi

4.1.1. Debinin Akarsularda Mevsimsel Değişimi

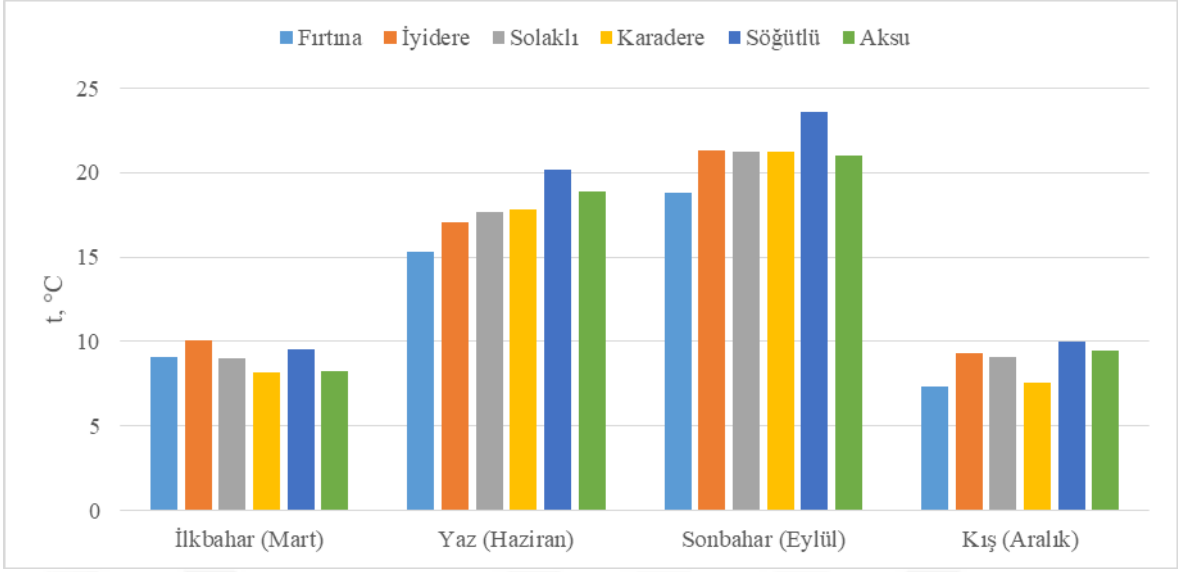
Şekil 28’de görüldüğü üzere, en düşük debiler Söğütlü Akarsuyu’nda ölçülmüş olup ortalama 1.810 ile 7.778 m³/s arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek debiler ise Fırtına Akarsuyu’nda ölçülmüş olup ortalama 49.604 ile 237.139 m³/s arasında bir değişim ortaya koymuştur.



Şekil 28. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında debinin mevsimsel değişimi

4.1.2. Su Sıcaklığının Akarsularda Mevsimsel Değişimi

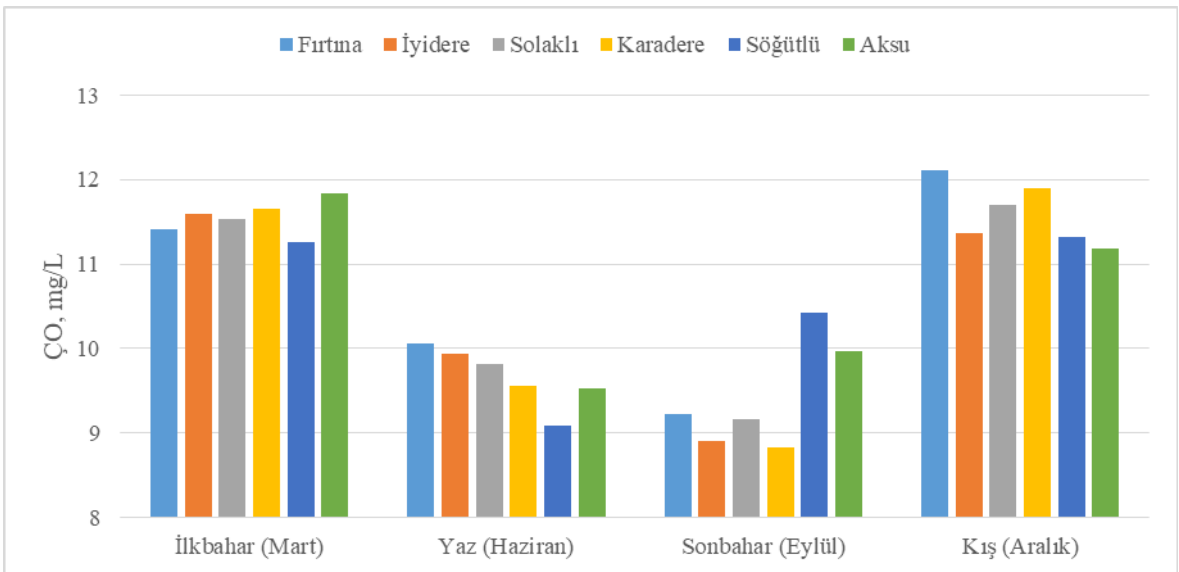
Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre belirlendiği için en yüksek sıcaklık değerleri, Şekil 29’da görüldüğü üzere Haziran ve Eylül aylarında gerçekleşmiş olup Söğütlü Akarsuyu’nda ortalama 23.60 °C’ye kadar ulaşmıştır. En düşük sıcaklık değerleri ise Aralık ve Mart aylarında gerçekleşmiş olup Fırtına Akarsuyu’nda ortalama 7.33 °C’ye kadar düşmüştür. YSKY (2016)’ye göre su sıcaklığı bakımından bir sınıflandırma yapmak mümkün olamamıştır.



Şekil 29. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında sıcaklığın mevsimsel değişimi

4.1.3. Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Mevsimsel sıcaklık farklarının etkisi ile beklenildiği üzere Haziran ve Eylül aylarında daha düşük seyreden ÇO konsantrasyonu Karadere Akarsuyu'nda ortalama 8.83 mg/L'ye kadar düşmüştür (Şekil 30). Su sıcaklığı değerlerinin daha düşük ölçüldüğü Aralık ve Mart aylarında ise daha yüksek ÇO konsantrasyonlarına ulaşılmış olup Fırtına Akarsuyu'nda bu değer ortalama 12.11 mg/L'ye kadar yükselmiştir.



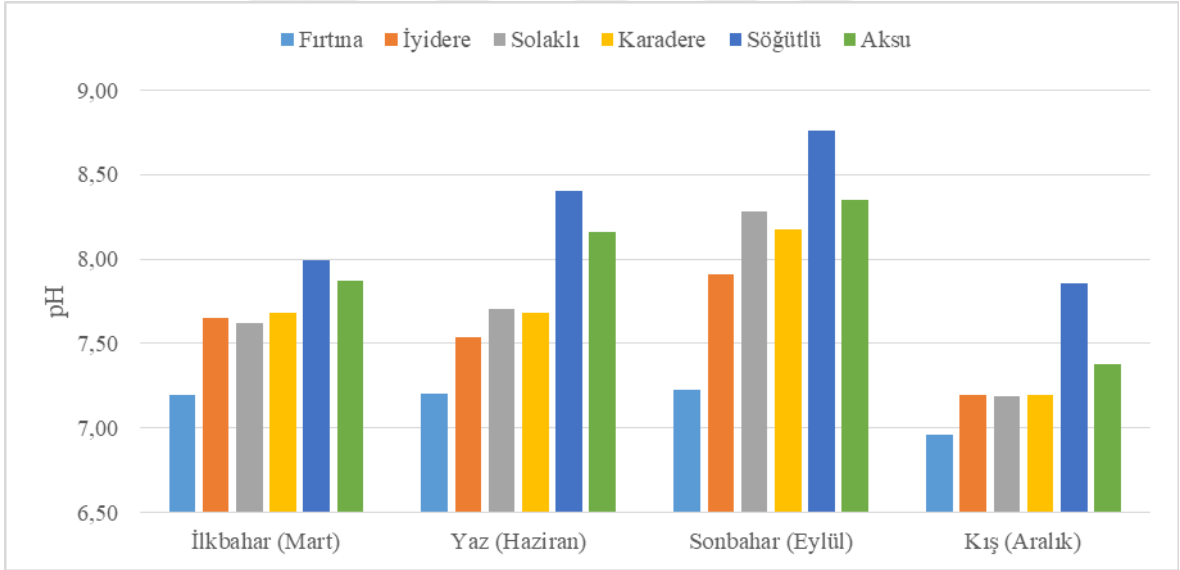
Şekil 30. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında çözünmüş oksijenin mevsimsel değişimi

Doğu Karadeniz akarsularındaki ÇO konsantrasyonlarının artma ya da azalma eğilimleri akarsu sıcaklıklarıyla zıtlık göstermekte, her iki parametre arasında -0.659 (Söğütlü Akarsuyu) ile -0.988 (Karadere Akarsuyu) aralığında değişen korelasyon katsayıları bu zıt eğilimi desteklemektedir.

YSKY (2016)'ye göre bir sınıflandırma yapıldığında Doğu Karadeniz Havzası akarsularının 'Sınıf I' için önerilen 8 mg/L 'lik alt sınır değerinin üzerinde bir ÇO konsantrasyonuna sahip oldukları anlaşılmaktadır.

4.1.4. pH'nın Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 31'de görüldüğü üzere, en düşük pH değerleri Aralık ayında gerçekleşmiş olup Fırtına Akarsuyu'nda ortalama 6.96 'ya kadar düşmüştür. En yüksek pH değerleri Eylül ayında gerçekleşmiş olup Söğütlü Akarsuyu'nda ortalama 8.76 'ya kadar yükselmiştir.



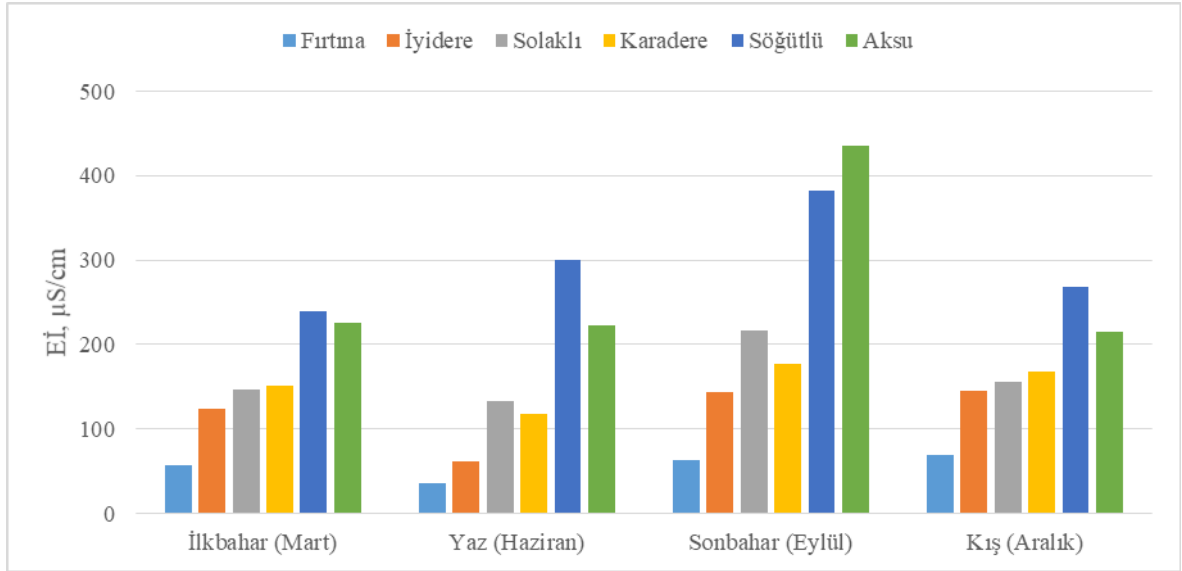
Şekil 31. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında pH'nın mevsimsel değişimi

Ulusal yönetmeliklere göre bir sınıflandırma yapıldığında, Doğu Karadeniz Havzası akarsularının 'Sınıf I' için önerilen $6-9$ 'luk pH aralığının (YSKY, 2016) yanı sıra 'A1' kategorisi için önerilen $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$ kılavuz değerleri (İSTESKAHY, 2019) sağladığı görülmektedir. TS 266 (2005) tarafından 'Sınıf 2 ve Tip 2' için önerilen pH aralığı $6.5-9.5$ olup EU (1998)'nin aynı parametre için önerdiği aralık ile birebir örtüştüğü dolayısıyla söz

konusu akarsularının bu değerleri karşıladığı anlaşılmaktadır. US EPA (2018) tarafından verilen pH aralığı 6.5–8.5 olup WHO (2011) tarafından önerilen bir değer mevcut değildir.

4.1.5. Elektriksel İletkenliğin Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 32’de görüldüğü üzere, en düşük Eİ değerleri ekseriyetle Haziran ayında gerçekleşmiş olup Fırtına Akarsuyu’nda ortalama 35.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’ye kadar düşmüştür. En yüksek Eİ değerleri ekseriyetle Eylül ayında gerçekleşmiş olup Aksu Akarsuyu’nda ortalama 435 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’ye kadar yükselmiştir.



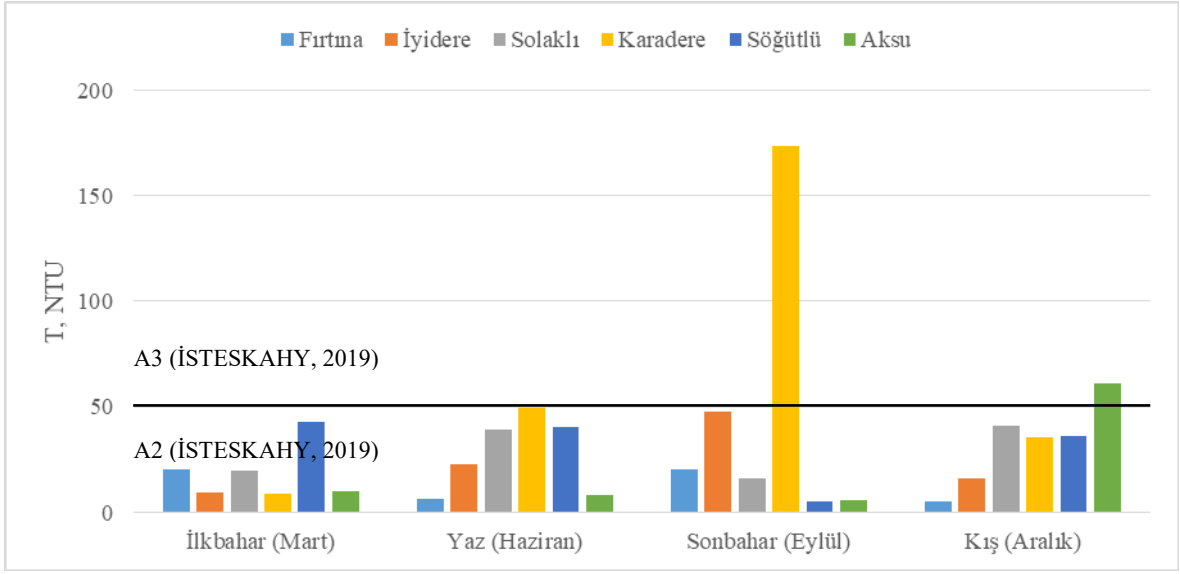
Şekil 32. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında iletkenliğin mevsimsel değişimi

Ulusal yönetmeliklere göre bir sınıflandırma yapıldığında, Doğu Karadeniz Havzası akarsularının ‘Sınıf I’ için izin verilen 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’lik sınır değer (YSKY, 2016) yanı sıra ‘A1’ kategorisi için tanımlanan 2,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’lik kılavuz değer (İSTESKAHY, 2019) altında bir Eİ değerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. ‘Sınıf I’ için önerilen sınır değer (YSKY, 2016) sadece Aksu Akarsuyu’nda debinin en düşük olduğu Eylül ayında aşılmış ve ortalama 435 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak gerçekleşmiştir.

TS 266 (2005) tarafından ‘Sınıf 2 ve Tip 2’ için müsaade edilen 2,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’lik (20 °C’de) değer EU (1998)’nin aynı parametre için müsaade ettiği değer ile birebir örtüşmekte ve Doğu Karadeniz Havzası akarsuları Eİ değerlerinin de bu değer oldukça altında kaldığı görülmektedir (Şekil 32).

4.1.6. Bulanıklığın Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Bulanıklık değerleri çoğunlukla 5–50 NTU arasında değişmekte olup en yüksek değerlere Aralık ayındaki 60.90 NTU ile Aksu Akarsuyu ve Eylül ayındaki 173.50 NTU ile Karadere Akarsuyu sahip olmuştur (Şekil 33). Bulanıklık ile AKM arasındaki 0.768 (Fırtına Akarsuyu) ile 0.927 (Aksu Akarsuyu) arasında değişen korelasyon katsayıları dikkate alındığında, bulanıklığın büyük ölçüde AKM'den kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

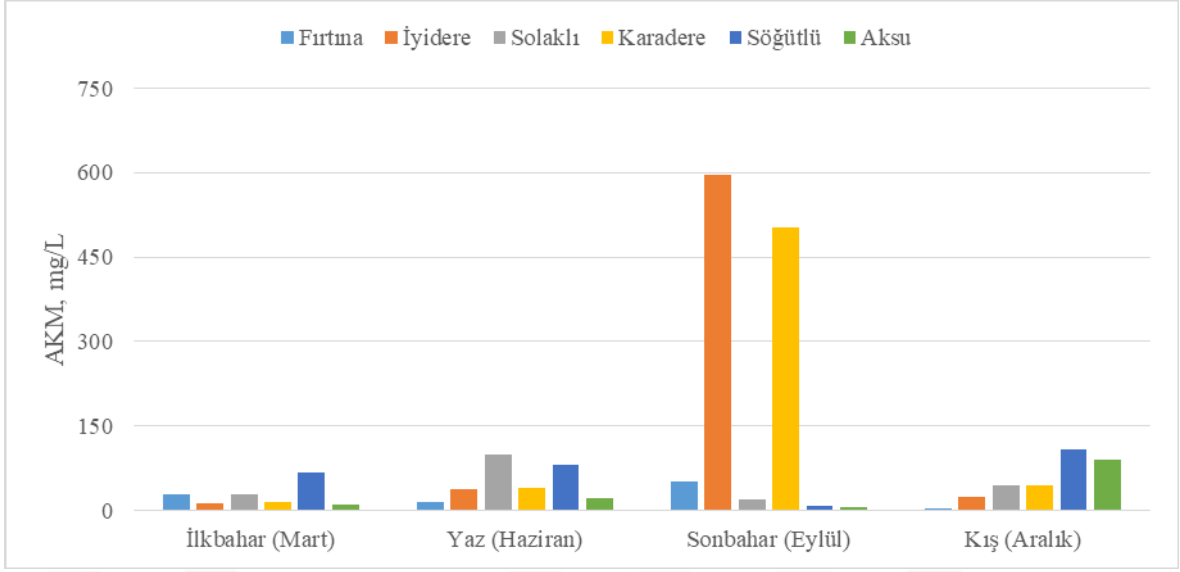


Şekil 33. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında bulanıklığın mevsimsel değişimi

YSKY (2016)'ye göre bulanıklık bakımından herhangi bir sınıflandırmanın yapılamadığı Doğu Karadeniz Havzası akarsularının, İSTESKAHY (2019) tarafından tanımlanan 1 NTU'luk (A1) kılavuz değeri bir hayli aşmaları sebebiyle 'A2' kategorisinde oldukları değerlendirilmiştir. TS 266 (2005) tarafından 'Sınıf 2 ve Tip 2' için müsaade edilen bulanıklık değeri ise 5 NTU'dur. Yüksek bulanıklık değerlerine sahip akarsulardan içme ve kullanma suyu temin edilmesi durumunda arıtıma ihtiyaç duyulacağı aşikardır.

4.1.7. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 34'te görüldüğü üzere, AKM değerleri ekseriyetle 100 mg/L'nin altında olup en yüksek değerlere Eylül ayındaki 596 mg/L ile İyidere ve 502 mg/L ile de Karadere akarsuları sahip olmuştur.



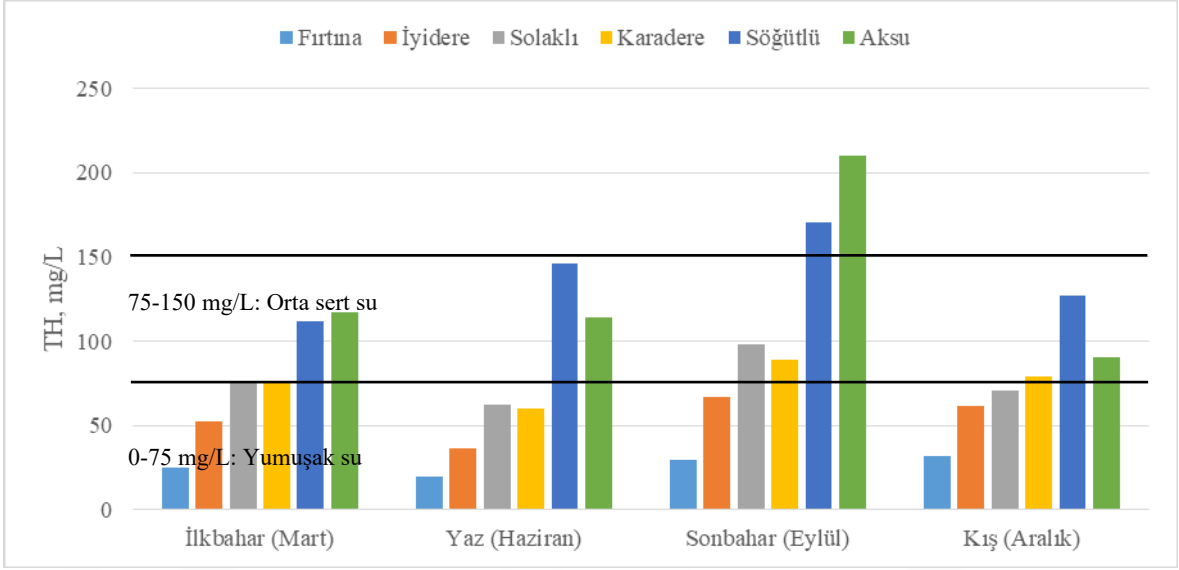
Şekil 34. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında askıda katı maddenin mevsimsel değişimi

YSKY (2016)'de "Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri" tablosunda AKM parametresine yer verilmediğinden elde edilen AKM değerlerini sınıflandırmak mümkün olmamıştır. Gerek ulusal gerekse uluslararası yönetmelik ve standartlarda da AKM parametresi için bir değerlendirme yapılmamaktadır.

4.1.8. Toplam Sertliğin Akarsularda Mevsimsel Değişimi

TH (mg/L)'nin Rize'den Giresun'a yani doğudan batıya doğru artış eğilimi gösterdiği Doğu Karadeniz Havzası akarsularında, en düşük TH değerleri ekseriyetle Haziran ayında gerçekleşmiş olup Fırtına Akarsuyu'nda ortalama 19.35 mg/L'ye kadar düşmüştür. En yüksek TH değerleri Eylül ayında gerçekleşmiş olup Aksu Akarsuyu'nda ortalama 209.99 mg/L'ye kadar yükselmiştir (Şekil 35). Bu eğilim Eİ değerlerindeki eğilim ile örtüşmektedir. TH ile Eİ parametreleri arasındaki 0.589 (Fırtına Akarsuyu) ile 0.946 (Aksu Akarsuyu) aralığında değişen korelasyon katsayıları bu eğilimi desteklemektedir.

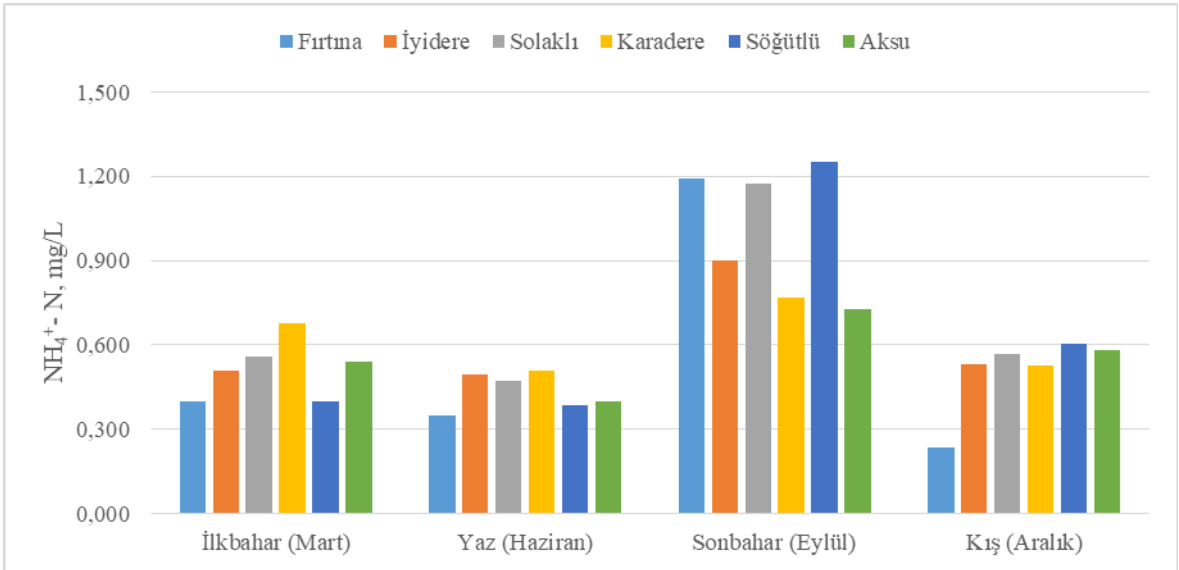
YSKY (2016)'ye göre TH bakımından herhangi bir sınıflandırma yapmak mümkün olamamıştır. Gerek ulusal gerekse uluslararası yönetmelik ve standartlarda da TH için bir değerlendirme yapılmamaktadır. CaCO₃ içeriği 0-75 mg/L olan sular 'Yumuşak su' ve 75-150 mg/L arasında olanlar da 'Orta sert su' olarak sınıflandırılacak olursa (Yalçın ve Gürü, 2010), Rize akarsularının 'Yumuşak su', Trabzon ve Giresun akarsularının da 'Orta sert su' sınıfında oldukları değerlendirilebilir.



Şekil 35. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında toplam sertliğin mevsimsel değişimi

4.1.9. Amonyum Azotunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 36'da görüldüğü üzere, en yüksek $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerleri Eylül ayında gerçekleşmiş olup Söğütlü Akarsuyu'nda ortalama 1.250 mg/L'ye kadar yükselmiştir. En düşük $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerleri Haziran ayında gerçekleşmiş olup Fırtına Akarsuyu'nda ortalama 0.234 mg/L'ye kadar düşmüştür.



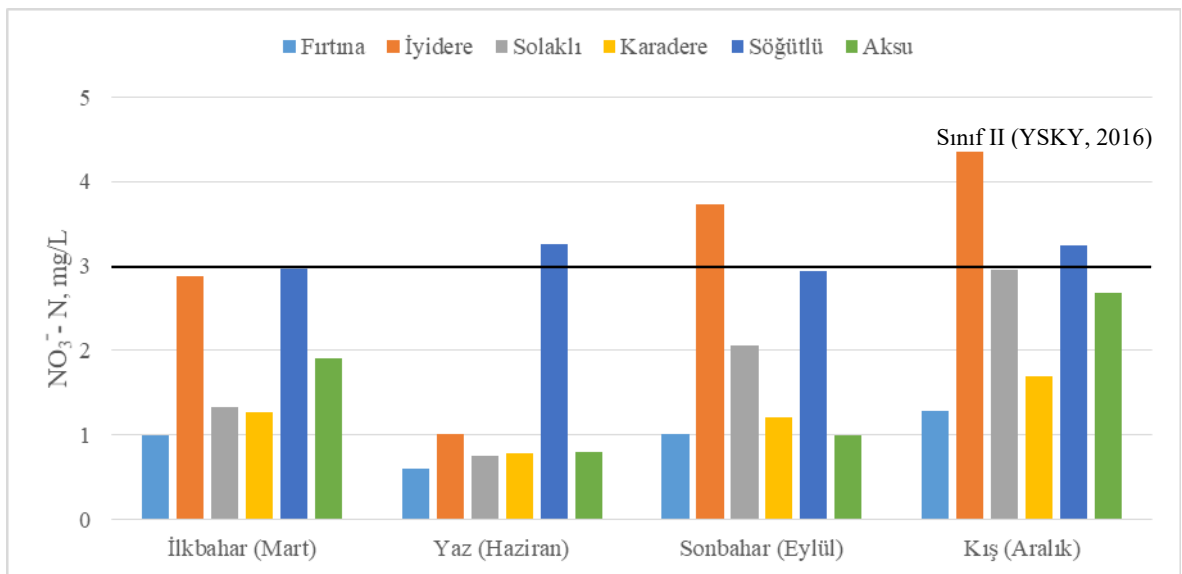
Şekil 36. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında amonyum azotunun mevsimsel değişimi

Tüm akarsular içinde 0.234 mg/L ile en düşük $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonuna sahip Fırtına Akarsuyu'nda dahi YSKY (2016) tarafından 'Sınıf I' için müsaade edilen 0.200 mg/L'lik üst sınır değerini aştığı, üstelik Fırtına, Solaklı ve Söğütlü akarsularının Eylül ayındaki 1.191, 1.175 ve 1.250 mg/L'lik $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonlarının da 'Sınıf II' için müsaade edilen 1.000 mg/L'lik üst sınır değerini üzerinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu haliyle 'Kirliliği su' sınıfında olsalar da çoğu kez 'Az kirlenmiş su' sınıfında olan Doğu Karadeniz Havzası akarsularının İSTESKAHY (2019) tarafından aynı parametre için tanımlanan 0.500 mg/L'lik (A1) kılavuz değeri (0.390 mg/L $\text{NH}_4^+\text{-N}$) de bir hayli aşmaları sebebiyle 'A2' kategorisinde oldukları değerlendirilmiştir.

TS 266 (2005) tarafından 'Sınıf 2 ve Tip 2' için müsaade edilen 0.500 mg/L'lik NH_4^+ konsantrasyonu EU (1998) tarafından aynı parametre için önerilen değer ile birebir uyum göstermekte ve 0.390 mg/L $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 'e karşılık gelmektedir. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ bakımından yüksek değerlere sahip akarsular hem ulusal hem de uluslararası sınır değerleri sağlamamaktadır.

4.1.10. Nitrat Azotunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Doğu Karadeniz Havzası akarsularında en düşük $\text{NO}_3^-\text{-N}$ değerleri ile Haziran ayında karşılaşılmış olup bu değerler İyidere ve Söğütlü akarsuları hariç 1 mg/L'nin altındadır. En yüksek $\text{NO}_3^-\text{-N}$ değerleri ile Aralık ayında karşılaşılmış olup bu değerler İyidere ve Söğütlü akarsularında 3 mg/L'nin bir miktar üzerindedir (Şekil 37).



Şekil 37. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında nitrat azotunun mevsimsel değişimi

İyidere Akarsuyu'nda Eylül ve Aralık aylarında, Söğütlü Akarsuyu'nda ise Haziran ve Aralık aylarında 3 mg/L'nin de üzerinde gerçekleşen NO_3^- -N değerleri hariç tutularak YSKY (2016)'ye göre bir sınıflandırma yapıldığında, Doğu Karadeniz Havzası akarsularının 'Sınıf I' için müsaade edilen 3 mg/L'lik üst sınır değerinin altında bir konsantrasyon ile 'Yüksek kaliteli su' sınıfında oldukları değerlendirilmiştir. İSTESKAHY (2019) tarafından NO_3^- parametresi için tanımlanan 50 mg/L'lik (A1) kılavuz değer 11.295 mg/L NO_3^- -N'e karşılık gelmektedir. En yüksek değer 4.361 mg/L olduğu havzada akarsuların 'A1' kategorisinde oldukları değerlendirilmiştir.

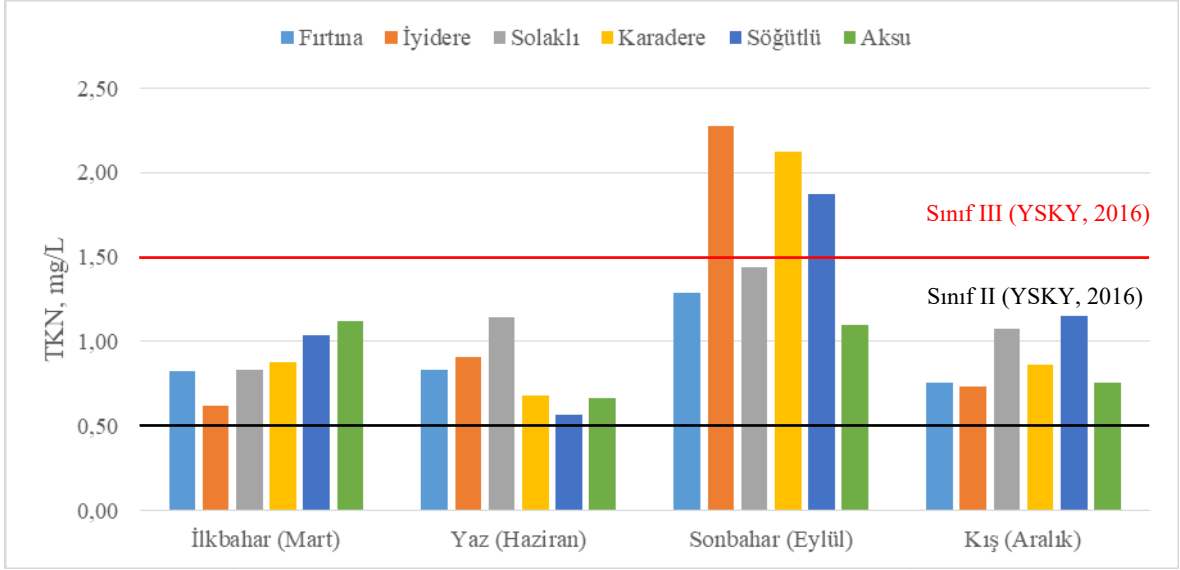
TS 266 (2005) tarafından 'Sınıf 2 ve Tip 2' için müsaade edilen 50 mg/L'lik NO_3^- konsantrasyonu değeri hem EU (1998) hem de WHO (2011) tarafından önerilen değerler ile birebir uyum göstermekte ve 11.295 mg/L NO_3^- -N'e karşılık gelmektedir. Diğer yandan US EPA (2018) NO_3^- -N parametresi için 10 mg/L'ye kadar müsaade etmektedir. Dolayısıyla Doğu Karadeniz Havzası akarsularının NO_3^- -N içeriğinin hem ulusal hem de uluslararası sınır değerlerin altında kaldığı ve sakıncalı bir durumun söz konusu olmadığı anlaşılmaktadır.

4.1.11. Toplam Kjeldahl Azotunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 38'de görüldüğü üzere, en yüksek TKN değerleri çoğunlukla Eylül ayında gerçekleşmiş olup İyidere Akarsuyu'nda ortalama 2.274 mg/L'ye kadar yükselmiştir. En düşük TKN değerlerinin tespit edildiği aylarda göze çarpan bir eğilim olmamakla birlikte İyidere ve Solaklı akarsularında Mart, Karadere, Söğütlü ve Aksu akarsularında Haziran, Fırtına akarsuyunda ise Aralık ayı ön plana çıkmaktadır.

YSKY (2016) tarafından 'Sınıf I' için müsaade edilen 0.500 mg/L'lik üst sınır değeri dikkate alındığında, Doğu Karadeniz Havzası akarsularının bu sınır değerinin oldukça üzerinde bir TKN konsantrasyonuna sahip oldukları görülmektedir (Şekil 38). Üstelik 'Sınıf II' için müsaade edilen 1.500 mg/L'lik üst sınır değerinin de Eylül ayında İyidere, Karadere ve Söğütlü akarsularında aşıldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple, havzadaki akarsuların tümü 'Az kirlenmiş su' sınıfında olmakla birlikte kimi akarsuların Eylül ayında 'Kirlili su' sınıfında oldukları değerlendirilmiştir.

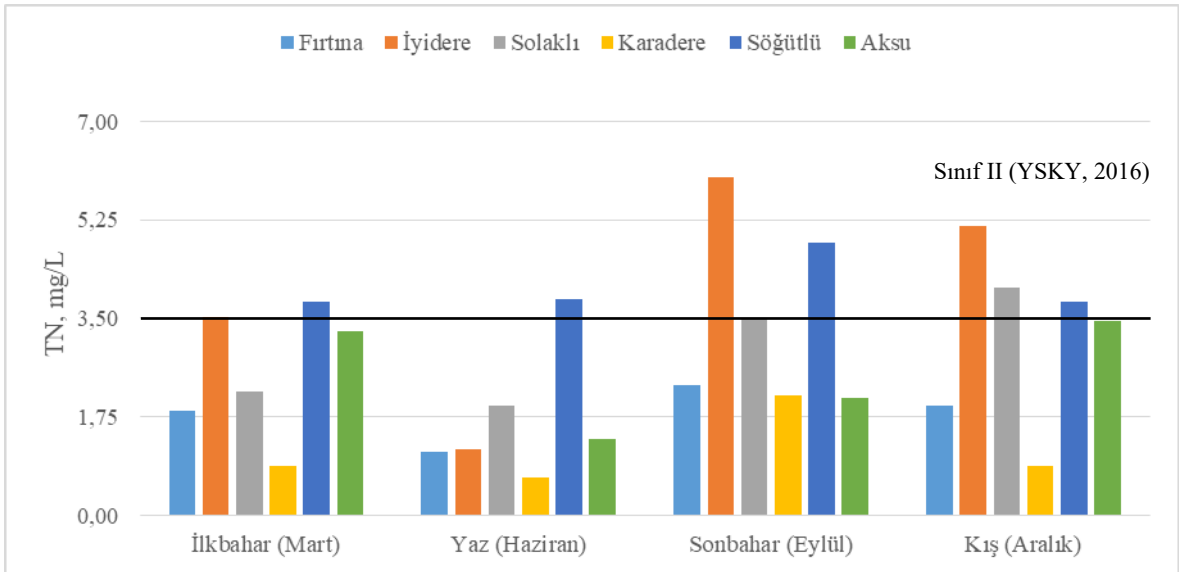
İSTESKAHY (2019)'ye göre herhangi bir sınıflandırma yapmak mümkün olamamıştır. TS 266 (2005)'nin yanı sıra uluslararası yönetmelik ve standartlarda da TKN parametresi için bir değerlendirme yapılmamaktadır.



Şekil 38. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında Kjeldahl azotunun mevsimsel değişimi

4.1.12. Toplam Azotun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 39'da görüldüğü üzere, en yüksek TN değerleri Eylül ve Aralık aylarında gerçekleşmiş olup İyidere Akarsuyu'nda ortalama 6.017 mg/L'ye kadar yükselmiştir. En düşük TN değerleri ise Haziran ayında gerçekleşmiş olup Karadere Akarsuyu'nda ortalama 0.679 mg/L'ye kadar düşmüştür.

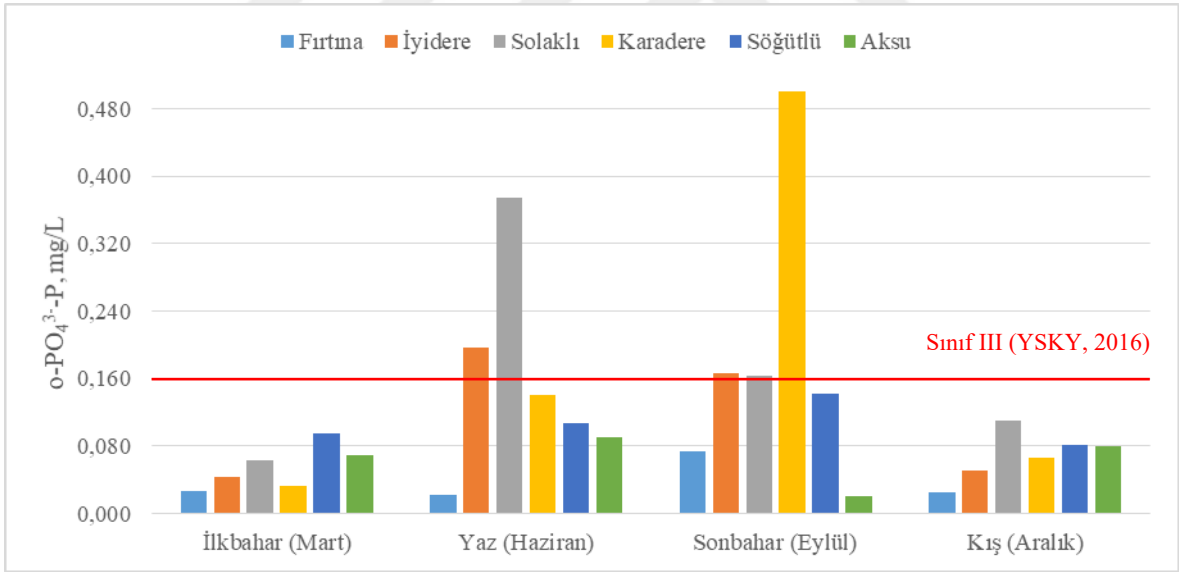


Şekil 39. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında toplam azotun mevsimsel değişimi

YSKY (2016)'ye göre bir sınıflandırma yapıldığında Doğu Karadeniz Havzası akarsularının 'Sınıf I' için müsaade edilen 3.5 mg/L'lik üst sınır değerinin çoğu kez altında ancak zaman zaman da üstünde bir TN konsantrasyonuna sahip oldukları görülmektedir. Şekil 39'dan görüldüğü üzere 3.5 mg/L'lik üst sınır değeri aşan akarsuların İyidere, Solaklı ve Söğütlü olduğu tespit edilmiştir. Bu akarsulardan içme ve kullanma suyu temini düşünülmeye durumunda azot giderimine ihtiyaç duyulacağı aşikardır.

4.1.13. Orto-fosfat Fosforunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

En düşük $o\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ değerleri ortalama 0.021 mg/L (Aksu Akarsuyu) ile 0.082 mg/L (Söğütlü Akarsuyu) arasında değişmekte olup bu düşük değerlerde Aralık ve Mart ayları öne çıkmaktadır. En yüksek $o\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ değerleri ortalama 0.074 mg/L (Fırtına Akarsuyu) ile 0.501 mg/L (Karadere Akarsuyu) arasında değişmekte olup bu yüksek değerlerde Haziran ve Eylül ayları öne çıkmaktadır (Şekil 40).



Şekil 40. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında orto-fosfat fosforunun mevsimsel değişimi

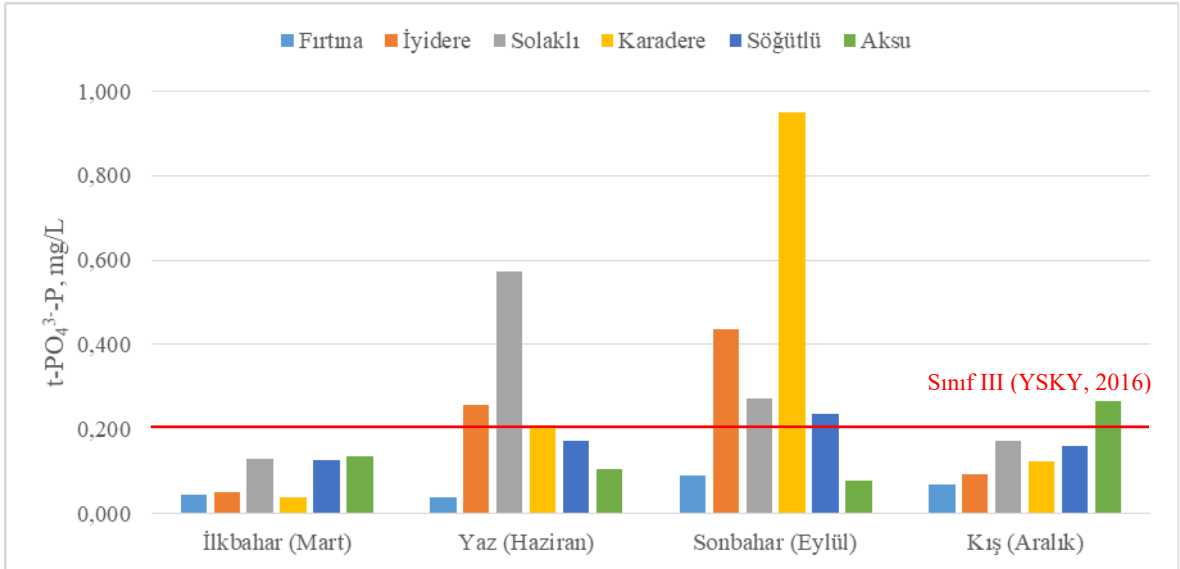
YSKY (2016)'ye göre bir sınıflandırma yapıldığında, Doğu Karadeniz Havzası akarsularının 'Sınıf I' için müsaade edilen 0.050 mg/L'lik üst sınır değerinin oldukça üzerinde bir konsantrasyona sahip oldukları görülmektedir. Şekil 40'tan görüldüğü üzere İyidere ve Solaklı akarsuları Haziran ve Eylül aylarında, Karadere Akarsuyu ise Eylül

ayında ‘Sınıf II’ için müsaade edilen 0.160 mg/L’lik üst sınır değerinde de oldukça üzerinde bir konsantrasyona sahip olmuşlardır.

İSTESKAHY (2019) tarafından $o\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ parametresi için tanımlanan 0.400 mg/L’lik (A1) kılavuz değer 0.130 mg/L $o\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ ’ye ve 0.700 mg/L’lik (A2) kılavuz değer ise 0.228 mg/L $o\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ ’ye karşılık gelmektedir. Doğu Karadeniz Havzası akarsularının $o\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ içeriğinin 0.130 mg/L’nin altında olduğu Aralık ve Mart aylarında ‘A1’ kategorisinde oldukları ancak Haziran ve Eylül aylarında 0.130 mg/L’nin üzerine çıkan İyidere Akarsuyu’nun ‘A2’ kategorisinde olduğu, Haziran ayında Solaklı ile Eylül ayında Karadere akarsularının 0.228 mg/L’lik sınır değeri de aşmaları sebebiyle ‘A3’ kategorisinde oldukları değerlendirilmiştir.

4.1.14. Toplam-fosfat Fosforunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 41’de görüldüğü üzere, en düşük $t\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ değerleri ekseriyetle Mart ayında gerçekleşmiş olup Fırtına ve Karadere akarsularında ortalama 0.039 mg/L’ye kadar düşmüştür. En yüksek $t\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ değerleri ise ekseriyetle Eylül ayında gerçekleşmiş olup Karadere Akarsuyu’nda ortalama 0.951 mg/L’ye kadar yükselmiştir.



Şekil 41. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında toplam fosforun mevsimsel değişimi

YSKY (2016)’ye göre bir sınıflandırma yapıldığında, Doğu Karadeniz Havzası akarsularının ‘Sınıf I’ için müsaade edilen 0.080 mg/L’lik üst sınır değerinde oldukça

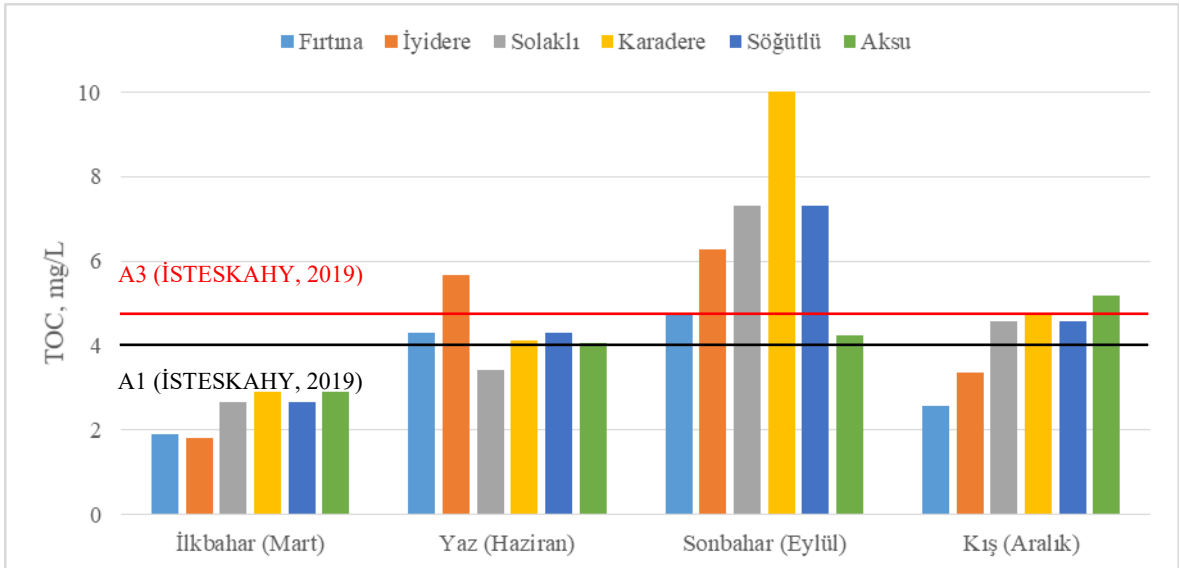
üzerinde bir konsantrasyona sahip oldukları görülmektedir. Şekil 41'den görüldüğü üzere Haziran ve Eylül aylarında İyidere, Solaklı ve Karadere akarsularının, Eylül ayında Söğütlü Akarsuyu'nun ve Aralık ayında da Aksu Akarsuyu'nun 'Sınıf II' için müsaade edilen 0.200 mg/L'lik üst sınır değerinde de oldukça üzerinde bir konsantrasyona sahip olmaları sebebiyle 'Kirliliği' sınıfında oldukları değerlendirilmiştir.

İSTESKAHY (2019)'ye göre $t\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ parametresi için herhangi bir sınıflandırma yapmak mümkün olamamıştır. TS 266 (2005)'nin yanı sıra uluslararası yönetmelik ve standartlarda da söz konusu parametre için bir değerlendirme yapılmamaktadır.

Gerek $o\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ gerekse $t\text{-PO}_4^{3-}\text{-P}$ bakımından yüksek konsantrasyonlara sahip bu akarsulardan içme ve kullanma suyu temini düşünülmesi durumunda fosfor giderimine ihtiyaç duyulacağı aşikardır.

4.1.15. Toplam Organik Karbonun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 42'de görüldüğü üzere, en düşük TOC değerleri Mart ayında gerçekleşmiş olup İyidere Akarsuyu'nda ortalama 1.81 mg/L'ye kadar düşmüştür. En yüksek TOC değerleri ise Eylül ayında gerçekleşmiş olup Karadere Akarsuyu'nda ortalama 10.07 mg/L'ye kadar yükselmiştir.

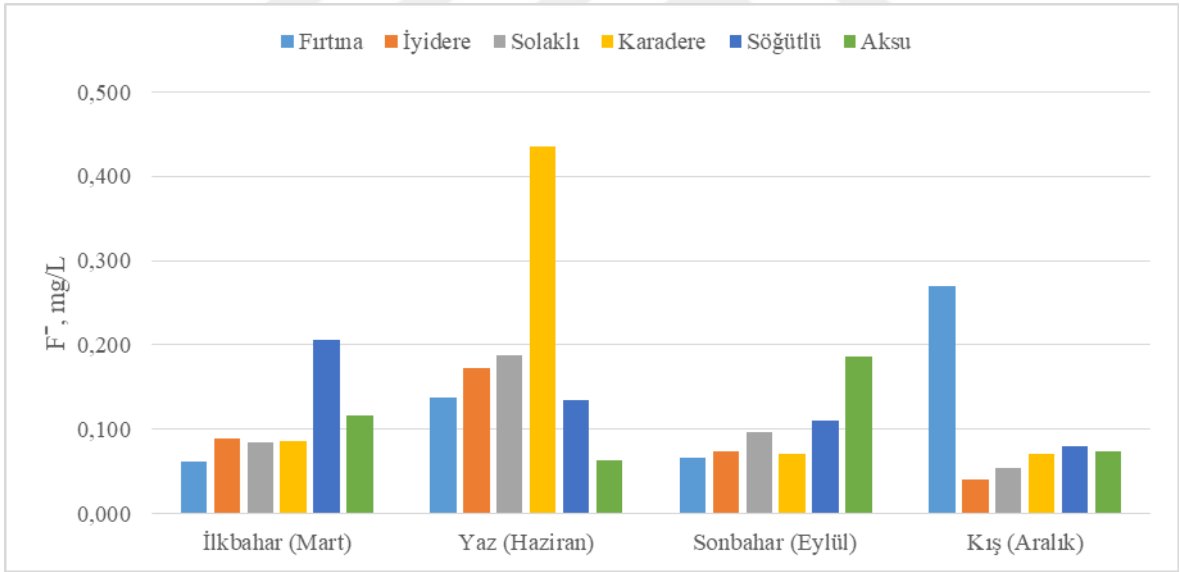


Şekil 42. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında organik karbonun mevsimsel değişimi

YSKY (2016)'ye göre herhangi bir sınıflandırmanın yapılamadığı Doğu Karadeniz Havzası akarsularının, İSTESKAHY (2019) tarafından TOC parametresi için tanımlanan 4 mg/L (A1) ve 4.7 mg/L'lik (A2) kılavuz değerler dikkate alındığında, sadece Mart ayında 'A1' kategorisinde oldukları Eylül ayında daha da artan TOC içerikleriyle 'A3' kategorisine kadar geriledikleri anlaşılmıştır. Bu akarsulardan içme ve kullanma suyu temini düşünülmesi durumunda fiziksel ve kimyasal arıtımın yanı sıra ileri arıtıma da ihtiyaç duyulacağı aşikardır.

4.1.16. Florür İyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 43'te görüldüğü üzere, en düşük F^- değerleri çoğunlukla Aralık ayında gerçekleşmiş olup İyidere Akarsuyu'nda ortalama 0.040 mg/L'ye kadar düşmüştür. En yüksek F^- değerleri ise ekseriyetle Haziran ayında gerçekleşmiş olup Karadere Akarsuyu'nda ortalama 0.435 mg/L'ye kadar yükselmiştir.



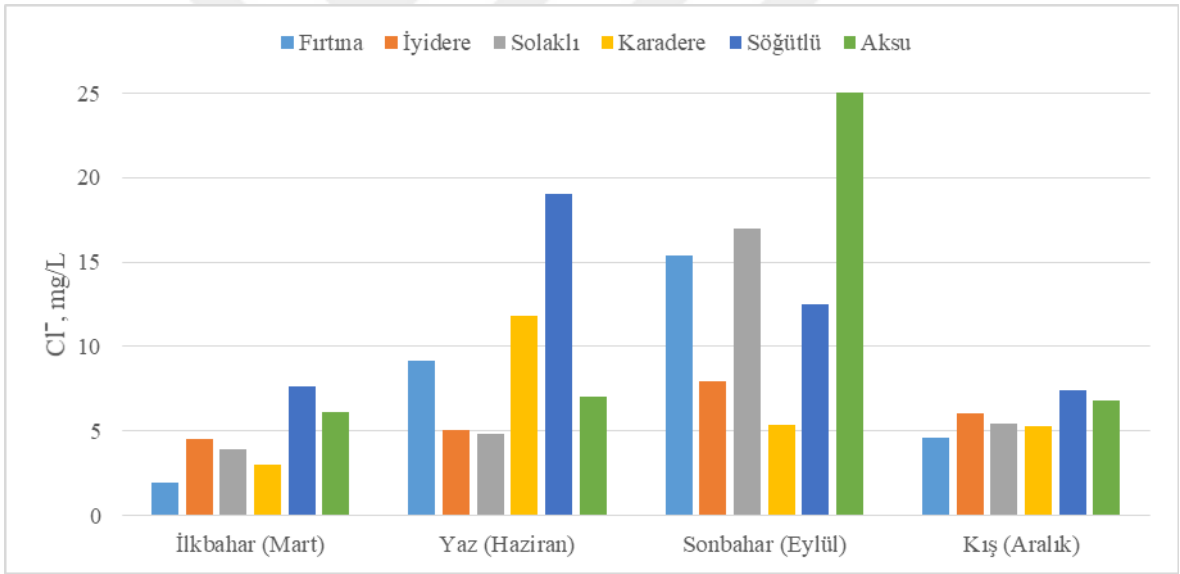
Şekil 43. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında florür iyonunun mevsimsel değişimi

YSKY (2016)'ye göre bir sınıflandırma yapıldığında Doğu Karadeniz Havzası akarsularının 'Sınıf I' için müsaade edilen 1 mg/L'lik üst sınır değerinin oldukça altında bir F^- konsantrasyonuna sahip oldukları görülmektedir (Şekil 43). İSTESKAHY (2019) tarafından söz konusu parametreye 'A1' kategorisi için 1.5 mg/L'ye kadar izin verilmektedir.

TSS 266 (2005) tarafından ‘Sınıf 2 ve Tip 2’ için müsaade edilen 1.5 mg/L’lik F^- konsantrasyonu dikkate alındığında sakıncalı bir durumun olmadığı aksine Doğu Karadeniz Havzası akarsularının F^- bakımından fakir olduğu anlaşılmaktadır. EU (1998) ve WHO (2011) tarafından F^- parametresi için önerilen değer de 1.5 mg/L’dir. Diğer yandan US EPA (2018) F^- parametresi için 2.0 mg/L’ye kadar müsaade etmektedir.

4.1.17. Klorür İyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 44’te görüldüğü üzere, en düşük Cl^- değerleri Mart ayında gerçekleşmiş olup Fırtına Akarsuyu’nda ortalama 1.95 mg/L’ye kadar düşmüştür. En yüksek Cl^- değerleri ise ekseriyetle Eylül ayında gerçekleşmiş olup Aksu Akarsuyu’nda ortalama 25.24 mg/L’ye kadar yükselmiştir.



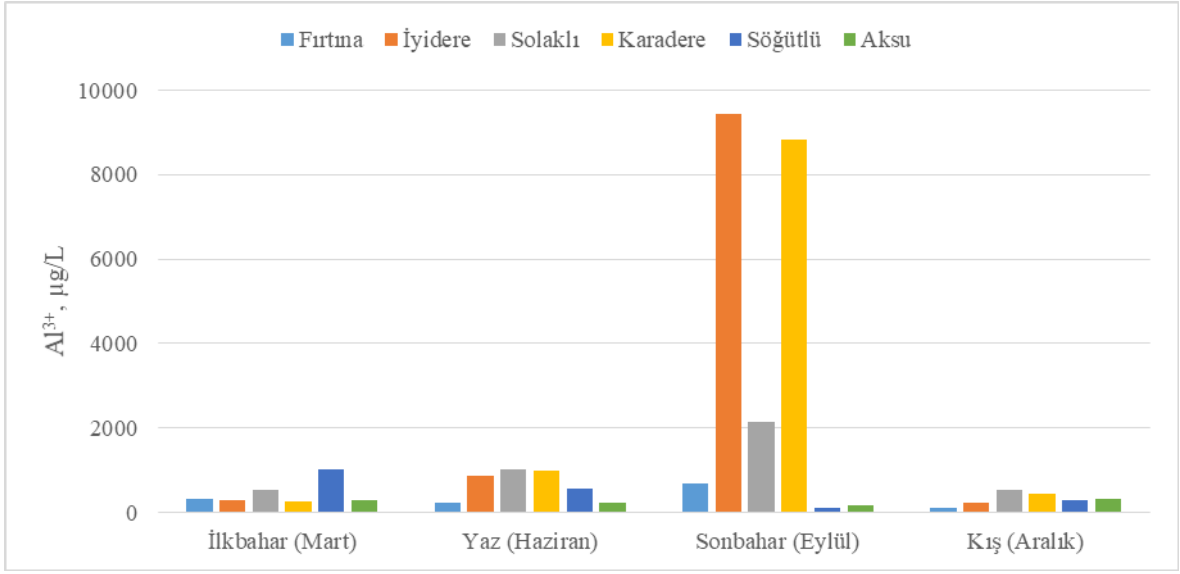
Şekil 44. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında klorür iyonunun mevsimsel değişimi

YSKY (2016)’ye göre Cl^- parametresi için herhangi bir sınıflandırmanın yapılamadığı Doğu Karadeniz havzası akarsularında, İSTESKAHY (2019) tarafından tanımlanan 250 mg/L’lik (A1) kılavuz değer dikkate alındığında mevcut Cl^- içeriğinin oldukça düşük kaldığı değerlendirilmektedir.

TS 266 (2005) tarafından ‘Sınıf 2 ve Tip 2’ için müsaade edilen 250 mg/L’lik Cl^- konsantrasyonu EU (1998) ve US EPA (2018) tarafından izin verilen değerler ile birebir örtüşmektedir. Dolayısıyla sakıncalı bir durumun olmadığı anlaşılmaktadır.

4.1.18. Alüminyum İyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 45'te görüldüğü üzere, en düşük Al^{+3} değerleri Solaklı ve Karadere akarsularında Mart, Söğütlü ve Aksu akarsularında Eylül, Fırtına ve İyidere akarsularında ise Aralık ayında gerçekleşmiş olup Söğütlü Akarsuyu'nda ortalama $101 \mu g/L$ 'ye kadar düşmüştür. En yüksek Al^{+3} değerleri ise ekseriyetle Eylül ayında gerçekleşmiş olup İyidere Akarsuyu'nda ortalama $9446 \mu g/L$ 'ye kadar yükselmiştir.



Şekil 45. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında alüminyum iyonunun mevsimsel değişimi

YSKY (2016)'ye göre Al^{+3} parametresi için herhangi bir sınıflandırmanın yapılamadığı Doğu Karadeniz Havzası akarsularının, İSTESKAHY (2019) tarafından tanımlanan $200 \mu g/L$ (A1), $500 \mu g/L$ (A2) ve $2000 \mu g/L$ 'lik (A3) kılavuz değerler dikkate alındığında oldukça yüksek Al^{+3} içerikleriyle kimi zaman 'A2' kimi zaman da 'A3' kategorisinde oldukları değerlendirilmiştir.

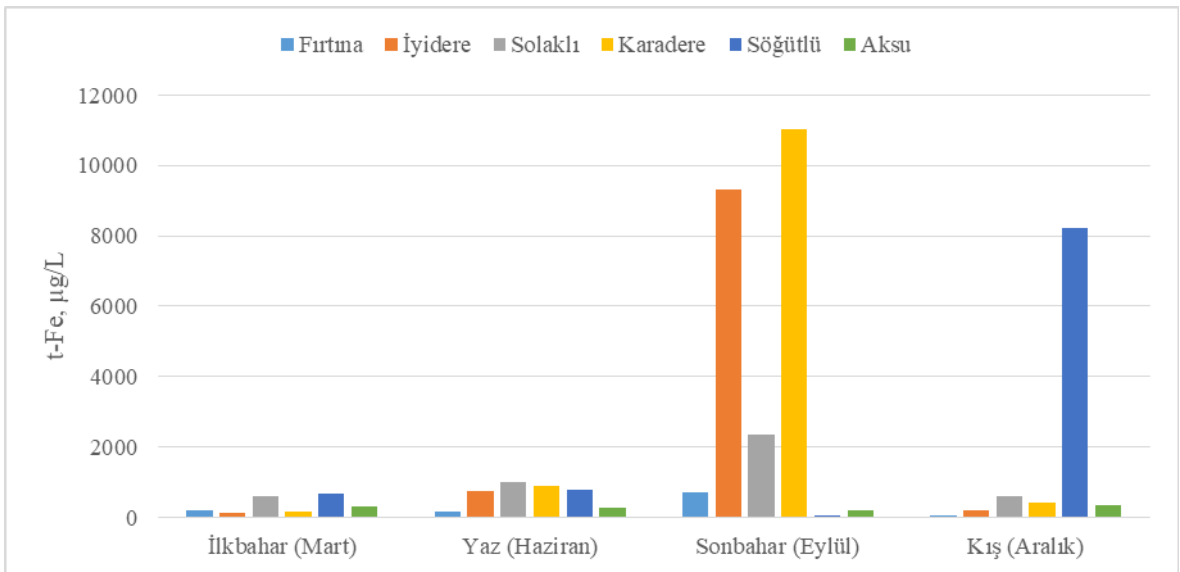
TSS 266 (2005) tarafından 'Sınıf 2 ve Tip 2' için müsaade edilen $200 \mu g/L$ 'lik Al^{+3} konsantrasyonu dikkate alındığında sakıncalı bir durumun söz konusu olabileceği anlaşılmaktadır. EU (1998) ve US EPA (2018) tarafından Al^{+3} parametresi için önerilen değer de yine $200 \mu g/L$ 'dir. Gerek ulusal gerekse uluslararası yönetmelik ve standartlar dikkate alındığında, akarsulardan içme ve kullanma suyu temini düşünülmesi durumunda arıtıma ihtiyaç duyulacağı aşikardır.

4.1.19. Toplam Demirin Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 46'da görüldüğü üzere, ortalama t-Fe değerleri çoğunlukla 200-1,000 µg/L aralığında değişmekte olup en düşük değerlerle ekseriyetle Mart ayında karşılaşılmış ve bu değer Söğütlü Akarsuyu'nda ortalama 38 µg/L'ye kadar düşmüştür. Ortalama t-Fe değerleri nadiren 1,000 µg/L'nin üzerine çıkmış olup en yüksek değerler ekseriyetle Eylül ayında ortaya çıkmış ve Karadere Akarsuyu'nda ortalama 11,014 µg/L'ye kadar çıkmıştır.

YSKY (2016)'ye göre t-Fe parametresi için herhangi bir sınıflandırmanın yapılamadığı Doğu Karadeniz Havzası akarsularının, İSTESKAHY (2019) tarafından tanımlanan 200 µg/L'lik (A1) kılavuz değeri çoğu kez aşmaları sebebiyle 'A2' kategorisinde oldukları değerlendirilmiştir. Üstelik 1,000 µg/L'lik (A2) kılavuz değeri Eylül ayında aşan İyidere, Solaklı ve Karadere akarsuları ile Kış ayında aşan Söğütlü Akarsuyu'nun 'A3' kategorisine kadar geriledikleri tespit edilmiştir.

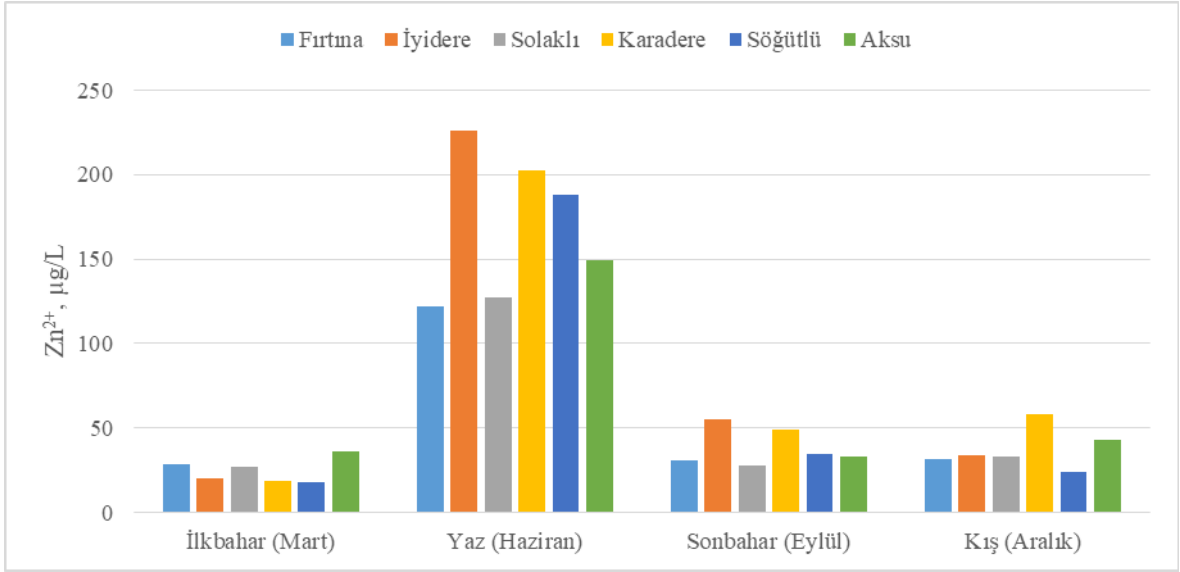
Çoğu kez 200 µ/L'nin üzerinde bir t-Fe konsantrasyonuna sahip olmaları sebebiyle Doğu Karadeniz Havzası akarsuları TS 266 (2005) tarafından 'Sınıf 2 ve Tip 2' için müsaade edilen 200 µg/L'lik değer (Tablo 1) karşısında sorunludur. EU (1998)'nin söz konusu parametre için müsaade ettiği değer de 200 µg/L olup US EPA (2018) 300 µg/L'ye kadar izin vermektedir. Gerek ulusal gerekse uluslararası yönetmelik ve standartlar dikkate alındığında, akarsulardan içme ve kullanma suyu temini düşünülmesi durumunda söz konusu yüksek t-Fe içeriğinden ötürü de arıtıma ihtiyaç duyulacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 46. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında toplam demirin mevsimsel değişimi

4.1.20. Çinko İyonunun Akarsularda Mevsimsel Değişimi

Şekil 47’de görüldüğü üzere, en düşük Zn^{+2} değerleri Mart ayında gerçekleşmiş olup Söğütlü Akarsuyu’nda ortalama $17.94 \mu\text{g/L}$ ’ye kadar düşmüştür. En yüksek Zn^{+2} değerleri ise Haziran ayında gerçekleşmiş olup İyidere Akarsuyu’nda ortalama $225.67 \mu\text{g/L}$ ’ye kadar yükselmiştir.



Şekil 47. Doğu Karadeniz Havzası akarsularında çinko iyonunun mevsimsel değişimi

YSKY (2016)’ye göre Zn^{+2} parametresi için herhangi bir sınıflandırmanın yapılamadığı Doğu Karadeniz Havzası akarsularının, İSTESKAHY (2019) tarafından tanımlanan $3,000 \mu\text{g/L}$ ’lik (A1) kılavuz değer dikkate alındığında mevcut Zn^{+2} içeriğinin oldukça düşük kaldığı değerlendirilmektedir.

Zn^{+2} parametresi için $5,000 \mu\text{g/L}$ ’ye kadar müsaade eden US EPA (2018) dışında, gerek ulusal gerekse uluslararası yönetmelik ve standartlarda söz konusu parametre için herhangi bir değerlendirme yapılmamaktadır. Akarsulardan içme ve kullanma suyu temini düşünülmeleri durumunda Zn^{+2} parametresi bakımından sakıncalı bir durum olmayacağı aşıkardır.

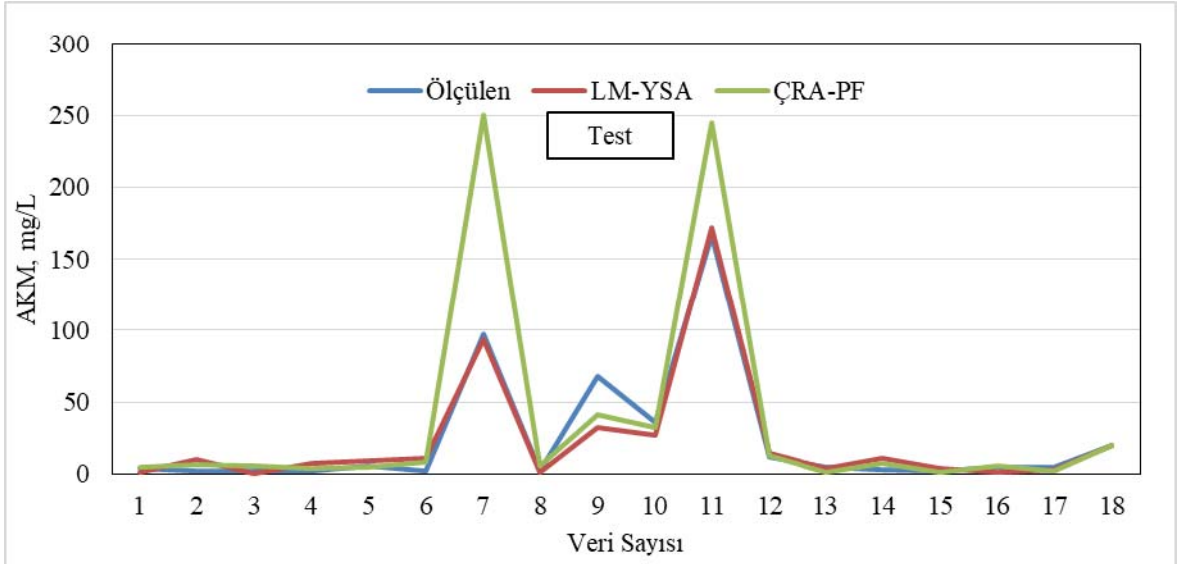
4.2. Askıda Katı Madde Konsantrasyonu Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi

AKM (mg/L) tahmini için kurulan ÇRA ve YSA modellerinden elde edilen hata değerleri ve NSE katsayıları karşılaştırma yapabilmek için Tablo 26’da sunulmuştur.

Tablo 26. AKM (mg/L) tahmin modellerine ait hata değerleri ve NSE katsayıları

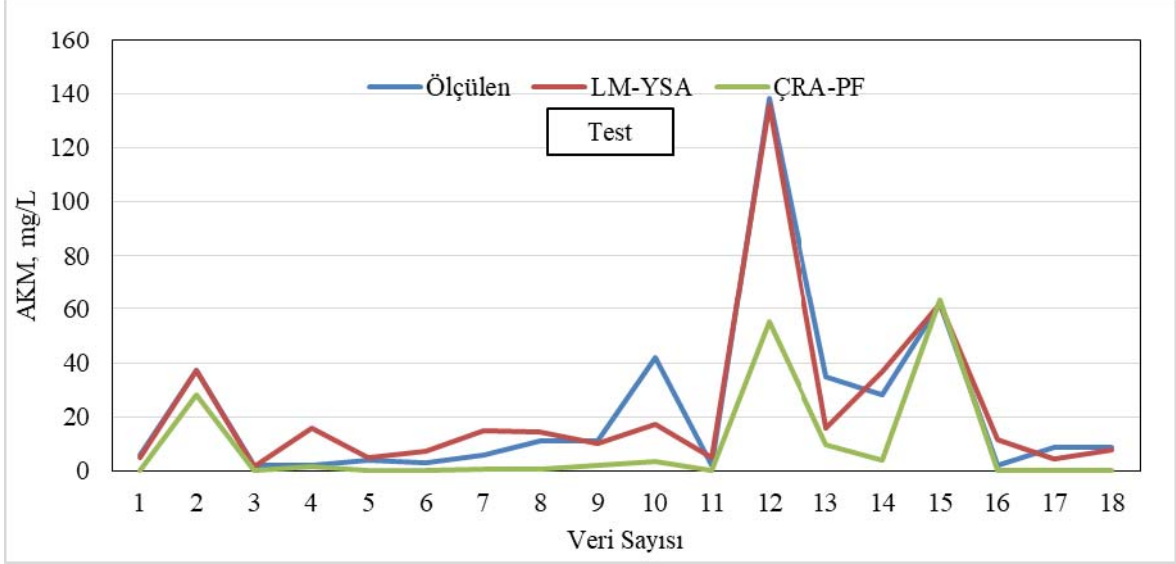
Model		Eğitim			Test		
No	Adı	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE	KOKH (mg/L)	OMH (mg/L)	NSE
1	ÇRA-PF	69.9392	35.8889	0.9107	28.4114	15.1127	0.5619
	LM-YSA	35.7182	14.3060	0.9840	9.6610	5.6761	0.9493
2	ÇRA-PF	70.2952	35.9043	0.9100	32.6837	13.4592	0.4756
	LM-YSA	118.8325	23.5425	0.7896	9.0762	5.9457	0.9230
3	ÇRA-EF	169.7961	43.6676	0.4655	63.7129	40.8610	0.5652
	LM-YSA	142.9751	23.1827	0.6888	12.1951	6.1801	0.9841

Model 1 için yapılan ÇRA ve YSA analizleri sonucunda, YSA’nın ÇRA’ya kıyasla daha iyi sonuçlar elde ettiği anlaşılmaktadır (Tablo 26). Bu iki yönetime ait tahmin sonuçlarının ölçüm değerleri ile zaman serisi Şekil 48’de görülmektedir.



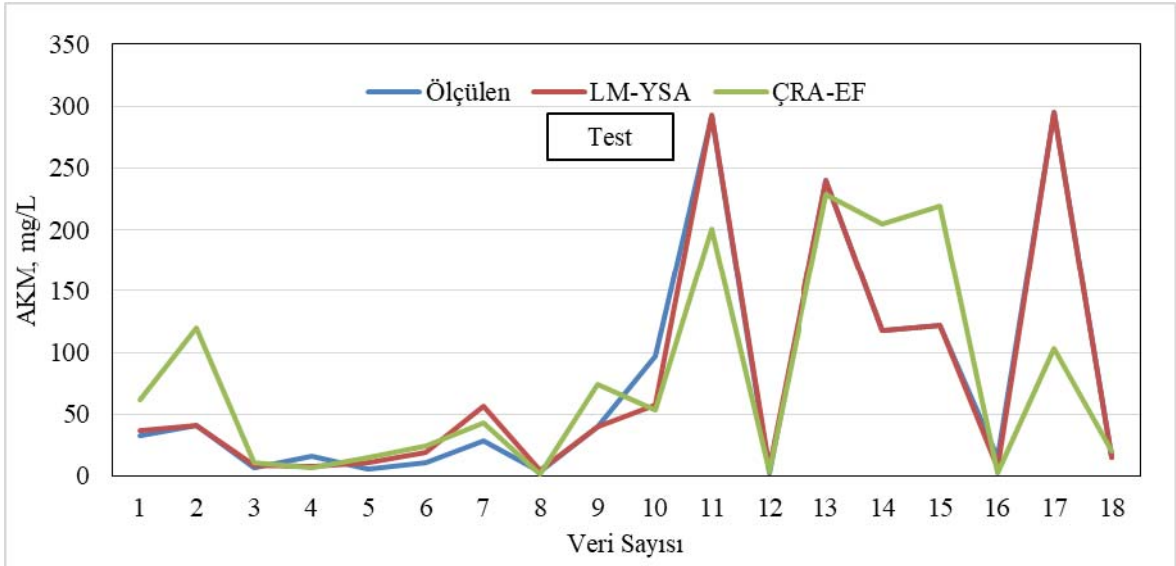
Şekil 48. Model 1 AKM (mg/L) tahmin sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Model 2 için yapılan ÇRA ve YSA analizleri sonucunda yine YSA'nın ÇRA'ya kıyasla daha iyi sonuçlar elde ettiği anlaşılmaktadır (Tablo 26). Bu iki yönteme ait tahmin sonuçlarının ölçüm değerleri ile zaman serisi Şekil 49'da görülmektedir.



Şekil 49. Model 2 AKM (mg/L) tahmin sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Model 3 için yapılan ÇRA ve YSA analizleri sonucunda da yine YSA'nın ÇRA'ya kıyasla daha iyi sonuçlar elde ettiği anlaşılmaktadır (Tablo 26). Bu iki yönteme ait tahmin sonuçlarının ölçüm değerleri ile zaman serisi Şekil 50'de görülmektedir.



Şekil 50. Model 3 AKM (mg/L) tahmin sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nin güncel versiyonu (10.08.2016 tarihli ve 29797 sayılı Resmi Gazete) dikkate alınarak kalite durum sınıflandırmasının yapıldığı Doğu Karadeniz Havzası akarsularından Fırtına ve İyidere (Rize), Solaklı, Karadere ve Söğütlü (Trabzon) ile Aksu'nun (Giresun), çözünmüş oksijen, pH, elektriksel iletkenlik, nitrat azotu ve florür iyonu parametreleri bakımından 'Yüksek kaliteli su' sınıfında oldukları anlaşılmıştır. Söz konusu akarsuların amonyum azotu, toplam Kjeldahl azotu, orto-fosfat fosforu ve toplam-fosfat fosforu parametreleri bakımından çoğu kez 'Az kirlenmiş su' ve zaman zaman da 'Kirli su' sınıfına kadar gerilemiş oldukları tespit edilmiştir. Akarsularda takibi yapılan diğer su kalitesi değişkenlerinden sıcaklık, bulanıklık, askıda katı madde, toplam sertlik, toplam organik karbon, klorür iyonu, alüminyum iyonu, toplam demir ve çinko iyonu parametrelerine bahsi geçen yönetmelikte yer verilmediği için bir değerlendirme yapılamamıştır.

İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik'in güncel versiyonu (06.07.2019 tarihli ve 30823 sayılı Resmi Gazete) dikkate alınarak değerlendirmenin yapıldığı Doğu Karadeniz Havzası akarsularından Fırtına ve İyidere (Rize), Solaklı, Karadere ve Söğütlü (Trabzon) ile Aksu'nun (Giresun), pH, elektriksel iletkenlik, nitrat azotu, florür iyonu ve klorür iyonu parametreleri bakımından 'A1' kategorisinde oldukları dolayısıyla basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon işlemlerinin ardından içilebilir hale gelecekleri anlaşılmıştır. Söz konusu akarsuların bulanıklık, amonyum azotu, orto-fosfat fosforu, toplam organik karbon, alüminyum iyonu ve toplam demir parametreleri bakımından çoğu kez 'A2' ve zaman zaman da 'A3' kategorilerine kadar gerilemiş oldukları dolayısıyla basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon işlemlerinin yanı sıra kimyasal arıtma ve hatta ileri arıtma işlemlerinin ardından içilebilir hale gelecekleri anlaşılmıştır.

Sonuç olarak, akarsu havzalarındaki gerek doğal gerekse insan kökenli faaliyetler nedeniyle, hem azot (amonyum azotu, toplam Kjeldahl azotu ve toplam azot) hem de fosfor (orto-fosfat fosforu ve toplam-fosfat fosforu) bakımından bir kirlilik söz konusu olduğu, bu akarsulardan içme ve kullanma suyu temin edilmesi durumunda azot, fosfor ve organik karbonun yanı sıra suda mevcut gerek askıda katı madde ve bulanıklık gerekse alüminyum iyonu ve toplam demir parametreleri için de arıtma ihtiyacı duyulacağı anlaşılmıştır.

Regresyon analizi ve yapay sinir ağıları (YSA) ile askıda katı madde (AKM, mg/L) parametresi için en iyi tahmin modeli oluşturulmaya çalışılmış ve YSA'nın daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. YSA yöntemi ile kurulan bütün modellerde, bulanıklık (T, NTU) girdili modellerin tahmin çalışmaları iyi sonuçlar vermiş fakat debi (Q, m³/s) girdili modellerin tahmin çalışmaları iyi sonuçlar vermemiştir. Q ve T girdili modellerde ise Q'nun etkisiyle modellerin tahmin başarısı T girdili modellere göre yetersiz kalmıştır.

Çalışma kapsamında her bir akarsuda seçilen sadece bir istasyonda su kalitesi takibi yapılmış olup, akarsu boyunca su kalitesinin nasıl değiştiği hususunda bir fikir edinilememiş ve bu kalite üzerinde olumlu ya da olumsuz hangi etkenlerin pay sahibi olduğu hususunda bir değerlendirme yapılamamıştır. Bu sebeple havzada gerçekleştirilmesi muhtemel çalışmalarda takibi yapılacak akarsularda birden fazla istasyon seçilmesi yerinde olacaktır.

Çalışma üç ay aralıklarla ve her mevsimin ilk ayında gerçekleştirilecek şekilde yürütülmüş olması sebebiyle elde edilen verilerin söz konusu mevsimleri temsil noktasında yeterli olamayabileceği düşünülebilir. Su kalitesi takibinin imkanlar dahilinde daha sıklıkla yapılması daha sağlıklı değerlendirme yapabilme olanağı sağlayacaktır.

Çalışma kapsamında, portatif cihaz yardımıyla yerinde beş, laboratuarda da on beş olmak üzere toplamda yirmi fiziko-kimyasal parametre incelenebilmiştir. Su kalitesini tam olarak nitelendirmek için bu sayı yeterli görülmemektedir. İleride yapılacak olan çalışmalarda incelenecek parametrelerin daha fazla tutulmasında yarar görülmektedir.

Çalışma kapsamında, askıda katı madde (mg/L) tahmini için çoklu regresyon analizi ve YSA modelleri kullanılmıştır. Askıda katı madde (mg/L) değerlerinin yeni geliştirilen ve gelecekte geliştirilecek analiz teknikleri ile de değerlendirilmesi yararlı olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- APHA, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed., American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), Washington, D.C.
- APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed., American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), Washington, D.C.
- Atasever, B., 2013. Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi, Öneri, 10, 39, 101-115.
- Baki, O.T., 2016. Antalya Hurma Atıksu Arıtma Tesisi'nde Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının Farklı Yapay Zeka Teknikleri ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Baki, O.T., Karadeniz, G.E. ve Bayram, A., 2019. Estimation of Manganese (II) Ion Concentration from Turbidity Measurements from a Dam Reservoir: A Case Study from the Erfelek Dam (Sinop), Northeastern Turkey, International The 1st Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering Conference (iSTE-CE'2019) Haziran, Hatay, Proceedings: 630-639.
- Bayram, A., 2011. Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bayram, A., Kankal, M. ve Önsoy, H., 2012. Estimation of Suspended Sediment Concentration From Turbidity Measurements Using Artificial Neural Networks, Environmental Monitoring and Assessment, 184, 4355-4365
- EİE, 2005. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Su Akımları Aylık Ortalamaları (1935-2005).
- Gedik, K., Verep, B., Terzi, E. ve Fevzioglu, S., 2010. Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi, Ekoloji, 19, 76, 25-35.
- Göksu, Z.L., 2015. Su Kirliliği, Akademisyen Yayınevi, Ankara, 215 s.
- Joshi, R., Kumar, K., ve Adhikari, V.P.S., 2016. Modelling Suspended Sediment Concentration Using Artificial Neural Networks for Gangotri Glacier, Hydrological Processes, 30, 1354-1366.
- Khan, M.Y.A., Tian, F., Hasan, F. ve Chakrapani G.J., 2019. Artificial Neural Network Simulation for Prediction of Suspended Sediment Concentration in The River Ramganga, Ganges Basin, India, International Journal of Sediment Research, 34, 95-107.

- Kisi, O. ve Guven, A., 2010. A Machine Code-based Genetic Programming for Suspended Sediment Concentration Estimation, Advances in Engineering Software, 41, 939-945.
- Kisi, O. ve Aytek, A., 2013. Explicit Neural Network in Suspended Sediment Load Estimation, Neural Network World, 6, 13, 587-607.
- Kohonen, T., 1988. An Introduction to Neural Computing. Neural Networks, 1, 3-6.
- Levenberg, K., 1944. A method for the solution of certain non-linear problems in least squares. Quarterly of Applied Mathematics, 2, 164-168.
- Makarynsky, O., Makarynska, D., Rayson, M., ve Langtry S., 2015. Combining Deterministic Modelling with Artificial Neural Networks for Suspended Sediment Estimates, Applied Soft Computing, 35, 247-256.
- Marquardt, D.W., 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, 11, 431-441.
- Melesse, A.M., Ahmad, S., McClain, M.E., Wang, X. ve Lim, Y.H., 2011. Suspended Sediment Load Prediction of River Systems: an Artificial Neural Network Approach, Agricultural Water Management, 98, 855-866.
- Meral, R., Dogan Demir, A. ve Cemek, B., 2018. Analyses of Turbidity and Acoustic Backscatter Signal with Artificial Neural Network or Estimation of Suspended Sediment Concentration, Applied Ecology And Environmental Research, 16, 1, 697-708.
- Moriassi D.N., Araold J.G., Van Liew M.W., Bingner R.L., Hannel R.D. ve Veith T.L., 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. Transactions of the ASABE, 50, 885-900.
- Nacar, S., Kankal, M., Okkan, U. ve Dede, T., 2019. İstatistiksel Ölçek İndirgeme Yöntemi ile NCEP/NCAR re-analiz Verilerinin Doğu Karadeniz Havzası Aylık Yağış ve Sıcaklık Değerlerine İndirgenmesi, Uluslararası 1. İnşaat Mühendisliğinde İnovasyon, Sürdürülebilirlik, Teknoloji ve Eğitim Konferansı (iSTE-CE'2019) Haziran, Hatay, Bildiriler Kitabı: 470-483.
- Nash, J.E. ve Sutcliffe, I.V., 1970. River Flow Forecasting Through Conceptual Models Part-1-a Discussion of Principles, Journal of Hydrology, 10, 282-290.
- Official Journal of the European Communities, 1998. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption.
- Öztemel, E., 2006. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 232 s.
- Rajae, T., Mirbagheri, S.A., Kermani, M.Z. ve Nourani, V., 2009. Daily Suspended Sediment Concentration Simulation Using ANN and Neuro-fuzzy Models, Science of the Total Environment, 407, 4916-4927.

- Resmi Gazete, 2005. İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (79/869/AB ile değişik 75/440/AB), Başbakanlık Basımevi, 25999.
- Resmi Gazete, 2012. İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi, 28338.
- Resmi Gazete, 2012. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 28483, 9-33.
- Resmi Gazete, 2015. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi, 29327, 70-74.
- Resmi Gazete, 2016. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi, 29797, 134-149.
- Resmi Gazete, 2019. İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik, T.C. Cumhurbaşkanlığı, 30823, 46-52.
- Sari, V., Castro, N.M.R., ve Pedrollo, O.C., 2017. Estimate of Suspended Sediment Concentration from Monitored Data of Turbidity and Water Level Using Artificial Neural Networks, Water Resources Management, 31, 4909-4923.
- Satılmış, U., 2015. Değirmendere Havzası (Trabzon) Yerüstü Su Kalitesinin Mekana ve Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Serdar, S., 2015. Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, R.T.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Singh, K.P., Ankita, B., Amrita, M. ve Gunja, J., 2009. Artificial Neural Network Modeling of the River Water Quality-a Case Study. Ecological Modelling, 220, 888-895.
- Subaşı, H., 2010. Yapay Sinir Ağı ile Atıksu Arıtma Performansının Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Şantaflıoğlu, Ü., 2018. Fatsa Çalılar Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Şengün, E., 2013. Aksu Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- T.S.E., 1989. Su Kalitesi-Çökebilir Katı Madde Tayini, TS 7092, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 5 s.
- T.S.E., 1990. Su Kalitesi-Ortofosfat Tayini-Kalay II Klorür Metodu, TS 7886, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 8 s.

- T.S.E., 1990. Su Kalitesi-Toplam Fosfor Tayini-Kalay II Klorür Metodu, TS 7889, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 8 s.
- T.S.E., 2000. Su Kalitesi Su ve Atık Sularda Çözünmüş Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , Mn^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} ve Ba^{+2} 'nin Tayini-İyon Kromatografisi Metodu, TS EN ISO 14911, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 19 s.
- T.S.E., 2000. Su Kalitesi-Toplam Organik Karbon (TOK) ve Çözünmüş Organik Karbon (ÇOK) Tayin Kılavuzu, TS 8195 EN 1484, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 13 s.
- T.S.E., 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 20 s.
- T.S.E., 2007. Su Kalitesi-İndüktif Çift Plazma Kütle Spektrometri Uygulaması (ICP-MS)-Bölüm 1: Genel Kılavuz, TS EN ISO 17294-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 42 s.
- T.S.E., 2007. Su Kalitesi-İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometrinin (ICP-MS) Uygulanması-Bölüm 2: Uranyum İzotopları Dahil Seçilmiş Elementlerin Tayini, TS EN ISO 17294-2, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 44 s.
- T.S.E., 2008. Hidrometri-Döner Elemanlı Akım Ölçerler, TS ISO 2537, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 20 s.
- T.S.E., 2010. Su Kalitesi-Çözünmüş Florür, Klorür, Nitrit, Ortofosfat, Bromür, Nitrat ve Sülfat İyonlarının Sıvı İyon Kromatografisi ile Tayini Bölüm 1-Az Kirlenmiş Sular İçin Metot, TS EN ISO 10304-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 27 s.
- T.S.E., 2012. Su Kalitesi-pH Tayini, TS EN ISO 10523, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 23 s.
- T.S.E., 2012. Su Kalitesi-Elektriksel İletkenlik Tayini, TS 9748 EN 27888/T1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1 s.
- T.S.E., 2016. Su Kalitesi-Bulanıklık Tayini-Bölüm 1: Nicel Metot, TS EN ISO 7027-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 21 s.
- Ul Mustafa, M.R., Abu Bakar, A.S., Isa, M.H., ve Yusof, K.B.W., 2014. Prediction of Suspended Sediments in a Hyper-Concentrated River Using Neural Networks, Applied Mechanics and Materials, 567, 122-127.
- Verep, B., Serdar, O., Turan D. ve Şahin, C., 2005. İyidere (Trabzon)'nin Fizikokimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi, Ekoloji Dergisi, 14, 57, 26-35.
- WHO, 2011. Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth Edition, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Yalçın, H. ve Gürü, M., 2010. Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 640 s.

Yurtoğlu, H., 2005. Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler için Türkiye Örneği, Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.

URL-1, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, Toprak ve Su Kaynakları. 2 Aralık 2019.

URL-2, <https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-03/documents/dwtable2018.pdf>, 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables. 2 Aralık 2019.

URL-3, https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method_200-8_rev_5-4_1994.pdf, Method 200.8, Revision 5.4: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry



ÖZGEÇMİŞ

İlyas ERDOĞAN 1980 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve ortaokulu Trabzon Atatürk İlköğretim Okulu'nda ve liseyi Affan Kitapçıoğlu Lisesi'nde okudu. 1998 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2003 yılında mezun oldu. 2006-2007 yılında yüksek lisans eğitimine Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Ana Bilim dalında başladı. Aynı zamanda DSİ 22. Bölge Müdürlüğü'nde İnşaat Mühendisi olarak görev aldı. 2015 yılı ağustos ayında DSİ 22. Bölge Müdürlüğü'nde Havza Yönetimi İzleme ve Tahsisler Şube Müdürü olarak atanmıştır. Halen bu görevi yürütmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.