



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

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SIZINTI SULARINDA BAZI MİKRO KİRLETİCİLERİN TESPİTİ VE
MODELLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Oya ÖZEL GÜRBÜZ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Gül den GÖK

AKSARAY, 2025

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 202311001 numaralı Doktora öğrencisi Oya ÖZEL GÜRBÜZ tarafından hazırlanan “**SIZINTI SULARINDA BAZI MİKRO KİRLETİCİLERİN TESPİTİ VE MODELLENMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Gülden GÖK

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Prof. Dr. Melayib BİLGİN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Prof. Dr. Hakan ÇELEBİ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Sezen KÜÇÜKÇONGAR

Konya Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 26/06/2025

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Fazliye KARABÖRK

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Doktora tezi olarak sunduđum bu çalıřmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı dűőecek bir yol ve yardıma bařvurmaksızın yazdıđımı, yararlandıđım eserlerin kaynakçada gűsterilenlerden olduđuunu, çalıřmamda kullandıđım verilerin orijinalliđini ve her tűrlű intihalden uzak olduđuunu beyan ederim.

Enstitű tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tűm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

İmza

Oya ÖZEL GűRBűZ

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca değerli bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen, zengin bilgi ve sabrından dolayı doktora tezimde Değerli Danışmanım Sayın Doç.Dr. Gülden GÖK'e, Kıymetli Jüri üyelerim Sayın Prof.Dr. Melayib BİLGİN'e, Sayın Prof. Dr. Hakan ÇELEBİ'ye, Sayın Doç.Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI'ya, Sayın Doç.Dr. Sezen KÜÇÜKÇONGAR'a, deneysel çalışma ortamının oluşmasını sağlayan Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr. Hatim ELHATİP ve Çevre Mühendisliği Bölümü Akademisyenlerime saygılarımı ve şükranlarımı sunarım.

68001 Araştırma Projesi kapsamında sağladığı destekten ötürü Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne tez sürecindeki katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Veri paylaşımı ve gerekli izinler konusunda desteklerini esirgemeyen Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne, tez çalışmamda numune almam için gerekli izinleri sağlayan Niğde Belediyesi'ne çok teşekkür ederim.

Tez çalışmama destek veren Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Ulukışla Meslek Yüksekokulu Müdür Yardımcılarım Sayın Öğr.Gör. Oğuzhan MENTİŞ'e, Sayın Öğr.Gör.Dr. Can FİDANCAN'a, Yüksekokul Sekreteri Sevgili Ayşegül ÜNÜVAR'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam boyunca her daim manevi desteklerini esirgemeyen Değerli Hocalarım Öğr. Gör. Serap DOĞAN'a ve Öğr.Gör. M.Hilal DURUMEL'e, değerli arkadaşlarım Doç.Dr. Esra ÇELEBİ ZENGİN'e, Doç.Dr. Neslihan YUCA DOĞDU'ya, Y. Müh. Eda ALABAŞ'a, Niğde Belediyesi Özel Kalem Emine GÜCENMEZ'e, teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez sürecimde ne yazık ki kaybettiğimiz sevgili teyzem merhume Zeynep ÇELEBİ'ye teşekkür ediyorum.

Bu zor sürecimde her an yanımda olan kıymetli eşim Dr. Öğr. Üyesi Orhan Atakan GÜRBÜZ'e, sevgili ablam Fatma BOĞA'ya, canım annem Nazife ÖZEL'e, canım babam merhum Enver ÖZEL'e, değerli abim İbrahim ÖZEL'e ve 3 aylık güzel kızım Doğa'ya teşekkürlerimi sunuyorum.

Oya ÖZEL GÜRBÜZ

AKSARAY, 2025

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1 Sızıntı Suyu ve Mikrokirleticiler	4
2.2 Yapay Sinir Ağları (YSA).....	9
2.3 Literatür Özeti	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1 Materyal.....	24
3.2 Sızıntı Suyundan Numune Alınması ve Numunelerin Laboratuvar Analizi ...	26
3.2.1 Florür deneyi.....	27
3.2.2 Toplam azot tayini (TN)	27
3.2.3 CN ⁻ deneyi	28
3.2.4 Fosfat ve toplam fosfor deneyi	28
3.2.5 Kimyasal oksijen ihtiyacı deneyi.....	29
3.2.6 Yağ-gres tayini	29
3.2.7 Toplam katı madde tayini	30
3.2.8 Elektriksel iletkenlik-pH tayini.....	31
3.2.9 Renk tayini.....	31
3.2.10 Ağır metal tayini.....	32
3.3 Trend Analizi ve Polinomsal Lineer Regresyon	35
3.4 İstatiksel Analiz.....	36
3.5 Temel Bileşen Analizi (TBA)	37
3.6 YSA Model Çalışması.....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	39
4.1 Verilerin Laboratuvar Analiz Sonuçları	39
4.2 Verilerin Polinomsal Lineer Regresyon ve Trend Analizleri.....	40
4.2.1 Sıcaklık	40
4.2.2 Yağış	42
4.2.3 Buharlaşma	44
4.2.4 Atık miktarı.....	45
4.2.5 pH	47
4.2.6 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ).....	49
4.2.7 Yağ ve gres	52
4.2.8 Arsenik (As)	54
4.2.9 Kobalt (Co).....	55
4.2.10 Toplam katı madde (TKM).....	58
4.2.11 Krom (Cr)	60
4.2.12 Bakır (Cu).....	62
4.2.13 Kadmiyum (Cd).....	64
4.2.14 Mangan (Mn).....	66

4.2.15 Nikel (Ni).....	68
4.2.16 Siyanür (CN).....	70
4.2.17 Fosfat (PO ₄)	72
4.2.18 Fosfor (P)	74
4.2.19 Elektriksel iletkenlik (EC)	75
4.2.20 Toplam azot (TN)	77
4.2.21 Florür (F)	78
4.2.22 Renk.....	80
4.2.23 Kurşun (Pb).....	82
4.2.24 Çinko (Zn)	84
4.2.25 Demir (Fe)	86
4.3 İstatistiksel Analiz	87
4.4 TBA Sonuçları.....	88
4.5 YSA Modelleme Sonuçları	89
4.5.1 Arsenik (As) YSA modeli sonuçları.....	89
4.5.2 Bakır (Cu) YSA modeli sonuçları	93
4.5.3 Çinko (Zn) YSA modeli sonuçları.....	97
4.5.4 Kadmiyum (Cd) YSA modeli sonuçları	101
4.5.5 Kobalt (Co) YSA modeli sonuçları	105
4.5.6 Krom (Cr) YSA modeli sonuçları	109
4.5.7 Kurşun (Pb) YSA modeli sonuçları.....	113
4.5.8 Mangan (Mn) YSA modeli sonuçları	117
4.5.9 Nikel (Ni) YSA modeli sonuçları.....	121
5. SONUÇLAR	130
KAYNAKLAR.....	135
EKLER.....	146
EK A. Temel Bileşen Analizi Sonuçları	147
EK B. Sızıntı Suyu Parametrelerinin Önemli Korelasyon Katsayıları ve Anlamlılık Düzeyleri	148
EK C. Varimaks Rotasyonu Sonucu Elde Edilen Faktör Yükleme Matrisi	149
EK D. Kirleticilerin Trend Analizleri Özeti	150
EK E. Endüstriyel Nitelikli Diğer Atıksular (Atık Düzenli Depolama ve Bertaraf Tesisleri) deşarj limitleri	151
ÖZGEÇMİŞ.....	152

DOKTORA TEZİ

SIZINTI SULARINDA BAZI MİKRO KİRLETİCİLERİN TESPİTİ VE MODELLENMESİ

Oya ÖZEL GÜRBÜZ

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Gülden GÖK

ÖZET

Çevre kirliliğinin nedenlerinden birisi de mikrokirleticilerdir. Bu mikrokirleticiler ekosisteme karışarak toksik etki yaparak yıllarca doğada kalabilmektedir. Mikrokirleticilerin doğadaki dirençli yapılarından dolayı mutlaka bertarafı sağlanmalıdır. Düzenli depolama tesisi (DDT) sızıntı suyunda bulunan ağır metaller canlılar ve doğal yaşam için ciddi tehlike oluşturmaktadır. Sızıntı sularının kirlilik konsantrasyonu çevresel ve depolanan atık içeriği gibi faktörler ile değişebilmektedir. Evsel atıklarla birlikte düzenli depolama tesisine gelen atıkların bünyesinde ağır metal bulunabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Niğde ili katı atık düzenli depolama alanı sızıntı sularından 52 hafta boyunca numune toplanarak, içerisindeki kirletici parametrelerin, meteorolojik verilerin, ağır metallerin (As, Ni, Cr, Cu, Cd, Mn, Co, Pb, Zn, Fe) tespitini, polinomsal lineer regresyonu, trend analizini ‘Trend Analysis for Windows, Delphi 7.0’ programı kullanılarak, %95 güven seviyesinde çevre ve halk sağlığı açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. İnorganik mikrokirletici olan ağır metallerin Matlab2023b programı ile çok katmanlı yapay sinir ağlarıyla tahmin modelleri geliştirilmiştir. Sızıntı suyunda bulunan ağır metaller 14 adet kirletici parametresi girdi olarak kullanılmış, 7 ile 20 sayısı arasında gizli nöron, çıktıda tek nöron hesaplanarak R^2 0.98 ve üzerinde bir tahmin etme modeli oluşturulmuştur.

Yapılan bu tez çalışmada sızıntı suyundaki tüm kirletici konsantrasyonlarının mevsimsel olarak farklılık gösterdiği görülmektedir. Analizler sonucu genç-orta yaş aralığında bulunan bu DDT alanı için literatür çalışmasına göre konsantrasyon değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sızıntı Su, Çevre Sağlığı, Trend Analizi, YSA, Ağır Metaller.

Haziran, 2025; 152 sayfa

PhD. THESIS

DETECTION AND MODELING OF SOME MICRO POLLUTANTS IN LEACHATE

Oya ÖZEL GÜRBÜZ

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Güliden GÖK

ABSTRACT

One of the causes of environmental pollution is micro-pollutants. These micro-pollutants can remain in nature for years, causing toxic effects by mixing into the ecosystem. Due to the resistant structures of micro-pollutants in nature, they must be disposed of. Heavy metals found in leachate from sanitary landfills pose a serious threat to living organisms and natural life. The pollution concentration of leachate can vary depending on factors such as environmental conditions and the composition of the stored waste. Waste brought to sanitary landfills along with domestic waste may contain heavy metals.

Within the scope of this study, samples were collected from the leachate of the solid waste regular storage area in Niğde province over a period of 52 weeks, and the pollutant parameters, meteorological data, and heavy metals (As, Ni, Cr, Cu, Cd, Mn, Co, Pb, Zn, Fe) were identified using polynomial linear regression and trend analysis. using the ‘Trend Analysis for Windows, Delphi 7.0’ program, and an assessment was made at a 95% confidence level in terms of environmental and public health. Prediction models for heavy metals, which are inorganic micro-pollutants, were developed using the Matlab2023b program with multi-layer artificial neural networks. The heavy metals found in the seepage water were used as 14 pollutant parameters, with 7 to 20 hidden neurons and a single output neuron, resulting in a prediction model with an R^2 value of 0.98 or higher.

In this thesis study, it was observed that all contaminant concentrations in the leachate water varied seasonally. As a result of the analyses, it was determined that the concentration values were below those reported in the literature for this DDT area, which is in the young-middle age range.

Keywords: Leachate, Environmental Health, Trend Analysis, ANN, Heavy Metals.

June, 2025; 152 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çöplükte mikro plastiklerin ve nano plastiklerin oluşum mekanizması ve bunların sızıntı suyundaki kirleticilerle birleştirme reaksiyonu.	1
Şekil 1.2. Depolama sahası sızıntı suyu bileşenlerinin kısa vadeli ve uzun vadeli tehlikeli etkileri.....	2
Şekil 2.1. Sızıntı suların ve çöplerin etkileşimi.	5
Şekil 2.2. Yapay sinir ağlarının temel özellikleri.	10
Şekil 2.3. Biyolojik ve yapay nöron yapısı.....	10
Şekil 2.4. Tek katmanlı algılayıcı yapısı.....	11
Şekil 2.5. İleri ve geri beslemeli yapay sinir ağları.....	12
Şekil 2.6. Çok katmanlı fonksiyonlu YSA yapısı.	12
Şekil 2.7. Radyal tabanlı fonksiyon YSA yapısı.....	13
Şekil 2.8. Bir yapay nöronun modeli.	13
Şekil 2.9. Doğrusal fonksiyon, sigmoid, hiperbolik tanjant fonksiyonlarına ait grafik ve açıklamaları.	14
Şekil 3.1. Tez çalışma modeli.	24
Şekil 3.2. a. Niğde'nin konumu, b. Niğde düzenli depolama sahası c. Sızıntı suyu havuzu.....	25
Şekil 3.3. Niğde ili katı atık aktarma istasyonları a.Bor, b.Ulukışla, c. Altunhisar, d. Çamardı.	26
Şekil 3.4. F tayini kiti.....	27
Şekil 3.5. CN ⁻ tayini.....	28
Şekil 3.6. KOİ tayini.	29
Şekil 3.7. Yağ-gres tayini.....	30
Şekil 3.8. TKM tayini.	31
Şekil 3.9. EC ve pH tayini.	31
Şekil 3.10. Ağır metal analizinde kullanılan cihazlar a.CEM MARS5, b. Thermo X Series 2.	33
Şekil 3.11. Cd, Zn kalibrasyon eğri grafikleri, konsantrasyon/ICPS.....	33
Şekil 3.12. Cr, Mn, Fe, Co kalibrasyon eğri grafikleri, konsantrasyon/ICPS.....	34
Şekil 3.13. Ni, Cu, Zn, As kalibrasyon eğri grafikleri, konsantrasyon/ICPS.	35
Şekil 3.14. As için oluşturulan YSA modeli.....	38
Şekil 4.1. Sızıntı suyunun alındığı yılın sıcaklık değeri değişimi(°C-Ay).....	40
Şekil 4.2. Yıllık sıcaklık değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) - u'(t) grafikleri.	41
Şekil 4.3. Sızıntı suyunun alındığı yılın yağış değeri değişimi (mm).....	42
Şekil 4.4. Yıllık yağış değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	43
Şekil 4.5. Sızıntı suyunun alındığı yılın buharlaşma değeri değişimi(mm-Ay).	44
Şekil 4.6. Yıllık buharlaşma değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.....	45
Şekil 4.7. Sızıntı suyunun alındığı yılın düzenli depolama tesisine gelen atık miktarı değişimi (ton/ay).	46
Şekil 4.8. Düzenli depolamaya gelen katı atık miktarının mevsimsel ve yıllık değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	47
Şekil 4.9. Sızıntı suyunun yıllık pH değeri değişimi.	48

Şekil 4.10. Sızıntı suyundaki yıllık pH değerlerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	49
Şekil 4.11. Sızıntı suyunun yıllık KOİ konsantrasyonu değişimi (mgO ₂ /L-ay).	50
Şekil 4.12. Sızıntı suyundaki yıllık KOİ konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	51
Şekil 4.13. Sızıntı suyunun mevsimsel ve yıllık yağ konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	52
Şekil 4.14. Sızıntı suyundaki yıllık yağ-gres konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	53
Şekil 4.15. Sızıntı suyunun yıllık arsenik konsantrasyonu değişimi(mg/L-ay).	54
Şekil 4.16. Sızıntı suyundaki yıllık arsenik konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	55
Şekil 4.17. Sızıntı suyunun mevsimsel ve yıllık Co konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	56
Şekil 4.18. Sızıntı suyundaki yıllık Co konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	57
Şekil 4.19. Sızıntı suyunun yıllık toplam katı madde konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	58
Şekil 4.20. Sızıntı suyundaki yıllık toplam katı madde konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	59
Şekil 4.21. Sızıntı suyunun yıllık Cr konsantrasyonu değişimi(mg/L-ay).	60
Şekil 4.22. Sızıntı suyundaki yıllık Cr konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	61
Şekil 4.23. Sızıntı suyunun yıllık Cu konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	62
Şekil 4.24. Sızıntı suyundaki yıllık Cu konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	63
Şekil 4.25. Sızıntı suyunun yıllık Cd konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	64
Şekil 4.26. Sızıntı suyundaki yıllık Cd konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	65
Şekil 4.27. Sızıntı suyunun yıllık Mn konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	66
Şekil 4.28. Sızıntı suyundaki yıllık Mn konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	67
Şekil 4.29. Sızıntı suyunun mevsimsel ve yıllık Ni konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	68
Şekil 4.30. Sızıntı suyundaki yıllık Ni konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	69
Şekil 4.31. Sızıntı suyunun mevsimsel ve yıllık CN konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	70
Şekil 4.32. Sızıntı suyundaki mevsimsel ve yıllık CN konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	71
Şekil 4.33. Sızıntı suyunun yıllık PO ₄ konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	72
Şekil 4.34. Sızıntı suyundaki yıllık PO ₄ konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi Sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	73
Şekil 4.35. Sızıntı suyunun yıllık fosfor konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	74
Şekil 4.36. Sızıntı suyunun yıllık EC konsantrasyonu değişimi (mS/cm -ay).	75
Şekil 4.37. Sızıntı suyundaki yıllık EC konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.	76
Şekil 4.38. Sızıntı suyunun yıllık TN konsantrasyonu (mg/L-ay).	77
Şekil 4.39. Sızıntı suyunun yıllık F konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	78

Şekil 4.40. Sızıntı suyundaki yıllık F konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.	79
Şekil 4.41. Sızıntı suyunun yıllık renk değişimi (Pt-Co/ay).	80
Şekil 4.42. Sızıntı suyundaki yıllık renk değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.	81
Şekil 4.43. Sızıntı suyunun yıllık Pb konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	82
Şekil 4.44. Sızıntı suyundaki yıllık Pb konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.	83
Şekil 4.45. Sızıntı suyunun yıllık Zn konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	84
Şekil 4.46. Sızıntı suyundaki yıllık Zn konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.	85
Şekil 4.47. Sızıntı suyunun yıllık Fe konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).	86
Şekil 4.48. As için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.	90
Şekil 4.49. YSA model ve yapısı.	90
Şekil 4.50. YSA analizi regresyon sonuçları.	91
Şekil 4.51. As için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.	91
Şekil 4.52. As konsantrasyonunun aylara göre YSA tahmini ve gerçek As konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.	92
Şekil 4.53. YSA tahmini ve ölçülen As değerlerinin karşılaştırılması.	92
Şekil 4.54. Cu için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.	94
Şekil 4.55. YSA model ve ağ yapısı.	94
Şekil 4.56. YSA analizi regresyon sonuçları.	95
Şekil 4.57. Oluşturulan Cu için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.	95
Şekil 4.58. Cu konsantrasyonunun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Cu konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.	96
Şekil 4.59. YSA tahmini ve ölçülen Cu değerlerinin karşılaştırılması.	96
Şekil 4.60. Zn için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.	98
Şekil 4.61. YSA model ve yapısı.	98
Şekil 4.62. YSA analizi regresyon sonuçları.	99
Şekil 4.63. Oluşturulan Zn için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.	99
Şekil 4.64. Zn konsantrasyonunun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Zn konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.	100
Şekil 4.65. YSA tahmini ve ölçülen Zn değerlerinin karşılaştırılması.	100
Şekil 4.66. Cd için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.	102
Şekil 4.67. YSA model ve yapısı.	102
Şekil 4.68. YSA analizi regresyon sonuçları.	103
Şekil 4.69. Oluşturulan Cd için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.	103
Şekil 4.70. Cd konsantrasyonunun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Cd konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.	104
Şekil 4.71. YSA tahmini ve ölçülen Cd değerlerinin karşılaştırılması.	104
Şekil 4.72. Co için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.	106
Şekil 4.73. YSA model ve ağ yapısı.	106

Şekil 4.74. YSA analizi regresyon sonuçları.	107
Şekil 4.75. Oluşturulan Co için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.	107
Şekil 4.76. Co konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Co konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.	108
Şekil 4.77. YSA tahmini ve ölçülen Co değerlerinin karşılaştırılması.	108
Şekil 4.78. Cr için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.	110
Şekil 4.79. YSA modeli ve yapısı.	110
Şekil 4.80. YSA analizi regresyon sonuçları.	111
Şekil 4.81. Oluşturulan Cr için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.	111
Şekil 4.82. Cr konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Cr konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.	112
Şekil 4.83. YSA tahmini ve ölçülen Cr değerlerinin karşılaştırılması.	112
Şekil 4.84. Pb için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.	114
Şekil 4.85. YSA model ve ağ yapısı.	114
Şekil 4.86. YSA analizi regresyon sonuçları.	115
Şekil 4.87. Oluşturulan Pb için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.	115
Şekil 4.88. Pb konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Pb konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.	116
Şekil 4.89. YSA tahmini ve ölçülen Pb değerlerinin karşılaştırılması.	116
Şekil 4.90. Mn için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.	118
Şekil 4.91. YSA model ve ağ yapısı.	118
Şekil 4.92. YSA analizi regresyon sonuçları.	119
Şekil 4.93. Oluşturulan Mn için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.	119
Şekil 4.94. Mn konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Mn konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.	120
Şekil 4.95. YSA tahmini ve ölçülen Mn değerlerinin karşılaştırılması.	120
Şekil 4.96. Ni için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.	122
Şekil 4.97. YSA model ve yapısı.	122
Şekil 4.98. YSA analizi regresyon sonuçları.	123
Şekil 4.99. Oluşturulan Ni için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.	123
Şekil 4.100. Ni konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Ni konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.	124
Şekil 4.101. YSA tahmini ve ölçülen Ni değerlerinin karşılaştırılması.	124
Şekil 4.102. Ağır metallerin YSA tahmin modelleri.	126

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ağır metallerin özellikleri ile çevresel riskleri.	5
Çizelge 2.2. YSA elemanları ve açıklamaları.	14
Çizelge 3.1. Parametrelerin metot ve standartları.	27
Çizelge 3.2. Ağır metal ölçümü için ICP-MS koşulları.	33
Çizelge 4.1. Tez çalışmasında kullanılan yıllık sızıntı suyu karakteristiği.	39
Çizelge 4.2. Sızıntı suyundaki sıcaklık değerlerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	40
Çizelge 4.3. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık sıcaklık trend analizi sonuçları.	41
Çizelge 4.4. Yıllık yağış değerlerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, toplam, R^2 değerleri.	42
Çizelge 4.5. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık yağış trend analizi sonuçları.	43
Çizelge 4.6. Yıllık buharlaşma değerlerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, toplam, R^2 değerleri.	44
Çizelge 4.7. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık buharlaşma trend analizi sonuçları.	45
Çizelge 4.8. Yıllık atık miktarı değerlerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	46
Çizelge 4.9. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık atık miktarı trend analizi sonuçları.	47
Çizelge 4.10. Sızıntı suyundaki pH değerlerinin yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	48
Çizelge 4.11. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık pH trend analizi sonuçları.	49
Çizelge 4.12. Sızıntı suyundaki KOİ konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	50
Çizelge 4.13. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık KOİ trend analizi sonuçları.	51
Çizelge 4.14. Sızıntı suyundaki yağ ve gres konsantrasyonunun farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	52
Çizelge 4.15. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yağ ve gres trend analizi sonuçları.	53
Çizelge 4.16. Sızıntı suyundaki As konsantrasyonunun farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	54
Çizelge 4.17. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre trend analizi sonuçları.	55
Çizelge 4.18. Sızıntı suyundaki Co konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	56
Çizelge 4.19. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Co değerlerin trend analizi sonuçları.	57
Çizelge 4.20. Sızıntı suyundaki toplam katı madde konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	58
Çizelge 4.21. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre TKM değerlerin trend analizi sonuçları.	59
Çizelge 4.22. Sızıntı suyundaki Cr konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	60

Çizelge 4.23. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Cr trend analizi sonuçları.	61
Çizelge 4.24. Sızıntı suyundaki Cu konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	62
Çizelge 4.25. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Cu trend analizi sonuçları.	63
Çizelge 4.26. Sızıntı suyundaki Cd konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	64
Çizelge 4.27. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Cd trend analizi sonuçları.	65
Çizelge 4.28. Sızıntı suyundaki Mn konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	66
Çizelge 4.29. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Mn trend analizi sonuçları.	67
Çizelge 4.30. Sızıntı suyundaki Ni konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	68
Çizelge 4.31. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Ni trend analizi sonuçları.	69
Çizelge 4.32. Sızıntı suyundaki CN konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	70
Çizelge 4.33. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre CN trend analizi sonuçları.	71
Çizelge 4.34. Sızıntı suyundaki PO_4 konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	72
Çizelge 4.35. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre PO_4 trend analizi sonuçları.	73
Çizelge 4.36. Sızıntı suyundaki fosfor konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	74
Çizelge 4.37. Sızıntı suyundaki EC konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	75
Çizelge 4.38. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre EC trend analizi sonuçları.	76
Çizelge 4.39. Sızıntı suyundaki TN konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	77
Çizelge 4.40. Sızıntı suyundaki F konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	78
Çizelge 4.41. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre F trend analizi sonuçları.	79
Çizelge 4.42. Sızıntı suyundaki renk değerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	80
Çizelge 4.43. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre renk parametresinin trend analizi sonuçları.	81
Çizelge 4.44. Sızıntı suyundaki Pb konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	82
Çizelge 4.45. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Pb trend analizi sonuçları.	83
Çizelge 4.46. Sızıntı suyundaki Zn konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	84

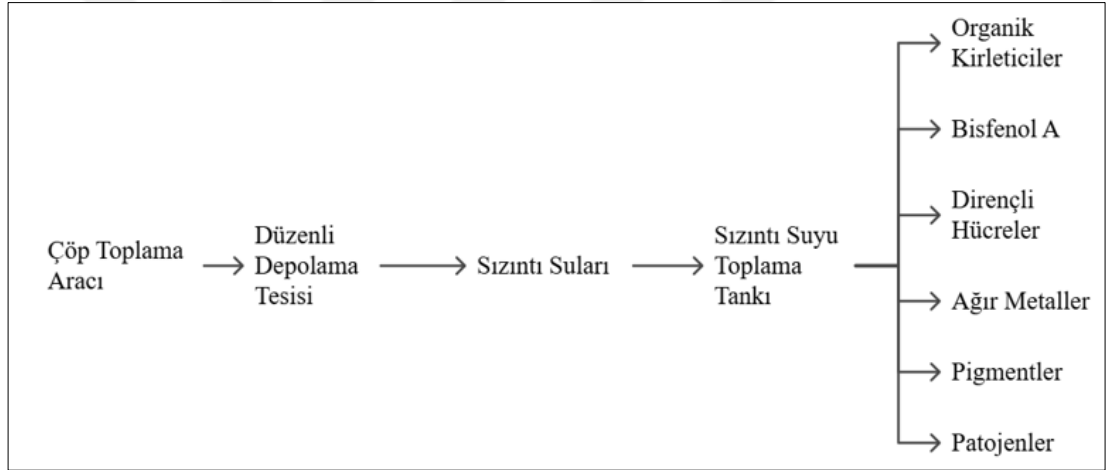
Çizelge 4.47. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Zn trend analizi sonuçları.	85
Çizelge 4.48. Sızıntı suyundaki Fe konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.	86
Çizelge 4.49. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.	89
Çizelge 4.50. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.	92
Çizelge 4.51. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.	93
Çizelge 4.52. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.	97
Çizelge 4.53. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.	97
Çizelge 4.54. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.	101
Çizelge 4.55. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.	101
Çizelge 4.56. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.	105
Çizelge 4.57. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.	105
Çizelge 4.58. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.	109
Çizelge 4.59. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.	109
Çizelge 4.60. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.	113
Çizelge 4.61. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.	113
Çizelge 4.62. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.	117
Çizelge 4.63. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.	117
Çizelge 4.64. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.	121
Çizelge 4.65. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.	121
Çizelge 4.66. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.	125
Çizelge 4.67. Ağır metallerin YSA tahmin modelleri.	125

SİMGELER VE KISALTMALAR

As	Arsenik
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
Cd	Kadmiyum
CN	Siyanür
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
ÇKAA	Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ
DAS	Potasyum dikromat
DDT	Düzenli Depolama Tesis
EC	Elektriksel İletkenlik
EU	Avrupa Birliği
Fe	Demir
F	Florür
ICP-OES	Endüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektrometrisi
KOB	Ksenobiyotik Organik Bileşikler
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LM	Levenberg Marquardt algoritması
Mn	Mangan
MKT	Mann-Kendall Testi
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
R²	Belirleme Katsayısı
RMSE	Ortalama Hatanın Karekökü
SKYY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SM	Standart Metotlar
St. Sapma	Standart Sapma
SRT	Spearman Rho Testi
TBA	Temel Bileşen Analizi
TKM	Toplam Katı Madde
TN	Toplam Azot
TON	Toplam Oksitlenmiş Azot
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UK	Birleşik Krallık
USEPA	Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
YSA	Yapay Sinir Ağları
Zn	Çinko
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

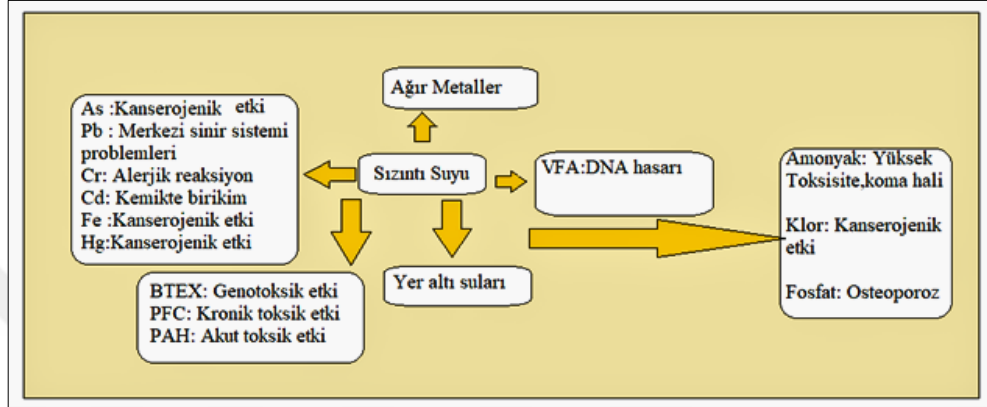
Dünya genelinde nüfus ile yaşam standartların artışı sonucu önemli çevresel bir sorun olan katı atık miktarını arttırmıştır. Bu atıkların düzensiz şekilde bertaraf edilmesi de tehlikeli bir durum yaratabilmektedir. Katı atık sahalarından ekosisteme toksik elementlerin yayılabilme riski bulunmaktadır. Sızıntı suları kirletici konsantrasyonu depolama sahasının kapanma süresiyle ilişkilidir. Sızıntı suyunun eko toksisite arasındaki bağlantı araştırılması için daha çok araştırma yapılmalıdır. Sızıntı suları inorganik, organik ve ağır metalleri içermekte ve oldukça tehlikeli bir sıvı olup çevre için çok risklidir (Mohanty vd., 2022). Çöplükte mikro plastiklerin ve nano plastiklerin oluşum mekanizması ve bunların sızıntı suyundaki kirleticilerle birleştirme reaksiyonu Şekil 1.1’de verilmiştir (M. Shen vd., 2022). Sızıntı sularında ağır metaller, patojenler, pigmentler, organik kirleticiler gibi ürünler bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çöplükte mikro plastiklerin ve nano plastiklerin oluşum mekanizması ve bunların sızıntı suyundaki kirleticilerle birleştirme reaksiyonu.

Düzenli depolama içindeki kütle transferi ile kirlilik konsantrasyonu sızıntı suyunda belirlemektedir. Sızıntı sularının kirletici konsantrasyonu iklim, hidrojeolojik koşullar, düzenli depolama alanının işletimindeki farklılıklar, atık çeşitleri, düzenli depolamadaki proses faktörlerinden etkilenmektedir. Kar erimesi, yağışlar, sıcaklık gibi etkenler sızıntı suyu miktarını ve mikrobiyal aktiviteyi de değiştirebilmektedir. DDT sahalarındaki sızıntı suyu yeraltı suyuna karışabilmektedir. Atıkların özellikleri, atıklara uygulanan ön işlemlerde sızıntı suyunun organik kompozisyonunu azaltabilmektedir. Sızıntı sularının arıtımında maliyet, deşarj kriterleri, sızıntı suyunun kirletici içeriği, zararlılık potansiyeli gibi şartlar göz önünde bulundurulması

gerekmektedir (Orkun, 2007). Sızıntı sularındaki metal iyon konsantrasyonları mevsime göre değişiklik gösterebilmektedir. Bakır ve çinko konsantrasyonu kurak mevsime göre yağışlı mevsimlerde yüksek seyredabilmektedir (Mavakala vd., 2016). Şekil 1.2’de Depolama sahası sızıntı suyu bileşenlerinin kısa vadeli ve uzun vadeli tehlikeli etkileri verilmiştir. Sızıntı sularında bulunan arsenik, civa, demir, klor kirleticileri kanserojenik etki yapmaktadır.



Şekil 1.2. Depolama sahası sızıntı suyu bileşenlerinin kısa vadeli ve uzun vadeli tehlikeli etkileri.

Kurşun merkezi sinir hastalıklarına, kadmiyum kemikte birikme gibi halk sağlığını bozucu etkiler yaratabilmektedir. Ksenobiyotik organik karbonlar sızıntı suyunda toksisite oluşturmaktadır (Wijekoon vd., 2022).

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Evsel katı atıkların bertarafı için genellikle uygun maliyetli düzenli depolama tesisi tercih edilmektedir. Fakat depolama alanında oluşan sızıntı suları ise kullanılan bertaraf yöntemin dezavantajı olarak görülmektedir. Çöp depolama sahalarında oksijenli ve oksijensiz solunum yapan mikroorganizmalarca katı atıkları parçalayarak biyolojik olarak ayrışması sonucu oluşan sıvılara sızıntı suları olarak tanımlanır (Topal vd., 2011). Bahsedilen bu sular genellikle organik ve inorganik kirleticiler içermekte olup, arıtımı da birleşik arıtım sistemleri gerektirmektedir. Sızıntı suları yüksek toksisiteye sahip sular olup insan sağlığı için kanserojenik etkilerde bulunmaktadır. Sızıntı suların içeriğinin kirletici yüküne göre arıtılması da değişiklik göstermektedir. Dünyada 2017 itibariyle katı atık düzenli depolama sahalarının oranı sırasıyla Brezilya ve Çin’de %61-80, Rusya ve Türkiye’de %81-100, Amerika Birleşik Devletleri’nde

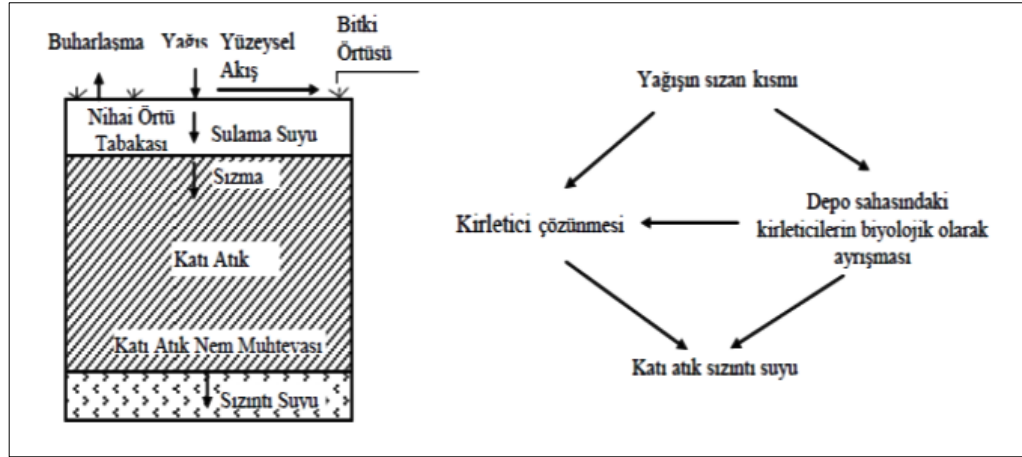
%41-60, Norveç'te %0-20 aralığındadır. Deponi alanı sızıntı sularından azot ve fosfor gibi nutrientlerin geri kazanımı ile gübre elde etme, karbon nötrlüğe kadar faydaları bulunmaktadır (Kurniawan vd., 2022). Farmosotik ilaçların atıklarından civa türleri kaynaklanmaktadır (Khoo vd., 2021).

Görüldüğü üzere sızıntı sularında bulunabilen kirletici nedenlerini sayarsak, ilaçlar, tarım ilaçları, ağır metaller, kişisel bakım ürünleri gibi kirletici unsurlarından sayılabilir. Bu çalışmanın önemi katı atık düzenli depolama sahasından alınacak sızıntı suyunun kirletici konsantrasyonlarının mevsimsel değişiminden etkilenebilirliği araştırılmıştır. Bu çalışmanın hedefi sızıntı suyundaki kirleticilerin çevresel açıdan riskli olup olmadığı tespit edilmesi olup, farklı düzenli depolama alanlarında oluşan sızıntı suyundaki kirleticilerin konsantrasyonunu tahmin edebilmektir. Niğde İl'inde bulunan DDT alanı sızıntı suları ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu yüzden bu çalışma da 12 aylık bir süreçte (52 hafta, Kasım 2022 – Ekim 2023) Niğde Katı Atık Düzenli Depolama sahasından alınan sızıntı sularının haftalık toplanıp kirleticilerin tespit edilmesi hedeflenerek inorganik mikro kirletici olan ağır metallerin YSA ile tahmini hedeflenmiştir. Laboratuvar analizleri sonuçlarına göre herhangi bir kirleticinin mevsimsel gibi faktörlere bağlı olarak değişimi gözlenmesi için trend analizi yapılmıştır. Parametrelerin arasındaki ilişkiyi gözlemlemek için istatistiksel korelasyon ve temel bileşen analizi yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Sızıntı Suyu ve Mikrokirleticiler

Sosyoekonomik refah ve nüfus artışı, evsel atıkların sadece miktarını değil türlerini de artırmıştır (Ozbay vd., 2021). Belediye atık yönetimi, genel bir perspektiften bakıldığında, kaynakların korunması ve çevrenin korunması için sürdürülebilir kalkınmanın kaçınılmaz bir unsurudur. Bunun en genel şekli, atıkların çevresel etkilerinin en aza indirildiği kontrollü sahalara boşaltılmasıdır; buna düzenli depolama ya da sadece düzenli depolama denir (Ghanbarzadeh Lak vd., 2024). Katı atık yönetiminde olduğu gibi, bir çevresel sorunun çözümü başka bir sorunun nedeni olabilir. Sızıntı suyu, biyolojik, kimyasal ve fiziksel faktörlerin önemli rol oynadığı, çöpe atılan katı atıkların bir yan ürünüdür (Yaashikaa vd., 2022). Yağışlar öncelikle düzenli depolama sahası atık katmanlarından çökeltme yoluyla sızıntı suyu oluşturur (Christensen vd., 2001). Sızıntı suyu oluşumunu etkileyen diğer faktörler, dökülen atığın başlangıçtaki nem içeriği (Ke vd., 2022), düzenli depolama sahalarının tasarımı ve işletme koşulları (Ghaffariraad vd., 2022) ve dökülen atığın organik bileşimidir (Gunarathne vd., 2024). Hidroliz, asidojenez ve metanojenez gibi biyokimyasal süreçler, sızıntı suyu oluşturmak için düzenli depolama katmanlarındaki organik atıkları parçalar (Gunarathne vd., 2024). Sızıntı suyu, katı atığın sıvı formu olarak da tanımlanabilir; su katı atık katmanlarından geçerken, kirleticiler sıvıya aktarılarak kirlenmiş, yüksek derecede kirli tehlikeli bir atık su oluşturur (Ghosh vd., 2023). Sızıntı suyundaki bu farklı türdeki maddeler, alıcı ortamlar üzerinde akut etkilere sahip olabilir ve sonuçta ekosistemler üzerinde uzun vadeli etkileri olacaktır (Gunarathne vd., 2024). Düzenli depolama alanında oluşan sızıntı suları depolama yerinde ya da kentsel atıksu arıtma tesislerine boru ile bağlanarak arıtılmaktadır. Düzenli depolama da oluşturulan katı atık hücrelerine yerleştirilen çöplerden (katı atıklardan) suyun geçişi Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Sızıntı suların ve çöplerin etkileşimi.

Düzenli depolamadaki katı atıklar küçük lotlara yerleştirilerek sızıntı suyunun oluşumu azaltılmaktadır. Yağışlarla gelen sular depolama alanında ayrı toplanarak sızıntı suyuna karıştırılmaması öngörülmektedir (Öztürk, 2011). Çizelge 2.1’de As, Ni, Cr, Cu, Cd, Mn, Co, Pb, Zn ve Fe elementlerin özellikleri ile çevresel riskleri verilmiştir (Jomova vd., 2025).

Çizelge 2.1. Ağır metallerin özellikleri ile çevresel riskleri.

Element	Atom No	Oksidasyon Durumu	Toksosite	Biyolojik görev	Çevre Sağlığı Etkileri
As	33	+3, +5	Kanserojen	Yoktur	Yüzeysel ve içme suyunda bulunabilmektedir.
Ni	28	+2, +3	Alerjen. Kanserojen	Eser miktarda	Toprak ve bitki bünyesinde birikebilmektedir.
Cr	24	+3, +6	Cr (+6) Kanserojen	Cr+3 eser miktarda	Sanayi türü atıklarda bulunarak çevreyi kirlenmektedir.
Cu	29	+1, +2	İnhibe eden	Eser element	Su canlılarında bünyelerinde birikmektedir.
Cd	48	2	Böbrek inhibesi. Kanserojen	Yoktur	Canlıların bünyesinde birikim yapabilmektedir.
Mn	25	+2, +4, +7	Sinir sistemi zararı	Eser element	Yer altı sularında doğal olarak bulunur
Co	27	+2, +3	Yüksek dozda zararlı	Vitamin B12 de bulunur	Sanayi türü atıklardan bulunabilmektedir.
Pb	82	+2, +4	Nörotoksik	Yoktur	Akü gibi atıklarda bulunabilmektedir.
Zn	30	2	Yüksek dozda zararlı	Eser element	Canlıların bünyesinde birikim yaparak toksik etki oluşturur.
Fe	26	+2, +3	Yüksek dozda zararlı	Hemoglobinde bulunur	Sularda doğal olarak bulunabilmektedir.

Düzenli depolama sahasının yetersiz işletme seçenekleri, toprağın geçirgenliği ve düzenli depolama sahasındaki atık türlerinin çeşitliliği, sızıntı suyunun bitişikteki alıcı ortama taşınmasına neden olabilir (Das ve Raj, 2025). Sızıntı suyu toprağı, yüzey suyunu ve yeraltı suyunu toksik olarak etkileyebilir. Yeraltı suyu seviyesine yakınlık ve yağış, sızıntı suyundaki kirlenicilerin yeraltı suyuna aktarılmasına ve kalitesini

hemen düşürmesine neden olabilecek başlıca unsurlardır (Dagwar ve Dutta, 2024). Sızıntı suyu kirliliğinin yeraltı suyunu kirletmesi, yerel halk için halk sağlığına yönelik bir tehdit oluşturmaktadır (Huang vd., 2022). Sızıntı suyu birikintisi, toprağın geçirgenliğini azaltarak hidrolik iletkenliği engelleyebilir (Lu vd., 2020) ve toprağın fiziksel özellikleri üzerinde çeşitli etkileri vardır (Emami vd., 2019). Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerde, arıtılmamış ham sızıntı suyunun flora ve fauna üzerinde toksikolojik etkileri vardır. Sızıntı suyunda ağır metallerin ve ksenobiyotik organik bileşiklerin (KOB) bulunması, bu kirleticiler insanlar için kanserojen olduğundan ekotoksikolojik bir özellik taşımaktadır (Gaur vd., 2024). Mikroplastikler gibi sızıntı suyundaki yeni kirleticiler, suda yaşayan toplulukların embriyolarının gelişimini bozabilir ve mikroorganizmalar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir (Sun vd., 2024).

Atık su arıtımında KOİ, BOİ, pH, askıda katı madde, azot ve ağır metaller gibi temel parametreler sızıntı suyu kalitesini karakterize etmek için kullanılabilir (Renou vd., 2008). Sızıntı suyunun bu parametrelerinin izlenmesi, sızıntı suyunun alıcı ortam üzerindeki potansiyel çevresel etkilerinin değerlendirilmesine, düzenli depolama faaliyetleri sırasında düzenleyici standartlara uygunluğun sağlanmasına (Dos Santos vd., 2023) ve kirlilik potansiyelini azaltmak için arıtma seçeneklerinin belirlenmesine yardımcı olur (Saxena vd., 2022). Sızıntı suları çöp depolama sahalarında oksijenli ve oksijensiz solunum yapan mikroorganizmalarca katı atıkları parçalayarak biyolojik olarak ayrışması sonucu oluşan sıvılardır. Sızıntı suların içerdikleri zararlı bileşikler nedeniyle doğaya verilmeden önce arıtılması gerekmektedir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler ile sızıntı suları arıtılmaması durumunda ileri arıtma teknolojileri kullanılmaktadır, fakat bu teknolojilerin kullanılması arıtma maliyetini arttırmaktadır. Ekonomik yöntem olarak doğal yöntemler ile sızıntı suları arıtılabilmektedir. Sızıntı sularının miktarını depolama sahası bölgesine yağan yağmur suları, toprak eğimi ve toprak geçirgenliği gibi faktörler etkilemektedir. Sızıntı sularında azot, iz elementler gibi önemli kirleticiler bulunmaktadır.

Katı atık bozunma dört aşamadan meydana gelmektedir. Hidroliz ve asidifikasyon aşamasında toprak altında hapsedilen oksijen ve organik madde oksijenli solunum yapan mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılır. Metan üretimi aşamasında ayrıştırılan

organik maddeler fakültatif ve anaerobik mikroorganizmalar tarafından uçucu yağ asitleri meydana getirirler. Uçucu yağ asitleri metanojenik mikroorganizmalar ile metan ve karbondioksit gazına dönüşmektedir. Son aşama olan sızıntı suyu kararlı hale dönüşür. Deponi alanlarda oluşan sızıntı suları depolamada kaldığı sürelerce yaşlı ve genç olarak değerlendirilmektedir. Buna göre yaşlı sızıntı sularında amonyak azotu yüksek miktarda, genç sızıntı sularında azot konsantrasyonları düşük miktardadır. Sızıntı suları arazide arıtma yöntemlerinden hızlı infiltrasyon, arazi üzerinde akıtma, sulak alanlar ile kirletici bertarafı doğal yöntemlerle yapılmaktadır (Topal vd., 2011). Deponi alanlardan kaynaklanan sızıntı suları ilk üç yıl içerisinde KOİ konsantrasyonu 10000 mg/L ile 60000 mg/L'ye ulaşmakta ve endüstriyel atıksulara göre de daha değişken olabilmektedir. Bu değişkenlik deponi alanının yaşına, deponi atık sahasının derinliği gibi birçok faktör etkilemektedir. Sızıntı suları ileri oksidasyon yöntemi, anaerobik akışkan yataklı reaktör ile bertarafı sağlanabilmektedir (Gülşen ve Turan, 2009). Farklı kimyasal birleşime sahip deponi sızıntı suları çevre sağlığını tehdit etmektedir (Özel, 2018). Evsel katı atıkların bertarafı için genellikle uygun maliyetli düzenli depolama tesisi tercih edilmektedir. Fakat depolama alanında oluşan sızıntı suları ise kullanılan bertaraf yöntemin dezavantajı olarak görülmektedir. Bahsedilen bu sular genellikle organik ve inorganik kirleticiler içermekte olup, arıtımı da birleşik arıtım sistemleri gerektirmektedir (Doğan vd., 2018).

Sızıntı suları yüksek toksisiteye sahip sular olup insan sağlığı için kanserojenik etkilerde bulunmaktadır. Sızıntı suların içeriğinin kirletici yüküne göre arıtılması da değişiklik göstermektedir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım yöntemlerin sadece biri ile sızıntı suları arıtılamaması mümkün olabilmektedir. Deponi alanlar bu yüzden iyi yönetilmelidir (Bayhan, 2015).

Katı atık düzenli depolama alanında oluşan sızıntı sularına karakteristik özelliklerine göre; KOİ konsantrasyonu 3000- 60000 mg/L, BOİ konsantrasyonu 2000- 40000 mg/L arasında değişmektedir. TOK konsantrasyonu 1500 ile 20000 mg/L arasında, alkalinite 1000 ile 10000 mg/L aralığındadır. Amonyak azotu konsantrasyonu 10 ile 2.040 mg/L, TKN konsantrasyonu 100 ile 1000 mg/L arasında ölçülmektedir. Sülfat konsantrasyonları 50 ile 100 mg/L arasında değişirken, fosfat konsantrasyonu 5 ile 100 mg/L, klorür konsantrasyonu 200 ile 3000 mg/L aralığındadır. Fe konsantrasyonu 50

ile 1200 mg/L, Cd konsantrasyonu 0.5 ile 140 mg/L, kurşun 8 ile 1020 mg/L, Cu konsantrasyonu 4 ile 1400 mg/L, Cr(toplam) konsantrasyonu 30 ile 1600 mg/L, Ni konsantrasyonu 0.1 ile 140 mg/L ve Zn konsantrasyonu 0.1 ile 1.5 mg/L arasında değişen değerlerde bulunabilmektedir. Ayrıca, pH değerleri 4.5 ile 8.5 arasında değişmekte olup, bu kirletici parametreleri sızıntı suyun kalitesini değerlendirmede önemli göstergelerdir. (Duran ve Cuci, 2016). Buna göre sızıntı suyu içeriği farklı ve yüksek konsantrasyonlarda kirletici parametrelerine sahiptir. Düzenli depolama alanına gelen atık çeşitleri sızıntı suyu karakterini de etkilemektedir. Deponilerde yapışmaz tencereler, diş ipi, floresan, ev temizleyicileri, ojeler, süresi geçmiş ve istenmeyen ilaçlar sızıntı sularında organik mikrokirleticiler olarak bulunurlar.

Mikrokirleticiler önemli çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir. Bu tür kirleticiler ilaç, tarım ilaçların yapısında olup ekosisteme karışarak çevre sağlığını tehdit etmektedir. Mikrokirleticiler doğal ortamlarda stabil (kararlı) ve toksik etki göstermektedir. Mikrokirleticiler doğada yaşam döngülerinde yer almaktadır. Kullanım geçerlilik süresi bitmiş olan ilaç artıkların çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden imha edilmesi gerekmektedir. Evlerde oluşan ilaçların yaklaşık %80'i katı atık olarak çöpe gitmektedir (Pisharody vd., 2022). Mikrokirleticiler canlılarda mutajenik, kronik gibi zararlı etki yapabilmektedir. Mikrokirleticiler inorganik ve organik özelliktedir. Mikroplastik maddeler, tarım ilaçları organik mikrokirletici, metal ve yarı metaller ise inorganik mikrokirleticilere birer örnektir (Palas vd., 2017). Düzenli depolamada tesisinde mikrokirletici kirliliğini önlemek için atık ilaçları ayrı bir atık konteynırı ile toplanması sağlanarak evsel atıkların içine karışması engellenmesi sağlanmalıdır (Ceylan ve Korkmaz, 2019). Mikrokirleticilerin insan sağlığı açısından zararlı ciddi etkilere sahiptir. İnsanlarda kardiyovasküler bozukluk, hipertansiyon, obezite, anemi, hafıza yetersizliği, göğüs kanseri gibi hastalıklar oluşturmaktadır (Khan vd., 2021).

Avustralya 'da düzenli depolama tesisinden kaynaklanan sızıntı sularının toprağa ve yer altı sularına karışmasını engellemek için kirliliğe duyarlı sensörler geliştirilmiştir. Dünyadaki ülkelerin %40'tan fazlası genel olarak katı atıkları düzenli depolama ile bertaraf etmektedir. Sızıntı suları bekledikçe daha yoğunlaşmakta bunun sonucu olarak arıtımı da güçleşmektedir. Düzenli depolama sahasında kullanılan astar materyallerine göre sızıntı suları özellikleri de değişmektedir (Pandey ve Shukla,

2019). Mikrokirleticiler farmasötik maddeler, endokrin bozucu kimyasallar ve kişisel bakım ürünleri adı altında üç grup altında incelenmektedir. Mikrokirleticilerin ekosistemde birikimleri engellenememektedir. Deponi alanlara gelen çöplerle birlikte ilaçlar sızıntı suyuna karışmaktadır. Sızıntı sularında birden fazla mikrokirletici türü bulunabilmektedir. Mikrokirleticilerin sudaki giderimi için yeni yöntemlerde araştırılmaktadır (Odabaşı vd., 2020). Sızıntı suları içeriğindeki kirletici konsantrasyonları depolama yaşı ile değişebilmektedir. Sızıntı sudaki mikrokirletici türü olan toplam hidrokarbonlar, fenoliklerin konsantrasyonları yıllara göre çok fazla değişmemektedir (Ateş, 2019).

2.2 Yapay Sinir Ağları (YSA)

Bilgisayarlar ve sistemleri dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağ sistemi insanlarda olan biyolojik sinir ağların yapısını örnek almış olup en doğru bilgiyi verme prensibiyle çalışır. İlk defa yapay zekâ kelimesi 1956'da düzenlenen konferanslarda söylenmiştir. 1974 ile 1980 yılları arasında yapay zekâ ile ilgili eleştirmeler yayımlanmıştır. İnsan beyninde öğrenme, taklit etme, hatırlama yolu ile alınan bilgilerin yeni bir bilgi üretmenin gerçekleştirildiği matematiksel modellemeye dönüştürülen bilgisayar tabanlı yazılımlara yapay sinir ağları olarak tanımlanmaktadır. 1943 yılında nöroloji doktoru olan Warren McCulloch ile matematikçi Walter Pitts yazdıkları bir makalede yapay sinir ağı modeli tasarlayarak ilk YSA modeli ortaya konmuştur. İnsan biyolojik sinir sistemini taklidi olarak yapay sinir ağları olarak tanımlanmaktadır. Buna göre biyolojik sinir sistemi elamanların yapay sinir ağ modelindeki karşılıklarına göre; Nöronlar işlemci elemanı, dendritler toplama fonksiyonu, hücre gövdesi transfer fonksiyonu, aksonlar yapay nöron çıktısı ve sinapslarda ağırlıklar görevi görmektedir. Bir hücreye n adet bilgi girişiyle birlikte ağırlıklarla çarpılır ve tüm bilgiler toplanarak ön tahmin eklenerek çıktı verisi edilir (Keskenler ve Keskenler, 2017).

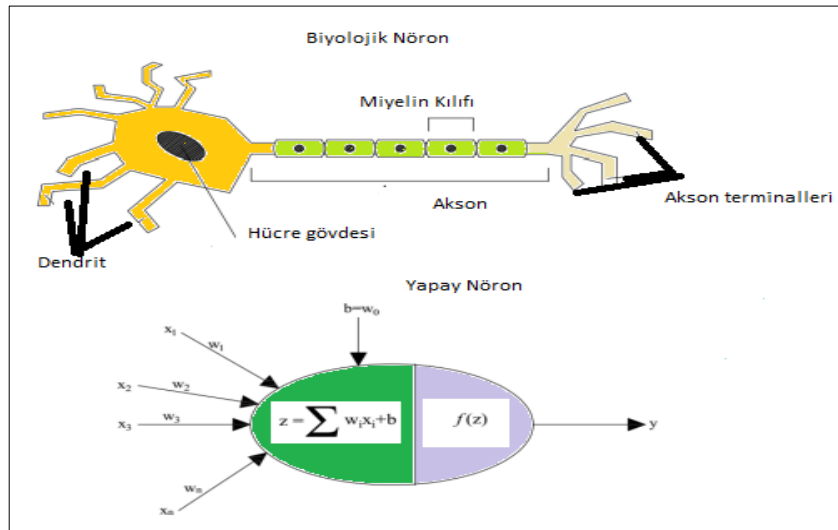
YSA uygulamalarında girdi katmanları üzerinden çıktı tahmin edebilir. Tahminleme olarak kodlanan yapay sinir ağlar toplanan bilgiler içinden en gerekli olanı kullanarak bilgileri filtreler. Girdi katmanları sınıflandırılarak sonuca hızlı bir şekilde ulaşmasını sağlar. Bilgiler ile eğitilen yapay sinir ağıdaki girdi katmanlarını yorumlar. Öğrendiği

verilerle ilgili konu arasında ilişkiyi bulur ve eksiklikleri giderir. Yapay sinir ağlarının temel özellikleri Şekil 2.2’de verilmiştir (Öztürk ve Şahin, 2018).



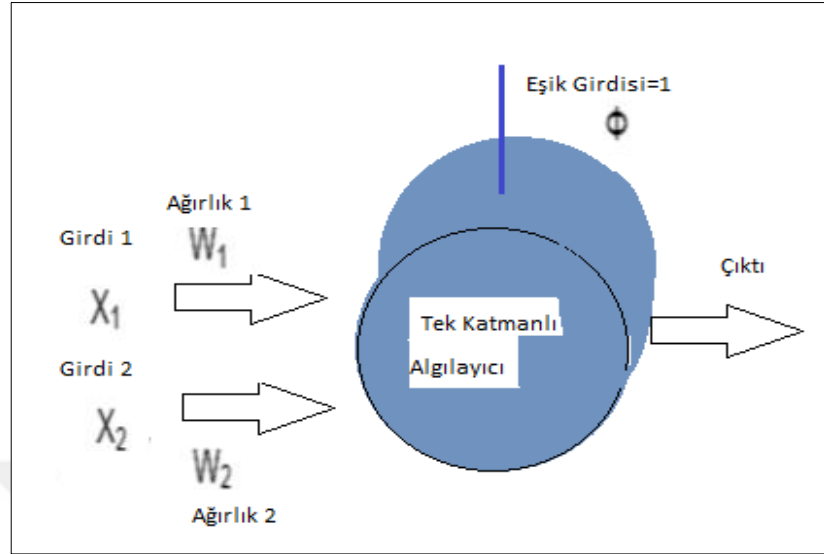
Şekil 2.2. Yapay sinir ağlarının temel özellikleri.

İnsan beyni özelliğinden yararlanarak YSA oluşturulmuştur. 1943 yılında yapay sinir hücresi McCulloch ve Pitts tarafından elektrik devreleri kullanarak geliştirmişlerdir. Soma, dendrit ve aksonlar nöron yapısını oluşturmaktadır (Şekil 2.3) (Küntaş ve Güre, 2024).



Şekil 2.3. Biyolojik ve yapay nöron yapısı.

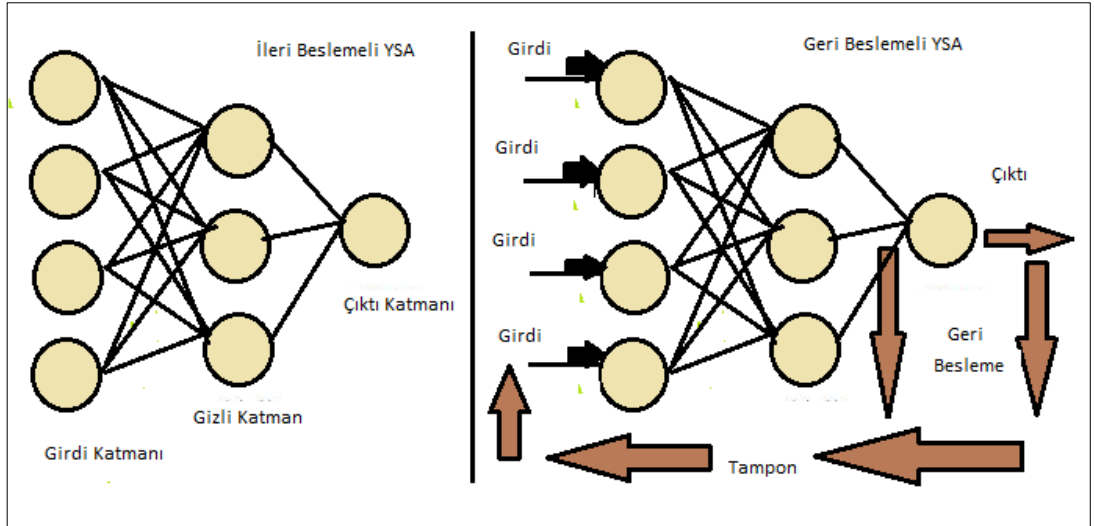
YSA en basit hali 1960 yılında Frank Rosenblatt girdi ve çıktı katmanından oluşan bir ağ geliştirmiştir (Şekil 2.4) (Künteş ve Güre, 2024).



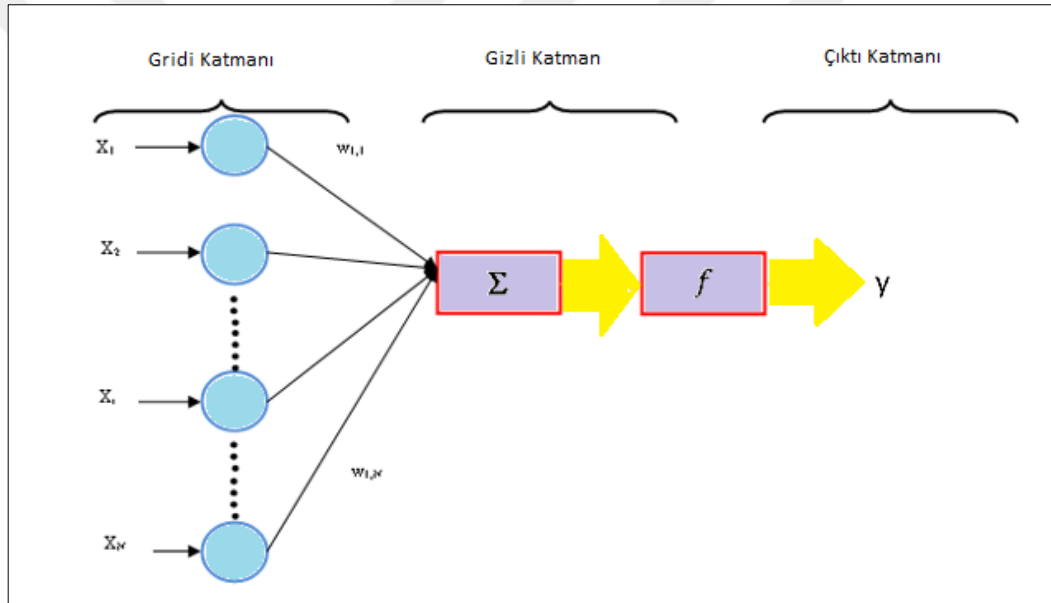
Şekil 2.4. Tek katmanlı algılayıcı yapısı.

Yapay sinir ağları girdi, gizli ve çıktı katmanlarından oluşmakta olup, girdi katmanı bağımsız değişkenlerden, gizli katmanlar aktivasyon fonksiyonlarından, çıktı katmanı ise bağımlı değişkeni oluşturur. Bağımlı değişken üzerindeki etkiler ağırlıklar ile sonuçlandırılır. İleri ve Geri beslemeli yapay sinir ağları olarak incelenirler (Şekil 2.5) (Künteş ve Güre, 2024). Birden fazla değişken ile çıktı değişkeni arasındaki ilişkiyi modellemede ileri beslemeli YSA kullanılmaktadır. Geri beslemeli YSA da ise doğrusal olmayan ilişkilerin modellenmesinde iyi bir performans sergilemektedir. İleri YSA da bilgi girdi katmanından çıktı katmanına doğru aktarılırken geri beslemeli YSA da ise tam tersi olarak tanımlanmaktadır (Öztürk ve Şahin, 2018).

YSA da en yaygın kullanılan algoritma çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağlarıdır. Girdi ve çıktı katmanı bir adet, gizli katman birden fazla olabilmekte olup, geri yayılım algoritma ile ağ eğitimi yapılmaktadır. Kullanılan algoritma ile hatalar minimum seviyeye taşıyacak en iyi ağırlık seti ile olmaktadır. Çok katmanlı algılayıcı YSA da veriler eğitilerek öğrenilmektedir (Şekil 2.6) (Künteş ve Güre, 2024).

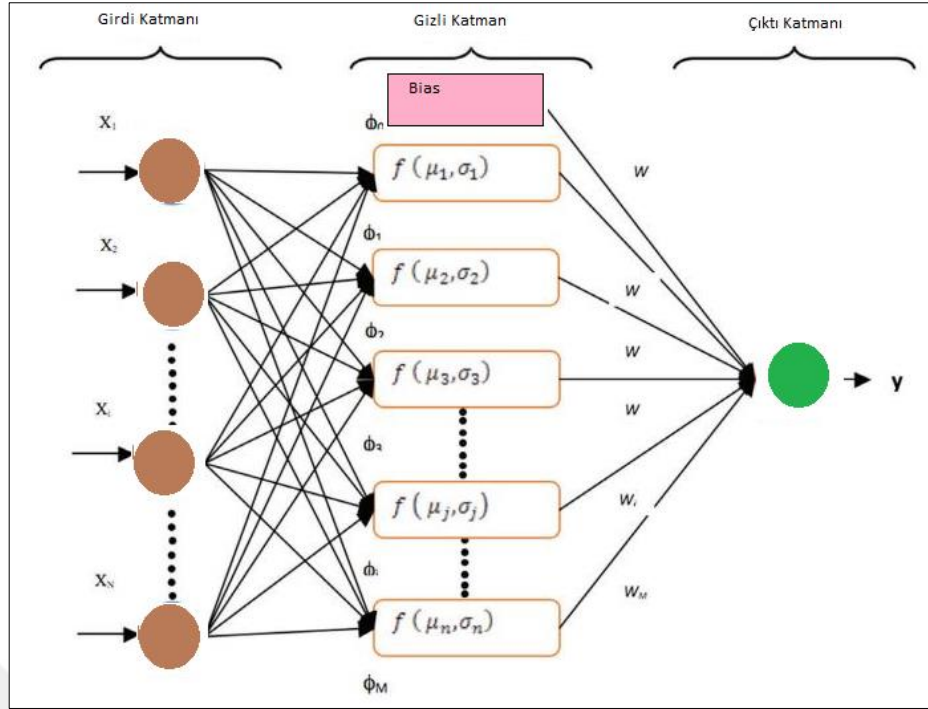


Şekil 2.5. İleri ve geri beslemeli yapay sinir ağları.



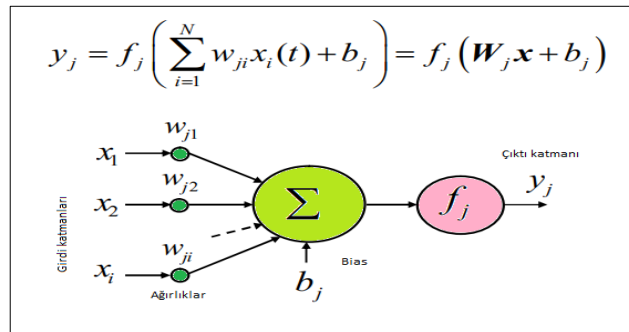
Şekil 2.6. Çok katmanlı fonksiyonlu YSA yapısı.

Radyal tabanlı fonksiyon yapay sinir ağları, deneme yanılma yoluyla belirlenen ileri beslemeli ağlardır. Birer girdi, gizli ve çıktı katmana ve sadece iki ağırlık katmana sahip olup, hızlı öğrenmesi mevcuttur. Ağ eğitiminde kullanılan nöron sayısının azlığı aşırı uyum problemi yaratmaktadır (Şekil 2.7) (Küntaş ve Güre, 2024).



Şekil 2.7. Radyal tabanlı fonksiyon YSA yapısı.

Beynin mimari olan nöronlar aralarında bilgi alışverişi ve biyokimyasal reaksiyonlar sağlarlar. Her nöronun ucu diğer nöronun dendritleri ile birleşir. Nöronlardan gelen sinyaller dendritlerden giriş yapar. Giriş yapan sinyaller dendritte uyarma ya da engelleme oluşturur. Gelen sinyal belli bir eşikten büyükse akson boyunca uyarılır ve çıktı üretir. Yapay sinir ağları karmaşık sistemleri öğrenme ve modelleme yeteneğine sahiptir. N giriş parametresi ile e sabitler-ağırlıklar olarak belirtilmektedir. Gizli katman sayısı birden fazlaysa girdi ve çıktı katmanları derin sinir ağları olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.8'e göre x_i girdi katmanlarını, ağırlıkları w_{ji} ile bias b_j olan bir yapay nöronun temel modeli f_j aktivasyon fonksiyonunu, y_j çıktı katmanı olarak ifade edilmektedir (Stork ve Novak, 2024).



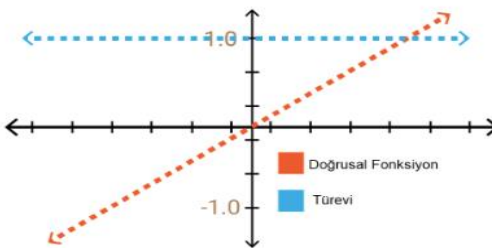
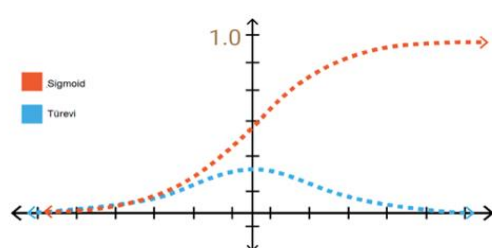
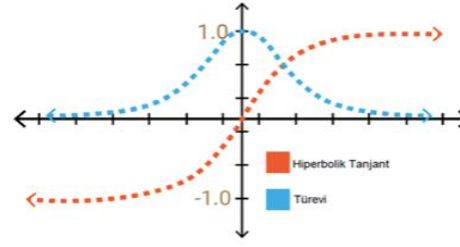
Şekil 2.8. Bir yapay nöronun modeli.

Yapay sinir ağlarının elemanları ve açıklamaları Çizelge 2.2’de verilmiştir (Mesutoğlu, 2020).

Çizelge 2.2. YSA elemanları ve açıklamaları.

YSA Elemanları	Açıklama
Girdiler	Bir YSA hücresine gelen bilgidir.
Ağırlıklar	Hücreler arası bağlantının sayısal ifadesidir.
Toplama Fonksiyonları	Nörona gelen girdilerin bir araya getirir ve net girdiyi hesaplar.
Aktivasyon fonksiyonları	Aktivasyon fonksiyonları şöyledir; Doğrusal, Basamak, Sigmoid, Hiperbolik Tanjant, ReLU, Leaky. Swish fonksiyonlarıdır.
Çıktılar	Nöronun çıktı değeridir.

Aktivasyon fonksiyonlarından doğrusal fonksiyon, sigmoid, hiperbolik tanjant fonksiyonlarına ait grafik ve açıklamaları Şekil 2.9’da verilmiştir (Mesutoğlu, 2020).

Aktivasyon Fonksiyon Adı	Grafik gösterimi ve Açıklama
Doğrusal F.	 Çıktı değeri girdi değerine eşit olmalıdır
Sigmoid F.	 Her bir girdi değeri için 0-1 aralığında çıktı değeri üretilir.
Hiperbolik Tanjant F.	 Her bir girdi değeri için -1 ile 1 aralığında çıktı değeri üretilir.

Şekil 2.9. Doğrusal fonksiyon, sigmoid, hiperbolik tanjant fonksiyonlarına ait grafik ve açıklamaları.

2.3 Literatür Özeti

Sızıntı suyu parametrelerinin tahmin edilmesi, izleme programlarında analizle ilişkili önemli maliyetler nedeniyle çok önemlidir (Abunama vd., 2019). Sızıntı suyu parametrelerinin modellenmesi ve girdi boyutunu en aza indirmek için önemli faktörlerin belirlenmesi, doğrudan sızıntı suyu analizine kıyasla zaman ve kaynak tasarrufu sağlayabilir (Baghanam vd., 2022). Makine öğrenimi metodolojilerinin bir parçası olan YSA'lar, ağırlıkları ve önyargıları olan birbirine bağlı küçük işlem birimlerinden oluşur ve insan beyninin işlevselliğine benzer şekilde bilgiyi işlerken öğrenme kapasitesine sahiptir. Bir girdi katmanı, gizli katman veya katmanlar ve bir geri yayılım eğitim algoritması kullanan bir çıktı katmanından oluşan sinir ağı 'Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı' olarak adlandırılır (Haykin, 1999). YSA'nın performansı, farklı araştırma konuları için çoklu doğrusal regresyon gibi geleneksel modelleme tekniklerinden daha iyidir (Chukwu ve Adepoju, 2012). Veri yapısına odaklanmaları, özellikle karmaşık ve niteliksiz fizikokimyasal ilişkileri simüle ederken onları sızıntı suyu kalitesi modellemesi için kesin bir seçenek haline getirdiğinden, YSA'ların kullanılması çevresel süreçlerin veya yönetim konularının modellenmesi için çok önemlidir (Xu vd., 2021).

YSA'ların çevresel çalışma alanında kullanılması, çevresel değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri taklit edebildikleri için yaygın bir kabul görmüştür (Turan vd., 2011). Su kalitesi tahmininde, Çin'deki Xuxi Nehri'nin restorasyon çalışmaları sırasında KOİ'yi tahmin etmek için bir YSA modeli geliştirmiştir (Ruben vd., 2018). YSA, Malezya'daki Terengganu Nehir Havzası için 22 su kalitesi değişkenini ve bunların temel bileşen sonuçlarını kullanarak su kalitesi endekslerini tahmin etmiştir (İbrahim vd., 2023). Hava kalitesi tahminlerinde, partikül maddeyi tanımlamak için 'Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ (ÇKAA)' dahil olmak üzere YSA yapısı kullanılmıştır (Asadollahfardi vd., 2016). García Nieto vd. (2018) hava kalitesi göstergelerini tahmin etmek için bir ÇKAA modeli kurmuş ve SO₂'nin belirleme katsayısı 0.80 olmuştur. YSA ayrıca DDT'de atık üretimini (Andeobu vd., 2022) ve sızıntı suyu üretimini (Abunama vd., 2019) ve biyogaz üretimini tahmin etmede (Alrbai vd., 2022) başarıyla kullanılmıştır. İstanbul, Türkiye'deki Odayeri Düzenli Depolama Sahası için meteorolojik verileri girdi olarak kullanarak sızıntı suyu akış hızı tahmini için YSA tabanlı bir model geliştirmiştir (Karaca ve Özkaya, 2006).

KOİ, sızıntı suyunun organik yükünü gösterebilen ve kirlilik gücünü yansıtan önemli atık su parametrelerinden biridir (Gau, 1998). KOİ, uygun arıtma işlemlerinin seçilmesi için kritik bir kirlenici göstergesidir; örneğin, Maslahati Roudi vd. (2018) YSA'ları kullanarak KOİ arıtımını tahmin ederek optimum Fenton süreçlerini incelemiştir. Ayrıca, laboratuvar ölçekli deneysel kurulumlar, optimum ağ haritalama ile çöp sızıntı suyunun KOİ yükünü tahmin etmek için kullanılmıştır (Azadi vd., 2016). Shoneybi vd. (2012) bir çöp sahası simülasyon reaktörü oluşturmuş ve ön arıtma performansını test etmek için çöp sahası sızıntı suyunun organik yükü için KOİ ve BOİ ölçmüştür. Ishii vd. (2022) günlük yağış, günlük ortalama sıcaklık ve günlük atık miktarını girdi değişkenleri olarak kullanarak KOİ tahmininde bulunmuştur.

Şehirleşmenin artmasıyla ile evsel katı atık üretimi de artmıştır. Günümüzde dünyada yılda dört yüz milyon ton atık üretilmekte, bunun %70'i düzenli depolama tesisine gönderilmektedir. Düzenli depolama tesisi sızıntı sularının kontrolü ele alınarak doğaya karışması engellenmelidir. Sızıntı suları bertaraf edilmez ise suya, toprağa ve havaya karışabilmektedir. Bu nedenle sızıntı sularının kontrolü sağlanmalıdır (Faheem, 2021). Evsel katı atık düzenli depolama alanlarının çevreye doğrudan ve dolaylı etkilerini önlemek ciddi önem taşımaktadır. Dünyadaki atık miktarı 2018 yılında 1,3 milyar ton iken, 2025 yılında 2.2 milyar tona ulaşması beklenmektedir. Ağır metaller orman ekosistemlerine olumsuz etki yaratmaktadır. Düzenli depolama tesisinde oluşan sızıntı suyundaki bu ağır metaller ikinci el elektronik atıklardan, pil gibi benzeri atıklardan kaynaklanabilmektedir. Deponi alanlarda oluşan sızıntı suyunda bulunan organik asitler ağır metal konsantrasyonunu arttırabilmektedir (Yalılı, 2006). Yer altı sularına deponi alanlardaki sızıntı suyunun karışması bakımından çok riskli olduğu için çevreye bırakılmadan önce bu zararlı suyun bertarafı sağlanmalıdır (Tekoğul, 2023)

Yapılan bir çalışmada Niğde yer altı sularının kirliliği araştırılmış, buna göre pH, Fe, As, Na, EC, nitrat konsantrasyonları analiz edilerek Fe ve As parametrelerinin yer altı suyunda sınır değerleri üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir (İşcan, 2021). İran'da Hyrcanian ormanında 2012 ve 2022 yılları karşılaştırılarak yapılan bir çalışmada sızıntı suyunun orman üzerindeki etkileri göz önüne alınarak, 2022 yılında toprakta Cd ve Pb kirleticilerin varlığını göstermişlerdir (Kooch, 2023).

Yapay sinir ağıları veri hazırlama, uygun model geliştirme ve eğitim testinden oluşan sistematik bir metottur. Lübnan Naameh katı atık düzenli depolama sahasında YSA kullanarak yeraltı suyunda civa tahminini araştırmışlardır. YSA olarak çok katmanlı ve radyal bazlı ileri beslemeli fonksiyon ağı modelini kullanmışlardır. Yer altı suyundaki civa kirleticisini tahmin etmek için pH, Eİ, TON (Toplam Oksitlenmiş Azot), Ca ve Mg parametrelerini eğitmiştir. Çok katmanlı YSA'da R^2 0.79, radyal bazlı YSA'da 0.88 olarak tespit ederek, civa tahmini için iyi bir model oluşturmuşlardır (Kanj vd., 2022).

Levenberg Marquardt algoritması ile çok katmanlı YSA'nın eğitimin performansını arttırmıştır. LM algoritması gradyan tabanlı optimize bir algoritmadır. Bu algoritma ile daha kararlı ve hızlı bir eğitimle doğru tahminleme yani iyi bir performans sağlamaktadır. Yapay sinir ağı modelinin oluşturulmasında performans faktörlerin tanımlanması tahmin doğruluğu açısından oldukça önemlidir. Elde edilen verilerin eğitim ve testte kullanılmaktadır (Kanj vd., 2022).

Etkili çevre yönetimi sürdürülebilir kalkınma amacı için çok önemlidir. Teknoloji ve yaşam tarzının değişmesiyle oluşan katı atıkların bertarafı sağlanarak sağlıklı bir çevre oluşturulabilir. Veri işleme ve farklı parametreler arasındaki korelasyonları belirleyen yapay sinir ağıları tahmin etme yeteneği bulunmaktadır. YSA bireylerdeki nöronların biyolojik yapısı ve işleyişi özelliğine sahip olup, mühendislik alanı içerisinde oldukça yaygın kullanılan bir yöntemdir. Düzenli depolama tesislerin amacı katı atıkların su kaynaklarına olan temasını önlemektir. Bu yüzden bu tesislerin iyi bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Malezya Kuala Lumpur'da bulunan Jeram düzenli depolama sahası ömrünün YSA kullanarak tahminini araştırmışlardır. katı atık üretimi tahmini için 2018-2020 yılları arasında 114 haftalık çöp kamyonu sefer sayısı, petrol fiyatı, nüfus verileri girdi olarak kullanılmış olup, üç adet gizli katman ve bir çıktı şeklinde oluşturulan modelde R^2 değeri 0.91 bulunmuştur (Azizan vd., 2022).

İnsan beynin performansına göre geliştirilen YSA doğayı taklit etmeye çalışan hesaplamalardan oluşur. Yapay sinir ağlarını eğitmek için bir dizi veri kullanılır ve veri elemanları içerisindeki ağırlıkları ayarlanır. Bu modelin etkin olabilmesi için doğru fonksiyona sahip olması gerekmektedir. Yapay sinir ağıları düzenli depolama sahalarının sorunların tespitinde kullanılmaktadır. Güney Kaliforniya'da yapılan

çalışmada yapay sinir ağları ve genetik algoritma kullanarak kısa ve uzun vadede düzenli depolama tesislerinde oluşan gazın planlanması araştırılmıştır. Çöp sahasındaki oksijen gazı miktarı tahmin edilerek yeraltı yangınlarına sebep olacak gazları tespit edilmesini amaçlamışlardır (Li vd., 2011).

Malezya’da yapılan çalışmada yapay sinir ağları yönteminden geri yayılım öğrenme algoritmasına sahip çok katmanlı sinir yapısını düzenli depolama sahasının haritalamasında kullanmışlardır. Düzenli depolama sahasının uygunluk haritası oluşturularak, gelecekteki çevreye olabilecek tehlikelerden korunabileceğini belirtmişlerdir. Ekonomik büyüme ile katı atık üretimi artarak belediye çöplüklerine gelen atık miktarı büyük hacimlere ulaşmaya etmektedir. Düzenli depolama sahalarının iyi yönetilmesi toplumun ve çevrenin sağlığı açısından önem arz etmektedir. Düzenli depolama sahaları iyi yönetilmezse ciddi zararlar oluşturarak sürdürülebilir sağlıklı yaşam için tehdit yaratmaktadır (Abujayyab vd., 2016). Petrol sektöründe yaşanan iş kazaların tahmini için aylık kaza verileri ile çok katmanlı algılayıcı YSA ve radyal tabanlı fonksiyon YSA kullanmışlardır. Bu çalışmada aylık kaza sayısı bağımlı, ay ve yıl bağımsız değişken olarak göstermişlerdir. Radyal tabanlı fonksiyon YSA diğer yöntemlere göre daha başarılı tahmin performansı göstermiştir. YSA doğruluk ve minimum hata ile değişkenler arasındaki ilişkiyi tahmin modellemesi olarak tanımlanır. Bağımsız değişkenler arasındaki ilişki ile bağımlı değişkeni tahmin edebilmektedir (Küntaş ve Güre, 2024).

Dünya genelinde üretilen katı atık miktarı 2025 yılında yaklaşık 2,2 milyar tona ulaşması öngörülmektedir. Kentsel üretilen katı atıkların yaklaşık %90’ı açık ve düzenli depolama sahalarına gönderilmektedir. Sızıntı suları yağmur sularının katı atık hücrelerinden süzülerek geçmesiyle oluşmaktadır. Sızıntı suyundaki kirleticiler çevre ve insan sağlığı açısından uzun vadeli problem olarak görülmektedir. Düzenli depolama sahalarında oluşan sızıntı sularında yapay sinir ağ yöntemi kullanan az sayıda çalışma bulunmaktadır. Her düzenli depolama sızıntı suyunun özelliği kendine özgü olup, sızıntı suyu yaşı, mevsimsel değişimler ve depolanan atık türleri etkilemektedir. Malezya’da bulunan düzenli depolama sahasında oluşan sızıntı suyundaki fenton ile KOİ giderimini yapay sinir ağ modeliyle tahminleme modeli oluşturmuşlardır. Bu çalışmada bulunan sızıntı suyunda KOİ 10516 mg/L, Zn 2.48

mg/L, Cr 0.15 mg/L, Yağ 9.5 mg/L, As 0.17 mg/L olarak içermektedir. Fenton konsantrasyonu, Fe^{+2} konsantrasyonu, pH ve proses reaksiyon süresi girdi katmanı, KOİ giderimi çıktı katmanı olarak modelleme oluşturmuşlardır. Modelleme için üç katmanlı ileri beslemeli geri yayılım yapay sinir ağında 4 girdi, 3 gizli ve 3 çıktı katmanı kullanılmıştır. Modelleme sonucu R^2 0.8781 olarak bulunmuş olup tahminlemede başarılı olduğunu göstermişlerdir (Maslahati Roudi vd., 2018). Yaptıkları çalışmada İstanbul kıyı arazisi çevresinde olan Yenikapı ve Maltepe kıyılarında iklim değişikliğinin sonucu ileri beslemeli geri yayılım YSA kullanarak ıslah çalışması modeli oluşturmuşlardır. Sigmoid fonksiyonu olan tansig ve logsis fonksiyonları kullanarak en uygun eğitim verilerini tanımlamışlardır. Oluşturulan modelde 4:4:3 İstanbul'da kentsel dönüşüm amaçlı bina yıkımları sonucu oluşan enkazın uzaklaştırılması için minimize maliyet ile arazi ıslah çalışması araştırılan bir konu haline gelmiştir. Geliştirilen YSA modelinde kentin kıyılarında termal değişiklikleri takip etmek için uygun bir model olduğunu belirtmişlerdir (Şimşek ve Arabacı, 2021).

Malezya'da yapılan çalışmada Johan nehri boyunca su kalite indeksi ve PAH konsantrasyonu tahmini için YSA kullanmışlardır. Kurak ve yağışlı mevsimlerde oluşturulan 6:10:1 modelinde R^2 0,9 olarak tespit edilmiş olup su kalitesi tahmini için YSA iyi bir tahmin yöntemi olduğunu belirtmişlerdir (Tan Pei Jian vd., 2020).

Büyük hacimli kapasiteye sahip, yönetilmesi basit ve ucuz bertaraf yönetimi olarak düzenli depolama sahaları şehirlerin atıkları için her daim çözüm olabilmektedir. Fakat sahadan yayılan kötü kokulardan hidrojen sülfür, metan gazları hava kirliliğine neden olabilmektedir (Shen vd., 2023).

Heterojen kentsel katı atıkların düzenli depolama sahalarında reaksiyona girerek koyu renkli ve kötü kokulu sızıntı sularını oluşturur. Sızıntı suları yüksek konsantrasyonda KOİ içeren atıksulardır. Bu nedenle sızıntı suların yüzeysel sular için çevresel risk teşkil etmekte olup, alıcı ortama verilmeden önce mutlaka arıtılması gerektiğini belirtmişlerdir (Lessoued vd., 2023).

Sızıntı suları düzenli depolama sahalarında katı atıkların fiziksel, kimyasal ve biyolojik prosesler sonucu kirleticilerinin sıvı kalıntıları şeklinde de

açıklanabilmektedir. Gelişmekte olan ülkeler içinde sızıntı sularının varlığı endişe verici olmaktadır. Düzenli depolama sahasına dökülen katı atıklar uzun yıllarca anaerobik ayrışmaya uğrar ve tehlikeli bileşikler oluşturarak sızıntı suyuna karışarak buradan da yeraltı sularına sızabilir, toprağa, bitkilerde de birikim yaparak kirlitebilmektedir. Düzenli depolama sahalarından kaynaklanan sızıntı suyunun yönetimi de sürdürülebilir çevre yönetimi bakımından oldukça zordur. İnsan ve çevre sağlığı açısından oldukça tehlike arz etmektedir. Bangladeş Dakka kentinde yapılan bir çalışmada iki adet çöp depolama sahalarından kaynaklanan sızıntı sularının çevre üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu kentte bir kişi günde ortalama yaklaşık 0.6 kg atık üretmekte ve bertaraf tesisine de günde yaklaşık 6 bin ton atık gelmektedir. Bu tesislerin çevreye olan etkilerini araştırmak için iki adet sızıntı suyundan, 3 adet çevresindeki yüzey suyundan, üç adet toprak yüzeyinden ve üç adette bitkiden almak üzere toplamda 14 adet numune toplanmıştır. Bu numunelere göre sızıntı suyunda yüksek miktarda ağır metal kirliliği içermektedir. Toprak ve bitkilerde yapılan analizlerde ağır metal kirliliği tespit edilmiştir. Bitki örneklerinde bulunan ortalama konsantrasyonlara göre kurşun 8 mg/kg, kadmiyum 0,4 mg/kg, krom 2.26 mg/kg ve kobalt 1.72 mg/kg'dır. Sızıntı suyundaki arsenik oranı da yüksek miktarda bulunmuştur. Böylelikle bertaraf tesisinden kaynaklanan ağır metal kirliliğın sonucu olarak ortaya çıktığını belirtmişlerdir (Hredoy vd., 2022).

Yapılan bir çalışmada Endonezya'da katı atıklar çoğunlukla katı atıkların açık alanlara dökülmesi denilen bir yöntem ile bertaraf edilmektedir. Bakung nihai atık bertaraf sahasındaki sızıntı suyu atık su arıtma tesisine kanalize edilerek buradan kaynaklanan kirleticili dağılımını tesisin yakınında bulunan nehir ve yeraltı suları aracılığı ile kirleticilerin baraja taşındığı, buradaki tortulardan tespit etmişlerdir (Mauladika, 2022).

Çin'in Luzhou kentinde yapılan çalışmada düzenli depolama tesisinde bulunan sızıntı suyu arıtma tesisinin özelliklerini inceleyerek, sızıntı suyunda bulunan patojenler ve antibiyotiğe dirençli genlerin varlığını tespit etmişlerdir. Sızıntı sularında abiyotik, biyotik kirleticileri içermektedir (Gong vd., 2023).

Yapılan bir çalışmada Batı Afrika'da bulunan Sierra Leone ülkesinde, Freetown'daki Granvillebrook ve Kingtom düzenli depolama tesisinden kaynaklanan sızıntı sularının

yeraltı suyuna sızarak ağır metal kirliliğinin mevsimsel değerlendirmesini incelemişlerdir. Ağır metaller içerikli sular insanlarda hipertansiyon, anemi, kanser gibi ciddi rahatsızlıklara yol açmaktadır. Bu yüzden sızıntı sularında da bulunan ağır metal kirliliğinin kontrol altına alınması gerekmektedir. Yaptıkları çalışma sonucu Cu, Cr, Fe ve Mn gibi ağır metallerin yeraltı sularında yüksek konsantrasyonda, As ve Pb ise düşük konsantrasyonda tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Mevsimsel değişime göre yağışlı havalarla ağır metal kirliliğin sıcak geçen havalara göre daha az olduğunu göstermişlerdir. Yer altı suları düzenli depolama tesisleri tarafından Granvillebrook %16.7 ve Kingtom %41.6 oranında ağır metal kirliliğini oluşturmuştur. Nikel pillerde, krom boyalarda bulunabileceğinden ev pilleri, plastikler, ampuller, boya kutuları ile katı atık düzenli depolama sahasına gelerek sızıntı suyuna karışmaktadır. Yağışlı mevsimde çinko konsantrasyonun arttığını gözlemlemişlerdir. Yer altı suyu analizlerinde ağır metal konsantrasyonları sıcak mevsimde Cu>Fe>Mn>Zn>Ni>Cr>Pb>As, yağışlı mevsimlerde ise Cu>Fe>Zn>Mn>Ni>Cr>Pb>As verilmiştir (Sankoh vd., 2023).

Sızıntı sularında bulunan mikro plastik ve kaynakları üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Evsel ve endüstriyel kaynaklı plastik atıklar düzenli depolama sahalarında birikmektedir. Sızıntı sularında mikro plastik polimerlerinden en yaygın olarak polietilen, polistiren ve polipropilen görülmektedir. Pandemi sürecinde plastik kullanımı yüz maskeleri, eldiven gibi koruyucu malzemelerle artmıştır. Plastikler hem karasal hem de sucul ekosistemler bakımından ciddi tehdit oluşturmaktadır. Plastikler doğada zamanla bozunur ve mikro plastik (Boyutu 5 mm'den az), nano plastik (mikron altı ölçekte) parçaları oluşturarak canlılar için daha zararlı hale gelmektedir (Kabir vd., 2023).

Nüfusun artması, insanların ekonomik düzeyin gelişmesi, hayat tarzların değişmesi ile tüketim alışkanlıklarında değişmiştir. Çevre ve insan sağlığını korumak için temiz ve sürdürülebilir bir atık yönetimi gerekmektedir. Yaptıkları çalışmada Endonezya'da bir kentte düzenli depolama sahasında katı atık işleme tekniklerine değinmişlerdir. Buna göre düzenli depolama sahalarının uzun süre hizmet vermesini sağlayacak yöntemler bulunmaktadır. Sahaya gelen atıkların %55'i organik, %24'ü plastik, %10'u kağıt, %3'ü ahşap, %2'si kumaş, %1'i cam, %1'i metal ve %4'ü diğer atıklardan

meydana gelmektedir. Kompostlama ile atık işleme, yeniden kullanım, enerji elde etme gibi bertaraf yöntemler kullanarak sızıntı suyunun miktarının ve atık hacminin azaltılması hedeflemiştir. Kompostlama ile atık işleme ve yeniden kullanım, atıktan enerji elde etme ile sızıntı suyu oluşma miktarının %5.09 -14.32 azaldığını, sahaya gelen günlük atıkların 14.13 ton-65.97 ton/gün arasında azaldığını tespit etmişlerdir. Böylelikle düzenli depolama sahanın işletme ömrünün 3 ile 14 yıl arasında artabileceğini göstermişlerdir (Ratnawati vd., 2023).

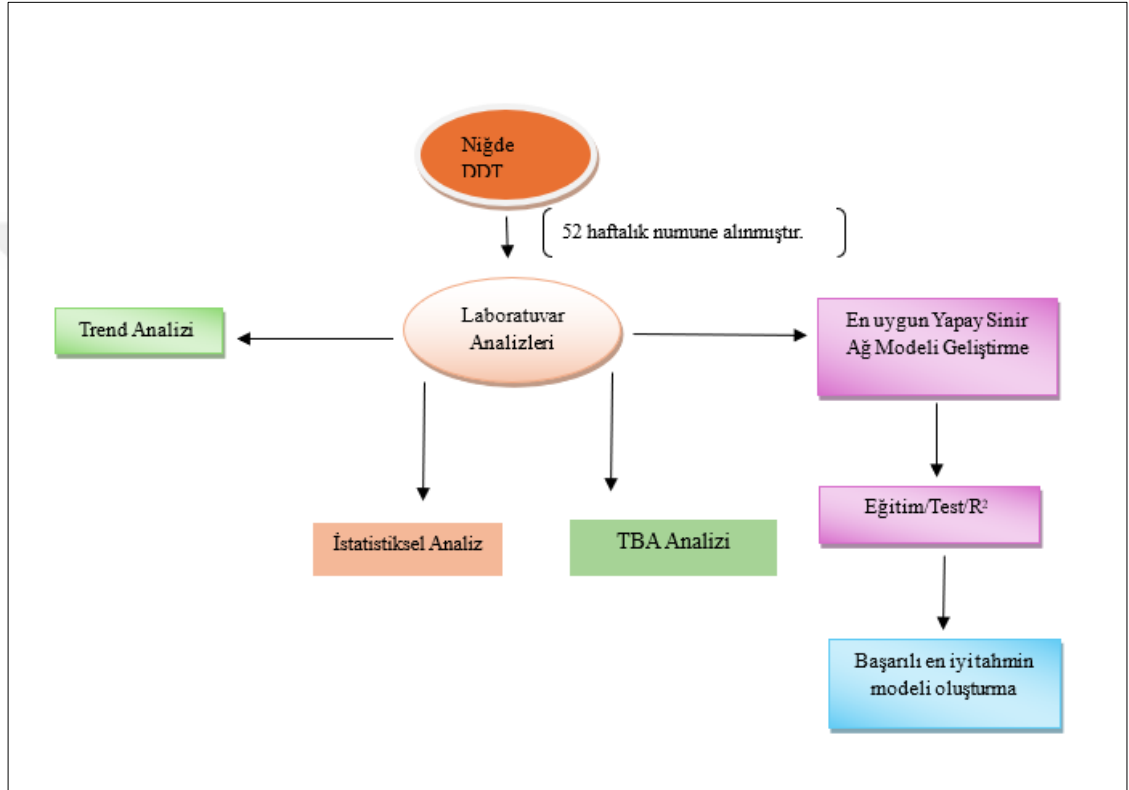
Organik atıklardan biyogaz verimini arttırmak için iyileştirme planlarını araştırmışlardır. Düzenli depolama sahalarında oluşan ağır metal kirliliği metan verimini düşürmektedir (Zou vd., 2023). Çin’de Şangay kentinde yapılan çalışmada düzenli depolama sahası sızıntı sularında bulunan kozmetik ürünler araştırarak kullanılan ilaç ve farmasötik ürünler çevre sağlığı için potansiyel tehdit oluşturduğunu belirtmişlerdir (Kan vd., 2023). Farklı toksik içeren ağır metal gibi kirleticiler sulardan, topraktan ya da havadan canlılara geçerek bünyelerinde birikim yapabilmektedir. Biriken ağır metal iyonları biyolojik olarak parçalanmaları çok zor olduğu için kalıcı hastalıklara yol açabilmektedir (Li vd., 2023). Katı atık düzenli depolama tesisinde oluşan sızıntı suları yönetilmesi oldukça zor ve çoğunlukla ön bir arıtım yapılması gerektiren sulardır. Dünya genelinde kentsel katı atıkların bertarafı çoğunlukla düzenli depolama sahaları ile yapılmakta olup bu yöntemin en çok kullanılan yöntemler arasındadır. Düzenli depolamaya getirilen katı atıklar çevreyi hem doğrudan hem de potansiyel olarak kirletebilmektedir. Sızıntı sularının birleşimi depolama sahasının yaşına, atık ayrışmasının süreçlerine, katı atık türlerine ve çevre koşullarına (yağmur, sıcaklık) göre farklılık göstermektedir (Faggiano vd., 2023).

Düzenli depolama sahasına gelen katı atık miktarının azaltılarak sızıntı suyu oluşum miktarını kontrol altına alınabilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde yılda ortalama 2.5 milyar ton atık üretilmekte, bu atıkların %36’sı geri dönüşüme giderken geri kalan atıkları çoğunlukla düzenli depolama sahasında bertaraf edilmektedir. Sızıntı sularının kontrolü için düzenli depolama sahası inşasında sızıntı suyu arıtma tesisinin ya da bir havuzun yapılması gerekmektedir. Böylece yapılan sızıntı suyu havuzundan taşkınların kontrolsüz olarak çevreye yayılması önlenmelidir. Sızıntı sularının sınıflandırılmasına göre yeni/genç, orta/ılımlı, olgun/yaşlı olarak depolama sahasının

yaşına bağlı olarak yapılmıştır. Atık bileşimi, yağış, sıcaklık gibi faktörler sızıntı suyunun özelliklerini değiştirebilmektedir. Yeni/Taze sızıntı suları düzenli depolama saha yaşı 5 yaşında olduğu kabul edilmektedir. Organik maddenin ayrışması sırasında pH 6.5 civarında gerçekleşmektedir. Orta sızıntı sularında düzenli depolama saha yaşı 10 yaşında olduğu ve organik maddelerin artık uçucu yağ asitlerine anaerobik olarak (pH 7.5 civarında) parçalanmaktadır. Olgun düzenli depolama saha yaşı 10 ve 10'dan büyük olduğu ve atıkların metanojenik aşaması (pH 7.5'dan büyük) başlamaktadır. Sızıntı sularının bu sınıflandırmaya göre KOİ konsantrasyonları düşmektedir. Hava durumu sıcaklıkları depolama sahasındaki sızıntı suyunun oluşumundaki miktarını etkilemektedir. Kuru ve sıcak havalarda sızıntı su miktarı yağışlı havalara göre daha az olmaktadır. Sıcak havada mikroorganizmaların aktivitesi hızlı olabileceğinden organik maddenin ayrışması ile asidojenik ve metanojenik faza geçmesi kolay olmaktadır (El-Saadony vd., 2023). Yapılan bir başka çalışmada 2, 11, ve 20 yıl işletilen üç adet tehlikeli atık depolama sahasının sızıntı suyunun bir yıl boyunca aylık olarak özellikleri ve mevsimsel değişimini incelemişlerdir. Sızıntı suyunda KOİ konsantrasyonu yaklaşık olarak 35000 mg/L civarında bulunmaktadır. Buna göre daha genç sızıntı sularında kirletici konsantrasyonları sahanın olgunluğuna doğru azalmaktadır. Mevsimsel değişiklikler sızıntı suyu konsantrasyonu üzerinde aylık alınan numunelerde değişik konsantrasyonlarda olup, önemli bir etki yapmadığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni çok katmanlı astar sistemi ile depolama sahasına sahip olması ve uygun olmayan atmosferik koşullarda etkileşimini kısıtlamasıdır (Gautam ve Kumar, 2021).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tezin çalışma modeli Şekil 3.1’de özetlenmiştir. Bu şekle göre Niğde evsel katı atık düzenli depolama tesisinden (DDT) sızıntı suyu yıl boyunca 52 haftalık numuneler toplanmıştır. Toplanan sızıntı suların laboratuvar analizleri tamamlanarak trend analizleri, istatistiksel analizleri, temel bileşen analizi (TBA) ve yapay sinir ağ (YSA) modelleri tamamlanmıştır.

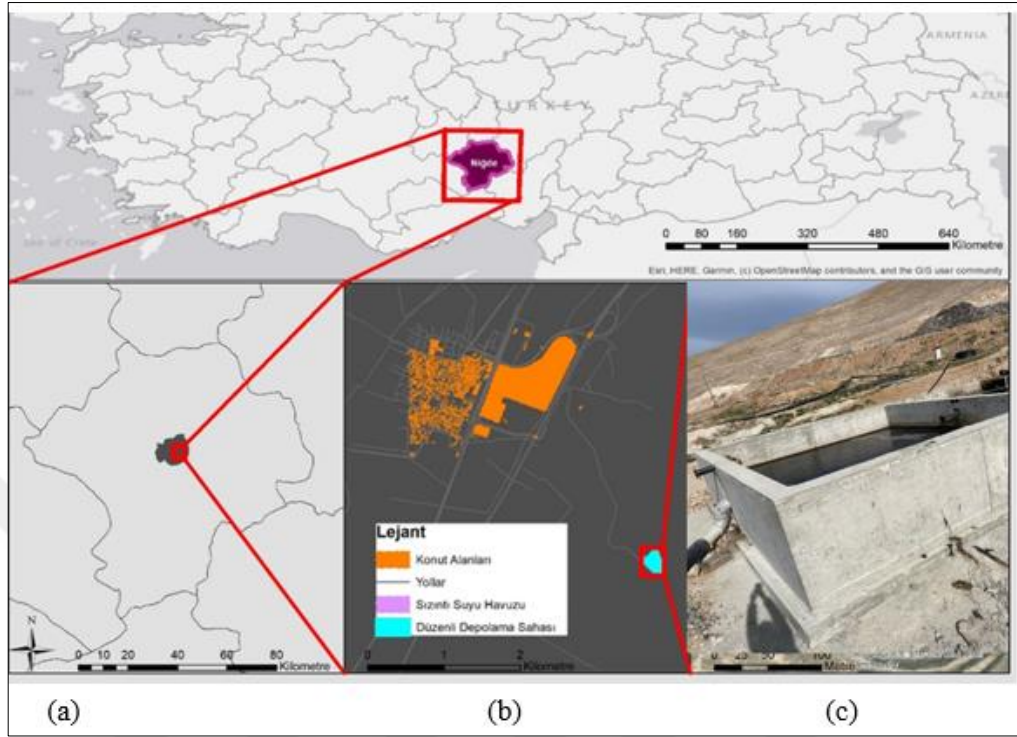


Şekil 3.1. Tez çalışma modeli.

3.1 Materyal

Niğde'nin konumu, Niğde düzenli depolama sahası ve sızıntı suyu göleti Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Niğde ili Anadolu'nun orta bölgesinde yer almaktadır. Merkez ilçenin konumu 37.9587 kuzey enlemi ile 34.6795 doğu boylamı arasındadır. Niğde ilinin altı ilçesi bulunmakta olup, 2023 yılı itibariyle toplam nüfusu 377.001'dir (URL-1). Niğde'nin iklimsel özellikleri, merkez ilçede yaklaşık 1200 metre olan yükseltisi ve şehrin kuzey kesimine doğru dağlık bölgeleri nedeniyle karasal iklim rejimi sergilemektedir. Yağış miktarının düşük olması (yaklaşık 300 mm (URL-2)) nedeniyle

Niğde orta düzeyde çölleşmeye sahiptir (Arslan, 2017). Niğde'de yaşayanların temel geçim kaynağı elma, lahana ve patates gibi ürünlerin yetiştirilmesidir (Berk, 2018).



Şekil 3.2. a. Niğde'nin konumu, b. Niğde düzenli depolama sahası c. Sızıntı suyu havuzu.

Niğde düzenli depolama sahası, 8 hektarlık bir alana sahip olup Niğde Merkez İlçe, Nar Mahallesi'nde yer almaktadır (Şekil 3.2). Niğde DDT alanı sızıntı suyu numuneleri 2022 yılı kasım ayı ile 2023 yılı ekim ayı aralığında haftalık olarak toplanmıştır. Saha 2014 yılında katı atık kabul etmeye başlamıştır ve planlanan kapanış tarihi 2042'dir (Gök, 2019). Sahanın kabul ettiği katı atık miktarı her geçen yıl artmaktadır; örneğin, 2018 yılında günlük katı atık yükü 117 ton olmuştur (Ertunç vd., 2019) ve Türkiye İstatistik Kurumu'nun belediye atık istatistiklerine göre, yük 2022 yılında günlük 276 tona yükselmiştir (URL-3). Gök'e (2019) göre, atık karakterizasyonu yıllık olarak %61 organik atık, %11 kâğıt, %7 plastik, %4 cam, %2 metal, %7 yanıcı atık, %5 kül, %2 bahçe atığı ve %1 diğer atık türlerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Niğde ili katı atık aktarma istasyonları a.Bor, b.Ulukışla, c. Altunhisar, d. Çamardı.

Çamardı, Altunhisar, Ulukışla ve Bor ilçelerinde olmak üzere toplam dört adet aktarma istasyonu bulunmaktadır. Çamardı, Altunhisar, Ulukışla ilçelerinden günlük olarak katı atıklar aktarma istasyonlarından bir kez, Bor ilçesinden ise günde iki kez alınarak düzenli depolama tesisine getirilmektedir (Şekil 3.3).

3.2 Sızıntı Suyundan Numune Alınması ve Numunelerin Laboratuvar Analizi

Niğde evsel katı atık düzenli depolama tesisinden alınan sızıntı suları Kasım 2022-Ekim 2023 tarihleri arasında 52 hafta(1 yıl) boyunca toplanmıştır. Düzenli depolama tesisindeki sızıntı suyu havuzundan HDPE şişelere alınmadan önce şişeler sızıntı suyu ile durulanmıştır. Numuneler laboratuvar şartlarına göre saklanarak, numunenin karakteristiğini kaybetmemesi için karanlık ortamda +4°C sıcaklıkta buzdolabında

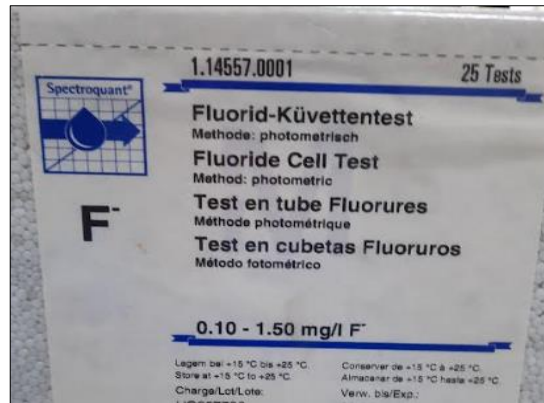
saklanmıştır. Çizelge 3.1’de parametrelerin metot ve standartları verilmiştir (APHA- Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994).

Çizelge 3.1. Parametrelerin metot ve standartları.

Parametre	Metot	Standart	Parametre	Metot	Standart
Elektriksel İletkenlik-pH	Elektrometrik	SM 4500H ⁺ B	Renk	Spektrofotometrik	SM 2120 C
Yağ-Gres	Sokslet Ekstraksiyon Metodu	SM 5520 D	F	Spektrofotometrik	SM-4500-F
TKM	Gravimetrik metot	SM 2540 B	TN	Spektrofotometrik	SM 4500-N
KOI	Titrimetrik	SM 5210	PO ₄ VE P	Spektrofotometrik	SM-4500--P
CN	Spektrofotometrik	SM 4500 CN- E	Ağır metaller (Pb,Ni,Mn,Co,Cu, Cr,Zn,Fe,As,Cd)	ICP-OES	EPA200.7

3.2.1 Florür deneyi

52 haftalık toplanan sızıntı suyu numuneleri laboratuvarında seyreltilmiştir. SM-4500-F metoduna göre; seyreltilen numuneden 5 mL reaksiyon tüpüne alındı. F-1K indikatöründen 1 kaşık eklenerek karıştırıldı (Şekil 3.4), ardından reaksiyon süresi için 5 dk bekletildi. Reaksiyon süresi tamamlandıktan sonra spektrofotometreye reaksiyon elimizde sallayarak cam küvete eklenerek okuma sağlanmıştır. Numuneler şahitli yapılmıştır (APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994).



Şekil 3.4. F tayini kiti.

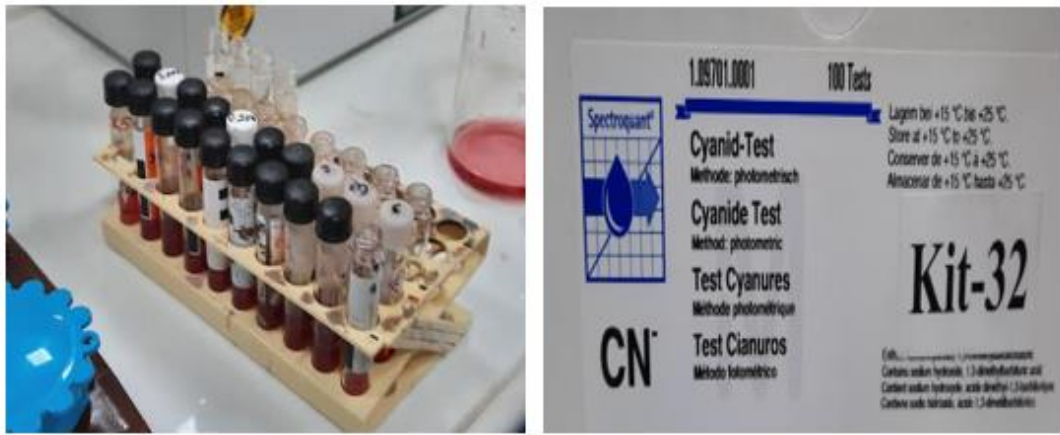
3.2.2 Toplam azot tayini (TN)

52 haftalık toplanan sızıntı suyu numuneleri laboratuvarında seyreltilmiştir. SM 4500-N metoduna göre; seyreltilen numuneden 10 mL alınarak reaksiyon cam tüpüne alındı.

Alınan numune üzerine N-1K indikatöründen 1 kaşık, N-2K indikatöründen 6 damla eklenir ve karıştırılarak termoreaktörde 120°C sıcaklıkta 1 saat bekletilmiştir. Soğuduktan sonra numune üzerine N-3K 1 doz eklenir, karıştırılır ve 10 dk reaksiyon süresi sonunda spektrofotometrede toplam azot ölçümü yapılmıştır. Numuneler şahitli yapılmıştır (APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994).

3.2.3 CN⁻ deneyi

52 haftalık toplanan sızıntı suyu numuneleri laboratuvarında seyreltilmiştir. SM 4500 CN⁻ E metoduna göre (APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994).; seyreltilen numuneden 5mL reaksiyon tüpüne alındı. CN-1K indikatöründen 1 kaşık doz ilave edildi, reaksiyon tüpünün ağzı kapatılarak, 120°C’de termoreaktörde 30 dk bırakılmıştır. Daha sonra soğuması beklendi ve soğuyan numuneye CN-2K indikatöründen 3 damla eklendi ve karıştırılmıştır. Test tüpüne CN-3K indikatöründen bir kaşık doz numuneye eklenerek, katı tanecikler çözünene kadar sallayarak karıştırılmıştır. En son olarak CN-4K indikatöründen 1 kaşık doz eklenerek, 10 dakika reaksiyon süresi beklenerek cam küvete alınarak spektrofotometrede okumada CN tayini sağlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. CN⁻ tayini.

3.2.4 Fosfat ve toplam fosfor deneyi

52 haftalık toplanan sızıntı suyu numuneleri laboratuvarında seyreltilmiştir. SM-4500-P metoduna göre; seyreltilen numuneden 5mL reaksiyon tüpüne alındı. PO₄-1K indikatöründen 5 damla ilave edildi, PO₄-2K indikatöründen 1 kaşık doz eklenmiştir.

Reaksiyon süresi olarak 5 dk bekledikten sonra, cam küvete alınarak spektrofotometrede okumada fosfat ve fosfor tayini sağlanmıştır (APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994).

3.2.5 Kimyasal oksijen ihtiyacı deneyi

52 haftalık toplanan sızıntı suyu numuneleri seyreltilmiştir. SM 5210 metoduna göre; 10 mL’lik cam tüpüne asit çözeltisinden 3.5 mL, parçalama çözeltisinden 1.5 mL, üzerine 2.5 mL seyreltilen numuneden eklenmiştir. Cam tüpü termoreaktörde 147 °C’de 2 saat reaksiyon süresince bekletilmiştir. 2 saatin sonunda soğuması beklenmiş olup, titrimetrik ölçüme hazır hale getirilmiştir. Numuneler cam tüpünden 50 mL’lik cam behere alınarak manyetik karıştırıcı cihazın üzerine yerleştirilerek, 2 damla Ferroin damlası eklenmiştir. Manyetik karıştırıcı cihazı açılarak üzerine DAS (Potasyum dikromat) indikatörü damla damla olacak şekilde numune titre edilir. Renk dönmeye başlayınca anlık DAS sarfiyatı okunur (Şekil 3.6). Burada saf su da aynı işlemlerden geçirilir ve DAS sarfiyatı okunur. Denklem (3.1)’den yararlanılarak KOİ mgO₂/L hesaplanmıştır (APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994).

$$KOİ = \frac{((\text{Saf su Das Sarfiyatı} - \text{Numune Saf su sarfiyatı}) * M * 8000)}{\text{Numune Miktarı (ml)}} \quad (3.1)$$



Şekil 3.6. KOİ tayini.

3.2.6 Yağ-gres tayini

SM 5520 D metoduna göre; sızıntı suyundan 100 mL’lik cam behere 50 mL alınıp, üzerine 1,5 mL hekzan eklenerek karıştırılmış ve reaksiyona girmesi beklenmiştir.

Karıştırılan numune cam ayırma hunisine aktarılır ve ayırma hunisinin vanası yavaşça açılarak boş darası alınmış saat camın üzerine numune ile reaksiyona girmiş hekzanın aktarılması sağlanır. Saat camdaki hekzan etüvde 105 °C’de uçurulması sağlanmıştır(APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994). Saat camın üzerinde kalan yağın tartımı (dolu tartım) yapılarak, saat camın boş darasından (boş tartım) çıkarılarak kalan yağ miktarı hesaplanmıştır (Şekil 3.7). Denklem (3.2)’de analizin matematiksel ifadesi verilmiştir

$$Yağ - gres \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(Dolu\ tartım - Bos\ tartım) * 1000}{Numune\ Miktarı\ (mL)} \quad (3.2)$$

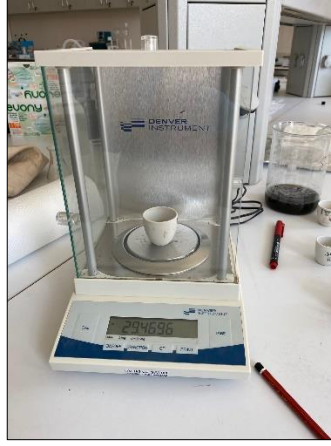


Şekil 3.7. Yağ-gres tayini.

3.2.7 Toplam katı madde tayini

SM 2540 B metoduna göre; Boş darası alınmış porselen kroze 5 mL sızıntı suyu eklenerek dolu tartımı alarak, etüvde 105°C’de 2 saat bekletilmiştir. 2 saatin sonunda alınan porselen kroze soğumaya bırakılarak darası alınmıştır. Dolu tartımdan fırınlama sonrası tartım çıkarılarak katı madde tayini elde edilmiştir (Şekil 3.8). Denklem (3.3)’den yararlanılarak TKM konsantrasyonu hesaplanmıştır (APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994).

$$TKM \frac{mg}{L} = \frac{((Boş\ porselen\ kroze + 5\ ml\ numune) - (Fırınlama\ sonrası\ kroze\ tartım)) * 1000}{Numune\ miktarı\ (ml)} * 1000 \quad (3.3)$$



Şekil 3.8. TKM tayini.

3.2.8 Elektriksel iletkenlik-pH tayini

SM 4500H⁺ B metoduna göre; sızıntı suyunun elektriksel iletkenlik-pH ölçümü Hach HQ411D cihazıyla yapılmıştır (APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994). Ölçümü yapılan sızıntı suyunun elektrometrik metot ile hem pH hem de elektriksel iletkenliği tespit edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. EC ve pH tayini.

3.2.9 Renk tayini

SM 2120 C metoduna göre; ölçümü yapılan sızıntı suyunun spektrofotometrik metot ile renk (Pt-Co) tespit edilmiştir. Renk, suda çözülmüş bulunan metalik tuzlardan veya

su içindeki kolloid parçacıklardan meydana gelmektedir. Renklerin oluşmasını sağlayan dalga boyları renklerin ölçülmesinde kullanılır ve bu dalga boyları renk çeşitleri ile ölçme metodunun seçilmesinde etkili olmaktadır (Polat, 2018).

RES ölçüm metodunda, 436 Nm, 525 Nm ve 620 Nm dalga boyları seçilerek ölçüm yapılır. Farklı dalga boylarında elde edilen Ortalama Abs değerleri kaydedilerek Denklem (3.4)'e göre RES değerleri hesaplanır (APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994).

$$RES(\lambda)=A /d * f \quad (3.4)$$

A: λ dalga boyunda su numunesindeki absorbans

d: Küvet kalınlığı (mm)

f: Spektral Absorbans değerini m⁻¹ biriminde elde etmek için faktör, f=1000

RES(λ): λ dalga boyu renklilik sayısı (RES) değeri (m⁻¹)

3.2.10 Ağır metal tayini

Ağır metal tayini yapmak için öncelikle ön işlem den geçirilmesi için asitle özütleme metodu gerekmektedir. Numune ön hazırlık işlemi SM 2017 APHA-Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition kitabına Bölüm:3030K ve 3030D göre yapılmıştır.

Mikro dalga yakma için kullanılan cihaz CEM MARS5, ICP-MS için kullanılan cihaz Thermo X Series 2'dir (Şekil 3.10). Kalibrasyon eğrisi oluşturulurken 1, 5, 10, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 500 ppb konsantrasyonlarda hazırlanıp okutulmuştur. Ağır metal ölçümü için ICP-MS koşulları Çizelge 3.2'de verilmiştir (APHA-Standart Metotlar, 2017; USEPA, 1994).

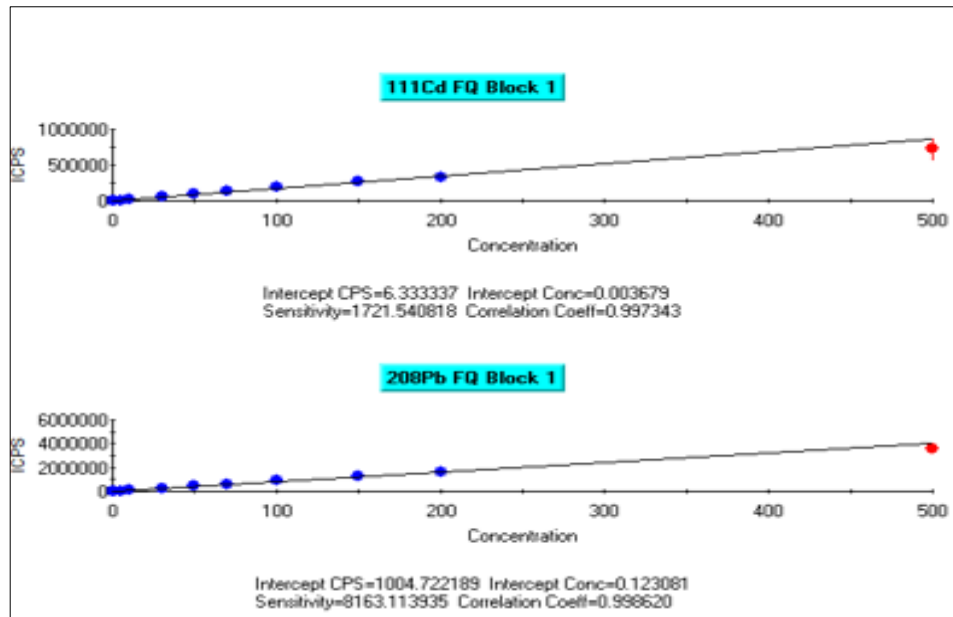


Şekil 3.10. Ağır metal analizinde kullanılan cihazlar a.CEM MARS5, b. Thermo X Series 2.

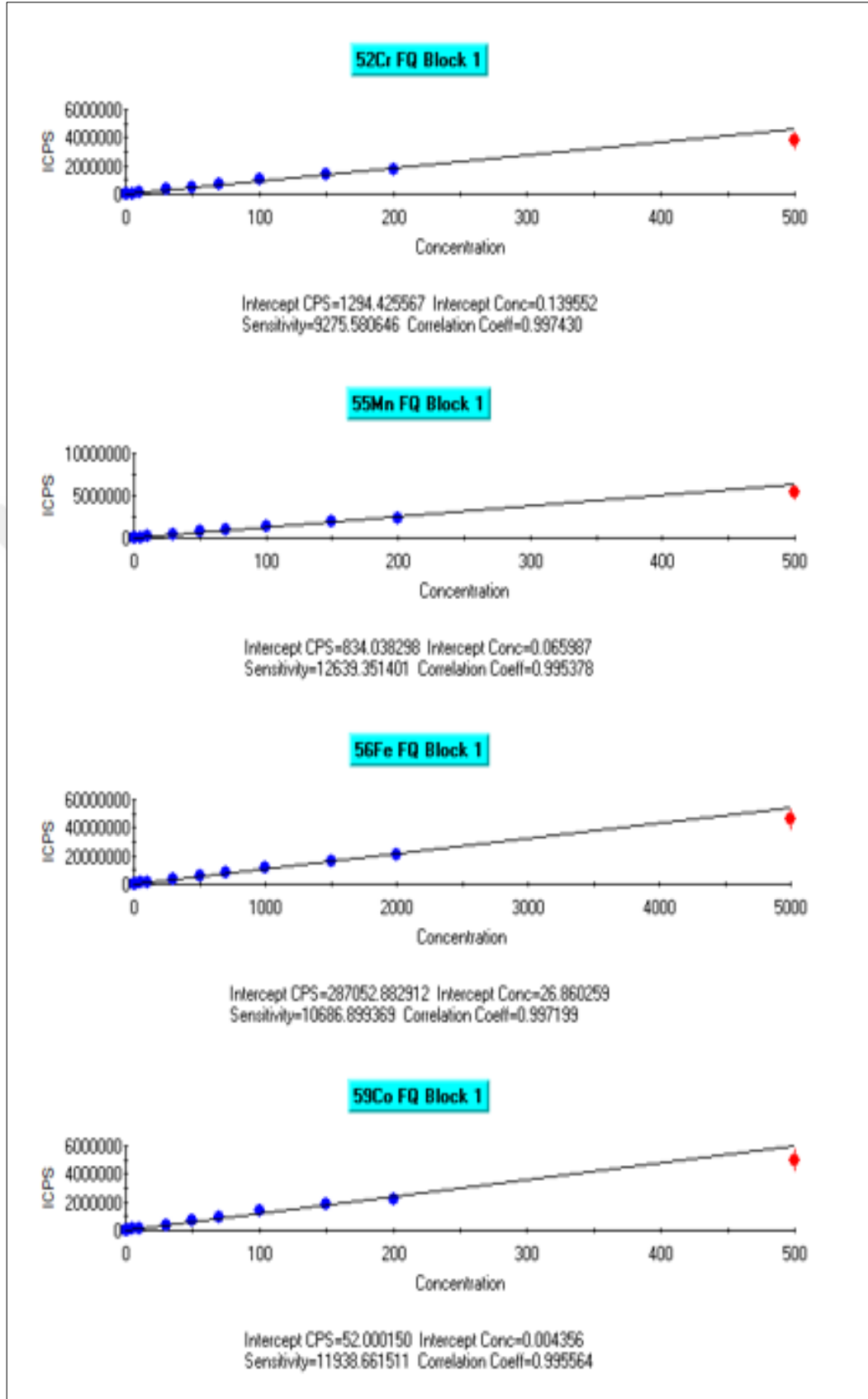
Çizelge 3.2. Ağır metal ölçümü için ICP-MS koşulları.

Mikrodalga Yanma Şartları	
Sıcaklık:	210°C
Rampa (mm: ss):	15:00
Basınç(psi):	800
Güç(W):	900-1800
Karıştırma:	Kapalı
ICP-MS analizi Şartları	
Ateşleme Gücü(W):	1100
İleri Güç(W):	1400
Plazma soğutucu gaz akış oranı:	13.0 L/dk
Yardımcı gaz akış oranı :	0.7 L/dk
Nebülizatör gaz akışı :	0.80 L/dk
Örnek Alım Oranı:	1.0 mL/dk
Analiz sırasında pompalama oranı :	40rpm

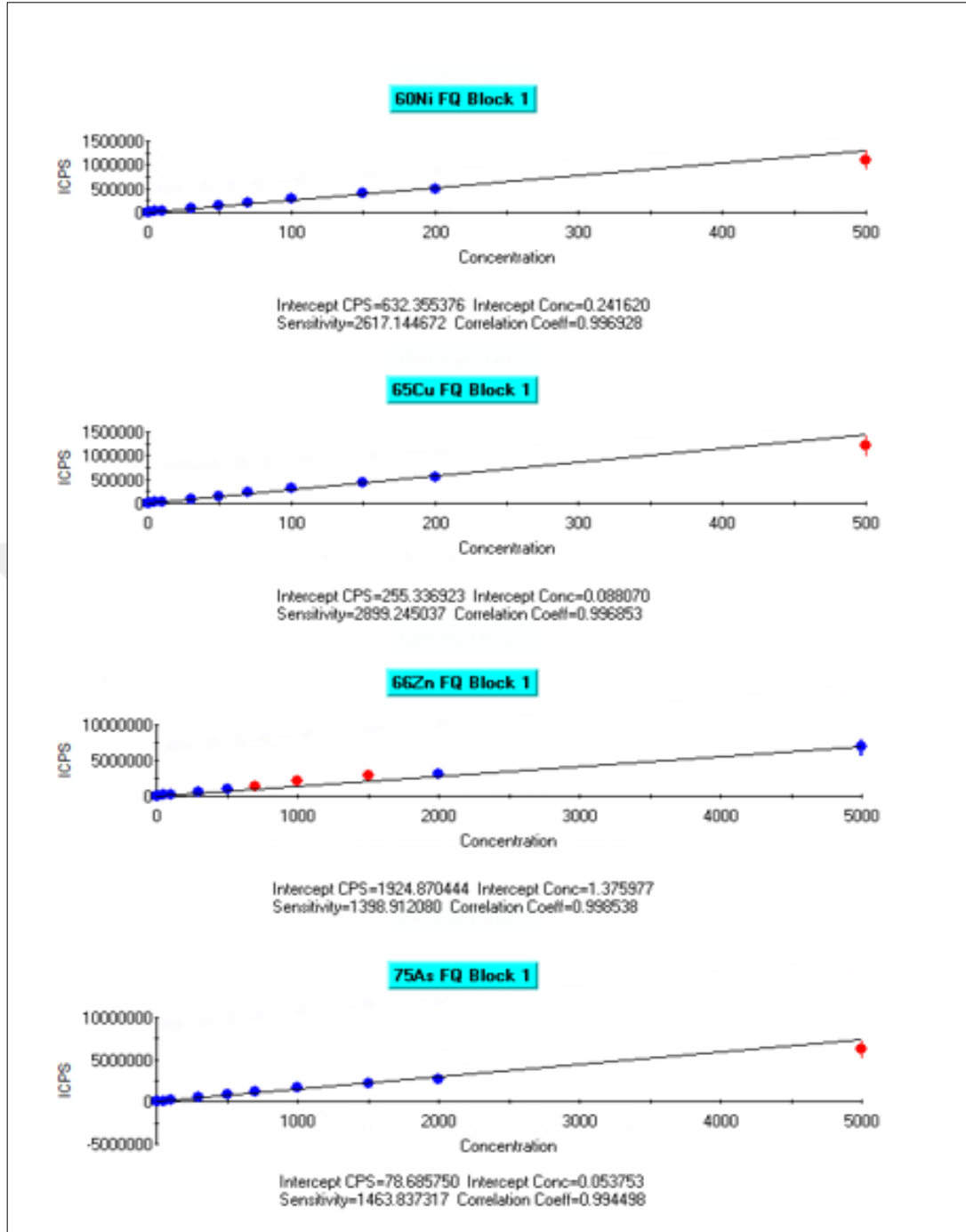
ICP-MS’de ağır metal analizleri için kalibrasyon eğrileri Şekil 3.11, 3.12 ve 3.13’te verilmiştir. Hazırlanan eğri 1-500 µg/L konsantrasyon aralığında belirlenmiştir.



Şekil 3.11. Cd, Zn kalibrasyon eğri grafikleri, konsantrasyon/ICPS.



Şekil 3.12. Cr, Mn, Fe, Co kalibrasyon eğri grafikleri, konsantrasyon/ICPS.



Şekil 3.13. Ni, Cu, Zn, As kalibrasyon eğri grafikleri, konsantrasyon/ICPS.

3.3 Trend Analizi ve Polinomsal Lineer Regresyon

Niğde İli evsel katı atık düzenli depolama tesisi sızıntı suyunun kirlетici konsantrasyonlarını yıllık ve aylık akımlarının trend analizini yapmak amacıyla parametrik olmayan Mann-Kendall Testi (MKT) ve Spearman Rho Testi (SRT) kullanılmıştır (Kendall, 1975; Mann, 1975). Kirlетici parametrelerin trend analizini

yapmak için “Trend Analysis for Windows”, Delphi 7.0 programlama dilinden faydalanılmıştır. Bu analizin amacı kirletici parametrenin zaman boyunca ölçülen değerlerde azalma ve artma olmasını incelemektir (Gümüş, 2006). Kirletici parametrelerine Sen’in Trend Eğim metodu %95 güven seviyesinde uygulanarak, MKT ve SRT hesaplanmıştır (Sen, 1968).

MKT özellikle sulardaki kirletici parametrelerinde meydana gelen değişimini göstermek amacıyla kullanılmaktadır. Buna göre bir zaman serisinde trendin olup olmadığı sıfır hipotezi ile; “H0: trend yok” ile bulunmaktadır (Bağdatlı ve Arslan, 2021). H0 teriminin anlamı hipotezde trendin olmadığı, H1 terimin anlamı hipotezde trendin artan veya azalan yönü gösterilmektedir (Ballı ve Bağdatlı, 2021). Denklem (3.5)’te ‘n’ dereceli polinomsal lineer regresyon modelinin formülü verilmiştir (Er vd., 2021). Bu denkleme göre lineer kısmını $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ katsayıları ve polinom kısmı ise $x^2, x^3, \dots, x^n$ ’in üssel ifadelerinden meydana gelmektedir.

$$f(x) = y = a_0x^0 + a_1x^1 + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_nx^n \quad (3.5)$$

Denklemden verilen $f(x)$ gerçek güç verisini, x zaman verisini, y ise kirletici konsantrasyonunu ifade eder ve a katsayıları bulunur. Denklemin kaçınıcı dereceye sahip olacağını istenilene göre yapılmakta olup, lineer polinomun derecesini arttırmakla verileri daha iyi olarak görülebilir (Er vd., 2021).

Regresyon sonucu $R^2 < 0.50$ olduğunda, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama gücü düşüktür. Bu da modelin gelecekteki tahminleri yaparken ciddi hatalar yapabileceği anlamına gelmektedir. Böyle bir temelde trend analizi (özellikle öngörü/tahmin) yapmak riskli olabilmektedir. Düşük R^2 değerlerinde trend analizi anlamsız hale gelebilmektedir. Trend analizi genellikle geleceğe yönelik tahmin yapmayı amaçlamaktadır. Ancak zayıf açıklama gücüne sahip bir modele dayanarak yapılan tahminler yanıltıcı olabilir ve yanlış kararların alınmasına neden olabilmektedir (Xu vd., 2022).

3.4 İstatiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi için IBM SPSS27 programı kullanılmıştır. Bu metotta ağır metallerin diğer parametreler ile arasındaki ilişki gösterilmiştir. Ağır metallerin ve

diğer parametrelerin mevsimsel olarak konsantrasyonlarının değişimi gözlemlenmiştir. Ayrıca bazı parametrelerin ağır metal konsantrasyonlarına etkileri de belirtilmiştir (Carta vd., 2015).

3.5 Temel Bileşen Analizi (TBA)

IBM SPSS27 yazılım programı kullanılarak temel bileşen analizi sağlanmıştır (Kaiser, 1960). Bu analiz için Niğde Meteoroloji Müdürlüğü'nden sıcaklık, yağış, buharlaşma verileri alınmıştır. Diğer parametreler ise; toplam katı madde, pH, toplam azot, CN, F, fosfat, fosfor, KOİ, EC, renk, yağ-gres, As, Pb, Fe, Mn, Ni, Co, Cr, Cu, Zn ve Cd'dur.

3.6 YSA Model Çalışması

Yapay sinir ağlarında daha iyi modeller çıkarmak için girdi ve çıktı katmanındaki veriler 0 ile 1 aralığında normalleştirilmiştir. Normalleştirmede kullanılan Denklem (3.6)'daki gibidir (Baghanam vd., 2022).

$$x_{norm} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (3.6)$$

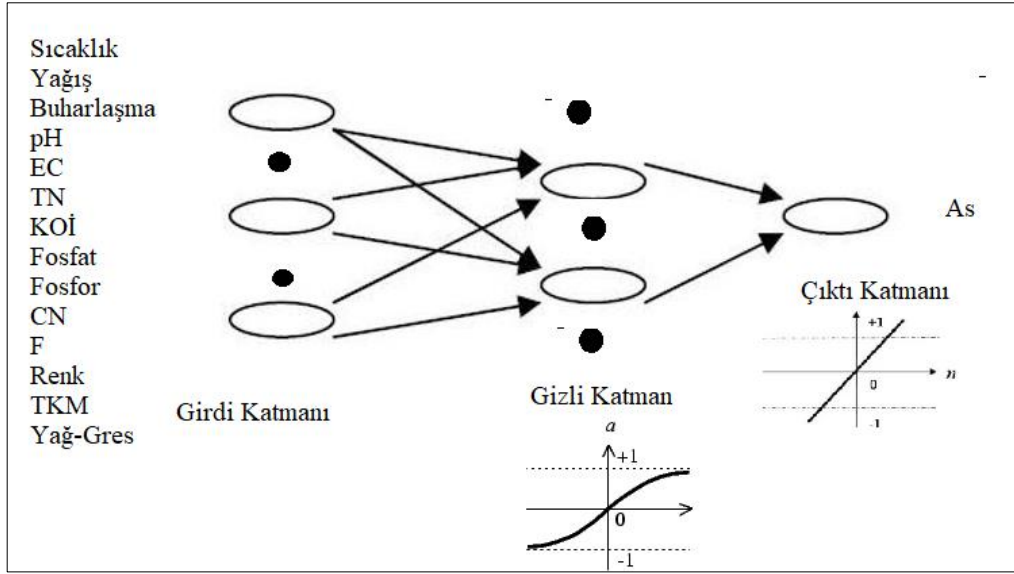
X_{norm} = Normalleştirilmiş değer

X_i = Orijinal değer

X_{max} = Maksimum değer

X_{min} = Minimum değer

Oluşturulan YSA modelinde parametrelerin %70'i eğitim, %15'i validasyon diğer %15'i de test için kullanılmış olup, yapay sinir ağ modelin oluşturulmasında Matlab R2023b'den faydalanılmıştır. As (Arsenik) için kullanılacak olan YSA modeli Şekil 3.14'te verilmiştir. Diğer metaller için girdi katmanı değişmeyecektir. YSA modeli girdi katmanında 14, çıktı katmanında 1 nörondan oluşmaktadır.



Şekil 3.14. As için oluşturulan YSA modeli.

Gizli katmandaki nöron sayısı 7 ile 20 arasında model çalıştırılmıştır. Modelde hata performansları (MSE'ler) karşılaştırılmıştır. Her bir ağır metal için girdi parametreleri sabit tutulup, ayrı modeller oluşturulmuştur. Geri yayılım algoritması trainlm (Levenberg-Marquardt) ile gizli katmanın aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant sigmoid transfer fonksiyonu seçilmiş olup, tüm çıktı katmanında ise lineer transfer fonksiyonu ile çalışılmıştır. Yapay sinir ağ modellerinde gerçek veri ile hedef veri arasındaki farkın en küçük olması ve korelasyon katsayısının R^2 en büyük olması sağlanması gerekmektedir. R^2 ve MSE'nin formülleri Denklem (3.7) ve (3.8)'de verilmiştir (Mesutoğlu, 2020).

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (3.7)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^N (Y_t)^2} \quad (3.8)$$

Her bir ağır metal için YSA modelleri oluşturulmuş olup, oluşturulan modeller iki farklı geri yayılım algoritması seçilerek trainbr(bayesian regularization), trainscg(scaled conjugate gradient) R^2 ve MSE değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Niğde evsel katı atık düzenli depolama tesisi sızıntı suları Kasım 2022-Ekim 2023 tarihleri arasında 52 hafta boyunca haftalık toplanmıştır. Toplanan sızıntı sularının ağır metal tayini Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (68001) desteğiyle Aksaray Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma (ASÜBTAM) Merkezi'nde yaptırılmıştır. Diğer parametreler ise TN, KOİ, EC, fosfat, fosfor, yağ-gres, TKM, F, CN, pH, renk tayini Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği laboratuvarında yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre trend analizi, IBM SPSS27 korelasyon analizi, temel bileşen analizi ve yapay sinir ağlarıyla da ağır metal kirliliği (As, Mn, Ni, Pb, Zn, Cu, Cr, Cd, Co) modellenmesi yapılmıştır.

4.1 Verilerin Laboratuvar Analiz Sonuçları

Tez çalışmasında kullanılan sızıntı suyunun yıllık karakteristiğine göre minimum ve maksimum değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Haftalık analizleri ölçülen parametrelerin aylık olarak ortalaması alınmıştır. Haftalık analiz sonuçları Ek A'da verilmiştir. Kirletici analizleri sonucu fosfor, KOİ, siyanür, demir, florür, bakır konsantrasyonları katı atık bertaraf ve değerlendirme tesislerindeki SKYY deşarj standartlarını aşmaktadır (Ek-E) (URL-4).

Çizelge 4.1. Tez çalışmasında kullanılan yıllık sızıntı suyu karakteristiği.

Parametre	Min.	Maks.	Parametre	Min.	Maks.
Co (mg/L)	0.0001	0.1039	Pb (mg/L)	0.0001	0.002
Cr (mg/L)	0.0003	1.013	pH	7.6	8.4
Cu (mg/L)	0.0036	4.582	P (mg/L)	11.35	99.17
F (mg/L)	15.51	70.58	TKM (mg/L)	23300	88700
PO ₄ (mg/L)	34.88	304.77	TN (mg/L)	490	5490
İletkenlik (EC) mS/cm	28.77	38.13	Yağ-gres (mg/L)	0.7	57.2
Cd (mg/L)	0.0002	0.001	Zn (mg/L)	0.0001	1.1910
KOİ (mgO ₂ /L)	4356	42689	Renk (Pt-Co)	59.97	246.97
Mn (mg/L)	0.0001	0.4265	Gelen atık (ton)	135.2	3377.4
Ni (mg/L)	0.0014	1.1910	CN (mg/L)	1.29	2.59
As (mg/L)	0.0015	1.1080	Fe (mg/L)	1.796	2401

4.2 Verilerin Polinomsal Lineer Regresyon ve Trend Analizleri

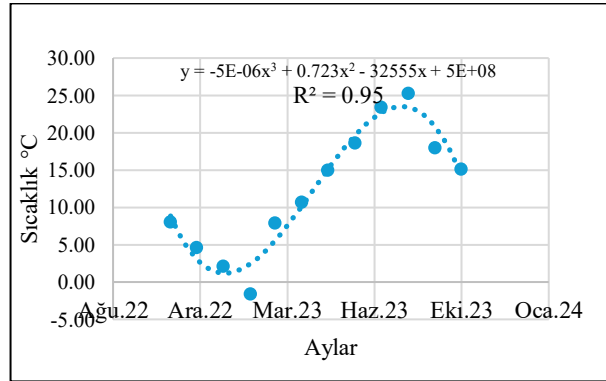
4.2.1 Sıcaklık

Sıcaklık değeri yıl içerisinde -7.57°C ile 27.90°C aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değer yaz mevsiminde, en düşük değer kış mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.2). Sıcaklık değeri kirleticiler için önemli bir çevresel faktördür.

Çizelge 4.2. Sızıntı suyundaki sıcaklık değerlerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Sıcaklık-°C			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	-7.57	8.25	1.93	1.00
İlkbahar	5.65	16.08	10.94	1.00
Yaz	16.77	27.90	22.15	1.00
Sonbahar	7.05	21.17	14.03	1.00
Yıllık	-7.57	27.90	12.26	0.95

Kış mevsiminde sıcaklık -7.57°C ile 8.25 °C arasında değişmiş olup, ortalama sıcaklık 1.93°C, ilkbahar mevsiminde sıcaklık 5.65°C ile 16.08°C arasında değişmiş olup, ortalama sıcaklık 10.94°C, yaz mevsiminde sıcaklık 16.77°C ile 27.9°C arasında değişmiş olup, ortalama sıcaklık 22.15°C, sonbahar mevsiminde sıcaklık 7.05°C ile 21.17°C arasında değişmiş olup, ortalama sıcaklık 14.03°C olarak ölçülmüştür.



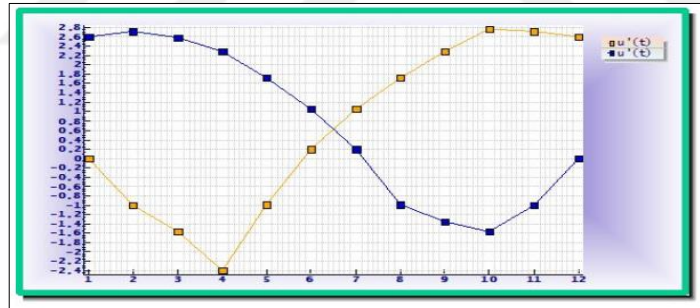
Şekil 4.1. Sızıntı suyunun alındığı yılın sıcaklık değeri değişimi (°C-Ay).

Dört mevsim için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu R^2 değerinden anlaşılmaktadır. Yıllık sıcaklık -7.57 °C ile 27.90°C arasında değişmiş olup, ortalama sıcaklık 12.26°C olarak ölçülmüştür. Yıllık veriler için oluşturulan modelin doğruluğu R^2 değeri 0.95 olup, oldukça yüksektir (Şekil 4.1). Mann-Kendall Testi ve Spearman Rho testine göre yıllık sıcaklık trend analizi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık sıcaklık trend analizi sonuçları.

Sıcaklık (°C) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	38	Rho Test İstatistiği(rs)	0.79
	Sigma S	14.58	Z	2.62
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.58		
	Z	2.54		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Reddedilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Reddedilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			1.9180

MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 2.54 olup, kritik eşiğin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 38, st. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.58'dir. SRT Z değeri 2.62, korelasyon katsayısı(rs) 0.79'dur. Sen'in eğiminde yıllık 1.918 birim sıcaklık artış olduğu görülmüştür. Şekil 4.2'de yıllık sıcaklık değerinin MKT ve SRT sonuçları ve $u(t)$ - $u'(t)$ grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.2. Yıllık sıcaklık değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ - $u'(t)$ grafikleri.

Çalışma sonucunda Mann-Kendall Testi ve Spearman Rho testine göre trend analizi sonuçlarında ise sıcaklık yıllık değerlerine göre artan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir.

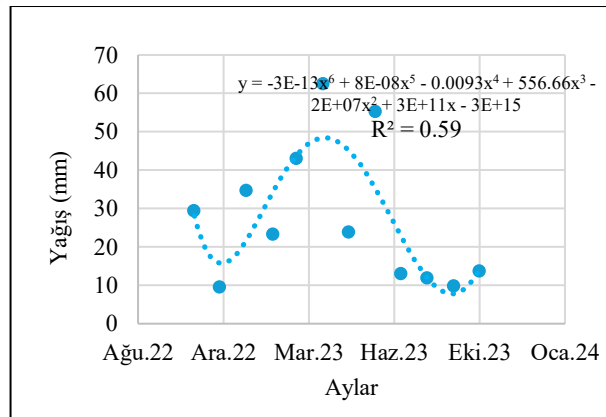
4.2.2 Yağış

Yağış değeri yıl içerisinde 0.2 ile 20.6 mm aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değer ilkbahar mevsiminde, en düşük değer sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Yıllık yağış değerlerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, toplam, R² değerleri.

Mevsim	Yağış (mm)			R ²
	Minimum	Maksimum	Toplam	
Kış	0.2	12.6	67.2	1.00
İlkbahar	0.2	15.2	129.2	1.00
Yaz	0.2	20.6	80	1.00
Sonbahar	0.2	15.6	52.8	1.00
Yıllık	0.2	20.6	329.2	0.59

Kış mevsiminde yağış 0.2 ile 12.6 mm arasında değişmiş olup, toplam yağış 67.2 mm, ilkbahar mevsiminde yağış 0.2 ile 15.2 mm arasında değişmiş olup, toplam yağış 129.2 mm, yaz mevsiminde yağış 0.2 ile 20.6 mm arasında değişmiş olup, toplam yağış 80 mm, sonbahar mevsiminde yağış 0.2 ile 15.6 mm arasında değişmiş olup, toplam yağış 52.8 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.3. Sızıntı suyunun alındığı yılın yağış değeri değişimi (mm).

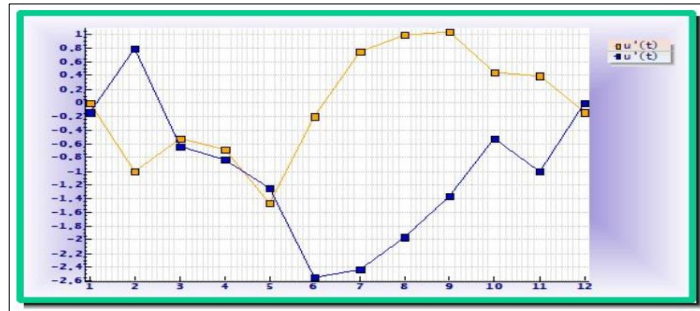
Dört mevsim için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu R² değerinden anlaşılmaktadır. Yıllık yağış 0.2 ile 20.6 mm arasında değişmiş olup, toplam yağış 329.2 mm olarak ölçülmüştür. Yıllık veriler için oluşturulan modelin doğruluğu 0.59 olup, R² >0.50 olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).

Çizelge 4.5. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık yağış trend analizi sonuçları.

Yağış (mm) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	-2	Rho Test İstatistiği(rs)	0.08
	Sigma S	14.58	Z	0.28
	Kendal Korelasyon Katsayısı	-0.03		
	Z	-0.7		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi kabul Edilir ve anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi kabul Edilir ve anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			-0.016

Çalışma sonucunda Mann-Kendall Testi ve Spearman Rho testine göre trend analizi sonuçlarında ise yağış yıllık değerlerine göre anlamlı bir yönde trend olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri-0.7 olup, kritik eşiğin içinde olduğu tespit edilmiştir değeri -2, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı-0.03'dir. SRT Z değeri 0.28, korelasyon katsayısı(rs) 0.08'dir.



Şekil 4.4. Yıllık yağış değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık yağışta-0.016 birim azalma olduğu görülmüştür. Şekil 4.4'te yıllık yağış değerinin MKT ve SRT sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri verilmiştir.

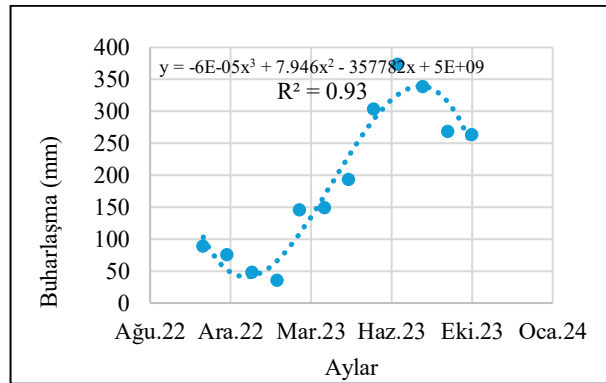
4.2.3 Buharlaşma

Buharlaşma değeri yıl içerisinde 35.91 ile 373.17 mm aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değer yaz ve sonbahar mevsimlerinde, en düşük değer kış mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Yıllık buharlaşma değerlerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, toplam, R^2 değerleri.

Mevsim	Buharlaşma (mm)			R^2
	Minimum	Maksimum	Toplam	
Kış	2.24	21.84	159.32	1.00
İlkbahar	20.16	60.69	487.69	1.00
Yaz	51.59	10.24	1015.07	1.00
Sonbahar	20.09	111.16	620.83	1.00
Yıllık	35.91	373.17	2282.91	0.93

Kış mevsiminde buharlaşma 2.24 ile 21.84 mm arasında değişmiş olup, ortalama buharlaşma 1.75 mm, ilkbahar mevsiminde buharlaşma 20.16 ile 60.69 mm arasında değişmiş olup, toplam buharlaşma 487.69 mm, yaz mevsiminde buharlaşma 51.59 ile 107.24 mm arasında değişmiş olup, toplam buharlaşma 1015.07 mm, sonbahar mevsiminde buharlaşma 20.09 ile 111.16 mm arasında değişmiş olup, toplam buharlaşma 620.83 mm olarak ölçülmüştür.



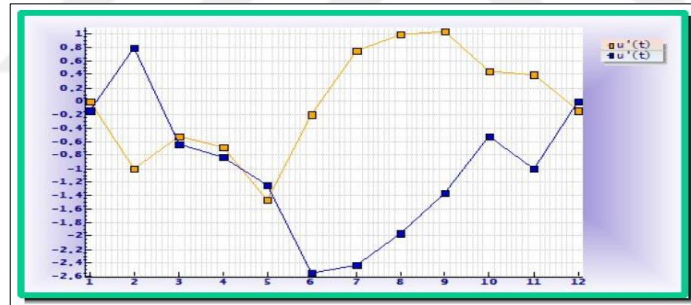
Şekil 4.5. Sızıntı suyunun alındığı yılın buharlaşma değeri değişimi (mm-Ay).

Dört mevsim için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu R^2 değerinden anlaşılmaktadır. Yıllık buharlaşma 20.09 ile 111.16 mm arasında değişmiş olup, toplam buharlaşma 620.83 mm olarak ölçülmüştür. Yıllık veriler için oluşturulan modelin doğruluğu 0.93 olup, $R^2 > 0.50$ olduğu görülmektedir (Şekil 4.5).

Çizelge 4.7. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık buharlaşma trend analizi sonuçları.

Buharlaşma (mm) Yıllık Mevsimi Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	42	Rho Test İstatistiği(rs)	0.85
	Sigma S	14.58	Z	2.81
	Kendal Korelasyon Katsayısı	0.64		
	Z	2.81		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.9500

Çalışma sonucunda Mann-Kendall Testi ve Spearman Rho testine göre trend analizi sonuçlarında ise buharlaşma yıllık değerlerine göre artan yönde anlamlı trend olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 2.81 olup, kritik eşğin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 42, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.64'tür. SRT Z değeri 2.81, korelasyon katsayısı(rs) 0.85'tir.



Şekil 4.6. Yıllık buharlaşma değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık buharlaşmada 0.95 birim artan olduğu görülmüştür. Yıllık buharlaşma değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.6'da verilmiştir.

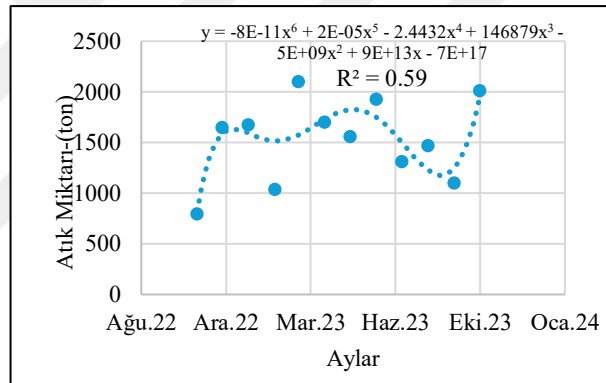
4.2.4 Atık miktarı

Düzenli depolama tesisine gelen katı atık miktarı yıl içerisinde 135.2 ile 3377.4 ton atık/hafta aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değer ilkbahar mevsiminde, en düşük değer sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Yıllık atık miktarı değerlerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Atık Miktarı-(ton)			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	216.7	2017.2	1467.8	1
İlkbahar	1324.3	3377.4	1812.8	1
Yaz	291.7	2265.6	1597.4	1
Sonbahar	135.2	2271.6	1286.1	1
Yıllık	135.2	3377.4	1528.3	0.59

Kış mevsiminde atık miktarı 216.7 ile 3377.4 ton arasında değişmiş olup, ortalama atık miktarı 1467.8 ton, ilkbahar mevsiminde atık miktarı 1324.3 ile 3377.4 ton arasında değişmiş olup, ortalama atık miktarı 1812.8 ton , yaz mevsiminde atık miktarı 291.7 ile 2265.6 ton arasında değişmiş olup, ortalama atık miktarı 1597.4 ton, sonbahar mevsiminde atık miktarı 135.2 ile 2271.6 ton arasında değişmiş olup, ortalama atık miktarı 1286.1 ton olarak ölçülmüştür.



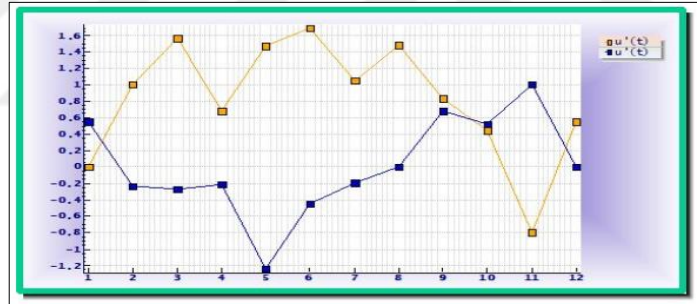
Şekil 4.7. Sızıntı suyunun alındığı yılın düzenli depolama tesisine gelen atık miktarı değişimi (ton/ay).

Dört mevsim için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu R^2 değerinden anlaşılmaktadır. Yıllık atık miktarı 135.2 ile 3377.4 ton arasında değişmiş olup, ortalama atık miktarı 1528.3 ton olarak ölçülmüştür. Yıllık veriler için oluşturulan modelin doğruluğu 0.59 olup, $R^2 > 0.50$ olduğu görülmektedir(Şekil 4.7). Çalışma sonucunda Mann-Kendall Testi ve Spearman Rho testine göre trend analizi sonuçlarında ise yıllık atık miktarlarında anlamlı bir trend olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık atık miktarı trend analizi sonuçları.

Atık miktarı (ton) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	8	Rho Test İstatistiği (rs)	0.19
	Sigma S	14.58	Z	0.63
	Kendal Korelasyon Katsayısı	0.12		
	Z	0.48		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			13.7500

MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 0.48 olup, kritik eşiğin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 8, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.12'dir. SRT Z değeri 0.63, korelasyon katsayısı(rs) 0.19'dir.



Şekil 4.8. Düzenli depolamaya gelen katı atık miktarının mevsimsel ve yıllık değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık atık miktarında 13.75 birim artan olduğu görülmüştür. yıllık atık miktarı değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.8'de verilmiştir.

4.2.5 pH

pH değeri depolanan atıkların cinsi ve düzenli depolama yaşı ile değişebilmektedir. Yüksek organik atık içeriği sızıntı suyunda organik asit arttırdığından pH değeri düşebilmektedir. pH değeri yıl içerisinde 7.6 ile 8.4 aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değer ilkbahar ve yaz mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.10). İlkbahar

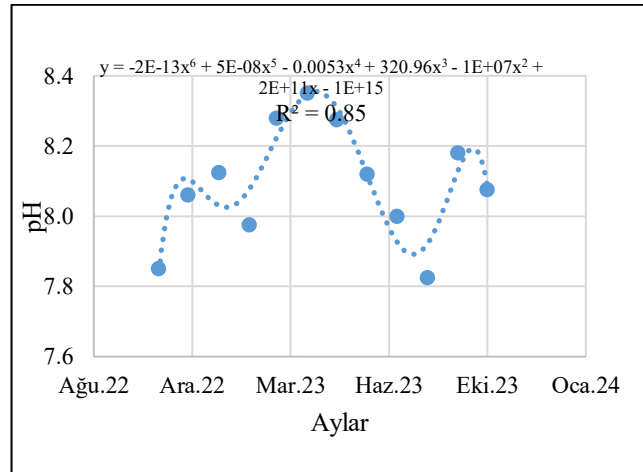
mevsiminde pH değeri genellikle aynı seviyelerde olduğu bulunmuştur. Deponi alanın metanojenik fazda olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.10. Sızıntı suyundaki pH değerlerinin yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	pH			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	7.9	8.2	8.1	0.67
İlkbahar	8.1	8.4	8.3	0.38
Yaz	7.6	8.4	8.0	0.56
Sonbahar	7.6	8.2	8.0	0.74
Yıllık	7.6	8.4	8.0	0.85

Kış mevsiminde pH 7.9-8.2 arasında değişmiş olup, ortalama pH 8.1, ilkbahar mevsiminde pH 8.1-8.4 arasında değişmiş olup, ortalama pH 8.3, yaz mevsiminde pH 7.6-8.4 arasında değişmiş olup, ortalama pH 8.0, sonbahar mevsiminde pH 7.6-8.2 arasında değişmiş olup, ortalama pH 8.0 olarak ölçülmüştür.

Kış, yaz ve sonbahar mevsimi için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır. Yıllık pH 7.6-8.4 arasında değişmiş olup, ortalama pH 8.0 olarak ölçülmüştür. Yıllık veriler için oluşturulan modelin doğruluğu 0.85 olup, $R^2 > 0.50$ olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).

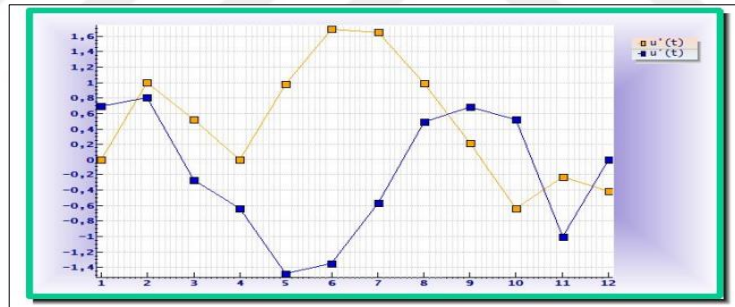


Şekil 4.9. Sızıntı suyunun yıllık pH değeri değişimi.

Çizelge 4.11. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık pH trend analizi sonuçları.

pH Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	10	Rho Test İstatistiği(rs)	0.8
	Sigma S	14.58	Z	0.26
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.15		
	Z	0.62		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve e Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve e Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.0000

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında ise yıllık pH değerinde Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre anlamlı trend olmadığı görülmüştür (Şekil 4.10). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 0.62 olup, kritik eşik altında olduğu tespit edilmiştir. S değeri 10, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.15'tir. SRT Z değeri 0.26, korelasyon katsayısı(rs) 0.8'dir.



Şekil 4.10. Sızıntı suyundaki yıllık pH değerlerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık pH 0 birim olduğu zamanla sabit kaldığı görülmüştür. Yıllık pH değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.10'da verilmiştir.

4.2.6 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

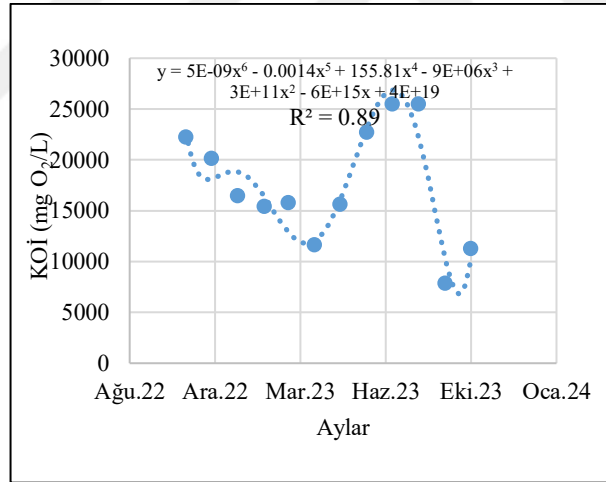
KOİ sızıntı suları için oldukça önemli bir parametredir. Kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu yıl içerisinde 7841 ile 25483 mgO₂/l konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon yaz mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.12). Niğde ili coğrafi konumunda dolayı kış aylarında kar ve yağış görüldüğü için sızıntı

sularının seyrelmesine neden olmaktadır. Bu yüzden KOİ konsantrasyonun yaz mevsime göre daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.12. Sızıntı suyundaki KOİ konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	KOİ- mgO ₂ /l			R ²
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	12023	22303	17558	0.61
İlkbahar	6727	24568	14458	0.30
Yaz	7841	42689	24407	0.44
Sonbahar	4356	29272	13309	0.85
Yıllık	4356	42689	17502	0.89

Kış mevsiminde KOİ 12023-22303 mgO₂/L arasında değişmiş olup, ortalama KOİ 17558 mgO₂/L, ilkbahar mevsiminde KOİ 6727-24568 mgO₂/L arasında değişmiş olup, ortalama KOİ 14458 mgO₂/L, yaz mevsiminde KOİ 7841-42689 mgO₂/L arasında değişmiş olup, ortalama KOİ 24407 mgO₂/L, sonbahar mevsiminde KOİ 4356-29272 mgO₂/L arasında değişmiş olup, ortalama KOİ 13309 mgO₂/L olarak ölçülmüştür.



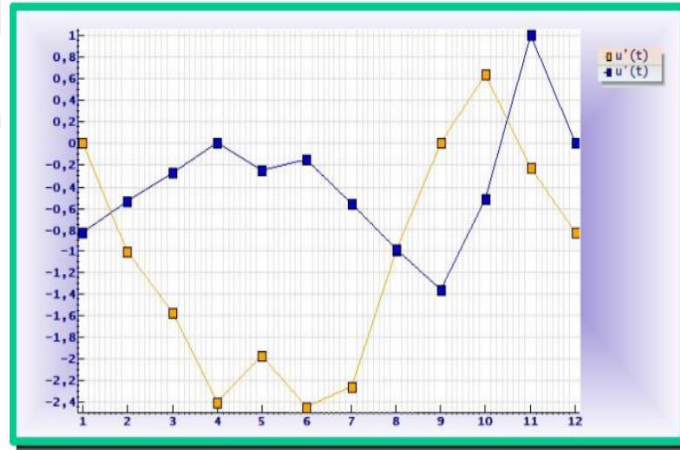
Şekil 4.11. Sızıntı suyunun yıllık KOİ konsantrasyonu değişimi (mgO₂/L-ay).

Yıllık KOİ 7841-25483 mgO₂/L arasında değişmiş olup, ortalama KOİ 17502 mgO₂/L olarak ölçülmüştür. İlkbahar ve yaz mevsimi için oluşturulan modelin veriye uyumlu olmadığını $R^2 < 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır. Yıllık veriler ile sonbahar ve kış mevsimi için oluşturulan modelin doğruluğu sırasıyla 0.89, 0.85 ve 0.61 olup, $R^2 > 0.50$ olduğu görülmektedir (Şekil 4.11).

Çizelge 4.13. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık KOİ trend analizi sonuçları.

KOİ (mg O ₂ /L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	-12	Rho Test İstatistiği(rs)	-0.2
	Sigma S	14.58	Z	-0.67
	Kendal Korelasyon Katsayısı	-0.18		
	Z	-0.75		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			-522.7250	

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında MKT VE SRT testlerine göre yıllık KOİ değerlerinde anlamlı trend olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri-0.75 olup, kritik eşiğin altında olduğu tespit edilmiştir. S değeri -12, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı-0.18'tir. SRT Z değeri -0.67, korelasyon katsayısı(rs) -0.2'dir.



Şekil 4.12. Sızıntı suyundaki yıllık KOİ konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık KOİ-522.725 birim olduğu zamanla azaldığı görülmüştür. Yıllık KOİ değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.12'de verilmiştir.

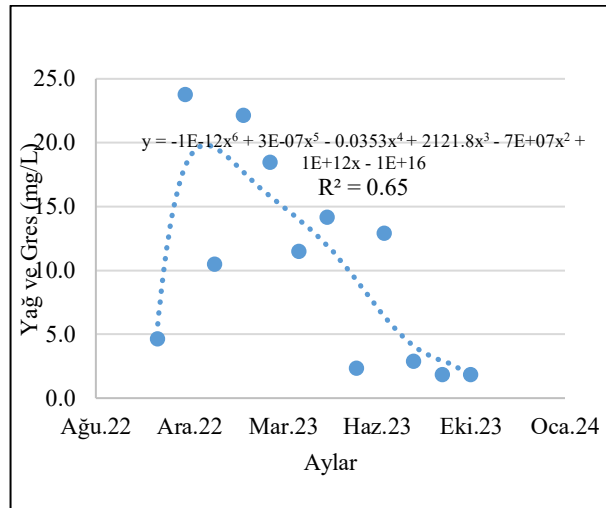
4.2.7 Yağ ve gres

Sızıntı suyunun yağ konsantrasyonu yıl içerisinde 0.70 ile 57.20 mg/L aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değer kış mevsiminde, en düşük değer sonbahar ve yaz mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Sızıntı suyundaki yağ ve gres konsantrasyonunun farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Yağ- mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	1.00	57.20	19.18	0.33
İlkbahar	2.90	41.00	15.00	0.27
Yaz	0.80	46.90	5.75	0.28
Sonbahar	0.70	7.40	2.69	0.74
Yıllık	0.70	57.20	10.66	0.65

Kış mevsiminde yağ-gres 1.0-57.2 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama yağ-gres 19.18 mg/L, ilkbahar mevsiminde yağ-gres 2.9- 41.0 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama yağ-gres 15 mg/L, yaz mevsiminde yağ-gres 0.80-46.90 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama yağ-gres 5.75 mg/L, sonbahar mevsiminde yağ-gres 0.7-7.4 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama yağ-gres 2.69 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.13. Sızıntı suyunun mevsimsel ve yıllık yağ konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

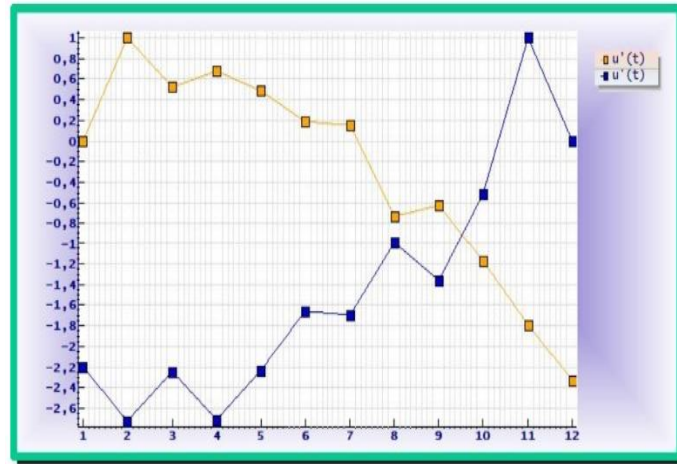
Kış, ilkbahar ve yaz mevsimi için oluşturulan modelin veriye uyumlu olmadığını $R^2 < 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır. Yıllık yağ-gres 0.70-57.20 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama yağ-gres 10.66 mg/L olarak ölçülmüştür. Yıllık veriler ile

sonbahar mevsimi için oluşturulan modelin doğruluğu sırasıyla 0.65, 0.74, olup, $R^2 > 0.50$ olduğu görülmektedir (Şekil 4.13).

Çizelge 4.15. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yağ ve gres trend analizi sonuçları.

Yağ ve Gres (mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	-32	Rho Test İstatistiği(rs)	-0.7
	Sigma S	14.58	Z	-2.33
	Kendall Korelasyon Katsayısı	-0.48		
	Z	-2.13		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Azalan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Azalan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			-1.6400

Çalışma sonucunda Mann-Kendall Testi ve Spearman Rho testine göre trend analizi sonuçlarında ise yıllık yağ konsantrasyonlarının azalan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 4.15). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri -2.13 olup, kritik eşik dışında olduğu tespit edilmiştir. S değeri -32, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı -0.48'tir. SRT Z değeri -2.33, korelasyon katsayısı(rs) -0.7'dir.



Şekil 4.14. Sızıntı suyundaki yıllık yağ-gres konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık yağ-gres -1.640 birim olduğu zamanla azaldığı görülmüştür. Yıllık yağ-gres değerinin MKT ve SRT sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri Şekil 4.14'te verilmiştir.

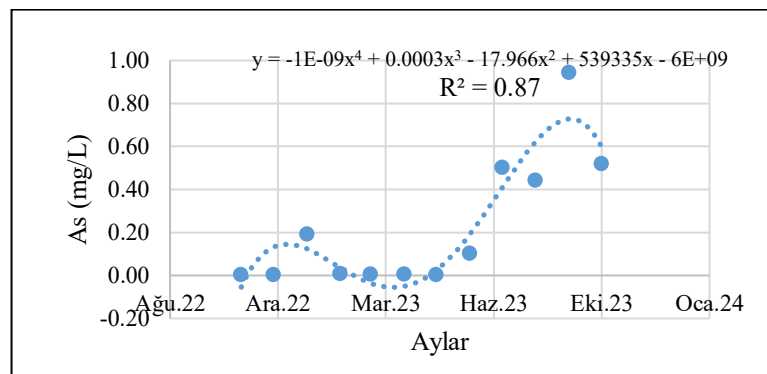
4.2.8 Arsenik (As)

Sızıntı suyunun As konsantrasyonu yıl içerisinde 0.0015 ile 1.1080 mg/L aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değer sonbahar mevsiminde, en düşük değer ilkbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Sızıntı suyundaki As konsantrasyonun farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	As mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	0.0016	0.3549	0.0626	0.71
İlkbahar	0.0027	0.0072	0.0047	0.98
Yaz	0.0024	0.5418	0.3292	0.88
Sonbahar	0.0015	1.1080	0.5240	0.97
Yıllık	0.0015	1.1080	0.2273	0.87

Kış mevsiminde As 0.0016-0.3549 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama As 0.0626 mg/L, ilkbahar mevsiminde As 0.0027-0.0072 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama As 0.0047 mg/L, yaz mevsiminde As 0.0024-0.5418 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama As 0.3292 mg/L, sonbahar mevsiminde As 0.0015-1.1080 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama As 0.5240 mg/L olarak ölçülmüştür.



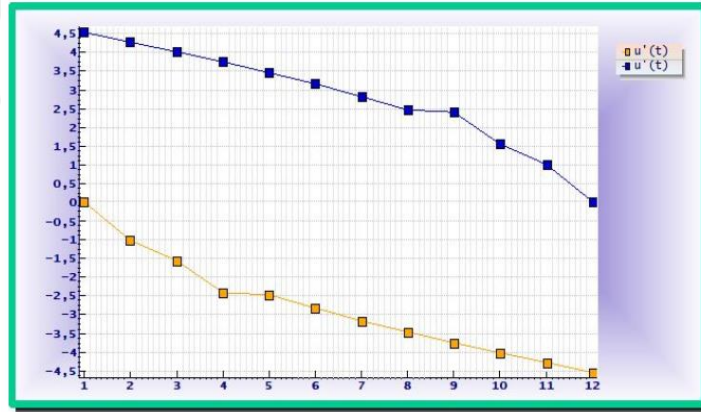
Şekil 4.15. Sızıntı suyunun yıllık arsenik konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık As 0.0015-1.1080 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama As 0.2273 mg/L olarak ölçülmüştür. Dört mevsim ve yıllık için oluşturulan As modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.15).

Çizelge 4.17. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre trend analizi sonuçları.

As(mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	$Z_{a/2}$	1.96	$Z_{a/2}$	1.96
	S	66	Rho Test İstatistiği(rs)	-0.77
	Sigma S	14.58	Z	-2.55
	Kendall Korelasyon Katsayısı	1		
	Z	4.46		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Azalan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.0000

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında Mann-Kendall testine göre artan ve Spearman Rho testine göre azalan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 4.17). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 4.46 olup, kritik eşiğin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 66, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 1'tir. SRT Z değeri-2.55, korelasyon katsayısı(rs) -0.77'dir.



Şekil 4.16. Sızıntı suyundaki yıllık arsenik konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık As 0 birim olduğu zamanla azaldığı görülmüştür. Yıllık As değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.16'da verilmiştir.

4.2.9 Kobalt (Co)

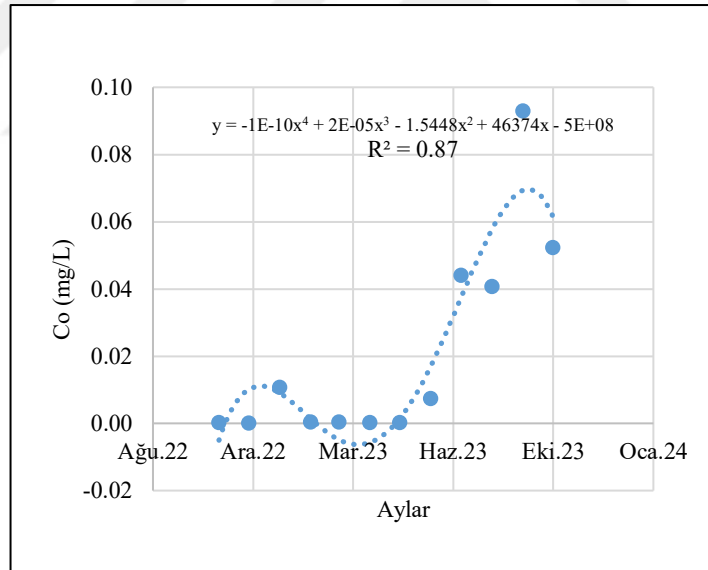
Co konsantrasyonu yıl içerisinde 0.0001 ile 0.1039 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge

4.18). Kış ve ilkbahar mevsiminde kobalt konsantrasyonu genel olarak düşük seviyelerde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.18. Sızıntı suyundaki Co konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Co-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	0.0001	0.0199	0.0035	0.57
İlkbahar	0.0002	0.0004	0.0003	0.93
Yaz	0.0002	0.0551	0.0290	0.91
Sonbahar	0.0001	0.1039	0.0519	0.98
Yıllık	0.0001	0.1039	0.0208	0.87

Kış mevsiminde Co 0.0001-0.0199 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Co 0.0035 mg/L, ilkbahar mevsiminde Co 0.0002-0.0004 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Co 0.0003 mg/L, yaz mevsiminde Co 0.0002-0.0551 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Co 0.0290mg/L, sonbahar mevsiminde Co 0.0001-0.1039 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Co 0.0519 mg/L olarak ölçülmüştür.



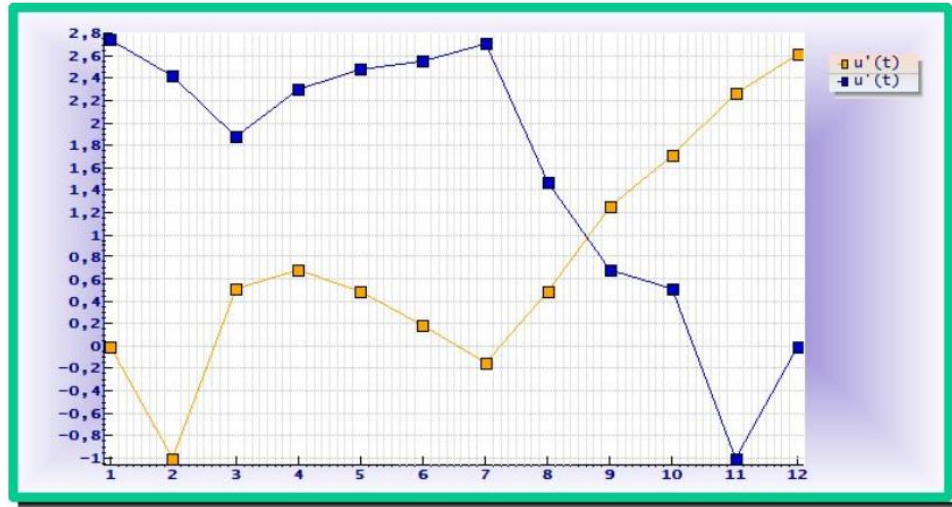
Şekil 4.17. Sızıntı suyunun mevsimsel ve yıllık Co konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık Co konsantrasyonu 0.0001-0.1039 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Co 0.0208 mg/L olarak ölçülmüştür. Dört mevsim ve yıllık için oluşturulan Co modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.17).

Çizelge 4.19. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Co değerlerin trend analizi sonuçları.

Co(mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	40	Rho Test İstatistiği(rs)	0.79
	Sigma S	14.58	Z	2.61
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.61		
	Z	2.67		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)		0.0051	

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında ise Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Co değerlerinde yıllık artan yönde trend olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.19). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 2.67 olup, kritik eşğin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 40, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.67'tir. SRT Z değeri 2.61, korelasyon katsayısı(rs) 0.79'dir.



Şekil 4.18. Sızıntı suyundaki yıllık Co konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık Co 0.0051 birim olduğu zamanla arttığı görülmüştür. Yıllık Co konsantrasyonu değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.18'de verilmiştir.

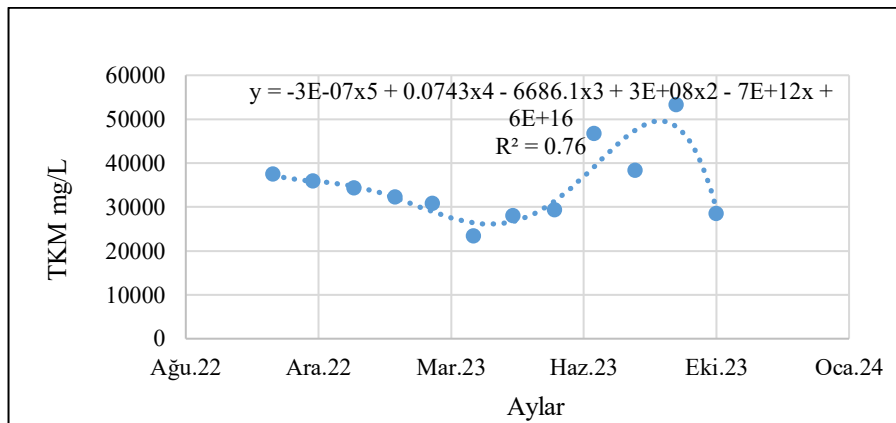
4.2.10 Toplam katı madde (TKM)

TKM konsantrasyonu yıl içerisinde 23.3 ile 53.3 g/l konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.20). İlkbahar mevsiminde TKM konsantrasyonu düşük seviyelerde gözlemlenmiştir. Şekil 4.19’da Sızıntı suyunun mevsimsel ve yıllık toplam katı madde konsantrasyonu(mg/L-ay) verilmiştir.

Çizelge 4.20. Sızıntı suyundaki toplam katı madde konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	TKM-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	26600	62900	34300	0.25
İlkbahar	22100	35000	27600	0.85
Yaz	27500	72700	37400	0.37
Sonbahar	24300	88700	40800	0.67
Yıllık	23300	88700	34800	0.76

Kış mevsiminde TKM 26600-62900 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama TKM 34300 mg/L, ilkbahar mevsiminde TKM 22100-35000 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama TKM 27600 mg/L, yaz mevsiminde TKM 27500-72700 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama TKM 37400 mg/L, sonbahar mevsiminde TKM 24300-88700 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama TKM 40800 mg/L olarak ölçülmüştür.



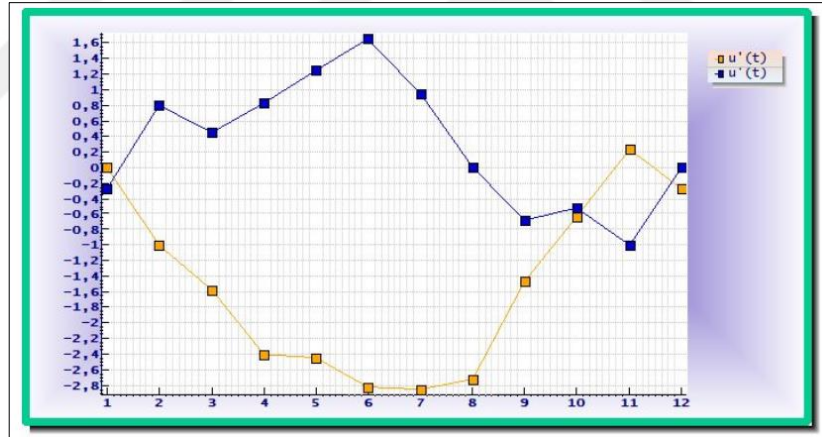
Şekil 4.19. Sızıntı suyunun yıllık toplam katı madde konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık TKM 23300-88700 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama TKM 34800 mg/L olarak ölçülmüştür. İlkbahar ile sonbahar mevsimleri ve yıllık için oluşturulan TKM modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.19).

Çizelge 4.21. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre TKM değerlerin trend analizi sonuçları.

TKM mg/L Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	-4	Rho Test İstatistiği(rs)	0.5
	Sigma S	14.58	Z	0.16
	Kendall Korelasyon Katsayısı	-0.06		
	Z	-0.21		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			-0.3140

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında Mann-Kendall testine göre artan ve Spearman Rho testine göre TKM konsantrasyonlarında yıllık anlamlı bir trend olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.21). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri -0.21 olup, kritik eşiğin altında olduğu tespit edilmiştir S değeri -4, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.06'tir. SRT Z değeri 0.16, korelasyon katsayısı (rs) 0.5'dir.



Şekil 4.20. Sızıntı suyundaki yıllık toplam katı madde konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık TKM-0.314 birim olduğu zamanla azaldığı görülmüştür. Yıllık TKM değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.20'de verilmiştir.

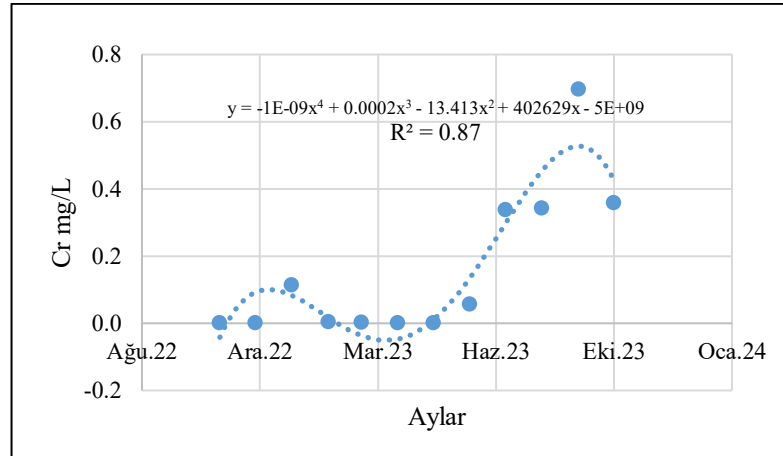
4.2.11 Krom (Cr)

Krom konsantrasyonu yıl içerisinde 0.0003 ile 1.013 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.22). İlkbahar mevsiminde krom konsantrasyonu genel olarak düşük seviyelerde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.22. Sızıntı suyundaki Cr konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Cr mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	0.0008	0.1987	0.0363	0.61
İlkbahar	0.0010	0.0033	0.0017	0.96
Yaz	0.0009	0.4088	0.2312	0.90
Sonbahar	0.0003	1.0130	0.3782	0.90
Yıllık	0.0003	1.013	0.1619	0.87

Kış mevsiminde Cr 0.0008-0.1987 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cr 0.0363 mg/L, ilkbahar mevsiminde Cr 0.001-0.0033 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cr 0.0017 mg/L, yaz mevsiminde Cr 0.0009-0.4088 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cr 0.2312 mg/L, sonbahar mevsiminde Cr 0.0003-1.013 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cr 0.3782 mg/L olarak ölçülmüştür.



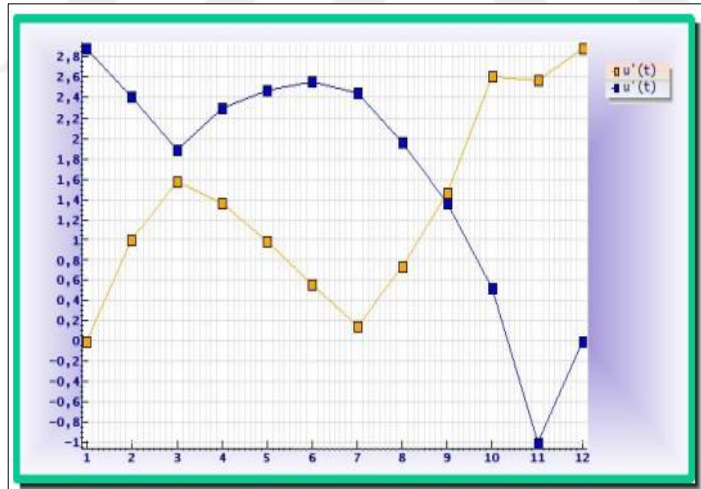
Şekil 4.21. Sızıntı suyunun yıllık Cr konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık 0.0003-1.013 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cr 0.1619 mg/L olarak ölçülmüştür. Dört mevsim ve yıllık için oluşturulan Cr modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.21).

Çizelge 4.23. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Cr trend analizi sonuçları.

Cr(mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	42.0	Rho Test İstatistiği(rs)	0.82
	Sigma S	14.58	Z	2.71
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.64		
	Z	2.81		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.0358

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık Cr konsantrasyonunda artan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.23). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 2.81 olup, kritik eşiğin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 42, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.64'tir. SRT Z değeri 2.71, korelasyon katsayısı(rs) 0.82'dir.



Şekil 4.22. Sızıntı suyundaki yıllık Cr konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık Cr 0.0358 birim olduğu zamanla arttığı görülmüştür. Yıllık Cr değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.22'de verilmiştir.

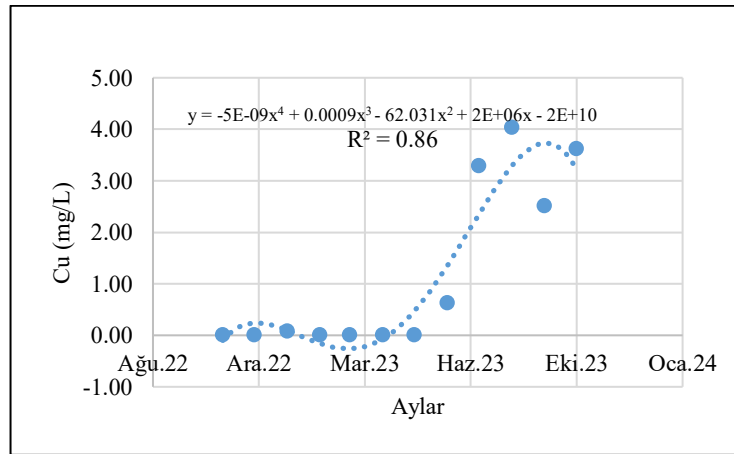
4.2.12 Bakır (Cu)

Bakır konsantrasyonu yıl içerisinde 0.0036 ile 4.5820 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar ve yaz mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.24). Kış mevsiminde Cu konsantrasyonu genel olarak düşük seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.24. Sızıntı suyundaki Cu konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Cu-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	0.0036	0.3519	0.0271	0.63
İlkbahar	0.0039	0.0055	0.0046	0.68
Yaz	0.0046	4.5820	2.4933	0.87
Sonbahar	0.0040	4.0190	2.0826	0.80
Yıllık	0.0036	4.5820	1.1519	0.87

Kış mevsiminde Cu 0.0036-0.3519 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cu 0.0271 mg/L, ilkbahar mevsiminde Cu 0.0039-0.0055 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cu 0.0046 mg/L, yaz mevsiminde Cu 0.0046-4.5820 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cu 2.4933 mg/L, sonbahar mevsiminde Cu 0.004-4.019 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cu 2.0826 mg/L olarak ölçülmüştür.



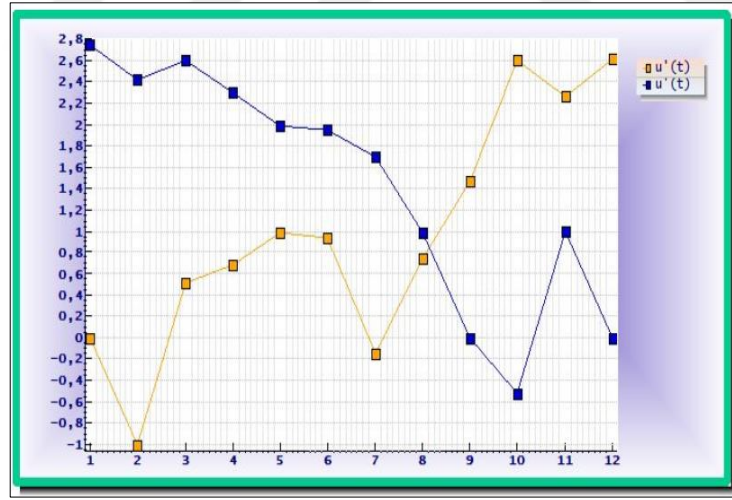
Şekil 4.23. Sızıntı suyunun yıllık Cu konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık Cu 0.0041-4.5820mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 1.1519 mg/L olarak ölçülmüştür. Dört mevsim ve yıllık için oluşturulan Cu modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2>0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.23).

Çizelge 4.25. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Cu trend analizi sonuçları.

Cu(mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	40	Rho Test İstatistiği(rs)	0.77
	Sigma S	14.58	Z	2.56
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.61		
	Z	2.67		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.3049

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık Cu konsantrasyonunda artan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.25). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 2.67 olup, kritik eşiğin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 40, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.61'tir. SRT Z değeri 2.56, korelasyon katsayısı(rs) 0.77'dir.



Şekil 4.24. Sızıntı suyundaki yıllık Cu konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık Cu 0.3049 birim olduğu zamanla arttığı görülmüştür. Yıllık Cu değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.24'te verilmiştir.

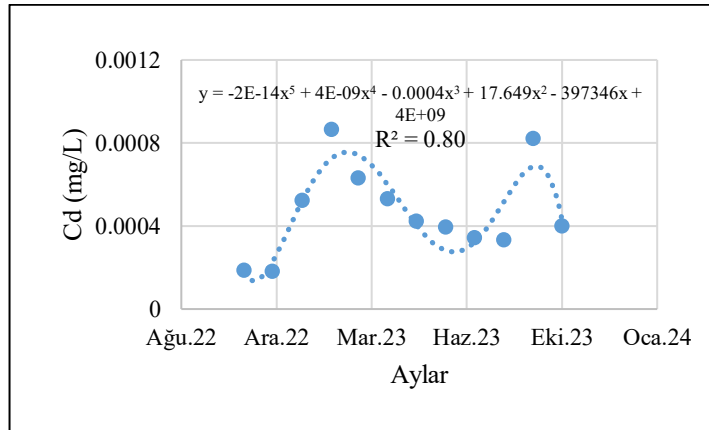
4.2.13 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum konsantrasyonu yıl içerisinde 0,0002 ile 0,0010 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.26). Yaz mevsiminde konsantrasyonun genellikle aynı seviyelerde olduğu bulunmuştur (Şekil 4.25).

Çizelge 4.26. Sızıntı suyundaki Cd konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Cd-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	0.0002	0.0009	0.0005	0.89
İlkbahar	0.0004	0.0007	0.0005	0.79
Yaz	0.0002	0.0005	0.0004	0.17
Sonbahar	0.0002	0.0010	0.0005	0.96
Yıllık	0.0002	0.0010	0.0005	0.80

Kış mevsiminde Cd 0.0002-0.0010 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cd 0.0005 mg/L, ilkbahar mevsiminde Cd 0.0004-0.0007 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cd 0.0005 mg/L, yaz mevsiminde Cd 0.0002-0.0005 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cd 0.0004 mg/L, sonbahar mevsiminde Cd 0.0002-0.001 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Cd 0.0005 mg/L olarak ölçülmüştür.



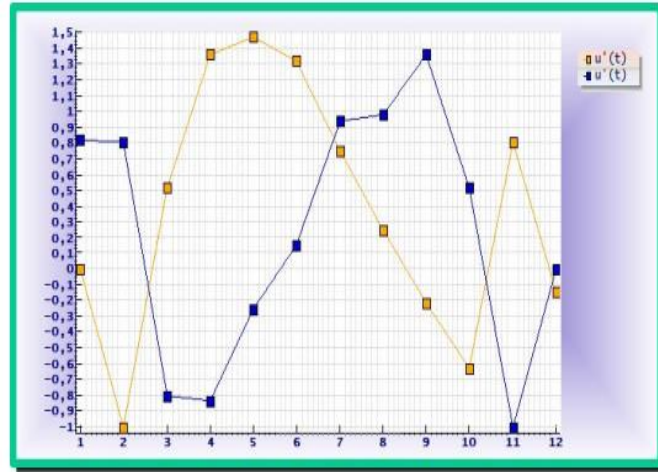
Şekil 4.25. Sızıntı suyunun yıllık Cd konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık Cd 0.0002-0.0009 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 0.0005 mg/L olarak ölçülmüştür. Yaz mevsimi hariç diğer üç mevsim ve yıllık için oluşturulan Cd modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.25).

Çizelge 4.27. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Cd trend analizi sonuçları.

Cd(mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	12	Rho Test İstatistiği(rs)	0.14
	Sigma S	14.58	Z	0.45
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.18		
	Z	0.75		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.00000

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında yıllık Cd konsantrasyonunda Mann-Kendall testine göre artan yönde anlamlı trend olduğu ve Spearman Rho testinde anlamlı bir trend olmadığı görülmüştür. (Çizelge 4.27). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 0.75 olup, kritik eşiğin altında olduğu tespit edilmiştir. S değeri 12, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.18'tir. SRT Z değeri 0.45, korelasyon katsayısı(rs) 0.14'tür.



Şekil 4.26. Sızıntı suyundaki yıllık Cd konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık 0 birim olduğu zamanla değişmediği görülmüştür. Yıllık Cd değerinin MKT ve SRT sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri Şekil 4.26'da verilmiştir.

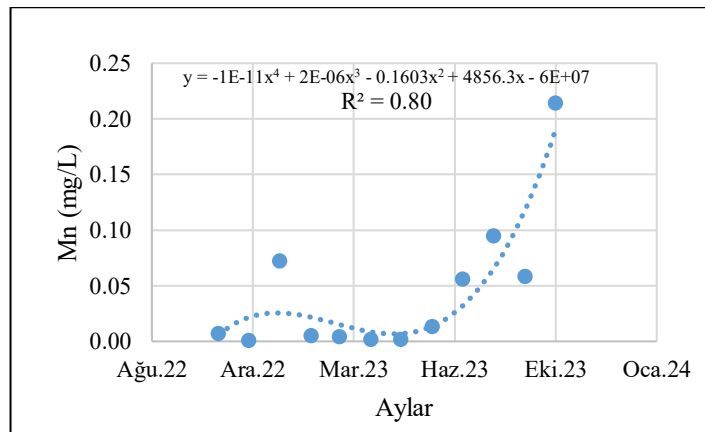
4.2.14 Mangan (Mn)

Mangan konsantrasyonu yıl içerisinde 0,0001 ile 0,4265 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.28). Kış mevsiminde konsantrasyonun genellikle aynı seviyelerde olduğu bulunmuştur. İlkbahar mevsiminde Mn konsantrasyonu azalma eğiliminde görülmüştür (Şekil 4.27).

Çizelge 4.28. Sızıntı suyundaki Mn konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Mn-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	0.0001	0.1490	0.0237	0.71
İlkbahar	0.0008	0.0058	0.0024	0.76
Yaz	0.0042	0.1498	0.0513	0.52
Sonbahar	0.0007	0.4265	0.0902	0.52
Yıllık	0.0001	0.4265	0.0419	0.80

Kış mevsiminde Mn 0.0001-0.1490 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Mn 0.0237 mg/L, ilkbahar mevsiminde Mn 0.0008-0.0058 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Mn 0.0024 mg/L, yaz mevsiminde Mn 0.0042-0.1498 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Mn 0.0513 mg/L, sonbahar mevsiminde Mn 0.0007-0.4265 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Mn 0.0902 mg/L olarak ölçülmüştür.



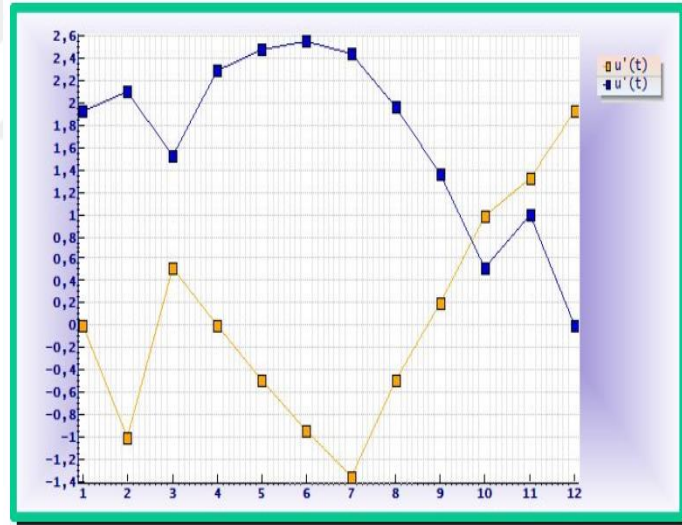
Şekil 4.27. Sızıntı suyunun yıllık Mn konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık Mn 0.0001-0.4265 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 0.0419 mg/L olarak ölçülmüştür. Dört mevsim ve yıllık için oluşturulan Mn modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.27).

Çizelge 4.29. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Mn trend analizi sonuçları.

Mn (mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	28	Rho Test İstatistiği(rs)	0.59
	Sigma S	14.58	Z	1.95
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.42		
	Z	1.85		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.0064

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında yıllık Mn konsantrasyonunda Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre anlamlı trend olmadığı görülmüştür. (Çizelge 4.29). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 1.85 olup, kritik eşiğe yakın olduğu tespit edilmiştir. S değeri 28, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.42'tir. SRT Z değeri 1.95, korelasyon katsayısı(rs) 0.59'dir.



Şekil 4.28. Sızıntı suyundaki yıllık Mn konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık 0.0064 birim olduğu ve anlamlı bir trend olmadığı tespit edilmiştir. Yıllık Mn değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.28'de verilmiştir.

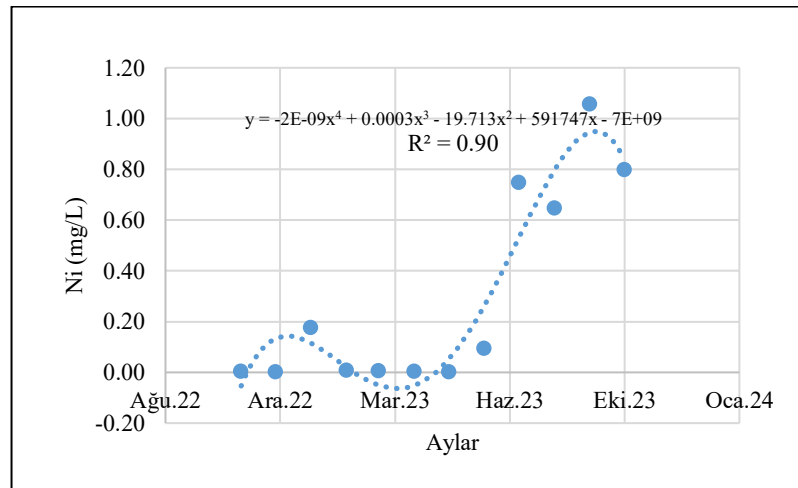
4.2.15 Nikel (Ni)

Nikel konsantrasyonu yıl içerisinde 0.0014 ile 1.1910 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.30). Kış mevsiminde konsantrasyonun genellikle aynı seviyelerde olduğu bulunmuştur. İlkbahar mevsiminde Ni konsantrasyonu azalma eğiliminde görülmüştür (Şekil 4.29).

Çizelge 4.30. Sızıntı suyundaki Ni konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Ni-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	0.0014	0.3260	0.0572	0.73
İlkbahar	0.0021	0.0074	0.0040	0.82
Yaz	0.0017	0.9530	0.4651	0.89
Sonbahar	0.0022	1.1910	0.6525	0.92
Yıllık	0.0014	1.1910	0.2947	0.91

Kış mevsiminde Ni 0.0014-0.3260 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Ni 0.0572 mg/L, ilkbahar mevsiminde Ni 0.0021-0.0074 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Ni 0.0040 mg/L, yaz mevsiminde Ni 0.0017-0.9530 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Ni 0.4651 mg/L, sonbahar mevsiminde Ni 0.0022-1.1910 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Ni 0.6525 mg/L olarak ölçülmüştür.



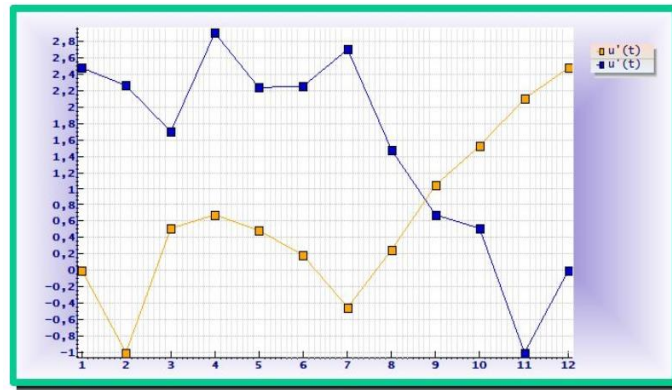
Şekil 4.29. Sızıntı suyunun mevsimsel ve yıllık Ni konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık Ni 0.0014-1.1910 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 0.2947 mg/L olarak ölçülmüştür. Dört mevsim ve yıllık için oluşturulan Ni modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.29).

Çizelge 4.31. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Ni trend analizi sonuçları.

Ni (mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	$Z_{a/2}$	1.96	$Z_{a/2}$	1.96
	S	36	Rho Test İstatistiği(rs)	0.76
	Sigma S	14.58	Z	2.53
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.55		
	Z	2.4		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.0750

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında yıllık nikel konsantrasyonu Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre artan yönde anlamlı trend olduğu görülmüştür. (Çizelge 4.31). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 2.4 olup, kritik eşiğin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 36, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.55'tir. SRT Z değeri 2.53, korelasyon katsayısı(rs) 0.76'dır.



Şekil 4.30. Sızıntı suyundaki yıllık Ni konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık 0.075 birim olduğu ve artan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir. Yıllık Ni değerinin MKT ve SRT sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri Şekil 4.30'da verilmiştir.

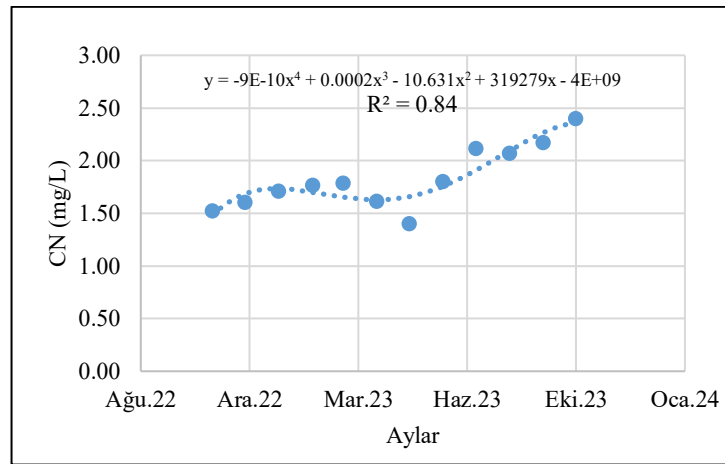
4.2.16 Siyanür (CN)

Siyanür konsantrasyonu yıl içerisinde 1.4 ile 2.4 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.32). İlkbahar mevsiminde CN konsantrasyonu azalma eğiliminde görülmüştür.

Çizelge 4.32. Sızıntı suyundaki CN konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	CN-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	1.52	1.92	1.68	0.57
İlkbahar	1.29	1.89	1.61	0.80
Yaz	1.37	2.27	1.98	0.82
Sonbahar	1.30	2.59	2.04	0.67
Yıllık	1.29	2.59	1.83	0.84

Kış mevsiminde CN 1.52-1.92 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama CN 1.68 mg/L, ilkbahar mevsiminde CN 1.29-1.89 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama CN 1.61mg/L, yaz mevsiminde CN 1.37-2.27 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama CN 1.98, sonbahar mevsiminde CN 1.30-2.59 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama CN 2.04 mg/L olarak ölçülmüştür.



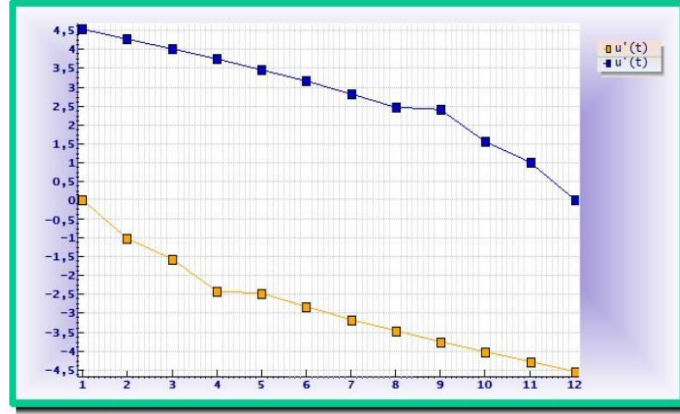
Şekil 4.31. Sızıntı suyunun mevsimsel ve yıllık CN konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık CN 1.29-2.59 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 1.83 mg/L olarak ölçülmüştür. Dört mevsim ve yıllık için oluşturulan CN modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.31).

Çizelge 4.33. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre CN trend analizi sonuçları.

CN (mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	$Z_{a/2}$	1.96	$Z_{a/2}$	1.96
	S	66	Rho Test İstatistiği(rs)	-0.77
	Sigma S	14.58	Z	-2.55
	Kendall Korelasyon Katsayısı	1		
	Z	4.46		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Azalan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.0000

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında, yıllık siyanür konsantrasyonunda Mann-Kendall testine göre artan ve Spearman Rho testine göre azalan yönde anlamlı trend olduğu görülmüştür. (Çizelge 4.33). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 4.46 olup, kritik eşiğin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 66, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 1'dir. SRT Z değeri-2.55, korelasyon katsayısı(rs)-0.77'dir.



Şekil 4.32. Sızıntı suyundaki mevsimsel ve yıllık CN konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık 0 birim olduğu tespit edilmiştir. Yıllık Ni değerinin MKT ve SRT sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri Şekil 4.32'de verilmiştir.

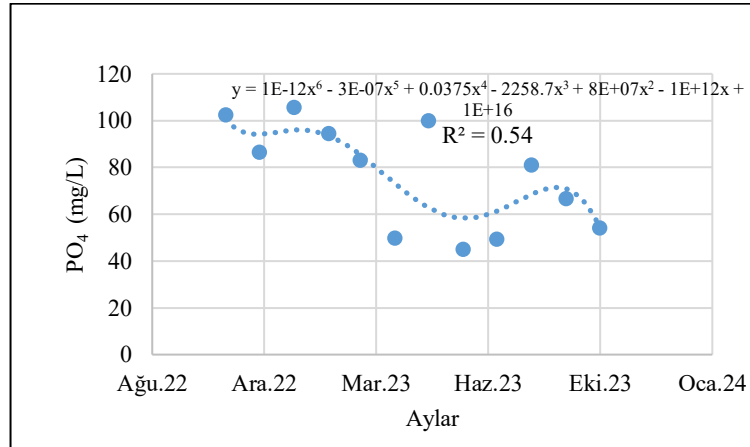
4.2.17 Fosfat (PO₄)

Fosfat konsantrasyonu yıl içerisinde 34.88 ile 304.77 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon yaz mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.34). Sonbahar mevsiminde fosfat konsantrasyonu genel olarak düşük seviyelerde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.34. Sızıntı suyundaki PO₄ konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R² değerleri.

Mevsim	PO ₄ -mg/L			R ²
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	61.13	242.65	106.83	0.39
İlkbahar	34.88	241.77	76.43	0.62
Yaz	40.94	304.77	114.18	0.62
Sonbahar	41.56	122.93	73.79	.0.69
Yıllık	34.88	304.77	76.50	0.54

Kış mevsiminde fosfat 61.13-242.65 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama fosfat 106.83 mg/L, ilkbahar mevsiminde fosfat 34.88-241.77 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama fosfat 76.43 mg/L, yaz mevsiminde fosfat 40.94-304.77 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama fosfat 114.18 mg/L, sonbahar mevsiminde fosfat 41.56-122.93 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama fosfat 73.79 mg/L olarak ölçülmüştür.



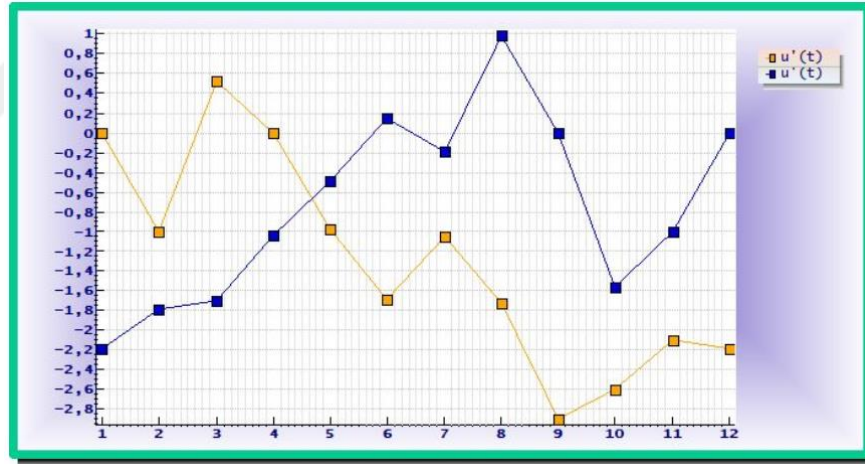
Şekil 4.33. Sızıntı suyunun yıllık PO₄ konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık fosfat 45-105.71 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 76.5 mg/L olarak ölçülmüştür. Kış mevsimi hariç diğer üç mevsim ve yıllık için oluşturulan fosfat modelin veriye uyumlu olduğunu R²>0.50 değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.33).

Çizelge 4.35. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre PO₄ trend analizi sonuçları.

PO ₄ (mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	-32	Rho Test İstatistiği(rs)	-0.67
	Sigma S	14.58	Z	-2.23
	Kendall Korelasyon Katsayısı	-0.48		
	Z	-2.13		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Azalan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Azalan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			-3.9571

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık PO₄ konsantrasyonunda azalan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.35). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri -2.13 olup, kritik eşiğin altında olduğu tespit edilmiştir. S değeri -32, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı -0.48'dir. SRT Z değeri -2.23, korelasyon katsayısı(rs) -0.67'dir.



Şekil 4.34. Sızıntı suyundaki yıllık PO₄ konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi Sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık-3.95 birim olduğu ve azalan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir. Yıllık fosfat değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.34'te verilmiştir.

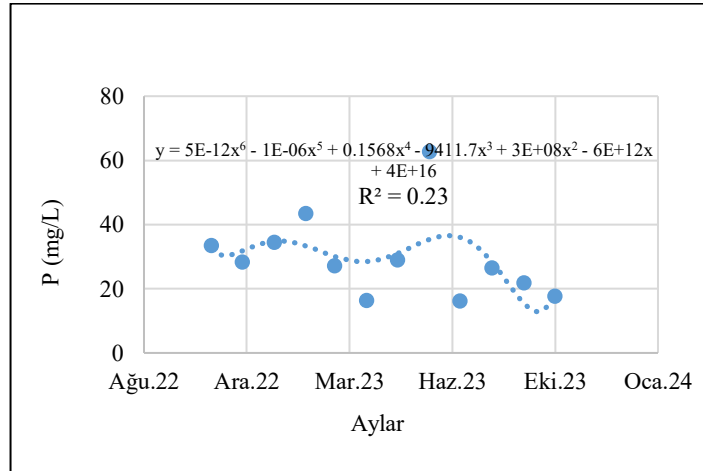
4.2.18 Fosfor (P)

Sızıntı suyunda fosfor konsantrasyonu yıl içerisinde 11.35 ile 99.17 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon yaz mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.36). Kış mevsiminde fosfor konsantrasyonu genel olarak düşük seviyelerde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.36. Sızıntı suyundaki fosfor konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	P-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	19.89	78.96	34.75	0.40
İlkbahar	11.35	70.78	24.28	0.61
Yaz	13.31	99.17	37.15	0.67
Sonbahar	13.52	40.00	24.01	0.68
Yıllık	11.35	99.17	29.65	0.23

Kış mevsiminde fosfor 19.89-78.96 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama fosfor 34.75 mg/L, ilkbahar mevsiminde fosfor 11.35-70.78 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama fosfor 24.28 mg/L, yaz mevsiminde fosfor 13.31-99.17 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama fosfor 37.15 mg/L, sonbahar mevsiminde fosfor 13.52-40 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama fosfor 24.01 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.35. Sızıntı suyunun yıllık fosfor konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık fosfor 11.35 ile 99.17 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 29.65 mg/L olarak ölçülmüştür. Kış mevsimi ve yıllık hariç diğer üç mevsim için oluşturulan fosfor

modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.35). Yıllık $R^2 < 0.50$ olduğu için trend analizi yapılmamıştır (Xu vd., 2022).

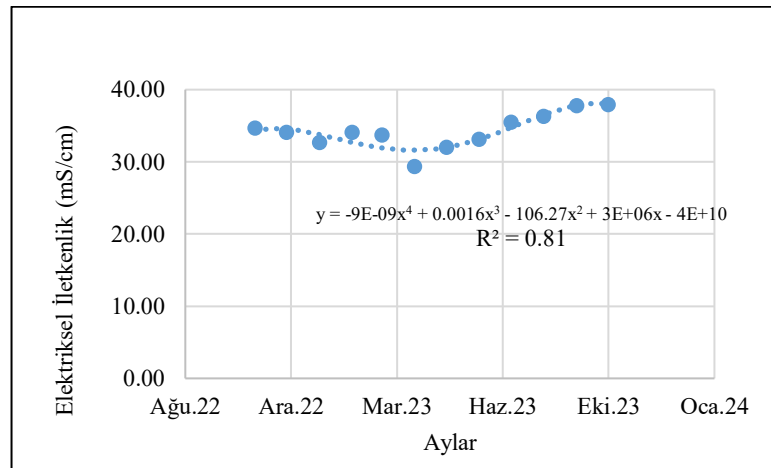
4.2.19 Elektriksel iletkenlik (EC)

Sızıntı suyundaki elektriksel iletkenlik yıl içerisinde 28.77 ile 38.13 mS/cm aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.37). İlkbahar mevsiminde EC konsantrasyonu genel olarak düşük seviyelerde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.37. Sızıntı suyundaki EC konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	EC-mS/cm			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	30.50	34.57	33.61	0.58
İlkbahar	28.77	35.30	31.83	0.83
Yaz	32.60	37.47	34.82	0.76
Sonbahar	33.47	38.13	36.87	0.86
Yıllık	28.77	38.13	34.25	0.81

Kış mevsiminde EC 30.5-34.57 mS/cm arasında değişmiş olup, ortalama EC 33.61 mS/cm, ilkbahar mevsiminde EC 28.77-35.3 mS/cm arasında değişmiş olup, ortalama EC 31.83 mS/cm, yaz mevsiminde EC 32.6-37.47 mS/cm arasında değişmiş olup, ortalama EC 34.82 mS/cm, sonbahar mevsiminde EC 33.47-38.13 mS/cm arasında değişmiş olup, ortalama EC 36.87 mS/cm olarak ölçülmüştür.



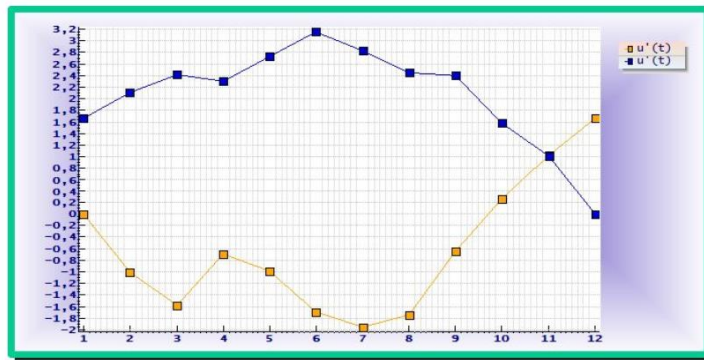
Şekil 4.36. Sızıntı suyunun yıllık EC konsantrasyonu değişimi (mS/cm -ay).

Yıllık EC 28.77 ile 38.13 mS/cm arasında değişmiş olup, ortalama 34.25 mS/cm olarak ölçülmüştür. Dört mevsim ve yıllık EC için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.36).

Çizelge 4.38. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre EC trend analizi sonuçları.

Elektriksel İletkenlik (mS/cm) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	24	Rho Test İstatistiği(rs)	0.51
	Sigma S	14.58	Z	1.69
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.36		
	Z	1.58		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.3860

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık EC değeri için anlamlı bir trend olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 1.58 olup, kritik eşiğin altında olduğu tespit edilmiştir. S değeri 24, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.36'dır. SRT Z değeri 1.69, korelasyon katsayısı(rs) -0.51'dir.



Şekil 4.37. Sızıntı suyundaki yıllık EC konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık 0.386 birim olduğu tespit edilmiştir.Şekil 4.37'de yıllık EC değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri verilmiştir.

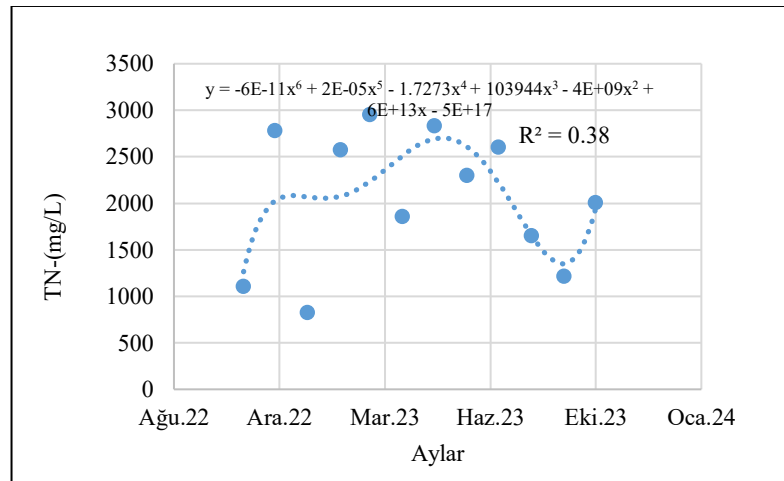
4.2.20 Toplam azot (TN)

Sızıntı suyundaki toplam azot konsantrasyonu yıl içerisinde 490 ile 5490 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon ilkbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Sızıntı suyundaki TN konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	TN-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	490	4450	2112	0.78
İlkbahar	860	5490	2575	0.46
Yaz	1070	3640	2190	0.44
Sonbahar	660	3630	1422	0.30
Yıllık	490	5490	2055	0.38

Kış mevsiminde TN 490-4450 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama TN 2112 mg/L, ilkbahar mevsiminde TN 860-5490 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama TN 2575 mg/L, yaz mevsiminde TN 1070-3640 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama TN 2190 mg/L, sonbahar mevsiminde TN 660-3630 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama TN 1422 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.38. Sızıntı suyunun yıllık TN konsantrasyonu (mg/L-ay).

Yıllık TN 490-5490 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 2055 mg/L olarak ölçülmüştür. Kış mevsim hariç, diğer üç mevsim ve yıllık TN için oluşturulan modelin veriye uyumlu olmadığını $R^2 < 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.38). Yıllık TN $R^2 < 0.50$ olduğu için trend analizi yapılmamıştır.

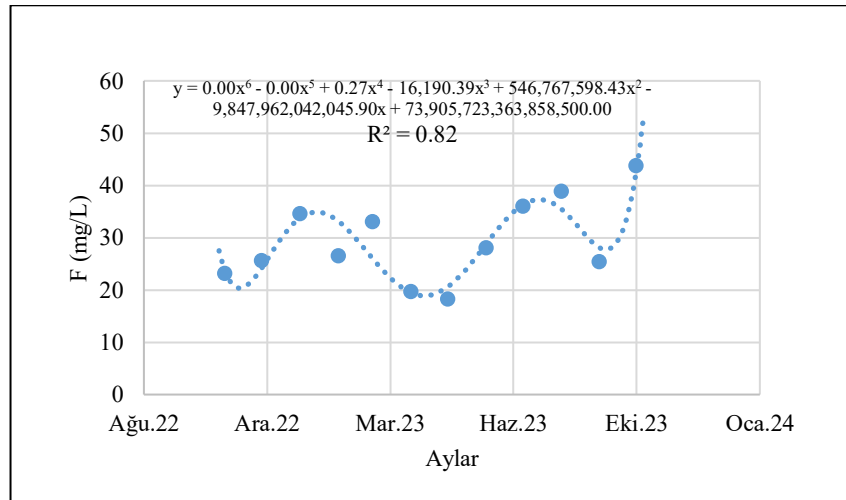
4.2.21 Florür (F)

Sızıntı suyunda bulunan florür konsantrasyonu yıl içerisinde 15.51 ile 70.58 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon kış mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. Sızıntı suyundaki F konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	F-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	18.79	70.58	28.60	0.30
İlkbahar	15.51	66.78	24.34	0.77
Yaz	18.23	42.69	33.81	0.66
Sonbahar	17.31	50.97	30.32	0.66
Yıllık	15.51	70.58	29.38	0.82

Kış mevsiminde F 18.79-70.58 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama F 28.6 mg/L, ilkbahar mevsiminde F 15.51-66.78 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama F 24.34 mg/L, yaz mevsiminde F 18.23-42.69 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama F 33.81 mg/L, sonbahar mevsiminde F 17.31-50.97 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama F 30.32 mg/L olarak ölçülmüştür.



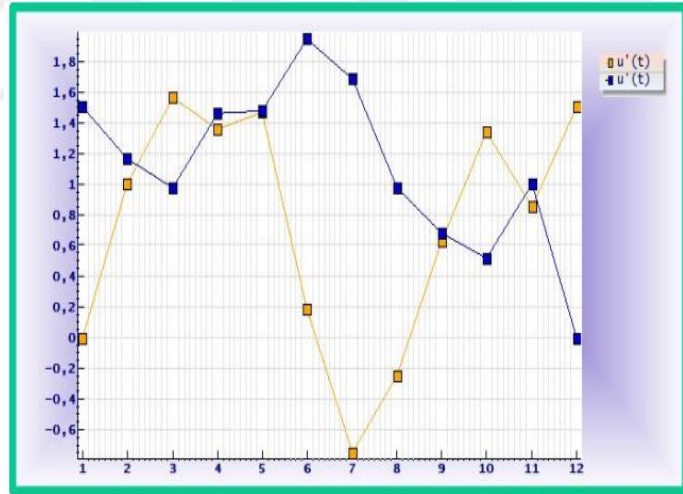
Şekil 4.39. Sızıntı suyunun yıllık F konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık F 15.51 ile 70.58 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 29.38 mg/L olarak ölçülmüştür. Kış mevsim hariç, diğer üç mevsim ve yıllık F için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.39).

Çizelge 4.41. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre F trend analizi sonuçları.

F(mg/L) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	22	Rho Test İstatistiği(rs)	0.42
	Sigma S	14.58	Z	1.39
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.33		
	Z	1.44		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			1.1110

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık F konsantrasyonunda anlamlı bir trend olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.41). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 1.44 olup, kritik eşiğin altında olduğu tespit edilmiştir. S değeri 22, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.33'dir. SRT Z değeri 1.39, korelasyon katsayısı(rs) 0.42'dir.



Şekil 4.40. Sızıntı suyundaki yıllık F konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık 1.111 birim olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.40'da yıllık F değerinin MKT ve SRT sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri verilmiştir.

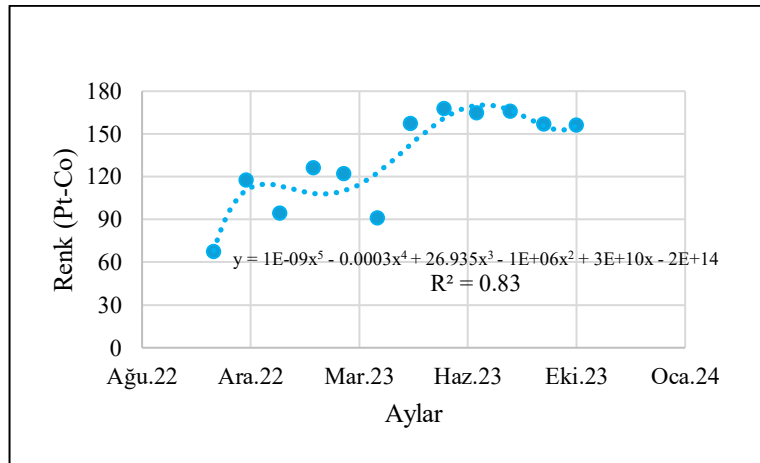
4.2.22 Renk

Sızıntı suyunun renk değeri yıl içerisinde 59.97 ile 246.97 Pt-Co aralığında tespit edilmiştir. En yüksek renk değeri kış mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.42). Sonbahar mevsiminde renk genel olarak düşük seviyelerde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.42. Sızıntı suyundaki renk değerinin farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Renk/Pt-Co			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	75.73	246.97	112.92	1
İlkbahar	63.88	240.75	123.22	1
Yaz	113.27	223.15	166.04	1
Sonbahar	59.97	234.20	128.96	1
Yıllık	59.97	246.97	132.11	0.83

Kış mevsiminde renk 75.73-246.97 Pt-Co arasında değişmiş olup, ortalama renk 112.92 Pt-Co, ilkbahar mevsiminde renk 63.88-240.75 Pt-Co arasında değişmiş olup, ortalama renk 123.22 Pt-Co, yaz mevsiminde renk 113.24-223.15 Pt-Co arasında değişmiş olup, ortalama renk 166.04 Pt-Co, sonbahar mevsiminde renk 59.97-234.2 Pt-Co arasında değişmiş olup, ortalama renk 128.96 Pt-Co olarak ölçülmüştür.



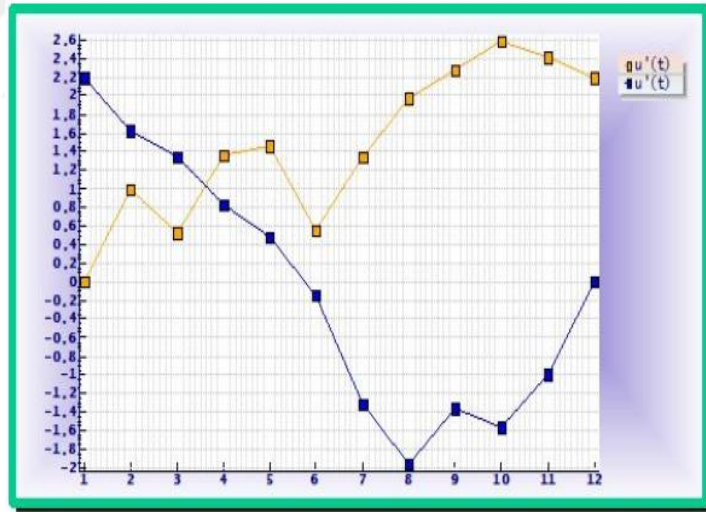
Şekil 4.41. Sızıntı suyunun yıllık renk değişimi (Pt-Co/ay).

Yıllık renk 59.97 ile 246.97 Pt-Co arasında değişmiş olup, ortalama 132.11 Pt-Co olarak ölçülmüştür. Dört mevsim ve yıllık renk için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.41).

Çizelge 4.43. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre renk parametresinin trend analizi sonuçları.

Renk (Pt-Co) Yıllık Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	32	Rho Test İstatistiği(rs)	0.72
	Sigma S	14.58	Z	2.39
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.48		
	Z	2.13		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamli Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamli Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			6.7100

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında renk değeri Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık renk değeri artan yönde anlamli bir trend olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.43). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 2.13 olup, kritik eşiğin üstünde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 32, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.48'dir. SRT Z değeri 2.39, korelasyon katsayısı(rs) 0.72'dir.



Şekil 4.42. Sızıntı suyundaki yıllık renk değerinin Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık 6.71 birim olduğu tespit edilmiştir. Yıllık renk değerinin MKT ve SRT sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri Şekil 4.42'de verilmiştir.

4.2.23 Kurşun (Pb)

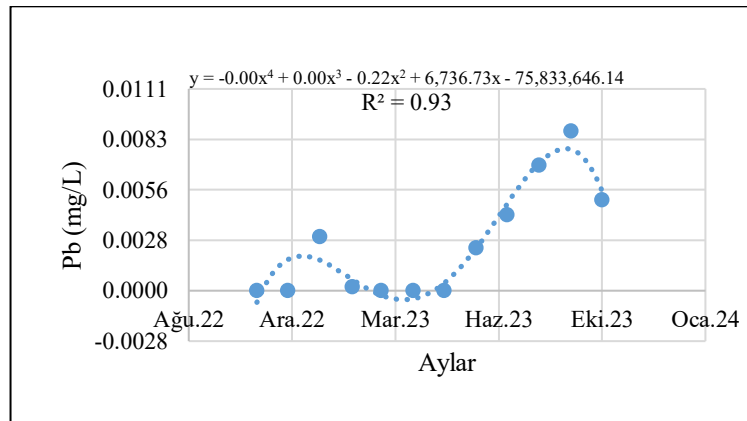
Sızıntı suyundaki kurşun konsantrasyonu yıl içerisinde bazı haftalarda hiç tespit edilmez iken en düşük 0.0001 mg/L, en yüksek 0.02 mg/L şeklinde tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde kurşun konsantrasyonu gözlenmemiş olup, en yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. Sızıntı suyundaki Pb konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Pb-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	0.0001	0.0061	0.0010	0.61
İlkbahar	*	*	*	*
Yaz	0.0005	0.0119	0.0043	0.40
Sonbahar	0.0028	0.0200	0.0049	0.73
Yıllık	0.0001	0.02	0.00254	0.93

** Tespit edilmedi

Kış mevsiminde Pb 0.0001- 0.0061 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Pb 0.001 mg/L, ilkbahar mevsiminde Pb tespit edilmemiştir. Yaz mevsiminde Pb 0.0005- 0.0119 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Pb 0.0043 mg/L, sonbahar mevsiminde Pb 0.0028-0.0200 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Pb 0.0049 mg/L olarak belirlenmiştir.



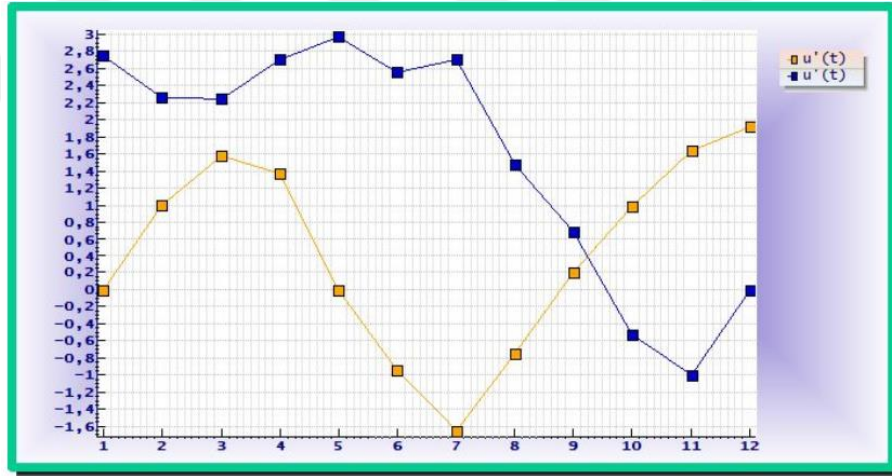
Şekil 4.43. Sızıntı suyunun yıllık Pb konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık Pb ortalama 0.00254 mg/L olarak ölçülmüştür. Yaz mevsimi hariç diğer üç mevsim ve yıllık Pb için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.43).

Çizelge 4.45. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Pb trend analizi sonuçları.

Pb mg/L Yıllık Mevsimi Trend Analizi	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	40	Rho Test İstatistiği(rs)	0.57
	Sigma S	14.58	Z	1.9
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.61		
	Z	2.67		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Kabul Edilir ve Anlamlı Bir Trend Olmadığı Sonucuna Varılır
	Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)			0.000600

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık Pb konsantrasyonunda artan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.45). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 2.67 olup, kritik eşiğin üstünde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 40, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.61'dir. SRT Z değeri 1.9, korelasyon katsayısı(rs) 0.57'dir.



Şekil 4.44. Sızıntı suyundaki yıllık Pb konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık 0.0006 birim olduğu tespit edilmiştir. Yıllık Pb değerinin MKT ve SRT sonuçları ve u(t) u'(t) grafikleri Şekil 4.44'te verilmiştir.

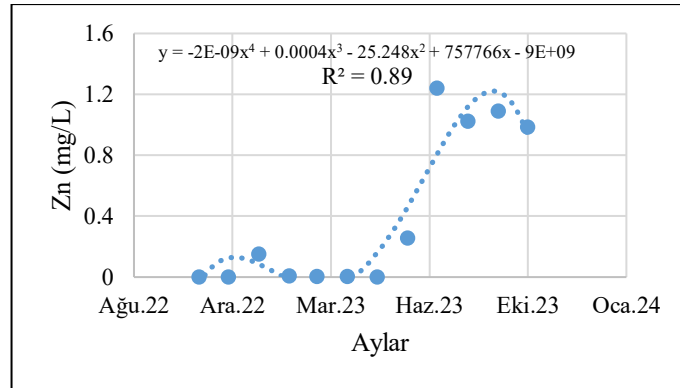
4.2.24 Çinko (Zn)

Sızıntı suyundaki Zn konsantrasyonu yıl içerisinde 0.0001 ile 1.1910 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon yaz mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.46). İlkbahar mevsiminde çinko konsantrasyonu genel olarak düşük seviyelerde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.46. Sızıntı suyundaki Zn konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Zn-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	0.003	0.2404	0.0470	0.64
İlkbahar	0.0004	0.0036	0.0012	0.94
Yaz	0.0001	1.2810	0.7938	0.87
Sonbahar	0.9094	1.1910	0.7205	0.89
Yıllık	0.0001	1.1910	0.3952	0.89

Kış mevsiminde Zn 0.003-0.2404 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Zn 0.047 mg/L, ilkbahar mevsiminde Zn 0.0004-0.0036 mg/L arasında olup, ortalama 0.0012 mg/L, yaz mevsiminde Zn 0.0001-1.281 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Zn 0.7938 mg/L, sonbahar mevsiminde Zn 0.9094-1.191 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama Zn 0.7205 mg/L olarak ölçülmüştür.



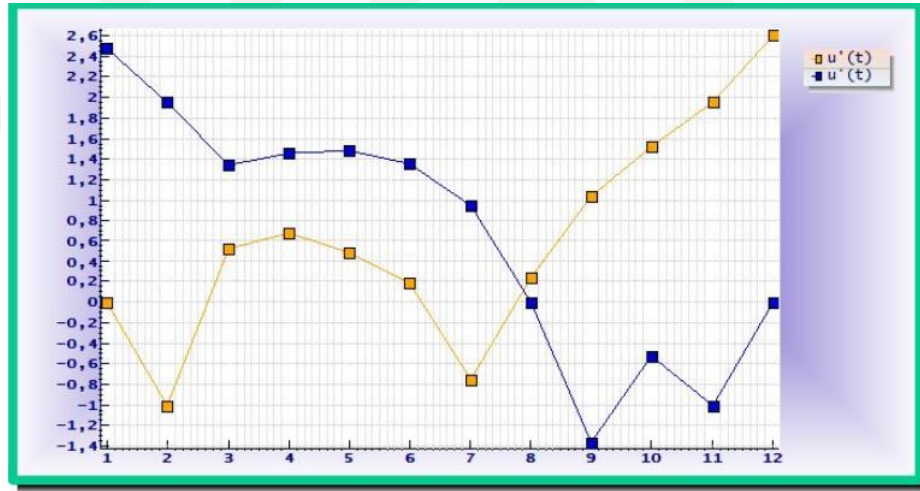
Şekil 4.45. Sızıntı suyunun yıllık Zn konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık Zn 0.0001-0.00879 mg/L arasında değişmiş olup, ortalama 0.03952 mg/L olarak tespit edilmiştir. Dört mevsim ve yıllık Zn için oluşturulan modelin veriye uyumlu olduğunu $R^2 > 0.50$ değerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.45).

Çizelge 4.47. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre Zn trend analizi sonuçları.

Zn mg/L Yıllık Mevsimi Trend	Mann-Kendall Testi Sonuçları		Spearman Rho Testi Sonuçları	
	Za/2	1.96	Za/2	1.96
	S	36	Rho Test İstatistiği(rs)	0.72
	Sigma S	14.58	Z	2.4
	Kendall Korelasyon Katsayısı	0.55		
	Z	2.4		
	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır	Sonuç	İncelenen Zaman Serisinde H0 hipotezi Red Edilir ve Artan Yönde Anlamlı Bir Trend Olduğu Sonucuna Varılır
Sen'in Trend Eğim Metoduna göre Q Medyan (Birim Zamandaki Değişim)				0.0920

Çalışma sonucunda trend analizi sonuçlarında Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testine göre yıllık Zn konsantrasyonunda artan yönde anlamlı bir trend olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.47). MKT sonucuna göre elde edilen Z değeri 2.4 olup, kritik eşiğin üstünde olduğu tespit edilmiştir. S değeri 36, St. Sapma 14.58, korelasyon katsayısı 0.55'dir. SRT Z değeri 2.4, korelasyon katsayısı(rs) 0.72'dir.



Şekil 4.46. Sızıntı suyundaki yıllık Zn konsantrasyonunun Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri.

Sen'in eğiminde yıllık 0.092 birim olduğu tespit edilmiştir. Yıllık Zn değerinin MKT ve SRT sonuçları ve $u(t)$ $u'(t)$ grafikleri Şekil 4.46'da verilmiştir.

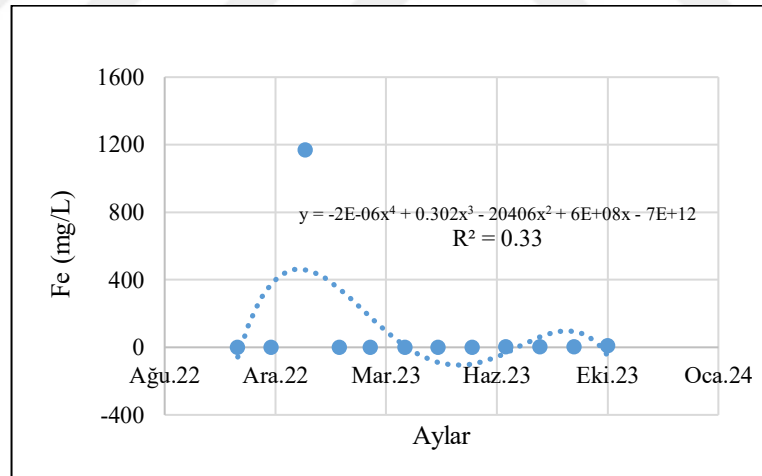
4.2.25 Demir (Fe)

Demir konsantrasyonu yıl içerisinde 1.796 ile 2401 mg/L konsantrasyon aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon kış mevsiminde görülmüştür (Çizelge 4.48).

Çizelge 4.48. Sızıntı suyundaki Fe konsantrasyonlarının farklı mevsimlerde ve yıllık minimum, maksimum, ortalama, R^2 değerleri.

Mevsim	Fe-mg/L			R^2
	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Kış	421	2401	359.8	0.65
İlkbahar	*	*	*	*
Yaz	1.796	5.233	2.16	0.79
Sonbahar	2.281	13.66	4.27	0.53
Yıllık	1.796	2401	91.68	0.33
‘*’ Tespit edilmedi				

Ocak ayında konsantrasyonun pik seviyelerde olduğu, diğer aylarda ise 1.796 ile 13,66 mg/L aralığında bulunmuştur. İlkbahar mevsiminde demir konsantrasyonu genel olarak tespiti edilememiştir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Sızıntı suyunun yıllık Fe konsantrasyonu değişimi (mg/L-ay).

Yıllık Fe için $R^2 < 0.50$ olduğu için trend analizi yapılmamıştır (Xu vd., 2022). Ek D’de Tüm kirlenici parametreleri ve meteorolojik verilerin trend analizlerinin MKT ve SRT sonuçları ‘Artan, Azalan, Yok’ şeklinde özetlenmiştir. Buna göre Co, Cr, Cu, Ni, Zn, sıcaklık, buharlaşma, için MKT VE SRT analizine göre artan trend, Yağ-gres, PO_4 azalan trend, F, EC, Cd, KOİ, Mn, pH, P, TKM, TN, yağış, tesise gelen atık miktarında trendin yok olduğu görülmektedir.

4.3 İstatistiksel Analiz

52 haftalık sızıntı suyu verilerine ait korelasyon matrisi Ek B’de verilmiştir. Çizelgeye göre meteorolojik parametrelerden ortalama günlük sıcaklık ile ortalama günlük buharlaşma arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon (0.902) tespit edilmiştir. Diğer meteorolojik verilerde ise zayıf pozitif korelasyonlar olduğu görülmektedir. Meteorolojik parametrelerden ortalama günlük sıcaklık ve ortalama günlük buharlaşma diğer sızıntı suyu parametreleriyle istatistiksel olarak anlamlı ilişkilerin olduğu gözlenmiştir ortalama günlük sıcaklık Fe hariç diğer metallerle istatistiksel olarak anlamlı pozitif korelasyon katsayısına sahip olduğu görülmüştür. Sıcaklığı en yüksek pozitif korelasyon gösterdiği metal Cu olup, yağ gres parametresiyle orta seviyede bir negatif korelasyon göstermiştir. Sızıntı suyunda bulunan metallerle pozitif kolonizasyon gösteren bir diğer önemli parametre ise elektriksel iletkenlik olduğu gözlenmiştir. En yüksek katsayıların arsenik ve kobalt arasında olduğu görülmektedir. Atık su ve suda önemli bir parametre olan KOİ’nin pH ve Co ile istatistiksel olarak anlamlı ters yönlü bir korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. pH ve elektriksel iletkenlik arasında -0.45’lik korelasyon sabiti hesaplanmıştır. Sonuç olarak ekte verilen çizelgenin bir korelasyon analizinden çıkan başlıca sonuçlar;

- Sızıntı suyunda bulunan ağır metaller kendi aralarında gösterdikleri istatistiksel olarak anlamlı pozitif korelasyon ile tek bir grup halinde hareket ettikleri söylenebilir,
- Ortalama günlük sıcaklık ve ortalama günlük buharlaşmadaki artışların sızıntı suyunda bulunan ağır metal konsantrasyonları ile elektriksel iletkenlik ve F konsantrasyonlarındaki artışlarla beraber olabileceğinin anlamlılığı istatistiksel olarak doğrudur,
- Sıcaklık ve buharlaşma gibi meteorolojik verilerdeki artışın yağ ve gres ile Fe konsantrasyonlarını etkilemediği bu nedenle kaynaklarının diğer parametrelerden farklı olabileceği durumunu göstermiştir,
- Ayrı bir grup oluşturan ağır metalleri ayrıca toplam katı madde ile yüksek korelasyon sabitlerine sahip olmaları bu tip kirliliklerin benzer kaynaklardan geldiğini göstermektedir,

- KOİ ile anlamlı negatif korelasyon Cd ile tespit edilmiştir. Bu durum, çözünebilir Cd'nin (Qu vd., 2022) kullanılabilirliğini etkilerken KOİ'yi (Costa vd., 2025) artırabilen hümik asitlerin varlığının kanıtı olabilir, şeklinde sıralanabilir.

4.4 TBA Sonuçları

52 haftalık veri setindeki parametrelere temel bileşen analizi uygulanmadan önce Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örnekleme yeterliliği ve Bartlett'in küresellik testleri uygulanmıştır. Bu testlerin sonucuna göre KMO örnekleme yeterlilik seviyesi orta-yüksek seviyede bulunmuştur (0,675). Ayrıca, Bartlett'in küresellik testi sonucunda anlamlılık değeri ($p < 0.05$) olduğundan testin sıfır hipotezi olan değişkenler arasında korelasyon yoktur reddedilebilir. Bu nedenle veri setinin temel bileşen analizine uygun anlamlı korelasyonlar içerdiği, değişkenlerin birbirlerinden bağımsız olmadığı tespit edilmiştir.

TBA sonucunda 25 değişkenin birlikte değişimini açıklayan 7 ana bileşen belirlenmiştir. Toplam varyansın %80.18'lik kısmı ilk 7 bileşen tarafından açıklanmaktadır. İlk bileşen (TB1) tek başına varyansın %37.48'ini açıklarken, ikinci bileşen %10.47'sini, üçüncü bileşen %9.09'unu açıklamıştır (Ek A). İlk iki bileşen toplamda veri varyansının yaklaşık yarısını açıklamaktadır (%47.95). Bu da sızıntı suyu kimyasında birkaç temel faktörün baskın rol oynadığını gösterir. Öte yandan 3. ve 4. bileşenler yaklaşık %9 ve %7'lik katkılarla daha spesifik varyans örüntülerini yansıtmaktadır. Kaiser kriterine (özdeğer > 1) göre 7 bileşen anlamlı bulunmuş olup, 8. bileşenden itibaren özdeğerler 1'in altına düşmektedir (Kaiser, 1960).

Varimaks rotasyonu sonrası bileşenlerin açıklayabilme özellikleri daha dengeli dağıldığı ekte görülmektedir. Ayrıca, Ek C'de Varimaks rotasyonu sonucu elde edilen bileşenlerin hangi parametrelerce ifade edildiği görülmektedir. Ek C'ye göre yük değerleri $> |0.5|$ olan parametreler 7 temel bileşene göre olan dağılımları verilmiştir. Ek A'da görüldüğü gibi birinci temel bileşen (TB1), kendi aralarında yüksek korelasyona sahip ağır metal grubu, elektriksel iletkenlik ve meteorolojik etmenlerin etkin olduğu bileşendir. TB1'in sıcaklık ve buharlaşma etkisi ile sızıntı

suyundaki metal konsantrasyonlarının değişimini ifade ettiği söylenebilir. TB2 pH-KOİ-Cd değişimlerini açıklamaktadır. Alkali koşullarda Cd iyonlarının ortamda bulunan organik kirleticiler (humik asitler) ile reaksiyonları sonucu KOİ değerlerine etkisini TB2 tanımlayabilmektedir. TB3 fosfor ve fosfor bileşikleri olarak tanımlanabilmektedir. Sızıntı suyunda fosfor kirliliğini gösteren önemli bir faktör olma özelliğindedir. İlk üç temel bileşen haricindeki diğer bileşenlerde söz konusu tematik yapıların yerine daha çok tek faktörlü etmenlerin etkin olduğu görülmüştür. Örneğin, TB7 ve TB5 sırasıyla yağış ve yağ gres etkilerini belirten tekil bileşenleri oluşturmaktadır.

4.5 YSA Modelleme Sonuçları

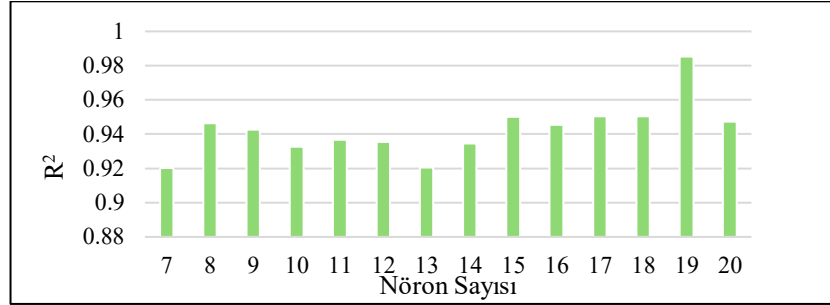
4.5.1 Arsenik (As) YSA modeli sonuçları

Arsenik tahmini için Çizelge 4.48’te verilmiş olan geri yayılım algoritmalarının tümü 1 adet gizli katmanda 19 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9852) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.0077) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt)’dir. Kullanılacak olan en iyi nöron sayısının belirlenmesi için YSA model çalışma sonuçları Çizelge 4.49 ve Şekil 4.48’de görülmektedir.

Çizelge 4.49. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.

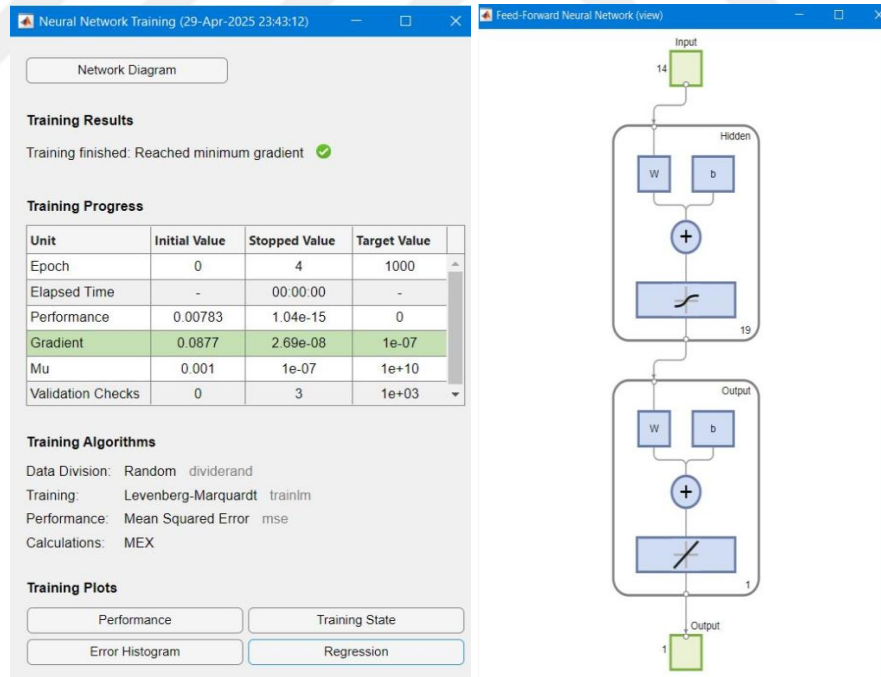
Nöron Sayısı	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R (Eğitim)	MSE	İterasyon
7	0.9203	0.96133	0.9471	0.9531	0.062	30
8	0.9465	0.9094	0.9974	0.9962	0.0167	19
9	0.9427	0.996	0.975	0.9906	0.0125	25
10	0.9327	0.9574	0.9136	0.9941	0.0135	52
11	0.9367	0.9985	0.769	0.997	0.054	5
12	0.9356	0.82	0.9773	0.9907	0.0304	26
13	0.9206	0.9819	0.9575	0.9471	0.0115	3
14	0.9346	0.9972	0.9908	1	0.008	100
15	0.9502	0.9174	0.951	0.9969	0.0543	3
16	0.9454	0.9828	0.838	0.997	0.06	5
17	0.9505	0.9683	0.955	0.9982	0.0102	10
18	0.9505	-0.02	0.9249	0.9937	0.04	9
19	0.9852	0.9809	0.9707	0.9962	0.0077	10
20	0.9473	0.9857	0.9515	0.9857	0.0129	6

As için YSA’da en iyi modeli veren 14:19:1 şeklinde çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre R^2 0.9852, validasyon R 0.9809, test R 0.9707, eğitim R 0.9962, MSE 0.0077 ve iterasyon sayısı 10 şeklinde tespit edilmiştir. Şekil 4.48’de YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi verilmiştir.



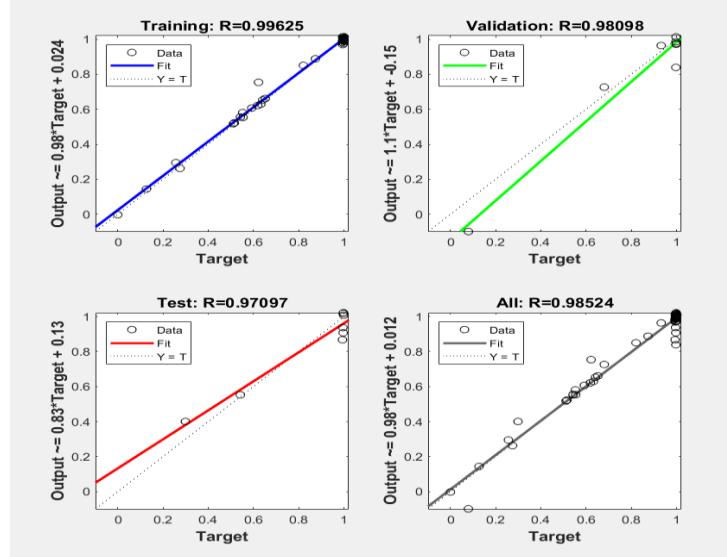
Şekil 4.48. As için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.

Tek gizli katmanda 19 nöronla ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA ağ yapısı Şekil 4.49’da görülmektedir. Yapay sinir ağ çalışmasında ağın öğrenmesi ve gerçeğe en yakın sonuçları vermesi için, oluşturulan ağ yapısı art arda çalıştırılmaktadır.



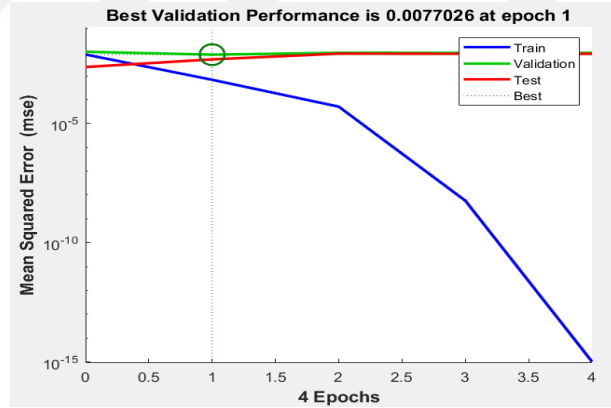
Şekil 4.49. YSA model ve yapısı.

Bu çalışmada Arsenik için en düşük ortalama karesel hata ile en yüksek korelasyon katsayısını veren ağın regresyon sonuçları Şekil 4.50’de verilmiştir.



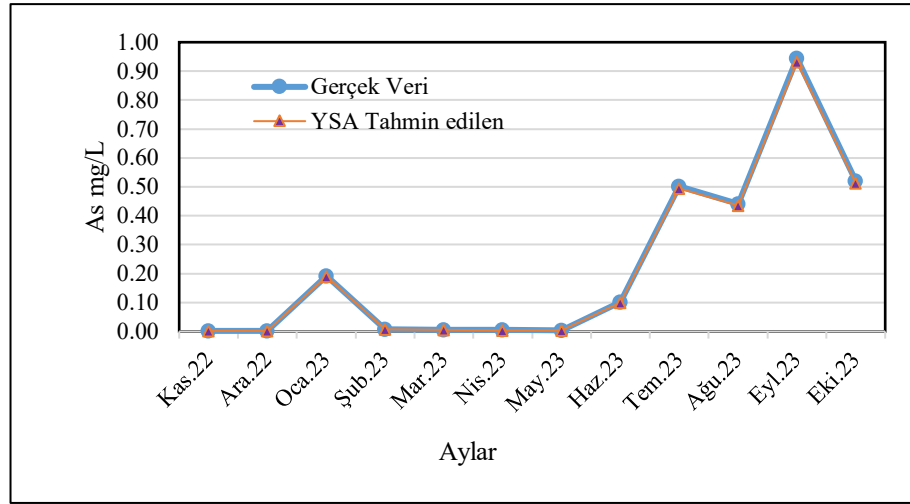
Şekil 4.50. YSA analizi regresyon sonuçları.

Şekil 4.50’de görüldüğü üzere regresyon sonuçlarına göre modelin tahminlerinin güvenilir olduğu görülmektedir. Oluşturulan YSA modelinin gerçeğe yakın değerleri tahmin etmektedir. Şekil 4.51’de oluşturulan YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları görülmektedir. En düşük MSE değerinin 10 iterasyonla en iyi model sonucu elde edilmiştir.

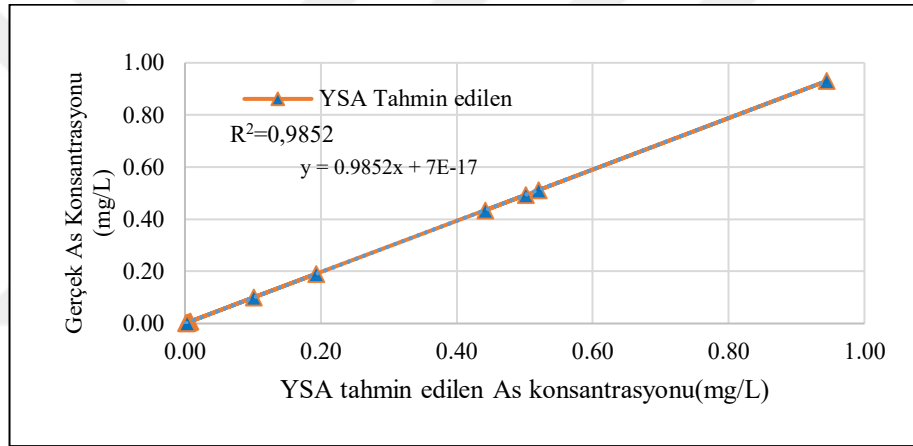


Şekil 4.51. As için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.

Çalışılan YSA modelinden elde edilen As tahmininin uygun olduğu, modelin MSE değeri ve R korelasyon katsayıları ile desteklemektedir. As konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek As konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması Şekil 4.52’de, As sonuçlarının YSA tahmini ve gerçek ölçülen As değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.53’te verilmiştir.



Şekil 4.52. As konsantrasyonunun aylara göre YSA tahmini ve gerçek As konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.



Şekil 4.53. YSA tahmini ve ölçülen As değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4.50’de verilmiş olan Bayesian Regularization(trainbr) ve Scaled Conjugate Gradient(trainsecg) geri yayılım algoritmaları 1 adet gizli katmanda 19 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9852) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.0077) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.50. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.

Ağır Metal	Algoritma	Model	R ²	R (Eğitim)	R (Validasyon)	R (Test)	MSE	İterasyon
As	trainbr	14-19-1	0.8957	0.9287	0.8791	-0.255	0.0182	4
	trainsecg		0.9144	0.9258	0.893	0.8893	0.021	2
	trainlm		0.9852	0.9962	0.9809	0.9707	0.0077	10

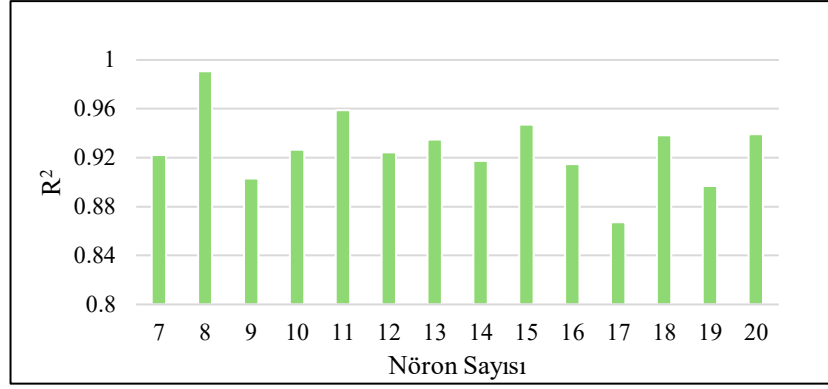
4.5.2 Bakır (Cu) YSA modeli sonuçları

Bakır tahmini için Çizelge 4.51’de verilmiş olan geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) ile 1 adet gizli katmanda 7 ile 20 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9909) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.00934) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt)’dir. Kullanılacak olan en iyi nöron sayısının belirlenmesi için YSA model çalışma sonuçları Şekil 4.54’te görülmektedir.

Çizelge 4.51. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.

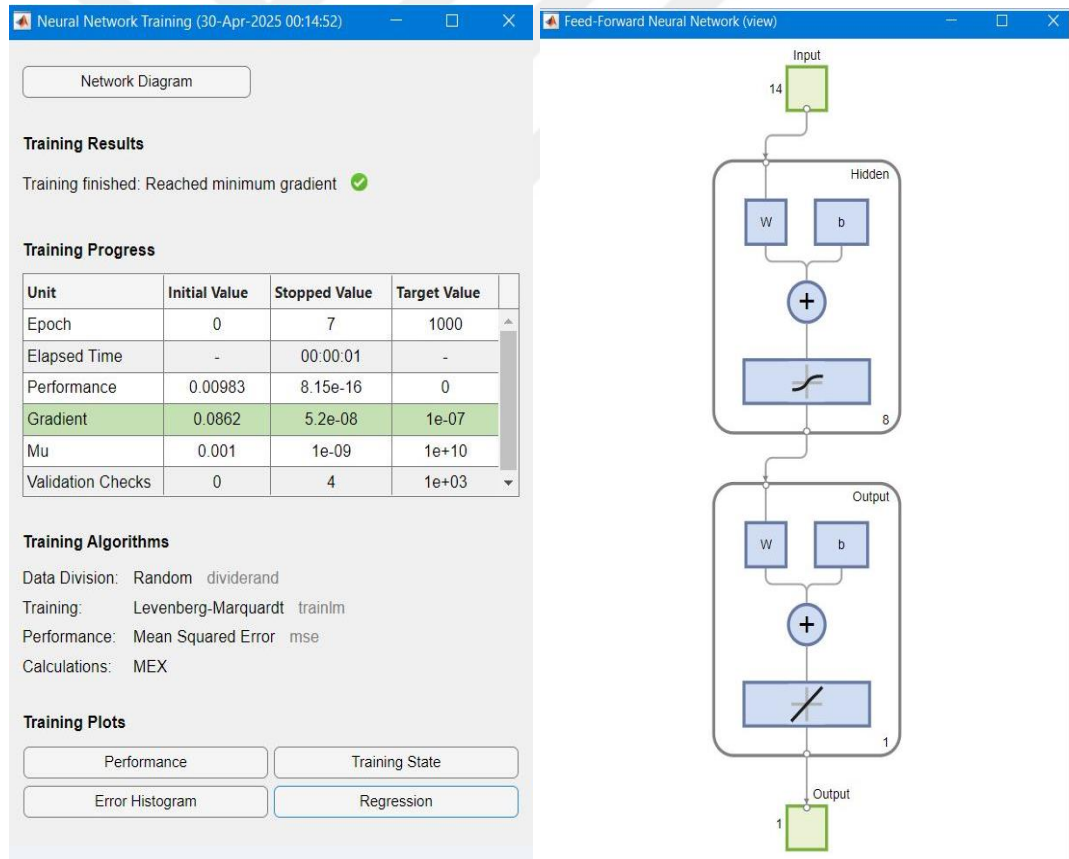
Nöron Sayısı	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R (Eğitim)	MSE	İterasyon
7	0.9224	0.8329	0.9959	0.9998	0.036	1
8	0.9909	0.9754	0.9656	0.9994	0.00934	3
9	0.9029	0.9313	0.9558	0.9642	0.0207	10
10	0.9264	0.8083	0.9219	0.9777	0.0307	11
11	0.9591	0.9885	0.8597	0.9782	0.0099	20
12	0.9245	0.9117	0.9514	0.9782	0.021	6
13	0.9347	0.9711	0.9717	0.9886	0.051	2
14	0.9176	0.8706	0.8706	0.9958	0.08407	11
15	0.9471	0.9871	0.9615	0.9991	0.0208	4
16	0.9149	0.9263	0.9302	0.9967	0.0244	3
17	0.8672	0.8924	0.981	0.991	0.0315	5
18	0.9382	0.942	0.8176	0.9992	0.0233	1
19	0.897	0.9646	0.9231	0.9682	0.031	20
20	0.9391	0.703	0.991	0.9979	0.0467	11

Cu için YSA’da en iyi modeli veren 14:8:1 şeklinde çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre R² 0.9909, validasyon R 0.9754, test R 0.9656, eğitim R 0.9994, MSE 0.00934 ve iterasyon sayısı 3 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.54’te de YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi verilmiştir.



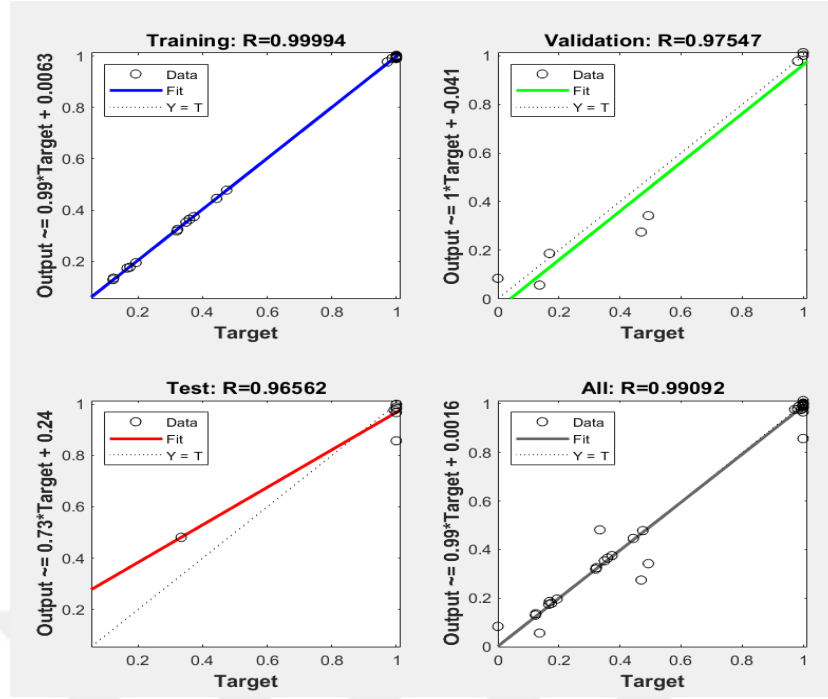
Şekil 4.54. Cu için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.

Tek gizli katmanda 8 nöronla ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA ağ yapısı Şekil 4.55’te görülmektedir. Yapay sinir ağ çalışmasında ağın öğrenmesi ve gerçeğe en yakın sonuçları vermesi için, oluşturulan ağ yapısı art arda çalıştırılmaktadır.



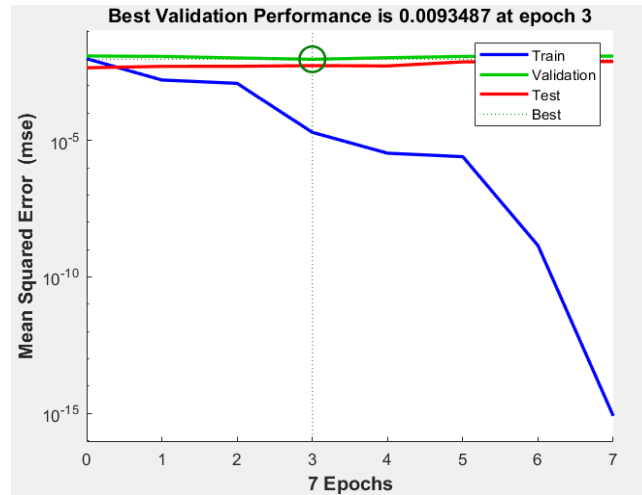
Şekil 4.55. YSA model ve ağ yapısı.

Bu çalışmada bakır için en düşük ortalama karesel hata ile en yüksek korelasyon katsayısını veren ağın regresyon sonuçları Şekil 4.56’da verilmiştir.



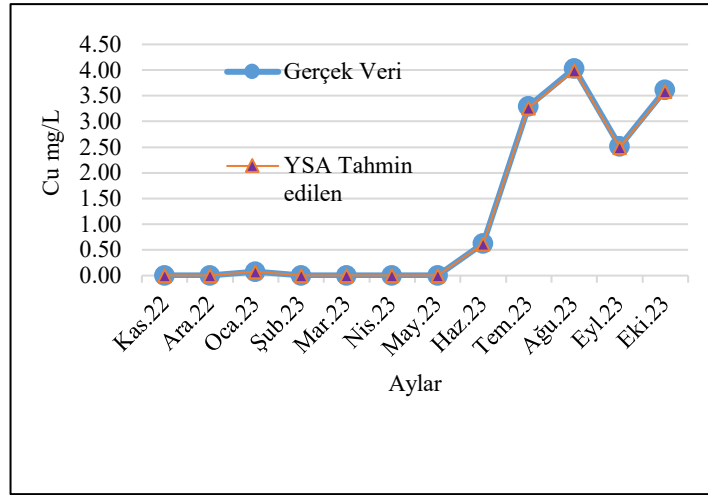
Şekil 4.56. YSA analizi regresyon sonuçları.

Şekil 4.56’da görüldüğü üzere regresyon sonuçlarına göre modelin tahminlerinin güvenilir olduğu görülmektedir. Oluşturulan YSA modelinin gerçeğe yakın değerleri tahmin etmektedir. Şekil 4.57’de oluşturulan YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları görülmektedir. En düşük MSE değerinin 3 iterasyonla en iyi model sonucu elde edilmiştir.



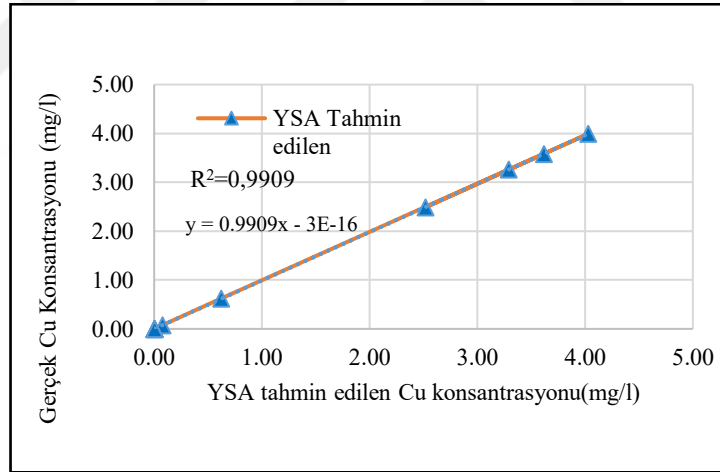
Şekil 4.57. Oluşturulan Cu için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.

Çalışılan YSA modelinden elde edilen Cu tahminin uygun olduğu, modelin MSE değeri ve R korelasyon katsayıları ile desteklemektedir.



Şekil 4.58. Cu konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Cu konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.

Cu konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Cu konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması Şekil 4.58’de, Cu sonuçlarının YSA tahmini ve gerçek ölçülen Cu değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.59’da verilmiştir.



Şekil 4.59. YSA tahmini ve ölçülen Cu değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4.52’de verilmiş olan Bayesian Regularization(trainbr) ve Scaled Conjugate Gradient(traincg) geri yayılım algoritmaları 1 adet gizli katmanda 8 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9909) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.00934) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.52. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.

Ağır Metal	Algoritma	Model	R ²	R (Eğitim)	R (Validasyon)	R (Test)	MSE	İterasyon
Cu	trainbr	14-8-1	0.9293	0.9833	0.9876	0.9919	0.033	4
	trainseg		0.8934	0.9867	0.9395	0.9428	0.0235	1
	trainlm		0.9909	0.9994	0.9754	0.9656	0.00934	3

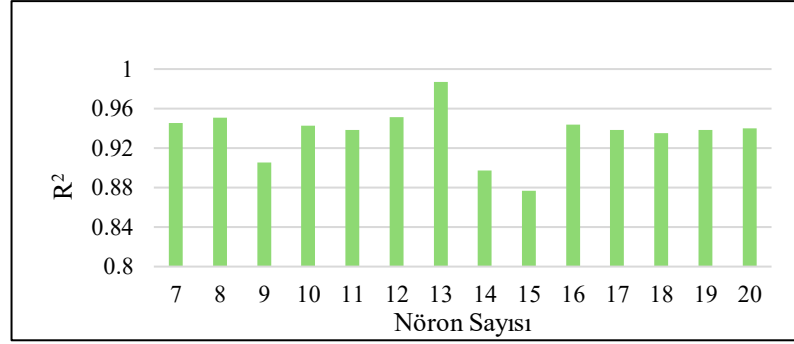
4.5.3 Çinko (Zn) YSA modeli sonuçları

Çinko tahmini için Çizelge 4.53'te verilmiş olan geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) ile 1 adet gizli katmanda 7 ile 20 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9872) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.00679) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt)'dir. Kullanılacak olan en iyi nöron sayısının belirlenmesi için YSA model çalışma sonuçları Şekil 4.60'ta görülmektedir.

Çizelge 4.53. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.

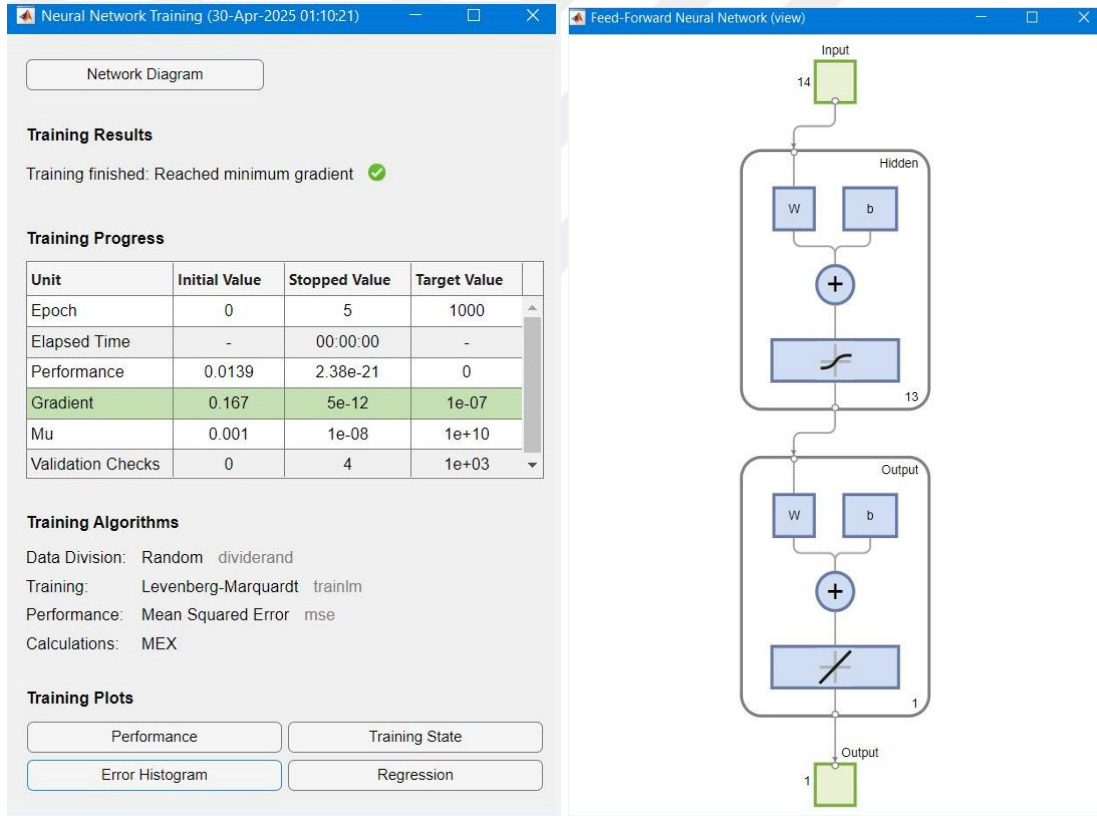
Nöron Sayısı	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R (Eğitim)	MSE	İterasyon
7	0.9455	0.9946	0.9735	0.9996	0.0076	10
8	0.9508	0.9943	0.9638	0.9892	0.019	21
9	0.9054	0.9817	0.8255	0.9876	0.0082	30
10	0.9428	0.9797	0.9467	0.9774	0.008	15
11	0.9384	0.9614	0.959	0.9969	0.0265	3
12	0.9511	0.9765	0.9368	0.9985	0.0077	5
13	0.9872	0.9819	0.9382	0.9977	0.00679	7
14	0.8971	0.922	0.9655	0.8927	0.0248	5
15	0.8768	0.0528	0.9705	0.855	0.0347	5
16	0.9435	0.8841	0.9816	0.999	0.0526	26
17	0.9382	0.9639	0.9392	0.9819	0.0131	5
18	0.9352	0.854	0.9048	0.999	0.0288	8
19	0.9384	0.957	0.8869	0.9876	0.0151	7
20	0.9402	0.9651	0.8741	0.998	0.0154	27

Zn için YSA'da en iyi modeli veren 14:13:1 şeklinde çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre R² 0.9872, validasyon R 0.9819, test R 0.9382, eğitim R 0.9977, MSE 0.00679 ve iterasyon sayısı 7 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.60'ta YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi verilmiştir.



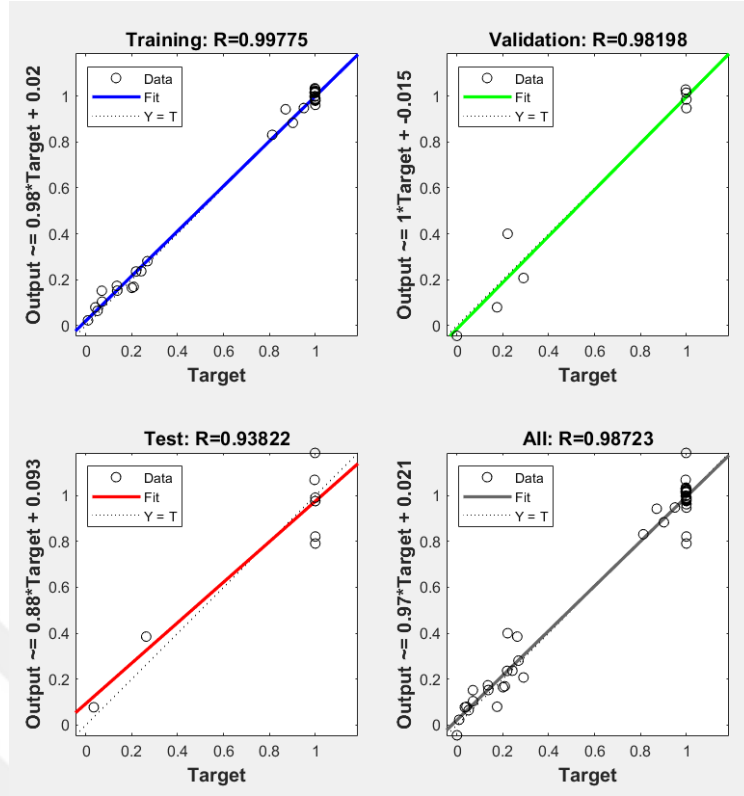
Şekil 4.60. Zn için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.

Tek gizli katmanda 13 nöronla ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA ağ yapısı Şekil 4.61’de görülmektedir. Yapay sinir ağ çalışmasında ağın öğrenmesi ve gerçeğe en yakın sonuçları vermesi için, oluşturulan ağ yapısı art arda çalıştırılmaktadır.



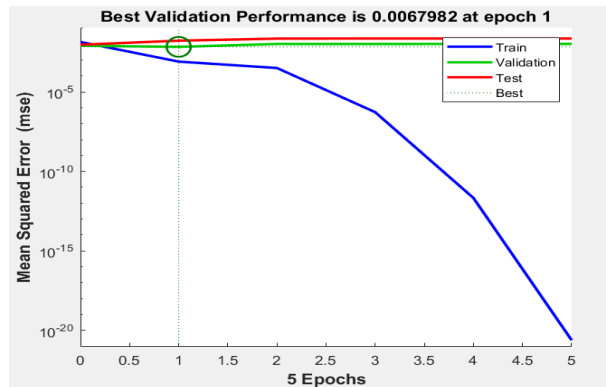
Şekil 4.61. YSA model ve yapısı.

Bu çalışmada çinko için en düşük ortalama karesel hata ile en yüksek korelasyon katsayısını veren ağın regresyon sonuçları Şekil 4.62’de verilmiştir.



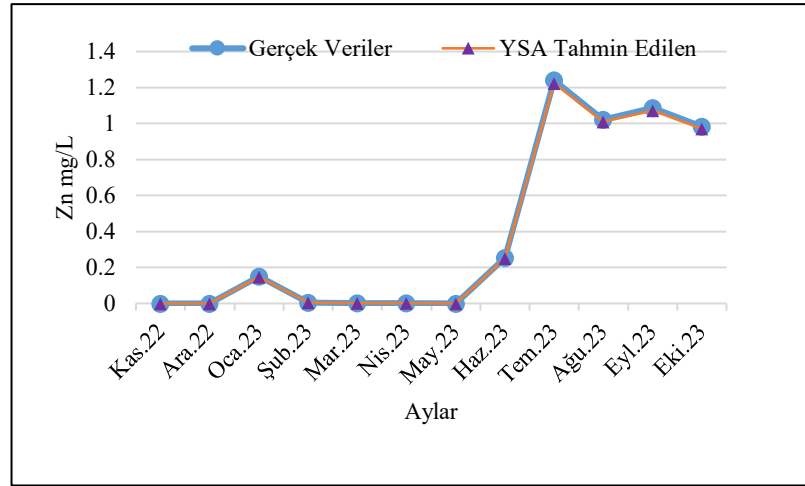
Şekil 4.62. YSA analizi regresyon sonuçları.

Şekil 4.62’de görüldüğü üzere regresyon sonuçlarına göre modelin tahminlerinin güvenilir olduğu görülmektedir. Oluşturulan YSA modelinin gerçeğe yakın değerleri tahmin etmektedir. Şekil 4.63’te oluşturulan YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları görülmektedir. En düşük MSE değerinin 7 iterasyonla en iyi model sonucu elde edilmiştir.



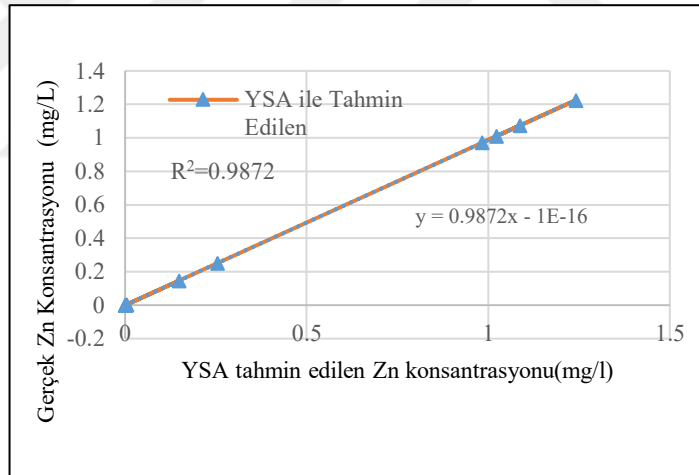
Şekil 4.63. Oluşturulan Zn için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.

Çalışılan YSA modelinden elde edilen Zn tahminin uygun olduğu, modelin MSE değeri ve R korelasyon katsayıları ile desteklemektedir.



Şekil 4.64. Zn konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Zn konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.

Zn konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Zn konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması Şekil 4.64'te, Zn sonuçlarının YSA tahmini ve gerçek ölçülen Zn değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.65'te verilmiştir.



Şekil 4.65. YSA tahmini ve ölçülen Zn değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4.54'te verilmiş olan Bayesian Regularization(trainbr) ve Scaled Conjugate Gradient(trainscg) geri yayılım algoritmaları 1 adet gizli katmanda 13 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.98772) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.00679) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.54. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.

Ağır Metal	Algoritma	Model	R ²	R (Eğitim)	R (Validasyon)	R (Test)	MSE	İterasyon
Zn	trainbr	14-13-1	0.8738	0.8177	0.99	0.998	0.0038	2
	trainscg		0.8925	0.8996	0.8849	0.8999	0.0363	5
	trainlm		0.9872	0.9977	0.9819	0.9382	0.00679	7

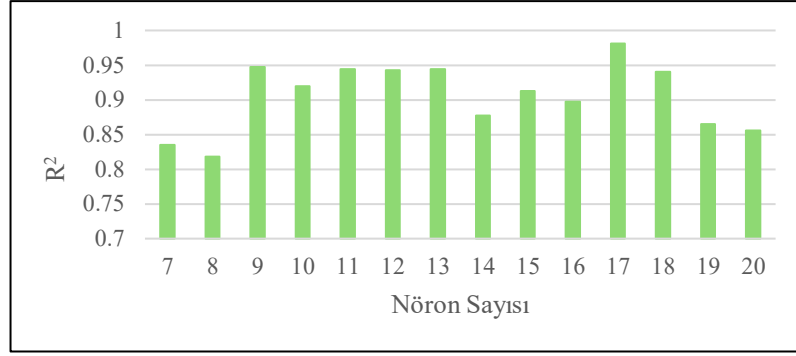
4.5.4 Kadmiyum (Cd) YSA modeli sonuçları

Kadmiyum tahmini için Çizelge 4.55’te verilmiş olan geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) ile 1 adet gizli katmanda 7 ile 20 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9814) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.004) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt)’dir. Kullanılacak olan en iyi nöron sayısının belirlenmesi için YSA model çalışma sonuçları Şekil 4.66’da görülmektedir.

Çizelge 4.55. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.

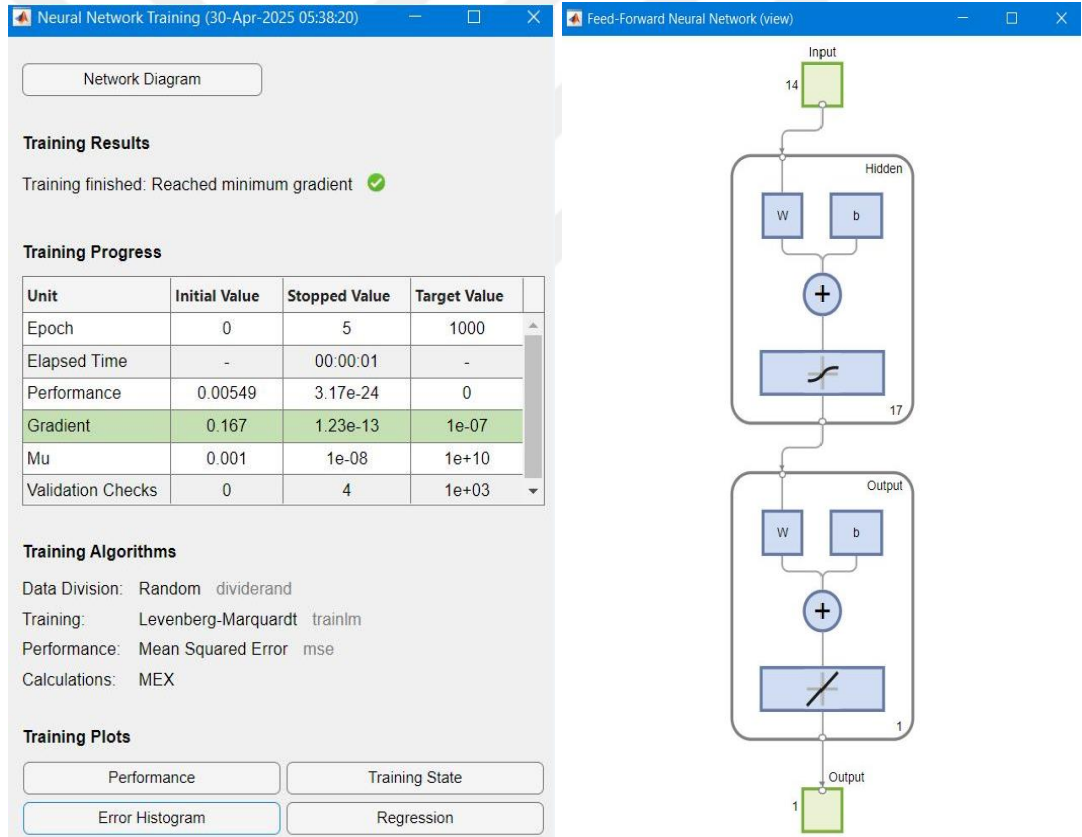
Nöron Sayısı	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R (Eğitim)	MSE	İterasyon
7	0.8352	0.8599	0.9552	0.8074	0.0108	35
8	0.8183	0.9488	0.9696	0.7741	0.0072	17
9	0.9471	0.9738	0.9509	0.9881	0.0326	25
10	0.9198	0.9313	0.9255	0.9271	0.0115	16
11	0.9442	0.9328	0.9096	0.9992	0.0084	9
12	0.9427	0.9789	0.7641	0.999	0.014	8
13	0.9441	0.9804	0.558	0.9978	0.049	19
14	0.8771	0.5824	0.9812	0.8902	0.0347	17
15	0.9129	0.8302	0.9727	0.9235	0.0215	23
16	0.897	0.9321	0.9288	0.8561	0.011	9
17	0.9814	0.9662	0.9585	0.9967	0.004	10
18	0.9402	0.9915	0.7921	0.9998	0.016	20
19	0.8647	0.9768	0.8413	0.8505	0.031	7
20	0.8561	0.96	0.9298	0.929	0.0169	15

Cd için YSA’da en iyi modeli veren 14:17:1 şeklinde çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre R² 0.9814, validasyon R 0.9662, test R 0.9585, eğitim R 0.9967, MSE 0.004 ve iterasyon sayısı 10 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.66’da YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi verilmiştir.



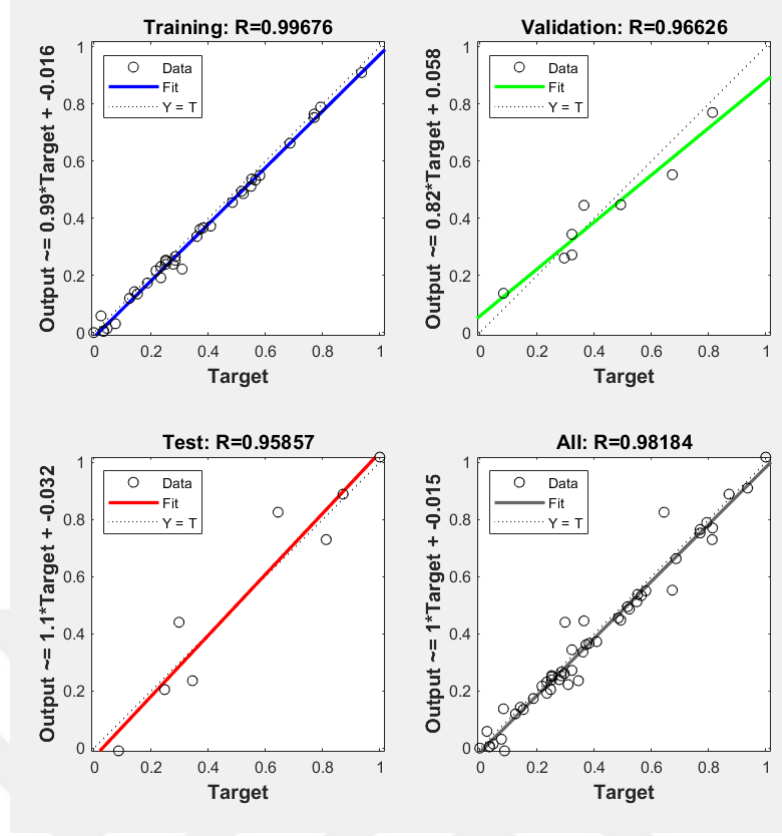
Şekil 4.66. Cd için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.

Tek gizli katmanda 17 nöronla ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA ağ yapısı Şekil 4.67’de görülmektedir. Yapay sinir ağ çalışmasında ağın öğrenmesi ve gerçeğe en yakın sonuçları vermesi için, oluşturulan ağ yapısı art arda çalıştırılmaktadır.



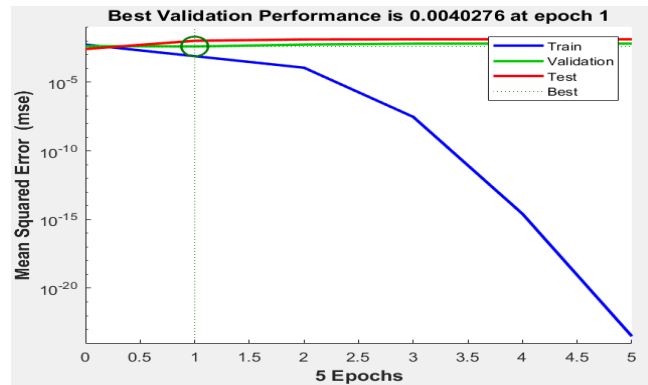
Şekil 4.67. YSA model ve yapısı.

Bu çalışmada kadmiyum için en düşük ortalama karesel hata ile en yüksek korelasyon katsayısını veren ağın regresyon sonuçları Şekil 4.68’de verilmiştir.



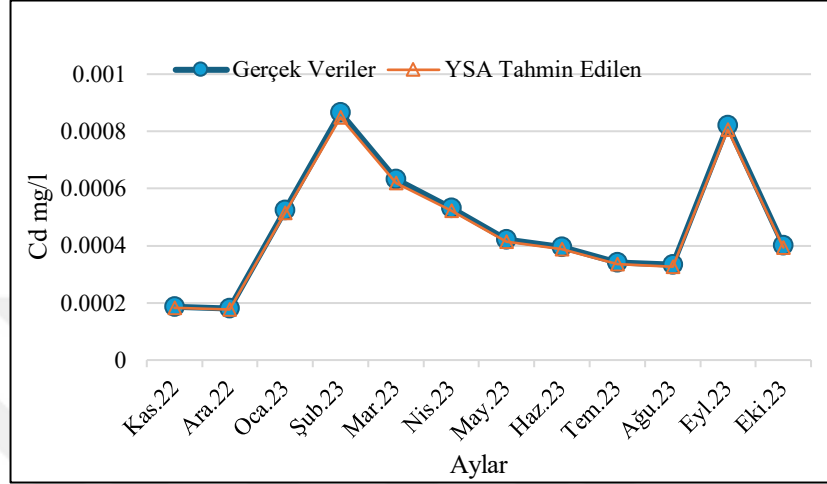
Şekil 4.68. YSA analizi regresyon sonuçları.

Şekil 4.68’de görüldüğü üzere regresyon sonuçlarına göre modelin tahminlerinin güvenilir olduğu görülmektedir. Oluşturulan YSA modelinin gerçeğe yakın değerleri tahmin etmektedir. Şekil 4.69’da oluşturulan YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları görülmektedir. En düşük MSE değerinin 10 iterasyonla en iyi model sonucu elde edilmiştir.

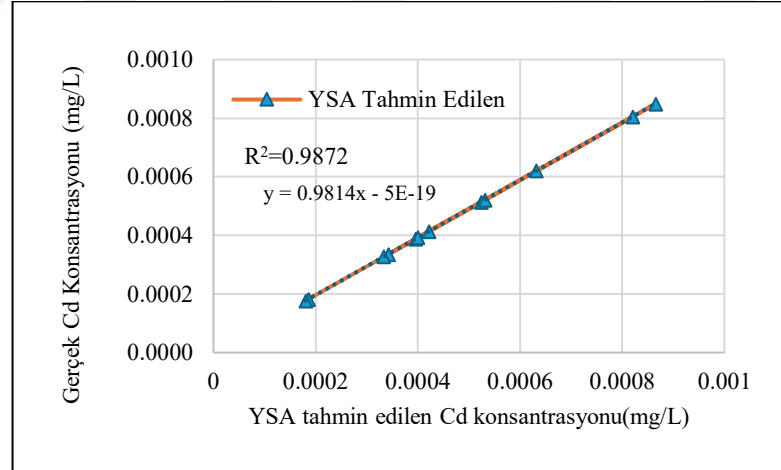


Şekil 4.69. Oluşturulan Cd için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.

Çalışılan YSA modelinden elde edilen Cd tahminin uygun olduğu, modelin MSE değeri ve R korelasyon katsayıları ile desteklemektedir. Cd konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Cd konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması Şekil 4.70’te, Cd sonuçlarının YSA tahmini ve gerçek ölçülen Cd değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.71’de verilmiştir.



Şekil 4.70. Cd konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Cd konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.



Şekil 4.71. YSA tahmini ve ölçülen Cd değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4.56’da verilmiş olan Bayesian Regularization(trainbr) ve Scaled Conjugate Gradient(traincg) geri yayılım algoritmaları 1 adet gizli katmanda 17 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9814) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.004) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.56. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.

Ağır Metal	Algoritma	Model	R ²	R (Eğitim)	R (Validasyon)	R (Test)	MSE	İterasyon
Cd	trainbr	14-17-1	0.6486	0.6447	0.5733	0.781	0.0512	3
	trainsecg		0.7567	0.7402	0.7549	0.7537	0.0325	5
	trainlm		0.9814	0.9967	0.9662	0.9585	0.004	10

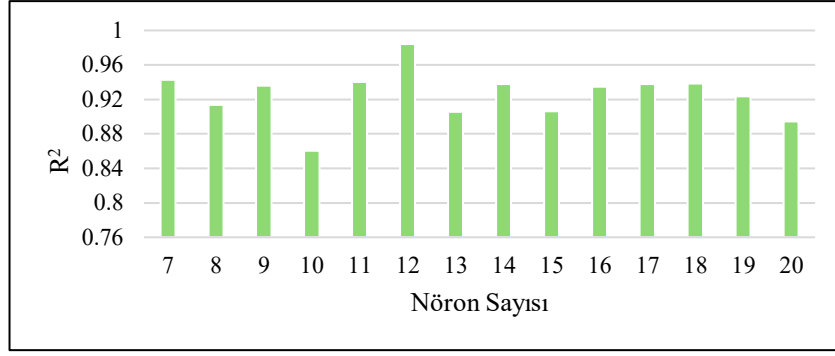
4.5.5 Kobalt (Co) YSA modeli sonuçları

Kobalt tahmini için Çizelge 4.57’de verilmiş olan geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) ile 1 adet gizli katmanda 7 ile 20 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9843) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.012) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt)’dir. Kullanılacak olan en iyi nöron sayısının belirlenmesi için YSA model çalışma sonuçları Şekil 4.72’de görülmektedir.

Çizelge 4.57. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.

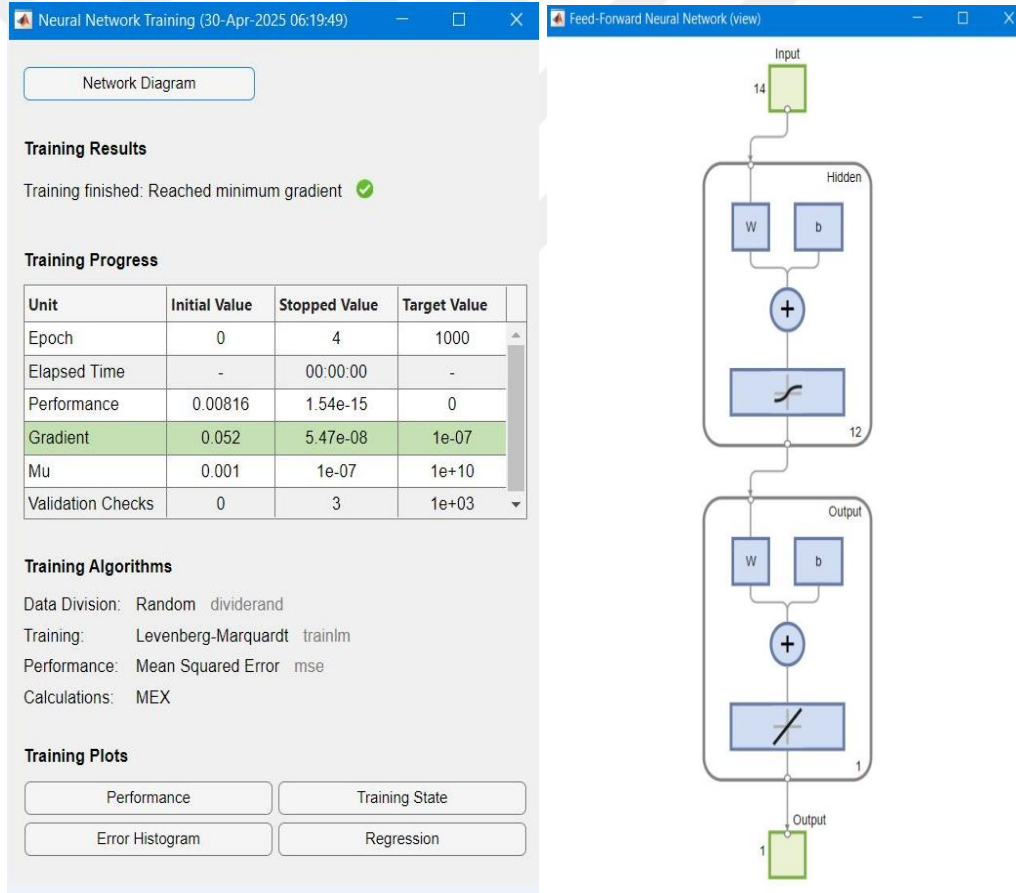
Nöron Sayısı	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R (Eğitim)	MSE	İterasyon
7	0.9429	0.9624	0.9638	0.9945	0.0159	9
8	0.9137	0.9895	0.9972	0.9376	0.0224	22
9	0.9358	0.8152	0.936	0.9965	0.062	17
10	0.8603	0.9952	-0.4011	0.9316	0.009	23
11	0.9405	0.9079	0.9849	0.9959	0.0272	14
12	0.9843	0.9521	0.9338	0.9982	0.012	21
13	0.9058	0.9591	0.9947	0.9666	0.013	14
14	0.9376	0.9295	0.8707	0.994	0.0202	9
15	0.906	0.9883	0.8378	0.9652	0.03	4
16	0.9347	0.8294	0.9908	0.955	0.0372	2
17	0.9377	0.8523	0.9323	0.9991	0.0308	19
18	0.9386	0.9064	0.9889	0.9981	0.0138	7
19	0.9238	0.9741	0.8675	0.9888	0.058	7
20	0.8943	0.7929	0.9878	0.9776	0.0422	29

Co için YSA’da en iyi modeli veren 14:12:1 şeklinde çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre R² 0.9843, validasyon R 0.9521, test R 0.9338, eğitim R 0.9982, MSE 0.004 ve iterasyon sayısı 21 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.72’de YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi verilmiştir.



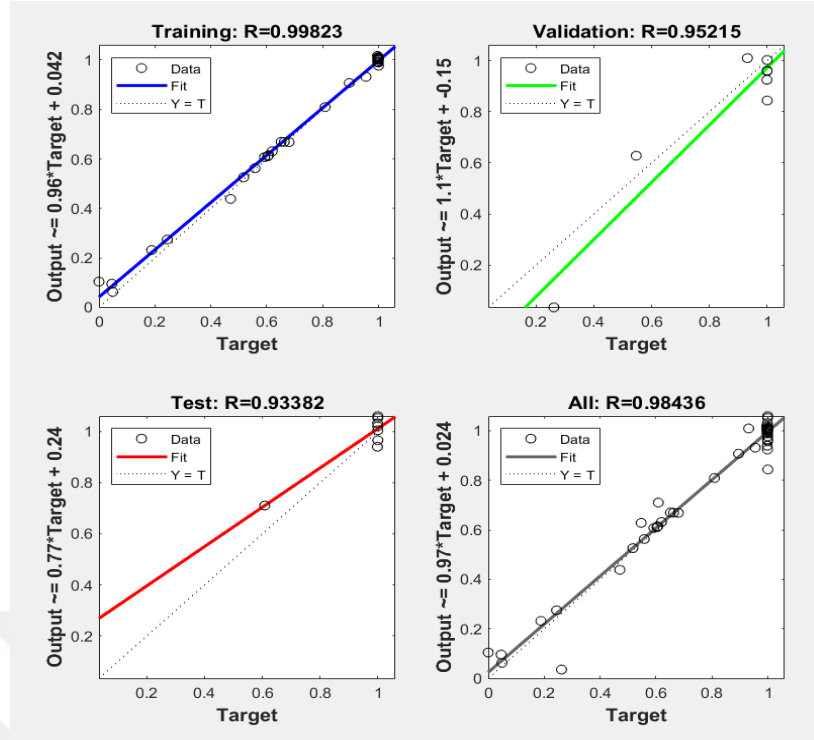
Şekil 4.72. Co için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.

Tek gizli katmanda 12 nöronla ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA ağ yapısı Şekil 4.73'te görülmektedir. Yapay sinir ağ çalışmasında ağın öğrenmesi ve gerçeğe en yakın sonuçları vermesi için, oluşturulan ağ yapısı art arda çalıştırılmaktadır.



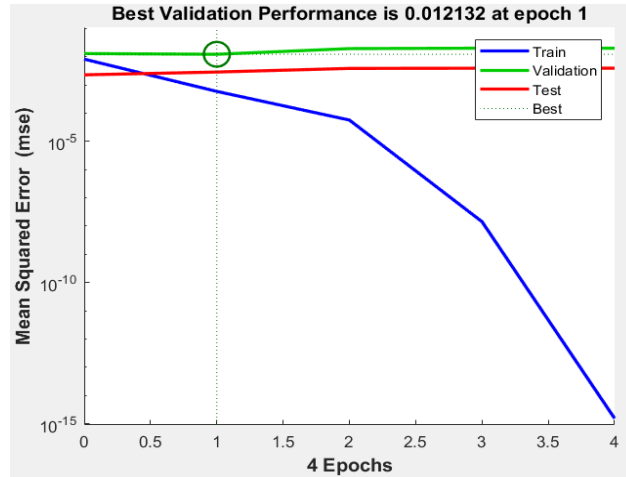
Şekil 4.73. YSA model ve ağ yapısı.

Bu çalışmada Kobalt için en düşük ortalama karesel hata ile en yüksek korelasyon katsayısını veren ağın regresyon sonuçları Şekil 4.74'te verilmiştir.



Şekil 4.74. YSA analizi regresyon sonuçları.

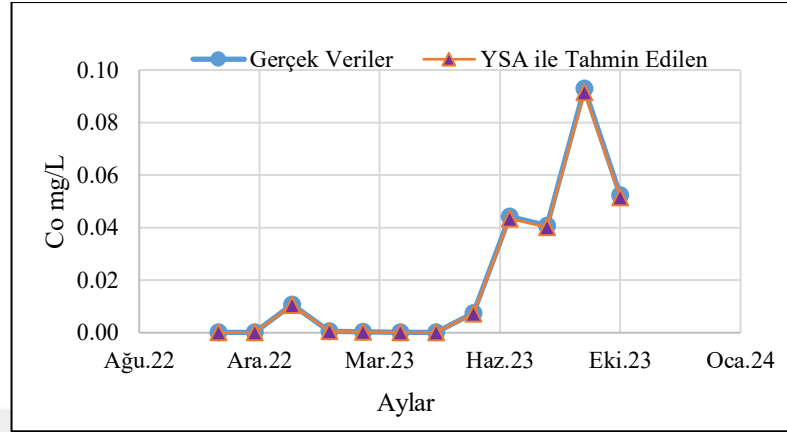
Şekil 4.74'te görüldüğü üzere regresyon sonuçlarına göre modelin tahminlerinin güvenilir olduğu görülmektedir. Oluşturulan YSA modelinin gerçeğe yakın değerleri tahmin etmektedir. Şekil 4.75'te oluşturulan YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları görülmektedir. En düşük MSE değerinin 21 iterasyonla en iyi model sonucu elde edilmiştir.



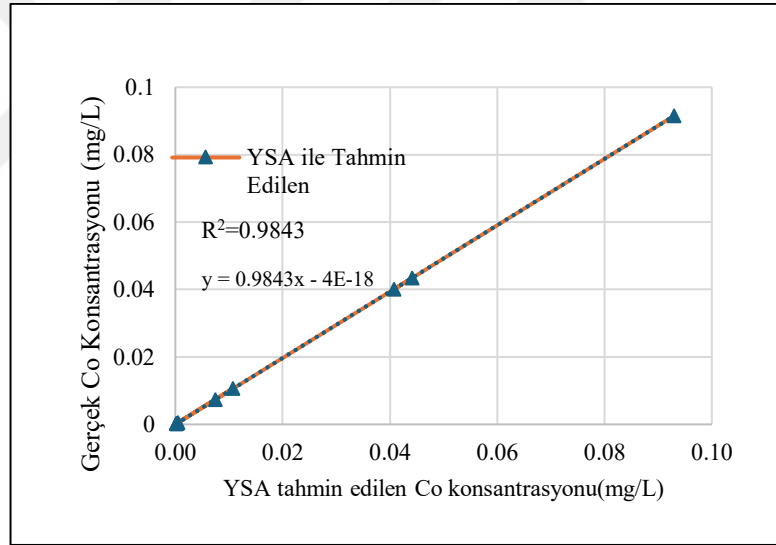
Şekil 4.75. Oluşturulan Co için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.

Çalışılan YSA modelinden elde edilen Co tahmininin uygun olduğu, modelin MSE değeri ve R korelasyon katsayıları ile desteklemektedir. Co konsantrasyonun aylara

göre YSA tahmini ve gerçek Co konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması Şekil 4.76'da Co sonuçlarının YSA tahmini ve gerçek ölçülen Co değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.77'de verilmiştir.



Şekil 4.76. Co konsantrasyonunun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Co konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.



Şekil 4.77. YSA tahmini ve ölçülen Co değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4.58'de verilmiş olan Bayesian Regularization(trainbr) ve Scaled Conjugate Gradient(trainscg) geri yayılım algoritmaları 1 adet gizli katmanda 12 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9843) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.012) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.58. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.

Ağır Metal	Algoritma	Model	R ²	R (Eğitim)	R (Validasyon)	R (Test)	MSE	İterasyon
Co	trainbr	14-12-1	0.8519	0.9624	0.9268	0.8332	0.0173	5
	trainscg		0.8891	0.8696	0.9311	0.8766	0.0327	3
	trainlm		0.9843	0.9982	0.9521	0.9338	0.012	21

4.5.6 Krom (Cr) YSA modeli sonuçları

Krom tahmini için Çizelge 4.59’da verilmiş olan geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) ile 1 adet gizli katmanda 7 ile 20 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9913) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.00388) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt)’dir. Kullanılacak olan en iyi nöron sayısının belirlenmesi için YSA model çalışma sonuçları Şekil 4.78’de görülmektedir.

Çizelge 4.59. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.

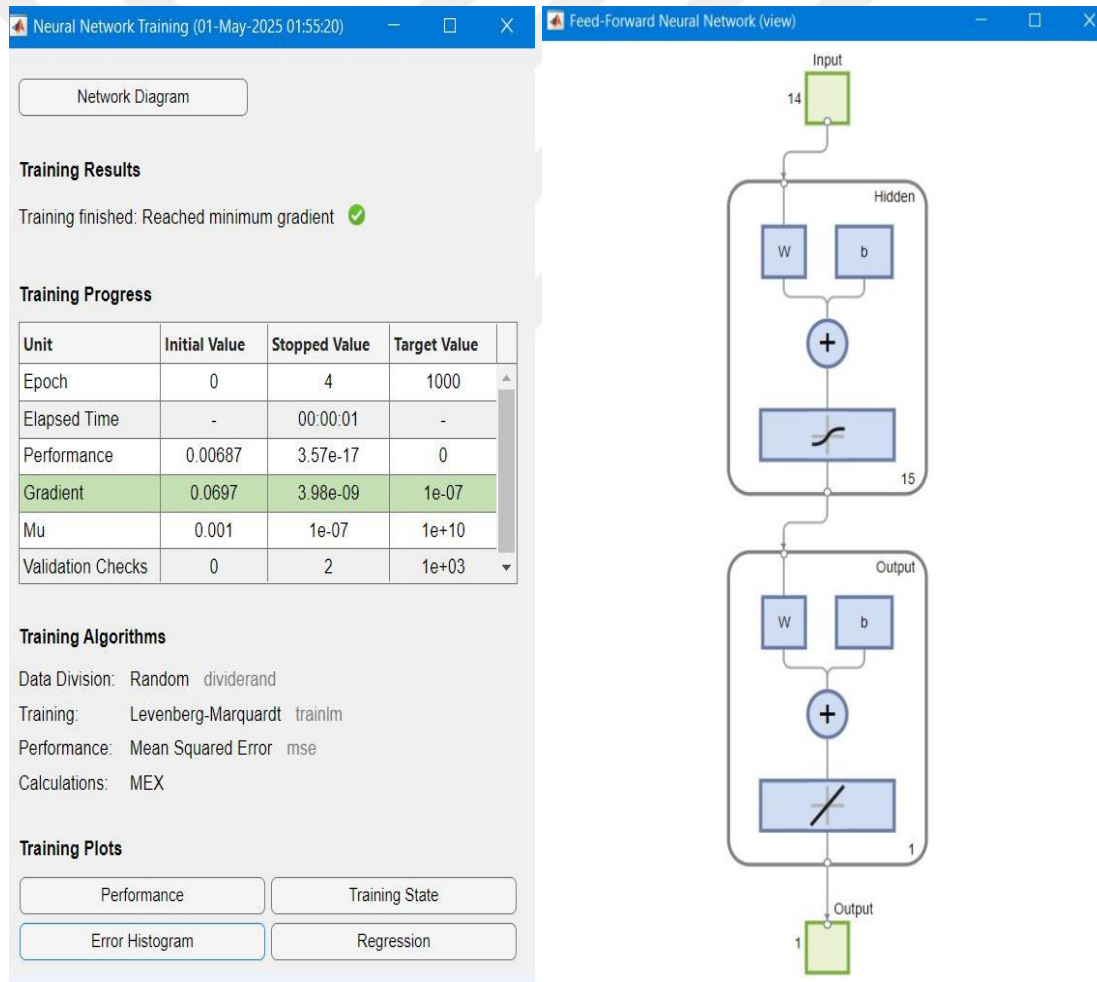
Nöron Sayısı	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R (Eğitim)	MSE	İterasyon
7	0.9363	0.9491	0.3249	0.996	0.0382	20
8	0.9138	0.7628	0.9753	0.9888	0.0204	29
9	0.9421	0.95	0.9442	0.9889	0.012	8
10	0.9055	0.9839	0.9235	0.9058	0.004	19
11	0.9475	0.9036	0.9885	0.9922	0.0096	17
12	0.9441	0.8879	0.9817	0.9981	0.0148	16
13	0.9196	0.8599	0.8976	0.9264	0.00899	31
14	0.9316	0.9873	0.9873	0.93	0.0221	11
15	0.9913	0.9598	0.9507	1	0.00388	6
16	0.9516	0.969	0.92	0.999	0.0047	5
17	0.9377	0.9753	0.8957	1	0.002	21
18	0.9037	0.9591	0.9781	0.8989	0.0349	10
19	0.9247	0.9967	0.8727	0.9212	0.028	18
20	0.9167	0.9967	0.9153	0.9566	0.006	14

Cr için YSA’da en iyi modeli veren 14:15:1 şeklinde çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre R² 0.9913, validasyon R 0.9598, test R 0.9507, eğitim R 1, MSE 0.00388 ve iterasyon sayısı 6 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.78’de YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi verilmiştir.



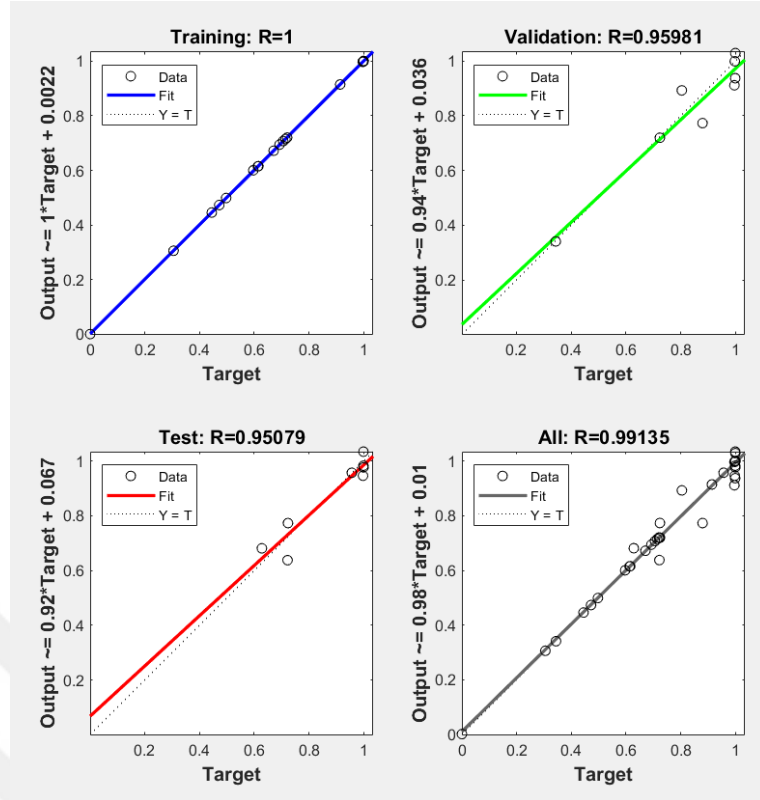
Şekil 4.78. Cr için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.

Tek gizli katmanda 15 nöronla ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA ağ yapısı Şekil 4.79’da görülmektedir. Yapay sinir ağ çalışmasında ağın öğrenmesi ve gerçeğe en yakın sonuçları vermesi için, oluşturulan ağ yapısı art arda çalıştırılmaktadır.



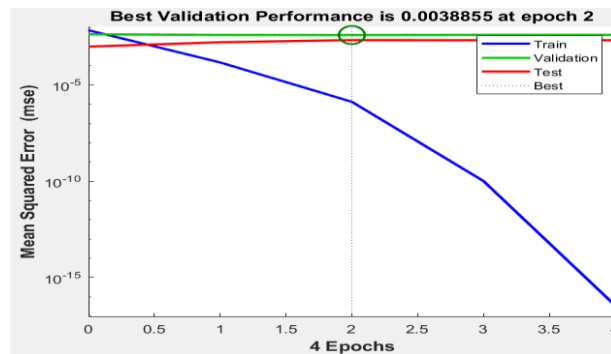
Şekil 4.79. YSA modeli ve yapısı.

Bu çalışmada krom için en düşük ortalama karesel hata ile en yüksek korelasyon katsayısını veren ağın regresyon sonuçları Şekil 4.80’de verilmiştir.



Şekil 4.80. YSA analizi regresyon sonuçları.

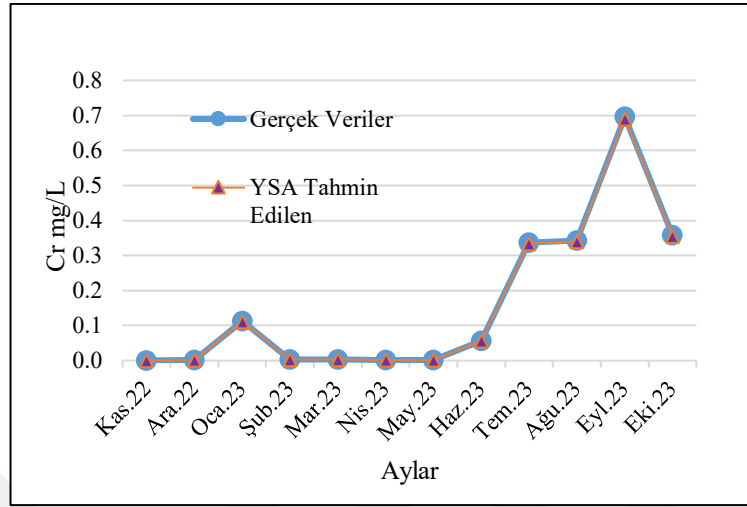
Şekil 4.80’de görüldüğü üzere regresyon sonuçlarına göre modelin tahminlerinin güvenilir olduğu görülmektedir. Oluşturulan YSA modelinin gerçeğe yakın değerleri tahmin etmektedir. Şekil 4.81’de oluşturulan YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları görülmektedir. En düşük MSE değerinin 6 iterasyonla en iyi model sonucu elde edilmiştir.



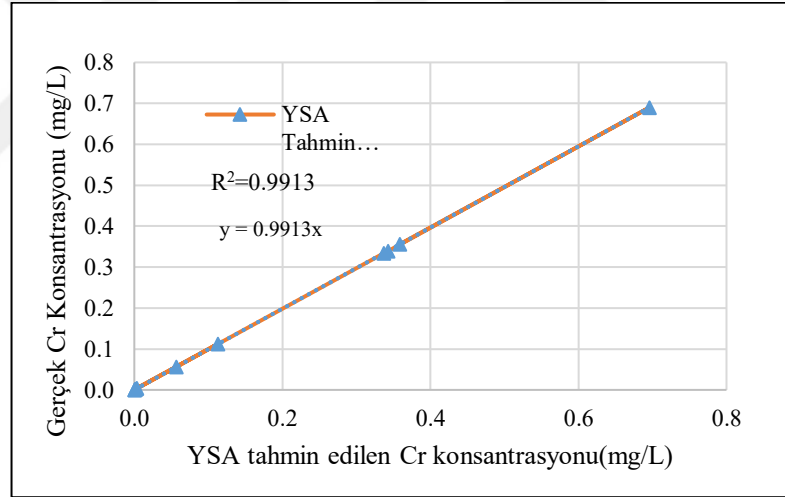
Şekil 4.81. Oluşturulan Cr için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.

Çalışılan YSA modelinden elde edilen Cr tahminin uygun olduğu, modelin MSE değeri ve R korelasyon katsayıları ile desteklemektedir. Cr konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Cr konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre

karşılaştırılması Şekil 4.82’de, Cr sonuçlarının YSA tahmini ve gerçek ölçülen Cr değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.83’te verilmiştir.



Şekil 4.82. Cr konsantrasyonunun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Cr konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.



Şekil 4.83. YSA tahmini ve ölçülen Cr değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4.60’ta verilmiş olan Bayesian Regularization(trainbr) ve Scaled Conjugate Gradient(trainscg) geri yayılım algoritmaları 1 adet gizli katmanda 15 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9913) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.00388) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.60. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.

Ağır Metal	Algoritma	Model	R ²	R (Eğitim)	R (Validasyon)	R (Test)	MSE	İterasyon
Cr	trainbr	14-15-1	0.8273	0.8699	0.6855	0.6038	0.0231	6
	trainscg		0.9062	0.836	0.9985	0.9618	0.02	3
	trainlm		0.9913	1	0.9598	0.9507	0.00388	6

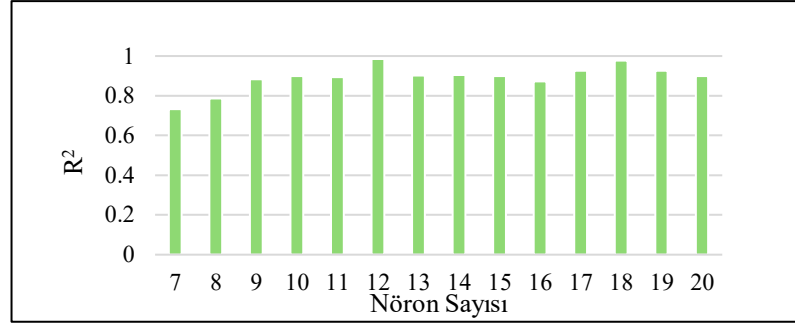
4.5.7 Kurşun (Pb) YSA modeli sonuçları

Kurşun tahmini için Çizelge 4.61’de verilmiş olan geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) ile 1 adet gizli katmanda 7 ile 20 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9862) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.0022) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt)’dir. Kullanılacak olan en iyi nöron sayısının belirlenmesi için YSA model çalışma sonuçları Şekil 4.84’te görülmektedir.

Çizelge 4.61. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.

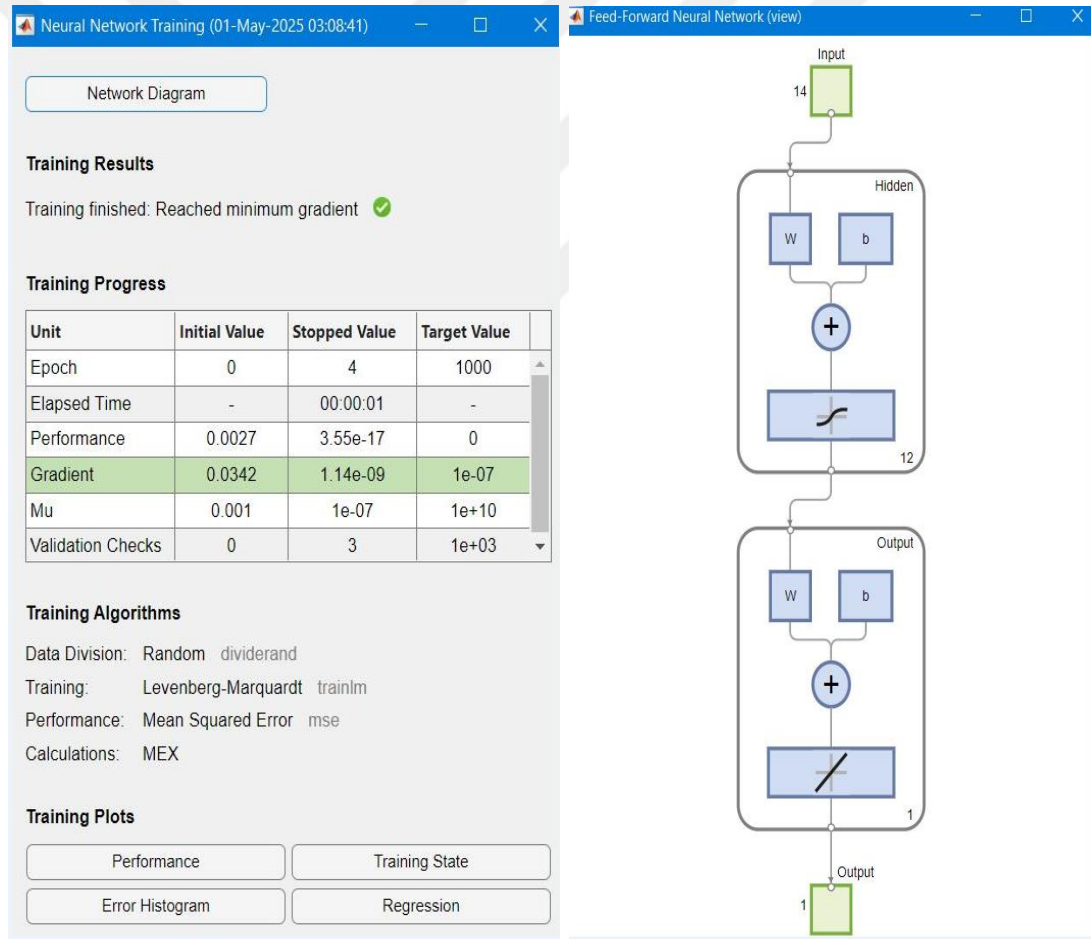
Nöron Sayısı	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R (Eğitim)	MSE	İterasyon
7	0.7335	0.9856	0.9721	0.5844	0.00098	17
8	0.7852	0.9123	0.3991	0.7588	0.0156	28
9	0.8826	0.9637	0.9988	0.8299	0.00193	10
10	0.8993	0.9439	0.9565	0.9504	0.00419	65
11	0.8929	0.6338	0.9343	0.9003	0.0071	56
12	0.9862	0.9912	0.9296	0.9988	0.0022	24
13	0.9019	0.9623	0.9384	0.9551	0.003	70
14	0.9041	0.9952	0.9981	0.8771	0.00042	52
15	0.8999	0.486	0.5081	0.8999	0.0281	11
16	0.871	0.9895	0.928	0.871	0.00068	28
17	0.9267	0.9765	0.8636	0.9267	0.0046	41
18	0.9768	0.9527	0.8636	0.9999	0.0059	5
19	0.9259	0.972	0.996	0.9785	0.0151	35
20	0.8999	0.5783	0.9658	0.9651	0.0207	67

Pb için YSA’da en iyi modeli veren 14:12:1 şeklinde çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre R² 0.9862, validasyon R 0.9912, test 0.9296, eğitim R 9988, MSE 0.0022 ve iterasyon sayısı 24 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.84’te YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi verilmiştir.



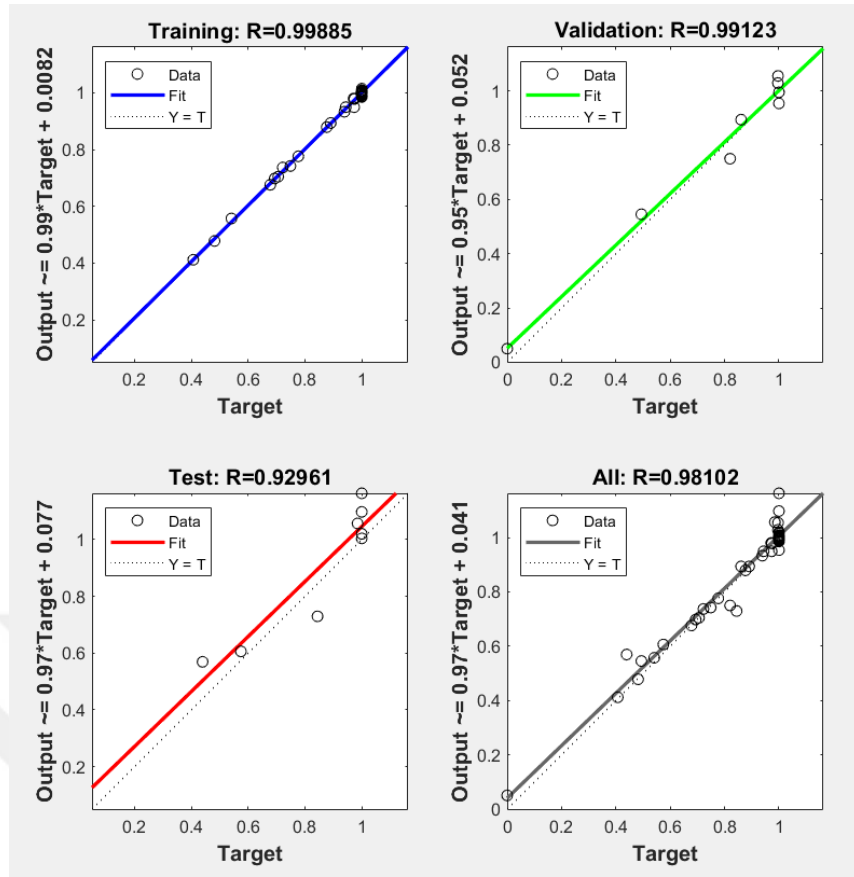
Şekil 4.84. Pb için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.

Tek gizli katmanda 12 nöronla ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA ağ yapısı Şekil 4.85’te görülmektedir. Yapay sinir ağ çalışmasında ağın öğrenmesi ve gerçeğe en yakın sonuçları vermesi için, oluşturulan ağ yapısı art arda çalıştırılmaktadır.



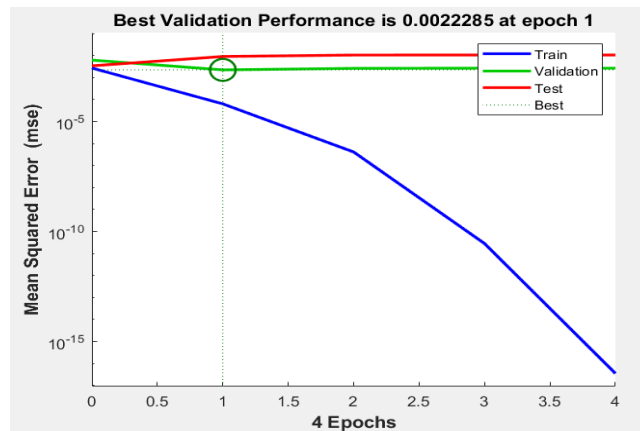
Şekil 4.85. YSA model ve ağ yapısı.

Bu çalışmada kurşun için en düşük ortalama karesel hata ile en yüksek korelasyon katsayısını veren ağın regresyon sonuçları Şekil 4.86’da verilmiştir.



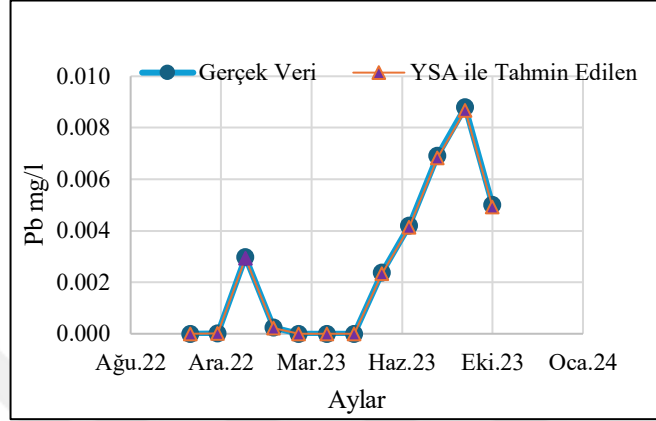
Şekil 4.86. YSA analizi regresyon sonuçları.

Şekil 4.86’da görüldüğü üzere regresyon sonuçlarına göre modelin tahminlerinin güvenilir olduğu görülmektedir. Oluşturulan YSA modelinin gerçeğe yakın değerleri tahmin etmektedir. Şekil 4.87’de oluşturulan YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları görülmektedir. En düşük MSE değerinin 24 iterasyonla en iyi model sonucu elde edilmiştir.

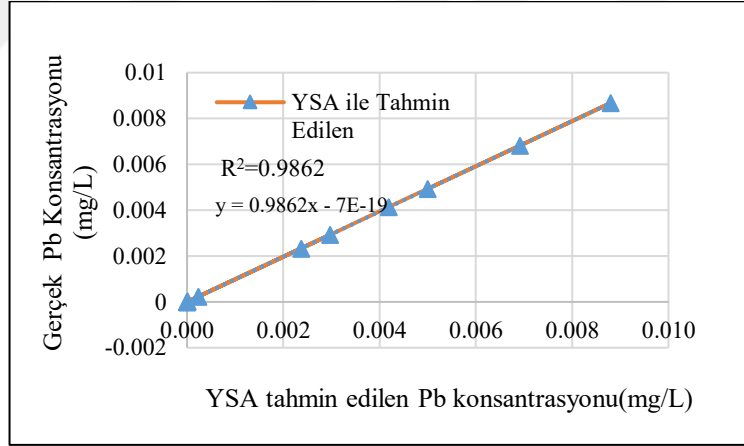


Şekil 4.87. Oluşturulan Pb için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.

Çalışılan YSA modelinden elde edilen Pb tahminin uygun olduğu, modelin MSE değeri ve R korelasyon katsayıları ile desteklemektedir. Pb konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Pb konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması Şekil 4.88’de, Pb sonuçlarının YSA tahmini ve gerçek ölçülen Pb değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.89’da verilmiştir.



Şekil 4.88. Pb konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Pb konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.



Şekil 4.89. YSA tahmini ve ölçülen Pb değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4.62’de verilmiş olan Bayesian Regularization(trainbr) ve Scaled Conjugate Gradient(trainsecg) geri yayılım algoritmaları 1 adet gizli katmanda 12 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9862) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.0022) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.62. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.

Ağır Metal	Algoritma	Model	R ²	R (Eğitim)	R (Validasyon)	R (Test)	MSE	İterasyon
	trainbr	14-12-1	0.63	0.6709	0.2882	0.958	0.0087	10
	trainscg		0.7368	0.7465	0.3889	0.86	0.0107	22
Pb	Trainlm		0.9862	0.9912	0.9296	0.9988	0.0022	24

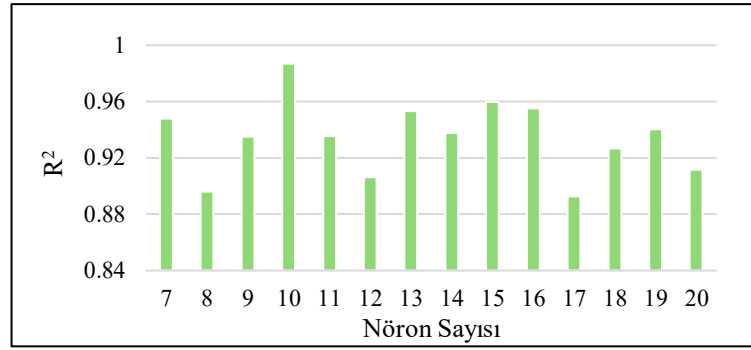
4.5.8 Manganez (Mn) YSA modeli sonuçları

Manganez tahmini için Çizelge 4.63'te verilmiş olan geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) ile 1 adet gizli katmanda 7 ile 20 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.987) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.00292) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt)'dir. Kullanılacak olan en iyi nöron sayısının belirlenmesi için YSA model çalışma sonuçları Şekil 4.90'da görülmektedir.

Çizelge 4.63. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.

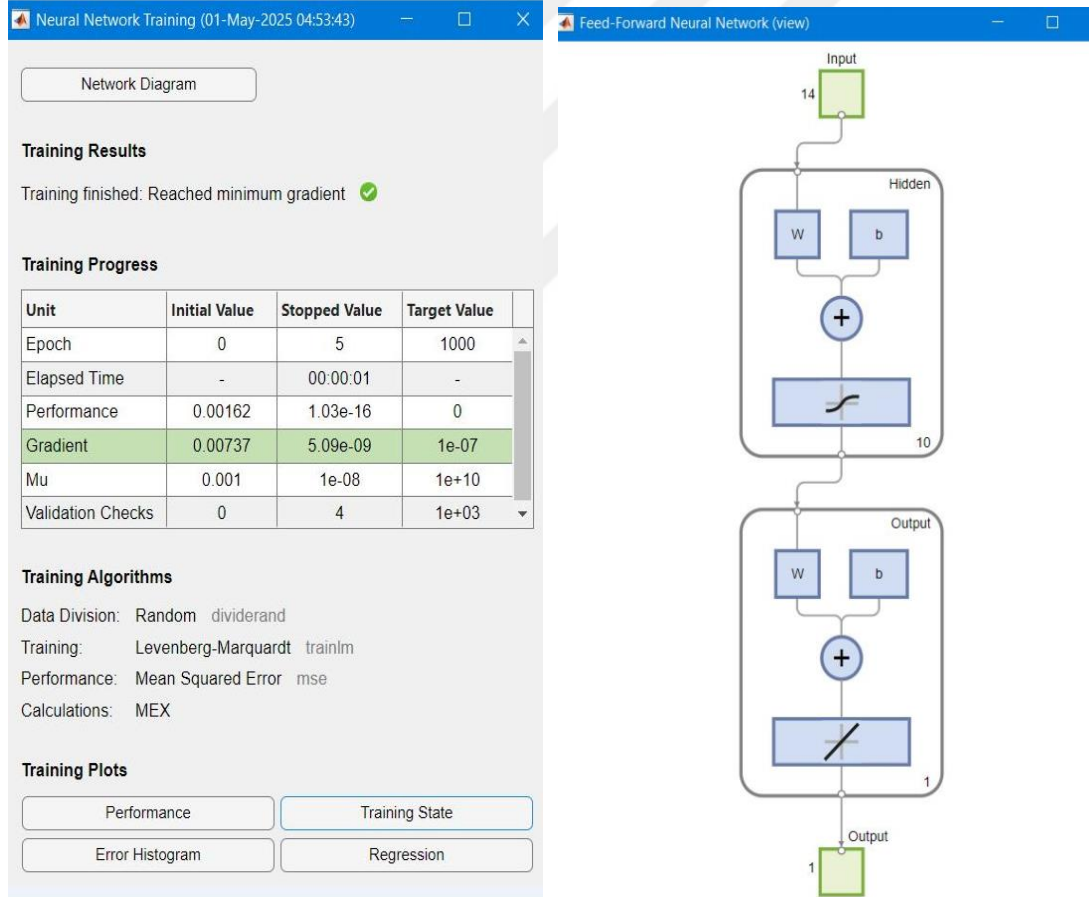
Nöron Sayısı	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R (Eğitim)	MSE	İterasyon
7	0.948	0.9609	0.9001	0.9907	0.0094	16
8	0.8962	0.6384	0.8815	0.9048	0.0044	30
9	0.935	0.7665	0.8952	0.9507	0.0074	16
10	0.987	0.8137	0.9971	0.9771	0.00292	12
11	0.9356	0.9827	0.9903	0.9083	0.0052	15
12	0.9064	0.9922	0.9604	0.9516	0.005	10
13	0.9532	0.8684	0.6922	0.9928	0.00414	16
14	0.9379	0.7754	0.7154	0.9942	0.0043	27
15	0.9599	0.8908	0.9659	0.994	0.005	8
16	0.9553	0.2957	0.8393	0.995	0.02	16
17	0.8928	0.8854	0.9994	0.8873	0.015	22
18	0.9267	0.9609	0.8928	0.9272	0.0216	7
19	0.9405	0.9573	0.1	0.994	0.012	33
20	0.9117	0.9899	0.9211	0.9075	0.0046	12

Mn için YSA'da en iyi modeli veren 14:10:1 şeklinde çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre R² 0.987, validasyon R 0.8137, test 0.9971, eğitim R 0.9771, MSE 0.00292 ve iterasyon sayısı 12 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.90'da YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi verilmiştir.



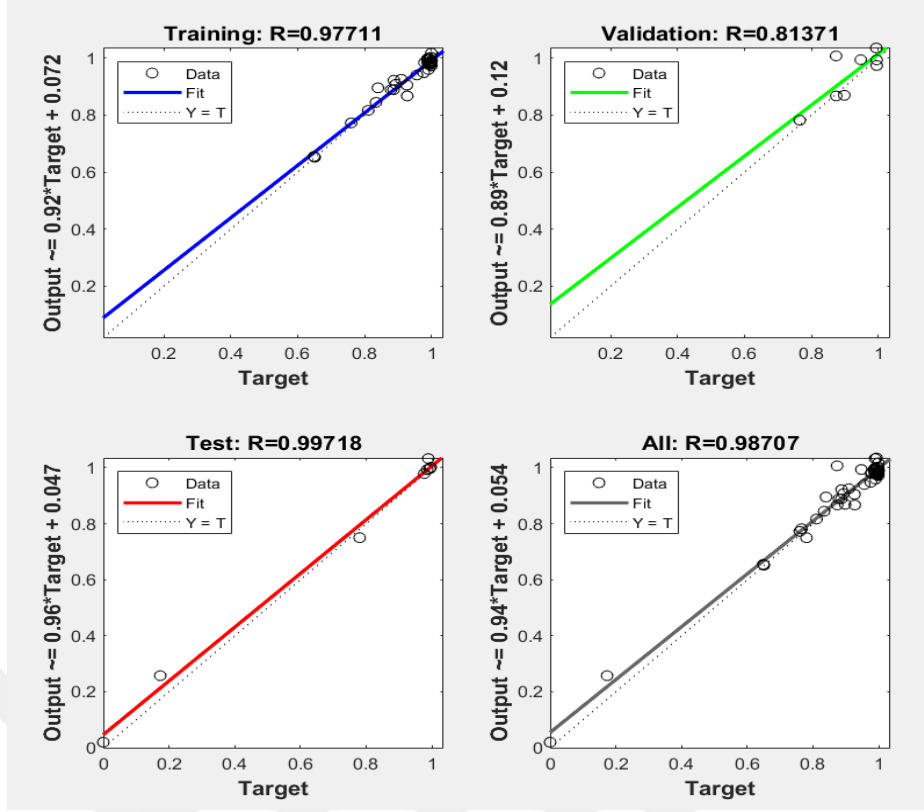
Şekil 4.90. Mn için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.

Tek gizli katmanda 10 nöronla ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA ağ yapısı Şekil 4.91’de görülmektedir. Yapay sinir ağ çalışmasında ağın öğrenmesi ve gerçeğe en yakın sonuçları vermesi için, oluşturulan ağ yapısı art arda çalıştırılmaktadır.



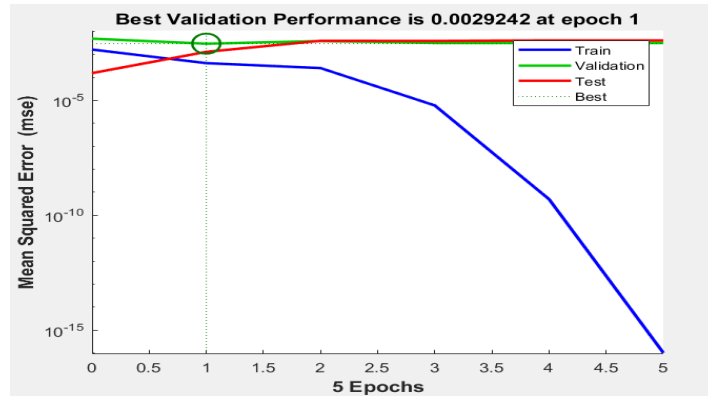
Şekil 4.91. YSA model ve ağ yapısı.

Bu çalışmada mangan için en düşük ortalama karesel hata ile en yüksek korelasyon katsayısını veren ağın regresyon sonuçları Şekil 4.92’de verilmiştir.



Şekil 4.92. YSA analizi regresyon sonuçları.

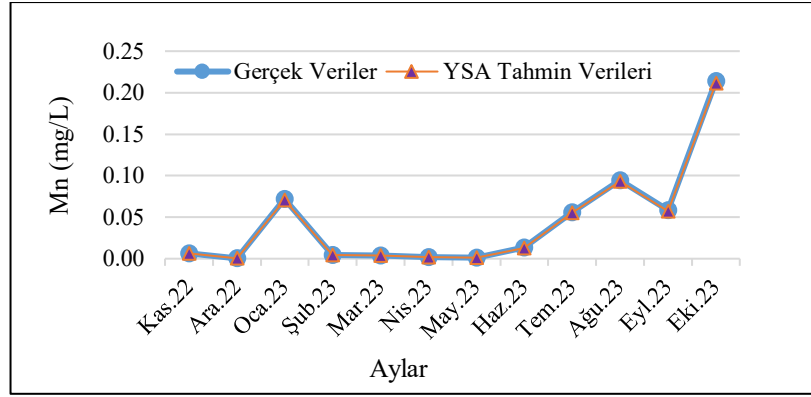
Şekil 4.92’de görüldüğü üzere regresyon sonuçlarına göre modelin tahminlerinin güvenilir olduğu görülmektedir. Oluşturulan YSA modelinin gerçeğe yakın değerleri tahmin etmektedir. Şekil 4.93’te oluşturulan YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları görülmektedir. En düşük MSE değerinin 12 iterasyonla en iyi model sonucu elde edilmiştir.



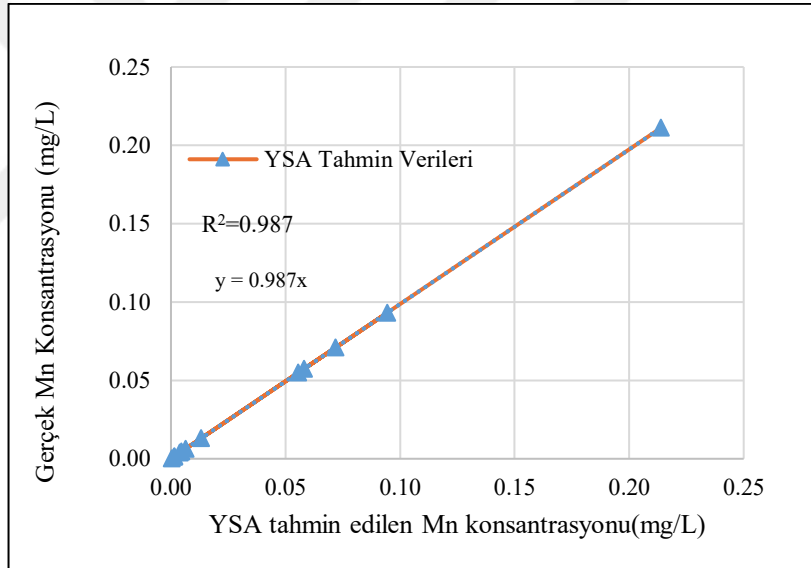
Şekil 4.93. Oluşturulan Mn için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.

Çalışılan YSA modelinden elde edilen Mn tahminin uygun olduğu, modelin MSE değeri ve R korelasyon katsayıları ile desteklemektedir. Mn konsantrasyonunun aylara

göre YSA tahmini ve gerçek Mn konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması Şekil 4.94'te, Mn sonuçlarının YSA tahmini ve gerçek ölçülen Mn değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.95'te verilmiştir.



Şekil 4.94. Mn konsantrasyonunun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Mn konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.



Şekil 4.95. YSA tahmini ve ölçülen Mn değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4.64'te verilmiş olan Bayesian Regularization(trainbr) ve Scaled Conjugate Gradient(trainscg) geri yayılım algoritmaları 1 adet gizli katmanda 10 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.987) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.00292) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.64. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.

Ağır Metal	Algoritma	Model	R ²	R (Eğitim)	R (Validasyon)	R (Test)	MSE	İterasyon
Mn	trainbr	14-10-1	0.8441	0.9249	0.9446	0.9211	0.00168	10
	trainscg		0.8602	0.9584	0.8104	0.9776	0.00188	8
	trainlm		0.987	0.9771	0.8137	0.9971	0.00529	10

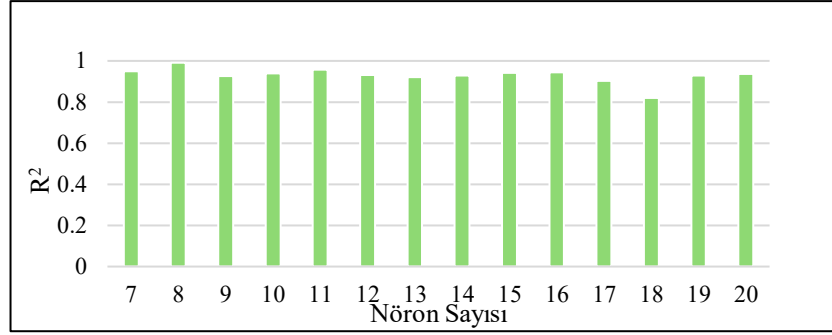
4.5.9 Nikel (Ni) YSA modeli sonuçları

Nikel tahmini için Çizelge 4.65'te verilmiş olan geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) ile 1 adet gizli katmanda 7 ile 20 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9915) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.0027) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt)'dir. Kullanılacak olan en iyi nöron sayısının belirlenmesi için YSA model çalışma sonuçları Şekil 4.96'da görülmektedir.

Çizelge 4.65. Gizli katmandaki nöron sayısı ve YSA model sonuçları.

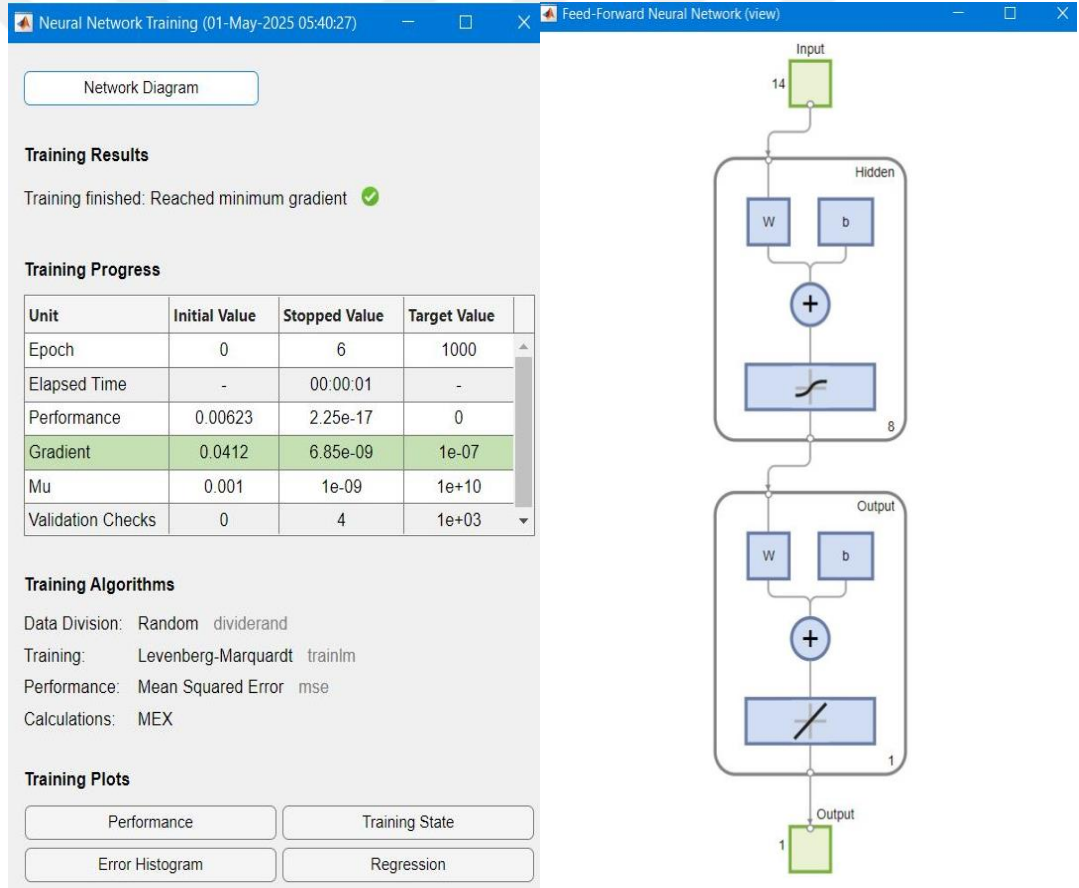
Nöron Sayısı	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R (Eğitim)	MSE	İterasyon
7	0.9488	0.982	0.9927	0.9734	0.00497	32
8	0.9915	0.9898	0.9316	0.9992	0.0027	3
9	0.9252	0.9864	0.9812	0.9716	0.00283	15
10	0.9383	0.9506	0.9633	0.9965	0.00677	16
11	0.956	0.9694	0.9789	0.9966	0.0138	30
12	0.932	0.9443	0.9841	0.9961	0.01767	8
13	0.92008	0.9253	0.9767	0.9951	0.0256	3
14	0.93	0.9587	0.9356	0.9965	0.0071	3
15	0.943	0.9858	0.9907	0.9987	0.0088	3
16	0.9444	0.9693	0.9605	0.9988	0.0054	4
17	0.902	0.996	0.944	0.9832	0.0036	10
18	0.82	0.8839	0.9748	1	0.016	14
19	0.929	0.9786	0.9021	0.9957	0.0058	2
20	0.9359	0.9728	0.9678	0.9971	0.0079	4

Ni için YSA'da en iyi modeli veren 14:8:1 şeklinde çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre R² 0.9915, validasyon R 0.9898, test 0.9316, eğitim R 0.9992, MSE 0.0027 ve iterasyon sayısı 3 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.96'da YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi verilmiştir.



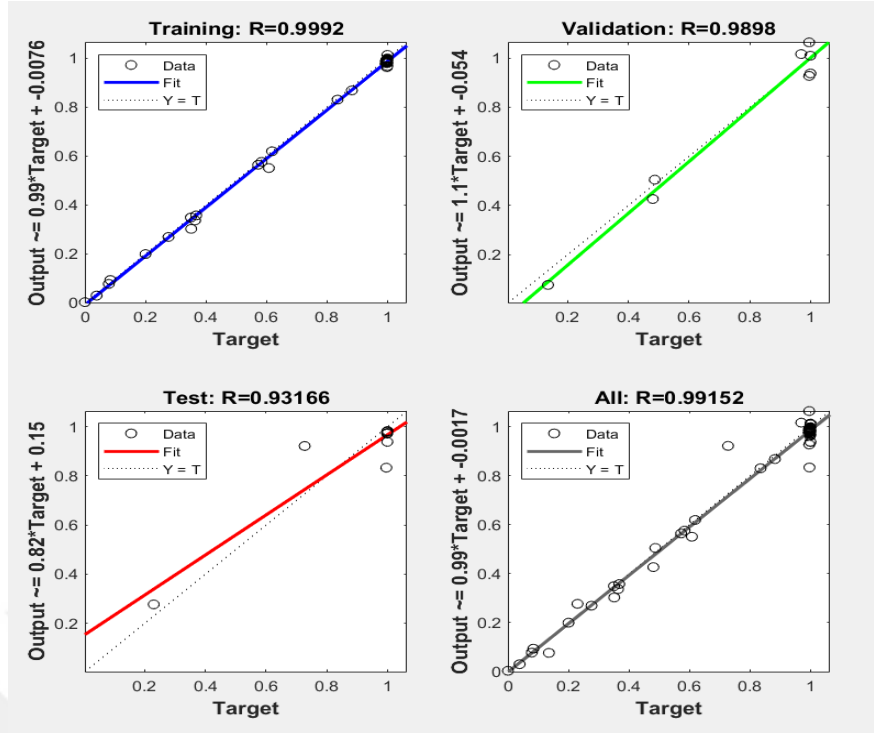
Şekil 4.96. Ni için oluşturulan YSA modeline gizli katmandaki nöron sayısının etkisi.

Tek gizli katmanda 8 nöronla ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA ağ yapısı Şekil 4.97’de görülmektedir. Yapay sinir ağ çalışmasında ağın öğrenmesi ve gerçeğe en yakın sonuçları vermesi için, oluşturulan ağ yapısı art arda çalıştırılmaktadır.



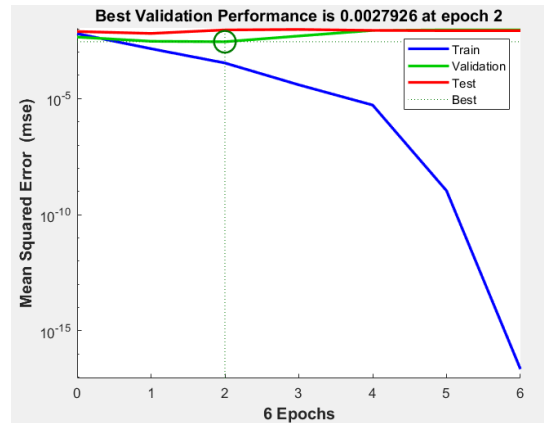
Şekil 4.97. YSA model ve yapısı.

Bu çalışmada nikel için en düşük ortalama karesel hata ile en yüksek korelasyon katsayısını veren ağın regresyon sonuçları Şekil 4.98’de verilmiştir.



Şekil 4.98. YSA analizi regresyon sonuçları.

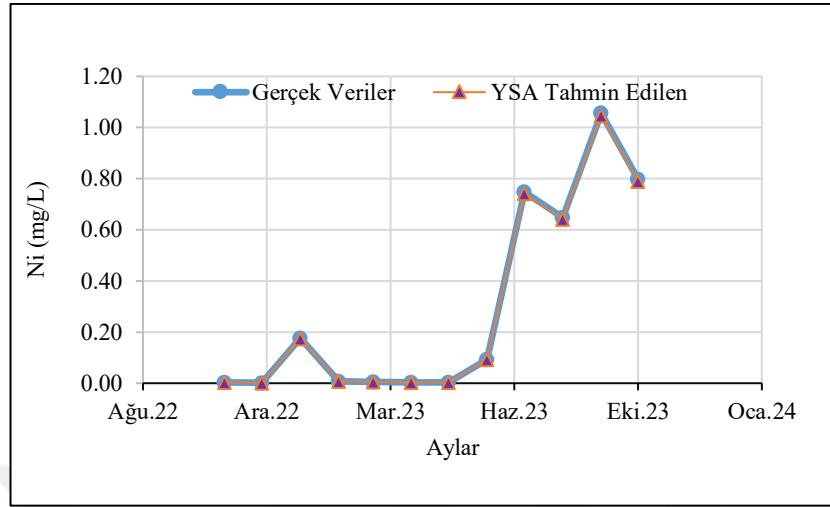
Şekil 4.98’de görüldüğü üzere regresyon sonuçlarına göre modelin tahminlerinin güvenilir olduğu görülmektedir. Oluşturulan YSA modelinin gerçeğe yakın değerleri tahmin etmektedir. Şekil 4.99’da oluşturulan YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları görülmektedir. En düşük MSE değerinin 3 iterasyonla en iyi model sonucu elde edilmiştir.



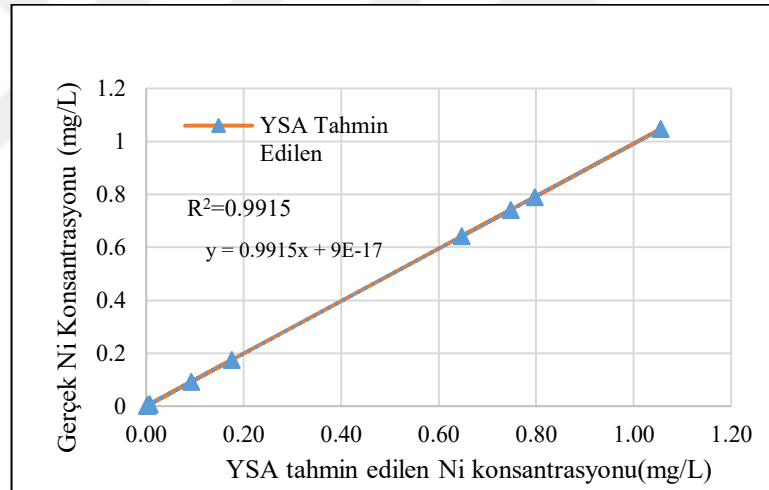
Şekil 4.99. Oluşturulan Ni için YSA modelinin eğitim, validasyon ve test hataları.

Çalışılan YSA modelinden elde edilen Ni tahmininin uygun olduğu, modelin MSE değeri ve R korelasyon katsayıları ile desteklemektedir. Ni konsantrasyonun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Ni konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre

karşılaştırılması Şekil 4.100’de, Ni sonuçlarının YSA tahmini ve gerçek ölçülen Ni değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.101’de verilmiştir.



Şekil 4.100. Ni konsantrasyonunun aylara göre YSA tahmini ve gerçek Ni konsantrasyonlarının ölçüm verilerine göre karşılaştırılması.



Şekil 4.101. YSA tahmini ve ölçülen Ni değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4.66’da verilmiş olan Bayesian Regularization(trainbr) ve Scaled Conjugate Gradient(trainscg) geri yayılım algoritmaları 1 adet gizli katmanda 8 nöron ile çalıştırılmıştır. R korelasyon katsayısı en yüksek (0.9915) ve en düşük ortalama karesel hatayı (MSE) (0.0027) veren geri yayılım algoritması *trainlm* (Levenberg-Marquardt) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.66. Geri yayılım algoritmalarının karşılaştırılması.

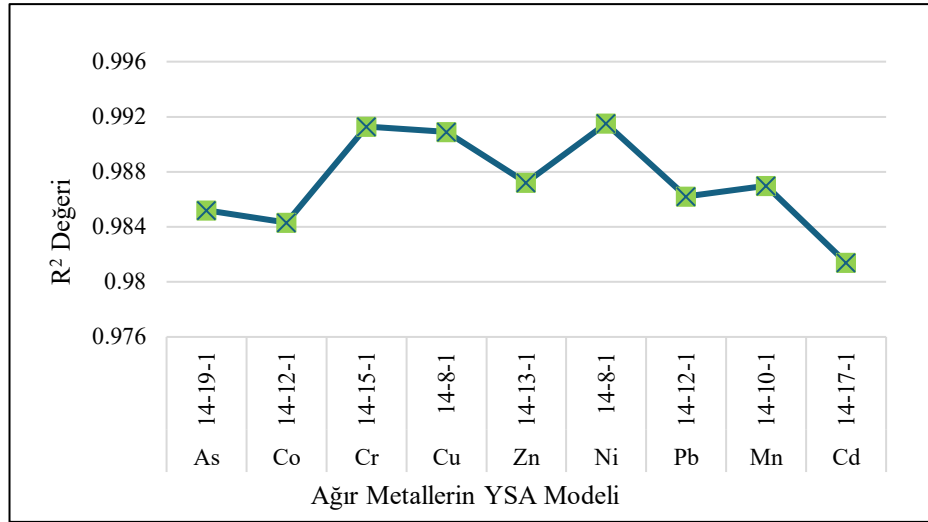
Ağır Metal	Algoritma	Model	R ²	R (Eğitim)	R (Validasyon)	R (Test)	MSE	İterasyon
Ni	trainbr	14-8-1	0.8876	0.9347	0.985	0.9333	0.0045	5
	trainscg		0.8925	0.9474	0.9173	0.9544	0.0192	2
	trainlm		0.9915	0.9992	0.9898	0.9316	0.0027	3

Ağır metallerin YSA ile tahmini sonuçlarının modelleri (eğitim, validasyon, test, mse, iterasyon) özeti Çizelge 4.67’de verilmiştir.

Çizelge 4.67. Ağır metallerin YSA tahmin modelleri.

Ağır Metal	Model	R ²	R (Validasyon)	R (Test)	R(Eğitim)	MSE	İterasyon
As	14-19-1	0.9852	0.9809	0.9707	0.9962	0.0077	10
Co	14-12-1	0.9843	0.9521	0.9338	0.9982	0.012	21
Cr	14-15-1	0.9913	0.9598	0.9507	1	0.00388	6
Cu	14-8-1	0.9909	0.9754	0.9656	0.9994	0.00934	3
Zn	14-13-1	0.9872	0.9819	0.9382	0.9977	0.00679	7
Ni	14-8-1	0.9915	0.9898	0.9316	0.9992	0.0027	3
Pb	14-12-1	0.9862	0.9912	0.9296	0.9988	0.0022	24
Mn	14-10-1	0.987	0.8137	0.9971	0.9771	0.00292	12
Cd	14-17-1	0.9814	0.9662	0.9585	0.9967	0.0040	10

Ağır metallerin YSA tahmin modelleri ile R² grafiği Şekil 4.102’de özetlenmiştir. YSA ve R² modelleri sırasıyla; As için 14-19-1 modelinde 0.9809, Co için 14-12-1 modelinde 0.9843, Cr için 14-15-1 modelinde 0.9913, Cu için 14-8-1 modelinde 0.9913, Zn için 14-13-1 modelinde 0.9872, Ni için 14-8-1 modelinde 0.9915, Pb için 14-12-1 modelinde 0.9862, Mn için 14-10-1 modelinde 0.987, Cd için 14-17-1 modelinde 0.9814 olarak bulunmuştur. Sızıntı suyunda bulunan ağır metaller 14 adet kirletici parametresi girdi olarak kullanılmış, 7 ile 20 arasında nöron gizli tek katmanda hesaplanarak R² 0.98 ve üzerinde bir tahmin etme modeli oluşturulmuştur. Böylelikle sızıntı suyu içeriğindeki mikro kirletici olan ağır metaller herhangi bir laboratuvar analizlerine gerek kalmadan tahmin edilmesi öngörülmektedir.



Şekil 4.102. Ağır metallerin YSA tahmin modelleri.

Topraktaki kirleticiler toprağı fakirleştirdiğı gibi, yer altı sularına karışarak oradan içme suyunu kirlitebilmektedir. Bu tür kirletici maddeler topraktan bitkiye, bitkiden de diğer canlıların besin zincirine geçebilmektedir. Pb ağır metali bitki yapraklarında normal konsantrasyon aralığı 5-10 mg/L aralığında iken, inhibe edici konsantrasyon aralığı 30-30 mg/L'dir. Zn ağır metali bitki yapraklarında 27-150 mg/L normal iken, 100-400 mg/L konsantrasyon aralığında inhibe olmaktadır (Özbek, 2010). Niğde DDT sızıntı suyunda Zn ve Pb konsantrasyonu bu veriye göre oldukça altında olduğu görülmektedir.

Ağır metal konsantrasyonu sızıntı sularında düşük konsantrasyonlarda bulunabilmesi için DDT alanına gelen atıkların kaynağında ayrıştırılması gerekmektedir. Yapılan bir çalışmada Kastamonu belediye katı atıkların etrafında bulunan orman topraklarındaki ağır metal kirliliğı araştırılmıştır. Buna göre Zn, Cr, Cu, Cd, Pb ve Ni metallerin sahaya olan uzaklığına göre toprağın kirlilik içerdiğini belirtmişlerdir. Şehir çöplüğüne 100m,200m,300m,750m ve 2000m uzaklıktan toplanan toprak örneklerinde Cd metali dışında, diğer metallerin kirliliğı mesafe arttıkça azaldığı tespit edilmiştir (Sarıyıldız ve Savacı, 2023).

DDT alanlarında oluşan sızıntı suyunun inhibe özelliğı çevre sağlığını olumsuz etkilemektedir. DDT yaşı, katı atık karakteri, katı atıklardaki ağır metaller sızıntı suyunda farklı konsantrasyonda bulunabilmektedir. Bu ağır metallerin en az konsantrasyona sahip sızıntı suyunun çevre sağlığı açısından ciddi tehlike

yaratmaktadır. Kanserojenik etkiye sahip ağır metaller insanların sağlığını tehdit etmektedir. Sızıntı suyunda bulunan ağır metaller arıtım teknolojilerinin maliyetini arttırmaktadır. Pb ağır metali toprakta bulunması sınır değer konsantrasyonları EU için 300 mg/L, UK için 70 mg/L, ABD için 300mg/L ve WHO için 0.3-10mg/L olup, tez çalışmasındaki Pb konsantrasyonu bu verilere göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. Zn ağır metali toprakta bulunması sınır değer konsantrasyonları EU için 300 mg/L, UK için 200 mg/L, ABD için 200-300mg/L ve WHO için 12-60 mg/L olup, tez çalışmasındaki Zn konsantrasyonu bu verilere göre düşük olduğu gözlemlenmiştir (Sarıyıldız ve Savacı, 2023). İran’da yapılan bir çalışmada DDT sızıntı suyundaki bazı ağır metallerden Fe, Cd, Mn, Cr, Pb ve Ni’in giderimi için sulak alan yönteminin uygulanabilirliğini araştırmış olup, bu metallerden Mn, Cd, Fe’in giderildiğini belirtmişlerdir (Samadi vd., 2024). Cu ağır metali toprakta bulunması sınır değer konsantrasyonları EU için 140 mg/L, UK için 63 mg/L, ABD için 80-200mg/L ve WHO için 1-12mg/L olup, tez çalışmasındaki Cu konsantrasyonu yıllık ortalama 1.182 mg/L olup, bu verilere göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. Cd ağır metali toprakta bulunması sınır değer konsantrasyonları EU için 3 mg/L, UK için 1.4cmg/L, ABD için 400mg/L ve WHO için 0.002-0.5 mg/L olup, tez çalışmasındaki Cd konsantrasyonu yıllık ortalama 0.00048 mg/L olup, bu verilere göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. Cr ağır metali toprakta bulunması sınır değer konsantrasyonları EU için 180 mg/L, UK için 6.4 mg/L, ABD için 400mg/L ve WHO için 0.002-0.2mg/L olup, tez çalışmasındaki Cr konsantrasyonu yıllık ortalama 0.0006mg/L olup, bu verilere göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ni ağır metali toprakta bulunması sınır değer konsantrasyonu WHO için 0.1-5 mg/L olup, tez çalışmasındaki Ni konsantrasyonu yıllık ortalama 0.295 mg/L olup, bu verilere göre sınır değer aralığında olduğu tespit edilmiştir (Ediene ve Umoetok, 2017).

Halk sağlığı açısından Zn ağır metali beyin ve sinir sistemine, Cd böbreklere, Ni kanserojenik etkiye sahiptir (Zheng vd., 2023).

Sızıntı sularının içeriğindeki kirleticilerin konsantrasyonlarını bilmek, çevre sağlığı ve alınması önlemler açısından oldukça önemlidir. Yapılan bir çalışmada Nijerya’da bulunan bir katı atık depolama tesisinde meydana gelen sızıntı suyunun ağır metal kirliliği araştırılmış olup, buna göre sızıntı suyunda ağır metallerden Pb 3.00 ± 1.04 mg/L, Zn 23.88 ± 14.40 mg/L ve Fe 1473.16 ± 413.59 mg/L konsantrasyonda

bulunmuş, ve alanın etrafında bulunan yüzeysel su kaynaklarında yüksek oranda ağır metal kirliliği tespit etmişlerdir (Essien vd., 2022). Tez çalışmasında Zn, Pb ve Fe konsantrasyonları bu çalışmaya göre daha az bulunmaktadır.

DDT yöntemi belediyelerce en çok kullanılan katı atık bertaraf yöntemidir. Katı atıklar düzenli bir şekilde toprak altında depolanarak biyokimyasal reaksiyonun olduğu yöntemdir. Yapılan bir araştırmada İran/Tahran'daki iki adet katı atık depolama alanındaki sızıntı suyunun çevresel kirliliğini tespit etmişlerdir. Buna göre sızıntı suyundaki deponi alanın yaşının genç olanında demir ağır metali diğer ağır metallerden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Deponi alanın yaşlı olanında mangan konsantrasyonu diğer ağır metallere göre yüksek konsantrasyonda olduğu görülmüştür (Beinabaj vd., 2023).

Yapılan bir çalışmada sızıntı suyu analiz edilerek Fe konsantrasyonu 0.08-2100 mg/L, Pb 0.0005-1.5 mg/L, Zn 5×10^{-5} -120 mg/L aralığında olduğunu belirtmişlerdir (Alberto vd., 2022). DDT sızıntı suları mevsimsel değişimlerden farklılık göstermekte olup, bakterilere bağlı olarak pH değeri de değişkenlik gösterebilmektedir (Francisca ve Glatstein, 2020). DDT'ne gelen katı atık içeriklerindeki sigara izmaritleri sızıntı suyu içindeki Cr, Pb, Zn, Cd ve Ni ağır metallerin konsantrasyonları artmakta olup, sigara izmaritlerin deponi alanına gelmesi engellenmelidir (Torkashvand vd., 2021).

DDT alanlarında üretilen biyogaz üretimi sızıntı suyunda demirin yüksek konsantrasyonda bulunması biyogaz verimini durdurmaktadır. Demir elementin sızıntı suyunda 50-4000 mg/L konsantrasyonda olması biyogaz verimini optimum düzeyde görülmektedir. Sızıntı suyundaki Çinko konsantrasyonu 5 mg/L iken biyogaz verimi optimum iken, 50 ile 100 mg/L konsantrasyon aralığında biyogaz verimi durmaktadır (Guo vd., 2019). Pakistan Hunza Nehri'nde yapılan çalışmada su ve balıklarda Cd, Ni, Co, Fe, Pb, Cr, Cu ve Zn ağır metal kirliliğinin nedenleri ve potansiyel riskleri araştırılmıştır. Fe miktarı yüksek konsantrasyonda olduğu gözlemlenmiştir. Toksik etki gösteren ağır metaller insanlarda hiper tansiyon, kalp hastalıkları ve iştahsızlık gibi kronik rahatsızlıklara yol açmaktadır. Ağır metal kirliliğinin sebepleri arasında jeojenik (mineralize alanı doğal değişimi) kaynaklı olduğu gözlemlenmiştir (Muhammad ve Ahmad, 2020). Çin'de yapılan bir çalışmada sulak alan ekosisteminde ağır metallerin göçmen su kuşları için ekolojik risk değerlendirilmesi araştırılmıştır.

Cr, Zn, Cu, Pb, As, Ni, Mn ve Cd konsantrasyonları ile uzun nehir, balık göleti ve doğal gölet olmak üzere üç farklı habitatta maruziyeti incelemişlerdir. Su kaynakları ve bu su kaynakların sedimentleri ile gıda materyallerinde (balık gibi) bulunan ağır metallerin toplamı ele alınmıştır. Buna göre küçük ak balıkçıl kuşları ve doğal göletler ağır metal maruziyeti bakımından yüksek risk altında olduğunu tespit etmişlerdir. Krom, kurşun, bakır, çinko ve arsenik üç habitat bölgesinde görülen önemli ağır metal kirleticileridir. Bu habitatlarda ölçülen ağır metallerin konsantrasyonların toplam miktarını $Mn > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu > As > Cd$ olarak, tehlikelilik bakımından $Cr > Pb > Cu > Zn > As > Ni > Mn > Cd$ şeklinde bulunmuştur. Ağır metaller sulak alanlarda bulunmakta ve suyun kalitesini bozmaktadır. Sulak alanlar göçmen su kuşları için önemli habitat merkezidir. Su kuşlarının yaşam alanları olan sulak alanların korunmasına yönelik 1971 yılında Ramsar Sözleşmesi adı altında uluslararası sözleşme olarak kabul edilmiştir. Canlılar ve ekosistemde bulunan ağır metaller potansiyel zararlı etkileri bakımından önemli bir çevre sağlığı sorunudur. Bakır, çinko ve krom metalleri mikrobesein olarak sınıflandırılmaktadır (Ashraf vd., 2023).

5. SONUÇLAR

Kasım 2022 – Ekim 2023 tarihleri arasında Niğde Katı Atık Düzenli Depolama sahasından alınan sızıntı sularının haftalık olarak numuneler toplanarak, sudaki kirletici konsantrasyonları tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında analiz edilen ağır metaller ile çeşitli fiziksel, kimyasal ve meteorolojik parametrelere ait minimum, maksimum ve ortalama değerler belirlenmiştir. Bu değerler, ölçüm yapılan dönemdeki çevresel koşulları ve kirlilik düzeylerini anlamak açısından önemlidir.

Ağır metallerden kobalt (Co) konsantrasyonu 0.0001 ile 0.0929 mg/L arasında değişmiş ve ortalama değeri 0.0208 mg/L olarak hesaplanmıştır. Krom (Cr) için bu değerler 0.0006–0.6959 mg/L arasında olup, ortalama 0.1596 mg/L 'dir. Bakır (Cu) ise 0.0041 ile 4.0315 mg/L aralığında ölçülmüş ve ortalama 1.1822 mg/L olarak bulunmuştur. Çinko (Zn) konsantrasyonu 0.0000–1.2405 mg/L aralığında değişmiş olup ortalama değeri 0.3952 mg/L 'dir. Nikel (Ni) için bu değerler 0.0020–1.0561 mg/L arasında olup, ortalama 0.2951 mg/L olarak belirlenmiştir. Kurşun (Pb) 0 ile 0.008799 mg/L arasında değişmiş, ortalaması ise 0.002541 mg/L olarak hesaplanmıştır. Kadmiyum (Cd) değerleri 0.0002–0.0009 mg/L arasında olup ortalama değeri 0.0005 mg/L 'dir. Manganez (Mn) konsantrasyonu 0.0004–0.2140 mg/L aralığında olup ortalaması 0.0438 mg/L 'dir. Arsenik (As) ise 0.0019–0.9447 mg/L arasında ölçülmüş ve ortalama değeri 0.2273 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Fizikokimyasal parametrelerden Flor (F) 18.26–43.707mg/L aralığında değişmiş, ortalama değeri 29.38 mg/L 'dir. Fosfat (PO₄) değerleri 45.00–105,71 mg/L aralığında ölçülmüş olup ortalama 76.50 mg/L 'dir. Toplam Fosfor (P) için minimum değer 16.05 mg/L , maksimum 62.65 mg/L ve ortalama değer 29.65 mg/L 'dir. pH değeri 7.83 ile 8.35 arasında değişmekte olup ortalaması 8.09'dur. Elektriksel İletkenlik (EC) 29.34–37.89 µS/cm aralığında olup ortalama değeri 34.25 µS/cm olarak hesaplanmıştır. Toplam Katı Madde (TKM) 2330–5330 mg/L aralığında ölçülmüş ve ortalaması 34.8 mg/L 'dir. Toplam Azot (TN) değerleri 820 ile 2948 mg/L arasında değişmekte olup ortalama değeri 20.55 mg/L 'dir. Yağ-gres değerleri 1.83–23.78 mg/L arasında değişmiş ve ortalaması 10.58 mg/L olarak belirlenmiştir. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ise oldukça yüksek değerler göstermekte olup 7841 ile 25483 mg/L arasında değişmiş ve ortalama değeri 17502 mg/L 'dir.

DDT'ne gelen atık miktarı ise 793.25–2103.22 ton aralığında değişmekte olup ortalama 1528.31 m³/gün'dür. Renk parametresi 67.25 ile 167.53 Pt-Co birimi arasında ölçülmüş ve ortalama değer 132.11 Pt-Co'dur. Ayrıca, CN parametresi 1.40–2.40 mg/L arasında değişmekte olup ortalama değeri 1.83mg/L'dir.

Sızıntı suyundaki kirleticilerin tespit edilmesi hedeflenerek mikro kirletici olan ağır metallerin YSA ile tahmini yapılmıştır. Laboratuvar analizleri sonuçlarına göre herhangi bir kirleticinin mevsimsel gibi faktörlere bağlı olarak değişimi gözlenmesi için trend analizi ve polinomsal regresyon yapılmıştır. Her bir parametre için elde edilen R² (determinasyon katsayısı) değerleri, modelin açıklayıcılığı gösterilmiştir. Polinomsal modelin başarı oranı bazı parametrelerde oldukça yüksek seviyede gerçekleşmiştir. Özellikle sıcaklık için elde edilen R² değeri 0.95 olup, modelin sıcaklık verilerini açıklamada son derece başarılı olmuştur. Benzer şekilde, kurşun (Pb) (R² = 0.93), nikel (Ni) (R² = 0.91), çinko (Zn) (R² = 0.89), KOİ (R² = 0.89) ve buharlaşma (R² = 0.89) gibi parametrelerde de modelin yüksek doğrulukla çalıştığı görülmüştür. Kobalt (Co), bakır (Cu), arsenik (As) ve pH gibi parametreler için R² değerleri 0.85–0.87 aralığında olup modelin bu veriler için de güvenilir tahminler vermiştir. Kadmiyum (Cd) ve manganez (Mn) için R² değeri 0.80 olarak belirlenmiş, bu da polinomsal modelin orta düzeyde açıklayıcılık sağladığını görülmüştür. Bazı parametrelerde ise model performansı düşüktür. Özellikle toplam fosfor (P) için R² değeri 0.23, toplam azot (TN) için ise 0.38 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, polinomsal modelin bu parametreler için yeterli tahmin gücüne sahip olmadığını göstermektedir. Benzer şekilde, fosfat (PO₄) için R² değeri 0.54, gelen atık için R² değeri 0.59 ve yağ-gres için R² değeri 0.63 olarak belirlenmiştir.

Flor (F), iletkenlik (EC), renk, yağış, ve CN gibi diğer parametrelerde model orta düzeyde açıklayıcılık bulunmuş ve R² değerleri 0.67–0.84 aralığında değişmiştir. Polinomsal regresyon modeli genelinde sıcaklık, ağır metallerden Pb, Ni, Zn gibi bazı parametrelerde yüksek açıklayıcılık sağlamış, buna karşın özellikle besin maddeleri ve atık su miktarına ilişkin değişkenlerde daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Çeşitli çevresel parametrelerin zamana bağlı değişimleri Mann-Kendall Trend Testi (MKT) ve Sen'in Eğim Testi (SRT) kullanılarak trend analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, parametrelerin genel eğilimlerini göstermiştir. Buna göre; Kobalt (Co), Krom (Cr), Bakır (Cu), Florür (F), Fosfat (PO₄), Elektriksel İletkenlik (EC), Nikel

(Ni), Yağ-gres, Çinko (Zn), Renk, Gelen Atık, Yağış, Sıcaklık, Buharlaştırma ve Karbon Nötr (CN) gibi parametrelerde hem MKT hem de SRT sonuçları anlamlı artış eğilimini göstermiştir. Bu durum, söz konusu parametrelerin zaman içerisinde yükseldiğini ve çevresel koşullarda belirgin değişikliklerin yaşandığı şeklinde açıklana bilinir. Diğer yandan, Manganez (Mn) ve Kurşun (Pb) parametrelerinde azalan trendler saptanmıştır.

Kadmiyum (Cd), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), pH, Fosfor (P), Toplam Katı Madde (TKM) ve Toplam Azot (TN) gibi bazı parametrelerde ise her iki test sonucuna göre anlamlı bir trend gözlenmemiştir. Bu parametrelerin çalışma süresi boyunca nispeten stabil kaldığı ya da değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ifade edilebilir.

MKT ve SRT testlerinin birlikte değerlendirilmesi, parametrelerin hem eğilim yönünü hem de değişim şiddetini ortaya koyarak, çevresel koşullardaki değişikliklerin daha güvenilir bir şekilde yorumlanmasını sağlamıştır. Özellikle artan trend gösteren ağır metaller ve diğer kirleticiler, bölgedeki kirlilik yönetimi açısından dikkatle izlenmesi gerekmektedir.

Parametrelerin arasındaki ilişkiyi gözlemlemek için istatistiksel korelasyon ve temel bileşen analizi yapılmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda, bazı çevresel ve kimyasal parametreler ile ağır metaller arasında anlamlı ve güçlü ilişkiler belirlenmiştir. Özellikle ortalama sıcaklık ile buharlaştırma ($r = 0.902$) arasında çok yüksek düzeyde pozitif korelasyon bulunmuştur. Benzer şekilde, Cu, Zn, Ni, Cr, As ve Co gibi ağır metaller arasında da çok güçlü ve anlamlı ilişkiler olduğu görülmüştür (örneğin Cu-Zn: $r = 0.955$, Cr-Co: $r = 0.978$, Ni-As: $r = 0.949$).

Elektriksel iletkenlik, Zn, Ni ve As ile yüksek düzeyde pozitif ilişki göstermiştir. KOİ ile pH ve Fe arasında ise anlamlı negatif korelasyonlar belirlenmiştir. Flor (F) ile bazı metaller arasında orta düzeyde pozitif ilişkiler mevcuttur. Bu sonuçlar, bazı parametrelerin ortak kaynaklardan etkilendiğini veya birbirlerini çevresel koşullar altında etkileyebileceğini gösterebilmektedir. Gerçekleştirilen Temel Bileşenler Analizi (TBA) ile çevresel parametrelerin varyanslarının büyük bir kısmını açıklayan ana bileşenler belirlenmiştir. Toplamda yedi temel bileşen analiz edilmiş olup, ilk üç bileşen toplam varyansın yaklaşık %54,75'ini açıklamaktadır. TB1 (Temel Bileşen 1),

toplam varyansın %36,36'sını açıklamakta olup; Zn, Ni, As, Co, Cr, Cu, CN gibi ağır metal konsantrasyonları ve Pb, elektriksel iletkenlik, buharlaşma, haftalık ortalama sıcaklık, renk ve Mn gibi parametrelerle yüksek pozitif korelasyon göstermektedir. Bu bileşen, temel olarak ağır metaller ve bazı fizikokimyasal özelliklerin ortak değişimini yansıtmaktadır. Sonuç olarak, TBA analizi ile parametreler arasında anlamlı gruplamalar ortaya konulmuş, çevresel kirlilik kaynakları ve su kalitesi üzerinde etkili faktörler bileşenler bazında ayrıştırılmıştır. Bu bileşenler, daha ileri analizler ve yönetim stratejileri geliştirilmesi için önemli göstergeler sunmaktadır.

Ağır metallerin yapay sinir ağları ile tahmin modellemeleri oluşturulmuştur. Sızıntı suyunda bulunan ağır metaller 14 adet kirleticili parametresi girdi olarak kullanılmış, 7 ile 20 sayısı arasında gizli nöron, çıktıda tek nöron hesaplanarak R^2 0.98 ve üzerinde bir tahmin etme modeli oluşturulmuştur. As elementi için en iyi model 14-19-1 şeklinde oluşturulmuş ve R^2 0.9852 değeri elde edilmiştir. Co için 14-12-1 şeklinde oluşturulmuş ve R^2 değeri 0.9843 olarak belirlenmiştir. Cr elementi için 14-15-1 modeli ile en yüksek doğruluklardan biri olan R^2 değeri 0.9913 elde edilmiştir. Benzer şekilde, Cu ve Ni için 14-8-1 modelleri ve R^2 değeri sırasıyla 0.9909 ve 0.9915 bulunmuştur. Diğer elementlerden Zn, Pb, Mn, Cd için model ve R^2 değerleri sırasıyla 14-13-1, R^2 : 0.9872, 14-12-1, R^2 : 0.9862, 14-10-1, R^2 : 0.9870 ve 14-17-1, R^2 : 0.9814 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, yapay sinir ağlarının farklı ağır metallerin tahmininde etkili bir araç olabileceğini göstermektedir.

Ayrıca Niğde katı atık düzenli depolama tesisinin kapasitesi, DDT sızıntı suyundaki kirleticilerin tespiti gibi araştırmaya ışık tutacak yapay sinir ağları modelleme uygulanmıştır. Sızıntı sularında tespit edilen kirleticilerle ilgili tez çalışmasında ana bulguları şu şekilde özetlenebilir:

- ✓ Depolama alanları kirleticilerin çevreye dağılımının sıcak noktalarıdır.
- ✓ DDT alanlarında farklı konsantrasyonlarda inorganik ve organik mikrokirleticiler bulunabilmektedir. Bu mikrokirleticilerin konsantrasyonları DDT alanına gelen atık çeşitlerine göre farklılık gösterebilmektedir.
- ✓ Kirleticili kalıntıları mikroorganizma topluluklarının bileşimini, yapısını ve ekolojik işlevlerini etkilemesi söz konusu olabilmektedir.

- ✓ Sızıntı suyundaki kirletici konsantrasyonları çevresel faktörlerin etkisi altında olmaktadır.
- ✓ Sızıntı suyunun içerdiği kirletici konsantrasyonundan dolayı kanalizasyona deşarjına verilmeden önce arıtımı öngörülmektedir.
- ✓ Kirletici parametrelerin konsantrasyonları mevsimsel değişkenlik göstermektedir.
- ✓ Farklı düzenli depolama sahalarında yapay sinir ağlarıyla tahminleme yöntemi kullanarak sızıntı suyu konsantrasyonuna ait veriler belirlenebilmektedir.

Nikel ve bileşikleri sanayi ürünlerinin kullanımında bulunabilmektedir. Çöp sahasında nikel elementi şarjlı matkaplar, şarjlı el süpürgeleri içerisinde bulunabilmektedir. Düzenli depolamaya gelen atıklarda bakır ve bileşikleri kağıt ve deri endüstrisi ürünlerinde, zirai ilaçlarında bulunabilmektedir. Kadmiyum pillerde, led televizyonların yapısında bulunabilmektedir. Ekolojik açıdan zehirli bir risk içeren kurşun elementi düzenli depolama sahasına gelen su borularında, kozmetiklerde ve cam ürünlerinde bulunabilmektedir (Yayla, 2022).

KOİ değerleri yaz aylarında diğer mevsimlere göre daha yüksek değerlerde ölçülmüştür. Özellikle yaz aylarında suda çözünen katı madde miktarının artması ve buharlaşmanın da fazla olması nedeniyle değerleri artış göstermiştir. Kobalt miktarları da kadmiyum gibi düşük konsantrasyonlarda ölçülmüştür. Mevsimsel dönemlere göre alınan numune örneklerinde krom, bakır, nikel ve kurşun gözlenmiştir. Özellikle ilkbahar ve yaz aylarında bu metallerin konsantrasyon miktarlarının arttığı görülmüştür. Bu çalışma sonuçlarına göre sızıntı suyunun kompleks bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak yapılan bu tez çalışmada sızıntı suyundaki As, Ni, Cr, Cu, Cd, Mn, Co, Pb, Zn ve Fe ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel olarak farklılık gösterdiği görülmektedir. Analizler sonucu genç-orta yaş aralığında bulunan bu DDT alanı için literatür çalışmasına göre konsantrasyon değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. DDT alanı havuzunda sızıntı sularının kanalizasyon aracılığıyla ildeki ileri biyolojik atıksu arıtma tesisine gönderilmekte olduğu için olası bir çevre sağlığı riski taşımamaktadır. Olası bir çevre sağlığını bozacak bir etki yapılacağı düşünülmesi durumunda sızıntı sularının arıtma tesisine verilmeden yerinde bir arıtma teknolojisi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Abujayyab, K., Ahamad, S., Yahya, S. ve Abdulaziz, H., 2016. Spatial data mining toolbox for mapping suitability of landfill sites using neural networks. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42, W1, 199-208.
- Abunama, T., Othman, F., Ansari, M. ve El-Shafie, A., 2019. Leachate generation rate modeling using artificial intelligence algorithms aided by input optimization method for an MSW landfill. Environmental Science and Pollution Research, 26, 3368-3381.
- Alberto, A., Suguey, M., Ana, L., Eduardo, H., Carlos, B. ve Emanuel, H., 2022. Analysis of Chrysopogon zizanioides used as floating treatment wetlands in the removal of heavy metals present in leachate. Remediation Journal, 33, 1, 77-86.
- Alrbai, M., Abubaker, M., Ahmad, D., Al-Dahidi, S., Ayadi, O., Hjouj, D. ve Al-Ghussain, L., 2022. Optimization of energy production from biogas fuel in a closed landfill using artificial neural networks: A case study of Al Ghabawi Landfill, Jordan. Waste Management, 150, 218-226.
- Andeobu, L., Wibowo, S. ve Grandhi, S., 2022. Artificial intelligence applications for sustainable solid waste management practices in Australia: A systematic review. Science of The Total Environment, 834, 155389.
- APHA-Standard-Methods, 2017. Standard methods for the examination of water and wastewaters (Vol. 23rd). American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation., Washington, DC.
- Arslan, O., 2017. Niğde ilinde meteorolojik kuraklık eğilimlerinin incelenmesi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A - Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 18, 5, 919-928.
- Asadollahfardi, G., Madinejad, M., Aria, H. ve Motamadi, V., 2016. Predicting Particulate Matter (PM_{2.5}) Concentrations in the Air of Shahr-e Ray City, Iran, by Using an Artificial Neural Network. Environmental Quality Management, 25, 4, 71-83.
- Ashraf, A., Khalid, A., Khan, I., Yuke, Z., Zhigang, C., Zhaoxue, T. ve Xuehua, L., 2023. Integrated multiphase ecological risk assessment of heavy metals for migratory water birds in wetland ecosystem: A case study of Dongzhangwu Wetland, China. Science of The Total Environment, 889, 164102.
- Ateş, H., 2019. Katı atık depolama sahası sızıntı sularındaki mikrokirleticilerin ileri oksidasyon yöntemleri ile arıtımı, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Azadi, S., Amiri, H. ve Rakhshandehroo, R., 2016. Evaluating the ability of artificial neural network and PCA-M5P models in predicting leachate COD load in landfills. *Waste Management*, 55, 220-230.
- Azizan, S., Muhamad, T. ve Senin, F., 2022. An estimation of Jeram sanitary landfill lifespan using artificial neural network (ANN) modelling analysis. *ESTEEM Academic Journal*, 18, 71-80.
- Baghanam, H., Vakili, T., Nourani, V., Dąbrowska, D. ve Soltysiak, M., 2022. AI-based ensemble modeling of landfill leakage employing a lysimeter, climatic data and transfer learning. *Journal of Hydrology*, 612, 128243.
- Bağdatlı, M. C. ve Arslan, O., 2021. Classification and Mapping of Land Use and Some Soil Properties in Kırşehir Province, Turkey. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research (IJETMR)*, 8, 8, 81-93.
- Ballı, Y., 2021. İç Anadolu bölgesinde şebekeden deşarj edilen atıksu miktarlarının yıllar bazındaki değişim seyri ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla mekansal analizi, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Bayhan, Y., 2015. Katı Atık Depolama Sahalarında Sızıntı Sularının Oluşumu, Özellikleri ve Yeraltı Sularına Etkilerin Araştırılması. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 1, 2, 53-59.
- Beinabaj, S. M. H., Heydariyan, H., Aleii, H. M. ve Hosseinzadeh, A., 2023. Concentration of heavy metals in leachate, soil, and plants in Tehran's landfill: Investigation of the effect of landfill age on the intensity of pollution. *Heliyon*, 9, 1.
- Berk, A., 2018. Türkiye'de genç çiftçilerin çiftçilikten ayrılmasını etkileyen faktörler: Niğde ili örneği. *Ciência Rural*, 48, e20180471.
- Carta, J. A., Cabrera, P., Matías, J. M. ve Castellano, F., 2015. Comparison of feature selection methods using ANNs in MCP-wind speed methods. A case study. *Applied energy*, 158, 490-507.
- Ceylan, Z. ve Korkmaz, Ş., 2019. Sustainable Model Study: Collection and Disposal of Waste Medications with Micropollutant Properties in the Ecosystem within the Scope of Zero Waste. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12, 2, 1116-1140.
- Christensen, T. H., Kjeldsen, P., Bjerg, P. L., Jensen, D. L., Christensen, J. B., Baun, A. ve Heron, G., 2001. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied geochemistry*, 16, 7-8, 659-718.
- Chukwu, A. ve Adepoju, K., 2012. On the power efficiency of artificial neural network (ANN) and the classical regression model. *Progress in Applied Mathematics*, 3, 2, 28-34.

- Costa, C., Pinedo, M. L. ve Riascos, B. D., 2025. Presence of Humic Acids in Landfill Leachate and Treatment by Flocculation at Low pH to Reduce High Pollution of This Liquid. *Sustainability*, 17, 2, 1-16.
- Dagwar, P. P. ve Dutta, D., 2024. Landfill leachate a potential challenge towards sustainable environmental management. *Science of The Total Environment* 171668.
- Das, R. ve Raj D., 2025. Sources, distribution, and impacts of emerging contaminants—a critical review on contamination of landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials Advances* 100602.
- Doğan, S., Aygün, A., Argun, M. E. ve Esmeray, E., 2018. Optimization of struvite precipitation for landfill leachate treatment. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23, 1, 65-76.
- Dos Santos, J. M., Amaral, L. M. ve Martinho, G., 2023. Effects of landfill age, climate, and size on leachate from urban waste landfills in Portugal: A statistics and machine learning analysis. *Waste management*, 172, 192-207.
- Duran, E. B. ve Cuci, Y., 2016. Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyunun Kimyasal ve Elektrokimyasal Arıtım Yöntemlerle Arıtılabilirliğinin Araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, 2, 104-110.
- Ediene, V. ve Umoetok, S., 2017. Concentration of heavy metals in soils at the municipal dumpsite in Calabar metropolis. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 3, 2, 1-11.
- El-Saadony, M. T., Saad, A. M., El-Wafai, N. A., Abou-Aly, H. E., Salem, H. M., Soliman, S. M. ve Abd El-Hack, M. E., 2023. Hazardous wastes and management strategies of landfill leachates: A comprehensive review. *Environmental Technology & Innovation* 103150.
- Emami, S., Negahdar, A. ve Zarei, M., 2019. Investigating the influence of the leachate from the municipal solid waste on the mechanical and environmental properties of soil around the landfill (case study: the municipal landfill located in Ardabil—Iran). *Arabian journal for science and engineering*, 44, 8417-8428.
- Er, R. N., Uğurlu, B. ve Bayram, U., 2021. Akıllı Evlerdeki Cihazların Enerji Tüketimine Göre Kaynağının Belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 3, 1, 47-58.
- Ertunç, E., Bozdağ, A. ve Gökçek, Ö. B., 2019. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Niğde Kentinde Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçiminin İncelenmesi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7, 4, 822-838.
- Essien, J. P., Ikpe, D. I., Inam, E. D., Okon, A. O. ve Ebong, G. A., 2022. Occurrence and spatial distribution of heavy metals in landfill leachates and impacted

freshwater ecosystem: An environmental and human health threat. Plos one, 17,2, e0263279.

Faggiano, A., De Carluccio, M., Cerrato, F., Junior, C. A. G., Proto, A., Fiorentino, A. ve Rizzo, L., 2023. Improving organic matter and nutrients removal and minimizing sludge production in landfill leachate pre-treatment by Fenton process through a comprehensive response surface methodology approach. Journal of Environmental Management, 340, 117950.

Faheem, K S. K., Washeem M. ve Khan, S., 2021. Energy efficient removal of COD from landfill leachate wastewater using electrocoagulation: parametric optimization using RSM.

Francisca, F. M. ve Glatstein, D. A., 2020. Environmental application of basic oxygen furnace slag for the removal of heavy metals from leachates. Journal of hazardous materials, 384, 121294.

García Nieto, P. J., García-Gonzalo, E., Bernardo Sánchez, A. ve Rodríguez Miranda, A., 2018. Air quality modeling using the PSO-SVM-based approach, MLP neural network, and M5 model tree in the metropolitan area of Oviedo (Northern Spain). Environmental Modeling & Assessment, 23, 229-247.

Gau, S.-H. ve Chow, J.-D., 1998. Yakılan kalıntılarla birleştirilmiş kentsel katı atıkların düzenli depolama sızıntı suyu özellikleri ve modellenmesi. Journal of Hazardous Materials, 58, 1, 249-259.

Gaur ,V. K., Gautam, K., Vishvakarma, R., Sharma, P., Pandey, U., Srivastava, J. K. ve Wong, J. W., 2024. Integrating advanced techniques and machine learning for landfill leachate treatment: addressing limitations and environmental concerns. Environmental Pollution 124134.

Gautam, P. ve Kumar, S., 2021. Characterisation of hazardous waste landfill leachate and its reliance on landfill age and seasonal variation: a statistical approach. Journal of Environmental Chemical Engineering, 9, 4, 105496.

Ghaffariraad, M., Ghanbarzadeh, Lak, M. ve Ebrahimi Sarindizaj, E., 2022. Sensitivity analysis of significant parameters affecting landfill leachate generation rate. Environmental Monitoring and Assessment, 194, 1-18.

Ghanbarzadeh Lak, M., Ghaffariraad, M. ve Jahangirzadeh Soureh, H., 2024. Characteristics and impacts of municipal solid waste (MSW). Springer. Number of 31-92. 31-92.

Ghosh, A., Kumar, S. ve Das, J., 2023. Impact of leachate and landfill gas on the ecosystem and health: Research trends and the way forward towards sustainability. Journal of Environmental Management, 336, 117708.

- Gong, Z., Yang, S., Zhang, R., Wang, Y., Wu, X. ve Song, L., 2023 Physiochemical and biological characteristics of fouling on landfill leachate treatment systems surface. *Journal of Environmental Sciences*, 135, 59-71.
- Gök, G., 2019. Birinci dereceden matematiksel modelleme yaklaşımları kullanılarak Niğde düzenli depolama sahasının metan üretimi ve enerji potansiyelinin tahmin edilmesi. *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 7, 1, 126-135.
- Gunarathne, V., Phillips, A. J., Zanoletti, A., Rajapaksha, A. U., Vithanage, M., Di Maria, F. ve Bontempi, E., 2024. Environmental pitfalls and associated human health risks and ecological impacts from landfill leachate contaminants: Current evidence, recommended interventions and future directions. *Science of the Total Environment*, 912, 169026.
- Guo, Q., Majeed, S., Xu, R., Zhang, K., Kakade, A., Khan, A. ve Li X., 2019. Heavy metals interact with the microbial community and affect biogas production in anaerobic digestion: A review. *Journal of environmental management*, 240, 266-272.
- Gülşen, H. ve Turan, M., 2009. Katı atık depolama alanı sızıntı sularının Anaerobik Akışkan Yataklı Reaktör’de arıtılabilirliği. *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 19, 1-2, 74-84.
- Gümüş, V., 2006. Fırat havzası akımlarının trend analizi ile değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Haykin, S., 1999. *Neural Networks- A Comprehensive Foundation* (2. baskı). Prentice Hall.
- Hredoy, R. H., Siddique, M. A. B., Akbor, M. A., Shaikh, M. A. A. ve Rahman, M. M., 2022. Impacts of Landfill Leachate on the Surrounding Environment: A Case Study on Amin Bazar Landfill, Dhaka (Bangladesh). *Soil Systems*, 6, 4, 90.
- Huang, X., Liu, J. ve Meng, Z., 2022. Application of university campus noise map based on noise propagation model: a case in Guangxi University. *Sustainability*, 14, 14, 8613.
- Ibrahim, A., Ismail, A., Juahir, H., Iliyasu, A. B., Wailare, B. T., Mukhtar, M. ve Aminu H., 2023. Water quality modelling using principal component analysis and artificial neural network. *Marine Pollution Bulletin*, 187, 114493.
- Ishii, K., Sato, M. ve Ochiai, S. , 2022. Bir düzenli depolama sahasından sızıntı suyu miktarı ve kalitesinin uzun kısa süreli hafıza modeli ile tahmini. *J Environ Manage*, 310, 114733.
- İşcan, H., 2021. Niğde Yeraltı Su Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, NOHÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.

- Jomova, K., Alomar, S. Y., Nepovimova, E., Kuca, K. Valko, M., 2025. Heavy metals: toxicity and human health effects. *Archives of toxicology*, 99, 1, 153-209.
- Kabir, M. S., Wang, H., Luster-Teasley, S., Zhang, L. ve Zhao, R., 2023. Microplastics in landfill leachate: Sources, detection, occurrence, and removal. *Environmental Science and Ecotechnology* 100256.
- Kaiser, H. F., 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and psychological measurement*, 20, 1, 141-151.
- Kan, X., Yu, X., Zhao, W., Lyu, S., Sun, S., Yu, G. ve Sui, Q., 2023. Screening of indicator pharmaceuticals and personal care products in landfill leachates: a case study in Shanghai, China. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 17, 9, 116.
- Kanj, F., Sawaya, R., Halwani, J. ve Nehmeh, N., 2022. Mercury prediction in groundwater of Naameh Landfill using an Artificial Neural Network (ANN) model. *Green Technology, Resilience, and Sustainability*, 2, 1, 3.
- Karaca, F. ve Özkaya, B., 2006. NN-LEAP: A neural network-based model for controlling leachate flow-rate in a municipal solid waste landfill site. *Environmental Modelling & Software*, 21, 8, 1190-1197.
- Ke, H., Zhang, C. S., Hu, J., Qin, R., Chen, Y. M. ve Lan, J. W., 2022. Evaluation of leachate production and level in municipal solid waste landfills considering secondary compression. *Environmental Science and Pollution Research* 1-14.
- Kendall, M. G., 1975. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London, 135.
- Keskenler, M. ve Keskenler, E., 2017. Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 5, 2, 8-18.
- Khan, F. S. A., Mubarak, N. M., Khalid, M., Tan, Y. H., Abdullah, E. C., Rahman, M. E. ve Karri, R. R., 2021. A comprehensive review on micropollutants removal using carbon nanotubes-based adsorbents and membranes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9, 6, 106647.
- Khoo, K. S., Ho, L. Y., Lim, H. R., Leong, H. Y. ve Chew, K. W., 2021. Plastic waste associated with the COVID-19 pandemic: Crisis or opportunity? *Journal of hazardous materials*, 417, 126108.
- Kooch, Y. N. A., Haghverdi, K., Kolb, S. ve Francaviglia, R. , 2023. Landfill leachate has multiple negative impacts on soil health indicators in Hyrcanian forest, northern Iran. *Science of The Total Environment*, 896, 166341.
- Kurniawan, T. A., Othman, M. H. D., Liang, X., Goh, H. H. ve Chew, K. W., 2022. From liquid waste to mineral fertilizer: Recovery of high-value macronutrients from landfill leachate to contribute to circular economy, food security, and carbon neutrality. *Process Safety and Environmental Protection*.

- Küntaş Ö. ve Güre, Ö. B., 2024. Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Petrol Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının İncelenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14, 3, 1000-1012.
- Lessoued, R., Azizi, A., Lati, M. ve Ahmed Zaid, T., 2023. Modelling and Multi-response Optimisation of Leachate Treatment by Electrocoagulation using Full Central Composite Design. *Kemija u Industriji*, 72.
- Li, H., Sanchez, R., Qin, S. J., Kavak, H. I., Webster, I. A., Tsotsis, T. T. ve Sahimi, M., 2011. Computer simulation of gas generation and transport in landfills. V: Use of artificial neural network and the genetic algorithm for short-and long-term forecasting and planning. *Chemical engineering science*, 66, 12, 2646-2659.
- Li, R., Ren, J., Chen, J., Yang, L., Yu, Z., Li, Y. ve Dong, S., 2023. Rapid and versatile colorimetric sensor based on luminescent bacterium for water comprehensive toxicity detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 390, 133958.
- Lu, H., Wang, C., Li, D., Li, J. ve Wan, Y., 2020. Permeability, pore, and structural parameters of undisturbed silty clay presented in landfill leachate. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231, 1-11.
- Mann, H. B., 1945. Non-parametric Tests Against Trend, *Econometrica.*, 13, 245-259.
- Maslahati, Roudi A., Chelliapan, S., Wan Mohtar, W. H. M. ve Kamyab, H., 2018. Prediction and optimization of the fenton process for the treatment of landfill leachate using an artificial neural network. *Water*, 10, 5, 595.
- Mauladika, A. I., 2022. Analysis of Leachate Water Distribution in Bakung Final Waste Disposal Location (TPA) Using Resistance Geoelectric Methods in Keteguhan Permai Housing Bandar Lampung. *International Journal of Social Service and Research (IJSSR)*, 2, 12, 1291-1298.
- Mavakala, B. K., Le Faucheur, S., Mulaji, C. K., Laffite, A., Devarajan, N., Biey, E. M. ve Mpiana, P. T., 2016. Leachates draining from controlled municipal solid waste landfill: detailed geochemical characterization and toxicity tests. *Waste Management*, 55, 238-248.
- Mesutoğlu, Ö. Ç., 2020. Yüzeysel sularda benzen mikrokirleticisinin tespiti ve modellenmesi: Orhaneli çayı örneği Doktora Tezi., Aksaray Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Mohanty, S. S., Vyas, S., Koul, Y., Prajapati, P., Varjani, S., Chang, J.-S. ve Vithanage, M., 2022. Tricks and tracks in waste management with a special focus on municipal landfill leachate: Leads and obstacles. *Science of The Total Environment* 160377.

- Muhammad, S. ve Ahmad, K., 2020. Heavy metal contamination in water and fish of the Hunza River and its tributaries in Gilgit–Baltistan: evaluation of potential risks and provenance. *Environmental technology & innovation*, 20, 101159.
- Odabaşı, S. Ü., Altın, S. H. ve Büyükgüngör, H., 2020. Sucul ortamdaki bazı mikrokirleticilerin oluşumu, durumu ve ileri oksidasyon prosesleri ile giderilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9, 1, 57-71.
- Orkun, M. O., 2007. Katı atık sızıntı sularının elektrokimyasal yöntemlerle arıtımının incelenmesi, Yüksek Lisans, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ozbay, G., Jones, M., Gadde, M., Isah, S. ve Attarwala, T., 2021. Design and operation of effective landfills with minimal effects on the environment and human health. *Journal of environmental and public health*, 2021, 1, 6921607.
- Özbek, Z., 2010. Topraktaki ağır metaller için sınır değerlerin uygulanabilirliğinin araştırılması, İTÜ. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi
- Özel, S., 2018. Bir deponi alanı sızıntı sularının çevresel etkilerinin Jeofizik ve su kimyası yöntemleriyle incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33, 2, 113-124.
- Öztürk, F., 2011. Katı Atık Sızıntı Suyu Miktarını Azaltıcı Yönetim Stratejileri, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, İstanbul.
- Öztürk, K. ve Şahin, M. E., 2018. Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6, 2, 25-36.
- Palas, B., Ersöz, G. ve Atalay, S., 2017. Çevre dostu atıksu arıtımı yöntemleri ile mikrokirletici giderimi kinetiğinin incelenmesi: LaFeO₃ perovskit tipi katalizör varlığında metilen mavisinin Fenton benzeri oksidasyonu. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32, 4, 1181-1192.
- Pandey, L. M. S. ve Shukla, S. K., 2019. An insight into waste management in Australia with a focus on landfill technology and liner leak detection. *Journal of Cleaner Production*, 225, 1147-1154.
- Pisharody, L., Gopinath, A., Malhotra, M., Nidheesh, P. ve Kumar, M. S., 2022. Occurrence of organic micropollutants in municipal landfill leachate and its effective treatment by advanced oxidation processes. *Chemosphere*, 287, 132216.
- Polat, M. P., 2018. Atıksularda renk ölçüm metotlarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

- Qu, C., Chen, J., Mortimer, M., Wu, Y., Cai, P. ve Huang, Q., 2022. Humic acids restrict the transformation and the stabilization of Cd by iron (hydr) oxides. *Journal of Hazardous Materials*, 430, 128365.
- Ratnawati, B., Yani, M., Suprihatin, S. ve Hardjomidjojo, H., 2023. Waste processing techniques at the landfill site using the material flow analysis method. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 9, 1, 73-86.
- Renou, S., Givaudan, J., Poulain, S., Dirassouyan, F. ve Moulin, P., 2008. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of hazardous materials*, 150, 3, 468-493.
- Ruben, G. B., Zhang, K., Bao, H. ve Ma, X., 2018. Application and sensitivity analysis of artificial neural network for prediction of chemical oxygen demand. *Water resources management*, 32, 273-283.
- Samadi, M. T., Leili, M., Asgari, G. ve Chavoshi, S., 2024. The potential of *Phragmites australis* to bioaccumulation and translocate heavy metals from landfill leachate. *Journal of Water Process Engineering*, 64, 105657.
- Sankoh, A. A., Amara, J., Komba, T., Laar, C., Sesay, A., Derkyi, N. S. ve Frazer-williams, R., 2023. Seasonal assessment of heavy metal contamination of groundwater in two major dumpsites in Sierra Leone. *Cogent Engineering*, 10, 1, 2185955.
- Sarıyıldız, T. ve Savacı, G., 2023. Belediye katı atık döküm sahası çevresi orman topraklarında ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6, 1, 32-45.
- Saxena, V., Padhi, S. K., Dikshit, P. K. ve Pattanaik, L., 2022. Recent developments in landfill leachate treatment: Aerobic granular reactor and its future prospects. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 18, 100689.
- Sen, P K., 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau, *J. Am. Stat. Assoc* 63: 1379-1389.
- Shen, D., Zhou, H., Jin, Z., Yang, W., Ci, M., Long, Y. ve Hu, L., 2023 Sulfate reduction behavior in pressure-bearing leachate saturated zone. *Journal of Environmental Sciences*, 126, 545-555.
- Shen, M., Xiong, W., Song, B., Zhou, C., Almatraf, E., Zeng, G. ve Zhang, Y., 2022. Microplastics in landfill and leachate: Occurrence, environmental behavior and removal strategies. *Chemosphere* 135325.
- Shoeybi, M., Kamel, A. S., ve Salvacion, J. L. , 2012. Yapay sinir ağları ile eski atık ön arıtma performans tahmini üzerinde düzenli depolama sızıntı suyu sirkülasyonu. *International Journal of Environmental Science and Development*, 223-227.

- Stork, M. ve Novak, J., 2024. Application of Artificial Neural Networks for Processing Some Biomedical Data. 2024 13th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). 1-4.
- Sun, Y., Dai, H.-l., Moayedi, H., Le, B. N. ve Adnan, R. M., 2024. Predicting steady-state biogas production from waste using advanced machine learning-metaheuristic approaches. *Fuel*, 355, 129493.
- Şimşek, Ç. K., Arabacı, D., 2021. Simulation of the climatic changes around the coastal land reclamation areas using artificial neural networks. *Urban Climate*, 38, 100914.
- Tan Pei Jian, B., Ul Mustafa, M., Hasnain, Isa M., Yaqub, A. ve Ho, Y. C., 2020. Study of the water quality index and polycyclic aromatic hydrocarbon for a river receiving treated landfill leachate. *Water*, 12, 10, 2877.
- Tekoğul, H., 2023. Wastewater Treatment of Solid Waste Leachate and Production of Proteinaceous Biomass Using Duckweed Vegetation (*Lemna minor*).
- Topal, M., Karagözoğlu, B. ve Öbek, E., 2011. Sızıntı Sularının Doğal Arıtımı. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11, 2, 1-16.
- Torkashvand, J., Godini, K., Norouzi, S., Gholami, M., Yeganeh, M. ve Farzadkia, M., 2021. Effect of cigarette butt on concentration of heavy metals in landfill leachate: health and ecological risk assessment. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19, 483-490.
- Turan, N. G., Mesci, B. ve Ozgonenel, O., 2011. Artificial neural network (ANN) approach for modeling Zn (II) adsorption from leachate using a new biosorbent. *Chemical Engineering Journal*, 173, 1, 98-105.
- USEPA., 1994. Method 200.7: Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Retrieved from Cincinnati, OH., USA.
- Wijekoon, P., Koliyabandara, P. A., Cooray, A. T., Lam, S. S., Athapattu, B. C. ve Vithanage, M., 2022. Progress and prospects in mitigation of landfill leachate pollution: Risk, pollution potential, treatment and challenges. *Journal of hazardous materials*, 421, 126627.
- Xu, A., Chang, H., Xu, Y., Li, R., Li, X. ve Zhao, Y., 2021. Applying artificial neural networks (ANNs) to solve solid waste-related issues: A critical review. *Waste Management*, 124, 385-402.
- Xu, X., Du, H. ve Lian, Z., 2022. Discussion on regression analysis with small determination coefficient in human-environment researches. *Indoor air*, 32, 10, e13117.

- Yaashikaa, P., Kumar, P. S., Nhung, T. C., Hemavathy, R., Jawahar, M. J., Neshaanthini, J., ve Rangasamy, G., 2022. A review on landfill system for municipal solid wastes: Insight into leachate, gas emissions, environmental and economic analysis. *Chemosphere*, 309, 136627.
- Yalılı, M. K. K. ve Mert, B. K. , 2006. Sızıntı sularının evsel atıksularla birlikte arıtılabilirliğinin respirometrik yöntemle izlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 11, 1.
- Yayla, B., 2022. Persicaria Amphibia Bitkisi Kullanılarak Sulardan Ağır Metal Gideriminin Ve Ağır Metallerin Bitkiye Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, GÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Zheng, L., Lin, H., Dong, Y., Li, B. ve Lu, Y., 2023. A promising approach for simultaneous removal of ammonia and multiple heavy metals from landfill leachate by carbonate precipitating bacterium. *Journal of Hazardous Materials*, 456, 131662.
- Zou, L., Wang, Y., Wu, R., Ji, S., Wan, Y., Cheng, H. ve Liu, J., 2023. Increasing the organic loading rate of household food waste anaerobic digestion by landfill leachate addition: Performance and mechanism. *Journal of Environmental Management*, 342, 118170.
- URL-1 < <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> >, Erişim tarihi: 20.02.2025.
- URL-2 < <https://www.mgm.gov.tr/eng/yearly-climate.aspx?year=2024> >, Erişim tarihi: 20.02.2025.
- URL-3 < <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2022-49570> >, Erişim tarihi: 20.02.2025.
- URL-4 < <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/su-k-rl-l-g--kontrolu-yonetmel-g--20190104091110.pdf> >, Erişim tarihi: 20.02.2025.

EKLER

EK A: Temel Bileşen Analizi Sonuçları

EK B: Sızıntı Suyu Parametrelerinin Önemli Korelasyon katsayıları ve anlamlılık düzeyleri

EK C: Varimaks rotasyonu sonucu elde edilen faktör yükleme matrisi

EK D: Kirleticilerin Trend Analizleri Özeti

EK E: Endüstriyel Nitelikli Diğer Atıksular (Atık Düzenli Depolama ve Bertaraf Tesisleri) deşarj limitleri



EK A. Temel Bileşen Analizi Sonuçları

Çizelge A.1. Temel bileşen analizi sonuçları.

Bileşen	Başlangıç Özdeğerleri			Rotasyon Karesel Yüklerin Toplamları		
	Toplam	Varyansın %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyansın %'si	Kümülatif %
1	9.37	37.48	37.48	9.09	36.36	36.36
2	2.62	10.47	47.95	2.45	9.79	46.15
3	2.27	9.09	57.04	2.15	8.60	54.74
4	1.85	7.42	64.46	1.91	7.63	62.38
5	1.64	6.56	71.02	1.57	6.26	68.64
6	1.21	4.83	75.84	1.56	6.23	74.87
7	1.08	4.34	80.18	1.33	5.31	80.18
8	0.88	3.52	83.70			
9	0.82	3.26	86.97			
10	0.66	2.65	89.61			
11	0.58	2.31	91.93			
12	0.50	1.98	93.91			
13	0.32	1.29	95.20			
14	0.29	1.15	96.35			
15	0.24	0.96	97.31			
16	0.21	0.86	98.17			
17	0.17	0.69	98.86			
18	0.12	0.47	99.33			
19	0.08	0.31	99.64			
20	0.03	0.13	99.77			
21	0.03	0.12	99.89			
22	0.02	0.08	99.97			
23	0.01	0.02	100.00			
24	0.00	0.00	100.00			
25	0.00	0.00	100.00			

EK B. Sızıntı Suyu Parametrelerinin Önemli Korelasyon Katsayıları ve Anlamlılık Düzeyleri

Çizelge B.1. Korelasyon katsayıları ve anlamlılık düzeyleri.

Değişken 1	Değişken 2	Korelasyon Katsayısı (r)	Anlamlılık Düzeyi	Güç
Ortalama Sıcaklık	Buharlaştırma	0.902	**	Çok Yüksek
Ortalama Sıcaklık	Cu	0.705	**	Yüksek
Ortalama Buharlaştırma	Cu	0.757	**	Yüksek
Cu	Zn	0.955	**	Çok Yüksek
Cu	Ni	0.924	**	Çok Yüksek
Zn	Ni	0.896	**	Çok Yüksek
Zn	As	0.667	**	Yüksek
Ni	As	0.949	**	Çok Yüksek
Ni	Co	0.736	**	Yüksek
Cr	Co	0.978	**	Çok Yüksek
Cr	As	0.974	**	Çok Yüksek
KOİ	pH	-0.652	**	Yüksek (negatif)
KOİ	Fe	-0.533	**	Orta (negatif)
Elektriksel İletkenlik	As	0.667	**	Yüksek
Elektriksel İletkenlik	Zn	0.64	**	Yüksek
Elektriksel İletkenlik	Ni	0.692	**	Yüksek
F	Cu	0.431	**	Orta
F	Zn	0.372	**	Orta
F	Ni	0.29	*	Orta

EK C. Varimaks Rotasyonu Sonucu Elde Edilen Faktör Yükleme Matrisi

Çizelge C.1. Varimaks rotasyonu sonucu elde edilen faktör yükleme matrisi.

Parametreler	Temel Bileşenler						
	TB1 (36.36%)	TB2 (9.79%)	TB3 (8.60%)	TB4 (7.63%)	TB5 (6.26%)	TB6 (6.23%)	TB7 (5.31%)
Zn mg/L	0.949						
Ni mg/L	0.936						
As mg/L	0.930						
Co mg/L	0.926						
Cr mg/L	0.916						
Cu mg/L	0.899						
CN mg/L	0.846						
Pb mg/L	0.748						
EC µS/cm	0.740						
Buharlaşma/Haftalık- Mm	0.704						
Haftalık Ort Sıcaklık	0.681						
Renk	0.537						
Mn mg/L	0.508						
KOİ mg O ₂ /L		-0.883					
Cd mg/L		0.776					
pH							
P mg/L			0.966				
PO ₄ mg/L			0.966				
Atık/hafta				0.831			
TKM mg/L				-0.637			
F mg/L				0.522			
Haftalık Yağış mm(kg/m ²)					0.797		
Fe mg/L						0.789	
TN mg/L						-0.677	
Yağ mg/L							-0.844

EK D. Kirleticilerin Trend Analizleri Özeti

Çizelge D.1. Kirleticilerin trend analizleri özeti.

Parametre	Birim	Min.	Maks.	Ort.	R ²	MKT	SRT
Co	mg/L	0.0001	0.1039	0.0208	0.87	Artan	Artan
Cr	mg/L	0.0003	1.013	0.1619	0.88	Artan	Artan
Cu	mg/L	0.0036	4.582	1.1519	0.87	Artan	Artan
F	mg/L	15.51	70.58	29.38	0.82	Yok	Yok
PO ₄	mg/L	34.88	304.77	76.50	0.54	Azalan	Azalan
İletkenlik(EC)	mS/cm	28.77	38.13	34.25	0.81	Yok	Yok
Cd	mg/L	0.0002	0.001	0.0005	0.80	Yok	Yok
KOİ	mg O ₂ /L	4356	42689	17502	0.89	Yok	Yok
Mn	mg/L	0.0001	0.4265	0.0419	0.80	Yok	Yok
Ni	mg/L	0.0014	1.1910	0.2947	0.91	Artan	Artan
Pb	mg/L	0.0001	0.002	0.002541	0.93	Artan	Yok
pH	-	7.6	8.4	8.09	0.85	Yok	Yok
P	mg/L	11.35	99.17	29.65	0.23	Yok	Yok
TKM	mg/L	23300	88700	34800	0.76	Yok	Yok
TN	mg/L	490	5490	2055	0.38	Yok	Yok
Yağ-gres	mg/L	0.7	57.2	10.66	0.63	Azalan	Azalan
Zn	mg/L	0.0001	1.1910	0.3952	0.89	Artan	Artan
Renk	Pt-Co	59.97	246.97	132.11	0,83	Artan	Artan
Gelen atık	ton/hafta	135.2	3377.4	1528	0,59	Yok	Yok
Sıcaklık	mm	-7.57	27.90	12.26	0,95	Artan	Artan
CN	mg/L	1.29	2.59	1.83	0.84	Artan	Azalan
As	mg/L	0.0015	1.1080	0.2273	0.87	Artan	Azalan

EK E. Endüstriyel Nitelikli Diğer Atıksular (Atık Düzenli Depolama ve Bertaraf Tesisleri) deşarj limitleri

Çizelge E.1. Atıksu deşarj standartları.

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/L)	500
TOPLAM KJELDAHL AZOTU (TKN)	(mg/L)	20
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	200
YAĞ VE GRES	(mg/L)	20
TOPLAM FOSFOR (P)	(mg/L)	2
TOPLAM KROM	(mg/L)	2
KROM (Cr ⁺⁶)	(mg/L)	0.5
KURŞUN (Pb)	(mg/L)	2
TOPLAM SİYANÜR (CN ⁻)	(mg/L)	1
KADMİYUM (Cd)	(mg/L)	0.1
DEMİR (Fe)	(mg/L)	10
FLORÜR (F ⁻)	(mg/L)	15
BAKIR (Cu)	(mg/L)	3
ÇİNKO (Zn)	(mg/L)	5
RENK	(Pt-Co)	280
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)	-	10
pH	-	6-9

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Oya Özel Gürbüz

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans :Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği
Bölümü,2004-2008

Yüksek Lisans :Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü, 2008-2011

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. BOSSA A.Ş. / Yaz Stajı
2. ÇATALAN İçme Suyu Arıtma Tesisi /Yaz Stajı
3. THY A.Ş.-Yolcu Hizmetleri Memuru/Part Time
4. TGS A.Ş Yolcu Hizmetleri Memuru/Full Time
5. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi/Öğretim Görevlisi

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

1. Gök, Gülden ve Gürbüz, Oya Özel. Sızıntı Suyundaki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi ve Olası Çevresel Etkilerinin Araştırılması. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2024, 12.4: 707-716.

Kongrelerde Sunulan Makaleler

1. Gök, Gülden ve Gürbüz, Oya Özel Sızıntı Sularında Bazı Mikro Kirleticilerin Modellenmesinde Kullanılan Yöntemlerin İncelenmesi, 24-26 Ekim 2022, Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu (TÜRKAY), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.