

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ERGENE NEHRİ SU KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAPAY SINIR AĞLARI İLE
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ecren GÜNHAN

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Osman SÖNMEZ

Ekim 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ERGENE NEHRİ SU KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAPAY SINIR AĞLARI İLE
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACININ BELİRLENMESİ

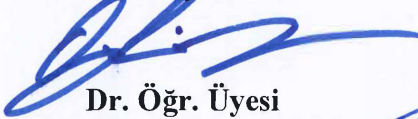
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ecren GÜNHAN

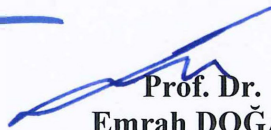
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 17.10.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Dr. Öğr. Üyesi
Osman SÖNMEZ
Jüri Başkanı



Prof. Dr.
Emrah DOĞAN
Üye



Dr. Öğr. Üyesi
Temel TEMİZ
Üye

BEYAN

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

Ecren GÜNHAN

15.10.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, tez konumun belirlenmesinden, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, titizlikte beni yönlendiren çok kıymetli danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Osman SÖNMEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez süreci boyunca değerli bilgi ve desteklerini benden esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Esra DOBRUCALI ve Dr. Öğr. Üyesi Rabia KÖKLÜ, Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR hocalarıma teşekkür ederim.

Bu çalışma süresince desteğini ve sabrını benden esirgemeyen Emrah ÇÖRDÜK'e sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak beni yetiştirerek bu günlere getiren ve haklarını hiçbir şekilde ödeyemeyeceğim canım annem Mürüvvet GÜNHAN, canım babam Cengiz GÜNHAN ve biricik kardeşim Hande GÜNHAN'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	3
BÖLÜM 3.	
ÇALIŞMA SAHASI	6
3.1. Su Havzaları	6
3.1.1. Ergene havzası.....	8
3.1.2. Ergene havzası mevcut durum	9
3.1.3. Ergene havzası iklim	11
3.1.3.1. Sıcaklık	11
3.1.3.2. Yağış	12
3.1.4. Arazi kullanımı, yerleşim ve nüfus	14
3.1.5. Ergene havzası su kaynakları	16

BÖLÜM 4.

YÖNTEM.....	18
4.1. Yapay Sinir Ağları (YSA).....	18
4.1.1. YSA'nın özellikleri	18
4.1.2. YSA'ların sınıflandırılması.....	19
4.1.2.1. YSA'nın yapılarına göre sınıflandırılması.....	20
4.1.2.2. YSA'nın öğrenme yöntemlerine göre sınıflandırılması	21
4.1.3. YSA'da öğrenme kuralları	23
4.1.4. YSA'da öğrenme algoritmaları	24
4.1.4.1. Geri Yayılım (BP).....	24
4.1.4.2. Eşleştirmeli eğim (CG – Conjugate Gradient) ve ölçekli eşleştirmeli eğim (SCG – Scaled Conjugate Gradient).....	25
4.1.4.3. Levenberg – Marquardt (LM).....	25
4.1.5. Eğitim ve test aşamaları	25
4.1.6. YSA'ların kullanım alanları	26
4.1.7. YSA'ların avantaj ve dezavantajları	28
4.1.7.1. YSA'ların avantajları	28
4.1.7.2. YSA'ların dezavantajları	28
4.2. Akarsularda Kirlilik ve Su Kalite Standartları	29
4.2.1. Akarsularda kirlilik	29
4.2.2. Akarsu kirliliğinin neden olduğu sorunlar	30
4.2.3. Türkiye'de su kirliliğine sebep olan etkenler	32
4.2.4. Su kalitesi	32
4.2.5. Akarsuların sınıflandırılması kriterleri.....	33
4.2.6. Ergene havzası su kirliliği verileri	35
4.2.6.1. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD ₅)	35
4.2.6.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD)	35
4.2.6.3. Nitrit (NO ₂ -N)	36
4.2.6.4. Nitrat (NO ₃ -N).....	36
4.2.6.5. Fosfat (PO ₄)	37
4.2.6.6. Sülfat (SO ₄)	37

4.2.6.7. pH	37
4.2.6.8. Sıcaklık (T)	38
4.2.6.9. Alkalinite (m-Al)	38
4.2.6.10. Toplam çözünmüş katılar (TDS)	39
4.2.6.11. Amonyum azotu (NH ₄ -N)	39
4.2.6.12. Elektriksel iletkenlik (EC)	40
4.2.6.13. Çözünmüş oksijen (DO)	40
4.2.6.14. Potasyum permanganant (pV)	41
4.2.6.15. Toplam sertlik (TH)	41
4.2.6.16. Askıda katı madde (SS)	41

BÖLÜM 5.

UYGULAMA	42
5.1. Su Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi	42
5.1.1. İstasyon verileri	42
5.1.1.1. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD ₅)	42
5.1.1.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD)	43
5.1.1.3. Nitrit (NO ₂ -N)	44
5.1.1.4. Nitrat (NO ₃ -N)	44
5.1.1.5. Fosfat (o-PO ₄)	45
5.1.1.6. Sülfat (SO ₄)	45
5.1.1.7. pH	46
5.1.1.8. Sıcaklık (T)	46
5.1.1.9. Alkalinite (m-Al)	47
5.1.1.10. Toplam Çözünmüş Katılar (TDS)	47
5.1.1.11. Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	48
5.1.1.12. Elektriksel İletkenlik (EC)	48
5.1.1.13. Çözünmüş Oksijen (DO)	49
5.1.1.14. Permanganat Değeri (pV)	50
5.1.1.15. Toplam Sertlik (TH)	50
5.1.1.16. Kalsiyum (Ca ₂ ⁺)	51
5.1.1.17. Magnezyum (Mg ₂ ⁺)	51

5.1.1.18. Sodyum (Na ⁺)	52
5.1.1.19. Klor (Cl ⁻).....	52
5.1.1.20. Askıda Katı Madde (SS).....	53
5.2. Eğitim ve Test İçin Veri Setinin Oluşturulması	53
5.3. Yapay Sinir Ağları ile Ergene Havzası'ndaki COD Miktarını Etkileyen Kirlilik parametrelerinin belirlenmesi.....	54
5.3.1. Normalizasyon işlemi.....	54
5.3.2. YSA algoritma özellikleri	54
5.3.3. Kimyasal oksijen ihtiyacının belirlenmesinde değişkenlerin tek girdi olarak kullanıldığı YSA analizleri.....	54
5.3.4. Kimyasal oksijen ihtiyacının belirlenmesinde en başarılı değişken grubunun (DG) seçilmesi	56
BÖLÜM 6.	
SONUÇ	61
KAYNAKÇA.....	64
ÖZGEÇMİŞ	68

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BOD ₅	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
Ca ²⁺	: Kalsiyum
Mg ²⁺	: Magnezyum
Na ⁺	: Sodyum
Cl ⁻	: Klor
COD	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
NO ₂ -N	: Nitrit Azotu
NO ₃ -N	: Nitrat Azotu
PO ₄	: Fosfat
SO ₄	: Sülfat
pH	: Hidrojen Değeri
T	: Sıcaklık
m-Al	: Alkalinite
TDS	: Toplam Çözünmüş Katılar
NH ₄ -N	: Amonyum Azotu
EC	: Elektriksel İletkenlik
DO	: Çözünmüş Oksijen
pV	: Permanganant Değer
TH	: Toplam Sertlik
SS	: Askıda Katı Madde
YSA	: Yapay Sinir Ağları
BP	: Geri Yayılım
LM	: Levenberg – Marquardt
CG	: Eşleştirmeli Eğim
SCG	: Ölçekli Eşleştirmeli Eğim
DG	: Değişken Grubu

R² : Tanımlayıcılık Katsayısı
MSE : Ortalama Karesel Hata
SKKY : Su kirliliği kontrolü yönetmeliği
DSİ : Devlet Su İşleri



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Türkiye’deki Havzalar ve Su Potansiyelleri	8
Şekil 3.2. Ergene Havzası’nın Ülkedeki Yeri	8
Şekil 3.3. 1994-2014 Yılları Arasındaki Sıcaklık Değerleri	12
Şekil 3.4. 1994-2014 Yılları Arasındaki Yağış Değerleri	13
Şekil 3.5. Ergene Havzası’ndaki nüfus değişimleri	16
Şekil 3.6. Ergene Nehri ve Yan Kolları	17
Şekil 4.1. İleri beslemeli ağ için blok diyagram	20
Şekil 4.2. Geri beslemeli ağ için blok diyagram	21
Şekil 4.3. Danışmanlı öğrenme yapısı	22
Şekil 4.4. Danışmansız öğrenme yapısı	22
Şekil 4.5. Takviyeli öğrenme yapısı	23
Şekil 5.1. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası BOD ₅ Değişimi Grafiği	42
Şekil 5.2. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası COD Değişimi Grafiği	43
Şekil 5.3. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası NO ₂ -N Değişimi Grafiği	44
Şekil 5.4. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası NO ₃ -N Değişimi Grafiği	44
Şekil 5.5. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası PO ₄ Değişimi Grafiği	45
Şekil 5.6. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası SO ₄ Değişimi Grafiği	45
Şekil 5.7. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası pH Değişimi Grafiği	46

Şekil 5.8. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası T	
Değişimi Grafiği.....	46
Şekil 5.9. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası M-AL	
Değişimi Grafiği.....	47
Şekil 5.10. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası TDS	
Değişimi Grafiği.....	47
Şekil 5.11. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası NH ₄ -N	
Değişimi Grafiği.....	48
Şekil 5.12. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası EC	
Değişimi Grafiği.....	48
Şekil 5.13. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası DO	
Değişimi Grafiği.....	49
Şekil 5.14. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası pV	
Değişimi Grafiği.....	50
Şekil 5.15. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 2000-2014 Yılları Arası TH	
Değişimi Grafiği.....	50
Şekil 5.16. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası Ca ₂ ⁺	
Değişimi Grafiği.....	51
Şekil 5.17. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası Mg ₂ ⁺	
Değişimi Grafiği.....	51
Şekil 5.18. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası Na ⁺	
Değişimi Grafiği.....	52
Şekil 5.19. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası Cl ⁻	
Değişimi Grafiği.....	52
Şekil 5.20. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası SS	
Değişimi Grafiği.....	53
Şekil 5.21. YSA Analizinde Kullanılan COD Eğitim Verileri Grafiği.....	58
Şekil 5.22. YSA Analiz Sonuçları Eğitim Verileri Saçılım Grafiği	59
Şekil 5.23. YSA Analizinde Kullanılan COD Test Verileri Grafiği.....	59
Şekil 5.24. YSA Analiz Sonuçları Test Verileri Saçılım Grafiği	60

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Türkiye'deki 26 topoğrafik su havzası ve su potansiyelleri	7
Tablo 3.2. Ergene Havzası arazi kullanım sınıfları	15
Tablo 4.1. Kıtaİçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri	34
Tablo 5.1. Değişkenlerin tek girdi olarak kullanıldığı YSA analiz sonuçları	55
Tablo 5.2. En iyi değişkenler için R ² değerleri	56
Tablo 5.3. Seçilen bağımsız değişkenler	56
Tablo 5.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı belirlenmesinde değişken grupları (DG) için YSA analiz sonuçları.....	57

ÖZET

Anahtar kelimeler: Ergene Nehri, Kirlilik, Su kalitesi, İklim, Yağış, Yapay Sinir Ağları.

Ergene Havzası Trakya'nın tam ortasında yer almaktadır. Konum olarak çok önemli bir yere sahip olan ve ülkemiz de bulunan 13 çökeltme havzasından biridir. Neredeyse yarım asır önce içme suyu olarak kullanılan Ergene Nehri, günümüzde kirlilik açısından sadece kendisini değil çevresini de büyük bir tehdit altında bırakmaktadır. Çevresinde gelişen sanayi kuruluşlarının oluşturduğu kirlilik, Ergene Havzasının verimli topraklarında yer alan tarım arazilerini ve dolayısıyla insan sağlığını olumsuz yönde etkilemiştir.

Bu çalışmada, su kalitesi sınıflamaları için Ergene Nehri üzerinde bulunan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ait İnanlı İstasyonu ve Lüleburgaz ölçüm istasyonlarına ait 1999 - 2014 yılları arasındaki aylık Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD_5), Kalsiyum (Ca^{2+}), Magnezyum (Mg^{2+}), Sodyum (Na^+), Klor (Cl^-), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD), Nitrit Azotu (NO_2-N), Nitrat Azotu (NO_3-N), Fosfat (PO_4), Sülfat (SO_4), Hidrojen gücü (pH), Sıcaklık (T), Alkalinite (m-Al), Toplam Çözünmüş Katılar (TDS), Amonyum Azotu (NH_4-N), Elektriksel İletkenlik (EC), Çözünmüş Oksijen (DO), Potasyum Permanganat (pV), Toplam Sertlik (TH), Askıda Katı (SS) parametrelerinin değişimi incelenmiş ve su kalite sınıfı belirlenmiştir. Ayrıca COD tahmini için BOD_5 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , NO_2-N , NO_3-N , PO_4 , SO_4 , pH, T, M-Al, TDS, NH_4-N , EC, DO, pV, SS, TH parametreleri YSA ile analiz edilmiş ve analiz sonucunda R^2 değerinin 0,989 olduğu değişken grubu olarak, M-Al (d1), TDS (d2), pV (d3), NO_4-N (d4), DO (d6) belirlenmiştir.

Literatürde, Ergene Nehri'nin su kalitesi parametrelerini kullanarak yapay sinir ağları yöntemi ile COD tahmin edilmesine yönelik bir çalışmaya rastlanılmamış olup, yapılan çalışmamız bu bakımdan da önem arz etmektedir.

EVALUATION OF ERGENE RIVER WATER QUALITY AND DETERMINATION OF CHEMICAL OXYGEN DEMAND WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

SUMMARY

Keywords: Ergene River, Pollution, Water quality, Climate, Precipitation, Artificial Neural Networks.

Ergene Basin is located in the middle of Trakya region. It is one of the 13 sedimentary basins in our country which has a very important place as a location. The Ergene River, which was used as drinking water for almost half a century ago, poses great threat not only for itself but also for its environment. The pollution created by the industrial organizations developing in the surrounding area has negatively affected the agricultural land in the fertile soil of Ergene Basin and therefore human health.

In this study, in order to determine water quality classifications monthly data, between years 1999-2014 belonging to İnanlı Station and Lüleburgaz measurement stations of The General Directorate of State Hydraulic Works on Ergene River, which are Biological Oxygen Demand (BOD_5), Calcium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Sodium (Na^+), Chlorine (Cl^-), Chemical Oxygen Demand (COD), Nitrite Nitrogen (NO_2-N), Nitrate Nitrogen (NO_3-N), Phosphate (PO_4), Sulfate (SO_4), Hydrogen power (pH), Temperature (T), Alkalinity (m-Al), Total Dissolved Solids (TDS), Ammonium Nitrogen (NH_4-N), Electrical Conductivity (EC), Dissolved Oxygen (DO), Potassium Permanganate (pV), Total Hardness (TH), Suspended Solid (SS) parameters were examined and water quality class was determined. In addition, for COD estimation BOD_5 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , NO_2-N , NO_3-N , PO_4 , SO_4 , pH, T, M-Al, TDS, NH_4-N , EC, DO, pV, SS, TH parameters were analyzed by ANN and as a result of the analysis, as variable group of when R^2 value is 0.989, M-Al (d1), TDS (d2), pV (d3), NO_4-N (d4), DO (d6) are identified.

In the literature, no studies have been found to estimate COD by artificial neural networks using the water quality parameters of Ergene River and our study is also important in this respect.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemiz ikliminin ılıman kuşak iklimi olmasından, dört mevsim birden yaşanmasından ötürü tarım çeşitlilik göstermektedir. Ülkemizin kalkınmasında önemli rol oynayan tarım Trakya bölgesinde çok gelişmiştir. Trakya bölgesinde bulunan Ergene Havzası'nın yüzölçümü 12.438 km² olup, bölge yüzölçümünün % 63'ünü oluşturur [1].

Bölge özellikle ayçiçeği ve çeltik yetiştiriciliğinde ülkemizde önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda sanayileşmedeki artış nüfus artışını da beraberinde getirmiştir. Artan nüfus artışına bağlı olarak Ergene Havzası'nda çeşitli çevre sorunları baş göstermiştir [1].

Ülkemizde ki büyük sanayi merkezlerinden İstanbul ve Kocaeli illerinde ki yoğunluktan dolayı sanayi tesisleri Trakya bölgesine yönelmiştir. Sanayi tesisleri, Çerkezköy'den başlayıp Çorlu Deresi Havzası ve Ergene Nehri Havzası boyunca dağılmıştır. Bölgenin konumu, arazi özellikleri ve yer altı su kaynaklarındaki çeşitlilik, bölgeyi tekstil, deri, kağıt ve kimya sektörüne ait sanayi tesisleri için önemli bir nokta haline getirmiştir [1].

Tarımda kullanılan, aşırı gübre ve yoğun pestisit kullanımı yer altı sularında önemli bir kirliliğe neden olmuştur. Ancak, 25 - 30 sene öncesinden ve günümüze kadar devam eden asıl kirlilik tehdidinin sanayi kökenli olduğu açıktır. Bu düşünce yapılan araştırma sonuçlarındaki verilerle de desteklenmektedir. Yaklaşık 30 yıldır, plansız bir şekilde tarıma elverişli arazilerde kurulan sanayi tesisleri tarımsal üretimi önemli ölçüde etkilenmiştir [1].

Havzada ki asıl sorun bölgenin can damarı olan Ergene Nehri'nin sanayi ve evsel atık sularıyla tarımda kullanılamayacak boyutlarda kirlenmesidir. Sanayinin plansız bir şekilde yayılması ve bu yayılımın hızlı bir şekilde gerçekleşmesinden dolayı yerel yönetimler de gerekli tedbirleri alamamışlardır [1].

Özellikle Ergene Nehri çevresinde tarım ürünlerindeki kalite ve verim düşmüş, sulu tarım olumsuz etkilenmiş, buna bağlı olarak bölgede yetişen en önemli tarım ürünlerinden olan çeltik üretiminde sıkıntılar yaşanmıştır. Trakya bölgesinde yaşanan yerüstü ve yeraltı su kirliliği belgede tarımsal, sosyo-ekonomik açıdan sorun yaşanmasına neden olmaktadır. Trakya Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezinin yapmış olduğu çalışmalarda Ergene Nehri'nin ölü bir nehir haline geldiği belirtilmektedir [2].

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Dünyada ve Türkiye’de birçok bilim adamı akarsu, göl ve baraj gibi su kaynaklarının kalitesi ve kirliliği konusunda çalışmalar yapmıştır. Literatürde yer alan konu ile ilgili çalışmalar tarihsel olarak aşağıda sıralanmıştır.

Savaş S. (1992), Köprüçay Irmağı’nın kolu olan ve Aksu Deresi’nin kaynağından Eğirdir Gölü’ne kadar olan kısımda, su kalitesindeki değişiklikler incelenmiştir. Çalışma 6 istasyondan bir yıl süreyle ayda bir numuneler alınarak su kalite sınıfı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Eğirdir Gölü su kalitesi sonuçlarıyla kıyaslanmış ve Aksu Deresi’nin Eğirdir Gölü’nün su kalitesine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak Aksu Deresi’nde sertlik ve tuzluluk oranının az olduğu, su kaynağından yumuşak ve içilebilir bir şekilde çıktığı ve Eğirdir Gölü’ne kadar olan kısımda suyun çok fazla kirlenmediği tespit edilmiştir [38].

Gidirişlioğlu ve ark. (1996), Ergene Havzası’ndaki Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerindeki sanayi merkezleri ve yerleşim yerlerinden çıkan evsel ve sanayi atıklarının Ergene Nehri’ndeki kirlilik ve su kalitesindeki değişimi tespit etmek için çalışma yapmışlardır. Beş istasyondan üç yıl süre ile ayda bir kez olmak üzere 180 numunenin analizleri sırasında birçok kirlilik parametresi de araştırılmış ve rapor edilmiştir, sonuç olarak su kirliliği yönetmeliğine göre, Ergene nehrinin kirli akarsular kategorisinde olduğu ve nehir suyunun hiçbir şekilde sulama suyu olarak kullanılmaması gerektiği saptanmıştır [32].

Bulut V. (2005), Trabzon’a temiz su kaynaklarından Kalyan Akarsuyunun su kalitesi değerlendirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada akarsu üzerindeki 3 istasyondan bir yıl süreyle aylık örnekler alınmış, akarsuyun su kalitesi belirlenmiş ve elde edilen verilerle akarsuyun kirlilik modellenmesi yapılmıştır. Sonuç olarak, bazı aylarda

sertlik, bulanıklık, fosfat, krom verilerinin standart değerlerin üzerinde çıktığı görülmüştür [40].

Çoban F. (2007), Hazar Gölü'nde belirlenen 9 istasyondan bir yıl boyunca farklı beş derinlikten her ay alınan örneklerin fiziksel ve inorganik kimyasal, organik ve bakteriyolojik parametreler açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Mevsimsel değişikliklerin, atıksuların ve diğer kirletici kaynaklarının göl suyu kalitesine olan etkileri incelenmiştir. Sıcaklık ve çözünmüş oksijen değerlerinin derinliğe ve mevsimsel değişikliklere göre değişimleri gözlemlenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre, Hazar Gölü'nün fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından II.-III. Sınıf, organik parametreler açısından II. Sınıf, bakteriyolojik parametreler açısından I.-II. Sınıf su kalitesi grubuna girdiği tespit edilmiştir [25].

Şen S. (2007), Büyük Melen Havzası'ndaki akarsuları kirleten pek çok kaynak tespit edilmiş ve bunlardan, Küçük Melen Çayı, Asar Suyu ve Büyük Melen Çayı üzerindeki 6 adet kirletici kaynak seçilmiştir. Belirlenen noktalardan Kasım 2005-Eylül 2006 tarihleri arasında iki ayda bir olmak üzere numune alınmış ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre analizler yapılmıştır. Çalışma sonucunda akarsuların su kalitesinin korunması ve kontrolü için tespitler yapılmıştır [24].

Bayram A. (2011), Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan Harşit Çayı'nın mansap ve memba kısmı arasında seçilen 10 istasyonda bir sene boyunca 15 günlük periyodlarla numune alınmış ve yüzeysel su kalitesi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında numuneler yerinde ve laboratuvarında incelenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre sınıflandırma yapılarak nitrat azotu, amonyum azotu, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam organik karbon, mangan ve alüminyum dışında arıtma işlemi yapılması gerektiği belirlenmiştir. Regresyon analizi ve yapay sinir ağları ile askıda katı madde konsantrasyonunun tahmini, bulanıklık, toplam demir, toplam krom parametreleri kullanılarak yapılmıştır, yapay sinir ağları ile yapılan analizlerde daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür [43].

Doğanay E. (2014), AB Su ve Çevre Direktifine göre su kalitesinin incelenmesi konusuna yer verilmiş, Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik ile fizikokimyasal ve kimyasal parametreler değerlendirilmiş, her parametrenin çevresel kalite standarttı açıklanmıştır [42].

Ay M. (2014) yapay sinir ağı kullanılarak farklı akarsulardan elde edilen verilerle DO, COD ve tuz konsantrasyonu değişkenlerinin modellenmesi yapılmaya çalışılmıştır. Modelleme sonucunda elde edilen çıktılar klasik istatistiksel yöntemlerle kıyaslanmıştır. Yapay sinir ağı sistemlerinin su kalitesi parametre tahmininde iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [8].

Bu çalışmada geçmişte yapılan çalışmalardan farklı olarak, Ergene Nehri'ndeki Lüleburgaz ve İnanlı istasyonu kirlilik parametrelerinin değerlendirilmesi, BOD₅ , Ca²⁺ , Mg²⁺ , Na⁺ , Cl⁻ , NO₂ -N, NO₃ -N, PO₄ , SO₄ , pH, T, m-Al, TDS, NH₄ -N, EC, DO, pV, TH, SS parametreleri YSA yazılımı ile analiz edilerek, COD tahmini ve bu tahmin için en etkili parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 3. ÇALIŞMA SAHASI

3.1. Su Havzaları

Topoğrafik sınır çizgisiyle sınırlanan ve almış olduğu yağışları belirli bir çıkışa ulaştıran arazi parçalarına havza denilmektedir. Dikey olarak alansal, yatay da ise, kaynağın başlangıcından, sonlandığı noktaya kadar olan bölümü oluşturmaktadır. Su havzaları çevresiyle etkileşim halinde olmasından dolayı, iklimsel, jeolojik, topoğrafik değişimlerden ve insanların etkisiyle oluşabilecek olan değişimlerden etkilenir [7].

Yağışların toplandığı akarsu bölgeleri su toplama havzalarını oluşturur. Su Havzaları, yağış sularını toplayarak daha düşük kotlu olan noktalara iletirler. Bu bölgelerde toplanan sular ise kendilerinden daha geniş olan su toplama havzalarına ya da denize ulaşırlar [7].

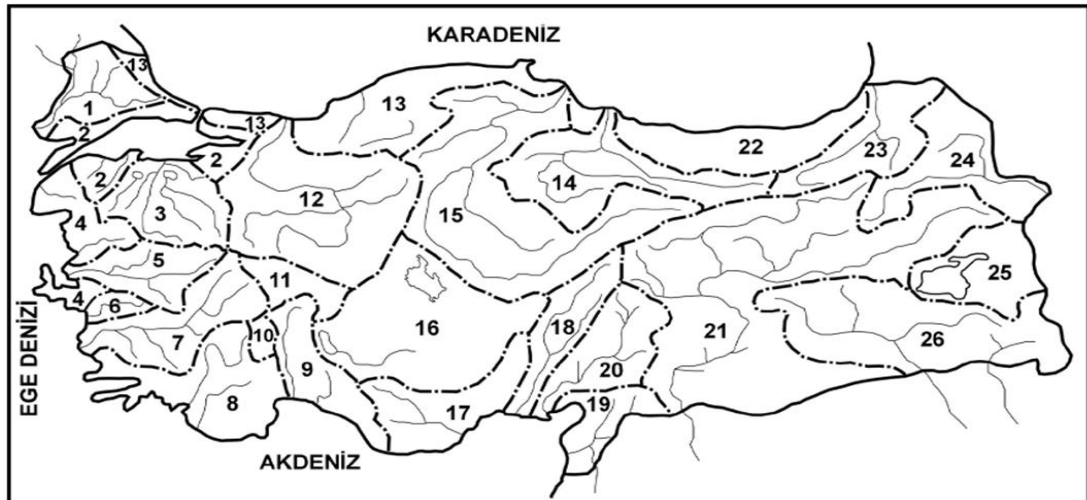
Ülkemizde topoğrafik yapıya göre sınırlandırılmış 26 hidrolojik su havzası vardır ve bu havzaların yıllık akış ortalamaları 186 milyar m³'tür. Su havzalarına düşen yıllık yağış miktarlarının birbirinden farklı olmasından dolayı, bu havzaların yıllık su verimleri ve buna bağlı olarak potansiyelleri birbirinden farklıdır [9].

Fırat Havzası ve Dicle Havzası en çok su verimine sahip iki havzadır ve ülkemizin toplam su potansiyelinin yaklaşık %28,5'ini oluştururlar. Su potansiyeli en düşük olan havzalarımız ise Akarçay Havzası ve Burdur Gölü Havzası'dır. Türkiye'nin jeolojik yaşının genç olmasından ve arazinin fazla eğimli olmasından dolayı akarsuların rejimleri genellikle düzensizdir. Akarsu rejimlerinin düzensiz olmasından dolayı su kullanımında çeşitli sıkıntılar yaşanmaktadır ve doğrudan su kullanımı çoğunlukla yapılamamaktadır. Havzalara yılın farklı zamanlarında farklı miktarlarda

yağış düşmesi sebebiyle, her zaman su ihtiyaçları karşılanamaz. Topoğrafik yapıya göre oluşturulan 26 hidrolojik su havzası ve bunların yıllık su verimleri Tablo 3.1. ve Şekil 3.1.'de gösterilmiştir [9].

Tablo 3.1. Türkiye'deki 26 topoğrafik su havzası ve su potansiyelleri. [10].

No	Havza Adı	Su Potansiyeli (milyar m ³)
1	Meriç-Ergene	1,33
2	Marmara	8,33
3	Susurluk	5,43
4	Kuzey Ege	2,09
5	Gediz	1,95
6	Küçük Menderes	1,19
7	Büyük Menderes	3,03
8	Batı Akdeniz	8,93
9	Antalya (Orta Akdeniz)	11,06
10	Burdur Gölü	0,5
11	Akarçay (Afyon)	0,49
12	Sakarya	6,4
13	Batı Karadeniz	9,93
14	Yeşilırmak	5,8
15	Kızılırmak	6,48
16	Konya (Orta Anadolu)	4,52
17	Doğu Akdeniz	11,07
18	Seyhan	8,01
19	Asi (Hatay)	1,17
20	Ceyhan	7,18
21	Fırat	31,61
22	Doğu Karadeniz	14,9
23	Çoruh	6,3
24	Aras	4,63
25	Van	2,39
26	Dicle	21,33
Toplam		186,05

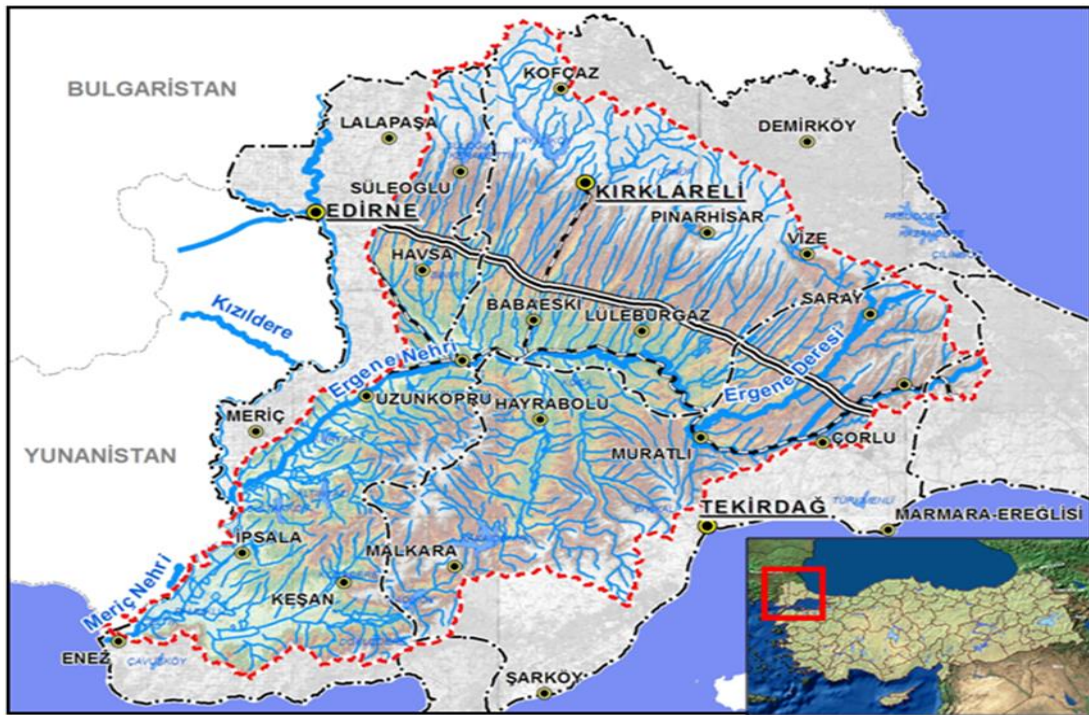


Havza adı ve su potansiyeli

- | | | |
|--|--|---|
| 1. Meriç-Ergene Havzası (1.33 milyar m ³) | 11. Akarçay (Afyon) Havzası (0.49 milyar m ³) | 21. Fırat Havzası (31.61 milyar m ³) |
| 2. Marmara Havzası (8.33 milyar m ³) | 12. Sakarya Havzası (6.40 milyar m ³) | 22. Doğu Karadeniz Havzası (14.90 milyar m ³) |
| 3. Susurluk Havzası (5.43 milyar m ³) | 13. Batı Karadeniz Havzası (9.93 milyar m ³) | 23. Çoruh Havzası (6.30 milyar m ³) |
| 4. Kuzey Ege Havzası (2.09 milyar m ³) | 14. Yeşilirmak Havzası (5.80 milyar m ³) | 24. Aras Havzası (4.63 milyar m ³) |
| 5. Gediz Havzası (1.95 milyar m ³) | 15. Kızılırmak Havzası (6.48 milyar m ³) | 25. Van Havzası (2.39 milyar m ³) |
| 6. Küçük Menderes Havzası (1.19 milyar m ³) | 16. Konya (Orta Anadolu) Havzası (4.52 milyar m ³) | 26. Dicle Havzası (21.33 milyar m ³) |
| 7. Büyük Menderes Havzası (3.03 milyar m ³) | 17. Doğu Akdeniz Havzası (11.07 milyar m ³) | |
| 8. Batı Akdeniz Havzası (8.93 milyar m ³) | 18. Seyhan Havzası (8.01 milyar m ³) | |
| 9. Antalya (Orta Akdeniz) Havzası (11.06 milyar m ³) | 19. Ası (Hatay) Havzası (1.17 milyar m ³) | |
| 10. Burdur Gölü Havzası (0.50 milyar m ³) | 20. Ceyhan Havzası (7.18 milyar m ³) | |

Şekil 3.1. Türkiye'deki Havzalar ve Su Potansiyelleri [10].

3.1.1. Ergene havzası



Şekil 3.2. Ergene Havzası'nın Ülkedeki Yeri [10].

Ergene Havzası, konum olarak Trakya'nın tam ortasında yer almaktadır (Şekil 3.2.). Havza kuzeyinde Istranca Dağları, güneyinde ise Işıklar Dağı ve Kuru Dağı ile çevrelenmiştir. Ergene Nehri'nin ana kolu, doğu- batı doğrultusunda, Işıklar Dağı ve Kuru Dağı arasında akmaktadır [11]. Çevresinde Kuzey Marmara Havzası, Türkiye-Yunanistan sınırını çizen Meriç Havzası ve Bulgaristan sınırı vardır. Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli illerimiz Ergene Havzası'nda bulunmaktadır.

Ülkemizde 13 tane çökeltme havzası bulunmaktadır ve Ergene Havzası da bunlardan biridir. Coğrafi olarak incelendiğinde Ergene Havzası'nın denize kapalı bir havza olduğu görülmektedir. Yeryüzündeki konumuna bakıldığında, Ergene Havzası'nın, 26 derece 35' 33''- 28 derece 11' 20'' boylamları ile 40 derece 35' 33''- 42 derece 06' enlemleri arasında yer aldığı görülmektedir. Ergene Havzası 11 tane alt havzadan oluşmaktadır. Çorlu Havzası 1.459 km², Vize Havzası 685 km², Lüleburgaz Havzası 1.291 km², Hayrabolu Havzası 2.374 km², Babaeski Havzası 1.507 km², Havsa Havzası 2.467 km², Uzunköprü Havzası 1.462 km², İpsala-Keşan Havzası 1.736 km², Meriç Havzası 1.519 km² olup, toplam havza yüzölçümü 14.500 km²'dir [12].

3.1.2. Ergene havzası mevcut durum

Ergene Havzası'nda ki su problemlerinin nedeni, bölgede hızla gelişen sanayi, artan nüfus ve yerleşim yerleri, tarımda kullanılan ilaç ve gübrelerden dolayı oluşan kirlilik yüküdür. Sanayi bölgelerinin, planlama yapılmadan ve kontrolsüz bir şekilde gelişmesi, Ergene Havzası'ndaki su kaynakları tüketiminin hızını artırarak su bütçesinin olumsuz yönde etkilenmesine yol açmıştır. Günde 400.000 m³'den daha fazla su kullanımı kontrolsüz su kullanımına bir örnektir [13].

Havzada bulunan 2037 adet sanayi tesisi genellikle Çorlu, Çerkezköy, Lüleburgaz ve Muratlı bölgesinde bulunmaktadır. Önemli Organize Sanayi tesislerinden olan Çorlu sanayi bölgesinin ve Çerkezköy sanayi bölgesinin atık su arıtma tesisleri bulunmaktadır. Sanayi tesislerinin atık suları, arıtma işleminden geçse bile bu tesisler Ergene Nehri'ne doğal debisinin yaklaşık üç katı kadar atık su vermektedir. Ergene

Nehri'ne ve yan kollarına deşarj olan sanayi atık suları ise günde yaklaşık 330.000 m³ dür [13].

Ergene Havzası'nda sanayi bölgelerinin yoğunlaştığı alanlarda kurulan yerleşim bölgelerinin nüfuslarında artışlar olmuştur. Sanayi bölgelerindeki yoğunluk, istihdam açısından ve bölgenin kalkınması açısından fayda sağlamıştır. Sanayi bölgelerinin yoğunluğu sebebiyle bölgeye ülke ortalamasının üzerinde göçler olmuştur. Havzada 16 adet yerleşim bölgesi bulunup, bu yerleşim bölgelerinin nüfusları 10.000'den fazladır. Ergene bölgesindeki nüfus yoğunluğu sebebiyle, günde yaklaşık olarak 230.000 m³ evsel atık suyu arıtılmadan boşaltılmaktadır. Arıtılmayan bu sular Ergene Nehri'nin kirlenmesinde önemli rol oynamaktadır [13].

Ergene Nehri'nin ve yan kollarının su kalitesi, 2007 yılında "Ergene Havzası Çevre Master Projesi" kapsamında belirlenmiş olup, Ergene Nehri'nin SKKY (2004 tarihli ve 25687 sayılı)' ye göre 4. sınıf su kalitesinde (çok kirlenmiş su) olduğu tespit edilmiştir. 15.04.2015 tarihli ve 29327 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan ve 10.08.2016 tarihli ve 27797 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" inde yapılan düzenlemeye göre kalite sınıflandırması yapılacaktır. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Referans Laboratuvarınca yapılan çalışmada ise Ergene Nehri'nin yoğun olarak endüstriyel, tarımsal ve evsel kaynaklı atıklardan dolayı aşırı kirlenmiş olduğunu özellikle de Çorlu Organize Sanayi Bölgesinin ve Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesinin arıtma tesisleri olmasına rağmen, etkilediği Çorlu Deresi ile kirlendiği tespit edilmiştir [14].

Ergene Nehri bir zamanlar geçtiği topraklara hayat verirken şuan içindeki zehirli kimyasallardan dolayı, o verimli topraklar ve çevre dengesi tamamen bozulmuştur. İçinde neredeyse on çeşit balığın yüzdüğü ve bölgedeki tarım arazilerini besleyen, Ergene Nehri 1970'li yıllarda içme suyu olarak dahi kullanılırken, 1980'li yıllardan itibaren kirlenmeye başlamıştır. 2000'li yıllarda ekolojik dengenin tamamen bozulmasıyla günümüzde ölü bir nehir olmuştur. Ergene Nehri ve yan kollarında meydana gelen kirlilik bu verimli bölgeyi, havzanın doğasını ve çevresindekileri yok etmiş ve bölgeyi kültürel ve sosyal yönden olumsuz yönde etkilemiştir. Bölgedeki

artan kirlilik ile halk sağlığı olumsuz yönde etkilenmiş ve endüstriyel kanser grubu riski artmıştır [15].

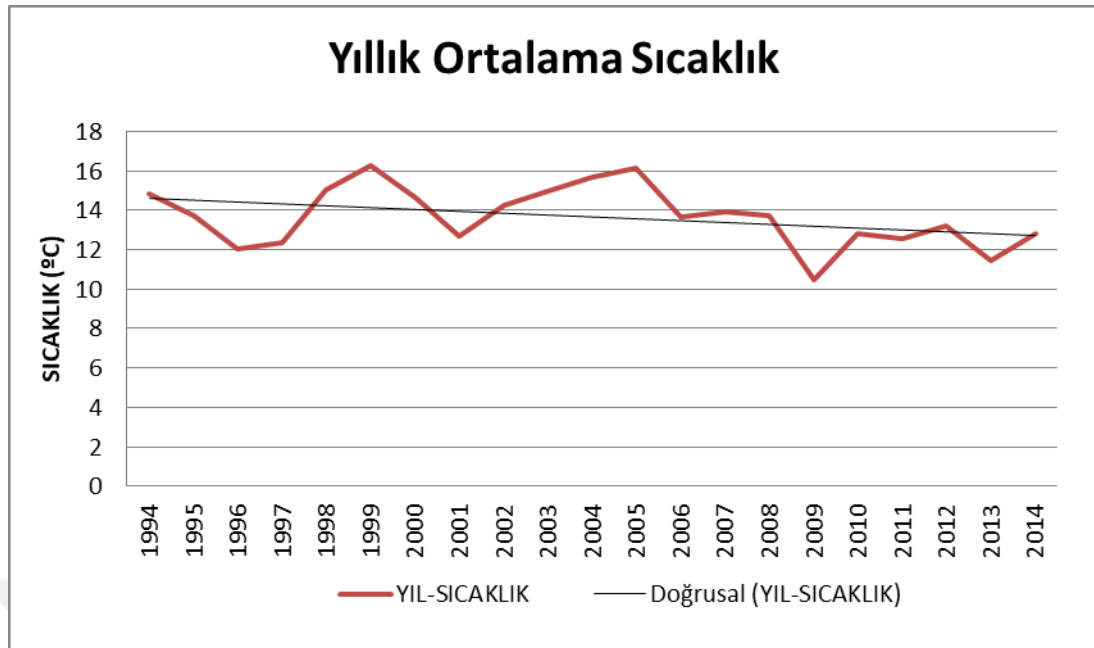
Ergene Nehri'nin kirliliği üzerine pek çok tartışma ve çalışma yapılmıştır. Trakya niversitesinin yapmış olduğu "Ergene Nehri'nin İnsan Sağlığına Etkileri" konulu çalışmada Ergene Nehri'nde meydana gelen taşkınlarm, nehrin barındırdığı kirlilikten dolayı, tarım arazilerini zehirlediğini, bu zehrin ise bitkilerden bizlere ulaşarak ciddi hastalıklara yol açtığını vurgulamıştır. Ergene Nehri'nin Meriç Nehri ile birleştiğini ve Ege Denizi'ne döküldüğünü, bu yüzden denizde bulunan canlıların da olumsuz etkilendiğini belirtmiştir. Bu bölgeye yaşayan insanların kirlilikten etkilenen balıkları tketererek ciddi hastalıklara yakalandıklarını böylelikle Ergene Nehri'nin sadece kendi ekosistemini değil, geçtiği bütün bölgelerdeki canlıları da olumsuz etkilediği belirtilmiştir [16].

Ergene Havzası'nın şuan ki durumunu değerlendirecek olursak, standartlar dışında kontrolsüz olarak yapılan üretim ve sanayii faaliyetlerinin, Ergene Nehri'nin ileri derecede kirlenmesine sebep olduğu görülmüştür [17].

3.1.3. Ergene havzası iklim

3.1.3.1. Sıcaklık

Ergene Havzası'nda genellikle kara iklimi hüküm sürmektedir. Kış mevsimi soğuk ve yağışlı geçerken yaz mevsimi sıcak ve kurak geçmektedir. Bölge de yılın en yağışlı ayları, aralık ayı ve ocak ayıdır, en kurak geçen aylar ise temmuz ayı ve ağustos aylarıdır. Bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 14 derecedir [19]. Bölgenin, Karadeniz kıyılarında Karadeniz iklimi görülmektedir. Nemli, serin ve yağışlı geçen Karadeniz iklimi, iç kesimlerde yerini kara iklimine bırakır. Kara ikliminde yazları sıcak ve kurak, kış mevsimlerinde ise soğuk olur. Güney ve güneybatı kesimlerinde yaz mevsimleri sıcak ve kurak geçerken, kış mevsimlerinde ise ılıman ve yağışlı olan Akdeniz iklimi görülmektedir [20].



Şekil 3.3. 1994-2014 Yılları Arasındaki Sıcaklık Değerleri

1994-2014 yılları arasında Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Lüleburgaz İstasyonu için alınan sıcaklık değerleri Şekil 3.4.'te verilmiştir.

3.1.3.2. Yağış

Yerüstü ve yeraltı sularının beslenmesi için iklim koşulları ve bunun doğal sonucu olan yağış ve akış özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Ergene Havzası'na düşen en az yağış miktarı Ağustos ayında olup, havzaya düşen en çok yağış miktarı ise Aralık ayındadır. Ergene Havzası'nın yağış yoğunluğuna bakıldığında, bölgenin güney kısmında bulunan havzaların, bölgenin tümüne oranla daha yüksek yağış aldığı, bölgenin kuzey kısmında yer alan havzalarda ise ortalama yağış aldıkları görülmektedir. Bu havzalar Uzunköprü'nün aşağı kısmında Ergene Nehrine bağlanmaktadır. Sanayi artışının ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde yağış oranı daha da azalmaktadır [21].

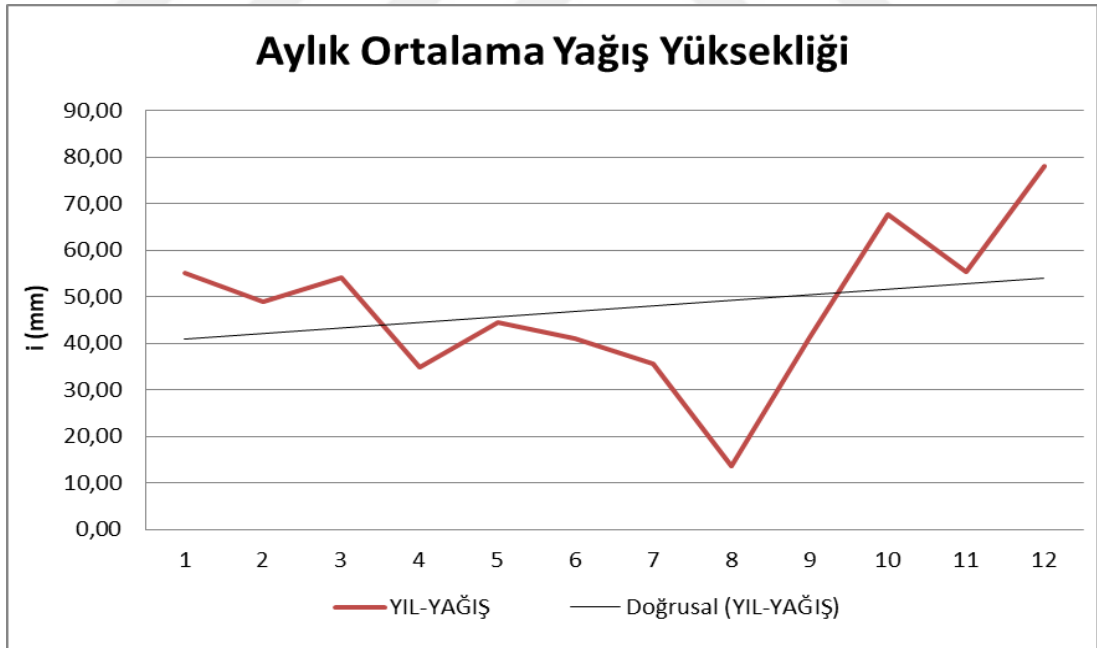
Ergene Bölgesi, ülkemiz genelindeki ortalama yağış yoğunluğunun üzerinde yağış almaktadır. Ülke geneli yağış miktarı 633 mm iken bu değer Ergene Havzası'nda 651 mm ye ulaşmaktadır. Havzanın kuzeydoğu bölümünde bulunan Saray İlçesi'nin

yüksek kısımları, Ergene Havzası'nın en çok yağış alan bölümüdür. Bu bölge aldığı yüksek yağışlardan dolayı Ergene Nehri'ni oluşturan kaynakları beslemektedir. Kış aylarında bölgeye düşen yağış miktarı bahar aylarından daha fazla olmaktadır. Bahar aylarında havzaya ortalama 45 mm/ay civarında yağış düşmektedir [21].

Yapılan ölçümler sonucu yağış miktarları değerlendirilirse,

- 1982 ve 1995 yılları arasında uzun süren kuraklık,
- 1995 ve 2000 yılları arasında kısa süren yağışlı dönem,
- 2000 yılı ve sonrasında ise tekrarlayan kuraklık dönemine geçilmiştir [21].

Son yıllarda Ergene Havzası'na düşen yağış miktarının belirgin şekilde azaldığı görülmüştür. Ergene Bölgesi'ndeki kar yağışı miktarlarına bakıldığında ise dağılımın eşit olmadığı görülmüştür. Kar yağışı ortalamasının yıllık miktarının 19,16 olduğu ve kar örtüsünün 78 cm ile en fazla süre yağış alan Uzunköprü Bölümü'nde olduğu saptanmıştır [21].



Şekil 3.4. 1994-2014 Yılları Arasındaki Yağış Değerleri

1994-2014 yılları arasında Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Lüleburgaz İstasyonu için alınan yağış değerleri Şekil 3.5.'te verilmiştir.

3.1.4. Arazi kullanımı, yerleşim ve nüfus

Ergene Havzası'nın büyük bir bölümü tarıma elverişli topraklardan oluşur, bu oran havzanın % 72,64'lik kısmını oluşturur. Sanayi alanları, göl yüzeyleri, yerleşim yerleri ve bitki örtüsü ise geri kalan alanı oluşturur. Bu oran ise havzanın %27,36'lık bölümünü kaplar. Havzanın büyük bir bölümü dağlık ve platoluk alan görünümüne sahiptir. Havzada, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün raporuna göre, sulama yapılabilecek alan miktarının 500.000 ha olması, buna rağmen bu alanın sadece 123.828 ha'lık kısmının sulandığını, sulama yapılan bölgede kullanılan su miktarının ise 1.202.380.000 m³/yıl olduğu saptanmıştır [22].

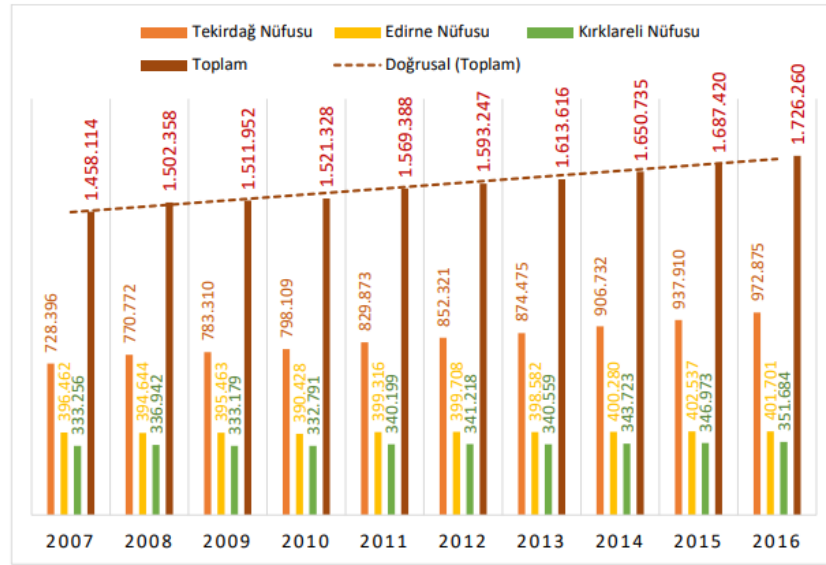
Ergene Bölgesi'nde sulu tarım yapılan alanların havzanın % 4,7'lik bölümünü oluşturduğu, kuru tarım yapılan alanların ise havzanın % 43,6'lık bölümünü oluşturduğu görülmektedir. Tarım alanlarındaki sulama sistemlerinin kolay yapılabilmesi için, eğim seviyesinin düşük olduğu akarsu bölümleri seçilmiştir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapımı sağlanan gölet ve barajlar bu bölgelerin sulama ihtiyaçlarını gidermektedir. Ayrıca, bölge halkı Ergene Nehri ve yan kollarından alınan sularla da sulama yapabilmektedir. Düşük eğimli bölgelerde pirinç tarlaları yer almaktadır [22].

Landsat uydu görüntüleri incelenerek 2000 yılı sonrası için Ergene Havzası'nın arazi kullanım sınıfları Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından belirlenmiştir. Tablo 3.2.'de Ergene Havzasının kullanım sınıflaması, yüzey alanı ve kullanım yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 3.2. Ergene Havzası arazi kullanım sınıfları [23].

Arazi Kullanım Sınıfı	Alanı (ha)	%
Bataklıklar	3.535	0,21
Bitki Değişim Alanları	24.604	1,46
Doğal Bitki Örtüsü	126.847	7,54
Doğal Çayırliklar	46.682	2,78
Endüstriyel Veya Ticari Birimler	8.455	0,5
Fundaliklar	56.931	3,38
Geniş Yapraklı Ormanlar	321.193	19,1
İğne Yapraklı Ormanlar	41.592	2,47
Karayolları, Demiryolları ve İstasyonlar	42	0
Karışık Ormanlar	32.518	1,93
Karışık Tarım Alanları	81.324	4,83
Kesikli Şehir Yapısı	30.894	1,84
Maden Çıkarım Sahaları	786	0,05
Meralar	43.409	2,58
Meyve Bahçeleri	207	0,01
Ormanla Karışık Tarım Alanları	13.235	0,79
Sahiller, Kumsallar, Kumluklar	510	0,03
Seyrek Bitkili Alanlar	16.606	0,99
Su Kütleleri	5.817	0,36
Su Yolları	1.209	0,07
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	732.549	43,6
Sürekli Şehir Yapısı	594	0,04
Sürekli Sulanan Alanlar	79.867	4,75
Üzüm Bağları	3.098	0,18
Toplam	1.682.008	100

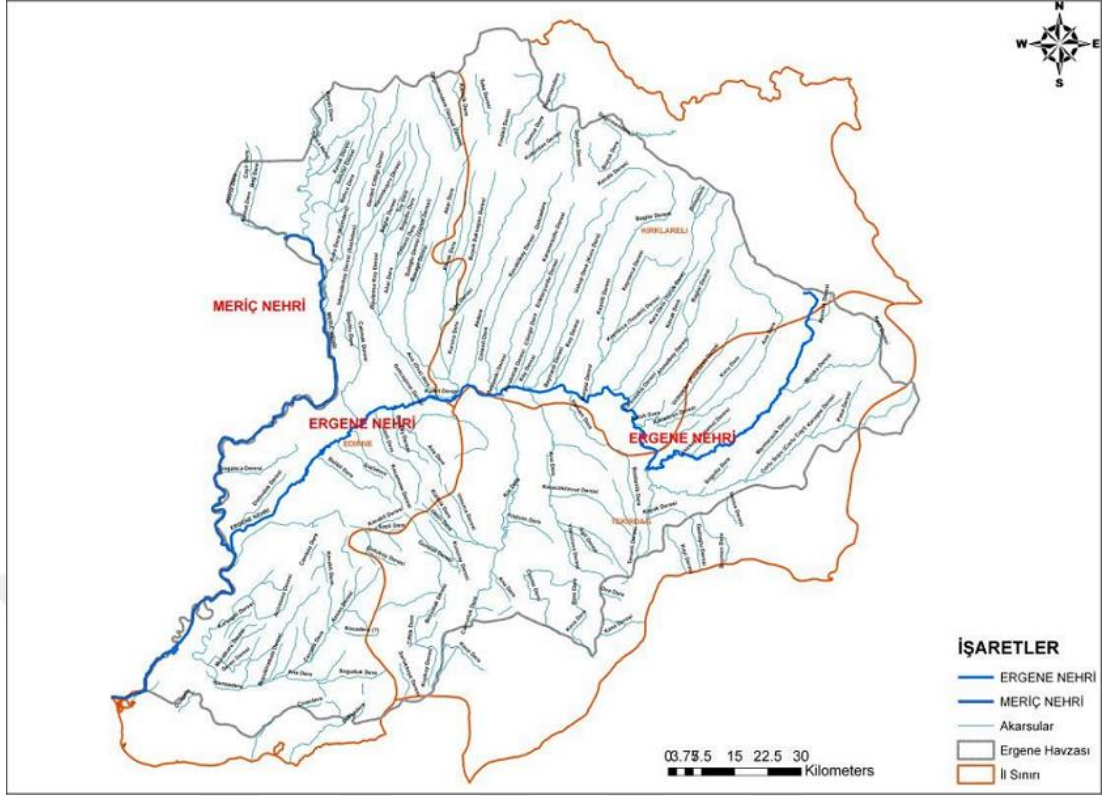
Bölgenin toplam nüfusunun 2012 yılında yapılan adrese dayalı nüfus sayımı sonuçlarına göre 1.250.000 kişi olduğu, Ergene Havzası'nın nüfusunun ise 890.242 kişi olarak bölge nüfusunun %71,22'sini oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu oran ülkemiz toplam nüfusunun %2'sini oluşturmaktadır [21]. Bölgesel olarak Edirne ve Kırklareli İllerinin nüfus yoğunluklarında azalmalar yaşanırken, Tekirdağ İlinin nüfus oranı içinde bulundurduğu güçlü sanayi bölgelerinden dolayı artış göstermektedir. Bu nüfus artışı Ergene Havzası'nda da artışa sebep olmaktadır. Ergene Havzası'ndaki nüfus değişimleri Şekil 3.6.'da verilmektedir [12].



Şekil 3.5. Ergene Havzası'ndaki nüfus değişimleri [12].

3.1.5. Ergene havzası su kaynakları

Ergene Nehri, Ergene Havzası'nın kuzeyinde bulunan Istranca Dağlarındaki Ergene kaynağından doğar, Ana Dere, Soğucak Dere, Poyralı Dere, Celaliye Dere birleşimi olan Lüleburgaz Çayını, Şeytan Dere, Çimenli Dere ile Süloğlu Dere, Çengelli Dere, Beşiktepe Dere, Hayrabolu Dere gibi büyük kolları alarak doğu –batı istikametinde akar Ergene Deresi kaynağından çıktıktan 91 km sonra İnanlı Köyü civarında bulunan Çorlu Deresi ile birleşerek Ergene Nehri adını alır [12]. Çorlu Deresiyle birleştikten 194 km sonra Edirne'nin Uzunköprü ilçesinin 40 km güneybatısı yakınında Meriç Nehri ile birleşir ve toplam uzunluğu 285 km'dir. Aşağıdaki Şekil 3.7.'de Ergene Nehri ve yan kolları görülmektedir.



Şekil 3.6. Ergene Nehri ve Yan Kolları [26].

BÖLÜM 4. YÖNTEM

4.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay Sinir Ağları, insan beyninin özelliklerinden öğrenme, öğrendiği şeylerden yeni bilgiler türetebilme, oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri dışardan bir destek almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir [28].

Yapay zeka çalışmaları sırasında gelişen YSA'lar, yapay zeka çalışmalarına destek olmaktadır. YSA'lar öğrenebilen sistemlerin temelini oluşturarak yapay zeka alanının bir alt dalını oluşturmaktadır. YSA'lar sinir sisteminin temel yapı taşı olan nöronları şekil ve görev olarak taklit ederek, bir biyolojik sinir sisteminin modellenmesi için oluşturulan programlardır. YSA'lar sayesinde insanoğluna özgü deneme, öğrenme ve üretme yeteneği bilgisayar ortamında da yapılabilir hale gelmiştir. Çeşitli avantajlar sunan ve ilerleyen zaman içerisinde gelişen bu teknolojiden günümüzde birçok alanda faydalanılmaktadır [29].

4.1.1. YSA'nın özellikleri

Yapay Sinir Ağları teknolojisi, insanlığın doğayı araştırma ve taklit etme çabalarının en son ürünlerinden bir tanesidir. Yapay Sinir Ağları, basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini taklit etmek için tasarlanan programlardır. Taklit edilen sinir hücreleri nöronlar içerirler ve bu nöronlar birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma becerisine sahiptirler [29]. Yapay sinir ağlarının basit anlamdaki tanımı ise beyinde var olan sinirlerin çalışma prensiplerinden esinlenerek, sistemlere öğrenme, bilgi edinme,

bilgiler arası bağlantı ve ilişki kurma, hatırlama gibi yetenekleri kazandırmayı amaçlayan bilgi algoritmalarıdır [30].

Aynı zamanda yapay sinir ağı, sayısal ortamda tasarlanan sinir ağı yaklaşımlarını tüm sistem için gerçekleştirebilir [28]. YSA'nın karakteristik özelliklerinin yanı sıra diğer özellikleri şu şekilde sıralanabilir [31].

- Bilinen klasik programlama yöntemlerine benzemez.
- Elde ettikleri bilgiyi saklarlar ve sonrasında bu bilgiyi kullanır.
- Eldeki verileri kullanarak yeni veriler oluşturur ve yeni verileri kullanarak başka veriler elde eder.
- YSA ne kadar iyi eğitilirse o kadar performansı yüksek olur ve güvenilirliği artar.
- Eldeki verilerle benzeri olmayan örnekler hakkında genelleme yapabilir,
- Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilir.
- Şekilleri birbiriyle ilişkilendirir ve bu şekilleri sınıflandırabilir.
- Kendi kendine öğrenebilir.
- Eldeki verilerden yeni tahminler yapabildiği için eksik verileri tahmin ederek çalışabilir.
- Hatayı algılayabilirler.
- Dereceli bozulma gösterirler.
- Veri girişi sadece nümerik yapılabilir.
- Doğrusal ve doğrusal olmayan her türlü problemin çözümünde kullanılmaları mümkündür [19].

4.1.2. YSA'ların sınıflandırılması

YSA'lar, sinir sisteminde olduğu gibi birbirleri ile bağlantılı işlemci birimlerden veya işlemci elemanlardan oluşurlar. Sinir hücreleri arasındaki bağlantıların yapısı ağın yapısını belirler. İstenilen hedefe ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceği öğrenme algoritması, yani operatör tarafından belirlenir. Kullanılan bir öğrenme

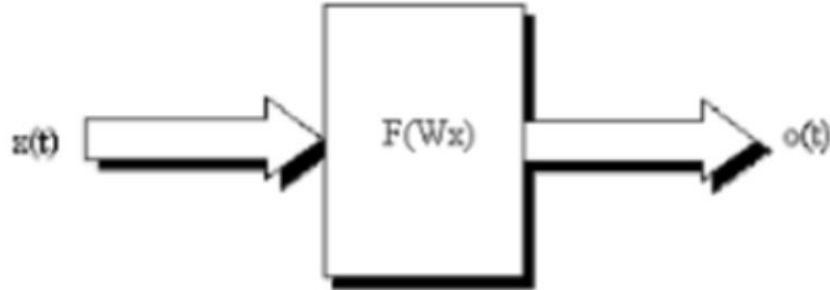
kuralına göre, hatayı sifira indirecek şekilde, ağın ağırlıkları değiştirilir. YSA'lar yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılırlar [31].

4.1.2.1. YSA'nın yapılarına göre sınıflandırılması

Yapay sinir ağları, yapılarına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olmak üzere iki farklı yapıda incelenmektedir.

4.1.2.1.1. İleri beslemeli ağlar

İleri beslemeli yapay sinir ağlarında, işlem birimleri elemanları arasındaki bağlantı girişten çıkışa doğru tek yönlüdür, döngü oluşturmaz. Giriş katmanına işlenen veri sonrasında ara katmanlardan geçerek çıkış katmanına gelir. İleri beslemeli ağlarda bağlar daha basit olduğu için girilen veriye çok hızlı karşılık üretilir [29]. Şekil 4.1.'de ileri beslemeli ağ için blok diyagramı yer almaktadır.

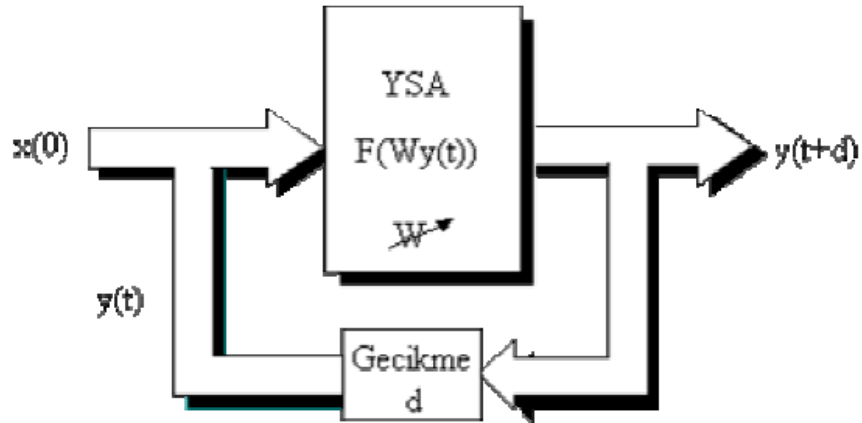


Şekil 4.1. İleri beslemeli ağ için blok diyagram [31].

4.1.2.1.2. Geri beslemeli ağlar

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında ileri beslemedeki durumun tersine işlem biriminden çıkan veri sadece kendinden sonraki katmana girdi olarak etki etmez, aksine kendinden önceki katmanda bulunan birimlere girdi yolladığı gibi kendi katmanındaki birimlere de girdi yollar. Geri beslemeli sinir ağlarının bu yapısı, sinir ağının dinamik bir davranış sergilemesine yarar. Aynı veriler kullanılarak farklı

davranış ve yapıda geri beslemeli sinir ağı oluşturulabilir [34]. Şekil 4.2.'de geri beslemeli ağı için blok diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4.2. Geri beslemeli ağı için blok diyagram [31].

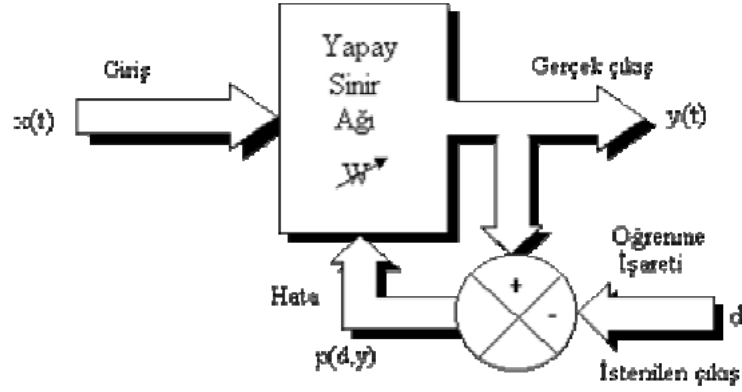
4.1.2.2. YSA'nın öğrenme yöntemlerine göre sınıflandırılması

Yapay sinir ağları tasarlanırken, insan beyninin nöron yapısı taklit edilerek, öğrenme ve yorum yapabilme özelliğimizi bilgisayarlar tarafından yapılabilmesi düşünülmüştür. Duyu-veri işleme, sınıflandırma ve bunun gibi konularda geleneksel yöntemler ve bilgisayarlar yetersiz kalır. YSA'larla bu konularda daha iyi sonuçlar elde edilebilir ancak YSA'lara çok fazla veri girişi yapılması ve geliştirilen algoritmalarla YSA'ların eğitilmesi gerekmektedir. Öğrenmek, gözlemlenen olay sonrasında eğitime ve davranışta meydana gelen değişiklik olarak tanımladığımızda; ağı girilen verilere ve öğrenme metoduna göre farklı sonuçlar elde edilebilir. Genel olarak üç farklı öğrenme metodu ve bunlara bağlı öğrenme kuralları vardır [33].

4.1.2.2.1. Danışmanlı öğrenme

Danışmanlı öğrenme yapılırken ağı veri girişi yapılırken örnek veriler ve çıktı verileri (hedef veri) beraber girilir. Ağı çıktı verileri ile hedef veriler kıyaslanarak hata payı hesaplanır ve girdi verilerinin ağırlıkları bu hata payına göre değiştirilir. Hata payı hesaplanırken her birime düşen hata payı ayrı ayrı hesaplanır ve sonrasında

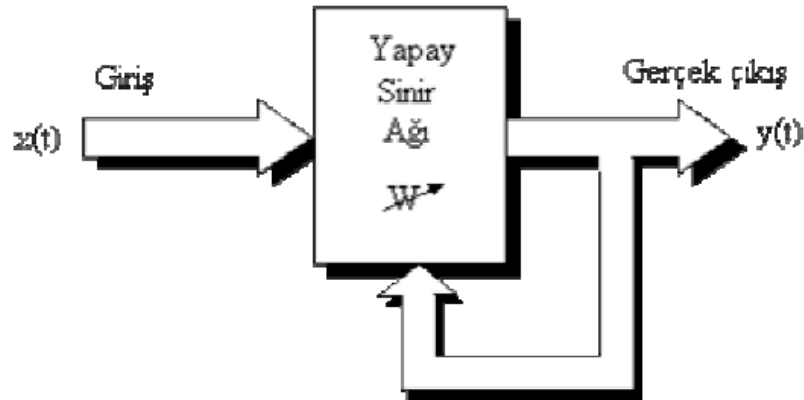
her birim kendi ağırlığını günceller. Çok katmanlı algılayıcı bu öğrenmeyi kullanan bir örnektir [34]. Şekil 4.3.'de danışmanlı öğrenme yapısı yer almaktadır.



Şekil 4.3. Danışmanlı öğrenme yapısı [31].

4.1.2.2.2. Danışmansız öğrenme

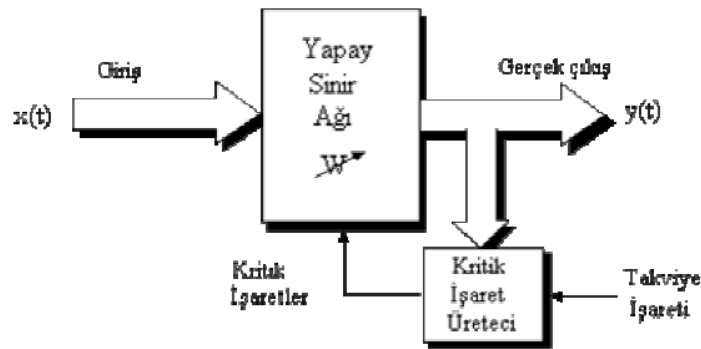
Danışmansız öğrenme yapılırken ağı veri girişi yapılırken çıktı verileri(hedef veri) girilmez, sadece örnek veriler girilir. Örnek verileri arasındaki ilişkiden sistemin kendi kendine öğrenmesi beklenir. Girişte verilen bilgilere göre her örneğin sınıflandırmasını yapacak şekilde kendi kurallarını oluşturur. Daha sonra ağ bağlantı ağırlıklarını, aynı özelliklerde sonuçlar çıkaracak şekilde kendisi ayarlar. Sistemin öğrenmesi bittiğinde çıktıların etiketlenmesi kullanıcı tarafından yapılır [35]. Şekil 4.4.'de danışmansız öğrenme yapısı yer almaktadır.



Şekil 4.4. Danışmansız öğrenme yapısı [31].

4.1.2.2.3. Takviyeli öğrenme

Takviyeli öğrenme yapılırken bir öğretici yardımına gerek vardır. Her girdi için hedef veri göstermek yerine, sisteme gösterilen verilere karşılık çıktı üretmesi beklenir. Çıkan verilerin doğru veya yanlış olduğunu üretilen bir sinyal ile takip eder ve süreci devam ettirir [31]. Şekil 4.5.'da takviyeli öğrenme yapısı yer almaktadır.



Şekil 4.5. Takviyeli öğrenme yapısı [31].

4.1.3. YSA'da öğrenme kuralları

Kullanılan çok fazla öğrenme algoritması vardır. Bu algoritmaların çoğu matematiksel tabanlıdır ve ağırlıkların güncelleştirilmesi için kullanılır. YSA mimarisine ve sorunun özelliğine göre farklılık gösteren algoritmaların temelinde dört kural vardır. Yapay sinir ağlarında kullanılan bu öğrenme kurallarının çoğu Hebb kuralına dayanmaktadır [28].

Hebb kuralı, diğer öğrenme kurallarının temelini oluşturan en eski kuraldır. 1949 yılında geliştirilen bu kurala göre, her bir YSA elemanı diğer bir elemandan bilgi alıyorsa ve her iki YSA elemanı da aynı özellikteyse (aktif veya pasif), her iki eleman arasındaki bağlantı daha da kuvvetlendirilmelidir ve böylece iki eleman arasındaki ağırlık artar. Yani bir YSA elemanı kendisi aktif ise iletişim kurduğu eleman aktif yapmaya, pasif ise pasif yapmaya çalışmaktadır. Diğer öğrenme kurallarının temelinde bu anlayış vardır [28].

Hopfield Kuralı'nın ise temeli Hebb kuralına dayanmaktadır. Bu kuralda YSA elemanları arasındaki bağlantılarının ne kadar kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması gerektiği belirlenir. Beklenen çıktı verisi ve girdi verisinin aktiflik/pasiflik durumuna göre öğrenme katsayısı kadar ağırlık değerlerinin kuvvetlendirilmesine / zayıflatılmasına karar verir. Yani, ağırlık değerlerinin kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması öğrenme katsayısına bağlıdır. Öğrenme katsayısı genel olarak 0-1 arasında kullanıcı tarafından atanan pozitif bir değerdir [28].

Delta Kural ise Hebb kuralının daha geliştirilmiş şeklidir. Hedef çıktı ile gerçekleşen çıktı verisi arasındaki farklılığı azaltmak için YSA elemanlarının bağlantılarının ağırlık değerlerinin sürekli değiştirilmesi gereklidir. Buradaki amaç çıktı verisi ile hedef çıktı arasındaki farkın kareleri ortalamasının en aza indirmektir [28].

Kohonen Kuralına göre de; YSA elemanları arasında ağırlıklarını değiştirmek için birbirleri arasında bir yarış vardır. En büyük çıktıyı üreten YSA elemanı yarışı kazanır ve kendisinin ve komşu elemanların bağlantı ağırlıkları değiştirmeye hak kazanır. Bu, yarışı kazanan elemanın yakınındaki elemanlara karşı daha güçlü konuma gelmesi anlamına gelir. Hem kazanan, hem de komşuları sayılan elemanların ağırlıklarını değiştirmesine izin verilmektedir [28].

4.1.4. YSA'da öğrenme algoritmaları

Yapay sinir ağları analizlerinde kullanılan öğrenme yeteneklerinden bazıları aşağıda açıklanmıştır, bunlar; Geri Yayılım (BP-Back Propagation), Eşleştirmeli Eğitim (CG-Conjugate Gradient) ve Ölçekli Eşleştirmeli Eğitim (SCG-Scaled Conjugate Gradient) ve Levenberg-Marquardt (LM) 'dir.

4.1.4.1. Geri Yayılım (BP)

Geri yayılım algoritması, öğrenme kapasitesinin iyi olması, uygulanabilirliği ve anlaşılabilirlik açısından kolaylık sağladığı için en çok kullanılan algoritmadır. Çıkıştan girişe (geriye doğru) doğru hataları azaltmaya çalıştığı için bu şekilde

isimlendirilir. Geri yayılım algoritmasında prensip, giriş setine karşı oluşması gereken çıkışlar için gerekli ağırlıkların ayarlanmasıdır. İterasyon süresinde, hata oranını azaltacak şekilde sinir ağının ağırlık oranlarını tekrar revize eder, sinir ağının çıkış seti ve hedeflenen veri arasındaki hata oranını hesaplar [6].

4.1.4.2. Eşleştirmeli eğim (CG – Conjugate Gradient) ve ölçekli eşleştirmeli eğim (SCG – Scaled Conjugate Gradient)

Eşleştirmeli eğim algoritmasında iterasyon bitiminde sinir ağı ağırlıklarının düzenlenmesi, hata ortalamasının hesaplanmasından sonra yapılır. Eşleştirmeli eğitim algoritmalarından biri olan ölçekli eşleştirmeli eğitim de, arama işlemi bir doğrultu üzerinde işlemediği için daha kolay sonuçlanır ancak diğer algoritmalara göre iterasyon sayısı çok fazladır [5].

4.1.4.3. Levenberg – Marquardt (LM)

Sinir ağlarının öğrenme aşamalarında kullanılan bir yöntemdir. Geri yayılım algoritması çok tercih edilmesine rağmen sonuca daha yavaş yaklaşması bakımından çeşitli dezavantajlar oluşturmaktadır [3]. LM algoritmasının sonuca ulaşma hızı yüksek olduğundan geri yayılım algoritmasına göre daha kullanışlıdır ancak LM algoritmasının bellek gereksinimi çok fazladır. LM algoritması doğrusal olmayan ve değerleri gerçek olmayan problemlerde de kullanılır [4].

4.1.5. Eğitim ve test aşamaları

Hata payını en aza indirecek şekilde YSA model oluşturmak temel amaçtır. Ancak hata payının çok düşük olduğu modelin başarıyla çalıştığı düşünülmemelidir. Bir YSA'nın başarısı o YSA'nın genelleme yeteneğine bakılarak anlaşılabilir.

YSA'ların eğitimi; eldeki girdi verileri ile çıktı verileri arasındaki ilişkiyi sağlamak amacıyla, ağırlık katsayılarının değiştirilmesi ile yapılır. Yani girdi verileri için sigmoid transfer fonksiyonu ile sağlanan değerlere karşılık, eldeki çıktı verileri ile ağ

çıktısı arasındaki farkın belirli bir değere düşünceye kadar ağırlık katsayılarının değiştirilmesiyle YSA'lar eğitilir [46]. Öğrenme fonksiyonu; ağın performansını ya da eğitim süresini artırır, fonksiyon değişkenleri her fonksiyon için ayrıdır. Döngü sayısı (İterasyon); eğitim sırasında kurulan senaryonun program tarafından kaç defa okutulacağı belirlenir. Öğrenmenin gerçekleşebileceği kadar fazla, aşırı öğrenmenin olmayacağı kadar az olmasına dikkat edilmelidir. Transfer fonksiyonu; her katmandaki modüllere gelen girdi verilerine hangi dönüşüm uygulanacağına karar verdiği fonksiyondur. Genellikle çıkış katmanlarında doğrusal fonksiyonlar kullanılır [47].

4.1.6. YSA'ların kullanım alanları

Yapay sinir ağları günümüzde geliştirilmiş en güncel ve en mükemmel örüntü tanıyıcı ve sınıflandırıcılardan sayılabilirler. YSA'ların eksik bilgi olmasına rağmen çalışabilmesi ve anormal verileri işleyebilme özelliklerinden dolayı mükemmel bir yapıya sahiptirler. YSA'lar çok sayıda verinin işlenmesi gereken durumlarda, çok iyi sonuçlar çıkartmaktadır [28].

Problemlerin YSA'larla çözülebilecek şekilde tanımlaması yapıldıktan sonra YSA ile çözülmektedir. Bu nedenle, günümüzde çok farklı alanlardaki problemler YSA ile çözümlenebilmektedir. Şimdiye kadar teknik alanda ve sosyal hayatta karşılaşılan binlerce örnekte verdikleri sonuçlarla başarılı oldukları kanıtlanmıştır. Tüm bunlara rağmen bütün problemlerin YSA ile çözmek çok doğru olmayabilir. Bir problemi çözebilmek için yeterli sayıda ve verimlilikte çözüm yöntemi varsa yapay sinir ağının kullanılmasının bir anlamı yoktur. Problemlerle ilgili verilerin olmaması durumunda YSA kullanmak daha uygun olacaktır. Bir problemin YSA ile çözülmesi için şu şartlardan birini gereklidir [28].

- Sadece yapay sinir ağları ile problemlere pratik çözümler üretebilme durumunun söz konusu olması gerekir.
- Başka çözüm yolları olmasına rağmen yapay sinir ağlarının daha kolay ve etkin çözümler üretilmesinin sağlanması gerekir [28].

Başarılı uygulamalar incelendiğinde yapay sinir ağlarının, doğrusal olmayan, çok boyutlu, karmaşık, kesin olmayan, eksik, kusurlu, hata olasılığı yüksek verilerin olduğu problemlerde ve problemin çözümü için matematik modelinin ve algoritmanın bulunmadığı durumlarda yaygın olarak kullanıldıkları görülmektedir. Başarılı YSA uygulamaları genelde şu temel fonksiyonları yerine getirir [28].

- Rastgele fonksiyon kestirimleri
- Sınıflandırma
- İlişkilendirme veya örüntü eşleştirme
- Zaman serileri analizleri
- Sinyal filtreleme
- Veri sıkıştırma
- Örüntü tanıma
- Doğrusal olmayan sinyal işleme
- Doğrusal olmayan sistem modelleme
- Optimizasyon
- Zeki ve doğrusal olmayan kontrol

YSA'lar teorik konulardaki uygulamaların yanı sıra, günlük hayatta karşımıza çıkan ekonomik konularda, mühendislik uygulamalarında ve tıp alanına kadar pek çok alandaki uygulamalardan bahsetmek mümkündür. Yapay sinir ağları uygulamalarının sınıflandırılması aşağıdaki şekilde yapılabilir [28].

- Endüstriyel uygulamalar
- Finansal uygulamalar
- Askeri ve savunma uygulamaları
- Sağlık uygulamaları
- Diğer alanlardaki uygulamalar

4.1.7. YSA'ların avantaj ve dezavantajları

4.1.7.1. YSA'ların avantajları

Yapay Sinir Ağlarının avantajları aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- Yapısının paralel olmasından dolayı katmanlar arasında zaman bağımlılığı yoktur, bu nedenle hız konusunda oldukça büyük üstünlük sağlamaktadır.
- YSA'larda her işlem elemanı, problemin tamamıyla değil, sadece kendini ilgilendiren parçasıyla ilgilenir ve problemin o parçasını işler. YSA elemanları yaptıkları işlemlerin çok basit olmasına rağmen, bu görev paylaşımı sayesinde çok karmaşık problemler kısa sürelerde çözülebilmektedir.
- YSA'lar değişken ile çalışabilmektedir.
- YSA'ların bir diğer özelliği de gerçek hayattaki doğrusal olmayan olayları da değerlendirebilmesidir.
- YSA'lar hataları anlayabilmekte ve bunları giderebilmektedirler. Eğitilmiş bir YSA'da bazı bağlarının ya da elemanların zarar görmesi ve etkisiz hale gelmesi YSA'nın doğru çıktılar vermesini çok fazla etkilemez.
- YSA'lar öğrenme yetenekleri sayesinde eldeki verileri değerlendirerek daha önce karşılaşmadığı durumlar için çözümler üretebilir.
- YSA'ların diğer bir önemli avantajı öğrenebilme yetenekleridir. Ağ yapısı, istenilen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemten aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenir.
- YSA elemanları problemin değişmesi veya daha uygun çözümlerinin yapılabilmesi için tekrar tekrar eğitilebilir [29].

4.1.7.2. YSA'ların dezavantajları

Yapay Sinir Ağlarının dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- YSA’da metot belirlerken ve model oluştururken herhangi bir kural yoktur. Bunlar operatörün tecrübesine bağlı olarak değişmektedir.
- Problemlerin YSA ile çözülmesi ve örneklerin tasarlanması için bir kural yoktur, problem sahibi kendi tecrübesine göre örnekleri formüle etmektedir, Bir problem için model değişik şekillerde tasarlanabilir ve her tasarımda farklı performans ve farklı sonuç elde edilebilir.
- Farklı sistemlere uyarlanması zor olabilir.
- Model oluşturulurken elemanların eğitilmesi çok uzun zamanlar alabilmektedir.
- Modelden çıkan sonuç için “optimum sonuçtur” denilemez. “İyi sonuçlardan birisidir” denilebilir, geleneksel yöntemlerde optimum çözüm üretilir.
- Örnek verilerin bulunmaması durumunda ve problemi tam yansıtmayan veriler kullanıldığında çözüm doğru olmamaktadır [28].

Literatür ve yöntem bölümünde bahsedilmiş hususlar dikkate alındığında, bu çalışmada, Ergene Nehri için su kalitesi parametreleri Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına ve Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri’ ne göre değerlendirilerek su kalite sınıfı belirlenecek ve birçok su kalitesi parametrelerinin farklı kombinasyonlarla girdi parametresi olarak kullanılacağı LM ve SCG yapay sinir ağı algoritmalarıyla COD’nin tahminine yönelik analizler gerçekleştirilecektir.

4.2. Akarsularda Kirlilik ve Su Kalite Standartları

4.2.1. Akarsularda kirlilik

Nehirler, insan ve ekosistemin hayatta kalması ve sağlığı için, su kaynakları sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Nehirler sulama, evsel su temini, endüstriyel kullanımlar ve bir havzadaki diğer amaçlar için en önemli su kaynaklarını oluştururlar ve nehirlerde meydana gelen kirlilik ciddi boyutlarda problemlere sebep olur. Kentli nehirlerin çoğu, kentleşme ve nehir kıyılarındaki sulama ve hayvancılık

faaliyetleri nedeniyle bozulmuştur. Nehir suyu kalitesinin sürekli olarak bozulması ile tarım ekonomisinin gelişimi, tahıl ve diğer mahsullerin kalitesi ciddi şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle, çevre koruma birimlerinin nehir suyu kalitesini gerçek zamanlı olarak etkin ve rahat bir şekilde izlemeleri çok önemlidir [36].

Akarsu ve okyanus ekosistem sayesinde kendi kendilerini temizlerler ancak akarsu ve denizlerde kirlilik seviyesinin artmasıyla ekosistem bozulur ve temizleme işlemi yapılamaz, su aşırı kirli hale gelmektedir. Bu durumdan bitkiler ve hayvanlar olumsuz yönde etkilenmekte, temiz su temini konusunda zorluklar yaşanmaktadır. Kirletilmiş suların arıtılması pahalı ve zor bir işlem olduğundan, su kaynaklarının özellikle de kaynaklarında korunması gerekmektedir [36].

4.2.2. Akarsu kirliliğinin neden olduğu sorunlar

Akarsu kirliliğinden kaynaklı sorunları 3 ana başlık altında değerlendirebiliriz.

Ekonomik yönden;

- Atıksı ve içme suyu arıtma tesisleri maliyetleri çok yüksektir.
- Sulama suyu olarak kullandığımız kirli sular, sulama yapılan alanın kirlenmesine ve verimin düşmesine neden olur.
- Suların kirlenmesiyle ekolojik denge bozulur ve su ürünlerinin verim ve kalitesinde azalış olur.
- Su kaynağının estetik olarak bozulması sebebiyle, turizm, su sporları ve dinlenme amacıyla yapılan aktivitelerin engellenmesine sebep olur [36].

Sağlık yönünden;

- Su kirliliği tek başına hastalık nedeni olabileceği gibi mevcut hastalıklarında yayılmasını kolaylaştıran bir kirlilik çeşididir. Kansere, kalp, kronik solunum yolu hastalıklarına yol açarken, gelişim bozuklukları ve bağışıklık sistemi rahatsızlıklarına da neden olabilmektedir.

- Tarım alanlarında zararlı böceklerle mücadele için kullanılan kimyasal ilaçların içindeki ağır metallerin akarsulara karışmasıyla, akarsularda nitrat oranını artırması ve bu nedenle çocuklarda ciddi rahatsızlıklar görülmesine neden olabilmektedir.
- Akarsu kirliliğine neden olan maddelerin canlılarda birikmesine ve besin piramidinde aşağıdan yukarı doğru sağlık sorunlarının oluşmasına neden olabilmektedir.
- Bitkilerin bünyesinde normalde de bulunan nikel maddesi, akarsulara karıştığında ve bitki bünyesine girdiğinde bitki yapısındaki miktarı önemli ölçüde artmaktadır. Bu tür bitkileri tükettiğimizde vücuda fazla nikel girmiş olur ve bu nedenle böbrek yetmezliği, karaciğer bozukluğu ve bazı kanser türlerinin meydana gelmesine neden olabilmektedir [36].

Ekolojik yönden;

- Yaşam alanlarında hijyeni sağlamak amacıyla kullanılan temizlik malzemelerinin karıştığı sular ve tarımda kullanılan gübrelerin karıştığı yer altı suları, göl ve akarsuları yaşam alanı olan canlıları olumsuz etkileyebilmektedir.
- Sulama suyu olarak kullandığımız kirli sular, sulama yapılan alanda yaşayan bitki ve hayvan çeşitliliğini azalmasına, ekolojik dengenin bozulmasına neden olabilmektedir.
- Kirli sular, tarımsal sulamada kullanılıncaya toprağın niteliğini bozar ve ürün verimini azaltmaktadır.
- Su yüzeyine yayılan kirletici maddeler suların atmosferle oksijen alışverişini zorlaştırması sonucu sudaki erimiş oksijen miktarı azalır. Böyle durumlarda su kalitesi düşer, canlıların yaşamaları için gerekli koşullar bozulmuş olur. Akarsulardaki toplu balık ölümleri bunun örneklerindedir.
- Su yüzeyine yayılan kirletici maddeler deniz kuşlarının yüzme olanaklarını etkileyebilir, kuşların yaşamlarını tehdit edebilmektedir [36].

4.2.3. Türkiye’de su kirliliğine sebep olan etkenler

Ülkemizde su kirliliğinin başlıca sebepleri,

- Sanayi,
- Şehirleşme,
- Nüfus artışı,
- Tarımsal ilaçlama.

Çevre kirliliği dendiğinde sanayinin rolü çok fazladır. Özellikle ülkemizde sanayi kuruluşlarının atıklarının su kirliliğine, dolayısıyla toprak ve bitki örtüsü kirliliğine neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca sanayi bölgelerine doğru yoğun göç ve ülke genelindeki nüfus artışının çok olması nedeniyle düzensiz kentleşmeye dolayısıyla su kirliliğine sebep olmuştur [37].

Tarımsal ilaçlamada kullanılan ilaçlardan veya pestisit üretimi yapan sanayi tesislerinin atıklarından da su kaynaklarımız kirlenmektedir. Yine tarımda kullanılan kimyasal gübrelerin aşırı kullanımıyla toprağa fazla gelen kısmının çevreye ve su kaynaklarına olumsuz etkileri vardır [37].

4.2.4. Su kalitesi

Kalitesini oluşturan su özelliklerinde küçük değişiklikler bile suya bağlı yaşamları ve endüstrileri tehlikeye atabilir. Nehirlerin ve göllerin su kalitesi insan ve ekonomik kalkınmanın merkezinde yer aldığından, su kalitesi seviyelerinin doğru olarak değerlendirilmesi ve tahmin edilmesi önem kazanmıştır. Su kalitesi değerlendirmesi, çevre koruma çalışmasının temelidir ve su çevre denetimi ve yönetiminin önemli bir parçasıdır. Su kalitesi, izleme verilerine dayalı olarak, belirli değerlendirme standartlarına ve değerlendirme yöntemlerine göre fiziksel, kimyasal ve biyolojik göstergeler aracılığıyla su kalitesi değerlendirmesini ifade eder. Su kalitesinin mevcut durumunu doğru bir şekilde yansıtmak için, su ortamını korumak ve sağlamak için, etki derecesini ve su kirliliğinin gelişme eğilimlerini anlamak

amacıyla su kalitesi faktörlerinin hem niteliksel hem de niceliksel değerlendirmelerine ihtiyaç vardır. Su kalitesi değerlendirmesinin özü, bir değerlendirme yönteminin seçimidir. Değerlendirme yönteminin rasyonelliği, su kalitesi değerlendirmesinin sonucunun güvenilir olup olmadığını belirlemektedir [40].

4.2.5. Akarsuların sınıflandırılması kriterleri

15.04.2015 tarihli ve 29327 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” ve 10.08.2016 tarihli ve 27797 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri”nde yapılan değişiklik yönetmeliği de göz önüne alınarak, Tablo 4.1.’de belirtilen “Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri”ne göre değerlendirilmiştir. Buna göre,

- a. I. Sınıf - Yüksek kaliteli su (I. sınıf su kalitesinde olması “Çok İyi” su durumunu ifade etmektedir.);
 - İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları,
 - Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,
 - Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
 - Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,
- b. II. Sınıf - Az kirlenmiş su (II. sınıf su kalitesinde olması “İyi” su durumunu ifade etmektedir.);
 - İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları,
 - Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,
 - Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
 - Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

- c. III. Sınıf - Kirlenmiş su (III. sınıf su kalitesinde olması “Orta” su durumunu ifade etmektedir.);
- Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,
- d. IV. Sınıf - Çok kirlenmiş su (IV. sınıf su kalitesinde olması “Zayıf” su durumunu ifade etmektedir.) [39].

Tablo 4.1. Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri [39].

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Genel Şartlar				
Sıcaklık ($^{\circ}$ C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
Renk (m^{-1})	RES 436 nm: $\leq 1,5$ RES 525 nm: $\leq 1,2$ RES 620 nm: $\leq 0,8$	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2,4 RES 620 nm: 1,7	RES 436 nm: 4,3 RES 525 nm: 3,7 RES 620 nm: 2,5	RES 436 nm: $> 4,3$ RES 525 nm: $> 3,7$ RES 620 nm: $> 2,5$
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (μ S/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
Yağ ve Gres	$< 0,2$	0,3	0,5	$> 0,5$
A) Oksijenlendirme Parametreleri				
Oksijen doygunluğu (%)	> 90	70	40	< 40
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	> 8	6	3	< 3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) (mg/L)	< 25	50	70	> 70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD ₅) (mg/L)	< 4	8	20	> 20
B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri				
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	$< 0,2$	1	2	> 2
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 3	10	20	> 20
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	$< 0,01$	0,06	0,12	$> 0,3$
Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	$< 0,5$	1,5	5	> 5
Toplam azot (mg N/L)	$< 3,5$	11,5	25	> 25
Orto fosfat fosforu (mg o-PO ₄ -P/L)	$< 0,05$	0,16	0,65	$> 0,65$
Toplam fosfor (mg P/L)	$< 0,08$	0,2	0,8	$> 0,8$
C) İz Elementler (Metaller) ve İnorganik Kirlilik Parametreleri				
Alüminyum (mg Al/L)	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	1	> 1
Arsenik (μ g As/L)	≤ 20	50	100	> 100
Bakır (μ g Cu/L)	≤ 20	50	200	> 200
Baryum (μ g Ba/L)	≤ 1000	2000	2000	> 2000
Bor (μ g B/L)	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000	> 1000
Cıva (μ g Hg/L)	$\leq 0,1$	0,5	2	> 2
Çinko (μ g Zn/L)	≤ 200	500	2000	> 2000
Demir (μ g Fe/L)	≤ 300	1000	5000	> 5000
Florür (μ g F ⁻ /L)	≤ 1000	1500	2000	> 2000
Kadmiyum (μ g Cd/L)	≤ 2	5	7	> 7
Kobalt (μ g Co/L)	≤ 10	20	200	> 200
Krom (μ g Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50

Tablo 4.1. (Devamı)

Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr/L}$)	≤ 20	50	200	> 200
Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	≤ 10	20	50	> 50
Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	≤ 100	500	3000	> 3000
Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	≤ 20	50	200	> 200
Selenyum ($\mu\text{g Se/L}$)	≤ 10	15	20	> 20
Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2 /\text{L}$)	≤ 10	≤ 10	50	> 50
Siyanür (toplam) ($\mu\text{g CN/L}$)	≤ 10	50	100	> 100
Sülfür ($\mu\text{g S}^- /\text{L}$)	≤ 2	5	10	> 10
Tehlikeli maddeler	Tehlikeli maddeler ve bu tabloda verilmeyen diğer kirleticiler konuyla ilgili ülke envanteri (referans değerler) oluşturulduktan sonra, 1 Ocak 2016'den itibaren değerlendirilecektir.			
D) Bakteriyolojik Parametreler				
Fekal koliform (Membran)	≤ 10	200	2000	> 2000
Toplam koliform (Membran)	≤ 100	20000	100000	> 100000

4.2.6. Ergene havzası su kirliliği verileri

4.2.6.1. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD_5)

Biyolojik oksijen ihtiyacı ya da biyokimyasal oksijen ihtiyacı bir suyun içinde bulunan oksijen miktarının, suda bulunan mikroorganizmalar tarafından ne kadar hızlı bir şekilde kullanıldığını tespit eder. Biyolojik oksijen ihtiyacı su verileri kriterleri arasında kirlilik derecesinin saptanması için en belirleyici kriterdir. Biyolojik oksijen ihtiyacı ölçümleri sonucunda, arıtılmış olan suların temizlik derecelerinin ya da bu suların kullanımı için yönetmeliklerdeki alt ve üst değerlerin sağlanıp sağlanmadığı öğrenilmiş olur [40]. Ölçümler için gerekli olan sıcaklığın 20°C olması ve 5 gün süreli olması gerekmektedir, bunun sonucunda çıkan değer BOD_5 olarak verilir. Biyolojik oksijen ihtiyacı ölçümleri için, ilk değer ve 5 gün sonucunda ölçülen oksijen değeri bulunur. Elde edilmiş olan fark ise tüketilen oksijen miktarıdır. Aşırı kirli sularda Biyolojik oksijen ihtiyacı değeri sıfır çıkar, bu suyun içindeki organik madde miktarının fazlalığı sebebiyle bunu parçalayabilecek mikroorganizma olmadığını kanıtlar [41].

4.2.6.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD)

Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), su kütlelerinde organik kirlenme derecesini temsil eden su kalitesini belirleyen kritik bir parametredir. Temel olarak, su örneklerinde

bulunan organik maddelerin oksidasyonu sırasında tüketilen oksidan miktarıdır. Organik maddelerin biyokimyasal reaksiyonlarla parçalanmadığı durumlarda potasyum dikromat veya potasyum permanganat gibi bileşikler aracılığıyla sudaki organik maddeler redoks reaksiyonu ile kimyasal yolla parçalanmış olur. Kimyasal oksidasyon ile maddenin biyolojik olarak çözünüp çözünmediğine veya çözünme hızına bakmadan tüm organik maddeler oksitlenir. Biyolojik yolla parçalanabilen organik bileşiklerden daha fazlası kimyasal yolla parçalanabilir yani COD değeri BOD₅ değerinden her zaman ya eşit ya da büyüktür. Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde BOD₅ testi çok başarılı olmadığı için COD testi kullanılır. Biyolojik olarak indirgenemeyen organik madde tayininde ve toksik durumların belirlenmesinde BOD₅ testleri yanında yapılan COD testleri oldukça faydalıdır [48].

4.2.6.3. Nitrit (NO₂ -N)

Nitritin temiz sularda bulunması toksik etki gösterdiği için, temiz sularda çok az miktarda bulunur ya da hiç bulunmaz, içme sularında bulunması ise kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Nitratlar, güneş ışığından ve bazı bakterilerden dolayı nitritlere dönüşürler. Nitritin bir ortamda sürekli olarak bulunmasının sebebi ise evsel atıklar ve sanayi atıklarından kaynaklı olabilmektedir [41].

4.2.6.4. Nitrat (NO₃ -N)

Nitratlar sulara genellikle topraklardan geçerler. Toprak içinde çürümüş halde bulunan bitkisel proteinlerin amino gruplarının sulara geçmesi sulardaki nitrat miktarının artmasına neden olur. Ancak sudaki nitrat miktarının fazlalığı sularda kirliliğin artışına sebep olur. Nitritler fazla oranda organik maddeler ile birlikteyse kirlilik daha da büyük hale gelir. Amonyak bazı bitki çeşitlerinde artışlara sebep olur, bu artış sularda istenmeyen kokulara sebep olur. Eğer söz konusu azot çeşitleri alıcı ortamda fazla miktarda bulunursa, ortamdaki organizmaların kullanımına maruz kalırlar, böylelikle söz konusu alanda alg patlaması yaşanır. Bu da oksijen azlığına neden olur [41].

4.2.6.5. Fosfat (PO_4)

Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur. Fosfat tarımda çok yüksek miktarlarda gübre olarak kullanılan bir maddedir. Bu sebeple sulama yapılan tarım bölgelerinde drene edilen sularda yüksek oranlarda fosfat bulunmaktadır. Ayrıca bazı temizlik malzemeleri de fosfat içermektedir [40]. Tarımda ya da evsel atıkların bulunmadığı sularda ki miktarı ise 1 mg/L'nin çok altındadır. Fazla miktarda fosfor bulunana arıtılma işlemine tabi tutulmamış atıksular ve sulama işleminden gelen sular, yüzeysel sularla karıştığında ötrofikasyona sebep olur ve alg patlaması yaşanır [41].

4.2.6.6. Sülfat (SO_4)

Sülfür minerallerinin su ile teması sonucu oksitlenmeleri ile bozulmaları sülfat iyonlarını oluşturur. Sülfatların büyük bir kısmı kayalardan çözülmemektedir. Doğal sularda ise yüksek miktarlarda bulunabilirler, yeraltı sularında ise jips ve anhidrit sülfatın ana kaynağını oluşturmaktadır [45]. Deri, selüloz, tekstil, sülfürik asit, metalürji endüstrisi atık suları, kükürt bulunan maden sahalarındaki drene edilen sular, doğal sularda bulunan sülfat miktarını artıran etkenlerdir [41].

4.2.6.7. pH

pH sudaki hidrojen iyonlarının yoğunluğunun ölçüsüdür. Sudaki asit ve baz dengesini gösterir. Sudaki pH 7'nin altındaysa asidik, pH 7'nin üzerindeyse bazik, pH 7 ise nötr olarak değerlendirilir. Doğada suyun pH'ı 6.0–8.5 arasında değişir, ama termal sularda düşük pH değerleri de görülebilir. Kirlenmemiş suların pH'ı kirletici maddeye ve bu maddenin miktarına göre değişkenlik gösterebilir [41].

Demir bakterilerinin üremesi pH'a bağlıdır. Uygun pH ortamında üremesi hızlanarak “kırmızı su” oluşumuna neden olur. Kükürt kirliliği olan sularda “çürük yumurta” kokusuna neden olan hidrojen sülfür gazının oluşumu pH 7.0'nin altında hızlanır [41].

Suların renk yoğunluğu pH'ın yükselmesi ile artar. Arıtma sırasında yapılan çökertme ve yüzdürme işlemlerinde pH değeri çok önemlidir ve bu işlem için pH değerinde ayarlama yapılır [41].

4.2.6.8. Sıcaklık (T)

Yüzey sularının sıcaklığını pek çok faktör etkiler. Sıcaklık, coğrafi konum, yaşanan mevsim, ölçümün yapıldığı saat, akım, derinlik, kirletici maddelere göre değişir. Yeraltı suları genellikle yüzey sularına göre daha yüksek sıcaklığa sahiptir [41].

Su sıcaklığı, sudaki fiziksel, biyolojik ve kimyasal süreçleri etkiler. Sıcaklığın artmasıyla kimyasal çözünürlük genellikle artar ve kirleticilerin sudaki canlı yaşamı üzerindeki etkilerini çoğaltır. Örnek olarak su sıcaklığının artmasıyla oksijenin suda çözünürlüğü azalırken balıkların oksijen ihtiyaçları artar [41].

Sularda yapılan sıcaklık ölçümleri, canlı yaşam takibi ve su kimyası hesaplamaları için önem taşır [41].

4.2.6.9. Alkalinite (m-Al)

Suların alkalitesi, içeriğindeki çözülmüş olan maddelerin asitlerle tepkimeye girme ve nötralleşme kapasitesidir [49]. Doğal sularda bulunan zayıf asit tuzları suların alkalinitesini oluşturur, zayıf asit tuzlarından bikarbonatlar alkalitenin en önemli şeklini oluştururlar. Toprakta bulunan bazı maddelerle karbondioksitin etkileşimi sonucu sularda bikarbonatlar oluşur. Zayıf asit tuzlarından olan borat, fosfat ve silikat gibi tuzlarda doğal sularda eser miktarda bulunurlar. Doğal sular bazı durumlarda, özellikle de alglerin üremeye elverişli olduğu yüzeysel sularda, dikkate alınabilecek ölçülerde karbonat ve hidroksit alkalitesi içerir. Sularda bulunan algler, serbest ve iyonize karbondioksit miktarını yok eder ve bunun neticesinde suyun pH miktarı 9 ila 10 değerlerine kadar yükselir. Karbondioksitin yok olması ile birlikte suyun pH değeri artış gösterir ve pH değerindeki artış ise alkalinite şeklini değiştirir [48].

Suyun alkalinitesini etkileyen birçok madde vardır. Doğal sulara ise pH değerinin yüksekliğine göre alkalinitenin en önemli kısmı aşağıdaki üç maddeden dolayıdır, bunları;

- Hidroksitler
- Karbonatlar
- Bikarbonatlar

Şeklinde gruplandırabiliriz. Pratik uygulamalarda ise doğal sulara diğer maddelerden dolayı oluşan alkalinite önemli değildir ve ihmal edilebilir ölçülerdedir. Alkalinite insan sağlığı açısından çok fazla önem arz etmez [48].

4.2.6.10. Toplam çözünmüş katılar (TDS)

Su kaynağında bulunan askıdaki ve çözünmüş haldeki maddeler toplam çözünmüş katıları oluşturur. Suda bulunan askıdaki katılar filtre edilemeyen katı maddelerden oluşurlar. Sudaki çözünmüş maddeler, su içinde eser miktarda bulunan organik madde ve anorganik tuzların var olmasıyla ilişkilidir. Çözünmüş maddeler, karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum iyonlarını içerir. Su kaynaklarında tespit edilen katı maddelerin tamamına yakını çözünmüş haldedir ve bunların büyük bir kısmı anorganik tuzlardır. Toplam çözünmüş katı madde varlığı genel olarak iletkenlikle bağdaştırılarak sudaki iyon yükünün, tuzluluğun ve su kirliliğinin yorumlanmasında kullanılır. Toplam çözünmüş katı madde miktarına göre su sınıflandırması, 0 – 1000 mg/l ise tatlı su, 1000 mg/l – 10.000 mg/l ise acı su, 10.000 mg/l – 100.000 mg/l ise tuzlu su, 100.000 mg/l' den fazla ise deniz suyu olarak belirlenmiştir [50].

4.2.6.11. Amonyum azotu (NH₄ -N)

Amonyak azotu pH değerinin 9'dan küçük olduğu sulara iyonik form halinde, NH₄ -N şeklinde bulunur. Amonyum, suda çok düşük oranda bulunduğu için suda ki canlılar açısından değerli bir azot kaynağıdır. Azotlu organik bileşiklerin bozulması

sonucu amonyum oluşur. Evsel atık sularda 10-20 mg/L, yüzeysel sularda 0,1-1.0 mg/L arasında amonyak azotu bulunmaktadır. Sudaki amonyak azotu varlığı suyun yeni kirlendiğini gösterir. Sudaki amonyak miktarı 0,2-20 mg/L aralığında olduğunda balıklar için tehlikelidir [40].

4.2.6.12. Elektriksel iletkenlik (EC)

Elektriksel İletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kabiliyetinin sayısal olarak ifade edilebilmesidir. Elektriksel iletkenlik, sularda bulunan iyonların derişimlerine, hareket kabiliyetlerine ve ölçüm sıcaklıklarına bağlıdır. Sularda bulunan iyon miktarını yaklaşık olarak bulmak için iletkenliği ölçülebilir. Ayrıca sudaki iletkenlik miktarı 0,55-0,70 arasında bir değerle çarpılırsa suyun tuzluluk miktarı da tayin edilebilir [44]. Sudaki sıcaklık miktarının yükselmesi elektriksel iletkenliği artırır. Elektriksel iletkenlik değeri, doğal halde bulunan sularda 50 – 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişir aynı zamanda yüzey suları ile yeraltı sularının elektriksel iletkenlik miktarları da birbirlerinden farklıdır. Kirleticilere maruz kalmış sularda elektriksel iletkenlik miktarı 4500-5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerlerinde olabilmektedir ve bu miktara bağlı olarak suyun tuzluluk oranı ve kimyasal oksijen ihtiyacı oranı da artış göstermektedir [41].

4.2.6.13. Çözünmüş oksijen (DO)

Atmosferde bulunan oksijenin bir miktarı da sularda çözünmüş olarak bulunmaktadır. Oksijen, dünya üzerinde yaşamın temelini oluşturduğu gibi sularda da yaşamın devamlılığı için en temel yapı taşıdır [40]. Çözünmüş oksijen miktarı su kirliliğini etkileyen çok önemli bir faktördür. Atmosferdeki oksijenin basıncına, suyun sıcaklık derecesine ve sulardaki minerallerin yoğunluğuna göre değişiklik gösteren sudaki oksijen miktarının kirli sularda hızla azaldığı görülmüştür. Sudaki oksijen miktarı sıcaklığın artışı ile azalır, tuzluluk ve basınçla artar [44]. Çözünmüş oksijen miktarı, biyolojik oksijen ihtiyacı içinde önemlidir. Sudaki oksijen kullanımı ve oksijen girişi arasında eşitlik varsa, biyolojik dengeden bahsedilebilir. Çözünmüş oksijen miktarının bulunmasında, Winkler metodu ve iyodometrik yöntemler en çok kullanılan metotlardır [41].

4.2.6.14. Potasyum permanganant (pV)

Akarsu ortamında asidik koşullar altında potasyum permanganant tarafından oksitlenebilen atık malzemenin konsantrasyonunu temsil eder. COD'de olduğu gibi oksitleyici bir ajanın ve asidik koşulların kullanılması doğal sularda meydana gelen organik malzemenin kimyasal ve mikrobiyal oksidasyonunu hızlandırmak için kullanılır. Permanganant değerleri su kalitesini ölçmek için doğrudan kullanılabilir veya COD ve BOD₅ değerlerinin tahminini sağlamak için kullanılabilir [27].

4.2.6.15. Toplam sertlik (TH)

Suyun sertliği suda çözülmüş olarak bulunan kalsiyum ve magnezyumun, kalsiyum karbonat cinsinden toplam konsantrasyonları şeklinde tanımlanır. Bu iki iyonun oluşturduğu sertlik oranı toplam sertlik olarak kabul edilebilir. Su sertliğinin artmasına neden olan Ca₂⁺, Mg₂⁺ iyonları insan sağlığını olumlu yönde etkilemesine rağmen su kalitesini olumsuz yönde etkiler. [18]

4.2.6.16. Askıda katı madde (SS)

Sudaki çökebilir ve çökemeyen katı maddelerdir. Kaya tanecikleri, sedimentler, kil veya çamur ve planktonlardan oluşur. Sudaki askıda katı madde miktarının artması suyun bulanıklaşmasına, yoğunlaşmasına, toksit etki göstermesine ve suda bulunan oksijenin de azalmasına sebep olur ve sonuç olarak su ekosistemine zarar verir. Belli bir oranın üzerine çıktığında fiziksel olarak su kirliliğine sebep olur. Doğal sularda güneş ışığı geçirgenliğini azaltır, yatak diplerinde birikinti oluşmasına neden olur [56].

BÖLÜM 5. UYGULAMA

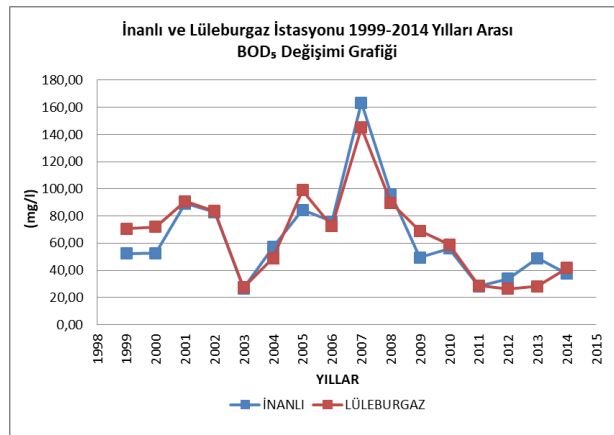
5.1. Su Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, su kalitesi sınıflamaları için Ergene Nehri üzerinde bulunan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ait İnanlı ve Lüleburgaz ölçüm istasyonlarına ait 1999-2014 yılları arasındaki aylık BOD₅ , Ca²⁺ , Mg²⁺ , Na⁺ , Cl⁻ , COD, NO₂ -N, NO₃ -N, PO₄ , SO₄ , pH, T, M-Al, TDS, NH₄ -N, EC, DO, pV, TH, SS su kalitesi parametreleri kirlilik sınıflaması için ele alınmıştır.

5.1.1. İstasyon verileri

İnanlı ve Lüleburgaz istasyonlarına ait 1999-2014 yılları için BOD₅ , Ca²⁺ , Mg²⁺ , Na⁺ , Cl⁻ , COD, NO₂ -N, NO₃ -N, PO₄ , SO₄ , pH, T, M-Al, TDS, NH₄ -N, EC, DO, pV, TH, SS değerlerinin değişim grafikleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

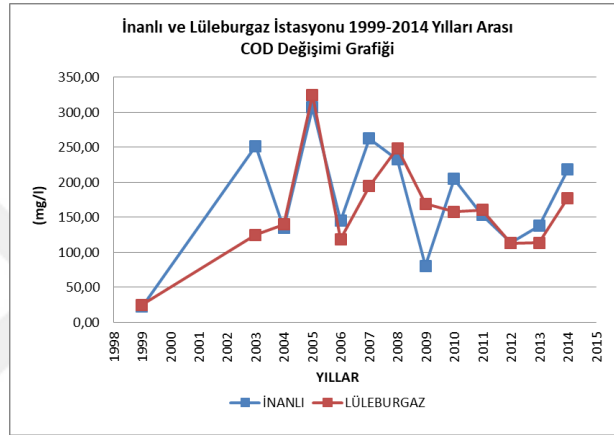
5.1.1.1. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD₅)



Şekil 5.1. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası BOD₅ Değişimi Grafiği

Şekil 5.1.'deki değerler incelendiğinde, BOD₅ değerinin ortalama 65,22 mg/l olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından değerlendirildiğinde, BOD₅ değerini için nehrin 4.Sınıf Çok Kirlenmiş Su (Zayıf su) olduğu görülmektedir.

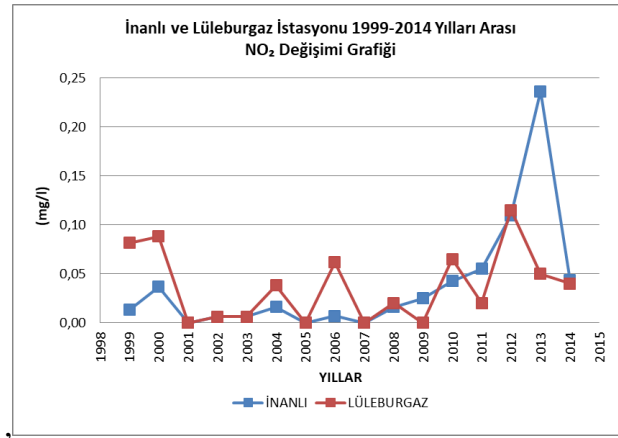
5.1.1.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD)



Şekil 5.2. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası COD Değişimi Grafiği

Şekil 5.2.'deki değerler incelendiğinde, COD değerinin ortalama 166,68 mg/l olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından değerlendirildiğinde, COD değerini için nehrin 4.Sınıf Çok Kirlenmiş Su (Zayıf su) olduğu görülmektedir.

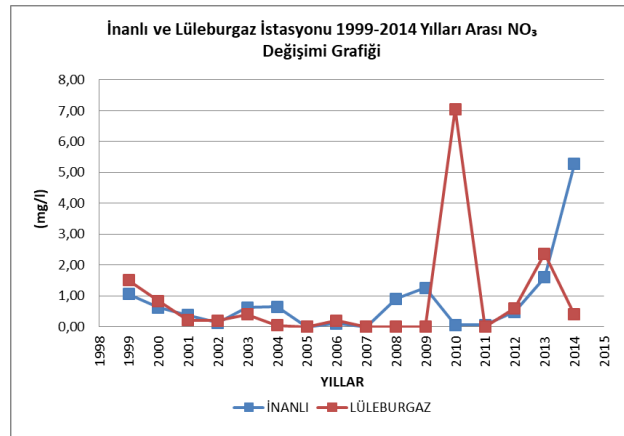
5.1.1.3. Nitrit (NO₂ -N)



Şekil 5.3. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası NO₂ -N Değişimi Grafiği

Şekil 5.3.'deki değerler incelendiğinde, NO₂ -N değerinin ortalama 0,04 mg/l olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından değerlendirildiğinde, NO₂ -N değerini için nehrin 2.Sınıf Az Kirlenmiş Su (iyi su) olduğu görülmektedir.

5.1.1.4. Nitrat (NO₃ -N)

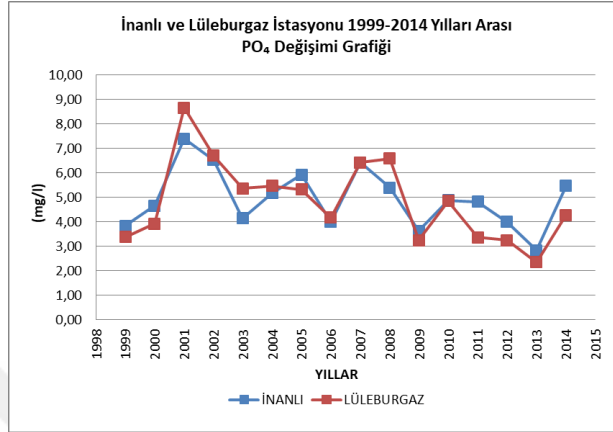


Şekil 5.4. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası NO₃-N Değişimi Grafiği

Şekil 5.4.'deki değerler incelendiğinde, NO₃ -N değerinin ortalama 0,84 mg/l olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından

değerlendirildiğinde, NO_3 -N değerini için nehrin 1.Sınıf Yüksek Kaliteli Su (Çok iyi su) olduğu görülmektedir.

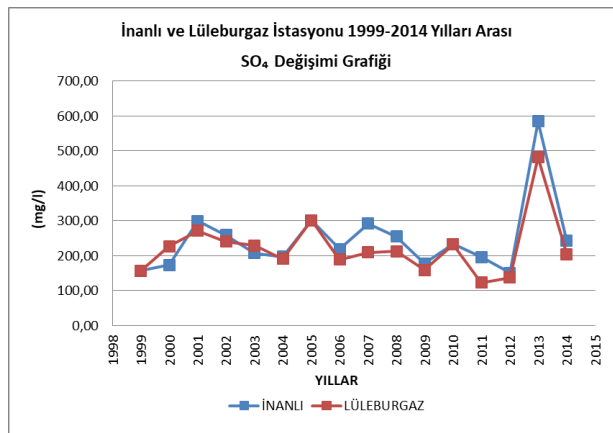
5.1.1.5. Fosfat (o-PO_4)



Şekil 5.5. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası PO_4 Değişimi Grafiği

Şekil 5.5.'deki değerler incelendiğinde, o-PO_4 değerinin ortalama 4,89 mg/l olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından değerlendirildiğinde, PO_4 değerini için nehrin 4.Sınıf Çok Kirlenmiş Su (Zayıf su) olduğu görülmektedir.

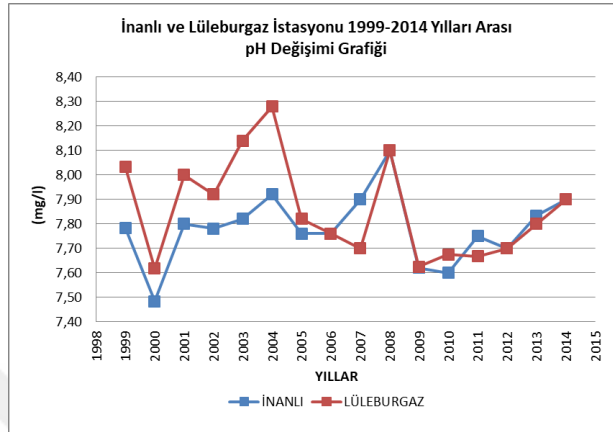
5.1.1.6. Sülfat (SO_4)



Şekil 5.6. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası SO_4 Değişimi Grafiği

Şekil 5.6.'daki değerler incelendiğinde, SO_4 değerinin ortalama 243,93 mg/l olduğu saptanmıştır.

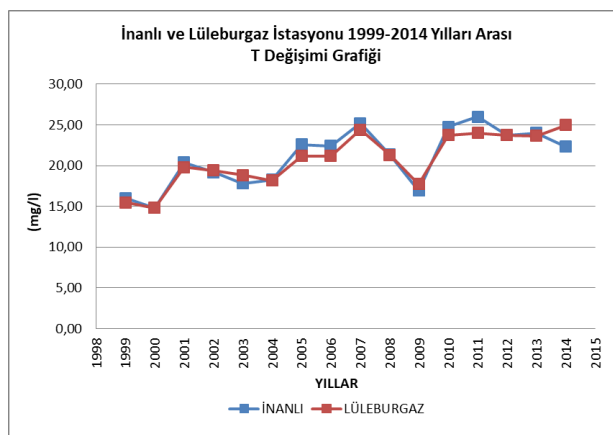
5.1.1.7. pH



Şekil 5.7. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası pH Değişimi Grafiği

Şekil 5.7.'deki değerler incelendiğinde, pH değerinin ortalama 7,82 olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından değerlendirildiğinde, pH değerini için nehrin 3.Sınıf Kirlenmiş Su (Orta su) olduğu görülmektedir.

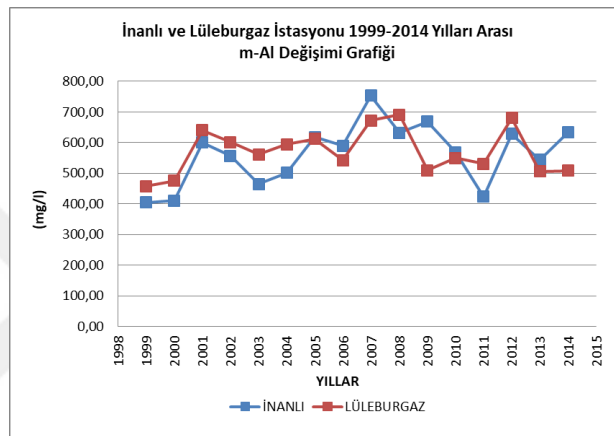
5.1.1.8. Sıcaklık (T)



Şekil 5.8. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası T Değişimi Grafiği

Şekil 5.8.'deki değerler incelendiğinde, T değerinin ortalama $20,89^{\circ} \text{C}$ olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından değerlendirildiğinde, T değerini için nehrin 1.Sınıf Yüksek Kaliteli Su (Çok iyi su) olduğu görülmektedir.

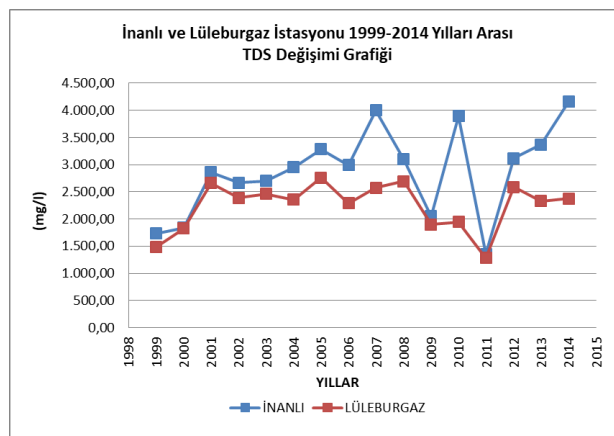
5.1.1.9. Alkalinite (m-Al)



Şekil 5.9. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası M-AL Değişimi Grafiği

Şekil 5.9.'daki değerler incelendiğinde, m-Al değerinin ortalama $556,50 \text{ mg/l}$ olduğu saptanmıştır.

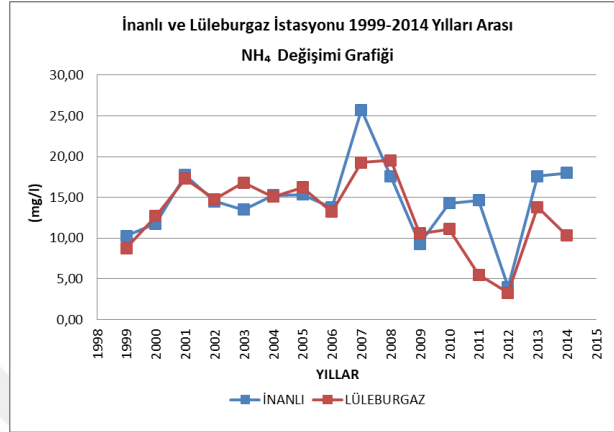
5.1.1.10. Toplam Çözünmüş Katılar (TDS)



Şekil 5.10. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası TDS Değişimi Grafiği

Şekil 5.10.'daki değerler incelendiğinde, TDS değerinin ortalama 2561,68 mg/l olduğu saptanmıştır.

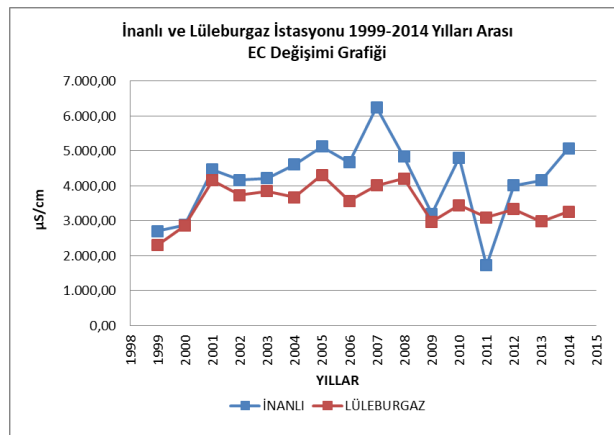
5.1.1.11. Amonyum Azotu (NH₄ -N)



Şekil 5.11. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası NH₄-N Değişimi Grafiği

Şekil 5.11.'deki değerler incelendiğinde, NH₄ -N değerinin ortalama 13,80 mg/l olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından değerlendirildiğinde, NH₄ -N değerini için nehrin 4.Sınıf Çok Kirlenmiş Su (Zayıf su) olduğu görülmektedir.

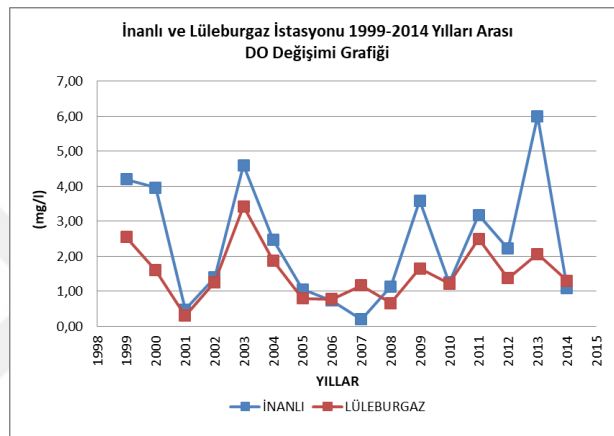
5.1.1.12. Elektriksel İletkenlik (EC)



Şekil 5.12. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası EC Değişimi Grafiği

Şekil 5.12.'deki değerler incelendiğinde, EC değerinin ortalama 3834,80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından değerlendirildiğinde, EC değerini için nehrin 4.Sınıf Çok Kirlenmiş Su (Zayıf su) olduğu görülmektedir.

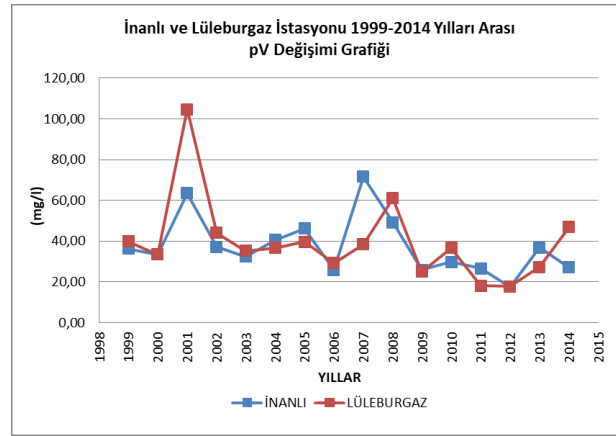
5.1.1.13. Çözünmüş Oksijen (DO)



Şekil 5.13. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası DO Değişimi Grafiği

Şekil 5.13.'deki değerler incelendiğinde, DO değerinin ortalama 1,94 mg/l olduğu saptanmıştır. Bu değer Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine açısından değerlendirildiğinde, DO değerini için nehrin 4.Sınıf Çok Kirlenmiş Su (Zayıf su) olduğu görülmektedir.

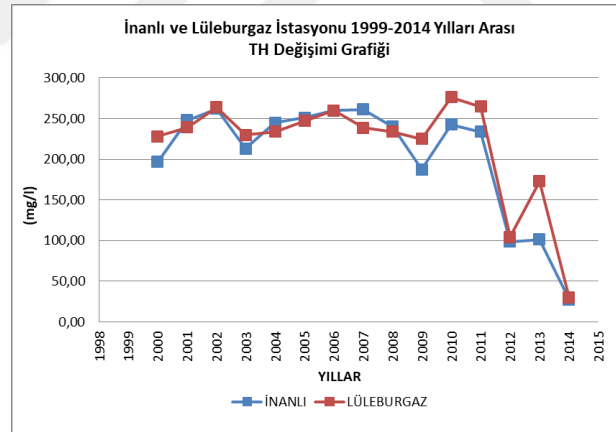
5.1.1.14. Permanganat Değeri (pV)



Şekil 5.14. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası pV Değişimi Grafiği

Şekil 5.14.'deki değerler incelendiğinde, pV değerinin ortalama 38,56 mg/l olduğu saptanmıştır.

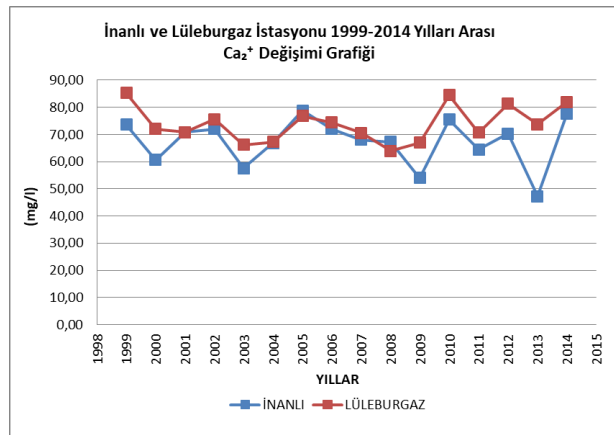
5.1.1.15. Toplam Sertlik (TH)



Şekil 5.15. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 2000-2014 Yılları Arası TH Değişimi Grafiği

Şekil 5.15.'deki değerler incelendiğinde, TH değerinin ortalama 210,58 mg/l olduğu saptanmıştır.

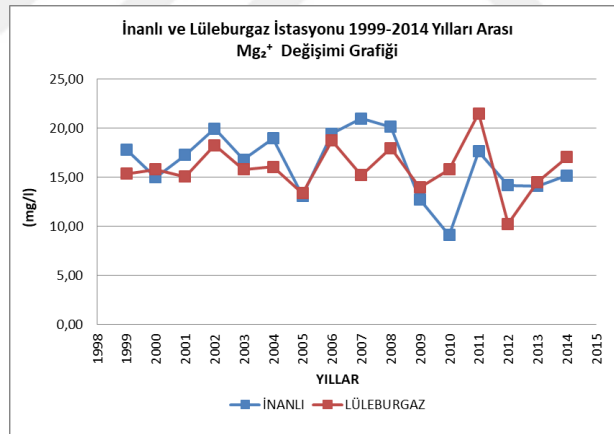
5.1.1.16. Kalsiyum (Ca_2^+)



Şekil 5.16. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası Ca_2^+ Değişimi Grafiği

Şekil 5.16.'daki değerler incelendiğinde, Ca_2^+ değerinin ortalama 70,59 mg/l olduğu saptanmıştır.

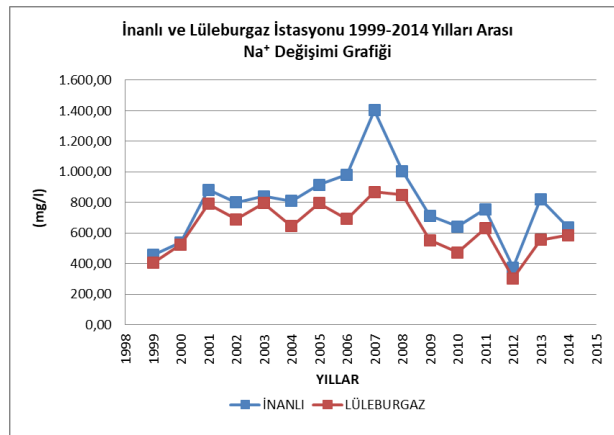
5.1.1.17. Magnezyum (Mg_2^+)



Şekil 5.17. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası Mg_2^+ Değişimi Grafiği

Şekil 5.17.'deki değerler incelendiğinde, Mg_2^+ değerinin ortalama 16,17 mg/l olduğu saptanmıştır.

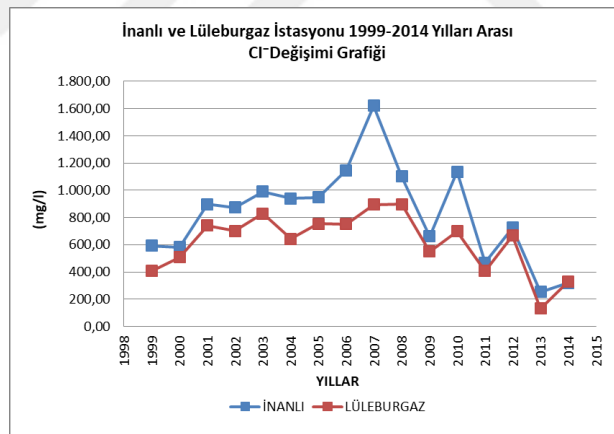
5.1.1.18. Sodyum (Na^+)



Şekil 5.18. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası Na^+ Değişimi Grafiği

Şekil 5.18.'de ki değerler incelendiğinde, Na^+ değerinin ortalama 710,08 mg/l olduğu saptanmıştır.

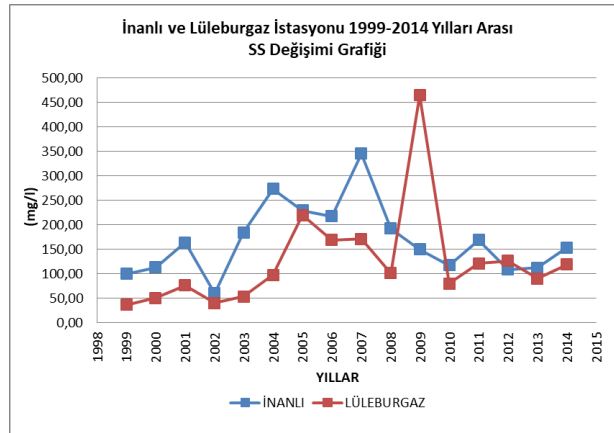
5.1.1.19. Klor (Cl^-)



Şekil 5.19. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası Cl^- Değişimi Grafiği

Şekil 5.19.'daki değerler incelendiğinde, Cl^- değerinin ortalama 723,67 mg/l olduğu saptanmıştır.

5.1.1.20. Askıda Katı Madde (SS)



Şekil 5.20. İnanlı ve Lüleburgaz İstasyonu 1999-2014 Yılları Arası SS Değişimi Grafiği

Şekil 5.20.'deki değerler incelendiğinde, SS değerinin ortalama 147,06 mg/l olduğu saptanmıştır.

Lüleburgaz ve İnanlı istasyonlarına ait 16 yıllık su kalitesi verileri incelendiğinde Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre değerlendirdiğimizde; ölçülmüş 6 adet Parametre açısından 4. Sınıf Çok Kirlenmiş Su (Zayıf su) olduğu, ölçülmüş 1 adet Parametre açısından 3. Sınıf Kirlenmiş Su (Orta su) olduğu, 1 Adet parametre açısından 2. Sınıf Az Kirlenmiş Su (İyi su) olduğu ve 2 adet parametre açısından 1. Sınıf Yüksek Kaliteli Su (Çok iyi su) olduğu anlaşılmıştır.

5.2. Eğitim ve Test İçin Veri Setinin Oluşturulması

Lüleburgaz istasyonu ve İnanlı istasyonuna ait ölçüm değerleriyle veri seti oluşturulmuştur. Daha önceki çalışmalarda eğitim ve test veri oranlarının %80-%20 olduğu görülmüş ve çalışmada bu oran kullanılmıştır. Test verileri oluşturulurken her bir değişken için maksimum ve minimum değerler tespit edilmiştir. Verilerden 14 tanesi test veri seti olarak, geriye kalan 56 tane veri eğitim seti olarak analizlerde kullanılmak üzere seçilmiş, eğitim ve test veri setleri oluşturulmuştur.

5.3. Yapay Sinir Ağları ile Ergene Havzası'ndaki COD Miktarını Etkileyen Kirlilik parametrelerinin belirlenmesi

Öncelikle Lüleburgaz istasyonu ve İnanlı istasyonuna ait veriler normalize edilmiş, yapay sinir ağı kullanılarak değişkenlerin her biri için COD tahmin etme katsayısı (R^2) belirlenmiştir. Sonrasında ise COD tahmin etme katsayısı en yüksek olan değişkenler ile oluşturduğumuz değişken grupları YSA ile analiz edilmiş ve COD tahmininde en başarılı olan değişken grubu bulunmuştur.

5.3.1. Normalizasyon işlemi

YSA yazılımında, öğrenmenin kolaylaştırılması ve hataların azaltılması için kullanılan giriş ve çıkış verilerinde normalizasyon yapılması gerekmektedir. Normalizasyon yapılacak olan değişken, kendi içindeki en büyük değere bölünür ve böylece normalizasyon yapılmış olur. Normalizasyon sonucunda her değişken için en büyük değeri 1 olan yeni veri seti oluşturulmuş olur.

5.3.2. YSA algoritma özellikleri

Öğrenme algoritması olarak literatürde en çok kullanılması sebebiyle Levenberg-Marquardt (LM) ve Ölçekli Eşleştirmeli Eğim (SCG) algoritmaları kullanılmıştır.

5.3.3. Kimyasal oksijen ihtiyacının belirlenmesinde değişkenlerin tek girdi olarak kullanıldığı YSA analizleri

Her değişkenin kimyasal oksijen ihtiyacı tahmin etme katsayısının belirlenmesi için YSA analizleri yapılmıştır. Analizlerdeki değişkenler teker teker girdi katmanını, kimyasal oksijen ihtiyacı çıktı katmanını oluşturmuştur. En iyi sonucu elde etmek için gizli katmandaki nöron sayısı 6-7 ve 8 olarak belirlenmiştir. Analizlerde maksimum iterasyon sayısı 10.000 alınmıştır.

Tablo 5.1. Değişkenlerin tek girdi olarak kullanıldığı YSA analiz sonuçları

DEĞİŞKEN ADI	GİZLİ KATMAN	SCG			LM		
		R ²	MSE		R ²	MSE	
			EĞİTİM	TEST		EĞİTİM	TEST
BOD ₅	6	0,69382	0,0265	0,0257	0,70855	0,0255	0,0511
BOD ₅	7	0,18368	0,1672	0,1324	0,71410	0,0251	0,0315
BOD ₅	8	0,69891	0,0262	0,0255	0,74214	0,0230	0,0297
pH	6	0,47776	0,0395	0,0318	0,47219	0,0397	0,0312
pH	7	0,48829	0,0389	0,0322	0,50832	0,0379	0,0335
pH	8	0,47775	0,0395	0,0318	-0,33644	0,1672	0,1324
T	6	0,70767	0,0255	0,0450	0,71297	0,0251	0,0434
T	7	0,65187	0,0294	0,0482	0,71691	0,0249	0,0361
T	8	0,68496	0,0271	0,0498	0,69190	0,0267	0,0709
EC	6	0,73481	0,0235	0,0193	0,74164	0,0230	0,0195
EC	7	0,77198	0,0207	0,0180	0,75197	0,0222	0,0202
EC	8	0,77364	0,0205	0,0174	0,73968	0,0232	0,0204
NH ₄ -N	6	0,76564	0,0212	0,0330	0,79936	0,0185	0,0496
NH ₄ -N	7	0,78193	0,0199	0,0457	0,75552	0,0219	0,0324
NH ₄ -N	8	0,81028	0,0176	0,0753	0,78377	0,0197	0,0458
NO ₂ -N	6	0,57083	0,0345	0,0649	0,58088	0,0339	0,0709
NO ₂ -N	7	0,57099	0,0345	0,0648	-0,01239	0,1654	0,1324
NO ₂ -N	8	0,57101	0,0345	0,0646	0,58089	0,0339	0,0437
NO ₃ -N	6	0,43882	0,0374	0,0389	0,43904	0,0374	0,0447
NO ₃ -N	7	0,43885	0,0374	0,0381	0,44044	0,0374	0,0445
NO ₃ -N	8	0,43887	0,0374	0,0386	-0,22471	0,1625	0,1324
O-PO ₄	6	0,74947	0,0224	0,0303	0,74737	0,0226	0,0294
O-PO ₄	7	0,69469	0,0265	0,0359	0,71112	0,0253	0,0360
O-PO ₄	8	0,76630	0,0211	0,0360	0,80846	0,0177	0,0321
QANLIK	6	0,65869	0,0289	0,0368	0,68487	0,0271	0,0475
QANLIK	7	0,65836	0,0290	0,0366	0,67588	0,0278	0,0326
QANLIK	8	0,65788	0,0029	0,0368	0,68900	0,0269	0,0409
DO	6	0,71250	0,0252	0,0266	0,72114	0,0245	0,0321
DO	7	0,71155	0,0252	0,0278	0,73387	0,0236	0,0259
DO	8	0,71270	0,0252	0,0268	0,71667	0,0249	0,0279
m-Al	6	0,83854	0,0152	0,0277	0,83564	0,0154	0,0881
m-Al	7	0,82172	0,0166	0,0244	0,83613	0,0154	0,0862
m-Al	8	0,84205	0,0149	0,03110	0,80935	0,0176	0,0354
pV	6	0,75131	0,0223	0,02090	0,75373	0,0221	0,0210
pV	7	0,76778	0,0210	0,02880	0,78871	0,0193	0,0244
pV	8	0,78227	0,0198	0,02650	0,84929	0,0143	0,0328
SS	6	0,56685	0,0347	0,06750	0,59858	0,0328	0,0848
SS	7	0,58279	0,0338	0,07140	0,56782	0,0346	0,0806
SS	8	0,60537	0,0324	0,06340	0,58385	0,0337	0,0714
TDS	6	0,74122	0,0230	0,02680	0,74802	0,0225	0,0210
TDS	7	0,75354	0,0221	0,01750	0,73336	0,0236	0,0273
TDS	8	0,85132	0,1672	0,13240	0,80880	0,0177	0,0193
TH	6	0,47239	0,0397	0,04083	0,66397	0,0286	0,0157
TH	7	0,48042	0,0396	0,04084	0,60198	0,0326	0,0139
TH	8	0,48859	0,0389	0,04377	0,60793	0,0322	0,0196

Tablo 5.1. incelendiğinde kimyasal oksijen ihtiyacı tahmininde en yüksek R^2 değerlerinin m-Al, TDS, pV, NH_4 -N, EC, DO, O- PO_4 değişkenlerinde olduğu görülmüştür.

5.3.4. Kimyasal oksijen ihtiyacının belirlenmesinde en başarılı değişken grubunun (DG) seçilmesi

Değişken gruplarının analizi YSA özelliklerine göre yapılmış SCG algoritmasının LM algoritmasına göre daha iyi sonuç verdiği görülmüş, bundan dolayı SCG algoritmasıyla analizlere devam edilmiştir. Değişkenlere karar vermek için öncelikle Tablo 5.1.' de bulunan SCG algoritması ile yapılan analiz sonuçlarından R^2 değeri 0,70000' den büyük olan değişkenler seçilmiş ve Tablo 5.2.' de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. En iyi değişkenler için R^2 değerleri

Değişken Adı	R^2	MSE	
		Eğitim	Test
EC	0,77364	0,0205	0,0174
NH_4 -N	0,81028	0,0176	0,0753
O- PO_4	0,76630	0,0211	0,0360
DO	0,71270	0,0252	0,0268
m-Al	0,84205	0,0149	0,0311
pV	0,78227	0,0198	0,0265
TDS	0,85132	0,1672	0,1324

Tablo 5.2.'de gösterilen R^2 , eğitim ve test verileri hata oranlarına göre incelendiğinde, değişkenlerin isimlendirilmeleri Tablo 5.3.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Seçilen bağımsız değişkenler

Değişken Adı	Kısaltma
m-AL	d1
TDS	d2
pV	d3
NH_4 -N	d4
EC	d5
DO	d6
O- PO_4	d7

Değişken gruplarının belirlenmesinde, m-Al ve TDS (d1 ve d2) ile DG 1 oluşturulmuştur. Daha sonra bu iki değişken dışında kalan değişkenler DG 1' e eklenerek, DG 2- DG 3- DG 4- DG 5- DG 6 oluşturulmuştur. Bu yeni 5 grubun analiz sonuçlarından en iyisi seçilmiş, kullanılmayan 4 değişken seçilen gruba eklenerek yeni gruplar oluşturulmuştur, bu işleme 6 değişkenli DG 15 oluşana kadar devam edilmiştir. En iyi çözüm için gizli katmandaki nöron sayısı 7 seçilmiş, iterasyon sayısı her değişken grubu için farklı seçilmiştir.

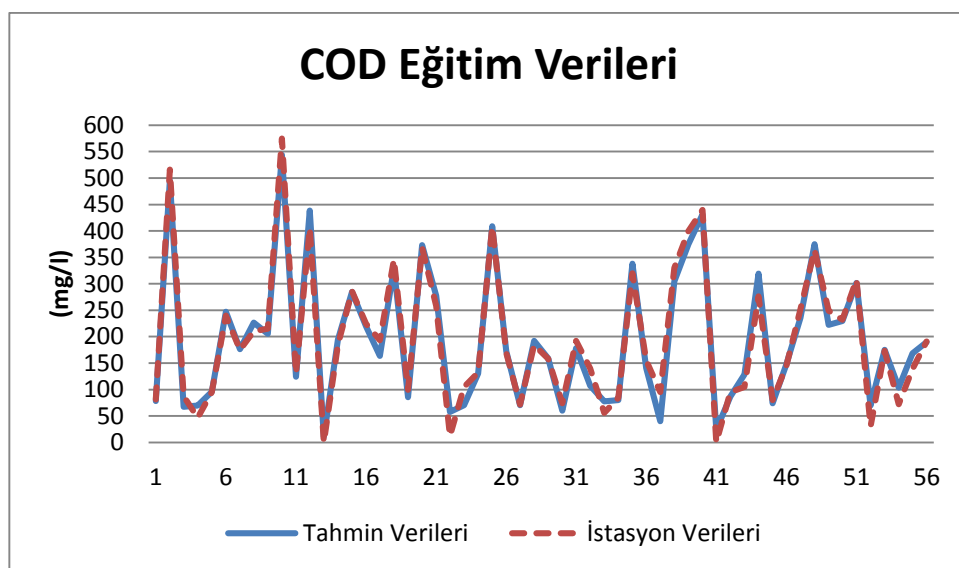
Tablo 5.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı belirlenmesinde değişken grupları (DG) için YSA analiz sonuçları

Değişkenin Grubu	İterasyon Sayısı	SCG		
		R ²	MSE	
			Eğitim	Test
DG 1 (d1-d2)	500	0,852	0,014	0,040
	1000	0,874	0,021	0,038
	1500	0,876	0,012	0,045
DG 2 (d1-d2-d3)	1000	0,940	0,006	0,041
	2000	0,951	0,005	0,032
	3000	0,954	0,005	0,032
DG 3 (d1-d2-d4)	500	0,878	0,012	0,030
	800	0,910	0,009	0,028
	1000	0,913	0,009	0,032
DG 4 (d1-d2-d5)	1000	0,850	0,014	0,052
	1500	0,872	0,012	0,049
	2000	0,888	0,011	0,052
DG 5 (d1-d2-d6)	500	0,851	0,014	0,035
	1000	0,863	0,013	0,040
	1500	0,875	0,012	0,044
DG 6 (d1-d2-d7)	500	0,881	0,011	0,058
	1000	0,912	0,009	0,056
	2000	0,922	0,008	0,062
DG 7 (d1-d2-d3-d4)	500	0,925	0,007	0,018
	800	0,944	0,006	0,025
	1000	0,956	0,004	0,030
DG 8 (d1-d2-d3-d5)	500	0,912	0,009	0,048
	800	0,918	0,008	0,064
	1000	0,920	0,008	0,072
DG 9 (d1-d2-d3-d6)	500	0,928	0,007	0,053
	800	0,941	0,006	0,054
	1000	0,944	0,006	0,057
DG 10 (d1-d2-d3-d7)	1000	0,965	0,004	0,066
	3000	0,973	0,003	0,049
	5000	0,975	0,003	0,062

Tablo 5.4. (Devamı)

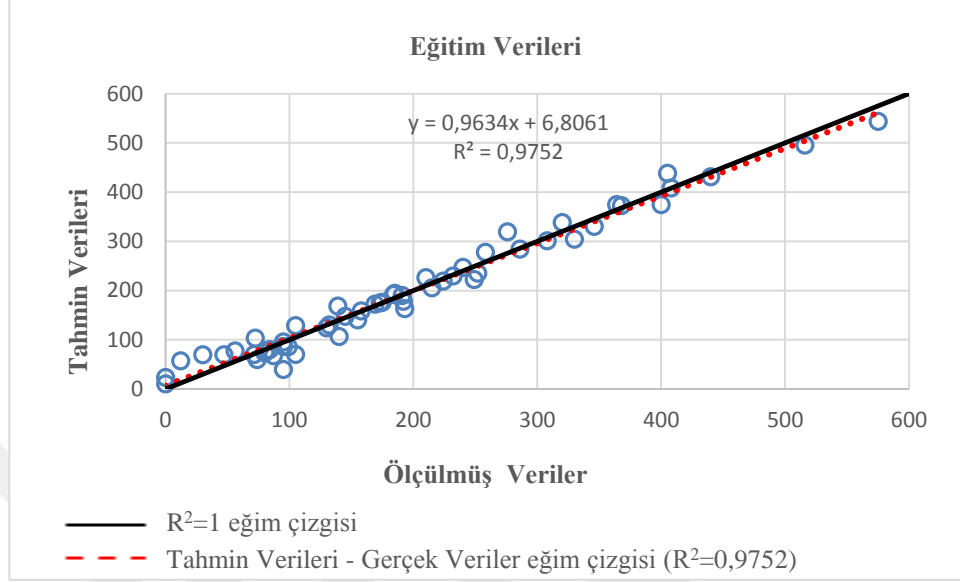
DG 11 (d1-d2-d3-d4-d5)	1000	0,958	0,004	0,063
	2000	0,974	0,003	0,029
	3000	0,981	0,002	0,031
DG 12 (d1-d2-d3-d4-d6)	3000	0,986	0,002	0,017
	4000	0,988	0,001	0,013
	5000	0,989	0,001	0,015
DG 13 (d1-d2-d3-d4-d7)	1000	0,969	0,003	0,081
	2000	0,983	0,002	0,074
	3000	0,986	0,002	0,081
DG 14 (d1-d2-d3-d4-d6-d5)	500	0,941	0,006	0,038
	1000	0,973	0,003	0,042
	2000	0,985	0,002	0,054
DG 16 (d1-d2-d3-d4-d6-d7)	500	0,982	0,002	0,082
	800	0,987	0,001	0,084
	1000	0,988	0,001	0,086

Tablo 5.4’de yer alan eğitime ait R^2 , eğitim ve test değerlerine ait ortalama karesel hata değerleri incelendiğinde, tüm değişken gruplarının R^2 değerinin %95 ve üzerinde olduğu görülmekte, eğitim ve test ortalama karesel hata oranlarına bakılarak, kimyasal oksijen ihtiyacının tahmin edilmesinde en başarılı grubun 5 girdi katmanlı, 1 gizli katmanlı ve 1 çıktı katmanına sahip DG 12 olduğu görülmektedir. SCG algoritması kullanılarak yapay sinir ağları ile analiz edildiğinde COD tahmininde en iyi sonuçları veren kirlilik parametrelerinin m-AL, TDS, pV, NH_4 -N ve DO olduğu görülmüştür.



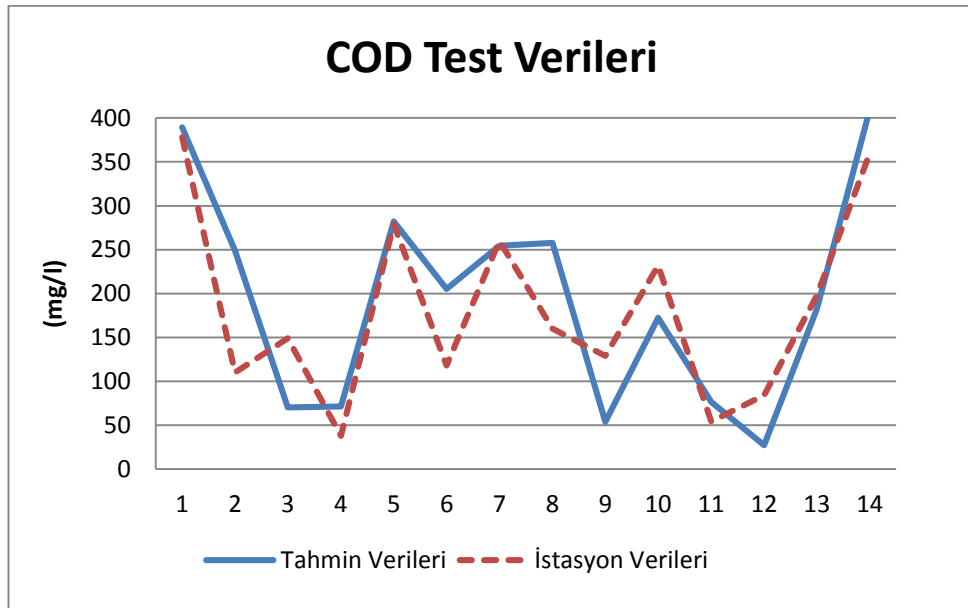
Şekil 5.21. YSA Analizinde Kullanılan COD Eğitim Verileri Grafiği

COD'nin ölçüm verileri ve YSA tahmin verileri Şekil 5.21.'de gösterilmiştir. Düşük değerlerde ve pik değerlerde yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.



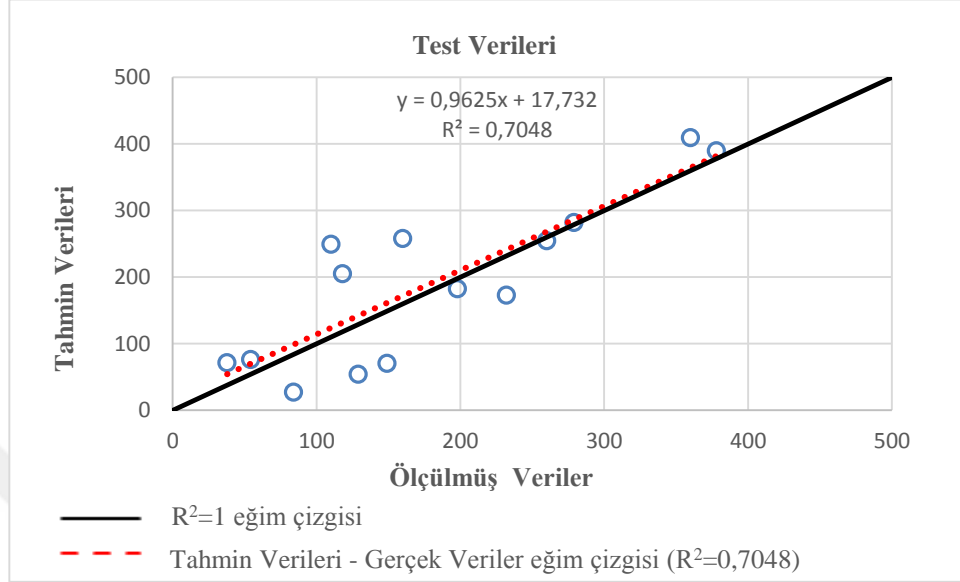
Şekil 5.22. YSA Analiz Sonuçları Eğitim Verileri Saçılım Grafiği

Şekil 5.22'de, COD'nin ölçüm verileri ve YSA tahmin verileri ile saçılım diyagramı oluşturulmuştur. Bu saçılım diyagramında da görüleceği üzere $R^2=1$ değerine yakın olarak dağılmış olup, R^2 değeri 0,9752 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.23. YSA Analizinde Kullanılan COD Test Verileri Grafiği

COD'nin test verileri ve YSA tahmin verileri Şekil 5.23.'de gösterilmiştir. Düşük değerlere göre ve pik değerlerde daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 5.24. YSA Analiz Sonuçları Test Verileri Saçılım Grafiği

Şekil 5.24'de, COD'nin test verileri ve YSA tahmin verileri ile saçılım diyagramı oluşturulmuştur. Bu saçılım diyagramında da görüleceği üzere $R^2=1$ değerine kısmen yakın olarak dağılmış olup, R^2 değeri 0,7048 olarak belirlenmiştir.

BÖLÜM 6. SONUÇ

Ergene Havzası'nda hızla gelişen sanayi, buna bağlı olarak artan nüfus ve yeni yerleşim yerlerindeki büyüme diğer taraftan bilinçsiz yapılan tarımın oluşturduğu kirlilik nedeniyle havzada su problemleri yaşanmaya başlamıştır. Bölge sanayisinin plansız ve kontrolsüz gelişmesi sonucu Ergene Nehri'ne doğal debisinin yanında üç katına kadar çıkabilen ilave atık su deşarjı ile de nehir suyu kalitesi önemli ölçüde etkilenmektedir. Ergene Havzası'ndaki su kaynaklarının hızlı bir şekilde tüketilmesine, su bütçesinin olumsuz yönde etkilenmesine yol açmıştır.

Bu çalışmada Ergene nehri üzerinde bulunan Lüleburgaz ve İnanlı ölçüm istasyonlarına ait, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1994-2014 yılları arasındaki sıcaklık-yağış verileri ile yine aynı istasyonlara ait Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün 1999-2014 yılları arasındaki aylık BOD_5 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , NO_2^- -N, NO_3^- -N, PO_4 , SO_4 , pH, T, M-Al, TDS, NH_4^- -N, EC, DO, pV, TH, SS parametreleri kullanılarak Ergene nehrinin su kalitesi belirlenmeye çalışılmış; aynı parametreler kullanılarak YSA modellemesi yardımıyla COD tahmini yapılmaya çalışılmıştır.

Lüleburgaz ve İnanlı istasyonlarına ait 16 yıllık su kalitesi verileri incelendiğinde Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre genel itibari ile 4. Sınıf Çok Kirlenmiş Su (Zayıf su) olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada ayrıca, YSA modelinde, LM ve SCG algoritmalarıyla her bir kirlilik parametresinin COD ile değişimleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçları mukayese edilmiş ve en iyi sonuç veren algoritmanın SCG olduğu görülmüştür. Bu nedenle, değişken kombinasyonları ile gerçekleştirilecek YSA modelleri için SCG algoritması

seçilmiş ve bu algoritma ile analizlere devam edilmiştir. COD ile en iyi etkileşimde olan kirlilik parametreleri seçilmiş, bu parametrelerle farklı değişken grupları (DG) oluşturulmuştur. Değişken gruplarının YSA analizleri yapılarak en yüksek determinasyon katsayısı ve en düşük ortalama karesel hata değerlerini veren değişken grubu bulunmuştur. En iyi değişken grubuna ait eğitim ve test sonuçları ile istasyon verileri mukayese edilmiştir. İstasyon verileri ve YSA eğitim verileri ile oluşturulan saçılım diyagramından, % 97 doğruluk payıyla COD'yi veren $y = 0,9634x + 6,8061$ denklemi elde edilmiştir. Aynı şekilde, istasyon verileri ve YSA test verileri ile oluşturulan saçılım diyagramından, % 70 doğruluk payıyla COD'yi veren $y = 0,9625x + 17,732$ denklemi elde edilmiştir.

Yapay sinir ağları ile SCG algoritması kullanılarak COD tahmini için elde edilen verilerden birçoğu iyi sonuçlar vermiş olup, bunlar içerisinde arazide ölçüm problemleri ile kısa sürede belirlenebilen ve yüksek bir korelasyona sahip m-AL, TDS, pV, NH₄ -N ve DO kirlilik parametrelerinin olduğu görülmüştür.

COD organik maddelerin tamamının asidik ortamda oksitlenme kapasitesini göstermektedir. Bu nedenle BOD₅ ile aralarında bir oran vardır ve çoğu zaman BOD₅ ' den büyüktür. Sudaki BOD₅ miktarının tespitinin de uzun sürmesinden ötürü birbirleri ile olan ilişki dikkate alındığında COD' nin kısa sürede ve doğru bir şekilde tespiti de önem arz etmektedir. COD bu sebeple hem yüzeysel sular açısından hem de arıtma tesisleri açısından önemli bir belirteç ve işletme parametresidir. Çözünmüş oksijen, karbondioksit ve pH gibi bileşenlerdeki değişikliklerin, alkalinite ve kimyasal oksijen ihtiyacı gibi inorganik ve organik bileşenleri etkilediği bilinmektedir. Bahsedilen bu parametre ilişkilerinden dolayı ve sudaki kirlilik artışı ile oksijen değerleri düşeceğinden, bu çalışmada m-AL, TDS, NH₄ -N ve COD gibi kirlilik parametreleri ile oksijenlendirme parametreleri arasında önemli ve negatif ilişki tespit edilmiştir. Modele dahil edilen diğer kirlilik parametreleri ve COD arasında ise önemli ve pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sayede, COD parametresini tahmin etmede kullanılan ve en iyi tahmin sonuçlarını veren bu parametrelerin doğrudan veya dolaylı olarak COD parametresini etkilediği bu çalışma ile de doğrulanmıştır. Ayrıca m-AL, TDS, pV, NH₄ -N ve DO değerleri

arazide ve laboratuvarında kısa sürede yapılan ölçümler sonucunda elde edilebilmektedir. COD değeri ise laboratuvarında yapılan testler sonucunda elde edilebilmektedir. Bu sebepler dikkate alındığında yapay sinir ağları ile COD tahmininde kullanılmak üzere elde edilen denklem ve korelasyon ile arazide ve laboratuvarında ölçümü yapılacak m-AL, TDS, pV, NH₄ -N ve DO verilerine bağlı olarak COD ve buna bağlı olarak da BOD₅ tahmini yapılabilecektir. Bu tip modelleme çalışmaları, yüzeysel sular ve arıtma tesislerindeki izleme ve belirleme çalışmaları açısından zaman ve maliyet tasarrufu sağladığından önem arz etmektedir.

Ayrıca yapılan bu çalışmanın ileride yapılacak çalışmalara altyapı oluşturması ve literatüre katkı sağlaması umulmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] İlmen, M., “Çarpık Sanayileşme ve Sonuçları”, Trakya’da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu II Bildiriler Kitabı, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Edirne, Kasım 1997, Yayın No:202, s 392-394.
- [2] İnan, İ.H. ve Kubaş, A., “Trakya Bölgesinde Sanayileşmenin Neden Olduğu Çevre Sorunlarının Tarımsal Üretim ve Sosyo Ekonomik Yapıya Etkileri”, Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kırklareli, Mayıs 2001, s 399-406.
- [3] Lüy, M., “Yapay Sinir Ağlarının, Modellemesi Yapılan Termik Santralde Uygulanması” Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Makine Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2009
- [4] Kaplan, Y., “Sıklıkla Kullanılan Yapay Sinir Ağları Algoritmalarının Antalya İline Ait Elektrik Yük Tahmini Özelinde Analitik Olarak Değerlendirilmesi” İstanbul Kemerburgaz Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2014
- [5] Dobrucalı, E., “Kamu Bina İnşaat İhalelerinde Sözleşme Bedelinin Yapay Zeka Teknikleri ile Belirlenmesi” Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2018.
- [6] Özşahin, M., “Türkiye Otomotiv Sektörünün Kendini Örgütleyen Haritalar ile Finansal Analizi” Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [7] Turan, E., “Seyhan Havzasının Yağış-Akış İlişkisinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Modellenmesi”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [8] Ay M., “Su Kaliteis Parametrelerinin Yapay Zeka Yöntemleri ile Değerlendirilmesi” Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2014.
- [9] Burak, S., Duranyıldız, İ., Yetiş, Ü., “Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynakları Yönetimi. Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, 1997.
- [10] Öziş, Ü. Baran T. Durnabaşı, İ. Özdemir, Y., “Türkiye’nin su kaynakları potansiyeli” Meteoroloji Mühendisliği. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı, 1997.

- [11] Turoğlu, H., Aykut T., “Ergene Nehri Havzası için Hidromorfometrik Analizlerle Taşkın Duyarlılık Değerlendirilmesi”, Jeolojik Araştırmalar Dergisi, 2019 s. 4-5.
- [12] Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi için Teknik Yardım”, Meriç-Ergene Nehir Havzası Yönetim Planı, Kasım 2018, s. 2-9.
- [13] Ergene Havzası Koruma Eylem Planı. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2011.
- [14] Havzalarda Örnekleme Noktası Belirleme ve Su Kalitesi İzleme Raporu. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Referans Laboratuvarı, 2011, s 54-57.
- [15] Özkan, E. ve Kubaş, A. Ergene Havzasındaki Kirliliğin Sosyoekonomik Etkileri, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Havza Kirliliği Konferansı Bildiri Kitabı, DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, İzmir, 2008.
- [16] Olgun, E., Çobanoğlu, N., “Türkiye Su Politikalarının Biyoetik Değerlendirilmesi: Ergene Nehri Örneği”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2012.
- [17] Çolakoğlu, E. (2009). Ortak Bir Değer Olarak Su ve Su Etiği, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 5, Sayı 9, s.109-116.
- [18] Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Su Sertliğinin İnsan Sağlığı İçin Önemi, 1. Sayı, 2009
- [19] Gökdemir, Y., “Ergene Nehrindeki Ağır Metallerin Ekstraksiyon Metodu ile Tayini”, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Kimya Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2006, s. 4-5.
- [20] Asan, A., Yarcı, C., “Çevre Dergisi, 7. Sayı”, 1993.
- [21] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Meriç-Ergene Havzası Koruma Eylem Planı, 2008.
- [22] <http://www.trakyaagezi.com/trakyanin-kanayan-yarasi-ergene/>. Erişim Tarihi: 29.04.2019.
- [23] http://ergene.ormansu.gov.tr/ergene2/AnaSayfa/Arazi_kullanimi.aspx?sflang=t r Erişim Tarihi: 29.04.2019.
- [24] Şen S., “Büyük Melen Havzası’nın Su Kalitesinin Belirlenmesi” Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Çevre Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [25] Çoban F., “Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması” Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Ens, Çevre Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [26] Kocaman, H., Koldere. Y., Oğuzhan, A., “Trakya’da Ergene Nehri Kirliliğinin Tarım Üretimine Olan Etkisi: Edirne Örneği” 2011.

- [27] www.palintest.com/content-hup/what-is-permanganate-value-pv/ , Erişim Tarihi: 13.10.2019.
- [28] Öztemel, E., "Yapay Sinir Ağları", Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2003.
- [29] Yurtoğlu, H., "Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makro ekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü Uzmanlık Tezi", Ankara, 2005.
- [30] Baş N., Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ve Bir Uygulama, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.
- [31] Sağıroğlu, Ş., " Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları 1 – Yapay Sinir Ağları", Ufuk Yayınevi, Kayseri, 2003, s. 1-426.
- [32] Gidirişlioğlu, A., ve arkadaşları, Ergene Nehri ve Kollarının Eysel ve Endüstriyel Atıklarla Kirlenmesinin Tespiti, Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu I Bildiriler Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Çorlu, Ocak 1996.
- [33] Kurt, A., "Similasyon-Yapay Sinir Ağı İle esnek Üretim Sistemi Tasarımı", Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt 18 No:2, Ankara, 2003.
- [34] Kaya, İ., Oktay, S., Engin O., "Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı" Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2005.
- [35] Günaydın, C., "Beklemeden Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı" Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2008, s.31,32.
- [36] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Aile ve Tüketici Hizmetleri, Su Kirliliği Ve Önlemleri, Ankara, 2014.
- [37] <http://cevreonline.com/su-kirliligi/> Erişim Tarihi: 30.04.2019.
- [38] Savaş S. , "Köprüçay Irmağı'nın Eğirdir Gölüne Dökülen Kolunda Su Kalitesi Değişimi Üzerine Bir Araştırma" Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1992.
- [39] Resmî Gazete Tarihi: 15.04.2015 Resmî Gazete, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Sayı: 29327
- [40] Bulut, V.N., "Trabzon(Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi", KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2005, s.21-22.
- [41] Demir, S., "Uzun Vadeli Su Temininde Meteorolojik Faktörlerin Sapanca Gölü Su Kalitesine Etkisi" Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2012.

- [42] Doğanay E., “AB Su Çerçeve Direktifine Göre Ülkemiz Sularının Fizikokimyasal Ve Kimyasal Parametreler Açısından İzlenebilmesi İçin Kullanılabilecek Analiz Metotlarının Değerlendirilmesi” T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, 2014
- [43] Bayram A., “Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun YSA Yöntemi İle Tahmin Edilmesi” KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2011.
- [44] PH, iletkenlik, Çözünmüş Oksijen, Sıcaklık, TDS ve Bulanıklık Tayini, Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Kimyası Laboratuvarı Dersi, Şubat 2014, Kayseri.
- [45] <https://www.laboratuvar.com/gida-analizleri/kimyasal-analizler/sulfat-so4-2-tayini>, Erişim Tarihi: 30.04.2019.
- [46] Demirpençe, H., “Köprüçay Akımlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini”, Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Müh. Böl., Isparta.
- [47] H.R. ve Dandy, G.G., 2001, “Neural Network Based Modelling of Environmental Variables”, In: A Systematic Approach,33, 669-682s.
- [48] Samsunlu, A., Çevre Mühendisliği Kimyası, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2013.
- [49] Doğan, L., Hidrojeolojide Su Kimyası, DSİ Yayınları, Ankara, 1981.
- [50] Freeze, R. A. Ve Cherry, J. A., Groundwater, Prentice-Hall, USA, 1979.

ÖZGEÇMİŞ

Ecren Günhan, 1983'te Ankara'da doğdu. İlkokul ve ortaokul eğitimini Bolu'da, lise eğitimini Ankara'da tamamladı. 2001 yılında Ankara Anıttepe Süper Lisesi'nden mezun oldu. 2002 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2006 yılında bitirdi. 2007 yılında özel sektörde İnşaat Mühendisi olarak iş hayatına başladı. 2009 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2012 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı'nda İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaya başladı ve halen bu kurumda çalışmaya devam etmektedir.