

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ERGENE NEHRİ HAVZASINDA BİYOLOJİK
OKSİJEN İHTİYACININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
MODELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müge KARAMUSTAFA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSİLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK
Tez Danışmanı : Prof Dr. Emrah DOĞAN

Haziran 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ERGENE NEHRİ HAVZASINDA BİYOLOJİK
OKSİJEN İHTİYACININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müge KARAMUSTAFA

Enstitü Anabilim Dalı

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı

HİDROLİK

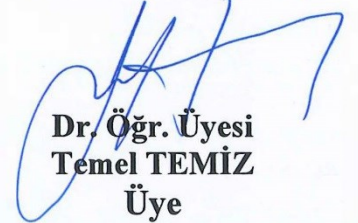
Bu tez 10.06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr.
Emrah DOĞAN
Jüri Başkanı



Dr. Öğr. Üyesi
Farrokh MAHNAMFAR
Üye



Dr. Öğr. Üyesi
Temel TEMİZ
Üye

BEYAN

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

Müge KARAMUSTAFA

10.05.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her konuda bilgisini paylaşan, her sürecimde içtenlikle destek olan, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm süreçte yanımda olup, yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Emrah DOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım. Tez süreci boyunca anlayış ve desteklerini esirgemeyen Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliğinden Dr. Öğr. Üyesi Rabia KÖKLÜ'ye de teşekkür ederim. Ayrıca bu süreçte en büyük destekçim olan anneme, eşime ve aileme ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Literatür Özeti	2
BÖLÜM 2.	
ÇALIŞMA ALANI	5
2.1. Ergene Havzası.....	5
2.1.1. Yağış.....	7
2.1.2. Sanayi.....	9
2.1.3. Tarım	14
2.1.4. Su kalitesi	16
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Ölçüm istasyonları.....	18
3.1.2. Kullanılan ölçüm yöntemleri.....	21
3.2. Yöntem	21

3.2.1. Yapay sinir ağları	21
---------------------------------	----

BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI	24
4.1. Su Kalitesi Parametrelerin Değerlendirilmesi.....	24
4.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme	32
4.2.1. Ergene Nehri- Çorlu Köprüsü İstasyonu.....	32
4.2.2. Ergene Nehri- Alpullu İstasyonu.....	59
4.2.3. Ergene Nehri- Uzunköprü İstasyonu.....	63
4.2.4. Çorlusuyu-Çerkezköy Çıkışı 2	66

BÖLÜM 5.

TARTIŞMA VE SONUÇ	72
KAYNAKÇA.....	75
ÖZGEÇMİŞ	77

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AKM	: Askıda Katı Madde
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
DSİ	: Devlet Su İşleri
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
NH ₄ -N	: Amonyum Azotu
NO ₂ -N	: Nitrit Azotu
NO ₃ -N	: Nitrat Azotu
o-PO ₄	: Orta Fosfat
T	: Sıcaklık
TDS	: Toplam Çözünmüş Katılar
YSA	: Yapay Sinir Ağları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Ergene Havzası'nın Ülkedeki Yeri [1].	6
Şekil 2.2. Alt Havzalar [4].	7
Şekil 2.3. Meteoroloji verilerine göre yıllık ortalama yağışlar [4].	8
Şekil 2.4. Ergene Havzası'nda Nüfus Değişimleri [6].	10
Şekil 2.5. Ergene Havzası'ndaki sanayi tesislerinin sayısındaki değişim [6]	11
Şekil 2.6. Meriç-Ergene Havzası'nda illere göre sanayi dağılımı [5].	12
Şekil 2.7. Ergene Havzası'nda sanayi tesislerinin sektörel dağılımı [5].	12
Şekil 2.8. Ergene Havzası'nda sanayi tesislerinin dağılım yoğunluğu [6].	13
Şekil 2.9. Gözlem istasyonlarında yıllık ortalama debi ölçümleri (m ³ /s) (DSİ 2017) [6].	14
Şekil 2.10. Ergene Havzası'nda meydana gelen atıksuyun kaynağı [6].	17
Şekil 2.11. Havzadaki atıksu oluşumun illere göre dağılımı [6].	17
Şekil 3.1. Ergene nehri üzerinde bulunan istasyonlar [DSİ'den temin edilmiştir...]	20
Şekil 3.2. Yapay sinir ağı örneği [11].	23
Şekil 4.1. Ortalama BOİ'in 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması.....	24
Şekil 4.2. Ortalama ÇO'nin 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması	25
Şekil 4.3. Ortalama NH ₄ -N'un 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması...	26
Şekil 4.4. Ortalama NO ₂ -N'nun 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması.	27
Şekil 4.5. Ortalama NO ₃ -N'nun 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması..	27
Şekil 4.6. Ortalama o-PO ₄ 'ın 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması	28
Şekil 4.7. Ortalama pH'ın 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması.....	29
Şekil 4.8. Ortalama T'in 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması	29
Şekil 4.9. Ortalama AKM'nin 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması	30
Şekil 4.10. Ortalama TDS'nin 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması	31
Şekil 4.11. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	33
Şekil 4.12. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	33

Şekil 4.13. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	34
Şekil 4.14. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	34
Şekil 4.15. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	42
Şekil 4.16. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	42
Şekil 4.17. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	43
Şekil 4.18. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	43
Şekil 4.19. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	44
Şekil 4.20. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	44
Şekil 4.21. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	45
Şekil 4.22. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	45
Şekil 4.23. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	46
Şekil 4.24. Tahmini BOİ histogram grafiği	46
Şekil 4.25. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	47
Şekil 4.26. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	47
Şekil 4.27. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	48
Şekil 4.28. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	48
Şekil 4.29. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	49
Şekil 4.30. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	49
Şekil 4.31. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	50
Şekil 4.32. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	50
Şekil 4.33. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	51
Şekil 4.34. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	51
Şekil 4.35. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	52
Şekil 4.36. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	52
Şekil 4.37. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	53
Şekil 4.38. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	53
Şekil 4.39. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	54
Şekil 4.40. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	54
Şekil 4.41. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	55
Şekil 4.42. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	55
Şekil 4.43. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	56
Şekil 4.44. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	56

Şekil 4.45. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	57
Şekil 4.46. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	57
Şekil 4.47. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	58
Şekil 4.48. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	58
Şekil 4.49. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	60
Şekil 4.50. Tahmini BOİ histogram grafiği	60
Şekil 4.51. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	61
Şekil 4.52. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	61
Şekil 4.53. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	62
Şekil 4.54. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	62
Şekil 4.55. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	63
Şekil 4.56. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	64
Şekil 4.57. Tahmini BOİ dağılım grafiği	64
Şekil 4.58. Tahmin Edilen BOİ histogram grafiği	65
Şekil 4.59. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	65
Şekil 4.60. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	66
Şekil 4.61. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	67
Şekil 4.62. Tahmin Edilen BOİ histogram grafiği	67
Şekil 4.63. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	70
Şekil 4.64. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	70
Şekil 4.65. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği.....	71
Şekil 4.66. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği.....	71

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Alt Havzalar [4].	7
Tablo 2.2. Ergene Havzası ortalama yağış ve su potansiyeli değerleri [3].	8
Tablo 2.3. Meriç-Ergene Havzası alan ve akış kapasite değerleri [3].	8
Tablo 2.4. Ergene Havzasında üretim yapan toplam endüstri sayısı [5].	10
Tablo 2.5. Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli'nin arazi kullanım dağılımı [6].	15
Tablo 2.6. Ergene Havzası Arazi Kullanımı [8].	15
Tablo 3.1. Ergene Havzası örnekleme noktaları ve koordinatları [7].	19
Tablo 3.2. Parametre analiz ve ölçüm metodu [10].	21
Tablo 4.1. Ergene Nehri- Çorlu Köprüsü DSİ parametrelerine ait değerlerin analizi	32
Tablo 4.2. Ergene Nehri- Alpullu DSİ parametrelerine ait değerlerin analizi	59
Tablo 4.3. Ergene Nehri- Uzunköprü DSİ parametrelerine ait değerlerin analizi ..	63

ÖZET

Anahtar kelimeler: Ergene nehri, su kalitesi, yapay sinir ağıları

Bu çalışmada, Ergene Nehri anakol üzerinde DSİ tarafından 4 örnekleme noktasından elde edilen 1985-2014 yılları arasındaki 10 fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreye ait ölçümler kullanılarak yapay sinir ağı metodu kullanılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan parametrelerin BOİ değerinin belirlenmesindeki etkileri test edilmek istenmiş olup bunun için yapay sinir ağı ile BOİ tahminleri yapılmıştır. Çalışma alanında havza alanı; nüfus, sanayi, tarım, ve iklim anlamında irdelenmiş olup, ölçülen kirlenici parametrelerin diğer parametreler üzerindeki etkisi ve parametreler arasındaki ilişki belirlenmek istenmiştir.

Oluşturulan sinir ağı modellerinin, düzenli periyotlarda ölçümü yapılmış su kalitesi verilerinde işe yaradığı görülmüş olup, özellikle Ergene gibi kirlilik yükü ve yan kol sayısı fazla olan nehirlerde, su kalitesi parametrelerinin çok fazla değişiklik gösterdiği, standart sapmanın fazla olduğu istasyonlarda, başarının tam olarak sağlanmadığı görülmüştür.

MODELING OF BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND IN THE ERGENE RIVER BASIN WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

SUMMARY

Keywords: Ergene river, water quality, artificial neural networks

In this study, artificial neural network method was used by using 10 physical, chemical and biological parameters between the years 1985-2014 obtained from General Directorate For State Hydraulic Works in 4 sampling points on Ergene River mainstream. In this study, the effects of the parameters used in the determination of BOD5 value were tried to be tested and therefore BOD5 estimations were made by using artificial neural network which is operated with Microsoft Excel 2003. In the study, the basin area is examined in terms of population, industry, agriculture and climate; determined the effects of measured pollutant parameters on other parameters and also relationship between parameters.

It has been seen that the neural network models are working in cases where the water quality data is more stable, especially in the rivers with high pollution load and side arm number, such as Ergene, the quality of water parameters have changed very much because of that there is no success for results.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Su insanlık tarihi boyunca hem insan hem de diğer tüm canlılar için en temel ve değerli kaynaklardan biri olmuştur. Bugün en küçük canlı organizmadan en büyüğüne kadar yaşamsal ihtiyaçların sürdürülebilmesi için suya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca su birçok canlı için de yaşam alanıdır. Kısacası dünyadaki biyolojik hayatı ve tüm insan faaliyetlerini ayakta tutan sudur.

Su, tüm yaşamsal ihtiyaçlar için bu kadar önem arz ederken; su kirliliği günümüzün en büyük sorunlarından biri haline dönüşmüştür. Hızlı nüfus artışı, sanayileşme, tarım, madencilik faaliyetleri, üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıklar ve yaşanan çevre kazaları su kirliliğine neden olan önemli etmenlerdir. Buna karşılık su kaynaklarının her geçen artan su ihtiyacıyla azalmasında hem ihtiyacı hem de kirliliği artırmaktadır. Sürdürülebilir çevre kapsamında gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak için şuan bize emanet olan bu kaynakların daha verimli kullanılması artık bir zorunluluktur.

Ancak mevcut duruma bakıldığında, zamanında alınmamış olan önlemler sonucunda özellikle yüzeysel suların ciddi boyutlarda kirlenmiş olduğu görülmektedir. Şuan ki yapılan çalışmaların ise mevcut durumu biraz olsun iyileştirmeye yönelik olduğu ve ne yazık ki bunun bile sağlanamadığı görülmektedir. İşte tamda bu kapsamda özellikle kirliliği belirleyebilmek, yapılan ölçümleri doğru bir şekilde değerlendirebilmek ve ilerisi için doğru tahminlerin yapılabildiği çalışmalar önem kazanmıştır.

Trakya'nın en önemli ve yıllardır kirlilikle mücadele eden sularından biri Ergene Nehri'dir. Yıllardır yapılan çalışmalara ve önlemlere rağmen hala en kirli su sınıfında yer almaktadır. Bunda en önemli pay başarısız atıksu yönetimine aittir.

Ergene Havzasının çalışma alanı olarak seçilmesinde en büyük etken; kirliliğin en yoğun yaşandığı, yıllardır devlet eliyle birçok projenin çözümsüz kaldığı bir havzamız olmasıdır.

Ergene Havzası, Ülkemizde Marmara Bölgesi içinde yer alan Trakya Alt Bölgesi'nde yer almaktadır. Trakya Alt Bölgesi, Marmara Bölgesi'nden Avrupa'ya geçiş alanında yer almakta olup, doğuda İstanbul İl sınırı ile başlayıp, batıda Bulgaristan ve Yunanistan ülke sınırları ile biten alanı içine almaktadır. Ergene Havzası; Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinin çok büyük bir kısmından oluşmakta olup Türkiye'de sınırları belirlenmiş 23 havzadan birisidir [1].

Bu çalışmada; Ergene Havzası üzerinde bulunan DSİ'nin üç ana ölçüm istasyonundan 1985-2014, bir yan kol istasyonundan da 1997-2014 yılları arasında yapmış olduğu su kalitesi verileri kullanılmıştır. Çalışmamızda DSİ tarafından ölçümleri yapılmış ÇO, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, o-PO₄, T, Ph, AKM ve TDS parametreleri ile yapay sinir ağı modeli kullanılarak BOİ tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Yapılan bu çalışma ile aynı zamanda diğer parametrelerin BOİ üzerindeki etkisi ölçülmek istenmiştir.

1.1. Literatür Özeti

Mahmut ve Mahmud (2004), Büyük Menderes Havzasında yer alan 706 numaralı Büyük Menderes Nehri – Aydın Köprü istasyonunda sadece akarsu debisi göz önüne askı madde konsantrasyonu ve miktarı yapay sinir ağları ile hesaplanmış ve yapılan çalışmada kullanılan veri grupları arasında farklılıklar olmasına rağmen sonucun iyi çıkmış olduğu tespit edilmiştir.

Oktay (2005), Kızılırmak Nehrinde 5 farklı veri yapısı be 2 farklı transfer fonksiyonu kullanarak Çözünmüş oksijen değişiminin Yapay Sinir Ağları ile belirlenmesi konusunda çalışma yapmıştır. Yapay sinir ağları ile yapılan çalışmada çözünmüş oksijen konsantrasyonunu belirlemede başarılı olunduğu görülmüştür.

Emrah, Mustafa ve Sabahattin (2005), yapay sinir ağı ve Sugeno bulanık mantık yöntemi kullanarak Sakarya Nehri'nde ki sediment taşınımını tahmin etmeye çalışmış ve yapmış oldukları çalışmada Sugeno bulanık mantık tekniğinin, yapay sinir ağlarına göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

OUYANG Ying (2005), Nehir suyu kalitesinin yıllık değişimde önemli etkisi olan istasyonu temel bileşen analizi ve temel faktör analizi teknikleri uygulanarak belirlenmiştir.

Hülya(2008), Tahtalı Havzası'nın çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle su kirliliği kaynakları değerlendirmesi adlı çalışmasında yüzey su kalite parametrelerinde faktör ve temel bileşen analiz yönetimi uygulaması yapmış olup, tarımsal kullanım ve evsel atık su deşarjlarının yüzey suların kalitesini etkilediği görülmüştür.

Özlem (2009), Eğirdir Gölü'nde 2000-2003 yılları arasında günlük sıcaklık verilerini kullanarak su sıcaklığı tahmini konusunda çalışma yapmış olup, oluşturduğu modelin günlük sıcaklık tahmini için uygun sonuçlar verildiğini görmüştür.

Rabia (2010), Melen Nehri'nde kirliliğe sebep olan faktörlerin bulunması için DSİ'nin 5 örnekleme noktasından alınan parametrelerle çok değişkenli istatistiksel yöntemleri kullanılarak 26 verinin temel bileşen ve faktör analizi, çoklu regresyon analizi ve diskriminant analizi yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan yöntemlerin su kalitesi ve kirlenici kaynakları belirlemede etkili olduğu görülmüştür.

Bekir (2015) Akarçay havzasının çözünmüş oksijen konsantrasyonu NARX ağı tabanlı çeşitli konfigürasyonlar kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmış ve %75 başarı oranı ile başarı sağlandığı görülmüştür. Geliştirilen NARX modelinin diğer havzalar içinde kullanılması hedeflenmiştir.

Eren ve Çelebi (2018) Sakarya Nehri üzerindeki üç ana gözlem istasyonlarından elde edilen kalite parametrelerinin Hazen, Weibull ve Logaritmik istatistiksel veri

değerlendirme yöntemleri uygulanarak, yüzeysel su kalitesi sınıflandırma amacıyla istatistiksel yöntemlerin kullanımının önemli ve pratik olduğu anlaşılmıştır.

Najafzader ve ark. (2018), İran'ın güneybatısında bulunan Karoun nehrinden alınan bağımsız dokuz değişken saha veri setleri kullanarak BOİ, ÇO ve KOİ parametreleri YSA ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmada doğru tahminlerin yapıldığı görülmüştür.

Ruben ve ark. (2018), Çin'in Wuxi şehrinde kirli bir nehirde Kimyasal Oksijen İhtiyacını (KOİ) tahmin etmek için 8 değişken parametre ve 110 analiz sonucuyla Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanarak bir çalışma yapmış ve YSA'nın verimli çalıştığı görülmüştür. Ayrıca yapılan çalışmada girdi parametrelerinin KOİ sonucunu etkileyip etkilemediği de görülmüştür.

Mulugeta ve ark. (2018), Etiyopya'da en kirli nehirlerden biri olan Akaki Nehrinde yaz ve kış aylarında alınan on iki su kalitesi parametresi ile yapay sinir ağı modeli kullanarak su kalite endeks belirleme çalışması yapılmıştır. Sonuçlar; yukarı akıştaki bir alan dışındaki tüm örnekleme alanlarının düşük su kalitesi kategorisinde olduğunu göstermektedir.

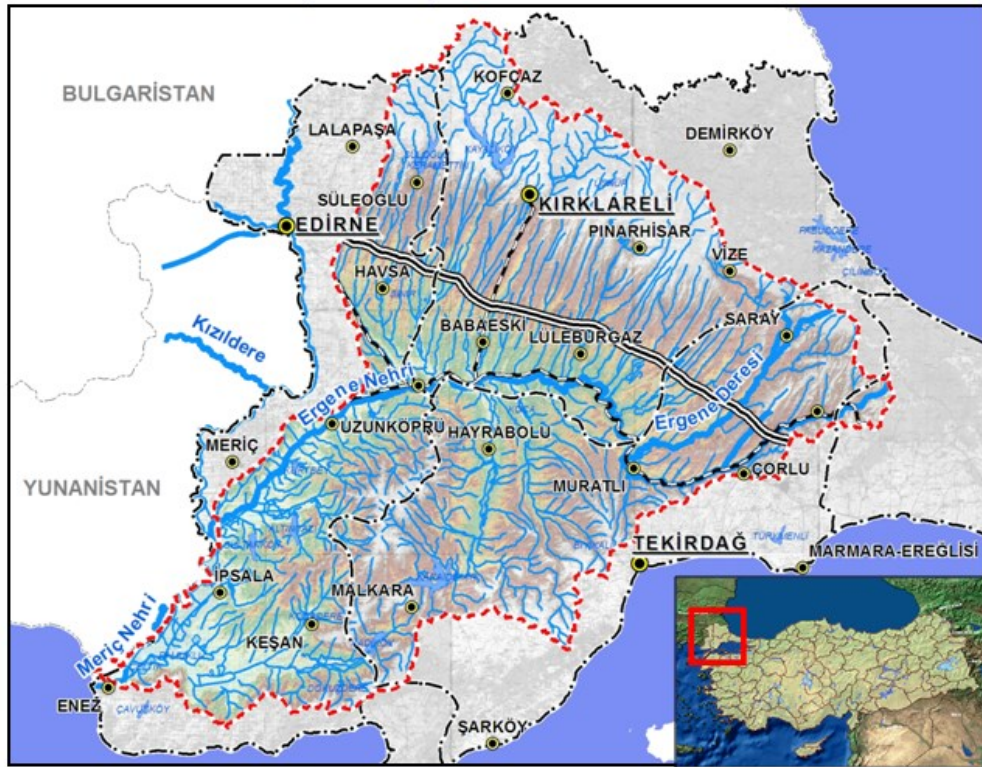
BÖLÜM 2. ÇALIŞMA ALANI

2.1. Ergene Havzası

Çalışma alanı olarak seçilen yüzeysel suyunun en önemli temsilcisi olan Ergene Nehri; havzanın kuzey doğusunda yer alan Istranca Dağları'ndaki Ergene Kaynaklarından doğup, Ergene Deresi adıyla Kuzey Doğu – Güney Batı yönünde akmaktadır. Ergene havzası, topoğrafya olarak alçak bir yapıya ve drenaj olarak da iyi gelişmiş bir ağa sahiptir [2].

Ergene Havzası'nın ortalama yükseltisi 130 m olup havza içerisinde ki yükseltiler, havzanın kuzey ve güney kısımlarında gözlenmektedir. Havzanın kuzey sınırına bakıldığında bu kısım Istranca dağları ile sınırlandırılmış olup, dağın yüksekliği 100 m'dir. Havzanın güneyinde 400 m'ye ulaşan Keşan ve Malkara arasında doğu-batı istikametinde ve Keşan ile Hayrabolu arasında Kuzey Doğu-Güney Batı istikametinde yükseltiler bulunmaktadır. Bu yükseltiler, drenaj ağının akış yönünde yani yönlenmesinde rol oynamaktadır [3].

Ergene Havzası 12.448,2 km² toplan alana sahip olup 283 km uzunluğunda olan nehrin toplam su potansiyeli 1,71 milyar m³.tür. Su potansiyelinin %78'ini yerüstü suyu kalan %22'lik kısmı ise yeraltı suları oluşturmaktadır [1].



Şekil 2.1. Ergene Havzası'nın Ülkedeki Yeri [1].

Çok çatallı bir yapıya sahip olan nehrin birçok kolu bulunmaktadır. Ergene Nehrinin Uzunköprü ilçesine kadar akış yönü doğu-batı istikametinde olup kuzey ve güneyden çok sayıda nehir kolu ile beslenmekte olduğu görülmektedir. Ergene Nehri besleyen bu alt havzaların ince ve uzun, kuzey güney doğrultulu alt havzalar olduğu görülmektedir. İnanlı köyüne yakın kısımda doğudan gelen Çorlu Çayı ile birleşen Ergene Nehri, kuzeyden Ana ve Soğucak Dere ile, Celaliye ve Poyralı Derelerinin birleşmesinden oluşan Lüleburgaz Çayı, Şeytan Dere, Süloğlu Dere ve Çimenli Dere, güneyden ise Çengelli, Beşiktepe, Hayrabolu Dere ve Bayramlı Dere gibi büyük yan kollar olarak ardından Adasarhanlı köyü güneyinde Meriç Nehri ile birleşmektedir. Meriç ile birleşen Ergene Nehri Saroz Körfezi'nden Ege Denizi'ne dökülmektedir [4].



Şekil 2.2. Alt Havzalar [4].

Tablo 2.1. Alt Havzalar [4].

Alt Havza Kodu	Alt Havzanın Adı	Yüzölçümü (km ²)
01-1	Çorlu	1.459
01-2	Vize	685
01-3	Lüleburgaz	1.291
01-4	Hayrabolu	2.374
01-5	Babaeski	1.507
01-6	Havsa	2.467
01-7	Uzunköprü	1.462
01-8	İpsala-Keşan	1.736
01-9	Meriç	1.519
Toplam		14.500

2.1.1. Yağış

Yerüstü sularının beslenmesinde iklim şartları, iklime bağlı olarak gelişen yağış ve akış özelliklerinin bilinmesi için çok önemlidir. Karadeniz ve Balkanların etkisinde olan bölgede karasal iklim görülmektedir. Bu nedenle çalışma bölgesinin kuzey bölümünde; yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk ve sert geçmektedir. Güney bölümünde ise Akdeniz'den gelen ılık lodoslu havanın etkisiyle yaz ayları sıcak ve

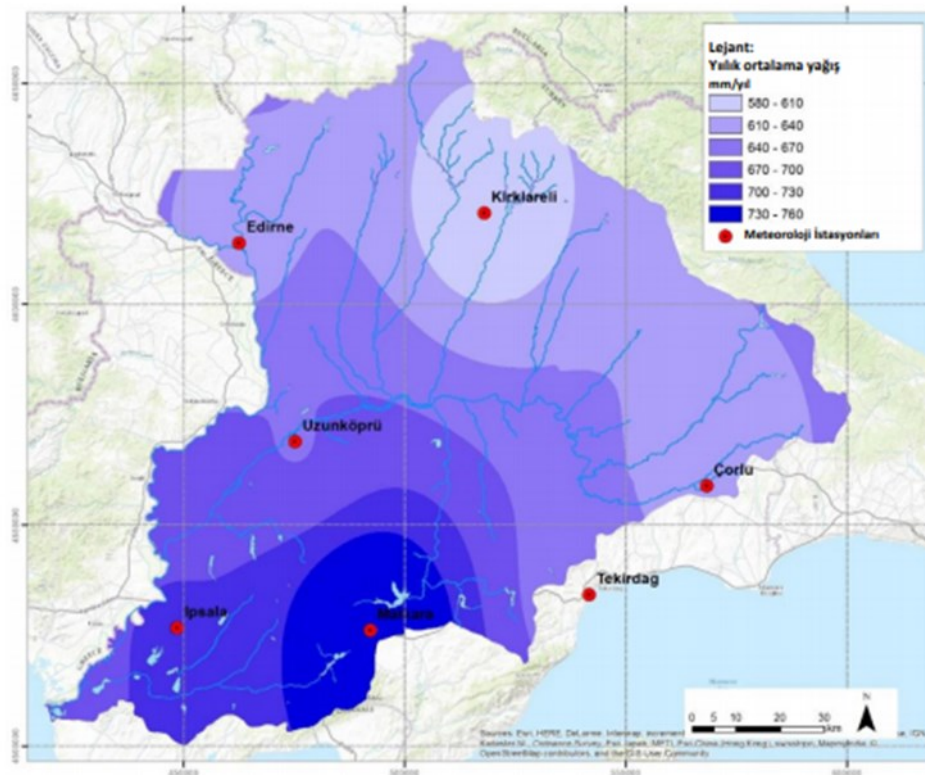
kurak, kışlar ayları ise kuzey bölümüne nazaran ılık ve yağışlı geçmektedir. Kış aylarında yaz aylarına göre daha çok yağış düştüğü söylenebilir. Yıllık ortalama sıcaklığı 12.9 °C'olan Ergene havzası 14.560 km² yağış alanına sahip olup, ortalama yağış miktarı ise 620 mm'dir [3].

Tablo 2.2. Ergene Havzası ortalama yağış ve su potansiyeli değerleri [3].

	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ	Bölge
Yüzölçümü (km ²)	6098	6550	6313	18961
Rakım (m)	41	232	10	94
Yıllık Ort. Yağış (mm)	589	660	611	620
Su kaynakları potansiyeli (hm ³)				
Yerüstü	7611	1137	713	9461
Yeraltısuyu (YAS)	194,6	118,7	147,4	460,7
Toplam su potansiyeli	7805,6	1255,7	860,4	9921,7

Tablo 2.3. Meriç-Ergene Havzası alan ve akış kapasite değerleri [3].

Nehir Havzası	Yağış Alanı		Yıllık Ortalama Akış	
	km ²	%	km ³	%
Meriç-Ergene Havzası	14,560	1.9	1.33	0.7



Şekil 2.3. Meteoroloji verilerine göre yıllık ortalama yağışlar [4].

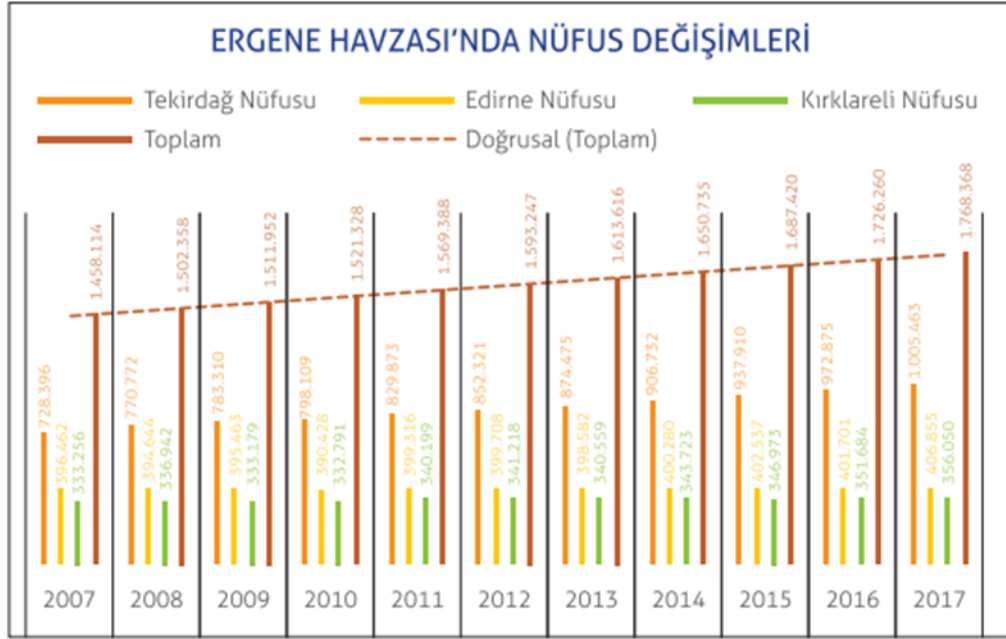
2.1.2. Sanayi

Türkiye'nin sanayideki gelişimi ağırlıklı olarak İstanbul'da başlamış, sürekli gelişmekte olan İstanbul'un, buna bağlı artan sanayi yükünü çevresindeki bölgelere dağıtmasında öncelikli bölge İstanbul'un doğu kesimi seçilmiştir. Sanayinin yayılması, Gebze'den başlayarak Kocaeli ve Sakarya'ya ulaşmasından sonra, 1970'lerden itibaren İstanbul'un batısına, yani Trakya'ya sıçramıştır. 1980'li yıllardan sonra bu yayılma büyük bir ivme kazanmıştır [5].

İstanbul'un sanayi yükünün Trakya'ya doğru kayması, ulaşım sistemlerine yakın olması, bölgede bulunan tabii kaynaklar, teşvikler ve Ergene Havzası'nın coğrafi konumu gereği sanayinin cazibe merkezi haline dönüşmüş ve buna paralel olarak da nüfusta artış olmuştur [6].

Çalışma alanı olarak Kırklareli ve Edirne illerinin bölge bazında nüfus payı azalırken, Tekirdağ İl'inde sanayinin gelişmesiyle nüfusta artış olmuştur. Tekirdağ'ın nüfus artışında sanayileri gelişmiş olan 2 büyük ilçesinin, yani Çorlu ve Çerkezköy'ün payı çok büyüktür.

İstanbul'un sanayi yükünün Trakya'ya doğru kayması Havza içerisinde bulunan İpsala, Uzunköprü, Lüleburgaz, Malkara, Keşan, Hayrabolu, , Havsa, Saray, Vize, Süloğlu ve Kofçaz gibi önemli yerleşim yerleri havza yoğunluğunun %95'leri bulmasına neden olmaktadır [6].

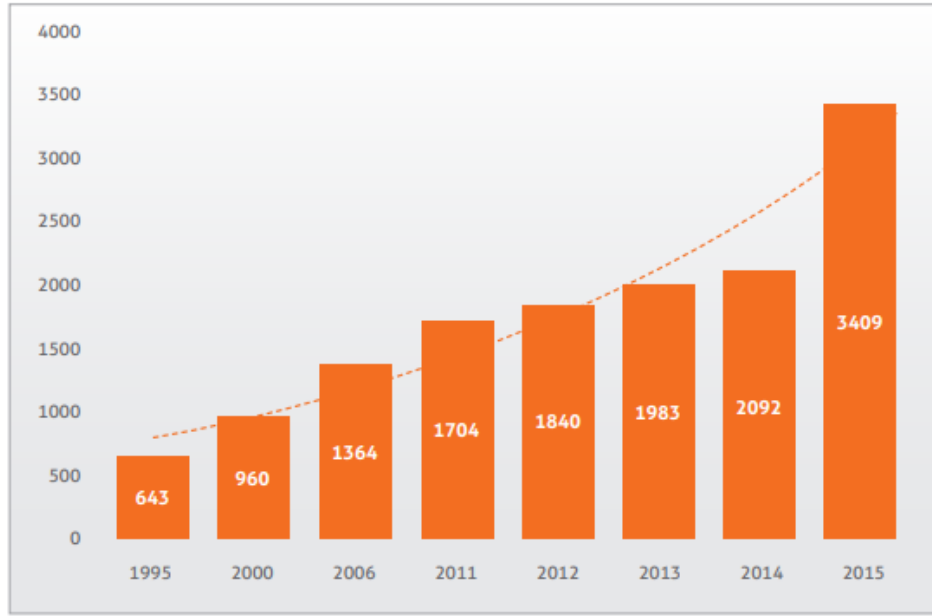


Şekil 2.4. Ergene Havzası'nda Nüfus Değişimleri [6].

Havzada bulunan sanayi tesisi sayısı 2037 olup, Tekirdağ %82 ile birinci sırada , %10'luk kısım ile Kırklareli ikinci sırada ve geriye kalan %8'lik kısım ile Edirne'de üçüncü sırada yer almaktadır. Yoğunluk dağılımına bakıldığında İstanbul ve Marmara Denizi'ne olan yakınlığın dağılımı etkilemiş olduğu söylenebilir. Ayrıca son yıllardaki veriler Edirne'deki artış ivmesinin Tekirdağ ve Kırklareli'ndekinden fazla olduğunda göstermektedir. doyma noktasına oluşan Tekirdağ ve Kırklareli için Edirne arazi imkânlarından dolayı alternatif haline gelmiştir [5].

Tablo 2.4. Ergene Havzasında üretim yapan toplam endüstri sayısı [5].

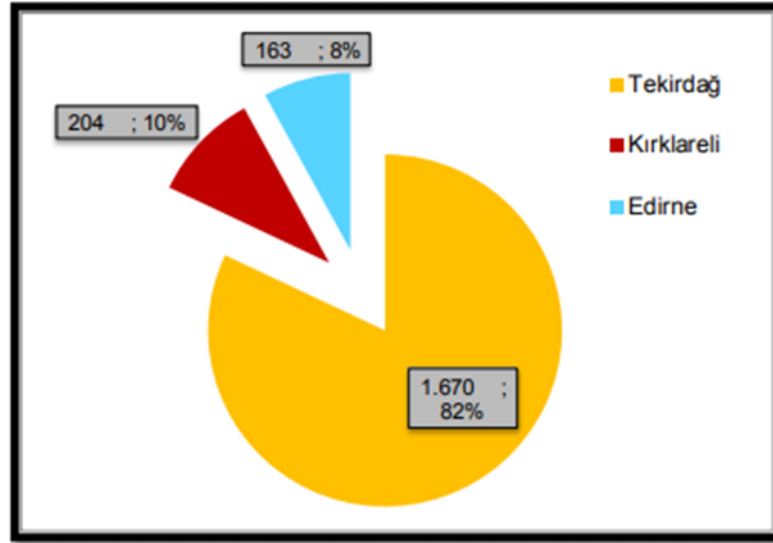
İl	Tesis Sayısı	%
Tekirdağ	1670	82
Kırklareli	204	10
Edirne	163	8
Toplam	2037	100



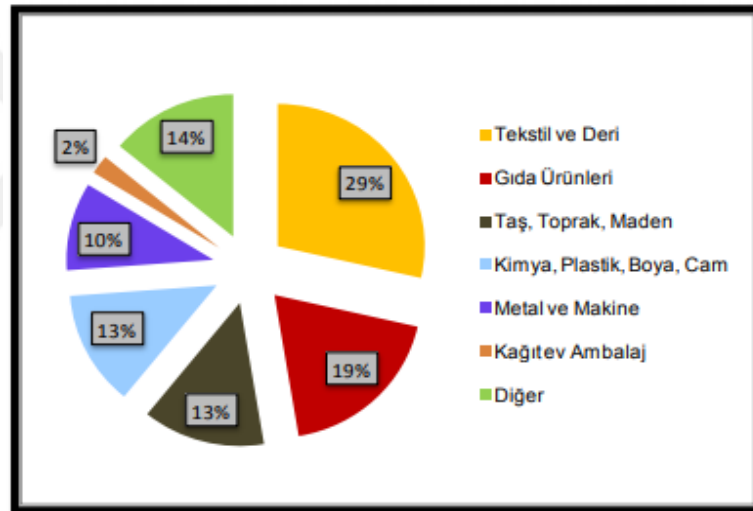
Şekil 2.5. Ergene Havzası'ndaki sanayi tesislerinin sayısındaki değişim [6]

Ergene Havzasının önemli bir bölümü tarım arazilerinden meydana gelmekte olup, bölgede öncelikli olarak tarıma dayalı sanayinin kurulması Trakya Alt Bölgesi'nde bulunan verimli tarım toprakları sayesinde olmuştur. Tarımsal ürün kullanan tesislere bakıldığında un, süt ürünleri, bitkisel yağ ve yem üreten fabrikalar karşımıza çıkmaktadır. Yatırım indirimleri ve teşviklerle tarımsal olmayan ürün kullanan tekstil, metal eşya, kimya gibi sanayi tesisleri de bölgedeki sanayinin gelişmesinde önemli rol oynamıştır [4].

Havzadaki sanayi tesislerinin önemli bir kısmı Tekirdağ ilinde bulmakta olup sanayi, ağırlıklı olarak bu ilde bulunan Çerkezköy, Çorlu, Muratlı ve Lüleburgaz civarında gelişmiştir. Çorlu'da deri sanayi, Çerkezköy ve Muratlı'da tekstil, gıda sanayinin ise Çorlu-Lüleburgaz arasında yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Sektörel dağılıma bakıldığında tekstil ilk sırada yer almakta olup, gıda, kimya, deri ve maden sektörleri yoğunluk olarak daha sonraki sıralarda yer almaktadır [4].

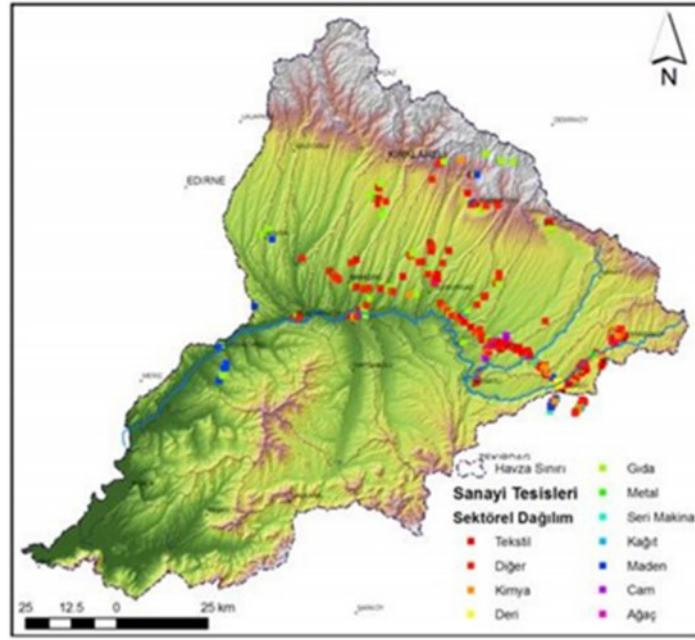


Şekil 2.6. Meriç-Ergene Havzası'nda illere göre sanayi dağılımı [5].



Şekil 2.7. Ergene Havzası'nda sanayi tesislerinin sektörel dağılımı [5].

Bölgede yer alan toplam 627 tekstil işletmesinden 542 adet Tekirdağ, 75 adet Kırklareli'nde, 10 adet ise Edirne'de yer almaktadır. Havzanın tarım bölgesi olmasından kaynaklı gıda sektörü 1950'li yıllar itibariyle gelişme göstermiş ve gıda sanayisine bakıldığında Tekirdağ, Kırklareli ve Edirne'de sırasıyla 160, 109 ve 36 adet tesis yer almaktadır. Bölgede buğday ve ayçiçeği tarımının yaygın olması un ve yağ sanayinin gelişmesine yardımcı olmuş, buna bağlı olarak da bölgede 48 adet sıvı yağ ve margarin yağ fabrikası ve 75 adet un fabrikası bulunmaktadır. Türkiye geneline bakıldığı zaman bu bölgede üretilen bitkisel yağ sanayi kapasitesinin % 60'ını buğday üretiminin de %8-10'u kapsamaktadır [4].



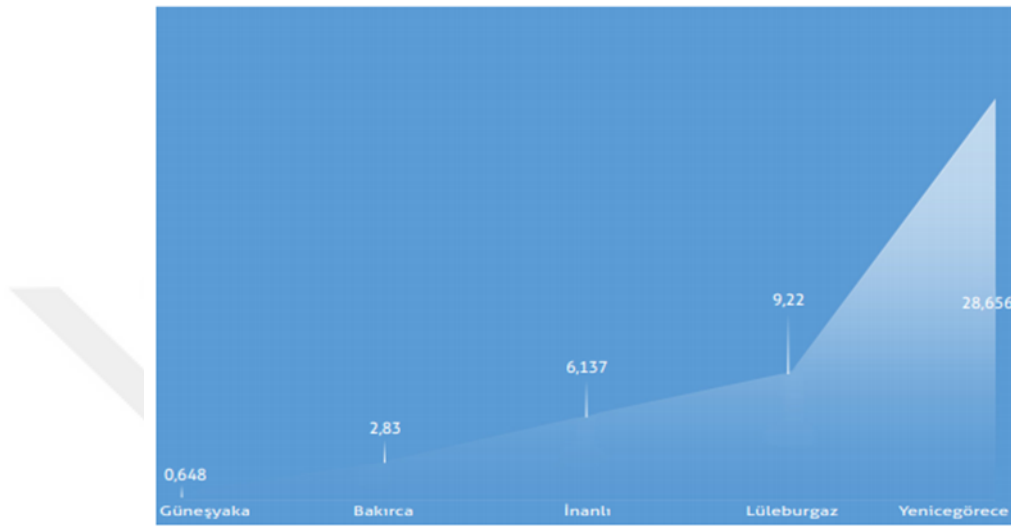
Şekil 2.8. Ergene Havzası'nda sanayi tesislerinin dağılım yoğunluğu [6].

1990 yılından sonra hızla büyüyen çarpık sanayileşme ve buna bağlı nüfus artışı çok sayıda çevresel sorunu da ne yazık ki beraberinde getirmiştir. Sanayileşmenin getirmiş olduğu sorunlara zamanında çözüm bulunmaması, gerekli önlemlerin alınmaması ve özellikle firmaların İstanbul merkezli oluşunun Tekirdağ bölgesinde yoğunlaşan sanayi takibini zorlaştırması oluşan bu kirliliğin en önemli faktörlerindedir.

Kirlilik; sanayi yoğunluğunun bulunduğu Ergene Nehri'nin başlangıcında yer alan Çorlu-Çerkezköy alt havzasında yoğunlaşmakta olup kısaca Ergene Nehri'nin Çorlu ve Çerkezköy'de bulunan sanayi tesisleri yüzünden kirlenmekte olduğu söylenebilmektedir. Sanayi sektörleri arasında en önemli kirleticisi grubuna bakıldığında tekstil, deri, kimya, gıda ve metal sanayileri yer almaktadır [4].

Kontrolsüz ve plansız şekilde büyüyen sanayi bölgeleri, Ergene Havzası'nda bulunan su kaynaklarının hızlıca tüketilmesine, artan su ihtiyacıyla birlikte de günde 400.000 m³ /gün den daha fazla su kullanımına neden olmaktadır. Ayrıca yaklaşık 460.000 m³ /günlük sanayi atıksuyu da Ergene Nehri ve yan kollarına deşarj olmak ve deşarj edilen atık sularla Ergene'nin debisi 6 katına çıkmaktadır [7].

Sanayi tesisleri atık sularını arıtsalar bile tabii debisinin takriben 6 katı atık suyun nehre verilmesi ayrıca o bölgede yaşayan yaklaşık 1.150.000 nüfusun günde 240.000 m³'e kadar evsel atık suyunu hiç arıtmadan deşarj etmesi Ergene Havzasını ileri derecede kirletmiştir [7].



Şekil 2.9. Gözlem istasyonlarında yıllık ortalama debi ölçümleri (m³/s) (DSİ 2017) [6].

2.1.3. Tarım

Ergene Havzası, tarım için elverişli bir iklime ve Ergene Nehri'nin oluşturduğu çok verimli ova topraklarına sahip olduğu için Türkiye'nin önemli tarım alanlarını bünyesinde barındırmaktadır. Havza'nın %65,03'lük kısmını tarım arazilerinin oluşturduğu görülmekte olup, geri kalan kısmı ormanlar, fundalıklar, kayalıklar, göl yüzeyleri, yerleşim yerleri ve sanayi alanları teşkil etmektedir. Toplam alanın büyük bir kısmının tarım alanı olarak değerlendirildiği havzada; Türkiye'deki ayçiçeği üretiminin %45'i, pirinç üretiminin %48'i ve buğday üretiminin %9'u havzadan karşılanmaktadır. Havzada yetiştirilen diğer ürünler soğan, şeker pancarı, arpa, üzüm, fasulye ve mısırdır. Türkiye tarımında önemli bir yere sahip olan havzanın olumsuz etkilenmesi sadece bölgeyi değil, tüm Türkiye'yi etkilemektedir [6].

Ancak diğer taraftan Havzadaki kirliliğe neden olan bir diğer etmende bölgede yürütülen tarım faaliyetleridir. Havzada çeşitli kuru ve sulu tarım yapılmakta olup, kuru tarım arazileri havzanın %43,6'sını, sulu tarım ise %4,7'sini kapsamaktadır [8]

Kuru mutlak tarım arazileri özellikle batı ve orta bölümlerde yoğunlaşmakta ve bölge geneline yayılım göstermektedir. Sulu mutlak tarım arazilerinde çoğunlukla doğal su kaynakları kullanıldığı için, bu tarım arazileri, Meriç ve Ergene Nehirleri ile yan dereleri boyunca uzanan alüvyonlu araziler üzerinde yer almaktadır.

Tablo 2.5. Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli'nin arazi kullanım dağılımı [6].

Kullanım Şekli	Alan (ha)	Oran (%)
Tarım arazisi	1.239.102	65,06
Çayır-mera	109.512	5,75
Orman-Funda	512.380	26,90
Tarım dış arazisi	31.510	1,65
Diğer araziler	2.532	0,13
Su yüzeyi	9.383	0,49
Toplam	1.904.419	100

Tablo 2.6. Ergene Havzası arazi kullanımı [8].

Arazi Kullanım Sınıfı	Alanı (ha)	%
Bataklıklar	3535	0.2
Bitki Değişim Alanları	24604	1.5
Doğal Bitki Örtüsü	126847	7.5
Doğal Çayırliklar	46682	2.8
Endüstriyel Veya Ticari Birimler	8455	0.5
Fundaliklar	56931	3.4
Geniş Yapraklı Ormanlar	321193	19.1
İğne Yapraklı Ormanlar	41592	2.5
Karayolları, Demiryolları ve İstasyonlar	4200	0.2
Karışık Ormanlar	32518	1.9
Karışık Tarım Alanları	81324	4.8
Kesikli Şehir Yapısı	30894	1.8
Maden Çıkarım Sahaları	786	0.0
Meralar	43409	2.6
Meyve Bahçeleri	207	0.0
Ormanla Karışık Tarım Alanları	13235	0.8
Sahiller, Kumsallar, Kumluklar	510	0.0
Seyrek Bitkili Alanlar	16606	1.0
Su Kütleleri	5817	0.3
Su Yolları	1209	0.1
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	732549	43.6
Sürekli Şehir Yapısı	5940	0.4
Sürekli Sulanan Alanlar	79867	4.7
Üzüm Bağları	3098	0.2
Toplam	1682008	100.0

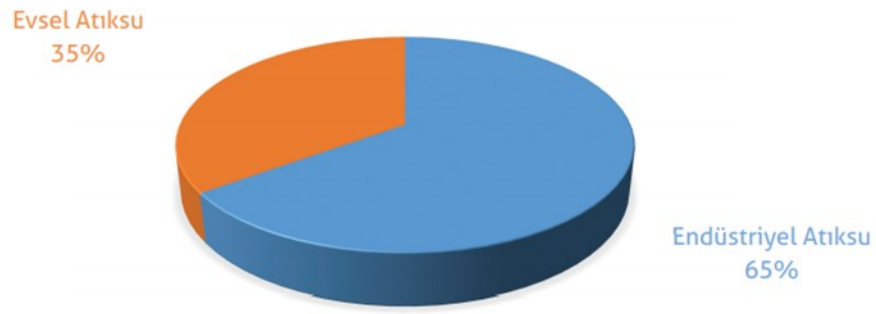
2.1.4. Su kalitesi

Toplam 67 alt havzadan oluşan Ergene Havzası'nın en önemli kolları, Ergene Deresi, Çorlu Deresi, Lüleburgaz Deresi, Sulucak Deresi, Babaeski (Şeytan) Deresi, Teke Deresi, Ana Dere ve Hayrabolu Deresi'dir [5].

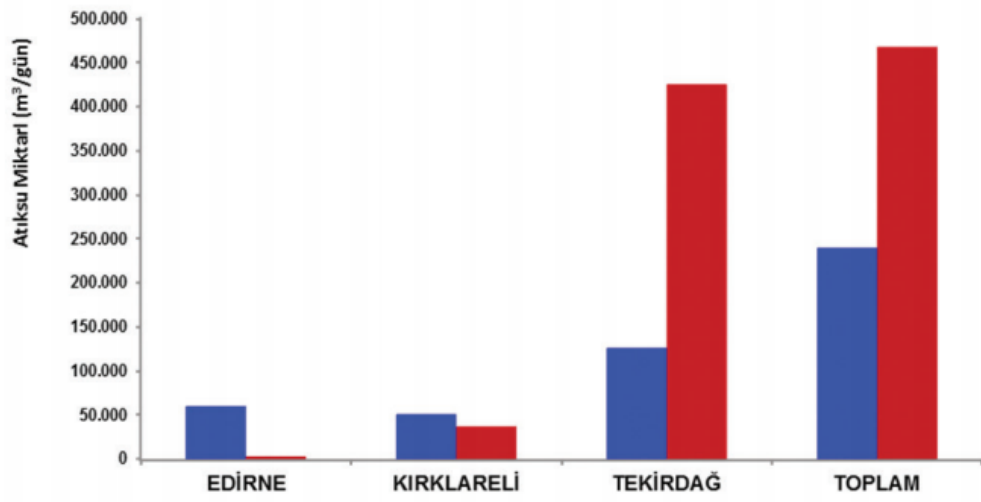
Plansız sanayileşme sonucu proses su kullanımını fazla olan bir çok sanayi tesisinin, su ihtiyaçlarını yer altı suyundan karşılaması ve kullanmış oldukları suyu arıtmaya tabi tutmadan doğrudan Ergene Nehri'ne deşarj etmesi nehri doğal su özelliklerinden uzaklaştıran en önemli faktör olarak görülmektedir.

Ergene Nehri; Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği kapsamında 2016 yılında 4 mevsimde Genel Şartlar, (1) Oksijenlendirme Parametreleri, (2) İz Elementler (Metaller), (3) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri ve (4) Bakteriyolojik Parametreleri su kalitesi durumuna göre IV. Sınıf olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca havzanın yazın ilkbahar mevsimine göre de daha kirli olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak yıllardır gerçekleşen plansız sanayileşme, tarımda bilinçsiz ve denetimsiz su ve kimyasal kullanımı, yetersiz altyapı ve başarısız atıksu yönetimi gösterilmektedir [7].

Evsel atıksu arıtımı olmayan yerleşim yerleri etrafındaki alıcı ortamlar için ciddi tehdit oluşturmaktadır. Özellikle Çorlu ve Çerkezköy gibi sanayisi ile birlikte nüfusu da artan yerleşim yerlerinde, evsel atıksu miktarındaki artışla birlikte Ergene Nehri doğal debisinin çok üzerindeki bir su kütesini taşımak durumunda kalmıştır. Bugün Ergene Nehri'ne arıtılmadan deşarj edilen atıksu günde 460.000 m³ olup toplam deşarj miktarının %65'ine denk gelmektedir. Tekstil endüstrisinin yoğunluğuna bağlı olarak endüstriyel deşarjların suda renk problemine, kullanılan NaOH gibi kimyasallar nedeniyle pH problemine, ayrıca yağ-gres, yüksek BOİ₅ parametrelerine neden olmaktadır. Metal endüstrisine bağlı olarak ağır metal konsantrasyonları ölçülmektedir [6].



Şekil 2.10. Ergene Havzası'nda meydana gelen atıksuyun kaynağı [6].



Şekil 2.11. Havzadaki atıksu oluşumun illere göre dağılımı [6].

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Ölçüm istasyonları

Organik maddenin biyokimyasal oksidasyonu sırasında mikroorganizmaların tüketmiş olduğu oksijen miktarına BOİ denir. BOİ, Organik maddenin karbondioksit dönüşmesi için gereken oksijen miktarını ölçmekte olup tekrarlanabilirliği ve duyarlılığı KOİ kadar iyi olmasa da alıcı ortamlara bırakılan atıksu veya atığın etkisini daha iyi şekilde yansıtmaktadır. Buna rağmen 5 gün sonra ancak sonuç alınabilen, proses kontrol parametresi olarak kullanımı zor olan, fazla iş gücü ve zaman gerektiren bir deneydir. Bu yüzden yapay sinir ağları ile BOİ tahmini su kalitesi çalışmalarında çok fazla kullanılan bir yöntem olmuştur [9].

Bu çalışmada DSİ'den alınan; Ergene nehri ana kol ve yan kollarına ait istasyonlarda ölçülmüş su kalitesi verileri kullanılmıştır. İstasyonlarda ölçülen parametreler ve ölçüm yılları değişiklik göstermekte olup, DSİ'den alınan ölçüm verileri incelendiğinde parametreler için düzenli bir ölçüm periyodunun olmadığı görülmüştür.

Yapılan modellemede doğru sonucu ulaşmak için alınan verilerden, ana kol üzerinde, ölçüm yıl aralığı uzun olan 3 adet ana istasyon ve 1 adet de yan kol üzerinde yine aynı şekilde ölçüm yıl aralığı fazla olan istasyon seçilmiştir. Ana koldaki istasyonlarda yan koldakilere göre daha uzun süreli ölçümler yapılmış olduğu görülmüştür. İstasyonlarda ölçülen parametrelerden yapay sinir ağları ile BOİ tahmini için, BOİ, ÇO, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, o-PO₄, Ph, AKM, T, TDS parametreleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan parametrelerin BOİ değerinin belirlenmesindeki etkileri

test edilmek istenmiş olup bunun için yapay sinir ağı programı kullanarak BOİ tahminleri yapılmıştır.

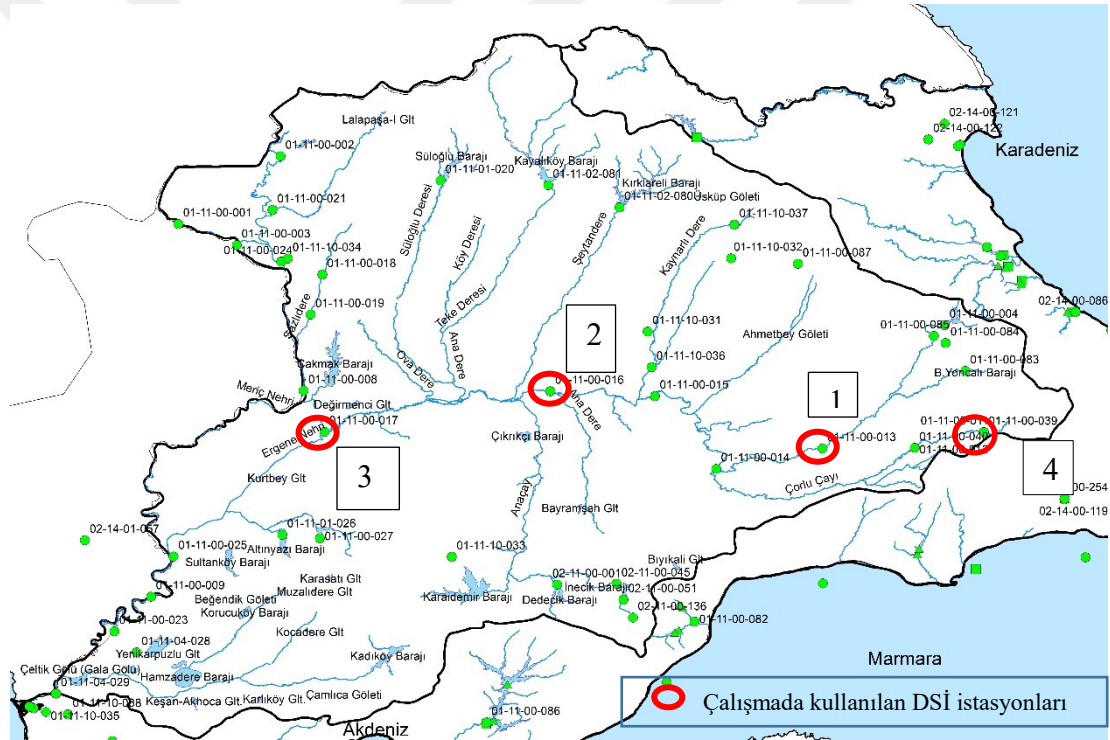
Ölçümler ana kol için 1985-2014, yan kol için 1997-2014 yılları arasındadır. 2014 yılı sonrası veriler DSİ'den temin edilememiştir.

Tablo 3.1. Ergene Havzası örnekleme noktaları ve koordinatları [7].

İstasyon No	İstasyon Adı	İl	Örnekleme Noktası	Mevcut Baskılar	İzleme Noktası Koordinat
Erg-01	Ergene Deresi	Kapaklı/ Tekirdağ	Uzunhacı Köyü Şehit Er Kamil Ünal Köprüsü	Tarımsal Ve Evsel Baskı	N41 .20'.43.7", E027 .49' 51.4"
Erg-02	Ergene Nehri	Muratlı/ Tekirdağ	Ballı Hoca Köyü Lüleburgaz Karayolu Üzeri Ergene Köprüsü	Modern Karton, Unilever, Levi's, Kuroğlu Tekstil İle Tarımsal Ve Evsel Baskılar	N41 12'57.5", E027°31'33.8"
Erg-03	Ergene Nehri	Muratlı/ Tekirdağ	İnanlı Köyü, İnanlı Köprüsü, Ergene Ve Çorlu Deresi Birleşim Sonrası	Çorlu Evsel Ve Sanayi Baskıları İle Evsel Baskılar	N41°12'08:7", E027°28'34.7"
Erg-04	Ergene Nehri	Muratlı/ Tekirdağ	İnanlı Köyü Çıkışı Karışım Öncesi	Çorlu-Çerkezköy Sanayi Atıksuları Ve Evsel Atıksular İle Deri Osb Baskıları	N41°11'46.9", E027°28'13.3"
Erg-05	Çorlu Deresi	Ergene/ Tekirdağ	Deri Osb Sonrası Sağlık Mah. Köprü Üstü	Deri Sanayi Ve Evsel Atıksu Baskıları	N41°.10'31.7", E027°45'50.5"
Erg-07	Çorlu Deresi	Ergene/ Tekirdağ	Çorlu Velimeşe Girişi Köprüsü	Çerkezköy Osb, Evsel Ve Velimeşe Evsel Baskıları İle 3 Adet Tekstil Fabrikası Atıksuları	N41°14'42.4", E027°52'57.6"
Erg-08	Ergene Nehri	Lüleburgaz/ Kırklareli	Kırklareli Girişi Seyitler Köyü Köprü Üstü	Tekirdağ İli Baskıları	N41°15'12.3", E027°27' 09.0"
Erg-09	Evrensekiz Deresi	Lüleburgaz/ Kırklareli	E5 Karayolu Üzeri	Maya, Tekstil, Gıda, Alkollü İçecek Sanayi Baskıları İle Tarımsal Ve Evsel Baskılar	N41°20' 27.8", E027°27'21.8"
Erg-10	Köprüaltı Deresi	Lüleburgaz/ Kırklareli	Lüleburgaz Alt Tarafı, Orman İşletme Şefliği Yakını	Danone, Tekstil (6000 M3 /Gün) İle Evsel Ve Tarım Baskıları	N41° 21' 22.0", E027°19' 16.8"
Erg-11	Ergene Nehri	Pehlivankö y/ Kırklareli	Kırklareli Çıkışı Pehlivanköy Ergene Köprüsü	Tekirdağ Ve Kırklareli İlleri Baskıları	N41°. 20'. 06.2", E026°. 55'. 20.6"

Tablo 3.1. (Devamı)

Erg-12	Ergene Nehri	Uzunköprü/Edirne	Uzunköprü Çiftlikköy Mevkii	Yoğun Tarımsal Baskı, Yağ Sanayi, Mezbaha Ve Uzunköprü Yerleşim Merkezi Baskıları	N41°14'45.4", E026°37'04.6"
Erg-13	Ergene Nehri	Meriç/Edirne	Adasarhanlı Köprüsü Meriç Nehri İle Birleşim Öncesi	Tarımsal Baskı	N41°03'59.2" E026°21'42.9"
Erg-14	Ergene Nehri	İpsala/Edirne	İpsala Sınır Kapısı Meriç Ergene Birleşim Sonrası	Evsel Baskı	N40°56'55.5" E026°19'13.1"



Şekil 3.1. Ergene nehri üzerinde bulunan istasyonlar [DSİ'den temin edilmiştir]

1. 11-00-013 ERGENE NEHRI-ÇORLU KÖPRÜSÜ
2. 1-00-016 ERGENE NEHRI-ALPULLU
3. 01-11-00-017 ERGENE NEHRI-UZUNKÖPRÜ
4. 01-11-00-040 ÇORLU SUYU-ÇERKEZKÖY ÇIKIŞI-2

Tablo 3.2. Parametre analiz ve ölçüm metodu [10].

Parametre	Metot Adı	Standart Adı
pH	Elektrokimyasal Metot	TS 3263 ISO 10523
Askıdaki Katı Madde	Gravimetrik Metot	SM 2005 2540 D
Toplam Sertlik	İyon Kromatografisi	TS EN ISO 14911
Toplam Çözünmüş Katı	Elektrokimyasal Metot	TS 8108
Çözünmüş Oksijen	Elektrokimyasal Sonda Metodu	TS 5677 EN 25814
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	5 Günlük BOİ Metodu	SM 2005 5210 B
Nitrat	Sıvı İyon Kromatografisi	TS EN ISO 10304-1
Nitrit	Sıvı İyon Kromatografisi	TS EN ISO 10304-1
Fosfat	Sıvı İyon Kromatografisi	TS EN ISO 10304-1

3.1.2. Kullanılan ölçüm yöntemleri

3.2. Yöntem

3.2.1. Yapay sinir ağları

Paralel dağıtılmış, bağlantılı nöromorfik ağlar olarak da adlandırılan yapay sinir ağları birden fazla nöronun belirli bir kural çerçevesinde bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş istatistiksel, matematiksel, yapısal hatta felsefi sorunlara da çözüm üreten bir bilim dalıdır [11].

Kısaca yapay sinir ağları için; insan beyninin biyolojik sinir yapısına benzer olarak oluşturduğu sinirsel algılayıcılar yardımı ile sistemlere öğrenme, genelleme, ilişkilendirme, sınıflandırma, özellik belirleme, optimizasyon ve tahmin gibi yetenekler kazandıran bir yapay zeka tekniği, çalışma prensibine bakıldığında da önceden öğrenilmiş, analiz edilmiş ya da sınıflandırılmış bilgileri kullanarak yeni bilgiler oluşturup, karar verebilen bilgisayar programları da diyebiliriz [12].

Yapay sinir ağlarının tarihsel gelişimine bakıldığında ilk model; Sinir hekimi Warren McCulloch ve matematikçi Walter Pitts tarafından 1943 yılında geliştirilmiştir, 1960'dan 1980'li yıllara kadar bilim dünyasında yaşanan bazı gelişmelerden dolayı yapay sinir ağları alanındaki çalışmalar durma noktasına gelmiştir. Ardından 1980'li yılların sonlarına doğru yapay sinir ağlarındaki yaşanan problemlerin giderilmesi ve

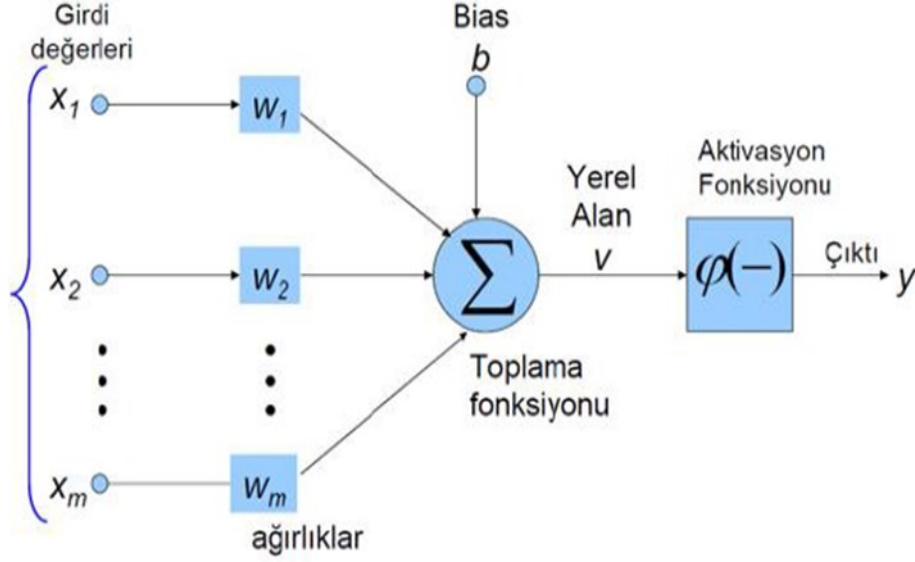
dünyada yaşanan önemli gelişmeler ile birlikte gelişimine tekrar hızlı bir şekilde devam etmiştir [11].

Yapay sinir ağlarının zaman içerisinde göstermiş olduğu bu gelişim, günümüzde de çeşitli araştırmaların dünyanın birçok yerinde devam etmesine neden olmuş, bilgisayarlarında öğrenebileceği görülmüştür. Özellikle bu araştırmalar yapay sinir ağları üzerinde yaşanan aksaklıkları ya da zaman kayıplarını gidermek yönünde olmuştur. Zaman kaybı bakımından yapay sinir ağlarını eğitmek uzun zaman gerektirdiğinden odak noktasının bu konu üzerinde olduğunu söylemek mümkündür.. Hatta 1943 yılından günümüze kadar olan süreçte yaşanan gelişmelerde bu konu temel alınmıştır. Yapay sinir ağlarının günümüzde geldiği duruma bakarsak sistemlerin, özellikle de robotların yakın gelecekte günlük hayatta yaşam kalitesini artırma yönünde önemli bir etken olacağı görülmektedir [11].

Birçok alanda kullanılan yapay sinir ağlarının; sistem tanılama, örüntü tanıma, sinyal işleme, robotik ve nonlineer denetim alanları gibi birçok uygulama alanında yaygın olarak kullanılmakta olduğu görülmektedir. Burada ki amaç daha verimli ve yeni öğrenme algoritmaları keşfetmektir Ayrıca yapay sinir ağlarının uygulama alanları detaylandırılırsa; beyin modelleme çalışmaları, yapılan kan analizlerinin sınıflandırılması, hastalıkların tanımlanması ve tedavisi, parmak izi tanıma, malzeme kalite kontrolünün yapılması, otomatik araç denetimi, kredi kartıyla ilgili yapılan hilelerin tespiti, zeki araçlar ve robotlar için optimum rota belirleme, kullanılan mekanik parçaların kullanım ömrünün tahmin edilmesi, ses tanıma, denetim, meteorolojik verilerin yorumlanması, elektrik işaretlerinin tanınması, el yazısı tanıma, radar ve sonar sinyalleri sınıflandırma, spam olarak gelen maillerin filtrelenmesi gibi bir çok insan hayatını kolaylaştıracak örnekler verilebilir [11].

Yapay sinir ağı modeli birbirinden bağımsız ve paralel olarak çalışabilen proses elemanlarının (yapay sinir hücrelerinin, sinirlerin) hiyerarşik bir şekilde organizasyonundan oluşur. Yapay sinir ağının teknik olarak görevi, girdi seti olarak kendisine verilen bilgilere karşılığında bir çıktı üretebilmektir. Çıktının üretilmesi

için yapay sinir ağı belirli örneklerle eğitilir ve ağ, genelleme ve karar verebilecek seviyeye kavuşmuş olur. Daha sonra bu kazanılan yetenek ile çıktıları belirler [11].



Şekil 3.2. Yapay sinir ağı örneği [11].

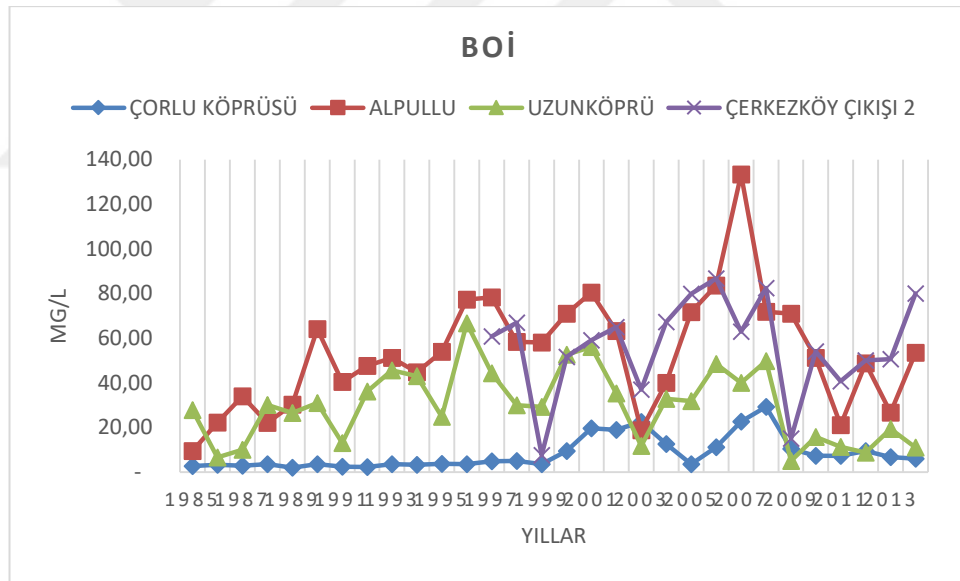
Çalışmada kullanılan yapay sinir ağı programı, Microsoft Excel'in alt yapısını kullanarak çalışan program, çok çeşitli sinir ağlarının kolayca oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu program özel Microsoft Excel eklentisi kullanılarak; excelde tablo olarak oluşturulmuş verilerin kolaylıkla "Girdi", "Çıktı", "Eğitim Seti" ve "Test Seti" şeklinde işaretlenebilmesini ve bu veriler yoluyla da istenilen algoritma ile herhangi bir sinir ağının oluşturulmasını sağlamaktadır. Oluşturulan sinir ağının performansı da kolaylıkla yine programda oluşturulan raporlarla izlenebilmektedir.

Microsoft Excel için hazırlanmış olan bu eklenti 8 farklı modülden oluşmakta olup bunlar; ön işlem verisi, verinin analizi, verilerin işaretlenmesi, veri dosyalarının oluşturulması, sinir ağının oluşturulması, ağın eğitilmesi, ağın test edilmesi ve ürün girdilerinin veri setine uygulanmasıdır.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Su Kalitesi Parametrelerin Değerlendirilmesi

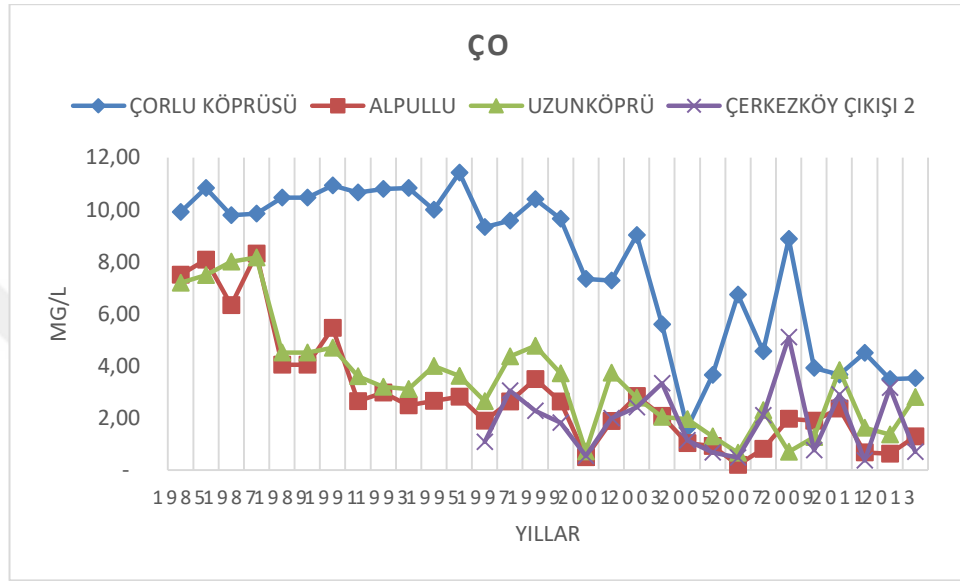
Bu çalışmada, öncelikli olarak ana kol üzerinden bulunan Ergene Nehri- Çorlu Köprüsü, Alpullu, Uzunköprü istasyonlarında 1985-2014 yılları arasında ve yan kol olarak da Çorlusuyu- Çerkezköy Çıkışı 2 istasyonunda 1997-2014 yılları arasında ölçülen parametrelerin ortalamaları alınarak, bu dört istasyon her parametre için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.1. Ortalama BOİ'in 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması

Yapılan çalışmalarda Ergene Nehri'nin Çorlu ve Çerkezköy'de bulunan sanayi tesisleri yüzünden kirlenmekte olduğu görülmüş olup, bu noktalardan nehire deşarj edilen evsel ve endüstriyel atıksuyun kirletici özelliğini bir sonraki istasyonda göstermekte olduğu söylenebilir. Bunun nedeni olarak, nehrin akış yönü (Kuzey Doğu – Güney Batı yönünde) doğrultusunda kirliliğini taşıması ve nehrin doğduğu noktada çözünmüş oksijenin fazla olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Nehrin

kirlilik yükünü bir sonraki istasyona taşıması, zaman içinde kirliliğe bağlı olarak çözünmüş oksijenin azalması, Alpullu istasyonuna ana kol ve yan kollardan da gelen kirlilikle birlikte bu noktada BOİ'nin pik yaptığı görülmektedir. ÇO azaldıkça BOİ'nin grafiklerden de anlaşıldığı üzere arttığı görülmektedir. ÇO'nin nehrin doğduğu noktaya yakın istasyonlarda daha fazla olduğu grafiklerden de görülmektedir.



Şekil 4.2. Ortalama ÇO'nin 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması

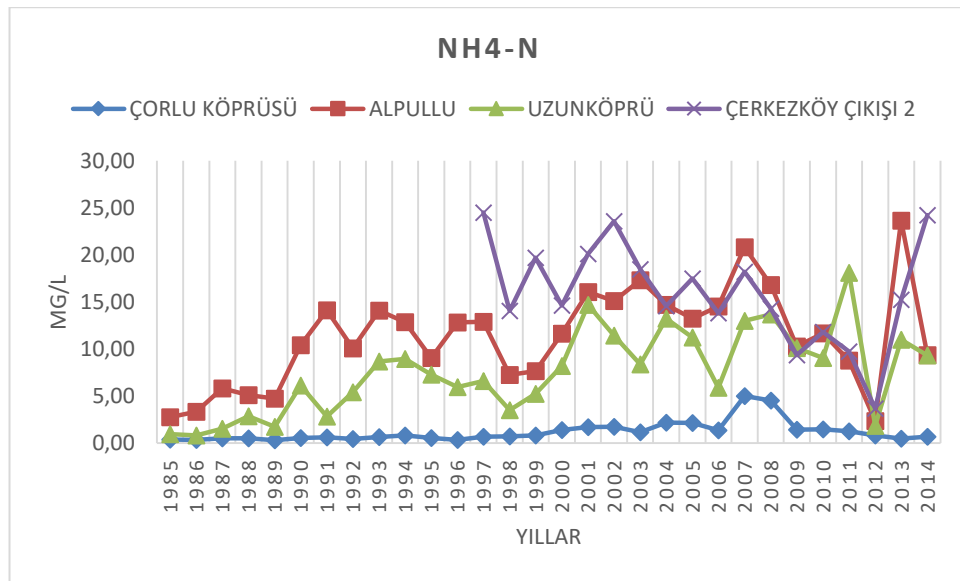
Birçok organik madde (mikroplar ve çürüten organik atık), nehir suyunun kalitesini biyolojik ve kimyasal olarak etkilemekte, sucul ortamda biyoçeşitlilik anlamında hasara, kısacası suda kirlenmeye sebep olmaktadır. Bu kirliliğe sebep olan organik kirleticiler; sanayi atıkları, arıtılmadan deşerj edilen evsel atıksular, tarımda kullanılan gübreler ve kimyasallar gösterilebilir ve suda oluşan bu organik kirlenme, yüksek oranda oksijen tüketen metabolik süreçlere neden olmaktadır. Bu durumda suda oksijensiz (anaerobik koşullar) bölgelerin oluşmasıyla sonuçlanmaktadır. Yani diğer bir deyişle azotun havasız koşullar altında indirgenmiş formlara dönüşmesi, su sıcaklığı, tuzluluk ve pH değerine bağlı olarak, artan amonyak konsantrasyonlarına neden olur ki bu da belirli konsantrasyonlar üzerinde su yaşamına zarar vermektedir [13].

Amonyum birçok temizlik malzemesinde bulunmakta olup sanayinin birçok kolunda kullanılmaktadır. Ayrıca tarımda azotlu suni gübre kullanımına bağlı olarak suda NH_4^+ iyonuna rastlamak mümkündür [14].

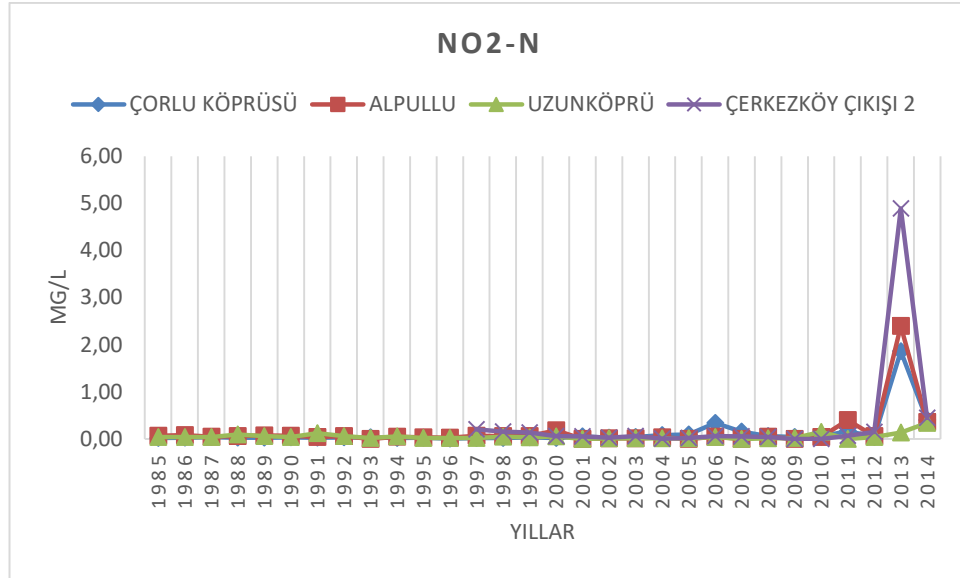
NH_4^+ iyonunun bulunması suya bir dışkının, yani kanalizasyonun veya hayvansal atıkların karışmış olacağını göstermekte olup, çalışma alanında DSİ tarafından ölçülen değerlere bakıldığında, bölgenin %65,03'nün tarım azarizilerinden oluşması, nehre arıtılmadan evsel ve endüstriyel atıksuyun verilmesi, bölgede gıda ve deri sanayilerinin bulunması nehirde ölçülen amonyum azotunu açıklamaktadır.

Aerobik ortamda bakteri faaliyeti sonucu amonyum oksidasyona uğrayarak nitrite, daha çok oksidasyona uğramasıyla da nitrate dönüşmektedir. Nitratlar azotun en ileri derecede oksitlenmiş hali olup, nitrit kararsız bir yapıya sahip olduğu için kolaylıkla nitrate dönüşebilmektedir [15].

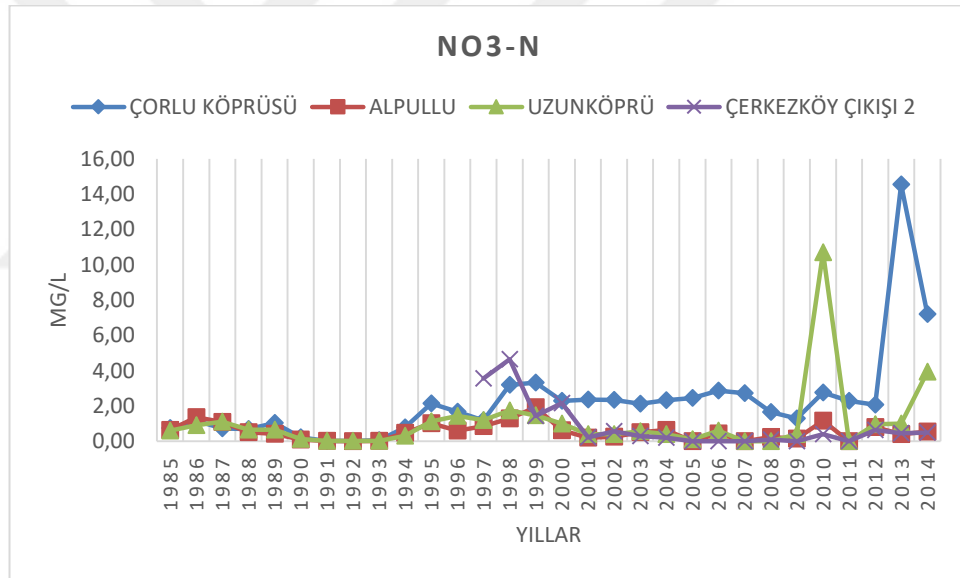
Çözünmüş oksijenin fazla olduğu Çorlu körüsü istasyonunda $\text{NH}_4\text{-N}$, Çerkezköy çıkışı 2, Uzunköprü ve Alpullu istasyonlarına göre daha az miktarlarda bulunmaktadır. Oksidasyondan kaynaklı $\text{NO}_2\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$ diğer istasyonlara göre daha fazla miktarlarda bulunmaktadır.



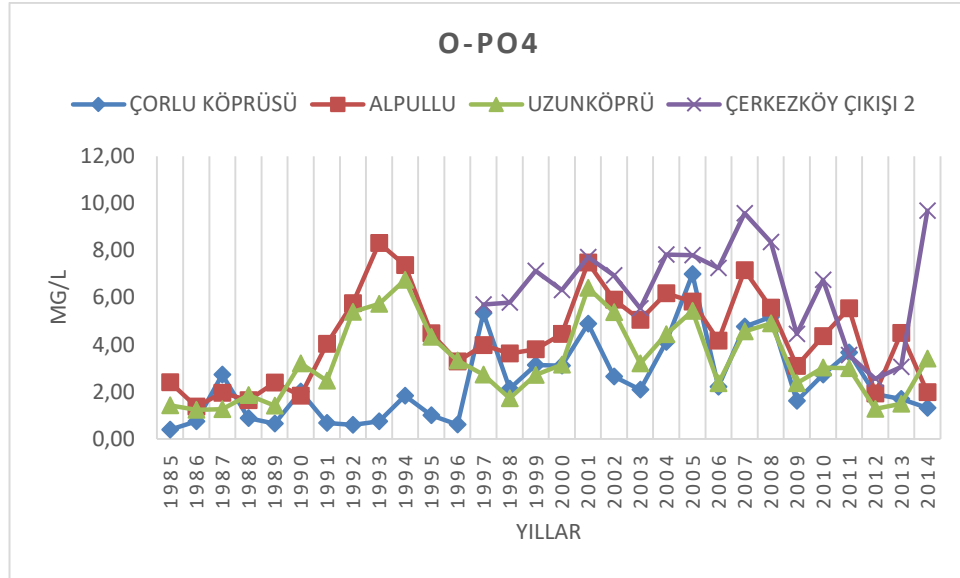
Şekil 4.3. Ortalama $\text{NH}_4\text{-N}$ 'un 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması



Şekil 4.4. Ortalama NO₂-N'nun 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması



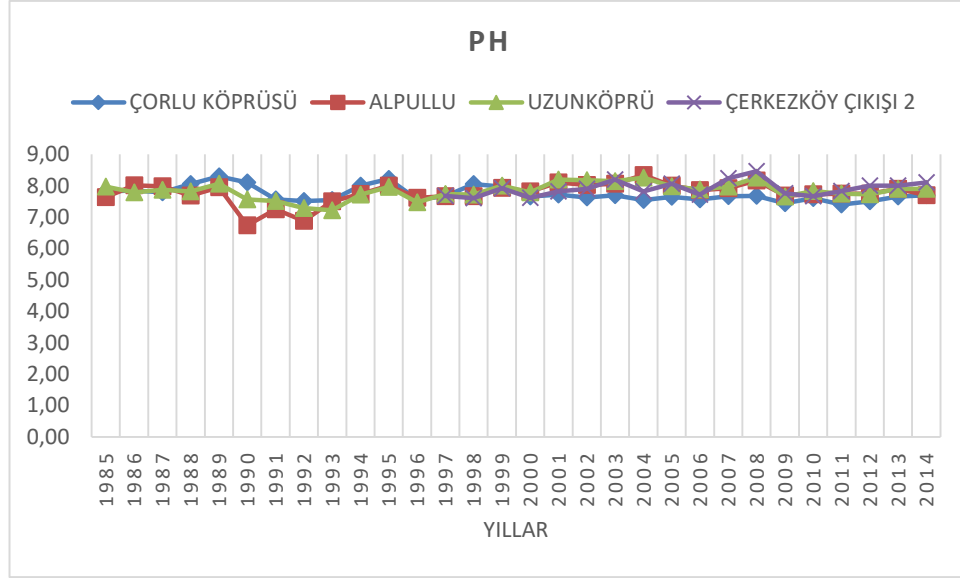
Şekil 4.5. Ortalama NO₃-N'nun 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması



Şekil 4.6. Ortalama o-PO4'ın 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması

Fosfor bileşikleri bitki nütrientleri olup yüzey sularında alg büyümesine neden olmakta, sudaki fosfat konsantrasyonuna bağlı olarak, ötrofikasyon meydana gelebilmektedir. Orta fosfatın fazlalığı sudaki kirliliğin fazla olduğunu göstermektedir [16].

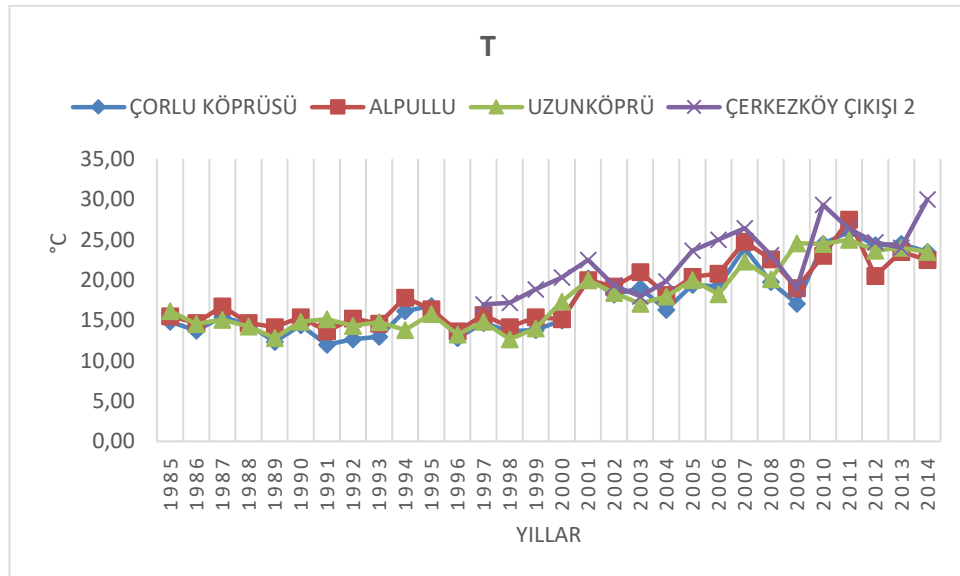
Atıksuda bulunan ya da doğrudan yüzey sularına deşarj edilen fosfat bileşikleri; tarım faaliyetlerinde kullanılan gübreler, insan ve hayvan dışkıları, genel amaçlı kullanılan deterjan ya da temizlik maddelerinden kaynaklanmaktadır. Ergene havzasında orta fosfatın yüksek değerlerde çıkmasının nedeni artırılmadan deşarj edilen evsel atıksular ve bölgede yürütülen tarımsal faaliyetler gösterilebilir [16].



Şekil 4.7. Ortalama pH'nin 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması

Sularda Ph 0-14 aralığında değişiklik göstermekte olup 0-7 aralığı asidik, 7-14 aralık ise suyun bazik olduğunu göstermektedir.

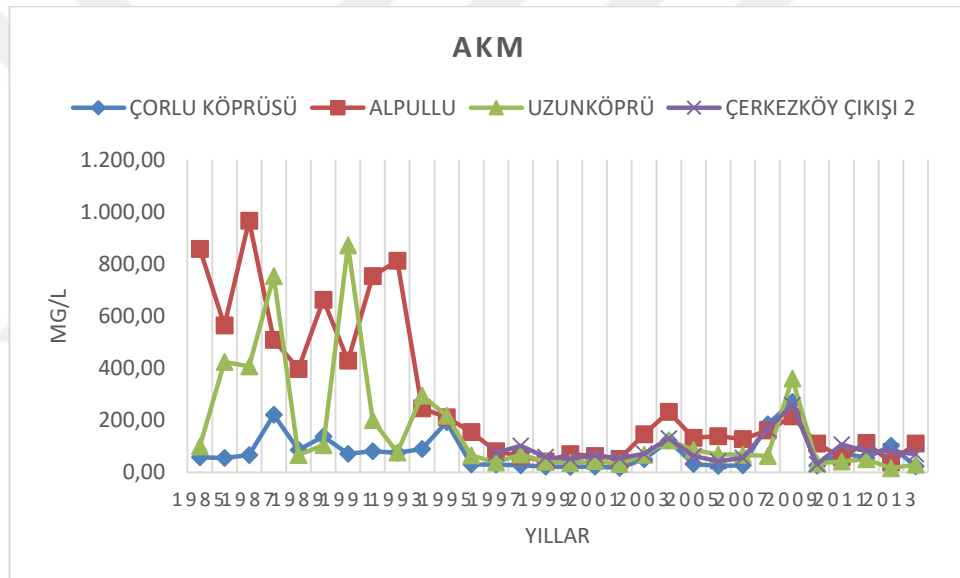
Çorlu köprüsünde ortalama 7,5 civarlarında olan pH'nin Alpullu, Uzunköprü ve Çerkezköy çıkışı 2 istasyonlarında 8'e daha yakın olduğu görülmekte olup genel olarak değerlendirildiğinde Ergene Nehri'nin bazik yapıda olduğu görülmektedir.



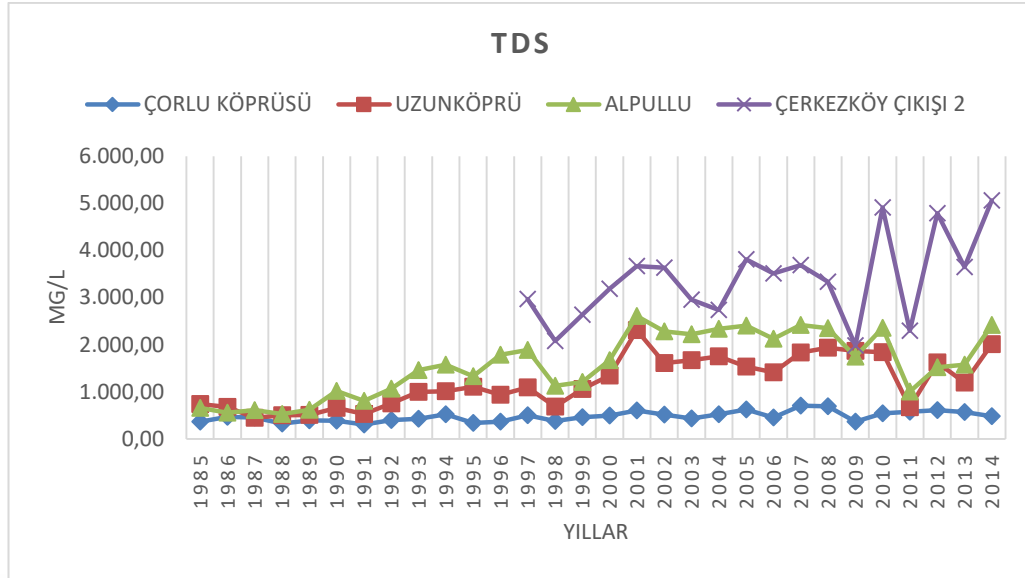
Şekil 4.8. Ortalama T'nin 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması

Sıcaklık, suların fiziksel özelliklerinden birisi olup genel anlamda güneşe bağlıdır. Dolayısıyla mevsimlere, gün içindeki saate göre sıcaklık değişiklik gösterebilmektedir. Sulardaki sıcaklık; yoğunluk, basınç, salinite, yatay ve düşey su hareketleri gibi diğer fiziksel özellikleri de etkilemekte olup, gazların ve tuzların suda erimeleri de yine büyük ölçülerde sıcaklığa bağlıdır [17].

Sulama ve drenaj sularının akarsuya karışması su sıcaklığını arttıran bir faktördür. Grafiğe bakıldığı zaman sıcaklığın 2000’li yıllardan sonra 4 istasyon içinde artış gösterdiği görülmektedir. Bundaki en büyük etmen 1990 sonrası gelişen sanayi ve artan nüfus gösterilebilir.



Şekil 4.9. Ortalama AKM'nin 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması



Şekil 4.10. Ortalama TDS'nin 4 istasyon için grafiksel olarak karşılaştırılması

Askıda katı madde (AKM) ölçümleri, başlangıç istasyonu olan Çorlu Köprüsü istasyonunda Alpullu, Uzunköprü ve Çerkezköy Çıkışı 2 istasyonlarına göre daha düşüktür. Bunun nedeni yan kollar ve nehrin akış yönünde taşınan katı maddeler olduğu söylenebilir.

Toplam çözülmüş katı miktarı (TDS) askıda katı madde miktarında bağlı olup grafiğe bakıldığında AKM ile ters orantılı hareket ettiği görülmektedir.

Bu çalışmada DSİ tarafından su kalitesi ölçümleri yapılmış 4 istasyon kullanılmış olup, istasyonlardan elden edilen 10 parametre ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Aşağıda DSİ'den alınan analiz sonuçları tablolar halinde verilmiş olup kullanılan programda yapılan yapay sinir ağ çalışması modellemeleri 4 istasyon için ayrı ayrı yorumlanmıştır.

Yapılan çalışmada kullanılan parametrelerin BOİ değerini belirlenmesindeki etkileri test edilmek istenmiş olup, yapay sinir ağ modellemesi programı ile BOİ tahminleri yapılmıştır.

Programda öncelikli olarak girdi ve çıktılar belirlenmiş olup her istasyon için ayrı bir çalışma yapılmıştır.

4.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme

4.2.1. Ergene nehri- çorlu köprüsü istasyonu

BOİ tahmini için öncelikli olarak tüm istasyonlarda 9 girdi parametresi belirlenmiştir. BOİ, ÇO, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, o-PO₄, Ph, AKM, T, TDS parametrelerinden BOİ çıktı parametresi, diğer parametreler ise girdi parametresi olarak seçilmiştir. Her parametreye ait toplam 146 analiz sonucu bulunmakta olup bu analiz sonuçlarının 124 tanesi eğitim için kalan 22 tanesi test için programda kullanılmıştır. Yani yüzdesel olarak %85'i eğitim verisi, %15'i test verisi olarak kullanılmıştır. Bu değerlerin seçiminde programda bir çok farklı yüzdesel değer kullanılmış olup en iyi sonuca bu yüzde ile ulaşmıştır.

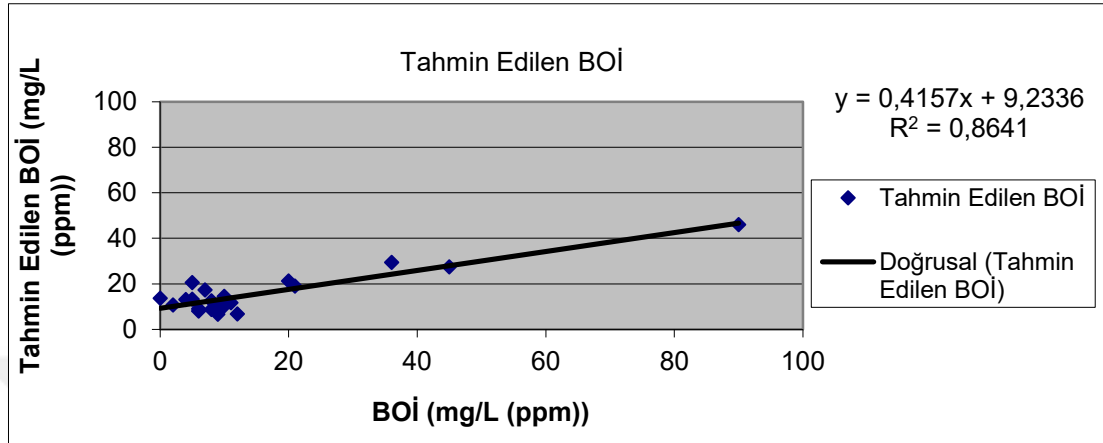
Ağın kurulmasından sonra bir ağ tipi belirlenmesi gerekmekte olup “Çoklu Algılama”, “ Modüler Sinir Ağı” ve “Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı” ağları arasından en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı ile elde edilmiştir. Gizli katman 1 olarak seçilmiştir. İşlem elemanlarından “TanhAxon”, “SigmoidAxon” ve “LinearTanhAxon” tek tek denenmiş olup genel olarak en iyi sonuçlar “TanhAxon” ve “SigmoidAxon” ile elde edilmiştir. Öğrenme kuralı olarak Momentum’da en iyi sonuçlar elde edildiği için tüm denemelerde Momentum kullanılmıştır. Programda max. iterasyon sayısı olarak da 1000-2000 ve 3000 değerleri denenmiştir.

Tablo 4.1. Ergene Nehri- Çorlu Köprüsü DSI parametrelerine ait değerlerin analizi

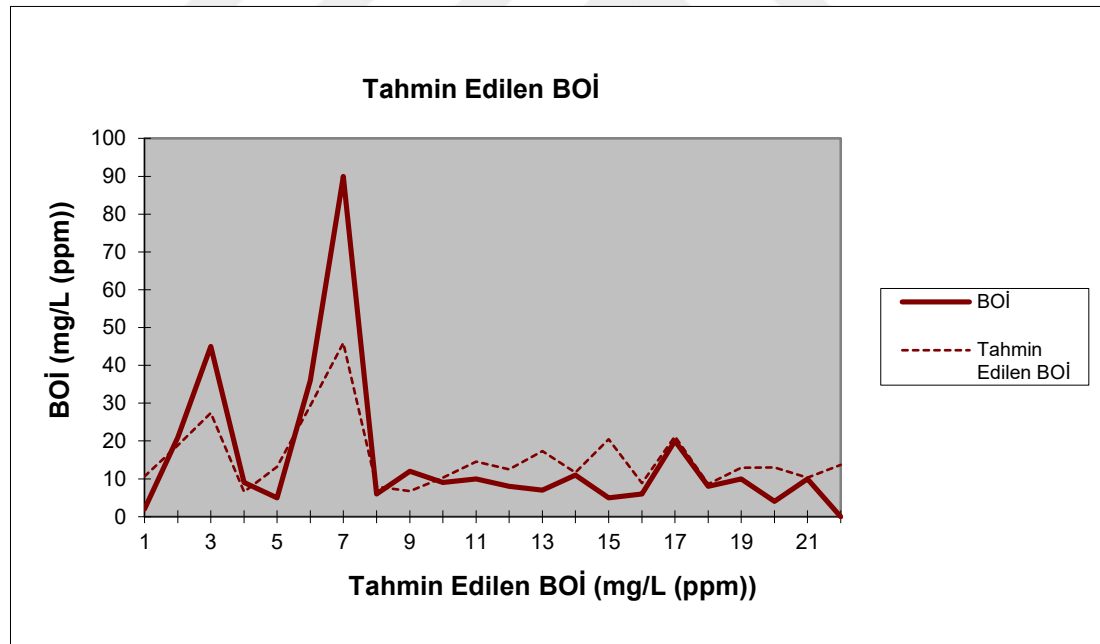
	Max. Değer	Min. Değer	Standart Sapma
BOD5	96	0	13,90025927
ÇO	17,2	0,5	3,446815173
NH4-N	11,28	0	1,472062242
NO2-N	3,72	0	0,33209703
NO3-N	18,8	0	2,42841411
o-PO4	13,7	0	2,705348845
pH	8,9	6,9	0,33372396
SS	846	3	120,8415557
T	30	0	8,199345833
TDS	1221,8	70	209,0073425

Birinci olarak 9 girdi parametresi ile BOİ tahmini yapılmaya çalışılmış olup, yapılan denemeler arasında en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elemanı (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde

edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8641$ olarak bulunmuştur. Yapılan modellemede ölçülen BOİ'ye yakın değerlerin elde edildiği görülmüştür.



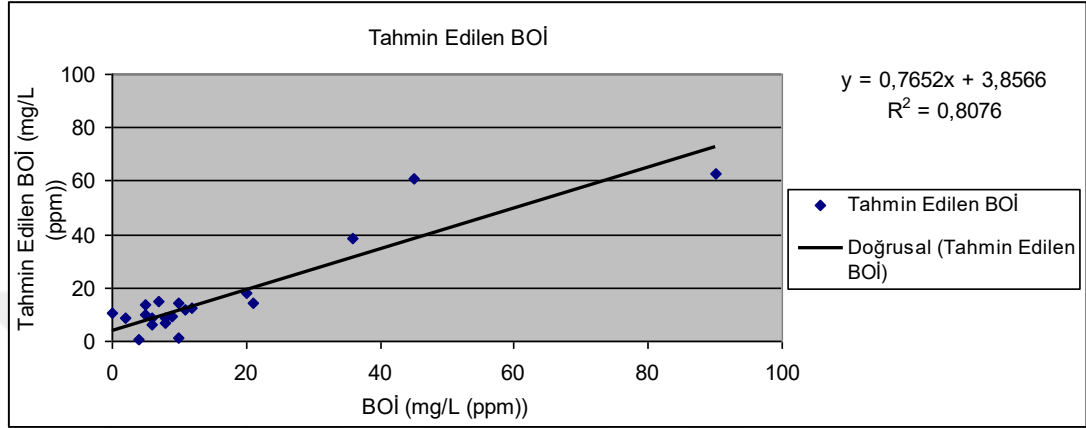
Şekil 4.11. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



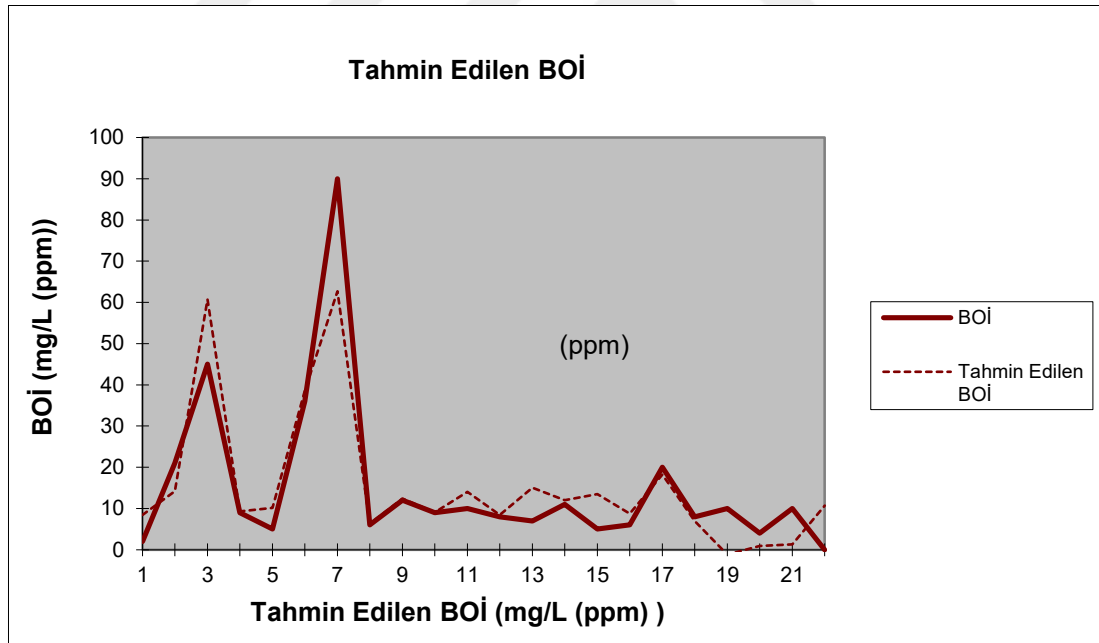
Şekil 4.12. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Sonraki adımda parametrelerin BOİ tahmini üzerindeki etkilerini anlamak için her seferinde bir parametre çıkartılarak 8 girdili parametreler ile teker teker denemeler yapılmıştır.

İlk olarak parametreler arasından ÇO (çözünmüş oksijen) çıkartılmış olup, en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8076$ olarak bulunmuştur.



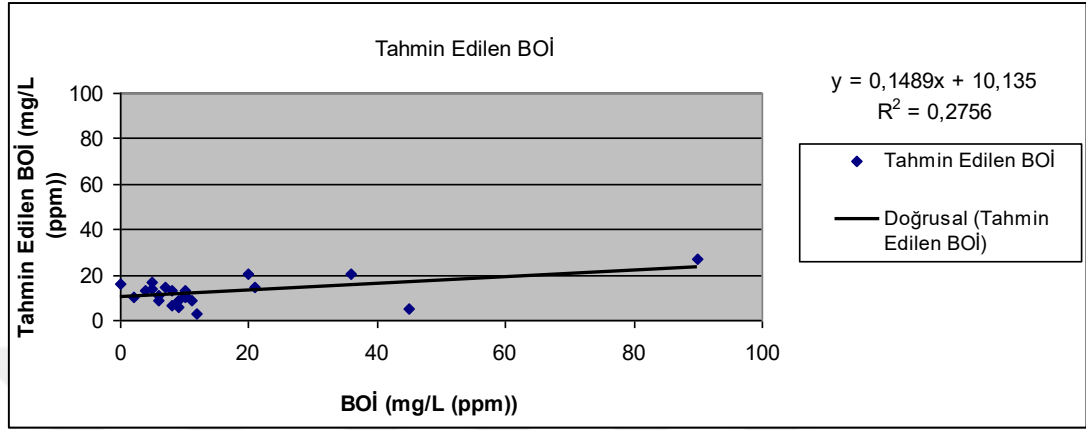
Şekil 4.13. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



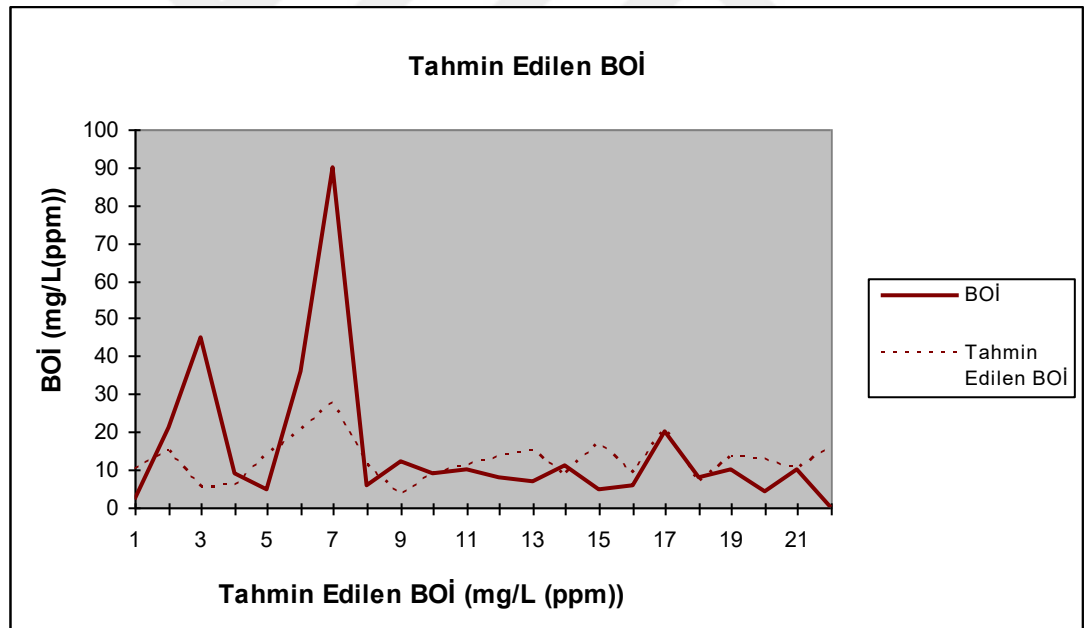
Şekil 4.14. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

ÇO'nun BOİ tahminindeki etkisini daha iyi anlayabilmek için tek girdi olarak siteme tanımlanmış olup; tek girdili sistemde en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (TanhAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve

$R^2 = 0,2756$ olarak bulunmuştur. Yapılan iki model değerlendirildiğinde ÇO parametresinin BOİ tahmininde etkisinin çok az olduğu görülmüştür.

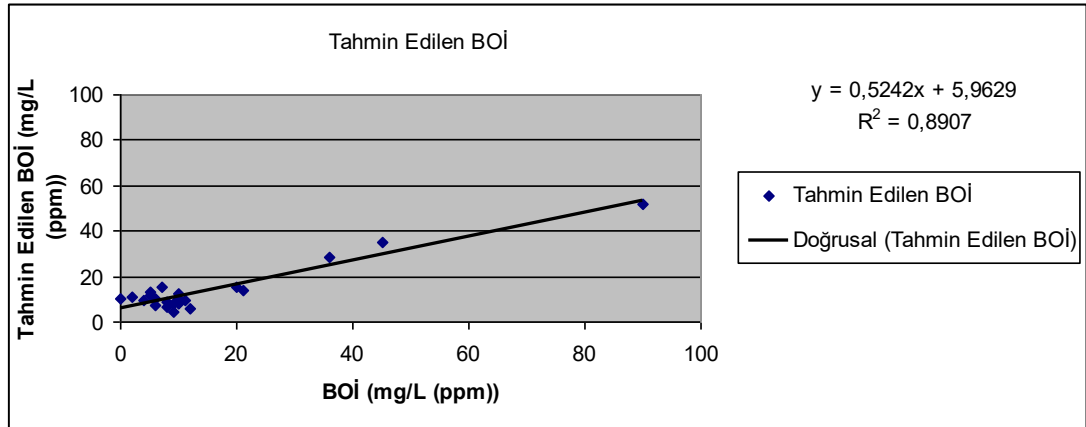


Şekil 4.15 Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

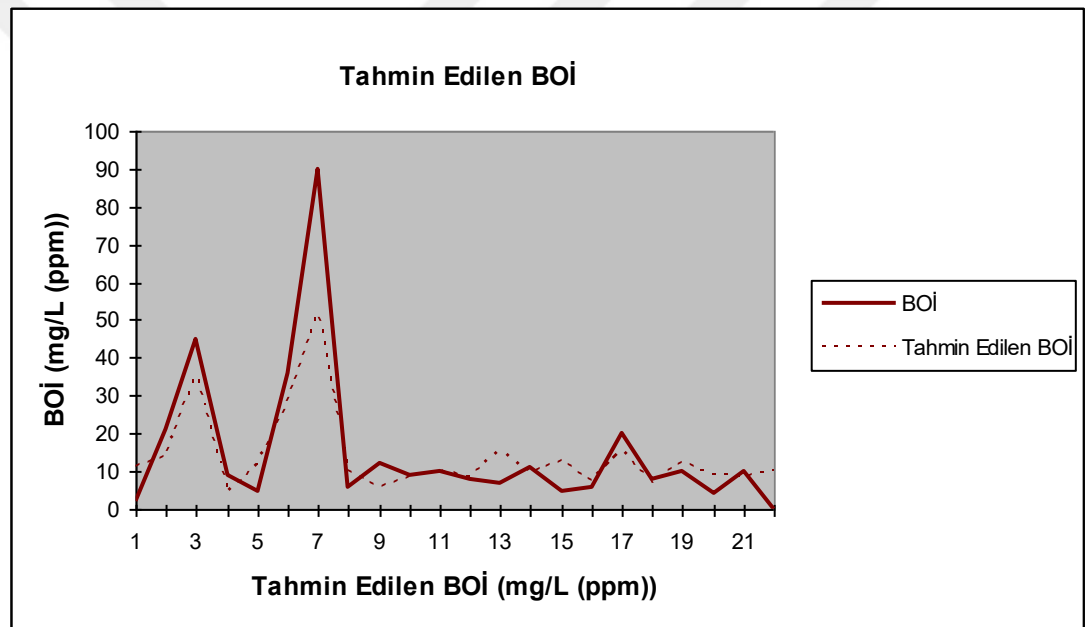


Şekil 4.16 Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

İkinci olarak parametreler arasından T (sıcaklık) parametresi çıkartılarak model oluşturulmuştur. Modelde en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı-ışlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8907$ olarak bulunmuştur.

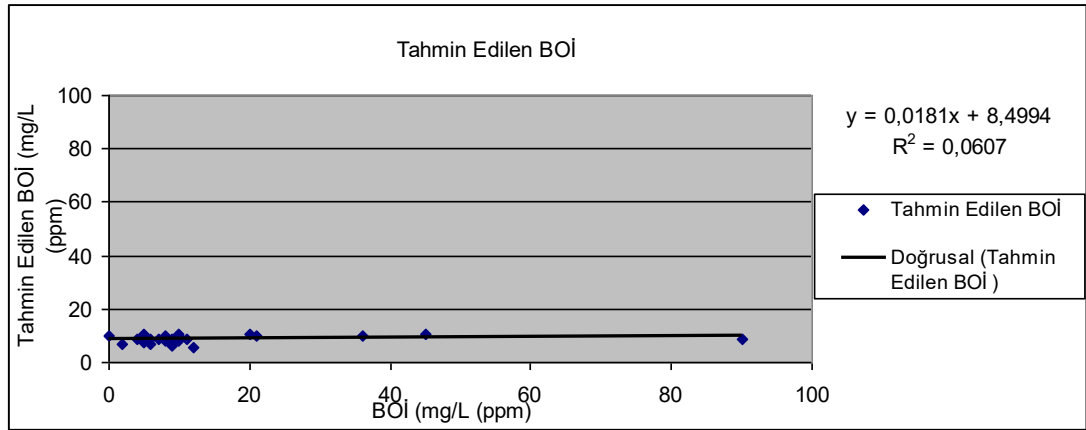


Şekil 4.17. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

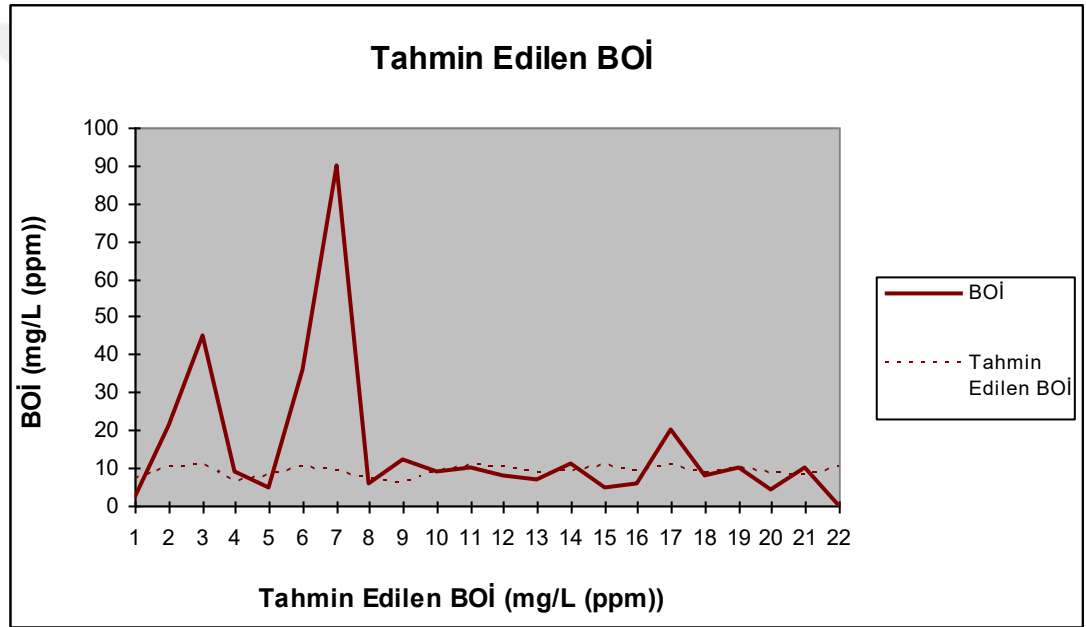


Şekil 4.18. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

T'nin BOİ tahminindeki etkisini daha iyi anlayabilmek için tek girdi olarak sisteme tanımlanmış olup; tek girdili sistemde en iyi sonuç Genelleştirilmiş İleri Beslemeli Geri Yayınımlı- İşlem Elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,0605$ olarak bulunmuştur. Yapılan iki model değerlendirildiğinde, sıcaklığın BOİ'in belirlenmesinde etkisinin çok az olduğu görülmüştür.

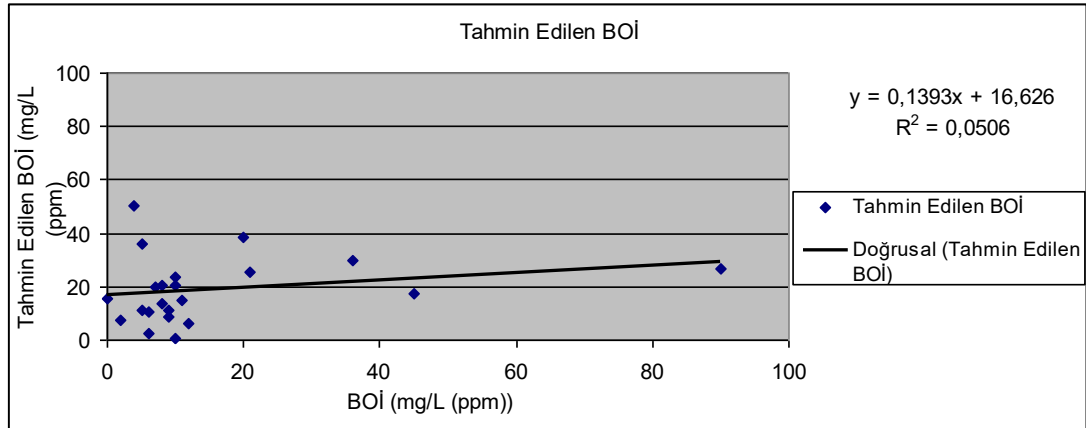


Şekil 4.19. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

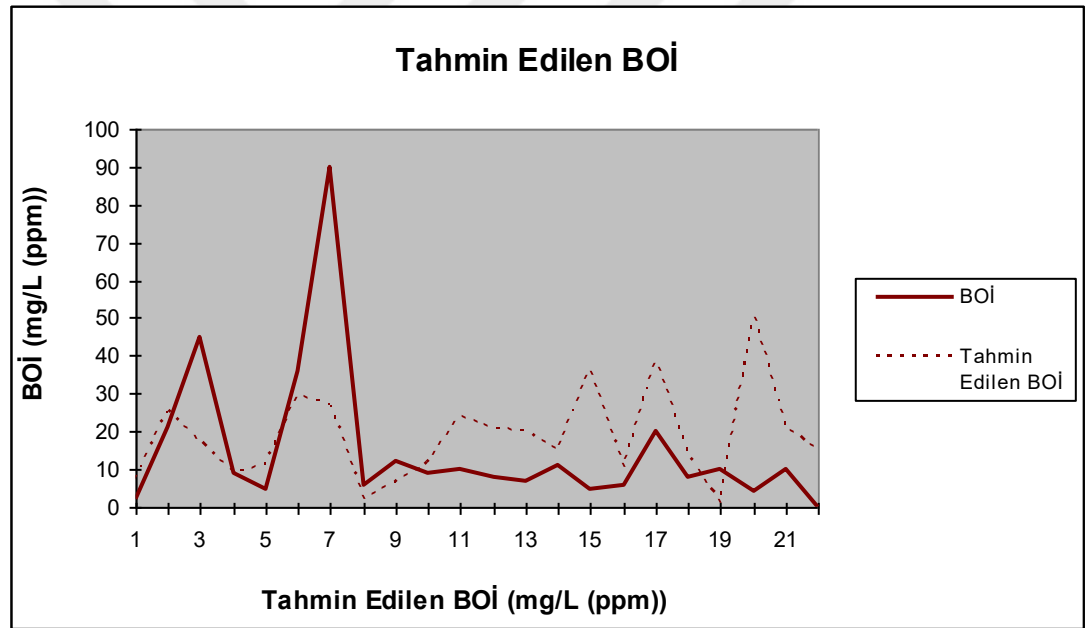


Şekil 4.20. Tahmini BOİ histogram grafiği

Üçüncü olarak parametreler arasından $\text{NH}_4\text{-N}$ (Amonyum Azotu) çıkartıldığı zaman en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (TanhAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,0506$ olarak bulunmuştur.

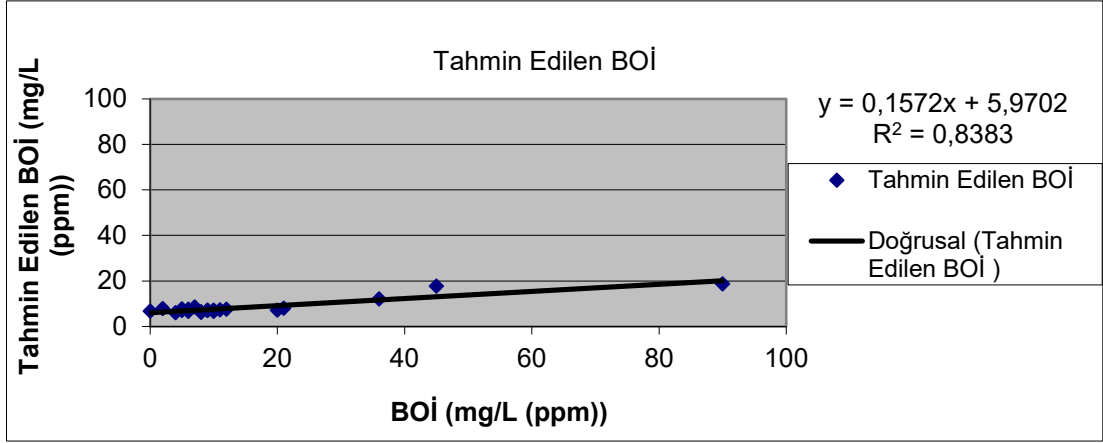


Şekil 4.21. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

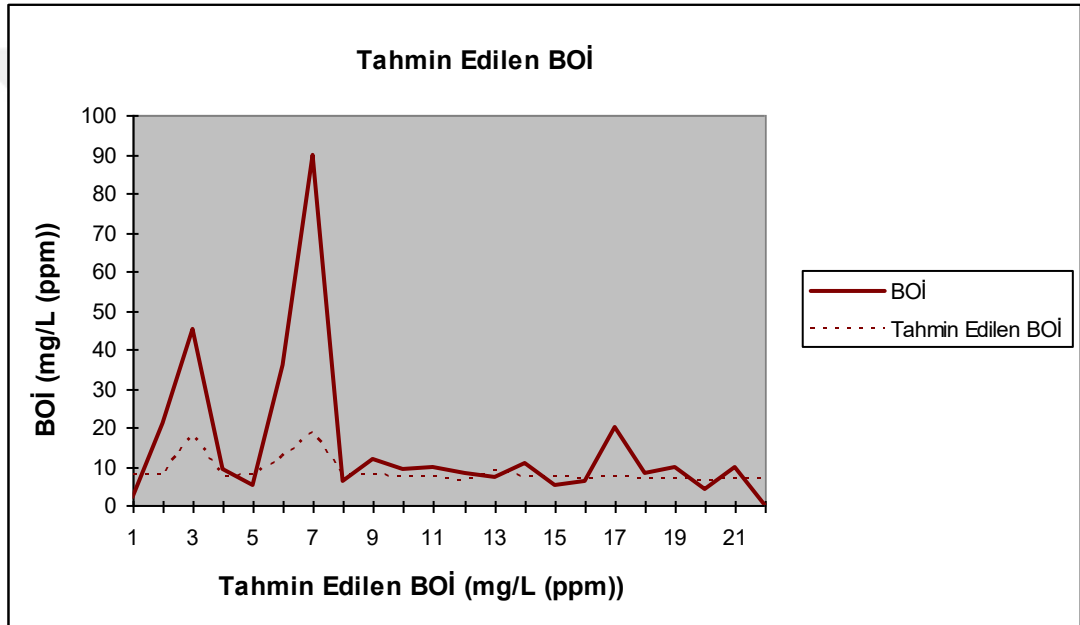


Şekil 4.22. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

$\text{NH}_4\text{-N}$, parametresi girdi olarak sisteme tanımlanmış tek girdili sistemde en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınımı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8383$ olarak bulunmuştur. $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresine ait ölçüm sonuçlarının BOİ'i tahmin edebilmek için önemli olduğu tespit edilmiştir.

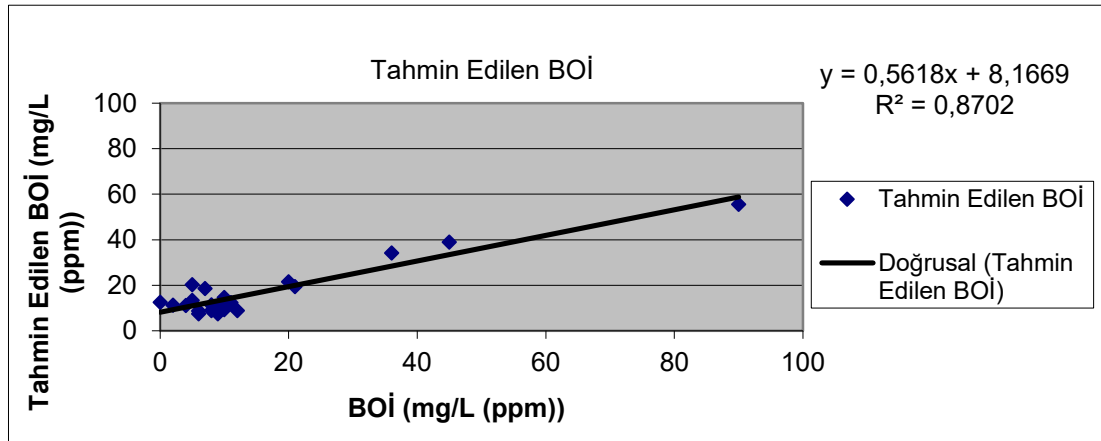


Şekil 4.23 Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

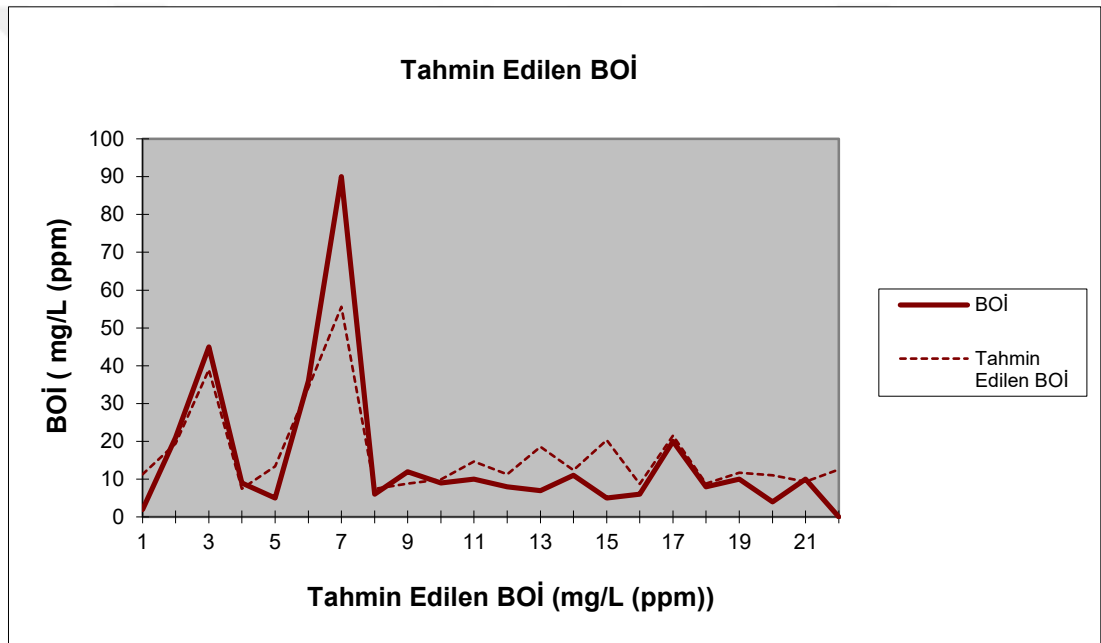


Şekil 4.24 Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Dördüncü olarak parametreler arasından $\text{NO}_2\text{-N}$ (Nitrit Azotu) çıkartıldığı zaman en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayımlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8702$ olarak bulunmuştur.

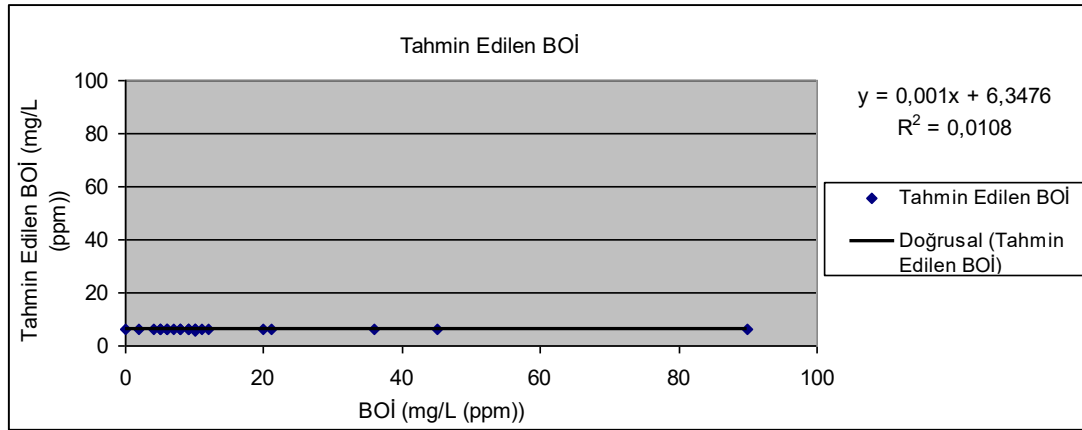


Şekil 4.25. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

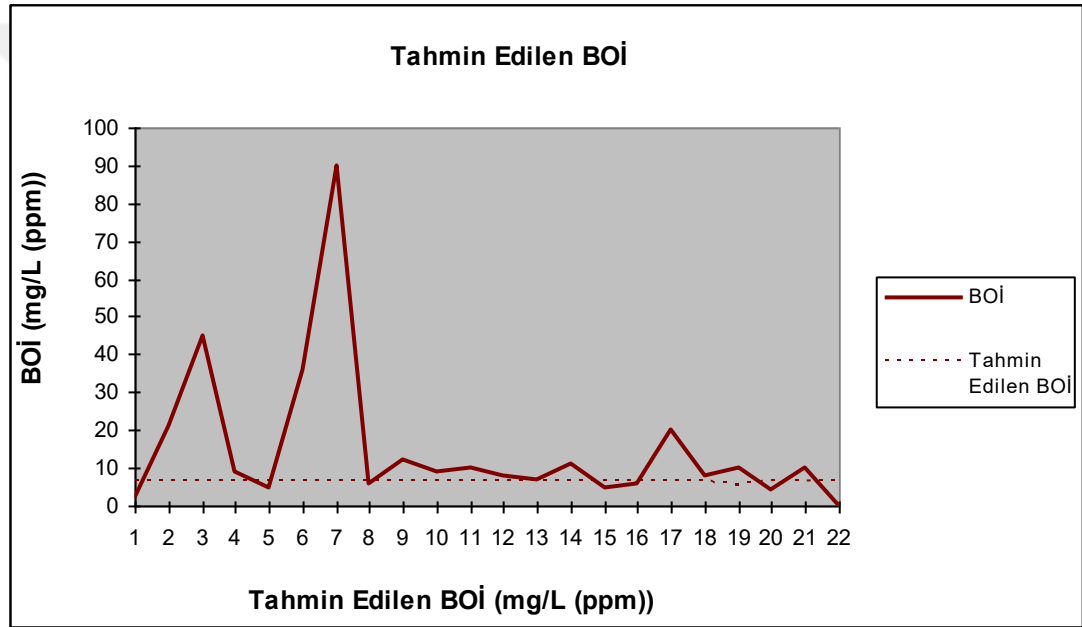


Şekil 4.26. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

NO₂-N parametresinin BOİ parametresinin belirlenmesindeki etkisini değerlendirmek için girdi olarak sisteme tanımlanmış, tek girdili sistemde en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,0108$ olarak bulunmuştur. NO₂-N parametresinin BOİ'i tahminindeki etkisinin çok az olduğu görülmüştür.

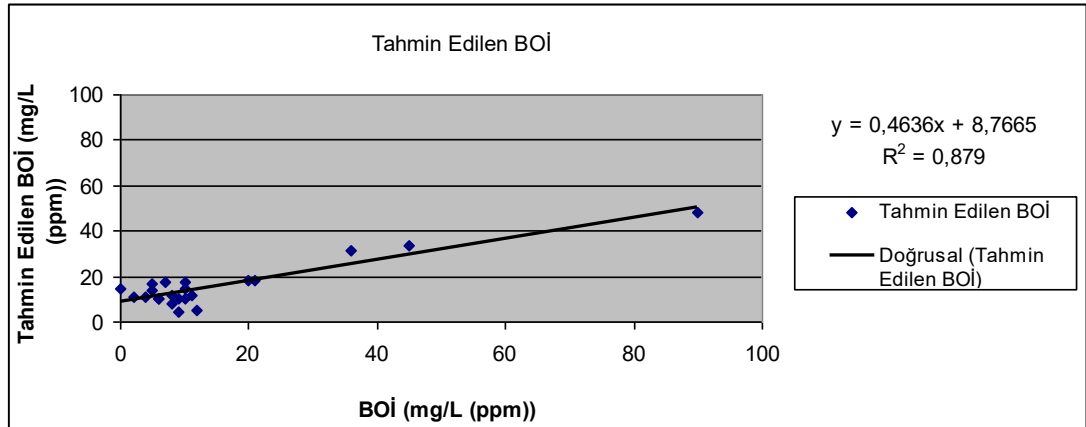


Şekil 4.27. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

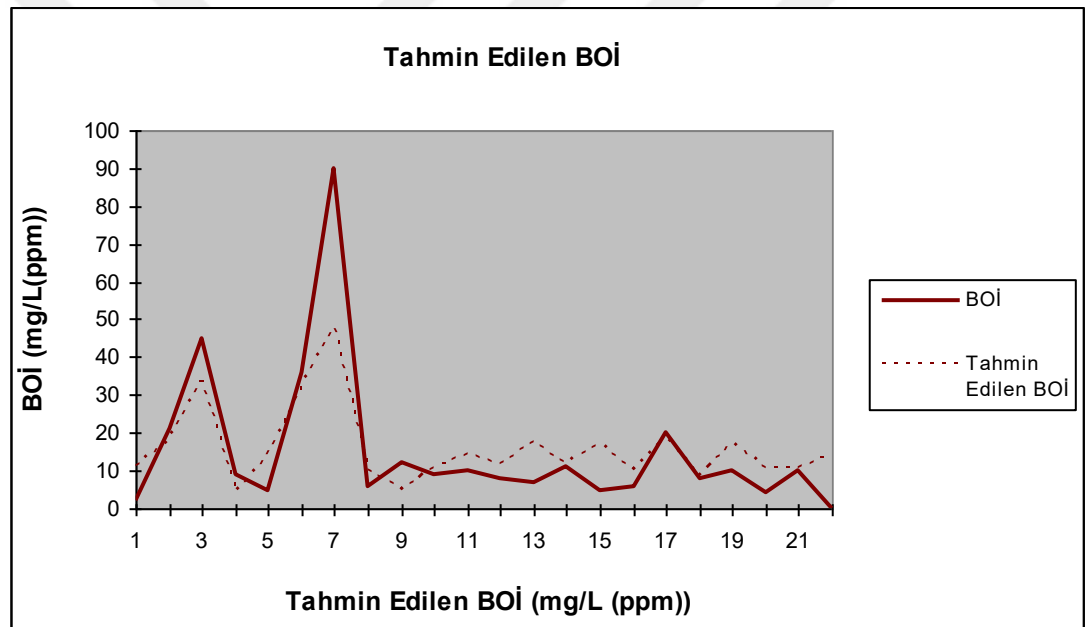


Şekil 4.28 Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Beşinci olarak parametreler arasından $\text{NO}_3\text{-N}$ (Nitrat Azotu) çıkartıldığı zaman en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,879$ olarak bulunmuştur.

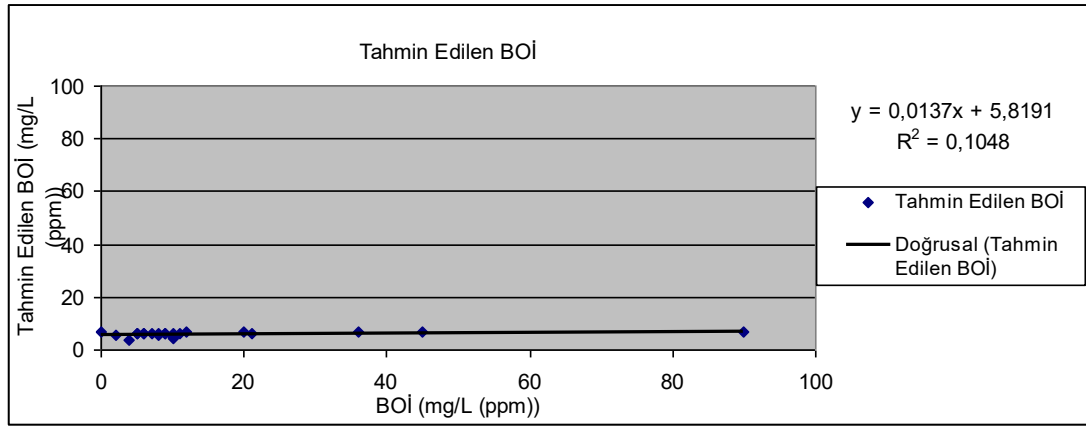


Şekil 4.15. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

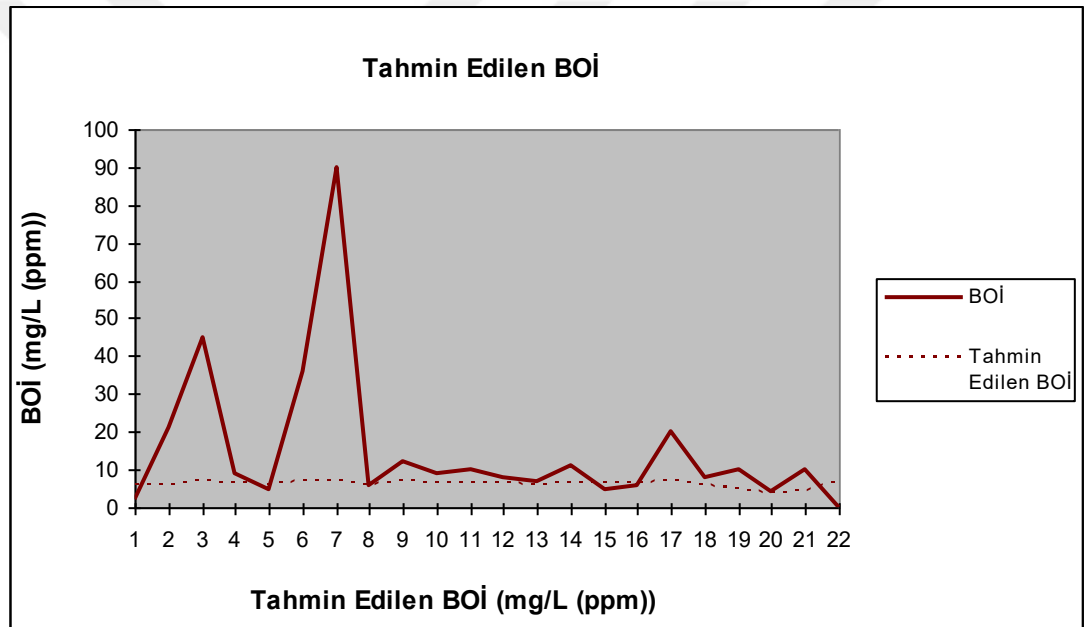


Şekil 4.16. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

$\text{NO}_3\text{-N}$, parametresi girdi olarak sisteme tanımlanmış tek girdili sistemde en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,1048$ olarak bulunmuştur. $\text{NO}_3\text{-N}$ analiz sonuçlarının BOİ'i tahmin edebilmek için çok az etkili olduğu görülmüştür.

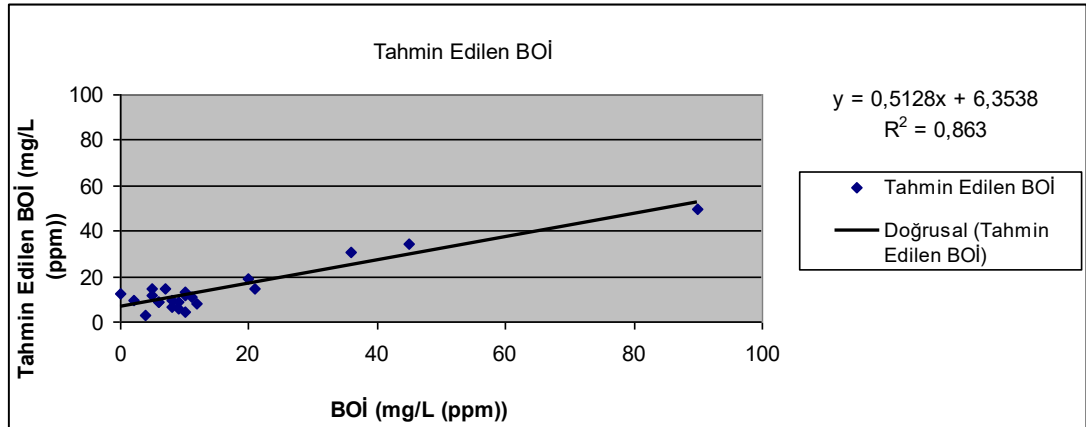


Şekil 4.17. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

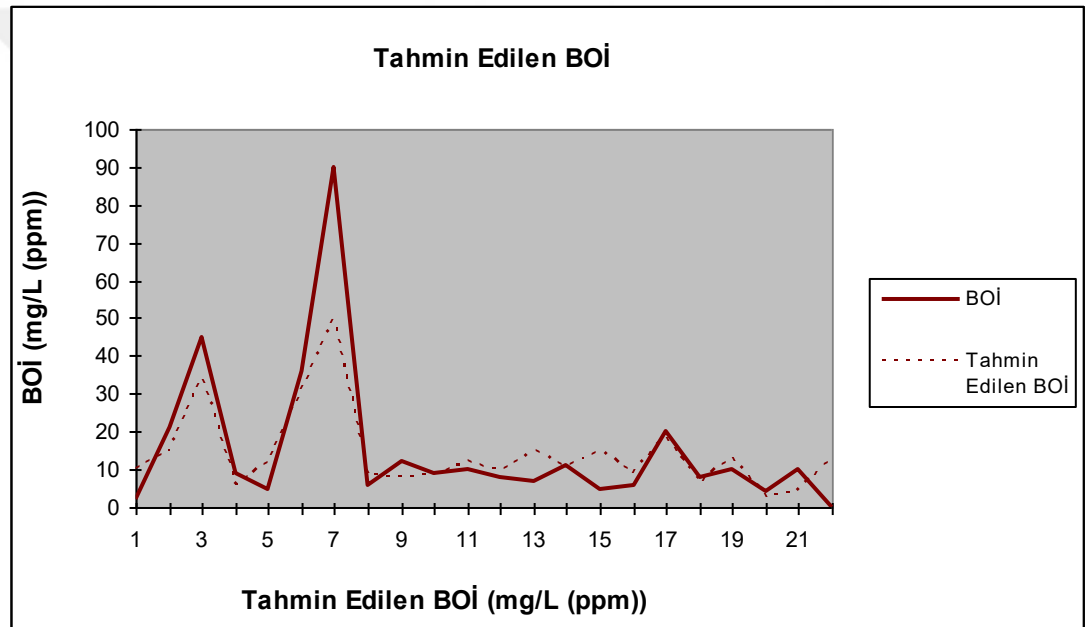


Şekil 4.18. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Altıncı olarak parametreler arasından o-PO_4 (orta fosfat) çıkartıldığı zaman en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)-öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,863$ olarak bulunmuştur.

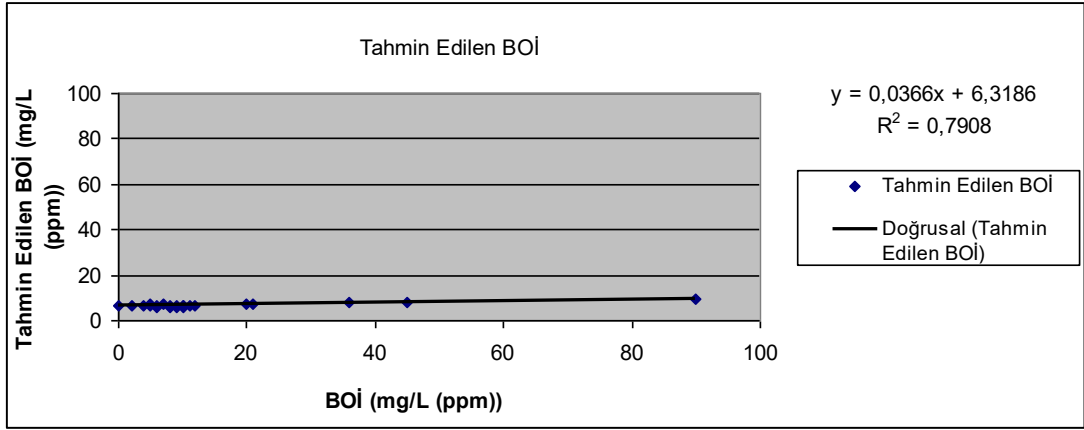


Şekil 4.19. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

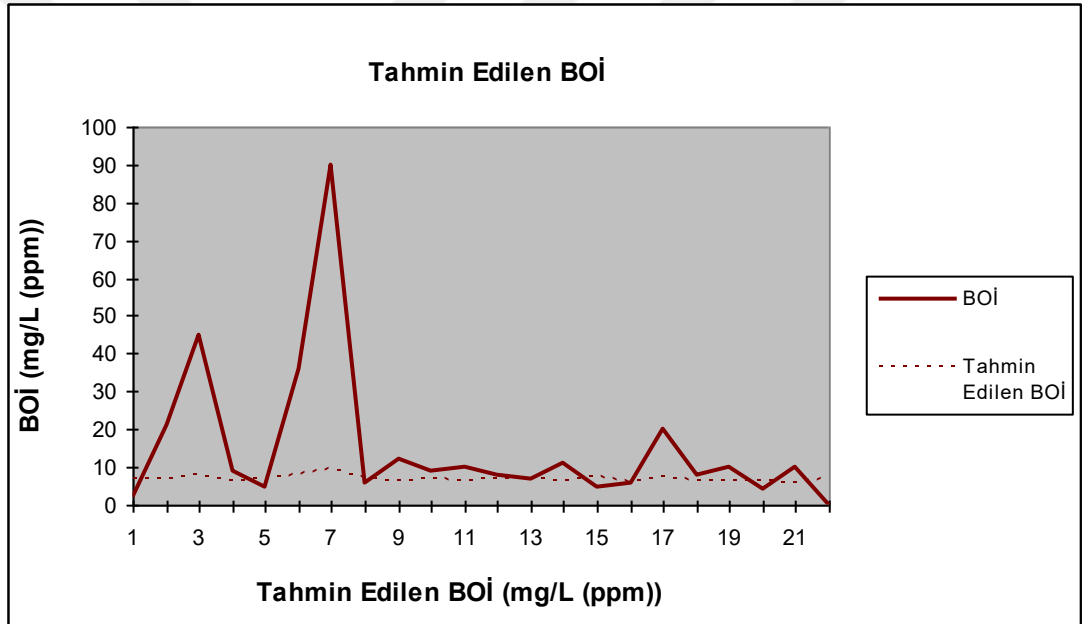


Şekil 4.20. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

$o\text{-PO}_4$ girdi olarak sisteme tanımlanmış olup; tek girdili sistemde en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elemanı (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2=0,7908$ olarak bulunmuştur. $o\text{-PO}_4$ parametresinin BOİ'nin belirlenmesinde etkili olduğu görülmüştür.

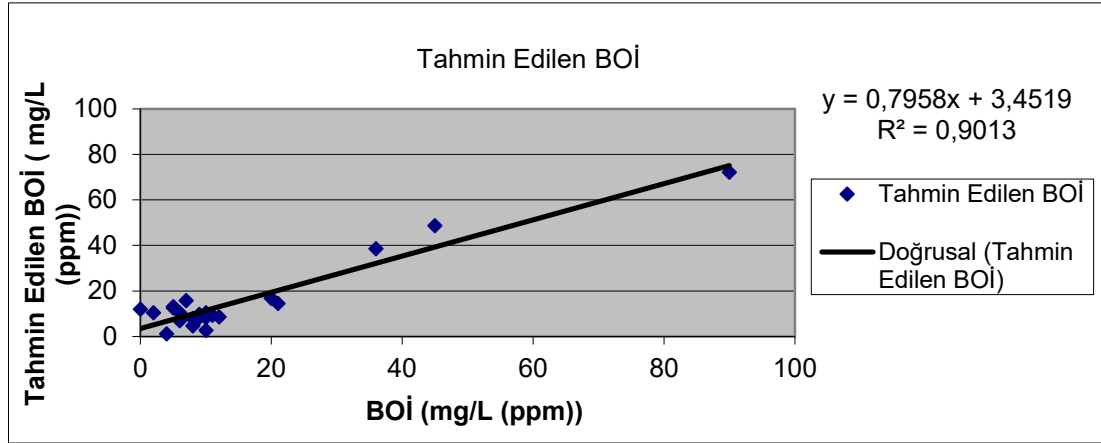


Şekil 4.21. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

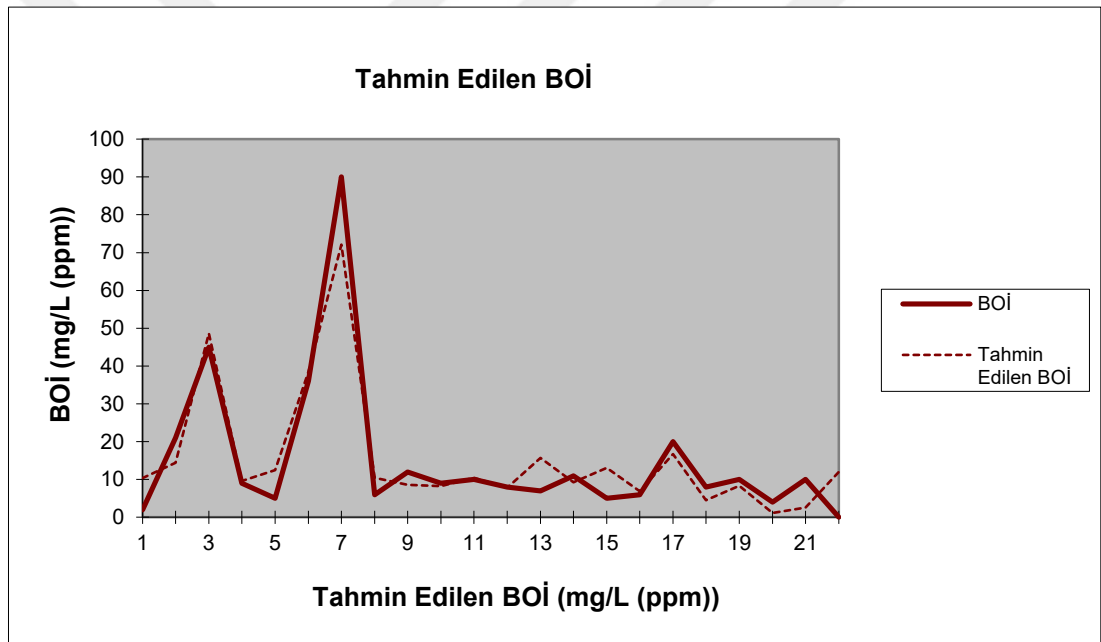


Şekil 4.22. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Yedinci olarak parametreler arasından pH çıkartıldığı zaman en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,9013$ olarak bulunmuştur.

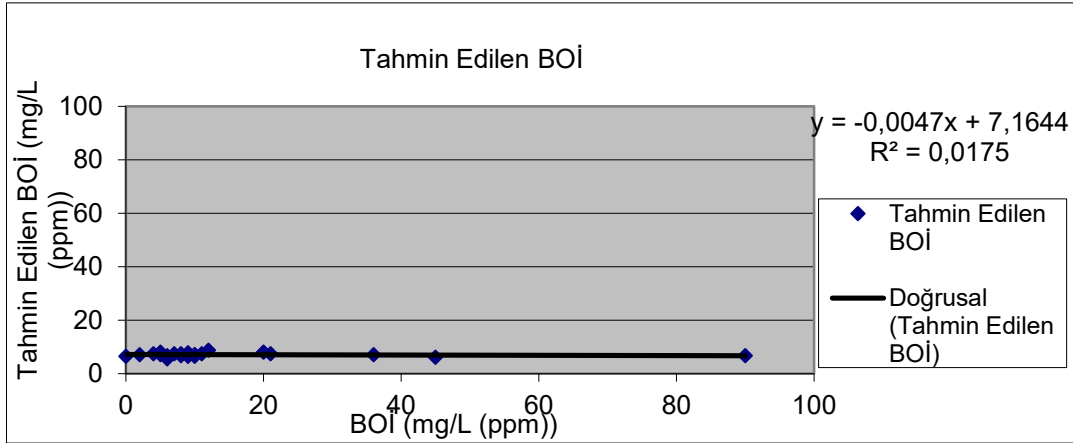


Şekil 4.23. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

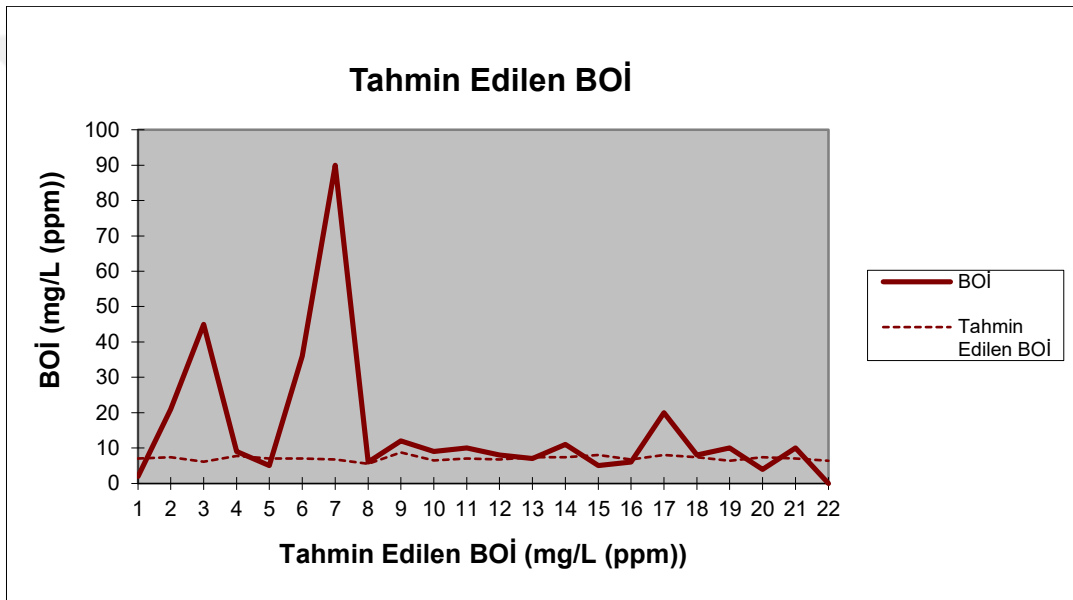


Şekil 4.24 . Tahmini BOİ histogram grafiği

pH girdi olarak siteme tanımlanmış olup; tek girdili sistemde en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,0175$ olarak bulunmuştur. pH'ın, BOİ'nin belirlenmesinde çok az etkili olduğu görülmüştür.

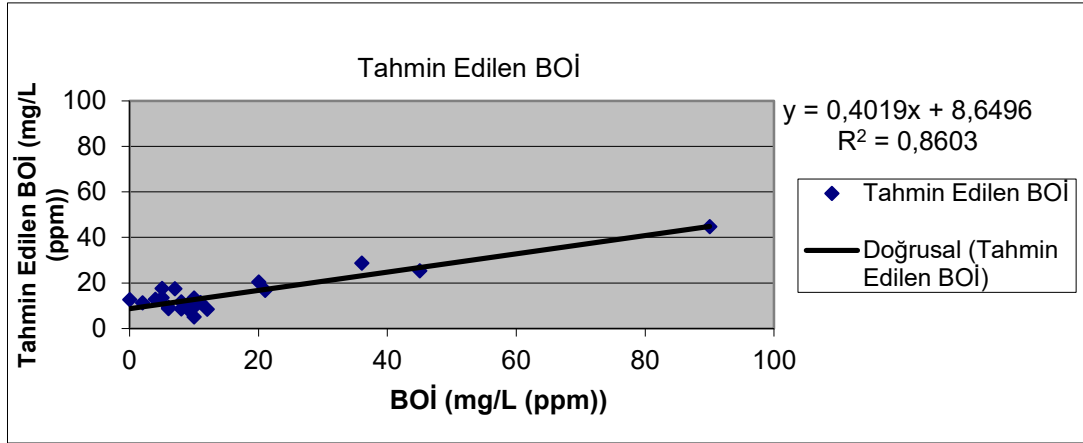


Şekil 4.25. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

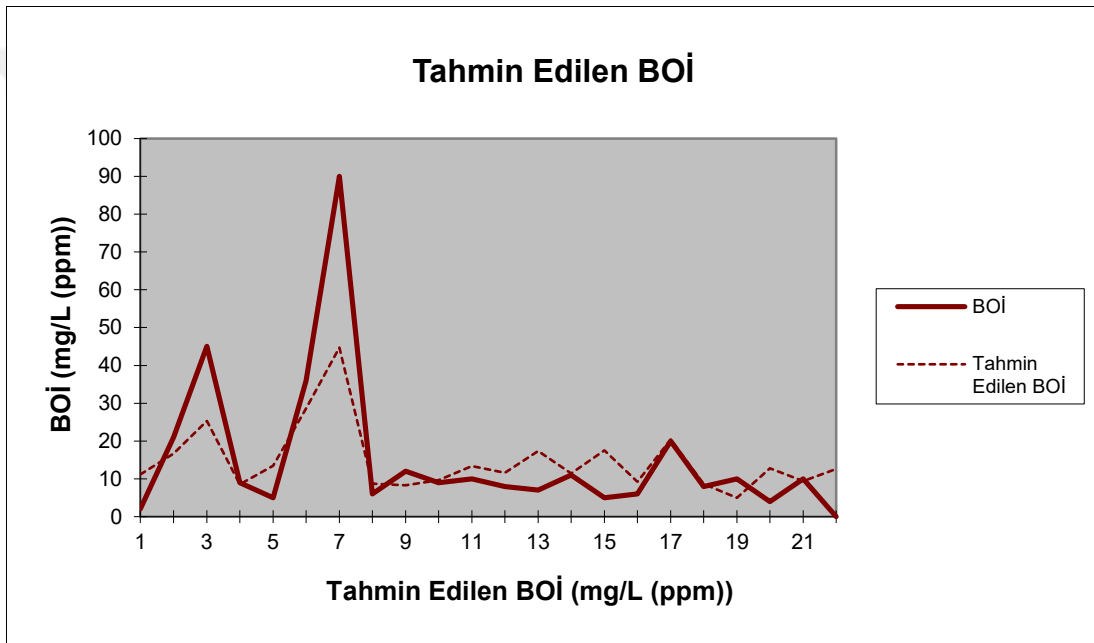


Şekil 4.26. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Sekizinci olarak parametreler arasından AKM (Askıda katı madde) çıkartıldığı zaman en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8603$ olarak bulunmuştur.

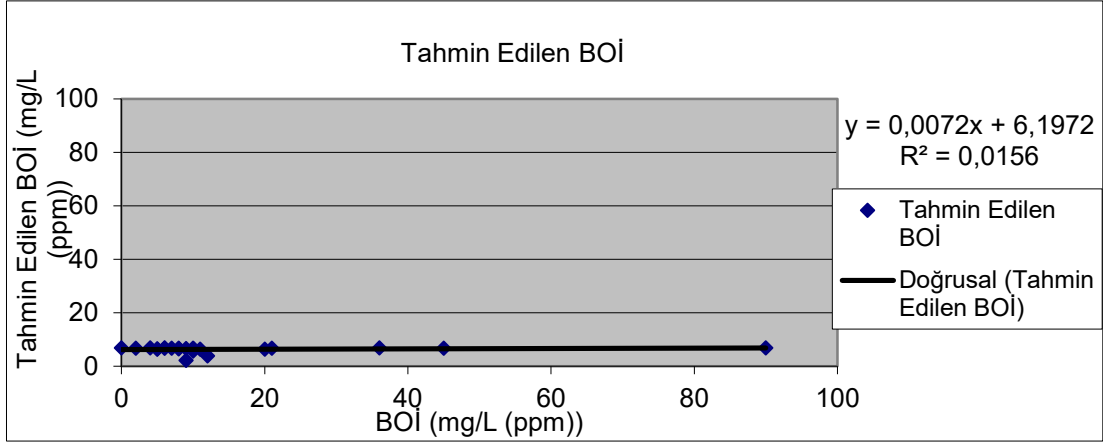


Şekil 4.27. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

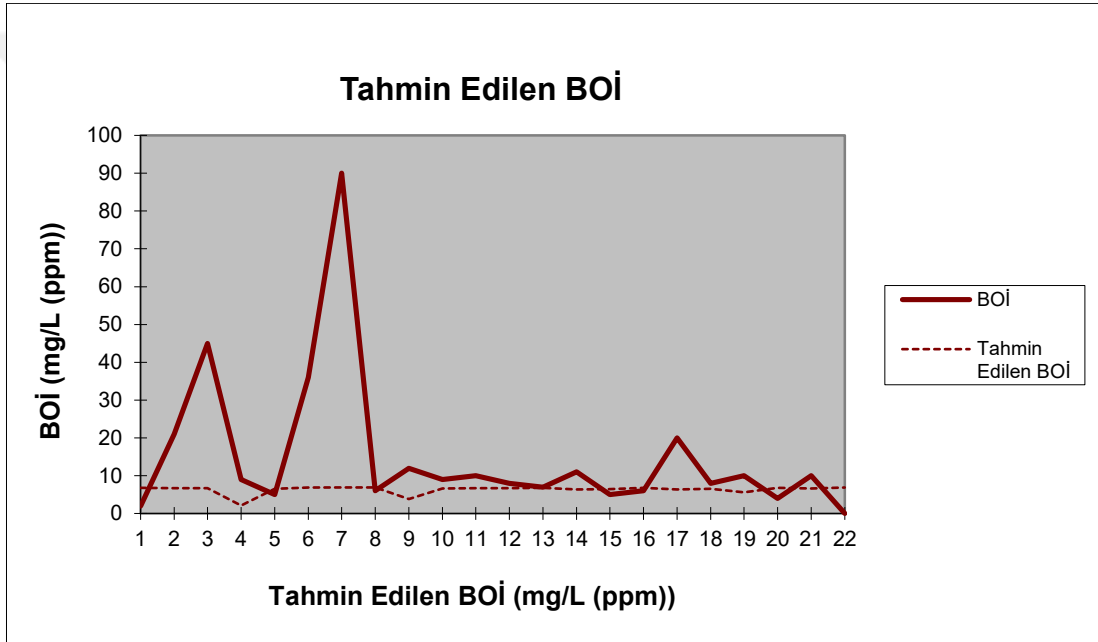


Şekil 4.28. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

AKM girdi olarak sisteme tanımlanmış olup; tek girdili sistemde en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elemanı (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,0156$ olarak bulunmuştur. AKM parametresinin BOİ'nin belirlenmesinde çok az etkili olduğu görülmüştür.

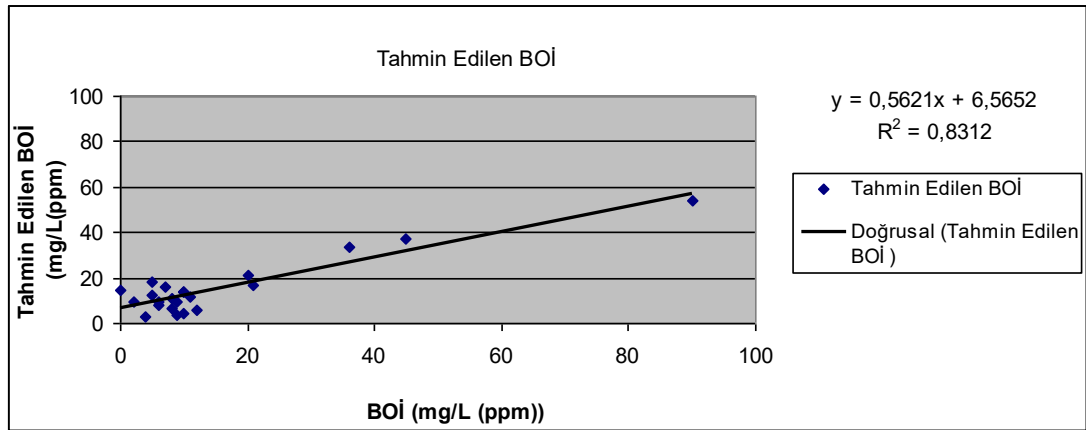


Şekil 4.29. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

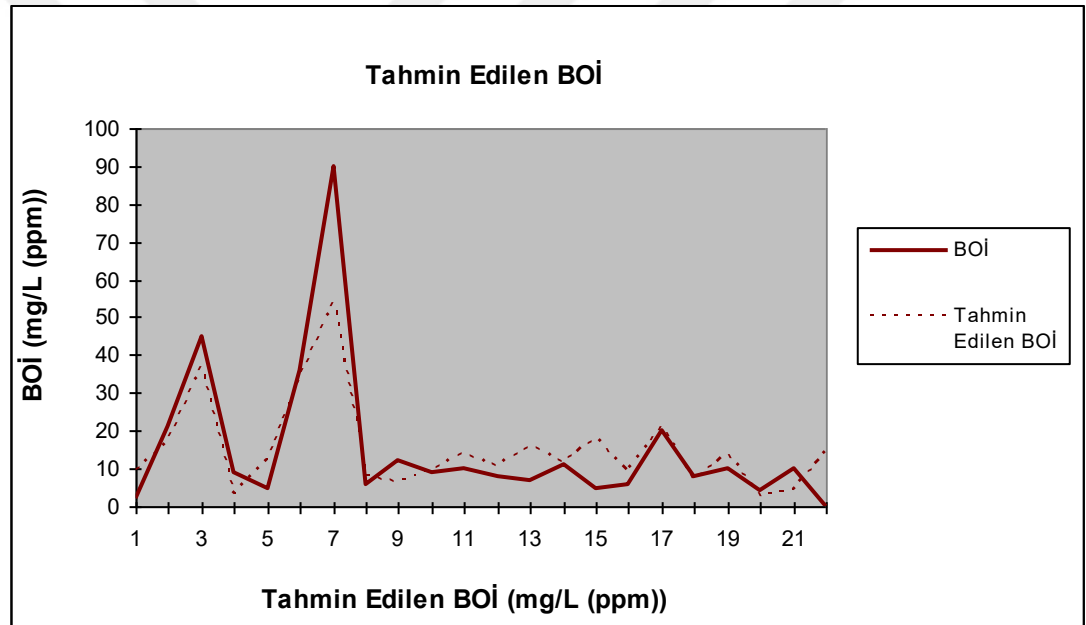


Şekil 4.30. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Son olarak parametreler arasından TDS (toplam çözünmüş katılar) çıkartıldığı zaman en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (TahnAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-1000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8312$ olarak bulunmuştur.

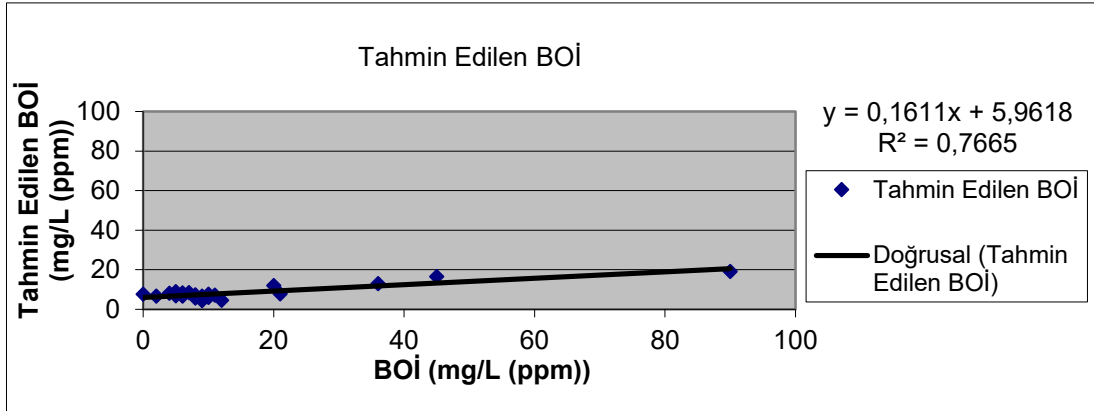


Şekil 4.31. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

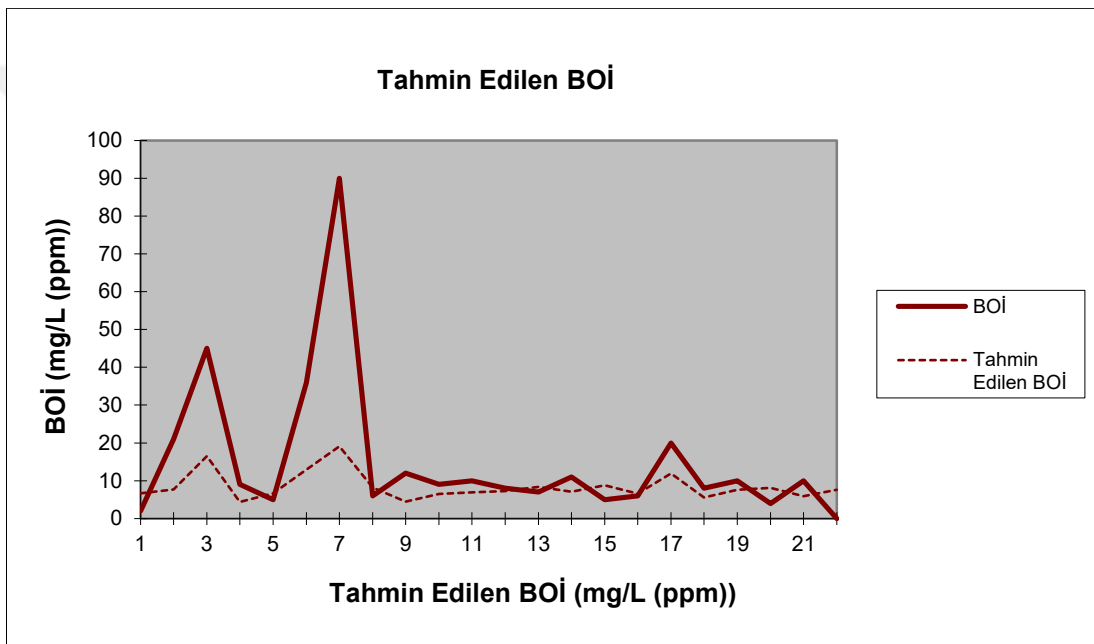


Şekil 4.32. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

TDS girdi olarak siteme tanımlanmış olup; tek girdili sistemde en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (TanhAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,7665$ olarak bulunmuştur. BOİ'in belirlenmesinde etkili olabileceği görülmüştür.



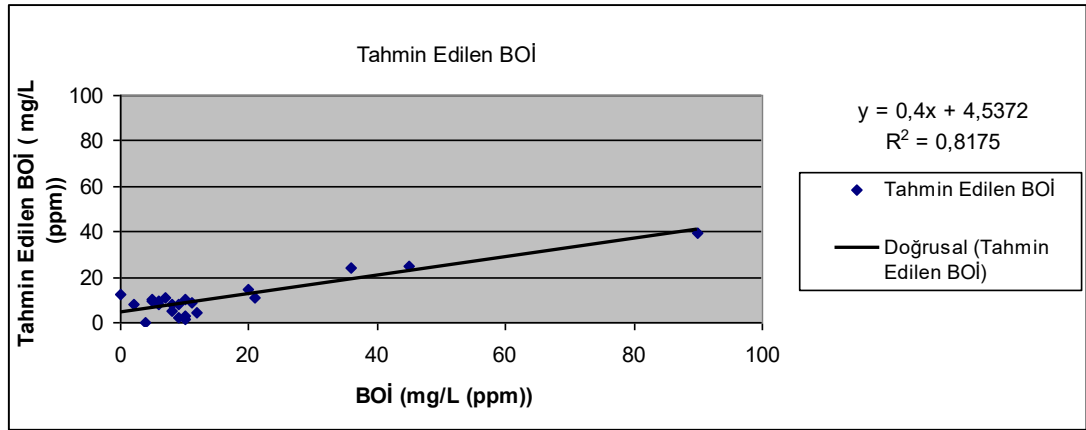
Şekil 4.33. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



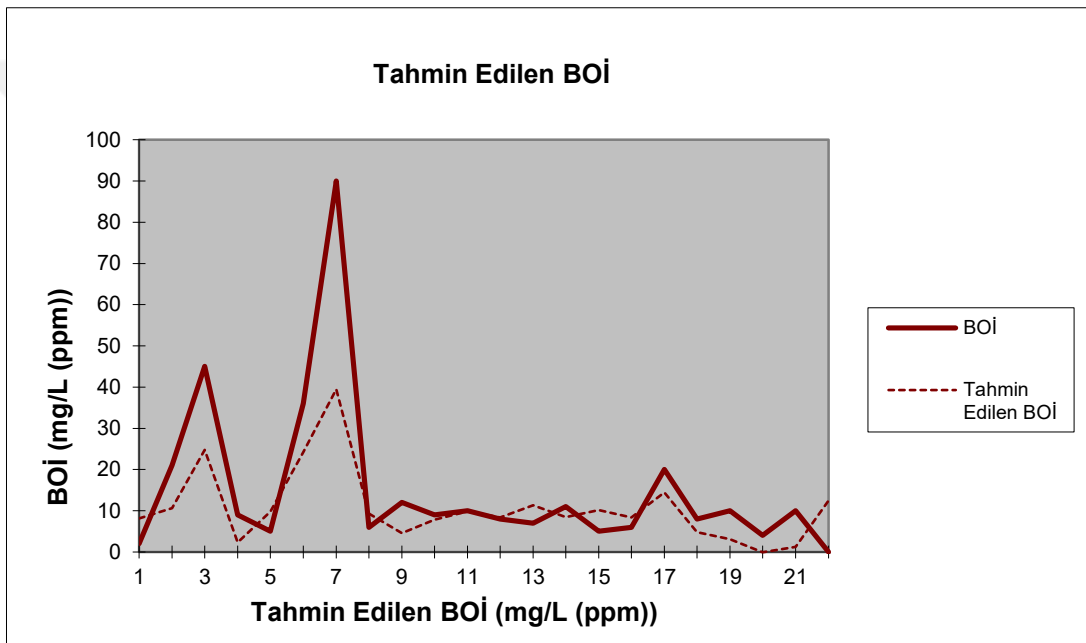
Şekil 4.34. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

BOİ tahmini için etkili olmadığı görülen parametreler çıkartılıp, parametre girdisi azaltılarak sistemde denemeler yapılmaya devam edilmiştir.

Öncelikle ÇO, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, AKM, TDS parametreleri girdi olarak sisteme tanımlanmış ve en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (TanhAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-1000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve R² =0,8175 olarak bulunmuştur.

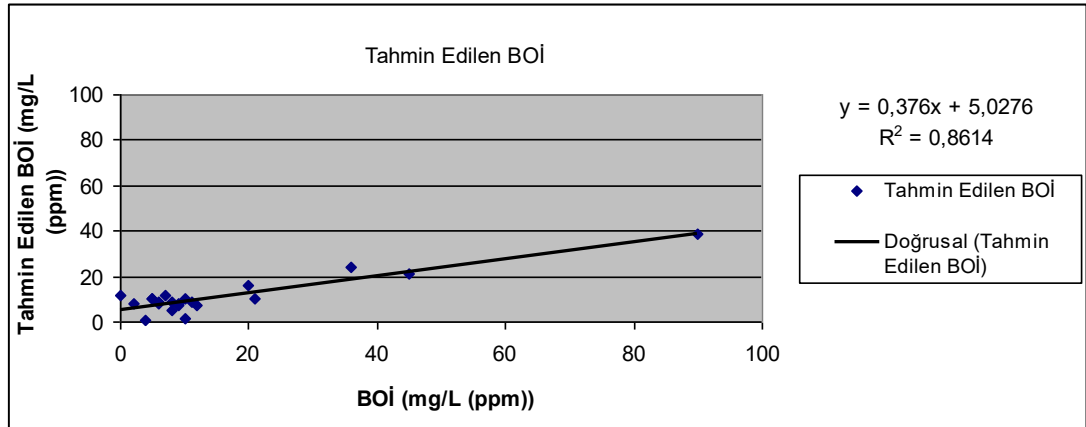


Şekil 4.35. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

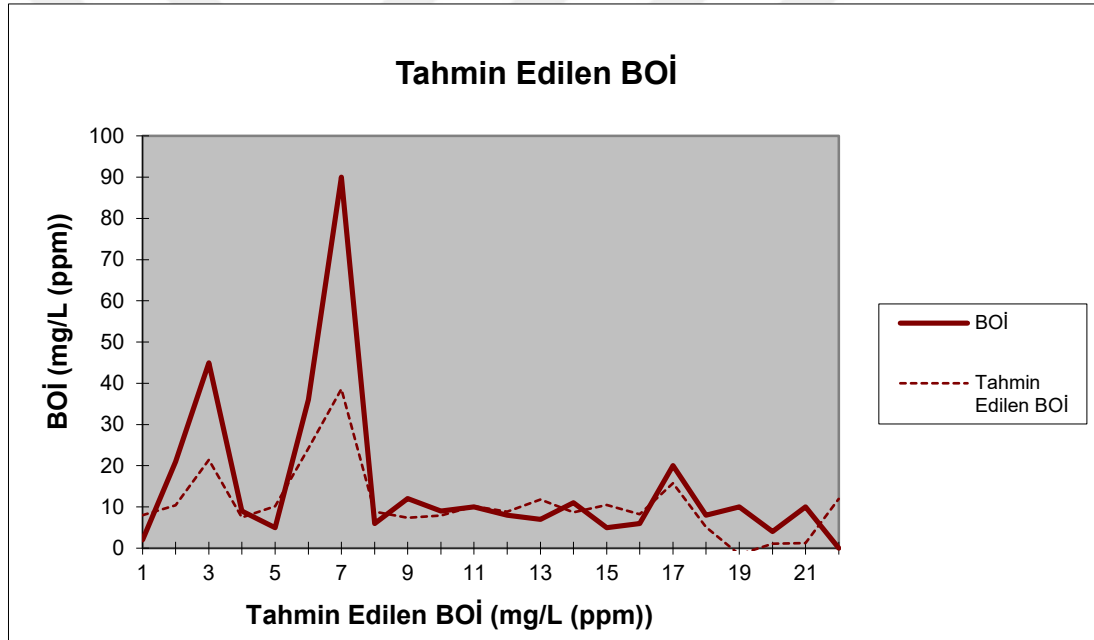


Şekil 4.36. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

ÇO, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, parametreleri girdi olarak siteme tanımlanmış ve en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8614$ olarak bulunmuştur.

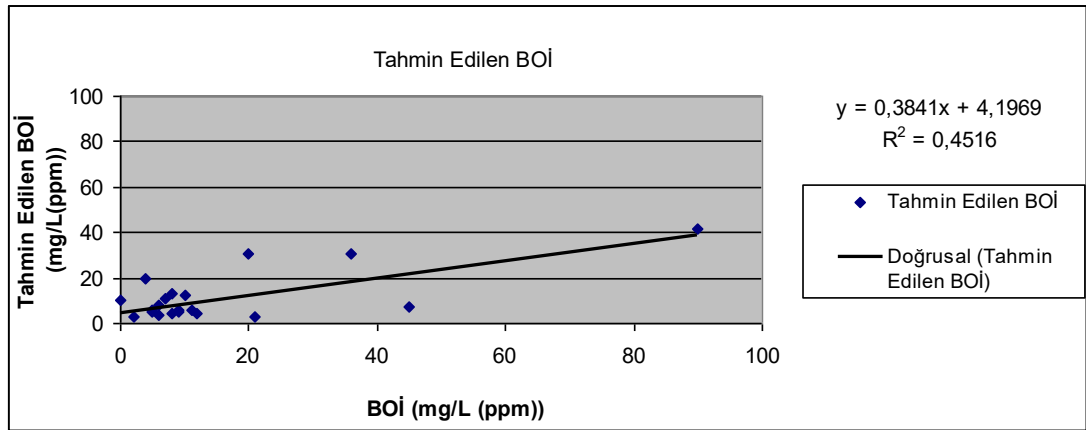


Şekil 4.37. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

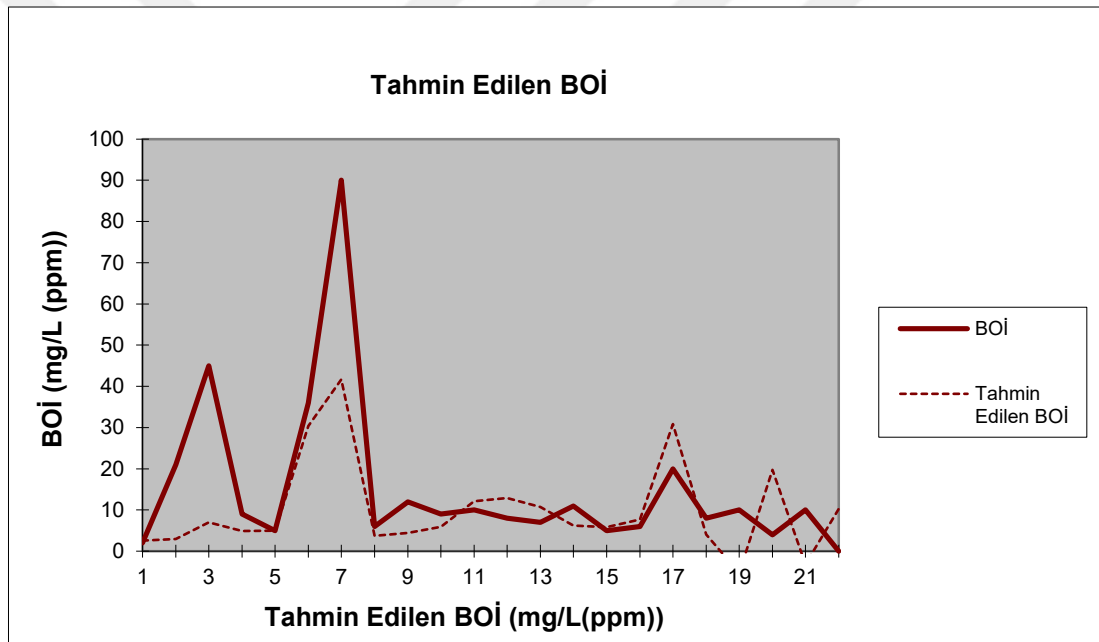


Şekil 4.38. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

ÇO, NO₂-N, NO₃-N, parametreleri girdi olarak siteme tanımlanmış ve en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (TanhAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,4516$ olarak bulunmuştur. NH₄-N parametresi olmayan denemelerde BOİ'in tahmin edilemediği görülmüştür.

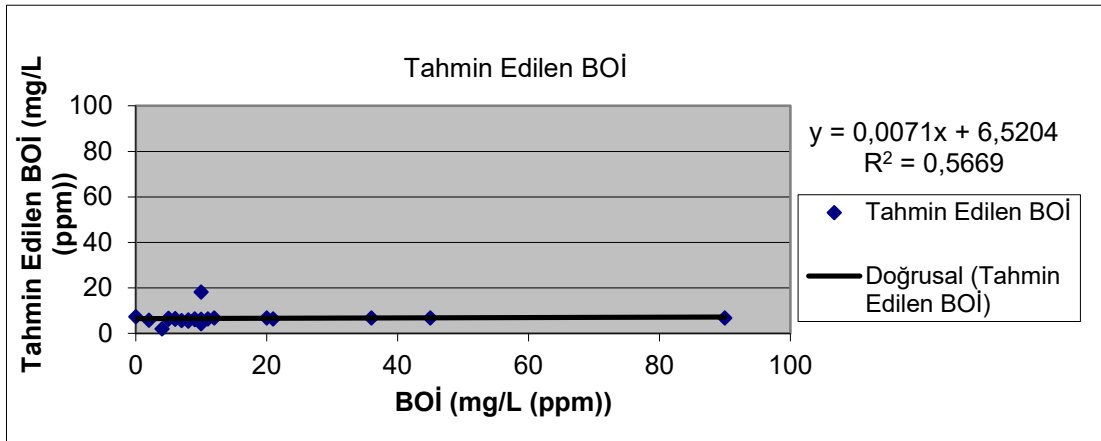


Şekil 4.39. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

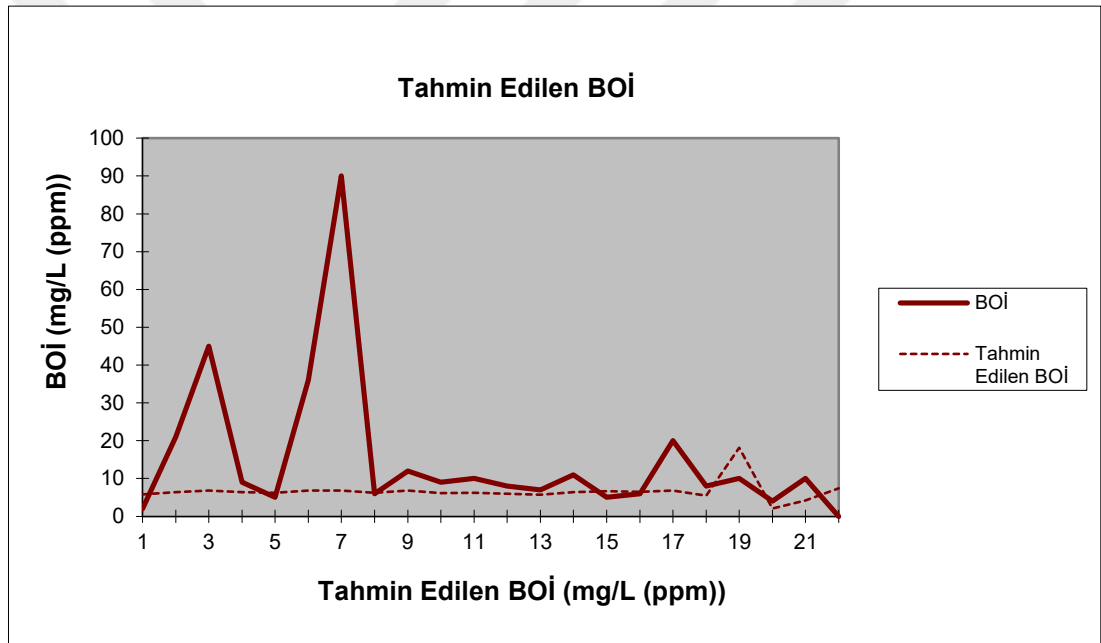


Şekil 4.40. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

$\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, parametreleri girdi olarak sisteme tanımlanmış ve en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elemanı (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,5669$ olarak bulunmuştur.

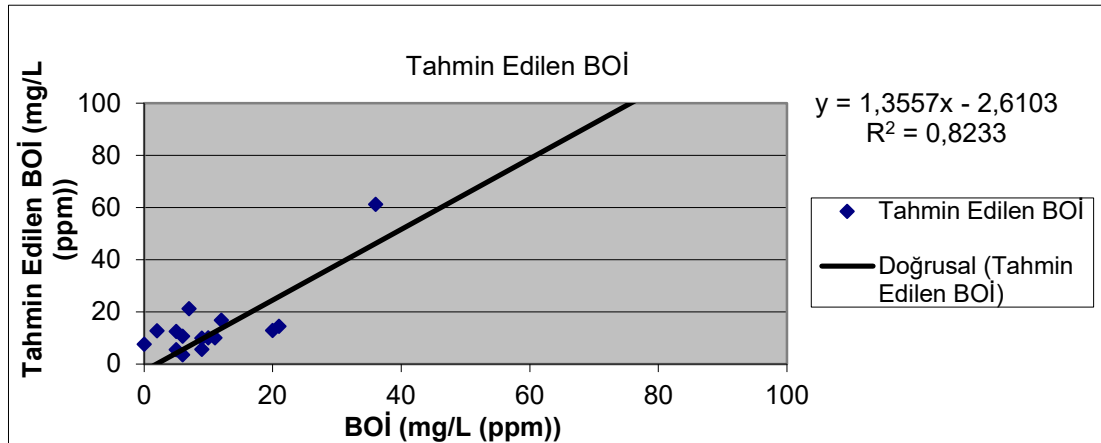


Şekil 4.41. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

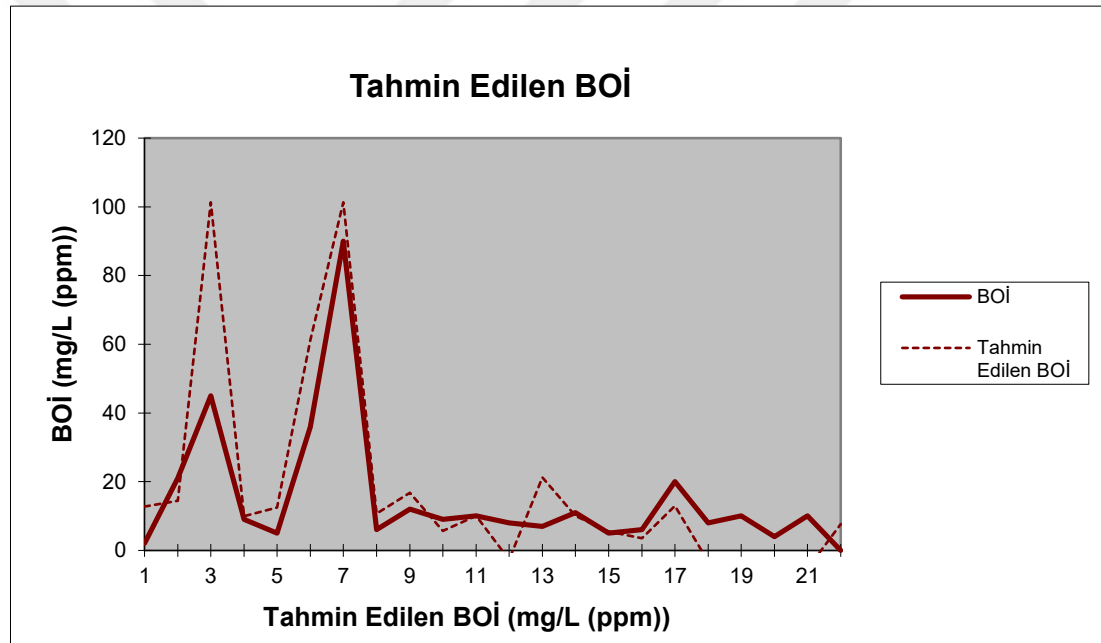


Şekil 4.42. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

$\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, parametreleri girdi olarak sisteme tanımlanmış ve en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8233$ olarak bulunmuştur.

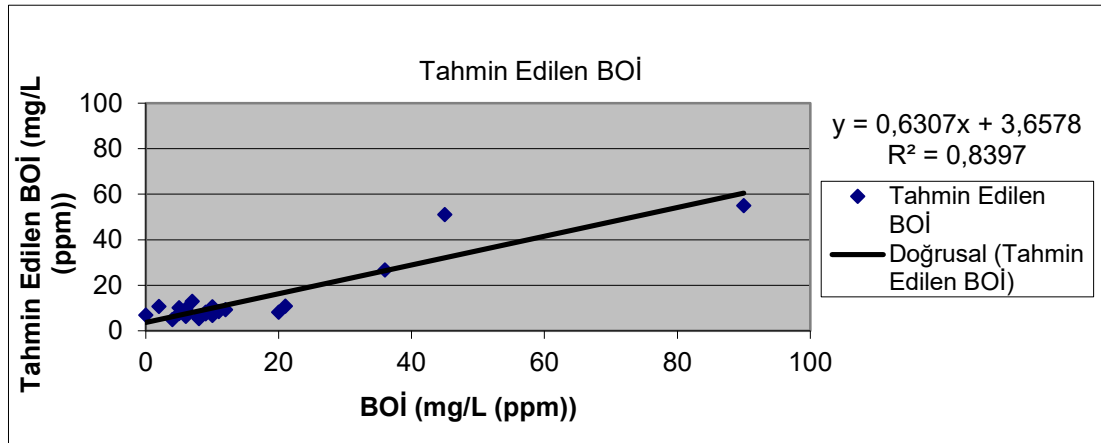


Şekil 4.43. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

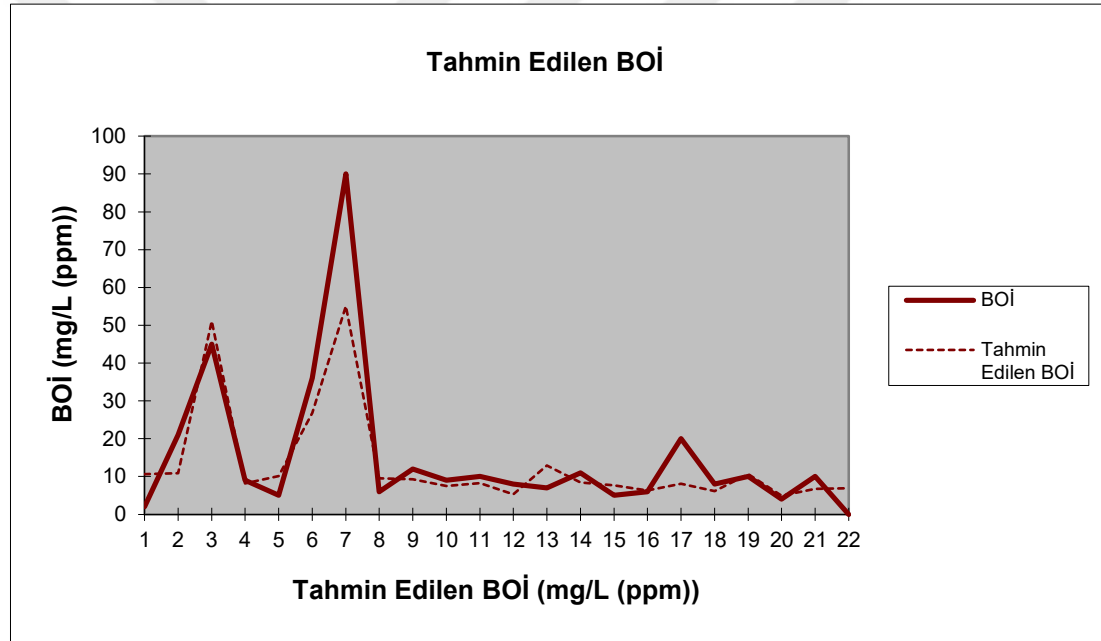


Şekil 4.44. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

$\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, parametreleri girdi olarak siteme tanımlanmış ve en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,8397$ olarak bulunmuştur.



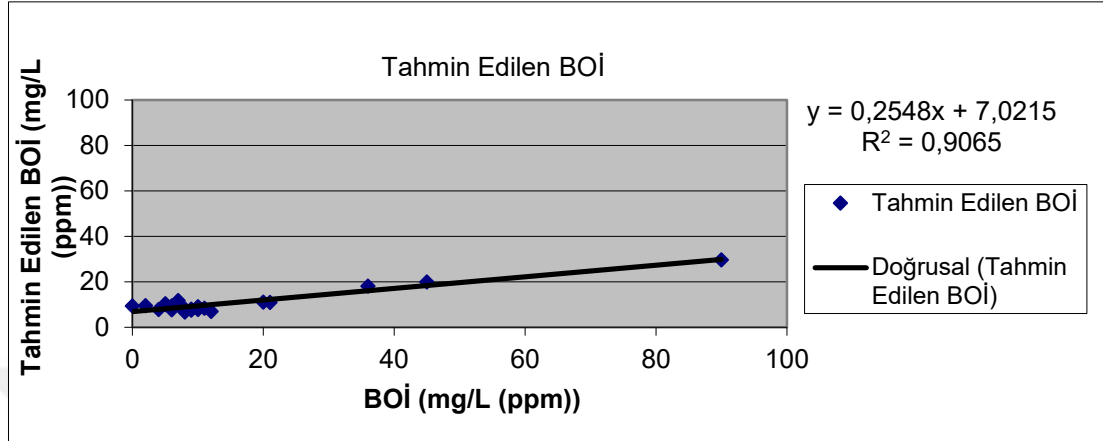
Şekil 4.45. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



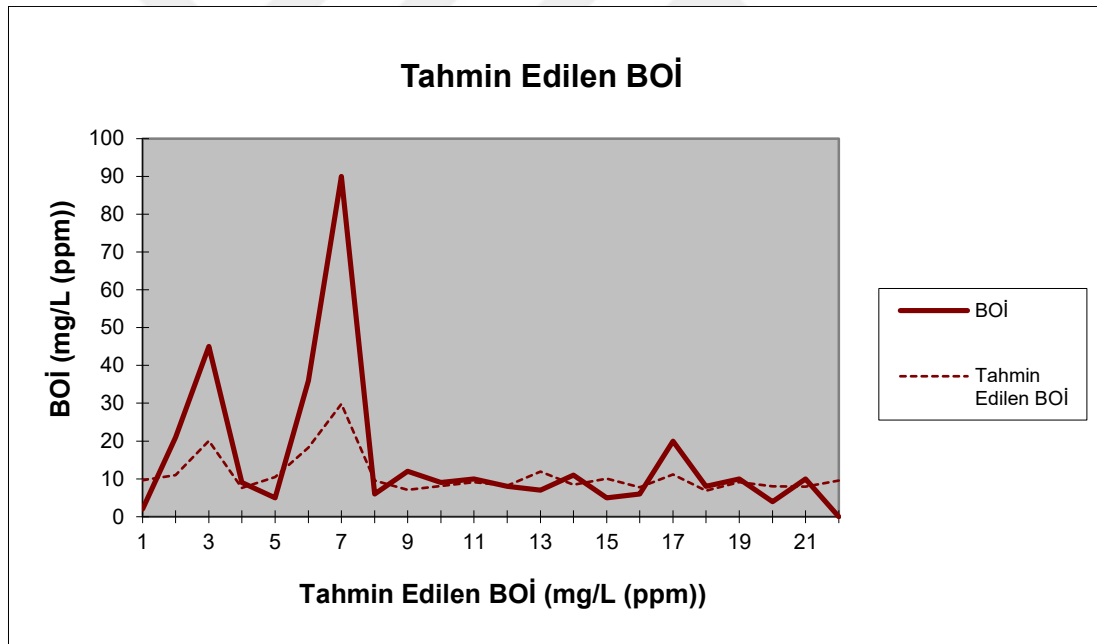
Şekil 4.46. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Son olarak CO , $\text{NH}_4\text{-N}$, parametreleri girdi olarak sisteme tanımlanmış ve en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,9065$ olarak bulunmuştur. Bu istasyon için elde edilen en iyi sonuç bu değer olmuştur. Parametreler göz önüne alındığında BOİ tahmini için en önemli parametrenin $\text{NH}_4\text{-N}$ olduğu, girdi veri tabanında $\text{NH}_4\text{-N}$ 'e ait parametreler yer almadığı zaman BOİ tahmini yapılamadığı

görülmüştür. Bu modellemede ÇO (çözünmüş oksijen) burada doğru tahmin edilebilme oranını arttıran önemli bir parametre olmuştur.



Şekil 4.47. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



Şekil 4.48. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

4.2.2. Ergene Nehri- Alpullu İstasyonu

Tablo 4.2. Ergene Nehri- Alpullu DSİ parametrelerine ait değerlerin analizi

	Max. Değer	Min. Değer	Standart Sapma
BOİ	240	0	42,35618317
ÇO	12,8	0	3,377745715
NH4-N	35	0,42	7,608381866
NO2-N	2,4	0	0,227676709
NO3-N	6,8	0	1,07115244
o-PO4	13,52	0	3,019480434
pH	9,3	4,5	0,583795912
AKM	3290	10	595,1511311
T	32,3	1	8,026899159
TDS	3703	33	935,4781535

Öncelikle DSİ'den alınan parametreler ile programda yapay sinir ağı modellemesi yapılmaya çalışılmış ancak doğru tahmin yapılamadığı ve Ergene Nehri- Alpullu istasyonunda NO₂-N ve NO₃-N parametreleri ölçümlerinde çok fazla eksik olduğu için tüm istasyon parametrelerine normalizasyon işlemi uygulanmıştır. BOİ verilerinden 0 ve max. değerleri çıkartılarak programda denemeler tekrar yapılmıştır.

Uygulanan normalizasyon denklemi aşağıda verilmiştir.

$$xi = 0,8 \times \frac{(x-xmin)}{(xmax-xmin)} + 0,1 \quad (4.1)$$

Bu eşitlikte;

Xi = Normalize edilmiş veriyi,

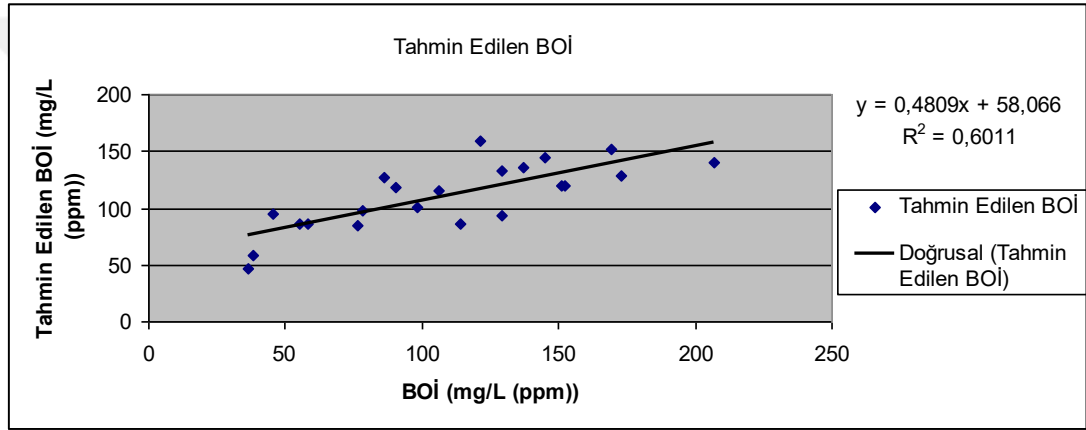
X = Girdi değerini,

Xmin = Girdi seti içinde yer alan en küçük sayıyı

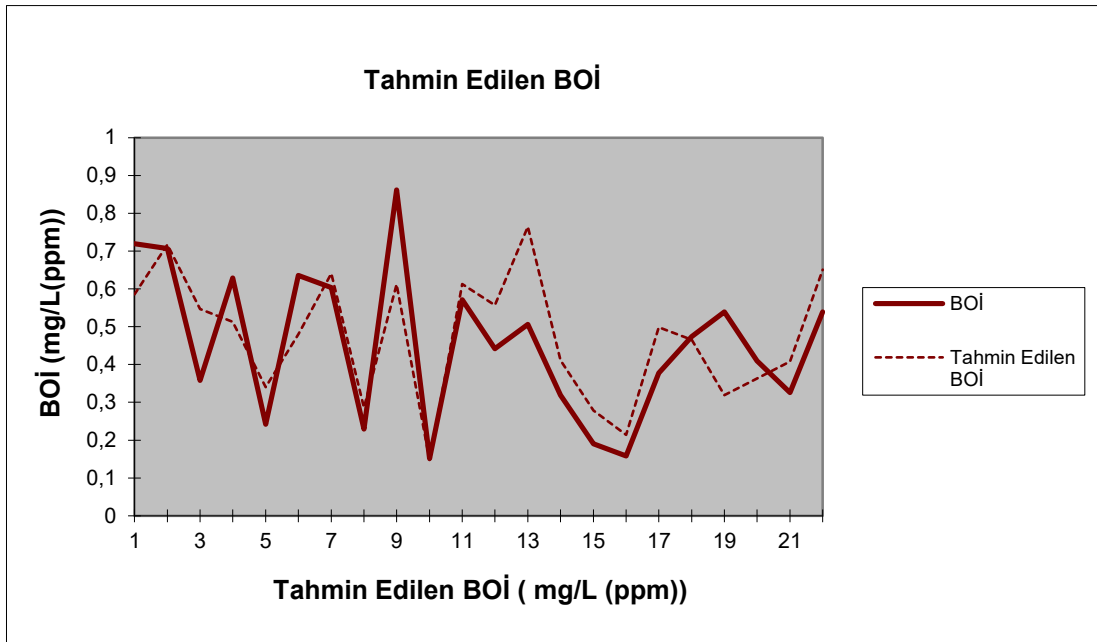
Xmax = Girdi seti içinde yer alan en büyük sayıyı ifade etmektedir.

Alpullu istasyonunda toplamda her parametre için 149 veri bulunmaktadır. Normalizasyon işlemi uygulandıktan sonra mi. ve max. değerler çıkartıldığı için programda 140 veri kullanılmıştır. 140 verinin 118 tanesi eğitim verisi, kalan 22 tanesi test verisi olarak kullanılmıştır. Yani yine verilerin %85'i eğitim, %15'i test verisi olarak kullanılmıştır.

Birinci olarak 9 girdi parametresi ile BOİ tahmini yapılmaya çalışılmış olup yaklaşık 100 denemede en iyi sonuç Genelleştirilmiş İleri Beslemeli Geri Yayınımı İşlem Elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,6011$ olarak bulunmuştur. Bu değerden daha büyük bir sayı elde edilememiştir. Elde edilen R^2 ile BOİ tahmininin %60 doğrulukta olacağı görülmüş olup bir önceki istasyonda ki gibi %90 aralığında doğruluğun sağlanamaması; nehre gelen kirlilik yükleri, yan kolların etkileri buna bağlı debideki artıştan kaynaklı olabileceği düşünülmüştür.

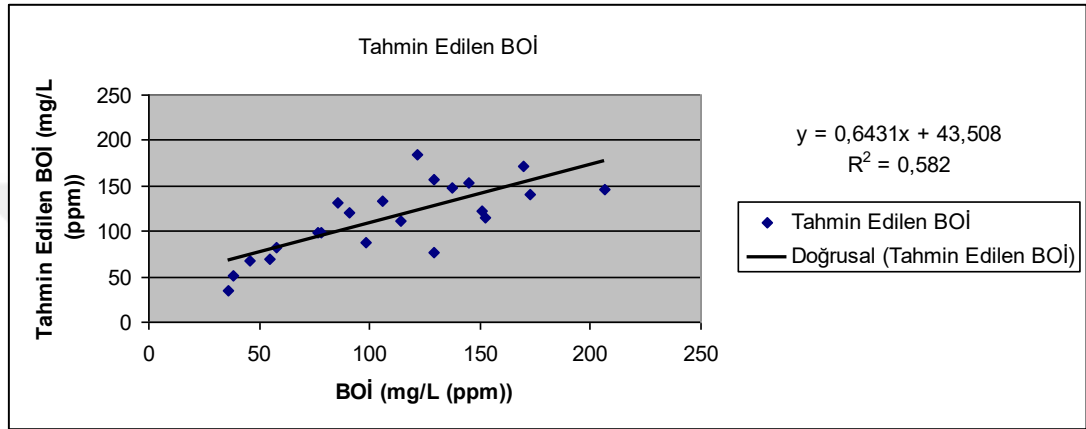


Şekil 4.49. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

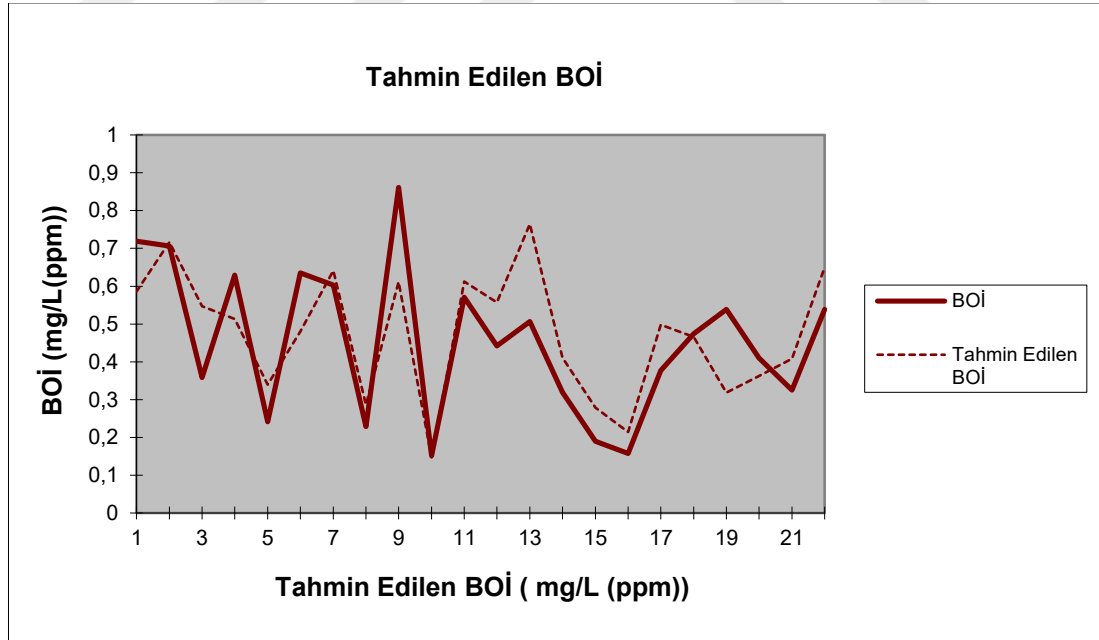


Şekil 4.50. Tahmini BOİ histogram grafiği

NO₂-N ve NO₃-N parametrelerine ait ölçümlerde eksik veri çok olduğu için 9 girdili parametrede düzgün sonuç alınmadığı düşünülerek bu iki parametre çıkartılıp 7 girdili bir sistem oluşturulmuştur. Yapılan denemelerde Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (TanhAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)- 3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,582$ olarak bulunmuştur.



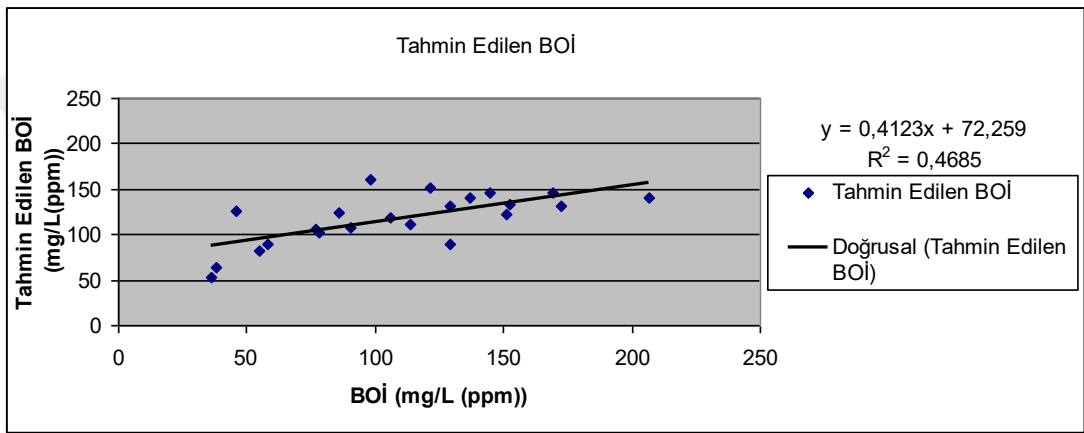
Şekil 4.51. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



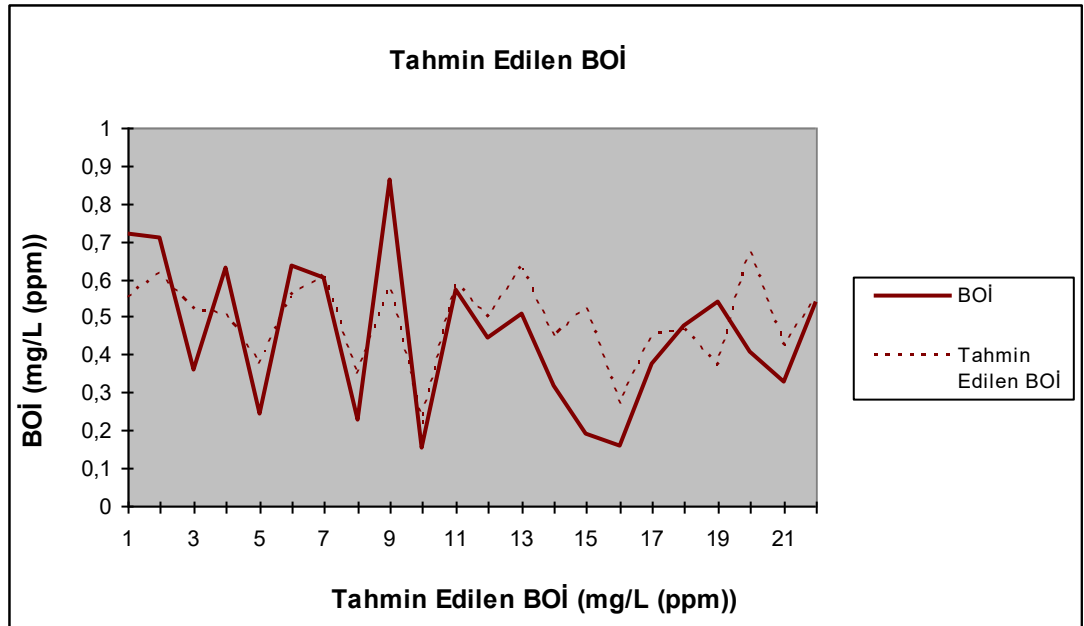
Şekil 4.52. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Ergene Nehri- Çorlu Köprüsü istasyonunda en iyi veri CO ve $\text{NH}_4\text{-N}$ ile 2 parametrelili girdi oluşturulan model ile elde edilmiştir. Aynı analiz Alpullu istasyonu içinde yapılmış ancak yapılan tüm denemelerde en yüksek $R^2 = 0,46845$ olarak bulunmuştur.

Bu istasyon için BOİ için yüzdesel olarak doğru bir tahmin yapılamayacağı görülmüştür. İstasyonlardaki parametreler incelendiğinde bunun en büyük sebebinin Alpullu istasyonunun kirlilik yükünün daha fazla olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.53. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



Şekil 4.54. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

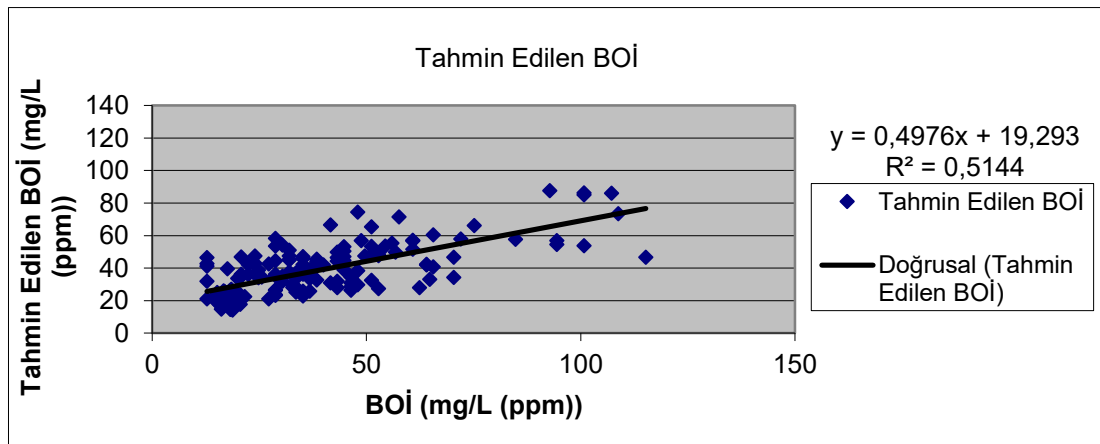
4.2.3. Ergene Nehri- Uzunköprü İstasyonu

Tablo 4.3. Ergene Nehri- Uzunköprü DSİ parametrelerine ait değerlerin analizi

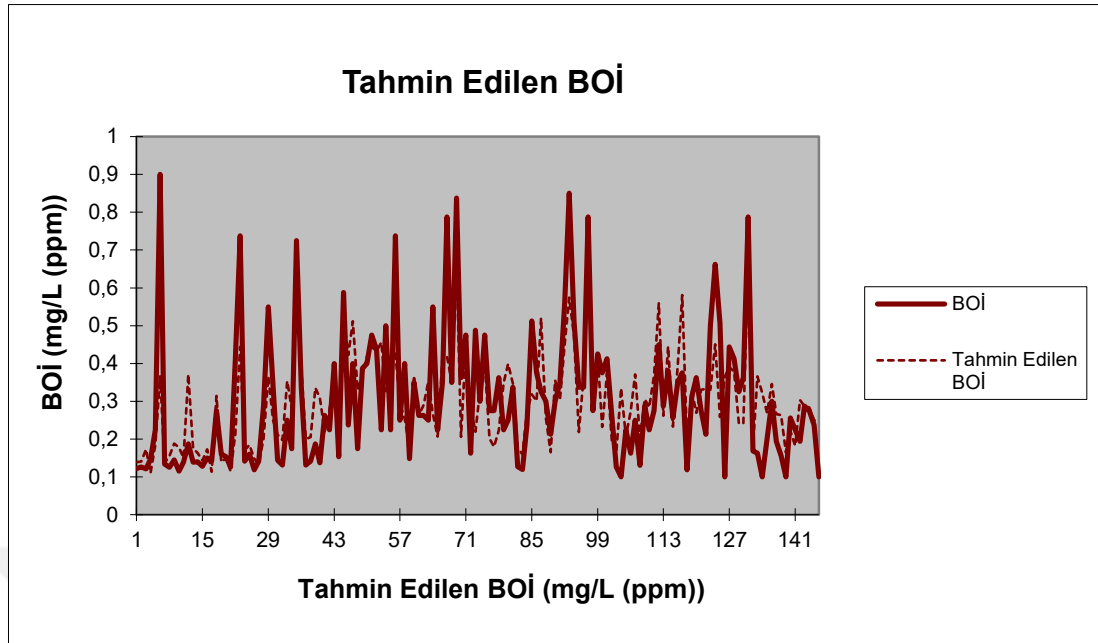
	Max. Değer	Min. Değer	Standart Sapma
BOİ	128	0	28,43127749
ÇO	14,5	0	3,491237851
NH4-N	29	0,36	5,579807151
NO2-N	66860	0	5533,355492
NO3-N	32,1	0	2,889584607
o-PO4	16	0	2,549663255
pH	8,6	6,6	0,377787233
AKM	4617	3	515,8433221
T	30	0	7,988217144
TDS	2983	188	667,7428489

Ergene Nehri- Uzunköprü istasyonuna ait veriler yapay sinir ağı ile modellemede doğru sonuca varılamamıştır. Ergene Nehri- Uzunköprü istasyonunda da NO₂-N ve NO₃-N parametreleri ölçümlerinde çok fazla eksik olduğu için tüm istasyon parametrelerine normalizasyon işlemi uygulanmıştır. BOİ verilerinden 0 ve max. değerleri çıkartılarak ve çıkartılmadan programda denemeler yapılmıştır. En iyi sonuç değerler çıkartılmadan elde edilmiştir.

9 girdili parametre ile denemeler yapılmış olup en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (TanhAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)- 3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve R² =0,5144 olarak bulunmuştur.

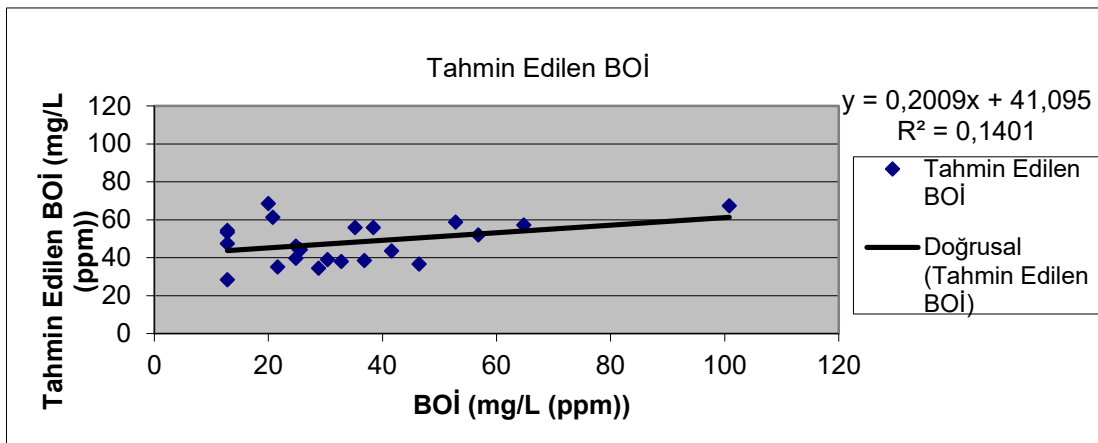


Şekil 4.55. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği

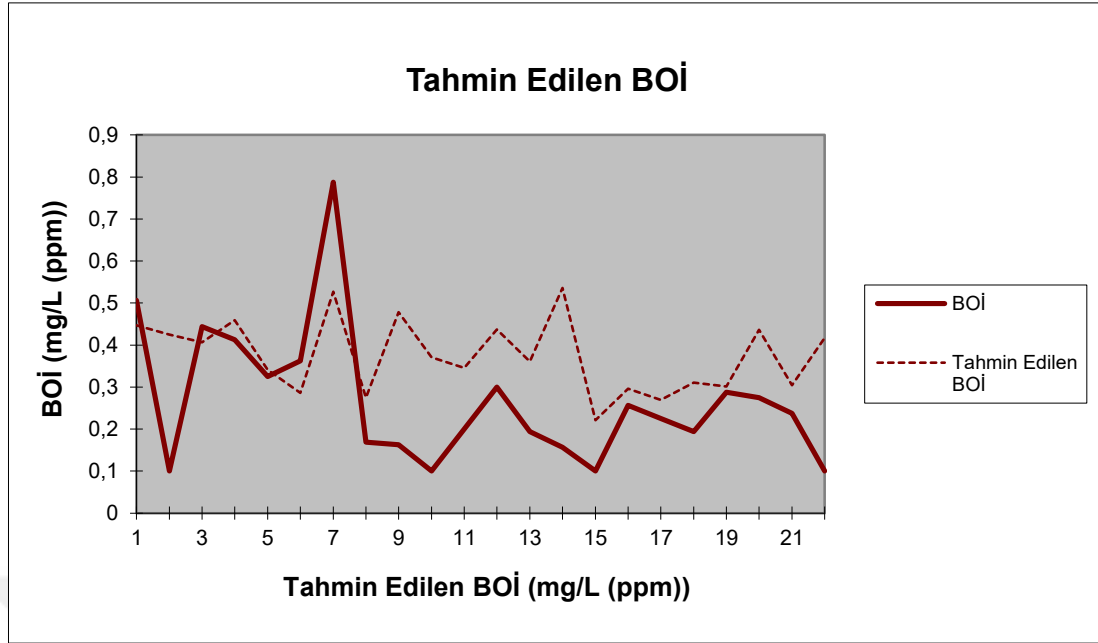


Şekil 4.56. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

NO₂-N ve NO₃-N parametrelerine ait ölçümlerde eksik veri çok olduğu için 9 girdili parametrede düzgün sonuç alınamadığı düşünülerek bu iki parametre çıkartılıp 7 girdili bir sistem oluşturulmuştur. Yapılan denemelerde Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,1401$ olarak bulunmuştur. Yapılan modelin BOİ tahmininde çok az başarılı olduğu görülmüştür.

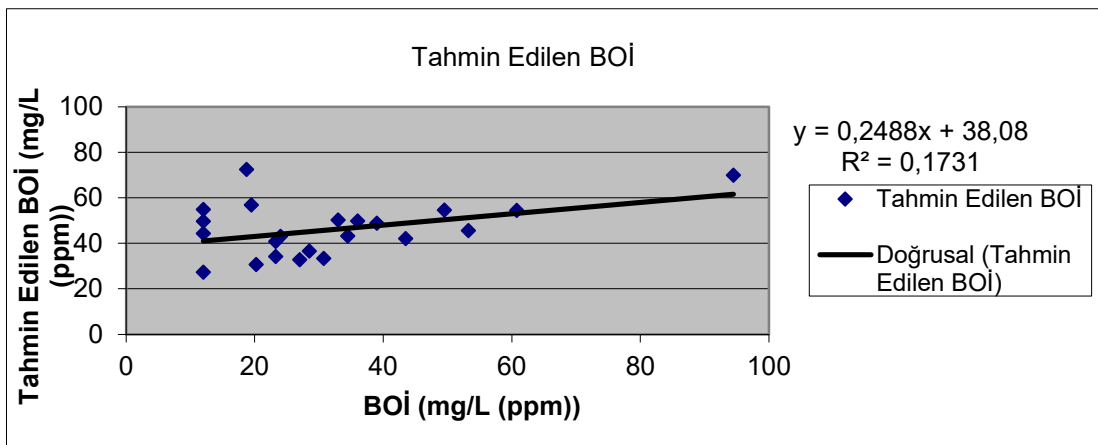


Şekil 4.57. Tahmini BOİ dağılım grafiği

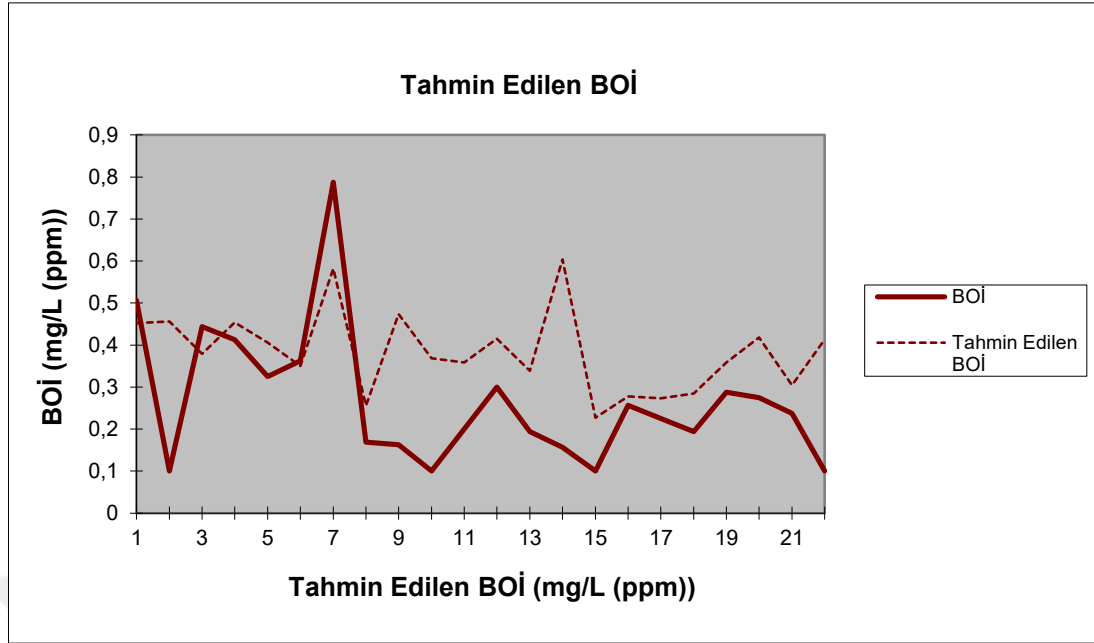


Şekil 4.58. Tahmin Edilen BOİ histogram grafiği

İlk istasyonda en iyi R^2 iki girdi (CO ve $\text{NH}_4\text{-N}$) ile elde edilmiş olup, Uzunköprü istasyonu içinde aynı parametrelerle modelleme yapılmıştır. Yapılan denemelerde Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,1731$ olarak bulunmuştur. Yapılan modelin BOİ tahmininde çok az başarılı olduğu görülmüştür.



Şekil 4.59. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



Şekil 4.60. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

4.2.4. Çorlusuyu-Çerkezköy Çıkışı 2

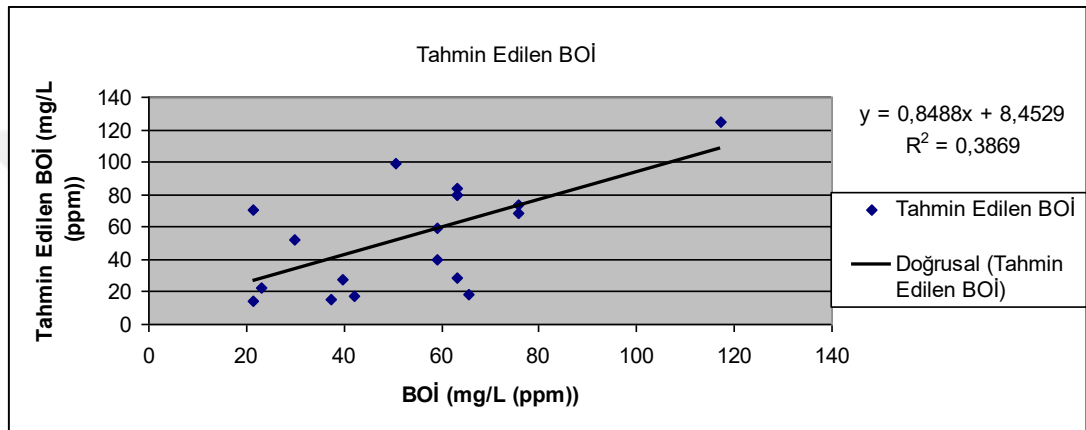
Tablo 4.4. Çorlusuyu-Çerkezköy Çıkışı 2 DSI parametrelerine ait değerlerin analizi

	Max. Değer	Min. Değer	Standart Sapma
BOİ	136	0	32,947665
ÇO	9,8	0	2,475088
NH4-N	40	2	8,573769
NO2-N	14,65	2	1,595846
NO3-N	15	2	2,629812
o-PO4	13,51	2	3,092318
pH	9	7	0,407523
AKM	515	20	86,096248
T	32	2	7,400005
TDS	5346	225	1173,515598

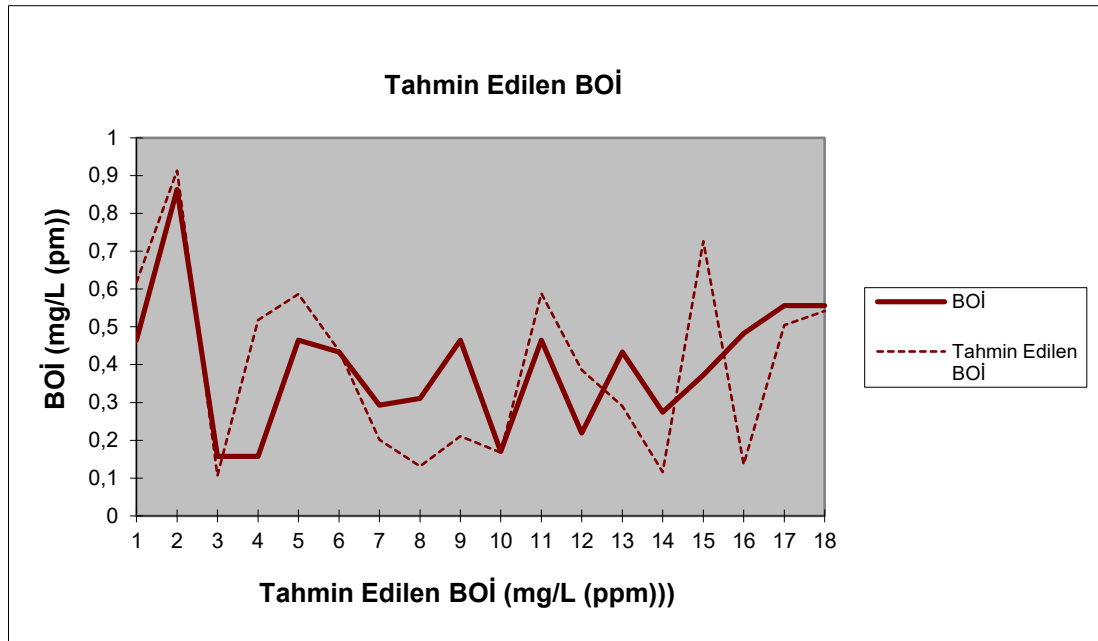
Çorlusuyu-Çerkezköy Çıkışı 2 istasyonuna ait veriler yapay sinir ağı ile modellemede doğru sonuca varılamamıştır. İstasyonda NO₂-N ve NO₃-N parametreleri ölçümlerinde çok fazla eksik olduğu için tüm istasyon parametrelerine normalizasyon işlemi uygulanmıştır. BOİ verilerinden 0 ve max. değerleri çıkartılarak ve çıkartılmadan programda denemeler yapılmıştır. Eğitim ve test veri sayıları da değiştirilerek deneme yapılmış, en iyi sonuç min. değerler çıkartılarak ve toplam 84

verinin 54'ünün eğitim 30 tanesinin test verisi olarak kullanıldığı modellemelerde elde edilmiştir.

9 girdili parametre ile denemeler yapılmış olup en iyi sonuç Çok Katmanlı Algılayıcı Modül- işlem elamını (TanhAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,3869$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.61. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



Şekil 4.62. Tahmin Edilen BOİ histogram grafiği

Öncelikli olarak parametreler teker teker çıkartılarak denemeler yapılmıştır. ÇO parametresi çıkartılıp oluşturulan 8 girdili modellemede Yapılan birçok denemede en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elemanı (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,3434$ olarak bulunmuştur.

NH₄-N parametresinin çıkartılmasıyla oluşturulan parametrede en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elemanı (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,3561$ olarak bulunmuştur.

NO₂-N parametresinin çıkartılmasıyla oluşturulan parametrede en iyi sonuç Çok Katmanlı Algılayıcı Modül- işlem elemanı (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,3814$ olarak bulunmuştur.

NO₃-N parametresinin çıkartılmasıyla oluşturulan parametrede en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elemanı (LinearTanhAxon) – öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,453$ olarak bulunmuştur.

o-PO₄ parametresinin çıkartılmasıyla oluşturulan parametrede en iyi sonuç Çok Katmanlı Algılayıcı Modül- işlem elemanı (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,2517$ olarak bulunmuştur.

pH parametresinin çıkartılmasıyla oluşturulan parametrede en iyi sonuç Çok Katmanlı Algılayıcı Modül- işlem elemanı (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,3619$ olarak bulunmuştur.

AKM parametresinin çıkartılmasıyla oluşturulan parametrede en iyi sonuç Çok Katmanlı Algılayıcı Modül- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,3693$ olarak bulunmuştur.

T parametresinin çıkartılmasıyla oluşturulan parametrede en iyi sonuç Çok Katmanlı Algılayıcı Modül- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,4033$ olarak bulunmuştur.

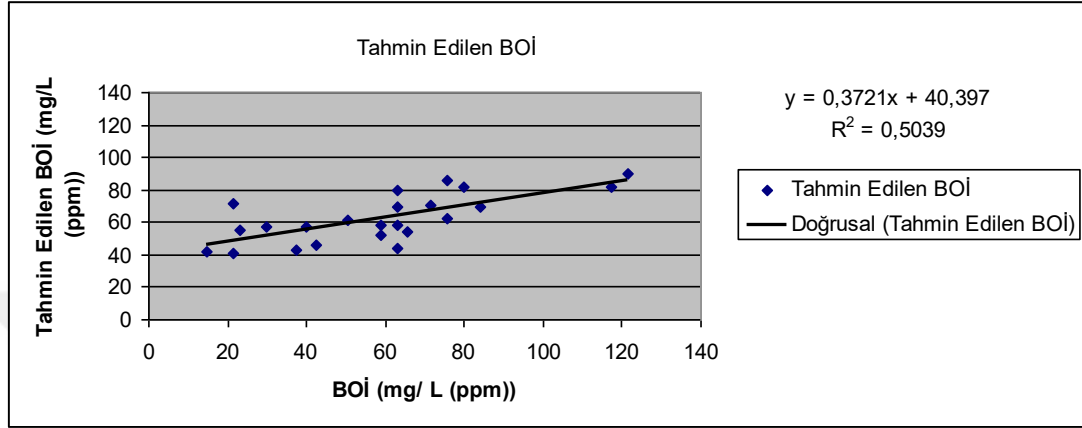
TDS parametresinin çıkartılmasıyla oluşturulan parametrede en iyi sonuç Çok Katmanlı Algılayıcı Modül- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,3483$ olarak bulunmuştur.

Tek girdili parametreler denenerek parametrelerin BOİ tahmininde etkisi ölçülmek istenmiş olup Ph parametresi girdisi ile oluşturulan modellemede diğer parametrelere göre en yüksek değer elde edilmiştir. En iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,4981$ olarak bulunmuştur.

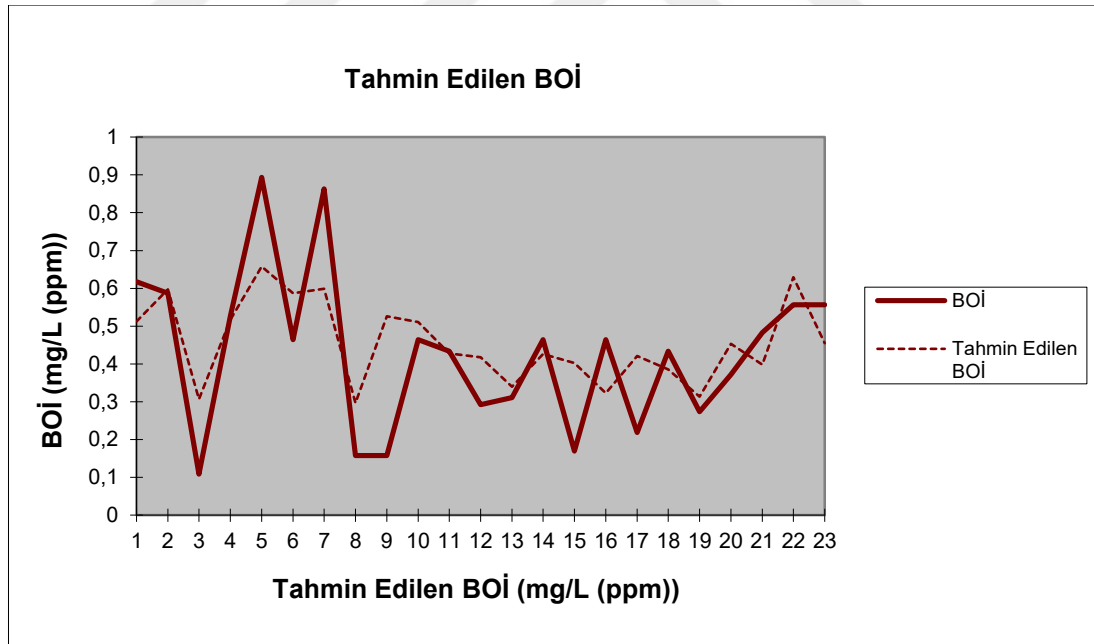
Buna bağlı olarak, Ph parametresinin bulunduğu modellerin daha doğru sonuçlar verebileceği düşünülerek birçok farklı kombinasyonlar denenmiştir.

ÇO, NH₄-N, o-PO₄, pH ve TDS parametrelerinden oluşan 5 girdili bir model oluşturulmuş ve en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,4642$ olarak bulunmuştur.

o-PO₄ ve pH parametrelerinden oluşan 2 girdili bir model oluşturulmuş ve en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)- öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve R² =0,5039 olarak bulunmuştur.



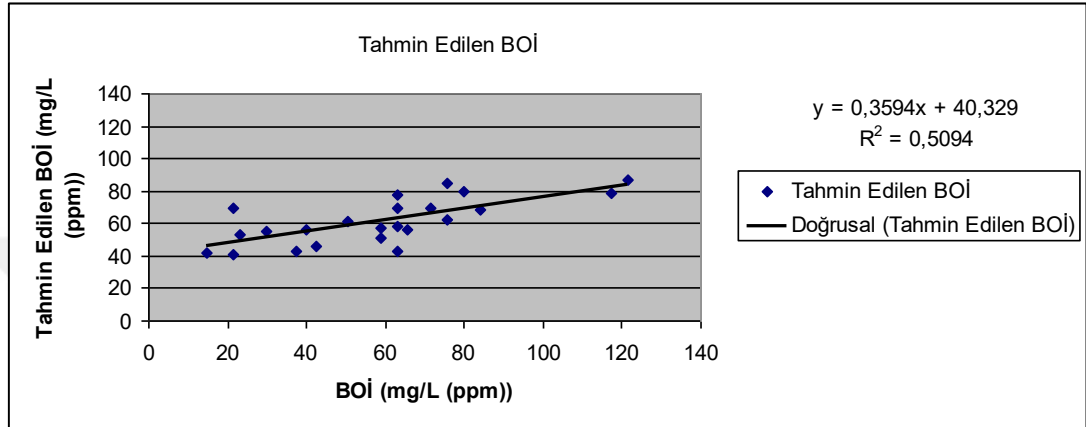
Şekil 4.63. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



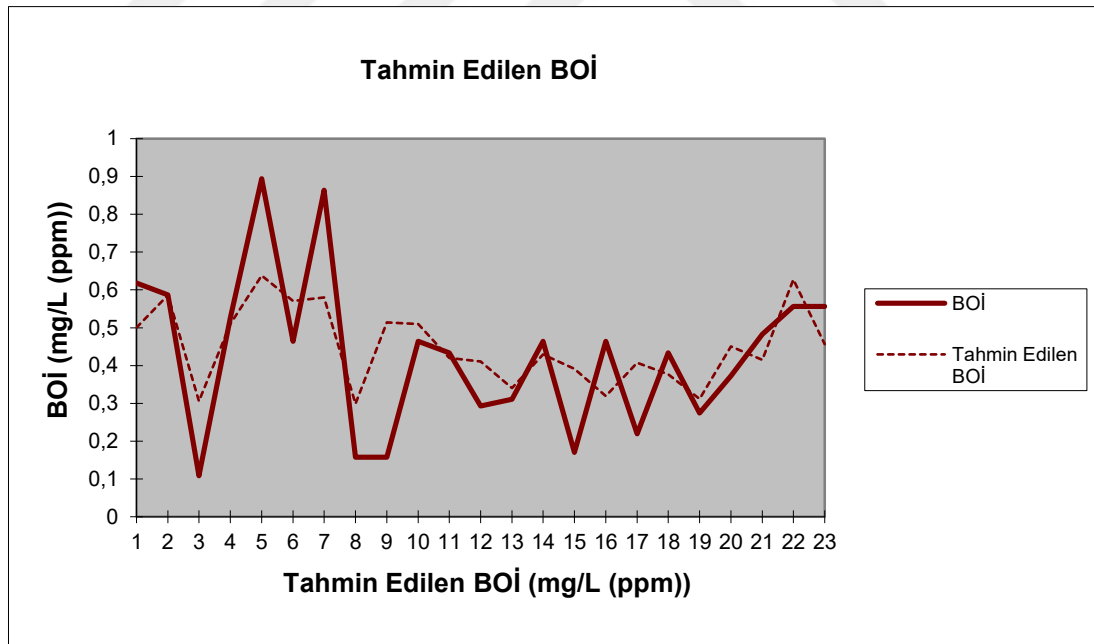
Şekil 4.64. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

Bu istasyon için yapılan yaklaşık 100 modelleme arasında en iyi sonuç NH₄-N, o-PO₄ ve pH ile oluşturulan 3 girdili model ile elde edilmiştir. Bu model arasından da en iyi sonuç Genelleştirilmiş ileri beslemeli geri yayınlı- işlem elamını (SigmoidAxon)-

öğrenme kuralı (Momentum)-3000 iterasyon ile elde edilmiştir. Modelin performansı determinasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve $R^2 = 0,5094$ olarak bulunmuştur. Ancak yapılan tüm modellemelerde BOİ tahminine %50 yaklaşılmıştır. Yapay sinir ağı ile modelleme çalışması yapılan yan kol içinde ölçülen veri eksikliğinden dolayı doğru sonuca ulaşılamadığı görülmüştür.



Şekil 4.65. Tahmin edilen BOİ dağılım grafiği



Şekil 4.66. Tahmin edilen BOİ histogram grafiği

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma alanı olarak seçilen, Istranca Dağları'ndaki Ergene Kaynaklarından doğup Ergene Deresi adıyla Kuzey Doğu – Güney Batı yönünde akmakta olan yüzeysel suyunun en önemli temsilcisi, Ergene Nehri yıllardır çok ciddi kirlilikle mücadele etmektedir. Çatallı bir yapıya sahip olan Ergene Nehri'nin birçok yan kolu bulunmakta olup yan kolların etkisiyle de ciddi anlamda kirlenmektedir.

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme, tarım, madencilik faaliyetleri, üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıklar, arıtılmadan deşarj edilen evsel ve endüstriyel atıksular Ergene Nehri'nin her geçen gün kirlilik yükünü arttıran en önemli etkenlerdir.

Bu kapsamda yıllardır kirlilikle mücadele eden Ergene Nehri'nde yapay sinir ağı ile biyolojik oksijen ihtiyacını tahmin edebilmek adına modelleme çalışması yapılmıştır. Model için 4 adet istasyon seçilmiş (istasyonlarda 3'ü anakol üzerinde biri yan kol üzerinde) ve bu istasyonlara ait 10 parametre ile yapay sinir ağı modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Her istasyonda ayrı ayrı denemeler yapılarak BOİ tahmini ve modele tanımlanan girdi parametreleri ile BOİ arasındaki ilişkisi bulunmaya çalışılmıştır. Çalışmadaki amaç ölçüm zorluğu ve zaman alıcı olan BOİ parametresinin kısa sürede tahmin edilmesini sağlamak ve gelecekte nehirde oluşacak kirliliği belirleyebilmektir.

Genel olarak yapılan çalışma değerlendirildiğinde; Ergene Nehri ana kol üzerinde, nehrin başlangıç noktasına yakın olan istasyona ait parametrelerle oluşturulan yapay sinir ağı modelinin yaklaşık %90'lık bir oranla tahmin edilebildiği görülmüştür. Ancak kirlilik yükü artan, yan kollardan girişi fazla olan ve düzenli ölçümü bulunmayan istasyonlarda; istasyon verileri normalize edilmiş olmasına rağmen, BOİ tahmininde modelin başarı oranının çok düşük olduğu görülmüştür. Kısaca yapay sinir ağı

modellemede kullanılan programın daha stabil, standart sapmanın fazla olmadığı verilerle daha doğru şekilde çalışılabileceği görülmüştür. Bu kapsamda özellikle modelin doğru çalışması adına öncelikle düzenli periyotlarda ölçümler yapılara veriler kaydedilmelidir.

Diğer taraftan yapılan modellerde $\text{NH}_4\text{-N}$ ve o-PO_4 parametrelerinin BOI tahmininde önemli birer parametre olduğu, hatta $\text{NH}_4\text{-N}$ olmadan BOI tahminin çok doğru şekilde yapılamadığı görülmüştür. $\text{NH}_4\text{-N}$ ile oluşturulan tek girdili modelde yaklaşık %83 başarı elde edilirken, o-PO_4 ile oluşturulan tek girdili modelde BOI %79 doğruluk oranında tahmin yapıldığı görülmüştür. $\text{NH}_4\text{-N}$ ve o-PO_4 ile oluşturulan modelde R^2 : 0,9049 elde edilirken, $\text{NH}_4\text{-N}$ ve CO ile oluşturulan modelde R^2 : 0,9065 olarak bulunmuştur. Kısaca en doğru sonuca $\text{NH}_4\text{-N}$ ve CO parametreleri ile oluşturulan iki girdili modelde ulaşılmıştır. İlk istasyonda oluşturulan yapay sinir ağı ile modellemede kullanılan diğer parametrelerin BOI tahmininde sonuçları çok fazla etkilemediği görülmüştür.

BOI 'nin büyüklüğü; suda parçalanabilecek organik madde konsantrasyonu, mikroorganizma sayısı, mikroorganizmalar için gerekli besin miktarı, inkübasyon süresi, sıcaklık, ışık, toksik etkiler ile biyolojik ve/veya biyokimyasal proseslerin etkileri gibi birçok faktörden etkilenmektedir. BOI ; organik maddelerin oksitlenmesi için mikroorganizmalar tarafından tüketilen çözünmüş oksijen miktarına denilmekte olup, yapının bozularak inorganik bileşenlerine ayrılması ve nitrifikasyon (Amonyanın doğada önce nitrite, nitritin de nitrate dönüştürülmesi işlemidir.) olmak üzere iki basamaktan oluşmaktadır[18]. Suda bulunan aerobik mikroorganizmalar büyümeleri için gerekli olan enerjiyi kimyasal bir reaksiyon olan nitrifikasyon ile sağlamakta olup bu kapsamda azot, fosfor ve karbon bakteri hücreleri için önemli birer besin elementleridir. Besin elementlerinin değişimi sucul ortamlardaki mikroorganizma sayısının değişimini etkilemekte olup, su kaynaklarında artan çözünmüş organik karbon, fosfor ve azot miktarları bakteri sayısının da artmasına neden olmaktadır. [19]

Kısaca bu üç parametrenin BOI tahmininde önemli rol almasının nedeni; azot, fosfor ve karbonun suda bulunan bakteriler için besin kaynağı olması, bu bakterilerin

oksijene ihtiyaç duyması ve BOİ'nin ikinci basamağı olan nitrifikasyondan kaynaklıdır.

Sonuç olarak veriler doğrultusunda havza değerlendirildiğinde, havzanın tarımsal faaliyet, evsel ve endüstriyel atıksu baskısına maruz kaldığı tespit edilmiştir. Sanayinin kanalizasyonu olarak da nitelendirilen Ergene Havzasının su kalitesinin iyileştirilmesi için ciddi çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır ki bunların en başında evsel ve endüstriyel arıtma gelmektedir. Ayrıca bölgede yürütülen tarım faaliyetlerine bağlı olarak, bölgede tarım yapan insanların durumuyla ilgili bilinçlendirilmesi çok önemlidir. Havzada su kalitesiyle ilgili yapılacak bir diğer önemli faaliyet ise ileride parametrelerin bu gibi çalışmalarla doğru tahmin edilebilmesi için, ölçümlerin düzenli olarak yapılmasını sağlamaktır.

Yapay sinir ağı ile yapılan modelleme çalışmaları, havzanın su kalitesinin belirlenmesi ve su kalitesinde oluşacak değişikliklerin önceden belirlenmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Ayrıca elde edilen veriler sayesinde bölgenin gelecekteki durumunun tahmin edilmesi, mevcut çözüm önerilerinin iyileştirilmesi ve bölgede daha önce yapılan çalışmalara destek olarak yeni verileri ortaya koymakla literatürde bu konudaki veri eksikliğinin giderilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ergene Havzası Koruma Eylem Planı; Konumu www.ergene.ormansu.gov.tr , Erişim Tarihi: 22.04.2019.
- [2] www.emlakansiklopedisi.com., Erişim Tarihi: 22.04.2019.
- [3] PELEN N., İŞLEK M., AYDIN N., Ergene Havzası'nda yağış ve yeraltısuyu seviye verilerinin değerlendirilmesi. DSİ III. Türkiye İklim Değ. Kong. İstanbul 2013.
- [4] Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi için Teknik Yardım, Meriç-Ergene Nehir Havzası Yönetim Planı, 2018.
- [5] Deniz Ş. Gerçek zamanlı izleme sistemleri; Meriç Ergene örnek çalışması. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi,20114.
- [6] Marmara Belediyeler Birliği Ergene Havzası koruma eylem planı durum değerlendirme raporu, Aralık 2018.
- [7] Evsel ve Endüstriyel Kirlilik İzleme programı, Ergene, Gediz, Kuzey Ege (Bakırçay), Küçük Menderes, Susurluk Ve Sakarya Havzası 2016 Yılı Su Kalitesi İzleme Final Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017.
- [8] Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ergene Havzası Koruma Eylem Planı; Arazi kullanımı www.ergene.ormansu.gov.tr Erişim Tarihi:22.04.2019.
- [9] Yıldız E. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) sunumu.
- [10] DSİ Lboratuvarları deney birim fiyat listesi, 2019.
- [11] Keskenler M.F. Keskenler E.F., Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi, Takvimi Vekayi, 2017.
- [12] Öztemel E.Yapay sinir ağları. 3. Baskı, Papatya Yayıncılık, Ankara, 2012.
- [13] www.cevreselgostergeler.csb.gov.tr.; Erişim Tarihi: 22.04.2019.
- [14] Burkut E. Suda amonyum, nitrit ve nitrat. Su ve çevre teknolojileri, 2018.

- [15] YTÜ Çevre mühendisliği bölüm çevre kimyası2 laboratuvarı notları.
- [16] Pütz P. Fosfatların giderilmesi ve belirlenmesi. Uygama raporu laboratuvar analizi ve proses ölçüm.
- [17] Kadak A.E, Aras S., Su sıcaklığının diğer su özelliklerine olan etkileri, Kastamonu Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 2017.
- [18] www.thermomed.com.tr, Erişim Tarihi: 22.04.2019.
- [19] Elmacı A. Ve ark. Uluabat Gölünün Mikrobiyolojik Özelliklerinin Mevsimsel Değişiminin İzlenmesi, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 2008.



ÖZGEÇMİŞ

Müge Karamustafa, 30.10.1988'de Ankara'da doğdu. İlk eğitimini Sarıkamış orta ve lise eğitimini Ankara'da tamamladı. 2006 yılında Ayrancı Süper Lisesi'nden mezun oldu. 2007 yılında başladığı Erciyes Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü ve yan dal olarak İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2013 yılı Şubat ayında bitirdi. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2013 yılında özel sektörde Çevre Mühendisi olarak çalışmaya başlamış olup, halen devam etmektedir.