

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**YAPAY SİNİR AĞLARI KANALİZASYON ŞEBEKE MALİYET TAHMİNİ
MALİ PERFORMANSLARININ ORANLAR YÖNTEMİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Harun ŞAM

UZMANLIK TEZİ

EKİM 2015



İLBANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**YAPAY SİNİR AĞLARI KANALİZASYON ŞEBEKE MALİYET TAHMİNİ
MALİ PERFORMANSLARININ ORANLAR YÖNTEMİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Harun ŞAM

UZMANLIK TEZİ

Teknik Uzman Serdar SEÇİLİR Yrd. Doç. Dr. Yağmur KOPRAMAN

ETİK BEYAN

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ Uzmanlık Tezi Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Harun ŞAM
09.10.2015

Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Kanalizasyon Şebeke Maliyet Tahmini Mali Performanslarının Oranlar Yöntemiyle Değerlendirilmesi

(Uzmanlık Tezi)

Harun ŞAM

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

Ekim 2015

ÖZET

Bu tez çalışmasında, İller Bankası A.Ş.'nin altyapı hizmetleri kapsamında bulunan kanalizasyon şebeke maliyetinin, yapay zeka tekniklerinden biri olan yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Maliyet tahmin amacıyla geriye dönük kanalizasyon şebeke proje verileri toplanmış ve yapay sinir ağ modeli geliştirmekte kullanılmıştır. Yapay sinir ağları, insan beynin düşünme ve öğrenme davranışlarını, ölçülmüş veya gözlemlenmiş istatiki verilerden tecrübe ederek modelleyebilen sistemlerdir. Uygun bir sinir ağı yapısı ve algoritması seçebilmek için öncelikle yapay sinir ağ yapıları, öğrenme algoritmaları ve benzer çalışmalar incelenmiştir. Yapay sinir ağı modelinin geliştirilmesinde NeuralTools 5.x programı kullanılmış ve birçok farklı ağ mimarisi denenerek en iyi tahmin modeli oluşturulmaya çalışılmıştır. Her ağ mimarisinin performansı, tahmin etmiş oldukları maliyetlerin hata oranlarına göre değerlendirilmiştir. Yine YSA için hazırlanan veri setinin IBM SPSS 22 programı yardımı ile çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmış ve bu yöntemle elde edilen regresyon denkleminin tahmin ettiği maliyetlere ait hata oranlarının YSA'dan yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen bu bulgular çerçevesinde yapay sinir ağları ile oluşturduğumuz modelde, seçilen girdi ve çıktı parametreleri kullanılarak yapılan tahminlerin, ÇDR yöntemine göre daha iyi olduğu ve kanalizasyon şebeke maliyet tahmininde yapay sinir ağları yönteminin başarılı sonuçlar üretebildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Çevresel kirlilik, atıksu, kanalizasyon şebeke, yapay sinir ağları, maliyet tahmini
Sayfa Adedi : 140 syf.
Tez Danışmanları : Yrd. Doç. Dr. Yağmur KOPRAMAN
Teknik Uzman Serdar SEÇİLİR

The Estimated Financial Performances Of Sewerage Network Costs Using The Artificial Neural Network Method By the Ratios Method

(M.S. /Ph. D. Thesis)

(Harun ŞAM)

ILLER BANKASI A. Ş.

October 2015

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to estimate the cost of sewerage network using one of the Artificial Neural Networks (ANN) which is conducted by the infrastructure services in Bank of Provinces. During the study, the previous sewerage networks projects datas have been collected to improve Neural Networks (ANN) models. ANNs are the modelable system that using observed and measured statistical datas of the human neural system thinking and learning behaviours . To choose the appropriate algorithms and ANN structure, previously ANNs structures, learning algorithms and methodology have been reviewed. Also to develop the better ANN model NeuralTools 5.x software was used, and lots of different network models were processed and tested to develop the best prediction model. Every network structure's performance estimated and evaluated separately of its cost error rate. The multiple regression analysis conducted by the data sets of ANN that processed by IBM SPSS 22 software. It has been observed that this method prediction error rate is higher than ANN error rate. As a result, it can be seen that the artificial neural network model that predictions developed using selected input and output parameters has better results than Multiple Regression Analysis method (MRA) to estimate the cost of sewerage network.

Key Words : Environmental pollution, sewer water, sewerage network, artificial neural networks, cost estimate

Page Number : 140 p.

Supervisor : Associate Professor Yağmur KOPRAMAN
Technical Specialist Serdar SEÇİLİR

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında desteğini, bilgisini ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Yağmur KOPRAMAN’a, uzmanlık tezimin hazırlanmasında tecrübe ve bilgileriyle büyük katkı sağlayan kurum danışmanım Teknik Uzman İnşaat Yüksek Mühendisi Serdar SEÇİLİR’e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam için gerekli verileri temin etmemde bana yardımcı olan Teknik Uzman Ekrem GÜRLEK’e “İller Bankası A.Ş. Proje Dairesi Başkanlığı”, Teknik Uzman Yardımcısı Mahmut GÖNEN’e “İller Bankası A.Ş. İstanbul Bölge Müdürlüğü”, program ile ilgili sağladığı teknik destek için kuzenim Yazılım Mühendisi Fatih GÜNEY’e, tezdeki şekil ve çizimlerin düzenlenmesinde bana yardımcı olan kardeşim Mimar Hilal ŞAM’a ve çalışmam sırasında emeği geçen adını anamadığım herkese çok teşekkür ederim.

Ayrıca, tez çalışmam süresince sabır ve dualarını benden esirgemeyen, hayat boyu desteklerini gördüğüm annem Fatma ŞAM ve babam İbrahim ŞAM’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE.....	5
2.1. Çevresel Sürdürülebilirlik	5
2.2. Çevre Kirliliği ve Kaynakları.....	6
2.2.1. Çevre kirliliği	6
2.2.2. Çevre kirliliğinin kaynakları	6
2.2.3. Çevre kirliliği çeşitleri ve sınıflandırması.....	10
3. SU KİRLİLİĞİ KONTROLÜ VE ATIKSU YÖNETİMİ.....	15
3.1. Su Kirliliği Kontrolü	15
3.1.1. Ülkemiz su kaynakları standart ve yönetmelikleri.....	18
3.2. Atıksu Yönetimi	21
3.2.1. Atıksular.....	22
3.2.2. Atıksuların özellikleri.....	22
3.2.3. Atıksu kaynakları	23
3.2.4. Atıksuların toplanması ve uzaklaştırılması	24
3.2.5. Atıksu toplama sistemlerinin sınıflandırılması	25
3.2.6. Sistem seçimini belirleyen faktörler.....	27
4. KANALİZASYON ŞEBEKESİNİN PROJELENDİRİLMESİ VE KANALİZASYON ÖZEL YAPILARI, KURUMSAL YATIRIM SÜRECİ.....	31
4.1. Kanalizasyon Şebekesinin Projelendirilmesi	31
4.1.1. Ön etüt raporu: kanalizasyonla ilgili hususların tetkiki	32
4.1.2. Proje raporu: kanalizasyon sisteminin seçimi ve hidrolik hesaplar	35
4.1.3. Kanalizasyon şebeke özel yapıları	53
4.2. İller Bankası A.Ş. Kurumsal Yatırım Süreci.....	58
4.2.1. İller Bankası AŞ'nin faaliyet alanları ve hizmet şeması	58
4.2.2. İller Bankası AŞ'de kanalizasyon şebeke kesin projelerine finansman aktarımı ve projelendirme süreci	60
5. MÜHENDİSLİKTE KULLANILAN BİLİMSEL MALİYET TAHMİN YÖNTEMLERİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI	63
5.1. Maliyet Tahmini.....	63
5.2. Maliyet Tahmin Yöntemleri.....	64
5.2.1. Yapay zeka tekniklerine dayalı maliyet tahmin yöntemleri.....	64
5.3. Yapay Sinir Ağları (YSA).....	66
5.3.1. Yapay sinir ağlarının tanımı.....	66

5.3.2.	Yapay sinir ağlarının temel görevleri.....	66
5.3.3.	Yapay sinir ağlarının tarihçesi	67
5.3.4.	Yapay sinir ağlarının kullanım alanları.....	68
5.3.5.	Yapay sinir ağlarının en temel özellikleri	70
5.3.6.	Yapay sinir ağlarının üstün yanları	73
5.3.7.	Yapay sinir ağlarının sakıncaları.....	75
5.3.8.	Yapay sinir ağlarının yapısı	76
5.3.9.	Yapay sinir ağlarının tasarımı	81
5.3.10.	Yapay sinir ağlarında herhangi bir uygulama için ağ yapısının seçimi	81
5.3.11.	Ağ performanslarının değerlendirme kriterleri	86
5.3.12.	Yapay sinir ağlarının türleri	87
6.	YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK KANALİZASYON ŞEBEKE MALİYET TAHMİN UYGULAMASI	95
6.1.	Amaç ve Problemin Tanımı	95
6.2.	Veri Setinin Oluşturulması ve Verilerin Tasnifi	95
6.3.	Kullanılan Paket Program ve Veri Setinin Analizi	98
6.4.	Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli İle Maliyet Tahmin Uygulaması	102
6.5.	Sonuçların Karşılaştırılması	105
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	109
	KAYNAKLAR	112
	EKLER.....	116
	ÖZGEÇMİŞ	140

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. İnsan aktivitelerine göre kirletici grupları gösteren çizelge	7
Çizelge 3.1. Su çerçeve direktifi kapsamında uygulanması gereken adımların çizelgesi [16]	17
Çizelge 3.2. Su kalite parametrelerinin, insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik (İTASHY) ve TS 266 (sular-insani tüketim amaçlı sular) göre ilgili sınıfları gösteren çizelge.....	20
Çizelge 3.3. Metropollerdeki atıksu ve yağmursuyu sistemlerini gösteren çizelge [23]	28
Çizelge 4.1. Nüfuslara göre içmesuyu ihtiyaçları tablosu [24].....	35
Çizelge 4.2. İçmesuyu geri dönüşüm oranlarını gösteren çizelge	37
Çizelge 4.3. İçmesuyu nüfuslara göre geri dönüş sürelerini gösteren çizelge	37
Çizelge 4.4. Tesis büyüklüklerine göre hektar başına düşen atıksu miktarı tablosu	38
Çizelge 4.5. Su tüketim tesislerine ait eşdeğer nüfus değerleri tablosu.....	38
Çizelge 4.6. Boru türlerine göre kutter pürüzlülük katsayısı çizelgesi	39
Çizelge 4.7. Kanalların yapıldığı malzemeye göre n pürüzlülük katsayıları tablosu [20]...	40
Çizelge 4.8. Boru çaplarına göre bacalar arası maksimum mesafeler	46
Çizelge 4.9. Boru çaplarına göre eğim kriterleri tablosu	46
Çizelge 4.10. Kanalizasyon sistemleri için hız kriterleri tablosu.....	49
Çizelge 4.11. Kanal şebekelerinde kullanılan boru türleri ve çapları [23]	55
Çizelge 4.12. (devam) Kanal şebekelerinde kullanılan boru türleri ve çapları [23]	56
Çizelge 5.1. Biyolojik sinir hücresi ile yapay sinir hücresi ilişkisi tablosu	77
Çizelge 5.2. Toplama fonksiyonu çeşitleri tablosu [39]	79
Çizelge 5.3. Aktivasyon fonksiyonu çeşitleri tablosu [39]	80
Çizelge 5.4. Ağların başarılı oldukları alanları gösteren bir tablo [39]	81
Çizelge 5.5. Öğrenme algoritmaları ve uygulama tipleri [31]	82
Çizelge 5.6. Ağ performanslarının değerlendirme ölçütlerini gösteren bir çizelge.....	86
Çizelge 6.1. Firmalara göre proje dağılımını gösteren bir çizelge.....	96

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.2. Proje yılları ve yapı, tesis ve onarım işleri ihalelerinde kullanılan müteahhitlik karneleri ve iş bitirme belgelerinin 2015 yılına ait katsayıları çizelgesi.....	97
Çizelge 6.3. Girdi ve çıktı parametrelerine ait korelasyon değerlerini gösteren çizelge	97
Çizelge 6.4. En iyi modeli oluşturabilmek için yapılan deneme sonuçlarını gösteren çizelge	99
Çizelge 6.5. YSA ile tahmin edilen ve gerçek maliyetlerin karşılaştırmalı tablosu	101
Çizelge 6.6. Regresyon analizi ile hesaplanan katsayı değerleri çizelgesi	103
Çizelge 6.7. ÇDR ile tahmin edilen ve gerçek maliyetlerin karşılaştırmalı tablosu	104
Çizelge 6.8. YSA ve ÇDR yöntemleri ile tahmin edilen maliyetlerin gerçek maliyetlerle karşılaştırmalı tablosu	105
Çizelge 6.9. Uygulanan yöntem performanslarının karşılaştırılması.....	107
Çizelge EK-1. 1. Su kalite parametrelerinin SKKY'ye göre ilgili sınıfları gösteren çizelge	117
Çizelge EK-1. 2. Örnek kanalizasyon şebeke proje hesap tablosu çizelgesi	119
Çizelge EK-2. 1. YSA uygulmasında kullanılmak üzere hazırlanan veri seti tablosu	120
Çizelge EK-2. 2. Korelasyon sonrası ölçeklendirilmiş YSA veri seti tablosu.....	121
Çizelge EK-2. 3. YSA eğitim için ayrılan veri seti tablosu	122
Çizelge EK-2. 4. YSA test için ayrılan veri seti tablosu.....	123
Çizelge EK-3. 1-35 YSA farklı katman yapılarına ait program tahminleri	124

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Dünyadaki nüfus artışının tarihsel gelişim grafiği.....	8
Şekil 4.1. Kanal kesitine ait bir görünüm	40
Şekil 4.2. Dairesel kesitli kısmen dolu kanallarda debi, yükseklik ve hız arasındaki ilişki grafiği.....	41
Şekil 4.3. Küçük doluluk oranlarında q/Q ve v/V değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik	41
Şekil 4.4. Şevli hendek kesit tiplerine ait bir görünüm [25]	42
Şekil 4.5. Borularda yataklama sınıflarına ait kesit görünümleri [25].....	44
Şekil 4.6. Kanal boy kesiti genel görünümü	45
Şekil 4.7. $J_{Zemin} = 0$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil.....	47
Şekil 4.8. $J_{Zemin} = J_{Min}$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil.....	47
Şekil 4.9. $J_{Zemin} < 0$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil.....	47
Şekil 4.10. $J_{Zemin} < 0$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ terfi durumuna ait şekil	48
Şekil 4.11. $J_{Zemin} = J_{Maks}$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil	48
Şekil 4.12. $J_{Zemin} > J_{Maks}$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil	48
Şekil 4.13. Boru kesitindeki minimum su derinliği kesit görünümü	49
Şekil 4.14. Kanalizasyon şebeke kazı hesabı örneği [26]	50
Şekil 4.15. Kanalizasyon şebeke dolgu hesabı örneği [26]	51
Şekil 4.16. Derin kazılarda karşılaşılan stabilite problemlerine ait bir görünüm [27].....	51
Şekil 4.17. Korumucu iksa sistemlerinin tespiti [27].....	52
Şekil 4.18. Banka hizmet akış şeması [32]	60
Şekil 4.19. İller Bankası A.Ş proje finansmanı ve kredilendirme şeması [32].....	61
Şekil 5.1. Freiman eğrisi [35]	63
Şekil 5.2. Basit bir yapay sinir hücresi görünümü	67
Şekil 5.3. Biyolojik bir sinir hücresini oluşturan dört temel eleman ve aralarındaki ilişkiyi gösteren bir görünüm	76
Şekil 5.4. Yapay sinir hücresi (proses elemanı) bileşenleri	78
Şekil 5.5. Yapay sinir ağı katmanlarının birbirleri ile ilişkileri [39]	83
Şekil 5.6. YSA sınıflarını gösteren bir şekil	87
Şekil 5.7. Danışmanlı öğrenme yapısını anlatan bir görünüm [52]	88
Şekil 5.8. Danışmansız öğrenme yapısını anlatan bir görünüm [52].....	89

Şekil	Sayfa
Şekil 5.9. Destekleyici öğrenme yapısını anlatan bir görünüm [52].....	90
Şekil 5.10. Çok katmanlı ileri beslemeli tipik ağ modeli görünümü [40].....	90
Şekil 5.11. Çok katmanlı geri beslemeli tipik ağ modeli görünümü [40].....	91
Şekil 5.12. Tek katmanlı basit bir ağ yapısı görünümü	92
Şekil 5.13. Çok boyutlu hata uzayı eğrisi [39].....	93
Şekil 6.1. YSA test verileri için tahmin edilen ve gerçek maliyetleri gösteren grafik	101
Şekil 6.2. Test çıktıları (COMB6) için YSA modelinin saçılma diyagramı	102
Şekil 6.3. ÇDR test verileri için tahmin edilen ve gerçek maliyetleri gösteren grafik	104
Şekil 6.4. Test çıktıları için ÇDR modelinin saçılma diyagramı	105
Şekil 6.5. Yöntem tahmin sonuçlarının birbirleri ile ve gerçek maliyetlerle kıyaslanmasını gösteren grafik	106
Şekil EK-1. 1. Örnek bir kanalizasyon şebeke boykesit görünümü	118
Şekil EK-1. 2. Örnek bir kanalizasyon şebeke plan görünümü	118

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim EK-4. 1. NeuralTools program arayüzü	136
Resim EK-4. 2. Eğitim ve test verilerinin tanımlanmasına ait ekran görüntüsü.....	136
Resim EK-4. 3. Eğitilecek veri setinin seçimi ile ilgili ekran görüntüsü.....	136
Resim EK-4. 4. Eğitim verileri için seçilen ayarlar ile ilgili ekran görüntüsü.....	137
Resim EK-4. 5. Ağ yapısının, gizli katman sayısının ve hücre sayısının belirlenmesine ait ekran görüntüsü	137
Resim EK-4. 6. İterasyon süresi ve sayısının seçimi ile ilgili ekran görüntüsü.....	137
Resim EK-4. 7. Hazırlanan eğitim veri setinin eğitim aşamasına ait ekran görüntüsü	138
Resim EK-4. 8. Tahmin edilmesi istenen test verilerinin seçimine ait ekran görüntüsü ...	138
Resim EK-4. 9. Test verileri için seçilen ayarlar ile ilgili ekran görüntüsü.....	138
Resim EK-4. 10. Regresyon modeli tablosu	139
Resim EK-4. 11. R değerinin anlamlılığını sınavan varyans analizi tablosu.....	139
Resim EK-4. 12. Regresyon denklemi için katsayılar tablosu.....	139

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
P	Çoğalma yüzdesi
N_y	Son nüfus sayım değeri
N_e	Geçmiş yıllara ait herhangi bir nüfus sayım değeri
a	Yeni ve eski nüfus sayımları arasındaki yıl farkı
N_g	Proje hedef nüfusu
n	Proje yılı ile son nüfus sayımı arasındaki yıl farkı
P₁	Kanalizasyon hattına dönen su miktarının dağıtılan suya oranı
P₂	Bir günde dağıtılan suyun T _d dönüş süresine oranı
Q_{atıksu}	Proje atıksu debisi
Q_{iletim}	İçmesuyu iletim debisi
v	Akış hızı
R	Hidrolik yarıçap
A	Boru enkesit alanı
P	Islak çevre
J	Boru taban eğimi
m	Kutter pürüzlülük katsayısı
n	Cidar pürüzlülük katsayısı
d	Kanalizasyon boruları içindeki su seviyesi
D	Kanalizasyon boru çapı
a	Islak kesit
r	Hidrolik yarıçap
B_d	Kanalizasyon hendek genişliği
B_c	Kanalizasyon boru çapı

d_1	Kanalizasyon hatlarında başlangıç noktasındaki zemin ve boru sırt kotu arasındaki fark
d_2	Kanalizasyon hatlarında bitiş noktasındaki zemin ve boru sırt kotu arasındaki fark
u_i	Yapay sinir hücresi girdi değerleri
w_i	Yapay sinir hücresinin ağırlık değerleri
x^l	Ölçeklendirilmiş yeni girdi değerleri
x	Girdi değerleri
$\bar{x}$	Girdi değerlerinin ortalaması
σ	Girdi değerlerinin standart sapması
x_{min}	Girdi setinin en küçük değeri
x_{maks}	Girdi setinin en büyük değeri
$ x $	Girdi vektörünün büyüklük değeri
M_i	Proje inşaat maliyeti
T_i	Tahmin edilen inşaat maliyeti
N	Veri kümesinin büyüklüğü
ΔW	YSA ağırlık değerlerinin değişim miktarı
V_{1-9}	YSA girdi (bağımsız değişkenler) parametreleri
V_{10}	YSA çıktı (bağımlı değişken) parametresi

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
ANN	Artificial Neural Networks
ART	Adaptif Rezonans Teorisi
BAM	Çift Yönlü Çağrışimli Bellek
BELDES	Belediyelerin Altyapısının Desteklenmesi Projesi
CO	Karbonmonoksit
CTG	Kardiotokografi

ÇDR	Çoklu Doğrusal Regresyon
ÇKA	Çok Katmanlı Algılayıcı
ÇKYSA	Artificial Neural Networks
ECG	Elektrokardiografi
EEG	Elektroensefalografi
EU-OSHA	Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Örgütü
FWPCA	Federal Water Pollution Control Act
GA	Genetik Algoritmalar
GRNN	Genel Regresyon Ağları
GSP	Gezgin Satıcı Problemi
HC	Hidrokarbonlar
HKO	Hata Kareleri Ortalaması
HKOK	Hata Kareleri Ortalaması Karekökü
HKT	Hata Kareleri Toplamı
İTASHY	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
LVQ	Vektör Kuantizasyon Modelleri
MLP	Çok Katmanlı Algılayıcı
NO_x	Azot Oksitler
OMH	Ortalama Mutlak Hata
OMYH	Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi
PM	Partiküller Madde
PNN	Olasılık Sinir Ağları
RA	Regresyon Analizi
RBF	Radyal Tabanlı Fonksiyonlar
RBN	Radyal Temelli Ağlar
SÇD	Su Çerçeve Direktifi
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

SOM	Kendi Kendine Öğrenme Nitelik Haritaları
SOx	Kükürt Oksitler
SUKAP	Su ve Kanalizasyon Altyapı Projeleri
TKA	Tek Katmanlı Algılayıcı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
USPHS	U.S. Public Health Service
VBA	Visual Basic for Applications
WHO	Dünya Sağlık Teşkilatı
YSA	Yapay Sinir Ağları
YSH	Yapay Sinir Hücresi

1. GİRİŞ

İktisadi kalkınma ile birlikte enerji ve doğal kaynakların tüketimi de artmıştır. Doğal kaynakların hızla tüketilmesi ve çevreye bırakılan atıklar, oluşturduğu kirlilikle çevre üzerindeki baskılarını hissedilir boyutlara getirmiştir. Gelişen bilim, teknoloji ve sanayi faaliyetleri ile toplumlar bir yandan refah düzeylerini artırmayı amaçlarken, diğer yandan doğaya da hızla zarar vermektedir. Toplumsal politikalar ve eylemlerle doğaya verilen tahribat, zamanla insan sağlığını tehdit etmeye başlamış ve çevresel kirlilik kavramını çözülmesi gereken bir problem olarak insanlığın önüne sunmuştur.

Çevre kirliliğine bağlı olarak oluşan çevresel problemler hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde görülmektedir. Nüfus artışı, hızlı ve plansız kentleşme, gıda, enerji vb. ihtiyaçlarını karşılamak için doğal kaynakların düşüncesizce tüketilmesi gibi sebeplere bağlı olarak oluşan çevre kirliliğini; hava kirliliği, toprak kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği, besin kirliliği gibi birçok alt başlıkta sınıflandırmak mümkündür. Dünyayı ve insanlığı birçok boyutta tehdit eden çevresel kirlenme kavramı, ilk kez 1972 yılında Birleşmiş Milletler Stockholm Çevre Konferansında ciddi ve çözülmesi gereken bir problem olarak görülmüş ve gündeme alınmıştır. Bu konferansta en öne çıkan konulardan biri de çevreyi dışlamayan yani sürdürülebilir kalkınma / sürdürülebilir çevre stratejilerinin tartışılmış olmasıdır. Bu kavramlar genel olarak, çevre ile ekonomik kalkınma arasında var olan uyumsuzlukların giderilmesi, gelecek kuşakların da kendi ihtiyaçlarını karşılama hakkı gözetilerek bugünün ihtiyaçlarının karşılanması şeklinde açıklanmıştır.

Sürdürülebilir kalkınma için en önemli yaşamsal kaynaklardan biri de hiç şüphesiz su kaynaklarıdır. Sınırlı olan su kaynaklarının, doğru çevre politikaları ve kalkınma planları ile korunması ve yönetilmesi, gelecek kuşaklar da dahil herkesin sağlıklı suya ulaşabilmesi için su ve atıksu altyapısının tüm ülkeler tarafından tamamlanması hedeflenmektedir.

Toplumun içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanabilmesi için su kaynaklarının korunması ve kirlenmenin kontrol edilmesi öncelikli öneme sahip olsa da temin edilen suyun kullanılması ile ortaya çıkan atıksuların doğru bir şekilde toplanarak, uzaklaştırılması ve ekosistemdeki su döngüsüne dahil edilmesi gerekmektedir. Kullanılmış suların toplanması atıksu toplama sistemlerini ön plana çıkarmakta, kanalizasyon şebeke ve arıtma yatırımlarını önemli kılmaktadır.

Kanalizasyon şebeke sistemleri yapım öncesinde ön etüt ve tasarım, projelendirme ve ihale gibi teknik süreçlerden geçerek inşaa edilmektedir. Bu nedenle kanalizasyon şebekesi inşaatlarının öncelikle yatırım bedellerinin doğru tahmin edilmesi, tahmin edilen bedel doğrultusunda yeterli finansmanın temin edilmesi ve ihalesi için yaklaşık maliyetlerin doğru hesaplanması kamusal yatırımların ve bu tip hizmetlerin hızlı bir şekilde hayata geçirilmesi için önem arz etmektedir.

Günümüzde gelişen teknolojik koşullar ve çevre bilinci, ülkelerin kentleşme politikalarını etkilemiş, insan sağlığını koruyan ve yaşamını kolaylaştıran uygulamaların hayata geçirilmesini sağlamıştır. Bu çerçevede devletler ve buna bağlı olarak yerel yönetimler gerek finansal anlamda gerekse teknik açıdan geçmişe göre daha fazla desteğe ihtiyaç duymaktadır. Ülkemizde bu noktada 6107 sayılı kanun ile görev ve amaçları belirlenen İller Bankası A.Ş.'nin verdiği hizmetlerin birisi de İl Özel İdareleri, Belediyeler ve bağlı kuruluşlarına danışmanlık hizmeti vermek ve teknik içerikli kentsel projeler ile alt ve üstyapı işlerinin yapılmasına katkıda bulunmaktır.

İller Bankası A.Ş., kanalizasyon tesislerinin yapımında, 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu tebliğlerine tabi olup, kanalizasyon şebeke projelerini kesin proje olarak hazırlatılıp tastik etmektedir. Hazırlanan kesin projelere göre, birim fiyat teklif usulüne uygun olarak yaklaşık maliyetler hazırlanmakta ve ihalesi yapılmaktadır. Mahalli idarelerin talebi doğrultusunda (35) yıllık nüfus projeksiyonları ve ihtiyaçları dikkate alınarak 1. (öncelikli yapılması planlanan hatlar) ve 2. kademe (yerleşim alanının gelecekteki gelişmesi ile yapılması planlanan hatlar) şeklinde kanalizasyon şebeke projeleri hazırlatılmaktadır. Fakat hazırlanan bir kanalizasyon projesinin tamamının inşaatı, ilgili mahalli idarenin iktisadi yapısı, borçlanma kapasitesi gibi ekonomik sebeplerle bir seferde ihale edilememektedir. Söz konusu mahalli idareler yerleşim merkezlerindeki yapılaşma ile birlikte, yeni yerleşime açılacak bölgelerdeki kanalizasyon şebeke hatları ile ilgili İller Bankası A.Ş.'den finansman talebinde bulunmaktadır. Bu etapta mahalli idare ile ilgili Bölge Müdürlüklerinin hazırlamış olduğu raporlar ve Genel Müdürlük nezdinde yapılan incelemeler neticesinde finansmanı sağlanan kanalizasyon şebeke inşaatının yine İller Bankası A.Ş. tarafından yaklaşık maliyeti hesaplanır ve yapım işinin ihalesine çıkılır. Bu aşamada hazırlanan yaklaşık maliyetler, tahsis edilen finansman miktarından fazla çıkması durumunda işin ödeneğinin bulunmasına rağmen ihale sürecini uzatmaktadır. Bu durum ise kamusal anlamda yatırımların ve hizmetlerin gecikmesine sebep olmaktadır.

İnşaat sektöründeki projeler birtakım iç ve dış faktörlerden etkilenmekle birlikte birçok belirsizliği de içerisinde bulundurmaktadır. Projelerin istenilen başarıyı yakalayabilmesi için maliyet tahmini, fizibilite çalışmalarında, yapım öncesi ihale evresinde ve teklif aşamasında önemli bir yere sahiptir. Yukarıda belirtilen problemlerden hareketle, bu çalışmada yapay zeka tekniklerine dayalı maliyet tahmin yöntemlerinden birisi olan yapay sinir ağları kullanılarak, kanalizasyon şebeke sistemlerinde daha az girdi ile daha hızlı ve hassas sonuçlar üretebilen maliyet tahmin modeli oluşturulmak istenmiştir. Yine günümüzde birçok sektörde kullanılan YSA tahmin modellerinin kanalizasyon şebeke maliyet tahminindeki performansı incelenmiş ve sonuçlar farklı bir istatistiksel tahmin yöntemi ile mukayese edilmiştir.

Yapay sinir ağları birçok mühendislik problemin çözümüne yeni bir yaklaşım getirmiştir. Yapay sinir ağları inşaat mühendisliğinde; endüstriyel fabrika inşaat maliyetlerinin tahmininde (Ulu, 2009), inşaat sektöründe alt yüklenici seçiminde (Köseokur, 2007), inşaat projelerinde kaynak ihtiyacının belirlenmesinde (Baykan, 2007), atıksu arıtma sistemlerinin performansının modellenmesinde (Subaşı, 2010), farklı agregalar ile üretilmiş betonun özelliklerinin tahmininde (Sarıdemir, 2008), cam elyaf katkılı cephe kaplama elemanlarına yönelik teklif fiyat tahmininde (Bahadır, 2013), kentsel içmesuyu ihtiyacı tahmininde (Mermer, 2007), içmesuyu inşaat maliyet tahmininde (Kasaplı, 2014), içmesuyu şebekelerinde harcama eğrisi tahmininde (Yıldız, 2011), yapı maliyetlerinin tahmininde (Uğur, 2007) kullanılmıştır.

Tüm bu geçmiş çalışmalardan yola çıkılarak, hazırlanan uzmanlık tezinde İller Bankası A.Ş. alt yapı yatırımları içerisinde bulunan kanalizasyon şebekelerinin maliyet tahmini yapay sinir ağları gibi farklı bir yaklaşımla ele alınmıştır. Bunun için kurum arşivlerinden temin edilebilen 87 adet kanalizasyon şebeke projesi tek tek incelenmiştir. İller Bankası A.Ş.'de hazırlatılan kanalizasyon projeleri istisnai durumlar hariç beton boru esaslarına göre hesaplanmaktadır. Bu nedenle projelerde beton boru dışındaki boru tipleri ile çözülen projeler çalışma kapsamına alınmamıştır. Yine kanalizasyon şebeke projeleri içerisinde bulunan terfi merkezi, fosseptik vb. betonarme sanat yapıları her projede bulunmaması ve farklılık göstermesi sebebi ile kapsam dışı bırakılmıştır. Çalışmada girdi parametrelerine ait verilerin sadece nümerik olmasına dikkat edilmiştir. Projelerdeki zemin destekleme tiplerinin cinsi veya zemin sınıfları gibi hususlar, kazı ve dolgu maliyet parametreleri altında nümerik olarak hesaba katılmıştır. Belirtilen sınırlar çevresinde 72 adet

proje ile hazırlanan ysa veri setinin 60'ı eğitim 12'si ise test için ayrılmıştır. Eğitim ve test verileri birçok farklı ağ mimarisi ile NeuralTools 5.x programı yardımıyla denenerek en iyi tahmin modeli oluşturulmaya çalışılmıştır. Elde edilen araştırma bulguları sebep-sonuç ilişkisine dayanan tahmin problemlerinde kullanılan çoklu doğrusal regresyon modeli ile karşılaştırılmıştır.

2. ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE

Doğal kaynaklar geçmişte olduğu gibi günümüzde de insanlığın vazgeçilmez parçalarından biridir. Yüzyıllar boyunca insanlık doğadan faydalanmış, doğayı işlemiş ve doğa ile etkileşimi sonucu edindiği tecrübesine paralel olarak doğaya hâkim olma uğraşı vermiştir. Bu süreç ilk çağlarda, doğanın insanı yönlendirmesi şeklinde iken, zamanla tersine dönmüş ve insan doğayı kontrol etmeye başlamıştır. İnsanlık zamanla edinmiş olduğu tecrübe birikimi ve teknolojik gelişmelerle kendi yapay yaşam alanlarını kurmuş ve doğa aleyhine olan bozulma süreci hızlanmıştır. Bu bozulma kentleşme, sanayileşme, turizm, nüfus artışı vb. kavramlar çerçevesinde de sürekli artış göstermiştir.

İnsan zamanla doğaya hâkim olma duygusunu, ticari hırslara bürümüş ve kendi doğal çevresini bilinçsizce kullanmaya başlamıştır. 21.yy'a geldiğimizde ise insanoğlu çevre ile olan ilişkisinden kaynaklanan sorunlar ile yüzleşmek zorunda kalmıştır. Özellikle doğal kaynaklarımızdaki telafisi zor bozulmaların vermiş olduğu çevre sorunları, insanlık için tehlikeli boyutlara ulaşmış ve bu durum çevre kirliliği ve sürdürülebilir çevre yönetimi kavramlarının dünya gündemine girmesine sebep olmuştur. Günümüzde ülkeler bu konuda farklı tutumlar sergilese de toplumdaki ortak fikir, çevre sorunlarının çağımızı ve gelecek nesilleri tehdit eden en önemli sorun olduğudur.

İnsanlığın geldiği bu noktada doğaya hâkimiyet fikri; oluşturduğu ciddi çevre sorunları sebebi ile yerini doğa ile uyum sağlama fikrine bırakmaktadır. Bilim ve insanlık var olan ekosisteme uyum sağlama adına, sürdürülebilir yaklaşımlarla teknolojik ve bilimsel araştırmalarını gün geçtikçe artırmaktadır.

2.1. Çevresel Sürdürülebilirlik

2872 no.lu Çevre Kanunu Sürdürülebilir Çevre tanımını gelecek kuşakların ihtiyaç duyacağı kaynakların varlığını ve kalitesini tehlikeye atmadan, hem bugünün hem de gelecek kuşakların çevresini oluşturan tüm çevresel değerlerin her alanda ıslahı, korunması ve geliştirilmesi süreci olarak ifade etmiştir. Bu sebeple ortaya koyacağımız doğru ve bilinçli çevre kirliliği yönetimi ve kalkınma planları, gelecek kuşaklara aktarmakla sorumlu olduğumuz çevresel kaynakların varlığını ve kalitesini koruyacaktır. Doğal yaşam alanlarımızı kirliletmeyen, tabi kaynakların kullanımını minimum seviyelere indiren, yeni ve

Çevreci teknolojilerin eskileri ile değiştirilmesi, karbon emisyonunun sınırlandırılması, gün geçtikçe fosil yakıtların yerini yenilenebilir ve sürdürülebilir yöntemlere bırakması, doğal yöntemlerin desteklenerek toplumların geri dönüşüm bilinci kazanması sürdürülebilir evre ve kalkınmanın en önemli amaç ve hedeflerindendir [1].

2.2. evre Kirliliği ve Kaynakları

2.2.1. evre kirliliği

evre kirliliğinin tanımını ortaya koyarken her meslek grubu kendi yöntemlerini oluşturmuş ve farklı yaklaşımlarda bulunulmuştur.

Ekolojistler, (organizmaları, evre ve diğer organizmalarla olan ilgilerini araştıranlar) geniş bir görüş açısıyla, sistemin dengesini bozan her şeye kirletici gözü ile bakmışlardır (Karpuzcu, 2014, s. 31). Bu tanımla ekolojistlerin doğal kaynakların insanlara olan faydaları yerine, doğal olmayan dış tesirlerin ve insanların doğal kaynaklarda oluşturduğu olumsuz sonuçları dikkate aldıkları görülmektedir.

Mühendisler için ise " Herhangi bir kaynağın faydalı kullanılabilirliğine yapılan makul ölçüler dışındaki müdahale " (Karpuzcu, 2014, s. 31) şeklinde verilmiş olan kirlenme tarifi büyük çoğunlukla kabul grmştir [2].

2872 no.lu evre Kanunu evre kirliliğini çevrede meydana gelen ve canlının sağlığını, çevresel değerleri ve ekolojik dengeyi bozabilecek her türlü olumsuz etki olarak ifade etmektedir [3].

2.2.2. evre kirliliğinin kaynakları

Kirletici kaynakları yayılma şekillerine (noktasal kaynak ve yaygın kaynak) ve insan aktivitelerine göre olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İnsan aktivitelerine göre kirletici grupları (Bkz. Çizelge 2.1)'de verilmiştir [4].

Çizelge 2.1. İnsan aktivitelerine göre kirletici grupları gösteren çizelge

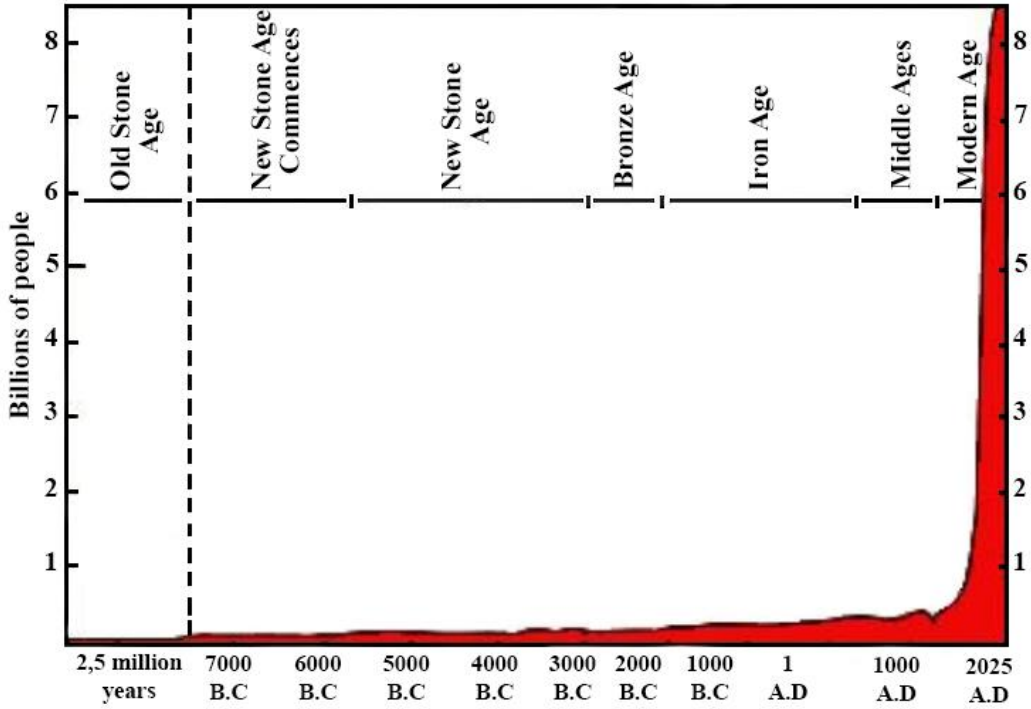
Aktivite	Bilinen Kirletici Yöntemler
Enerji Kullanımı	Ağır Metaller
	Asidik ve Korozif Maddeler
	Radyonükleidler
Tarımsal Aktiviteler	Ticari Gübreler/ Ahır Gübreleri
	Pestisitler
	Tuzlulaştırıcı Maddeler
Endüstriyel Aktiviteler	Maden Atıkları (Ağır metaller ve radyonükleidler)
	Dioksinler ve ilgili maddeler
	Kimyasal Atık Depoları
Şehirselsel, Evsel ve Ticari Aktiviteler	Klorlanmış bileşikler içeren atıkların yakılması
	Kentsel Çöpler, Ağır Metaller

Günümüzde çevre kirliliğine sebep olan birçok kirletici kaynaktan bahsetmek mümkünken, aşağıda sadece kirlenmeye temel sebep olarak gösterilen kirletici kaynaklar başlıklar halinde açıklanmıştır.

Nüfus artışı ve kentleşme

Şüphesiz ki insanoğlu varoluşundan beri yaşadığı çevre ile sürekli kaçınılmaz bir etkileşim içerisinde. Başlangıçta insan bulunduğu çevreyi sürekli izleyerek tanımaya çalışmış, bir takım doğa olaylarına tanık olmuş, kendi bilgisi dışında gelişen bu süreçten korkmuş ve hatta tapmıştır. İnsanoğlunun doğaya müdahale edemeden geçirmiş olduğu bu evreyi gözlem evresi olarak adlandırabiliriz. İlerleyen zamanlarda ise gözlem ve tecrübeleri sonucu edindiği bilgiler ışığında, özellikle de ateşin keşfi ile insan doğaya kendi beklentileri doğrultusunda şekil verme mücadelesine başlamıştır. Bu evreyi ise müdahale yani kirlenmenin başladığı evre olarak tanımlayabiliriz. Son evre ise içinde bulunduğumuz dönemi de kapsayan ve 20.yy başından beri süre gelen çevrenin tahrip edildiği evredir. 20.yy da yaşanan Sanayi Devrimi ve dünya nüfusunda yaşanan hızlı artış doğal kaynakların hızla tahrip edilmesine kapı açmıştır. Sonuç olarak artan nüfus ve paralelinde gelen ihtiyaçları neticesinde ortaya çıkan kirleticiler hızlı bir şekilde artarak çeşitli yollardan doğaya aktarılmaktadır. Çevre kirliliği ise doğanın kendini yenileyebilme kapasitesinin aşıldığı durumda ortaya çıkmaktadır.

Bununla beraber dünya nüfustaki artış, çevredeki bozulmanın tek sorumlusu değildir. “Nüfus artışının çevre kirlenmesi ve kaynak tüketimindeki payı sadece %10 mertebesinde” [2].



Şekil 2.1. Dünyadaki nüfus artışının tarihsel gelişim grafiği

Dünya nüfusu 18. yy dan itibaren sanayileşme ve tarımsal kalkınmanın etkisi ile hızlı bir artış göstermiştir (Şekil 2.1.). Dünya nüfusunun belirgin bir biçimde artması ise 20. yüzyılın ikinci yarısında görülen bir olgudur. Konuya ilişkin günümüzdeki temel sorun, Dünya nüfusunun hızla çoğalmasına karşın, doğal kaynakların sınırlı kalması ve giderek azalmasıdır.

Sanayileşme

Doğrudan kirleticiler sınıfında bulunan sanayileşme çevre kirliliği açısından en dikkat edilmesi ve kontrol edilmesi gereken olgulardan birisidir. Sanayileşme, çoğu zaman bir ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınmışlığını göstermekte kullanılsa da bilinçsizce kurulan sanayi tesisleri, ham madde ihtiyaçlarını doğal kaynaklardan temin etmeleri sebebi ile beraberinde telafisi zor çevresel sorunlar getirmektedir. Nitekim doğaya bırakılan sanayi atıkları toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine, filtreleme sistemi olmadan üretim yapan fabrika bacalarından çıkan gazlar hava kirliliğine, yerleşim yerlerine yakın bölgelerde

kurulan fabrikaların gürültü kirliliğine, sanayi tesisi yer seçiminde yapılan yanlış tercihlerin tarım arazilerinin ve tarımsal üretimin azalmasına sebep olmaktadır [5].

Tarımsal Faaliyetler

Tarımda kullanılan araç-gereçlerin teknolojik olarak gelişmesi, bu gelişme ile birlikte üreticilerin daha verimli ve kaliteli ürün üretmek isteği sonucu kullanılan suni gübreler, kimyasal ilaçlar ve bu kimyasallara ait kalıntıların bitkilere, hayvanlara ve insanlara ulaşarak sağlığı tehdit etmesi, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan çevre kirliliği kavramını ortaya çıkarmıştır [6].

Üreticinin fazla mahsul elde etme isteği sonucu bilinçsiz bir şekilde seçmiş olduğu ilaçlar, bu ilaçların yanlış dozlarda sık kullanılması, kimyasal gübrelerin gereksiz yere kullanımı toprağı ve suyu kirleten en önemli faaliyetlerdendir. Bu faaliyetler bir yandan canlı hayatını (flora ve faunayı) tehdit ederken, diğer yandan da ürünlerde ve toprakta biriken zararlı maddeler yüzünden insan ve bitkilerin sağlığı tehlikeye girmektedir [7].

Meteorolojik ve Diğer Unsurlar

Çevre kirliliğinin en sık görülen sebeplerinden biri de meteorolojik olaylar olarak gösterilebilir. Çünkü atmosferik hadiselerin kirleticilerin dağılması ve değişikliğe uğraması üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır. Şöyle ki rüzgâr, yağmur, kar ve benzeri meteorolojik hareket ve yağışlar kirletici unsurları etkisiz duruma getirebildikleri gibi, onların kaynaklarından çok daha uzaklara taşınabilmelerine yol açmaktadır [8].

Ayrıca çevre kirliliği oluşturan diğer sebepler arasında; yanardağların patlaması sonucu oluşan gazlar, orman yangınları, toz fırtınaları ve benzeri doğal koşullar ile meydana gelen kirlenmeler de sayılabilir.

Çevre Bilinci Eksikliği

Çevre sorunlarına çok sayıda ve farklı yaklaşımlarla çözüm yöntemleri önerilse de sorunların başlangıçta, ortaya çıkmadan önlenmesi en dikkate değeridir. Bu nedenledir ki toplum bilinci oluşturmak amacıyla çevre kirliliği konusunda en önemli faktörlerden biri de eğitimidir. UNESCO, UNEP, Çevre Bakanlıkları, Üniversiteler, Belediyeler ve Bazı Sivil

Toplum Örgütleri gibi birçok kurum ve kuruluş çevre eğitimini temel alan, projeler yürütmektedirler. Çevre bilincini teşvik edecek davranışların maddi manevi ödüllerle desteklenmesi ve her türlü kitle iletişim araçları kullanılarak tanıtılması bu alanda ki toplumsal farkındalığı şüphesiz ki artıracaktır [9].

2.2.3. Çevre kirliliği çeşitleri ve sınıflandırması

Bir önceki başlıkta da bahsedilen nüfus artışı ve kentleşme, sanayileşme, bilinçsizce yapılan tarımsal faaliyetler, teknolojik gelişmeler, kaynakların aşırı kullanımı gibi birçok neden kırsal ve kentsel toplumsal yapıları olumsuz yönde değiştirmiştir. Bu değişim sonucunda dünyamızda hava kirliliği, su kirliliği ve toprak kirliliği gibi pek çok çevresel kirlilik problemi oluşmuştur.

2.2.3.1. Hava kirliliği

Hava kirliliği; “ İnsan, hayvan ve toprak yaşamına zarar verme ihtimali olan (nicelik ve süreye bağlı olarak) atmosferde yer alan yaşam şartlarının ve çalışma koşullarını olumsuz yönde etkileyen bir ya da birkaç çeşit kirletici ya da bunların birleşimiyle oluşan kirliliktir [10].”

Hava kirliliği doğal veya insani kökenli kaynaklardan meydana gelme şekline göre ikiye ayrılmaktadır. Doğal yollarla oluşan hava kirliliği; volkanlar, tozlar, orman yangınlar, su yüzeyinden olan atımlardır. İnsani kaynaklı hava kirliliği oluşum sebepleri ise üç grupta toplanmaktadır.

Noktasal Kaynaklı:

Fabrikalar, sanayi ve enerji santralleri noktasal kaynaklı kirleticilerdendir. Bu işletmelerin üretimde gerekli olan enerjiyi sağlamak için kullandıkları yakıttan atmosfere kirleticiler salınmaktadır. Bunun yanında katı atıkların fırınlarda ve açık arazide yanması sonucu da noktasal kirlenme oluşmaktadır. Yine benzin, boya maddeleri gibi organik maddelerin buharlaşmasından noktasal olarak kirlilik meydana gelmektedir.

Çizgisel Kaynaklı:

Ulaştırma kaynaklı oluşan bu tip kirlilik, benzinli, mazotlu ve gaz tribünlü içten yanmalı motorla çalışan yolcu ve yük taşıyan araçların getirdiği kirliliktir. Bu taşıtlarda kullanılan fosil kaynaklar yanma sonucu karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürt oksitler (SO_x), hidrokarbonlar (HC) ve partiküller madde (PM) oluşturarak atmosfere kirletici olarak yayılmaktadır.

Alansal Kaynaklı:

Bu grupta en büyük paya sahip olan kaynak, konutların ısıtılmasıdır. Konut ısıtılmasında ve enerji temininde kullanılan fosil yakıtlar içerisinde en büyük pay kömür ve petrole aittir. Kullanılan yakıtın kalitesi bu tür kaynaklardan gelen hava kirliliği üzerine çok fazla etki yapmaktadır.

2.2.3.2. Toprak kirliliği

Toprak kirliliği, dış etkiler sonucu toprağın biyolojik, fiziksel, kimyasal ve jeolojik olarak yapısının bozulmasıdır. Evsel ve endüstriyel atıklar ile diğer kirletici parametrelerin gerekli tedbirler alınmaksızın toprağa verilmesi sonucu toprak kirliliği oluşmaktadır. Sanayi tesislerinden çıkan atıklar çevredeki tarım arazilerine zarar vermekte, ormanları tahrip etmekte, mevcut ve potansiyel yer altı ve yer üstü su kaynaklarının kirlenmesine yol açarak kaynakların içme ve sulama amacıyla kullanımını kısıtlamaktadır. Tesislerin etki alanı içindeki tarım işletmelerinde kirliliğe, toprakta iz element ve ağır metal birikimine neden olmaktadır [11].

Topraklar kendisine tesir eden kirleticilere karşı sönümleme gücü yüksek olan sistemlerdir. Ancak uzun süreli ve sürekli kirleticilere maruz kalması durumunda ve çevre koşullarının değişmesi sonucunda sönümleme yeteneği bozulmakta, geri dönüşüme katkısı azalmaktadır. Toprakların bu özelliği ekosistemin tamponlama kapasitesi olarak da tanımlanmaktadır [12].

2.2.3.3. Su kirliliği

Su kirliliği tüm insanlık için bir tehdit oluşturmaktadır. Dünyada su kirliliği çok geniş ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Belli açılardan farklılık gösterse de her bireyin adil paylaşılmış suya ihtiyacı vardır. Ancak ulusların kendi adil paylaşım miktarları farklılık gösterdiğinden uluslararası bu konuda rekabet ve çatışmalar yaşanabilmektedir. Bunun sonucu olarak her bir ülke tarafından hesaplanan ve ortaya çıkan su kirliliği ölçümleri de farklılık göstermektedir.

Su kalitesi terimi su kirliliği terimi ile çok yakından ilişkilidir. Kirli su; bir su kaynağının negatif fiziksel özelliklerinin pozitif özelliklerinden fazla olduğu durumları ifade etmektedir. Su kalitesi suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlıdır. Fiziksel nitelikleri sıcaklık, berraklık ve diğer benzer özellikler oluşturmaktadır. Kimyasal nitelikler, su çözündüğünde: eğer varsa organik ve inorganik maddelerin miktarıyla, bu maddelerin çözünmeyle suyun yapısına bağlı kalmaları ya da ayrışmalarıyla ilişkilidir. Suyun biyolojik özellikleri ise suyun özgünlük, tesir ve barındırdığı organizmaları ile ilişkilidir.

Günümüz dünyasında su kirliliğinin tanımı için birçok farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bu tanımlardan bazıları şunlardır.

Suyun kullanılabilirliğine zarar vererek ya da kullanımında tehlike oluşturarak su kalitesinin düşmesine yol açan bazı yabancı maddelerin (organik, inorganik, radyolojik veya biyolojik) sudaki varlığı su kirliliği olarak tanımlanabilir (USPHS İçmesuyu Standartları. Madde 6, 1962, s. 1).

Su kirliliği; suyun kullanımında ya da dönüşümünde suyun yapısına zarar verebilecek potansiyel zararlı radyoaktif maddeleri veya diğer maddeleri kapsayan “atıkların boşaltımını” da kapsamaktadır. Böyle bir durum su için zarar teşkil etmektedir ki bu zarar ısısında, tadında, bulanıklığında ya da kokusunda fark edilebilir (FWPCA, ABD).

Suyun meşru amaçlarla kullanımında suyla karıştığında suyun fiziksel özelliklerini değiştiren maddelerin varlığı su kirliliği olarak tanımlanmaktadır [13].

Su kirliliği; suyun yararlı kullanımını elverişsiz hale getiren her türlü bozulma olarak da tanımlamaktadır [14].

Su kirliliği: Su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değışmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılmasını ifade eder [15].

Ortam sıcaklığı, sudaki çözünmüş oksijen yoğunluğu, pH seviyesi, suyun rengi, askıdaki ve toplam katı madde konsantrasyonu, toplam alkalinite, besi maddesi yoğunluğu, metal bileşiklerin konsantrasyonu ve diğer fiziksel, kimyasal özellikler sudaki hayatı doğrudan etkileyen parametrelerdir. Bu parametrelerin sudaki oranını değıştiren tüm iç veya dış etkiler su kirliliğini oluşturur [2].

3. SU KİRLİLİĞİ KONTROLÜ VE ATIKSU YÖNETİMİ

3.1. Su Kirliliği Kontrolü

Sürdürülebilir kalkınma için en önemli yaşamsal kaynaklardan biri sudur. 20. yüzyılda dünya nüfusu 19. yüzyıla oranla üç kat artmasına rağmen, su kaynaklarının kullanımının altı kat arttığı belirlenmiştir (WSSD, 2002). Ancak bu hızlı tüketim, kaynaklardan yararlananlara eşit fırsatlar ve yararlar sağlayacak şekilde sürdürülebilir özelliklere sahip değildir. Bunun sonucu olarak tüm dünyada su krizi kaçınılmaz olmuştur [16].

Su krizi, bir milyarın üzerindeki insanın sağlıklı içme suyuna yeterli erişim sağlayamaması ve dünya nüfusunun yarısının da yeterli su ve atıksu altyapısına sahip olmaması şeklinde tanımlanmaktadır [16].

26 Ağustos - 3 Eylül 2002 tarihleri arasında Güney Afrika, Johannesburg’ da toplanan “Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi” nde dünya su krizi en çok değinilen konulardan biri olmuştur. Zirve sonucunda, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için doğal kaynakların yönetiminin de sürdürülebilir ve bütünleşik bir temele oturtulması gerektiği ifade edilmiştir. “Binyıl Deklarasyonu” na paralel olarak 2015 yılı itibarı ile sağlıklı suya ve su/atıksu altyapısına erişim imkanı bulunmayan nüfusun yarıya indirilmesi hedefi benimsenmiş ve bu doğrultuda aşağıdaki aksiyonların yerine getirilmesi kararlaştırılmıştır: (WSSD, 2002) [16].

- *Konutlarda sağlıklı içmesuyu altyapısının geliştirilmesi ve uygulanması*
- *Kamu kurumlarında ve özellikle okullarda su/atıksu hizmetlerinin iyileştirilmesi*
- *Güvenli hijyen uygulamalarının teşvik edilmesi*
- *Çocuklara yönelik eğitim faaliyetlerinin teşvik edilmesi*
- *Girişimci finans ve ortaklık mekanizmalarının geliştirilmesi*
- *Su kaynakları yönetimi stratejileri ile su/atıksu altyapı hizmetlerinin entegrasyonu*
- *Doğal kaynakların bozulmasının önüne geçilmesi ve bu amaçla ulusal ve uluslararası düzeyde her türlü finansal kaynağın harekete geçirilmesi, teknoloji*

transferi, su altyapısı için kapasite geliştirilmesinin desteklenmesi ve bu sayede Gündem 21'in 18. Bölümünün¹ uygulanması

- *Bütünleşik su kaynakları yönetiminin ve su verimlilik planlarının geliştirilmesi, su kayıplarının önlenerek, geri kazanım alternatiflerinin değerlendirilmesi ve "havza bazlı yönetim" ilkelerinin benimsenmesi*
- *Su kaynakları yönetimi ve projelerin uygulamaları ile ilgili bilginin, kadınlara pozitif ayrımcılık yapılarak paylaşımı*
- *Gelişmekte olan ülkelerin su kaynaklarının izlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla destek sağlanması*
- *Su kirliliğinin önlenmesi ve ekosistemlerin korunması için evsel ve endüstriyel atıksu arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi [16].*

Son on yılda gerçekleşen gelişmeler, dünya su krizinin çözümünde "bütünleşik su kaynakları yönetimi" ilkelerini ön plana çıkartmıştır. Bu bağlamda, Avrupa Birliği de su politikalarını biçimlendirmiş ve Aralık 2000 tarihinde yürürlüğe giren "Su Çerçeve Direktifi (SÇD)" ile havza bazlı yönetim yaklaşımını benimsediğini ilan etmiştir. Direktif, tüm AB sınırları içerisindeki su kaynaklarının sadece niceleyici olarak değil, niteleyici olarak da korunmasını ve kontrol edilmesini hedeflemektedir. Sonuç olarak Avrupa sularının, ortak bir standarda göre korunması için kapsamlı bir politika ortaya konmuştur [16].

SÇD'nin en önemli hükümleri şu şekilde özetlenebilir:

- *Gelecekte, sınır ötesi su kaynakları, sahip oldukları su toplama havzaları ile birlikte ilgili ülkelerin ortaklığı ile yönetilecek, sadece ulusal veya bölgesel yönetim yaklaşımından vazgeçilecektir.*
- *Su kaynağının kalitesinin incelenmesinde, geçmişte olduğu gibi sadece kirlletici parametrelere bakılmayacak, aynı zamanda su ortamındaki flora ve fauna, yani su ekolojisi de mercek altına alınacaktır.*
- *Hedef, tüm su kaynaklarında, su kalite kategorilerine bağlı olarak iyi bir duruma kavuşmaktır. Bu amaçla tüm AB ülkeleri ulusal ve uluslararası ölçekte, ölçüm yöntemlerini ve yönetim planlarını oluşturacaklardır.*

¹ Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Gündem 21 18. Bölüm: TATLI SU KAYNAKLARININ TEMİNİNİN VE KALİTESİNİN KORUNMASI; SU KAYNAKLARININ GELİŞTİRİLMESİ, YÖNETİMİ VE KULLANIMINDA ENTEGRE YAKLAŞIMLARIN UYGULANMASI

SÇD'nin önemli özelliklerinden biri de uygulamada ulaşılması gereken aşamalar için kesin tarihleri tanımlamış olmasıdır. Direktifin tanımladığı en önemli kilometre taşları Çizelge 3.1'de verilmiştir [16].

Çizelge 3.1. Su çerçeve direktifi kapsamında uygulanması gereken adımların çizelgesi [16]

Direktifin yürürlüğe girmesi	2000
Ulusal mevzuata uyum	2003
Nehir havzalarının ve ilgili otoritelerin tanımlanması	2003
Nehir havzalarının karakterizasyonu: kirletici kaynaklar ve ekonomik analiz	2004
İzleme ağlarının kurulması	2006
Kamu ile işbirliği	2006
Taslak nehir havza yönetim planlarının sunulması	2008
Nehir havza yönetim planlarının finalize edilmesi (ölçüm programları dahil)	2009
Fiyatlandırma politikalarının oluşturulması	2010
Operasyonel ölçüm programlarının gerçekleştirilmesi	2012
Çevresel hedeflere erişim	2015
İlk yönetim döngüsünün sonu	2021
İkinci yönetim döngüsünün sonu, hedeflere ulaşmak için nihai tarih	2027

Su kirlenmesi kontrolü yaklaşımlarının uygulamalarında, diğer çevre ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında olduğu gibi, teknolojik faaliyet konuları temiz üretim teknolojileri ve arıtma teknolojileri olarak sınıflandırılabilir. Arıtma teknolojileri sanayileşmeye paralel olarak gelişen, evsel ve endüstriyel atıksulardaki kirleticilerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler ya da ileri arıtma teknolojileri kullanılarak genellikle kirleticilerin bulundukları ortamdan ayrılması ve çevreye daha az zararlı olacakları formlarda başka ortamlara aktarılması amacıyla uygulanan teknolojiler şeklinde tanımlanabilmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımlarının büyük önem kazandığı günümüzde, yeni bir endüstriyel organizasyon modeli olarak karşılaşılan temiz üretim teknolojileri ise kaynak kullanımının azaltılması, sıfır atık oluşturma yönünde ürünün kullanım süresi sonunda %100 geri dönüşümü, deşarjlar ile oluşan problemlerin çözümü ve yeniden kullanım alışkanlıklarının benimsenmesi ile sorumlu kullanıcı davranışlarının özendirilmesi konularının çözümü amacıyla uygulanan teknolojik yaklaşımlardır.

“Fazlası bulunmadıkça yüksek kalitedeki bir su, daha düşük kalitedeki suların yeterli olacağı maksatlar için kullanılmamalıdır” [16].

Günümüzde sınırlı su kaynaklarına olan talebin sürekli artması nedeniyle, giderek daha uzaktaki ve daha kirlenmiş su kaynaklarının su temini amacı ile devreye alınmasına çalışılmaktadır. Buna ilave olarak yeni araştırmalar ve gelişen su analizi teknikleri nedeniyle su kalitesi standartlarına yeni parametreler eklenmekte ve mevcutlar daha sıkı hale getirilmektedir. Bütün bunların sonucu olarak tüketiciye ulaştırılan suyun maliyeti sürekli yükselmektedir. Bu probleme akılcı ve rasyonel yaklaşım, su kullanımını sınıflara ayırarak o kullanımın gerektirdiği kalitedeki suyu ayrı olarak temin etmenin yolları ve uygulanabilirliği araştırılmalıdır. Yani yüksek kalitede suya sahip kaynaklar (mesela kaynak suları ve yeraltı suları gibi) sadece yüksek kalite gereksinimi olan amaçlar için kullanılmalıdır. Daha düşük kalitedeki su kaynakları ise, daha düşük kalitenin uygulanabildiği amaçlar (sulama, sanayi, tuvalet temizliği, cadde temizliği vb.) için ayrılmalıdır. Ancak bu şekilde, en uygun kaynak dağıtımı mümkün olabilmektedir [16].

3.1.1. Ülkemiz su kaynakları standart ve yönetmelikleri

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de kısıtlı olan su kaynaklarına ihtiyaç giderek artmaktadır. Su kirliliği ve doğal su kaynaklarının korunmasına yönelik Dünya'daki gelişmelere paralel olarak ülkemizde de bir takım mevzuat düzenlemeleri ile tedbirler alınmaktadır.

Su kirliliği kontrol yönetmeliği

TC Anayasası 2872 Sayılı Çevre Kanunu Madde 8'e bağlı olarak 1988 yılında yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 1988) su kalitesi yönetimine ilişkin kapsamlı düzenlemeler getirmiştir. Bu yönetmelik su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atıksuların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atıksu altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsar [16].

Bu çerçevede yönetmelikte içme ve kullanma suyu rezervuarlarının çevresinde oluşturulması gerekli koruma alanları; evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları ve tarım

arazilerinin korunmasına ilişkin düzenlemeler getirilmiştir. Bununla birlikte yüzey suları ve yeraltı suları için kalite sınıflandırması yapılmıştır. Yüzeysel sular çerçevesinde yüksek kaliteli, az kirlenmiş, kirli ve çok kirlenmiş sular olmak üzere 4 kalite sınıfı tanımlanmaktadır. Her sınıfa ait kullanım amaçları ayrıca belirtilmektedir. Aynı yönetmelik yeraltı suları için de 3 kalite sınıfı tanımlamaktadır. I. Sınıf sular içme suyu amaçlı kullanılabilen sulardır. II. Sınıf sular ancak bir arıtma işlemi sonrası içme suyu amaçlı kullanılabilirken, endüstriyel ve tarım amaçlı kullanılabilir olarak tanımlanmaktadır. III. Sınıf yeraltı suları ise, kullanım amacının gerektirdiği biçimde arıtıldıktan sonra kullanılabilen sulardır [16].

Çalışma kapsamında incelenen su kalite parametrelerinin SKKY'ye göre ilgili sınıfları, Çizelge EK-1.1.'de verilmektedir.

İnsani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelik

17.02.2005 tarihli, 25730 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’in (İTASHY, 2005) amacı, insani tüketim amaçlı suların teknik ve hijyenik şartlara uygunluğu ile suların kalite standartlarının sağlanması, kaynak suları ve içme sularının temini, ambalajlanması, etiketlenmesi, satışı, denetlenmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir.

Bu Yönetmelik, 24/4/1930 tarihli ve 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanununun 235 ve 242'nci maddeleri, 27/5/2004 tarihli ve 5179 sayılı Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanunun 26'ncı maddesi, 13/12/1983 tarihli ve 181 sayılı Sağlık Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 43'üncü maddesine dayanılarak, Ayrıca, Avrupa Birliğine üye ülkelerce esas alınan İnsani Kullanım Amaçlı Suların Kalitesine Dair 98/83/EC sayılı Konsey Direktifi, Doğal Mineralli Suların Çıkarılması ve Pazarlanmasına İlişkin Üye Devletlerin Kanunlarının Uyumlaştırılması Hakkındaki 15/7/1980 tarihli ve 80/777/EEC sayılı Konsey Direktifi ile Doğal Mineralli Sular İçin Konsantrasyon Limitleri ve Etiketleme Bilgileri Hakkında Liste Oluşturulması ve Doğal Mineralli Suların ve Kaynak Sularının Ozonla Zenginleştirilmiş Hava ile İşleme Tabi Tutulmasının Şartlarını Belirleyen 16/5/2003 tarihli ve 2003/40/EC sayılı Konsey Direktifine paralel olarak, hazırlanmıştır.

Türk standardı

İçme sularının renksiz, berrak olması, hastalık yapıcı organizmaları, zararlı kimyasal maddeleri ihtiva etmemesi ve agresif olmaması şartlarını sağlamak ve suda bulunması arzu edilmeyen maddeleri belirli bir seviyenin altında tutmak için çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında dikkate değer olanı Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından verilen standartlardır. Ülkemiz için kabul edilen içme suyu standardı TS 266 Türk Standartları Enstitüsünün Kimya Hazırlık Grubunun çalışmaları sonucu hazırlanmıştır (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Su kalite parametrelerinin, insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik (İTASHY) ve TS 266 (sular-insani tüketim amaçlı sular) göre ilgili sınıfları gösteren çizelge

PARAMETRELER		İTASHY (2005)	TS 266 (2005)	
			Sınıf 1 ve 2	Sınıf 2
			Tip 1	Tip 2
ÇÖ	(mg/L)	-	-	-
t	(°C)	-	-	-
pH		$6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$	$6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$	$6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$
Eİ (20°C)	(mS/cm)	2.5	0.65	2.5
T	(NTU)	*	5	5
AKM	(mg/L)	-	-	-
TH	(°dH)	-	-	-
NH ₄ ⁺	(mg/L)	0.5	0.05	0.5
NO ₂ ⁻	(mg/L)	0.5	0.1	0.5
NO ₃ ⁻	(mg/L)	50	25	50
TKN	(mg/L)	-	-	-
TN	(mg/L)	-	-	-
TP	(mg/L)	-	-	-
MBAS	(mg/L)	-	-	-
KOİ	(°dH)	-	-	-
TOC	(mg/L)	**	***	***
Mn ²⁺	(mg/L)	0.050	0.020	0.050
Al ³⁺	(mg/L)	0.200	0.200	0.200
Fe	(mg/L)	0.200	0.050	0.200
Cr	(mg/L)	0.050	0.050	0.050

* : Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok,

** : Anormal değişim yok,

*** : Fark edilebilir bir değişiklik gözlenmemelidir.

Sınıf 1: Kaynak (memba) suları,

Sınıf 2: Kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular,

Tip 1: İşlem görmüş kaynak (memba) suları,

Tip 2: İçme ve kullanma suları.

3.2. Atıksu Yönetimi

Toplumun içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanabilmesi için su kaynaklarının korunması ve kirlenmenin kontrol edilmesi öncelikli öneme sahip olsa da temin edilen suyun kullanılması ile ortaya çıkan kullanılmış suların doğru bir şekilde toplanarak, uzaklaştırılması ve ekosistemdeki su döngüsüne dahil edilmesi gerekmektedir.

Atıksu bertaraf yönetiminde birbiri ile ilişkili üç temel bileşen mevcuttur:

- Toplama
- Arıtma
- İmha etme / Tekrar kullanma

Evsel ve endüstriyel atıksuların toplanmasında en iyi sonuca tam gelişmiş kanalizasyon ağı veya su taşıma sistemleri ile ulaşılmıştır. Atıksu toplama tesislerinin tasarımı ve planlanması: su akış hızının belirlenmesini; kanalizasyon ağının hidrolik tasarımını, geniş kanal borularını, bunların kesişim yerlerini ve güzergâh yapılarını; kanalizasyon ağı için gerekli ekipmanların ve pompa istasyonlarının yerinin seçimini kapsamaktadır. Kanalizasyon boruları genelde yol güzergahlarını takip etmektedir. Buradaki amaç bu boruların özel mülkiyete ait yapılarla kesişmesini önlemektir. Böylelikle gerektiğinde hatlarda tamirat ve yeni ilaveler yapılabilir. Kanalizasyonlar yaygın olarak düz hatlar şeklinde inşa edilmekte olup kanalizasyon bacaları çeşitli boyutlarda, eğimde ve çapta üretilebilmektedir. Tüm alanlarda olduğu gibi atıksu toplama yöntemlerinde de önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bunların içinde en öne çıkanları ise; kanal ağının dizaynında fotogrametrik ve bilgisayar teknikleri kullanılmaya başlanması, konstrüksiyon malzemelerindeki gelişmeler ve kanalizasyon ağı kontrollerinin bilgisayar uygulamaları ile gerçekleştirilmesi sayılabilir [17].

Atıksu arıtımı, yerüstü ve yeraltı su kaynak kirliliğinin önlenmesinde ve kanalizasyon ağı içinde patojenik organizmaların sebep olacağı bulaşıcı hastalıkların yayılma oranının azaltılmasında temel öneme sahiptir. Atıksu arıtımı çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik aşamaların kombinasyonu ile yürütülür, arıtma süreci sonucunda ortaya çıkan maddelerin güvenli bir şekilde imha edilmesi bu süreçlerden sonra gerçekleştirilebilmektedir [17].

Toplama ve arıtma sistemlerinden sonra atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili sorunlar ortaya çıkmaktadır. Son zamanlarda bu sorunlardan en önde geleni ve önemlisi atık sahasının kurulması ile ilgili olarak, çevrenin korunması için çok sıkı yaptırımların gerekliliğidir. Hâlihazırda etkili olarak kullanılan atık madde bertaraf yöntemleri: nehir ve akarsularda seyreltmeye gitme, saha uygulamaları ve akuakültür (su içinde yetiştirme) içinde veya sulamada kullanma olarak sıralanabilir. Dünyada evsel atıkların tarımsal alanda geri kullanımı ile ilgili en önemli örnek Çin’de karşımıza çıkmaktadır. Ülkede toplamda ortaya çıkan evsel atıkların %90’lık kısmından fazlası arıtma süreçlerinden sonra tarım sahalarına uygulanmıştır ve bu çıktı, ürünlerin ihtiyaç duyduğu besleyici öğelerin üçte birini karşılamaktadır. Küçük boyuttaki arıtma tesislerinde atık; tortulaşmış ve konsantre kirleticiler lagünlerde (gölet), tortu (çamur) kurutma yataklarında ya da sıhhi çöp depolama sahalarında bertaraf edilmekte iken büyük ölçekli arıtma tesislerinde ise bu iş vakumlu filtrasyon ardından kuru ısıtılma ve yakma işlemleri de yapılmaktadır [17].

3.2.1. Atıksular

Atıksular, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde; “Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ve yapılaşmış kaplamalı ve kaplamasız şehir bölgelerinden cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzeyaltı akışa dönüşmesi sonucunda gelen suları ifade eder.” şeklinde tanımlanmıştır [15].

3.2.2. Atıksuların özellikleri

Sularda görülen kirlenme fiziksel, kimyasal ve biyolojik içerikli kirlilikler olarak sınıflanmaktadır. Fiziksel kirlenmeye sebep olan parametreler renk, koku, toplam katı madde ve bulanıklıktır. Biyolojik kirliliğe organik atıkların su kaynaklarında birikmesi ile oluşan algler, funguslar ve bakteriler neden olmaktadır. Bu canlılar ortamdaki oksijen, karbon ve azot gibi maddeleri zamanla tüketerek biyolojik kirliliği oluştururlar. Kimyasal kirlenme ise su da biriken ağır metallerden, suda parçalanamayan organik ve inorganik kalıntılardan oluşmaktadır [18].

Bu üç tip kirletici ile oluşan atıksuların düzenli, planlı ve kullanım amaçlarına uygun bir şekilde toplanması gerekmektedir. Toplanan atıksuların su kirliliği ve kontrol yönetmeliğinde belirtilen standartlara uygunluğunun kontrol edilerek, kirletici içeriğin uygun seviyeye düşürülmesi ve geri kullanılabilmesi için doğru arıtma yöntemleri ile arıtılması gereklidir [19].

3.2.3. Atıksu kaynakları

Atıksular kaynaklarına göre evsel, endüstriyel ve tarımsal atıksular olmak üzere üç grupta toplanmaktadır.

Evsel atıksular

Evsel kaynaklı atıksular mutfak, lavabo, tuvalet, banyo vb. yerlerden gelen kullanılmış sulardır. Bu tip atıksular içeriğinde insan dışkıları, kâğıt, sabun, yiyecek atıkları, temizlik sıvıları ve buna benzer birçok madde barındırır. Bu atıkların kimisi eriyik halde, kimisi kolloidal (ultra mikroskobik) halde bulunurken bazıları da süspansiyon halinde taşınır. Evsel kaynaklı atıklar çoğunlukla organik kökenli olması sebebi ile organik maddelerle beslenen canlıların (saprofit mikroorganizmaların) etkisine maruz kalırlar. Bu durum ise evsel atıksuları çürüyebilir ve ayrışabilir kılmaktadır. Zamanla gerçekleşen bu ayrışma ve çürüme, özellikle hidrojen sülfür gibi kötü kokulara sebep olan gazların salınımına sebep olur. Evsel atıksularda bol miktarda bulunan patojen parazitler; bağırsak parazitleri ve tifo, dizanteri, mide ve bağırsak enfeksiyonları gibi birçok bulaşıcı hastalığın sebebini oluşturmaktadır [20].

Endüstriyel atıksular

Endüstriyel kaynaklı atıksuların içeriğinde organik veya mineral kaynaklı nispeten daha temiz kirleticilerin yanı sıra kimyasal koroziv özellikli, yanıcı, patlayıcı, zehirli çok tehlikeli maddeler de bulunmaktadır. Bu anlamda endüstriyel kirleticiler oldukça fazla çeşitlilik göstermektedir. Endüstriyel atıkların bazıları kanalizasyon sistemine kabul edilmeyecek kadar sakıncalı bulunurken, bazıları ise çok az sayıda yabancı madde bulundurur ve bir yağmursuyu hattına veya doğrudan tabi su kaynaklarına deşarj edilebilecek kadar mahzursuz bulunurlar. Kimi endüstriyel atıkları kanalizasyon

sistemlerine yapışarak birikir ve tıkanmaya sebep olurlar. Asit ve sülfür içerikli atıklar ise özellikle beton boruların erimesine ve çatlamasına yol açar. Kimyasal kökenli atıklar ise karıştığı su yataklarındaki canlı yaşamına doğrudan tehdit oluşturlar. Yanıcı ve patlayıcı maddelerden oluşan atıklar ise pis suyun geçtiği yapıları tehlikeye sokarlar [20].

Tarımsal atıksular

Tarımsal sulama suları, kullanıldıktan sonra yine çok hızlı bir şekilde su kaynaklarına geri dönmesi sebebi ile kalite açısından oldukça önemlidir. Sulama için toprağa verilen sular yüzey üstünden veya altından drene olur. Yüzey altına giden sular zemin cinsine bağlı olarak belli mertebede yeraltı suyuna, yüzey üstünden drene olan sular da akarsu, dere gibi yüzeysel sulara ulaşır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan tarım ilacı (pestisit), gübre, vb. kimyasalların bu geri dönüş sularına karışması su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Tarımsal mücadele ilaçları (pestisitler), tabii ve sentetik gübrelerin toprağa, bitki ve tohum üzerinde uygulanması sonucunda, bu kirleticiler toprak tipi, çözünübilirlik, kalıcılık ve iklim faktörlerine bağlı olarak zaman içinde hareket ederek yüzey ve yeraltı sularına taşınmaktadır. Kirleticilerin yüzey sularına ulaşması sonucunda ise ötrofikasyon ve zehirlilik (toksisite) görülmektedir [21].

3.2.4. Atıksuların toplanması ve uzaklaştırılması

Nüfus yoğunluğundaki artış ve dünyada yaşanan hızlı kentleşme süreci, birçok konuda olduğu gibi atıksuların bertaraf edilme şeklinin de değişmesini zorunlu hale getirmiştir. Şöyle ki, geleneksel sistemlerde özellikle de kır yerleşimlerinde ve küçük kasabalarda, kullanılmış suların fosseptikler yardımıyla bertaraf edilmesi yeterli görülmekteydi. Fakat zamanla yaşanan nüfus artışına paralel olarak oluşan kullanılmış sulardaki artış, yeraltı sularını kirletmeye başlamış ve içmesuyu ihtiyacının kuyularla temin edildiği bölgelerde çok ciddi sağlık problemleri oluşturmuştur. Böylece kullanılmış suların kanalizasyon adı verilen kanal şebeke sistemleri ile toplanarak uygun yerlere taşınıp zararsız hale getirilmesi yoluna gidilmiştir. Şüphesiz ki, içme ve kullanma ihtiyaçlarının karşılanması için meskun bölgelere şebekeler yardımıyla dağıtılan suların kullanıldıktan sonra uygun bir şekilde toplanarak zararsız hale getirilmeleri sürdürülebilir bir çevre adına oldukça önemlidir [2].

3.2.5. Atıksu toplama sistemlerinin sınıflandırılması

Su taşıma sistemleri aşağıda gösterildiği gibi sınıflandırabiliriz:

- Ayrık sistemler
- Birleşik (kombine) sistemler
- Kısmen birleşik (kombine) sistemler

Üste verilen üç tip, atıksu (kanalizasyon) sistemleri içinde yaygın olarak tercih edilmektedir [22].

3.2.5.1. Ayrık sistemler

Ayrık sistemler, birbirinden ayrı iki kanalizasyon sistemi işlevi sağlamaktadır. Bunlardan ilki dışkı, evsel kirli sular, kesimhane atıkları, çamaşırhaneler, ahırlar ve fabrikaların üretim hatlarından kaynaklanan atık ve lağım sularının tahliyesini; diğeri de sokakların temizlenmesi sırasında ortaya çıkan suların, fiskiyelerden taşan suların ve yağmur sularının tahliyesini sağlamaktadır. Burada ilk işlevi yerine getiren kanalizasyon sisteminin arıtma sistemlerinde işleme alınması gerekirken, ikinci sistemde toplanan sular herhangi bir arıtma işlemine sokulmadan doğrudan doğaya bırakılabilmektedir [18].

Olumlu Özellikleri

Bu sistemlerin ilk kurulum maliyetleri düşüktür. Yağmur suları kolaylıkla yol kenarları boyunca açık olan tahliye kanallarıyla taşınabilirler. Ayrıca eski kanalizasyon sistemleri kolaylıkla yağmur sularının taşınmasına da uygun hale getirilebilirler. Böylelikle hâlihazırdaki kanalizasyon sistemlerinin taşıdığı atıksu miktarı da düşürülmüş olacak ve kanalizasyon şebekesinin taşıdığı atıksu miktarındaki bu azalma ile arıtma ünitelerine gelen atıksu yükü azaltılmış olacaktır. Ayrık sistemler sayesinde yağmur vb. diğ. temiz suların karışmadığı sadece atıksuları arıtmaya ihtiyaç duyulacaktır.

Ayrık sistemler içinde atıksular daha uniform bir karakterde bulunacaktır, böylece arıtma tesisinde kokuşma daha kolay sağlanacaktır. Yağmur suları herhangi bir arıtma işlemine alınmadan akarsulara verilebilecektir.

Olumsuz Özellikleri

Ayrık sistemlerin taşıdığı atıksu debisinin birleşik sistemlere göre daha az miktardadır. Bu durum ise ayrık sistemlerde kullanılan boru çaplarını küçültecektir. Ayrık sistemlerin şebeke ve toplayıcı hatlarının daha dar çaplı borulardan oluşması, tıkanma olasılıklarını yükseltecektir. Aynı zamanda büyük ve geniş sistemlere göre daha zor temizliği yapılmaktadır. Diğer yandan yağmur suyu tahliye sistemleri ise sadece yağışlı mevsimlerde işlev görür. Yılın geri kalan dönemlerinde bu sistemler çöplerin birikme noktasına dönüşerek yine tıkanmaya sebep olabilir. Küçük ve dar boyutlu kanalizasyon sistemlerinde hava ile temas daha az olduğu için, kanalizasyon gazı oluşumuna bağlı olarak oluşan pis kokular daha fazla olacaktır.

3.2.5.2. Birleşik (kombine) sistemler

Kombine sistemler sadece tek bir taşıma sisteminden meydana gelmekte, bu sistem hem evsel, endüstriyel vb. kaynaklı kullanılmış suların hem de yağmur sularının tahliyesini yapmaktadır. Burada kullanılmış suları ve yağmur suları doğaya salınmadan önce arıtma tesislerine taşınmaktadırlar. Kombine sistemlerinin kurulduğu yerlerde yağmur sularının da kullanılmış sular kadar kirli oldukları farz edilmekte ve bunlar arıtmadan geçtikten sonra doğaya bırakılmaktadırlar [18].

Olumlu Özellikleri

Sistem sadece bir tek toplayıcı ağına gereksinim duymaktadır. Bu nedenle bakım maliyetleri daha az olacaktır. Bu sistemlerde kanalizasyon boyutlarının büyük olması nedeni ile tıkanmalar çok nadir yaşanır. Ayrıca tıkanma durumlarında temizlenmesi daha kolaydır. Kanallar içinde küçük sistemlere oranla daha fazla hava bulunmaktadır. Bundan dolayı oluşacak pis kokuların etkisi daha az olmaktadır.

Olumsuz Özellikleri

İnşaat maliyetleri, daha büyük boyutlu kanal materyallerinin tercih edilmesi ve yeterli derinliğe yerleştirilmesi gerektiği için oldukça yüksek olacaktır. Yağmur sularının da aynı sistem içerisinde taşınması arıtma tesislerindeki yükü arttıracaktır. Atıksuların terfisine ihtiyaç duyulan durumlarda sistem ekonomik açıdan olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Bu tip

sistemlerde temiz olan yağmur suları gereksiz şekilde kirlenmekte ve tekrar temizlenmektedir.

3.2.5.3. Kısmi birleşik (kombine) sistemler

Bu sistemde, sadece bir adet yeraltı kanal ağı sistemi kurulmaktadır. Buradaki yapıda kanalizasyon hem lağım sularının hem de yağmur sularının taşınmasını beraber yürütmektedir. Sel sularının miktarı artış gösterdiğinde bu sular açık tahliye kanallarıyla doğal su yataklarına taşınmaktadırlar. Atıksuların tahliyesi ise yine kanalizasyon ağı ile gerçekleştirilmektedir [18].

Olumlu Özellikleri

Kanalizasyon şebekeleri makul boyutlardadır ve temizlenmeleri dolayısıyla çok zor değildir. Bu sistem hem kombine hem de ayrık sistemlerin artılarını bir araya getirmektedir. Yağmur suyu şebeke vasıtasıyla taşındığı için hatta tıkanma olasılığı bertaraf edilmiş olur. Şebeke yağmurlu mevsimde tamamıyla temizlenmektedir. Mesken alanlarından yağmur suyunun çekilmesi bu sistemle daha basit olmaktadır.

Olumsuz Özellikleri

Kurak mevsimde yağmur olmadığında şebeke akış hızı düşük olacak bu da sistemin kendi kendini temizlemesi olasılığını azaltacaktır. Yağmur suyunun artış göstermesi arıtma ünitelerinde baskıya sebep olmaktadır. Yağmur suyu ayrıca terfi maliyetlerini de arttırabilmektedir.

3.2.6. Sistem seçimini belirleyen faktörler

Herhangi bir sistem seçimini belirleyen faktörler çok geniş ve çeşitlidir. Ayrıca koşullar her alandan değişkenlik göstermektedir. Bunun yanında finansman yeterliliği sistem seçiminde esas faktör ise ve başlangıçta finansmanlar yeterli değilse bu gibi bir durumda ayrık sistemlerin inşası tercih edilebilir. Böyle bir durumda kanalizasyon şebeke ağı atık suların taşınmasında yağmur suları ise yol ve cadde kenarlarına inşa edilecek açık drenaj kanallarıyla sağlanacak şekilde tasarlanmalıdır. Ancak bu öneri küçük yerleşim alanları için daha uygun olabilmektedir. Büyük metropoller için ise kombine sistemler çok

daha uygundur öyle ki bu kombine şebekeler yıl boyunca ciddi anlamda yoğunluğa maruz kalırlar. Ayrıca alternatif olarak metropollerde de kısmi ayırık sistem uygulamaları tercih edilebilir. Bu konu ile ilgili Çizelge 3.3'te bazı metropollere ait altyapı bilgileri verilmiştir.

Çizelge 3.3. Metropollerdeki atıksu ve yağmursuyu sistemlerini gösteren çizelge [23]

Şehirler	Atıksu ve Yağmursuyu Toplama Sisteminin Yapısı	Ayrık %	Birleşik %
Johannesburg	Ayrık	100	-
Moskova	Ayrık	100	-
Tahran	Ayrık	100	-
Londra	Birleşik	-	100
Madrid	Birleşik	-	100
Mexico City	Birleşik	-	100
İstanbul	Kısmi birleşik	95	5
Tokyo	Kısmi birleşik	82	18
Berlin	Kısmi birleşik	75	25
Şanghay	Kısmi birleşik	64	36
New York	Kısmi birleşik	20	80

3.2.6.1. Ayrık sistem seçimini belirleyen etmenler

Ayrık sistemlerin tercih edilmesini etkileyen birçok etken mevcuttur. Bu etkiler sırası ile aşağıda özetlenmiştir.

Finansal durum

Şebeke inşaatının başlangıcında finansman yeterli değilse kanal ağı sadece evsel atıkları taşımak için inşa edilebilir, yağmur sularının tahliyesi ise açık kanallar vasıtasıyla gerçekleştirilir. İnşa edilen bu açık kanallar daha sonra yeterli finansmanın bulunmasıyla düzenli bir şekilde şebeke kanallarına dönüştürülebilir.

Yüzey Topografyası

Eğer şebekenin kurulacağı alan düz bir alan ise şebeke makul bir açıyla yeterli derinlikte inşa edilmelidir. Bu gibi durumlarda ayırık şebekelerin inşası daha ekonomik olmaktadır. Derine inşa edilmiş büyük ölçekli kombine şebekeler daha maliyetli olacaktır. Eğer inşa alanı dik yamaçlara sahipse yağmur sularının açık kanallarla akarsu yataklarına ulaştırılması daha kolay olacaktır.

Yağış şekli

Eğer şebekenin inşa edileceği alanda yıllık yağışlar kısa periyotlarda ve az ise bu gibi yerlerde ayırık sistemlerin kurulması ekonomik açıdan daha kolay kabul edilebilir olacaktır.

Şebeke çıkış (deşarj) koşulları

Eğer şebeke çıkış noktasına yakın bir yerde bir nehir veya akarsu var ise burada ayırık sistemin kurulması uygun olacaktır. Böyle bir durumda yağmur suları doğrudan bu akarsu kaynağına verilirken atıksuları da doğrudan arıtma tesisine yönlendirilebilir.

Terfi durumu

Atıksuların bir pompa yardımı ile terfili olarak taşınması gerektiği koşullarda ayırık sistemlerin kurulması en uygun yoldur. Yağmur suyu için ayırık şebekenin olması pompaların yükünü hafifletecektir.

Zemin sınıfı

Eğer zemin sert bir yapıya sahipse burada büyük boyutlu kombine şebekelerin inşası daha maliyetli ve zor olacaktır.

Gelişme yönü

Eğer inşa alanında daha önceden bir şebeke kurulmuş ise bu bölge gelişmiş bir bölge demektir, burada ayırık sistemlerin benimsenmesi tercih edilebilir.

3.2.6.2. Birleşik (kombine) sistem seçimini belirleyen etmenler

Birleşik sistemlerin tercih edilmesini etkileyen birçok etken mevcuttur. Bu etkenler sırası ile aşağıda özetlenmiştir.

İnşaat alanı

Kanalizasyon şebeke ağının kurulacağı alan sınırlı ise böyle durumlarda kombine sistemler tercih edilmelidir.

Bütünleşik kalkınma

Eğer şebekenin gelişimi bölgenin bütün gelişimi ile paralel olarak ilerliyorsa böyle durumlarda kombine sistemler tercih edilir.

Yağış durumu

Eğer şebeke bölgesinde yıl boyunca ortalama bir yağış varsa ve ayrıca yağmur sezonunda yoğun bir yağış yaşanmıyorsa kombine sistemler tercih edilebilir.

Mevcut yağmursuyu drene sisteminin kombine sistme dönüştürülebilmesi

Halihazırda var olan yağmur suyu drenaj sistemi kombine sisteme dönüştürülebiliyorsa bu gibi durumlarda da kombine sistemler tercih edilebilir. Ancak bu dönüşüm kanalizasyon ağının küçük olduğu durumlarda mümkün olabilmektedir.

Terfi durumu

Eğer şebekenin olduğu zemin eğimli bir yapıya sahipse bu durumda hem atıksuların hemde yağmur sularının nakli için terfiye ihtiyaç duyulacaktır. Böyle durumlarda kombine sistemler tercih edilir.

4. KANALİZASYON ŞEBEKESİNİN PROJELENDİRİLMESİ VE KANALİZASYON ÖZEL YAPILARI, KURUMSAL YATIRIM SÜRECİ

4.1. Kanalizasyon Şebekesinin Projelendirilmesi

Kanalizasyon şebekeleri ile her türlü yerleşim yerinin ve endüstri tesislerinin oluşturduğu pis suların tesis edilecek şebeke sistemleri ile uzaklaştırılması ve bir yerde toplanarak toplu halde arıtılması amaçlanmaktadır. Bu tip sistemler çevresel açıdan düşünüldüğünde sürdürülebilir bir kentleşme için oldukça önemli olmaktadır.

Bir yerleşim yerine ait kanalizasyon projesi hazırlanmak istendiğinde, yapılması gereken mühendislik çalışmaları aşağıda genel olarak belirtilmiştir.

- İller Bankası A.Ş. nin “Kanalizasyon İşlerinin Planlanması ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatname” ‘sinde belirtilen etüt ve çalışmalar yapılır.
- Projeler yerleşkenin kısa (10 yıl), orta (20 yıl) ve uzun (35 yıl) sürelerdeki ihtiyaçları dikkate alınarak oluşturulur.
- Gelecekteki nüfusu hesaplanan şehrin su tüketim bilgileri alınır ve proje kriterlerine geçilir.
- Arazi çalışmaları kapsamında kanalizasyon şebeke, toplayıcılar ve kollektöre ait güzergahlar tespit edilerek 1/000 ölçekli plan ve profil paftaları hazırlanır. Bu aşamada mümkün olduğunca toplayıcı ve kollektör hatlarının Kara Yolları Genel Müdürlüğü istimlak sınırlarından geçmemesine dikkat edilir.
- Güzergahların kesinleşmesi sonrasında kanalizasyon şebekesi yapılırken en uygun arıtma tesisi yeri ve tipi seçilerek 1/500 ölçekli plankotesi hazırlanır. İller Bankasınca arıtma tesisleri daha sonra ayrıca projelendirilmektedir.
- Mecralara ait uygun çaplar seçilerek hidrolik yönden tetkikleri yapılır.
- Projesi yapılacak yerleşkeye ait mevcut altyapı tesislerinin (ptt, içmesuyu, doğalgaz vb.) bilgisi edinilir.
- Kanalizasyon sistemi kısa ve uzun vadedeki ihtiyaçlar dikkate alınarak 1. ve 2. kademe olarak ayrılır. Oluşturulan kademelendirmeler plan üzerinde farklı notasyonlarla gösterilir.
- Arazi çalışmaları esnasında bütün yerleşimi kapsayacak şekilde röper ağı hazırlanır ve 1. kademe olarak tespit edilen hatlarda nivelman yapılır.
- Projenin hidrolik çözümlerinden sonra proje detayları hazırlanır. Kazı ve nakliye mesafeleri de dikkate alınarak 1. ve 2. kademe tesislere ait tüm metrajlar oluşturulur.

Metrajlara ait ilgili fiyatlar tanzim edilerek inşaat maliyetine esas olacak keşifler oluşturulur.

4.1.1. Ön etüt raporu: kanalizasyonla ilgili husuların tetkiki

Ön etüt aşamasında şu hususlar göz önünde bulundurulmaktadır.

4.1.1.1. Coğrafi durum

Kanalizasyon projesi hazırlanacak yerleşim yerine ait genel coğrafi bilgiler tetkik edilir. Şehir veya kasabanın yeri, ulaşım durumu, çevre şehir ve kasabalara göre konumu, rakımı, sosyo-ekonomik durumu, büyüme potansiyeli gibi konular hakkında bilgi edinilir.

4.1.1.2. Topografik durum

Şehir veya kasabaya ait topografik durum, halihazır ve imar haritaları üzerinden incelenir. Kanalizasyon şebekesinin akış istikameti, kollektör güzergahları ve arıtma tesisi yer seçimi bu aşamada tespit edilen kotlara göre belirlenir.

4.1.1.3. Jeolojik durum

Yerleşkenin jeolojik zemin karakteristikleri ve katmanları hakkında bilgi verilir. Kanalizasyon hatlarının geçtiği güzergahlarda sondaj ve araştırma çukurları açılarak keşfe esas olacak zemin cinsleri (klasları) hakkında bilgi edinilir.

4.1.1.4. İklim

Kanalizasyon projesi hazırlanan yerleşim yerine ait yağış, hakim rüzgar, sıcaklık ve don derinlikleri tesbit edilir.

4.1.1.5. Yeraltı ve yerüstü su kaynakları

Yeraltı su kaynakları; derinlik, akış istikameti, içmesuyu olarak kullanılıp kullanılamayacağı, kanalizasyon inşaatında sebep olabileceği tesirleri bakımından incelenir.

Yerüstü su kaynaklarında ise akarsularda yıl içerisindeki en düşük ve en yüksek su seviyeleri ölçülür. Göl ve denize deşarj verilmesi durumunda deşarj noktası ile ilgili zemin durumu, dalga, akıntı ve rüzgar tesirleri de göz önünde tutularak arıtma ve deşarj yeri hakkında karar verilir.

4.1.1.6. Halihazır durum ve mevcut imar durumu

Bir şehrin veya yerleşim yerinin kanalizasyon projesinin hazırlanabilmesi için, o yerin önce halihazır ve imar çalışmalarının tamamlanmış olması gerekmektedir. 1/1000 ölçekli imar planları ile halihazır haritaların birbiri ile uyumu gözlenir. Birbiri ile aralarından çok büyük fark arzeden yerler tespit edilir. Halihazır ve imar altlıkları olmaksızın hazırlanacak kanalizasyon çalışmaları sadece tahminlere dayanır. Ayrıca imar planları üzerinden yerleşim yerine ait kesafet miktarları yani nüfusun şehir imar planı üzerindeki dağılımı tespit edilir. İmar planı üzerinde gösterilen bina tip ve kat adetleri ile mevcut durum bir arada tetkik edilir.

4.1.1.7. Gelecekteki nüfus

Yerleşim merkezlerinin su ihtiyacını karşılayacak su getirme sistemleri genellikle 30 yıl veya 35 yıl sonraki nüfusun gereksinimlerini karşılayacak şekilde boyutlandırılır. Bunun için gelecekteki nüfusun tahmini gerekir. Gelecekteki nüfusun hesaplanması için, o yerleşim yerinin eski yıllardaki nüfus durumu incelenir. Yerleşme bölgesindeki nüfus hareketleri ve ilerideki gelişme olanakları göz önüne alınarak gelecekteki nüfusu tahmin edilir. Bu iş için önce eski yıllara ait (çoğalma katsayısı) nüfus artış yüzdeleri (P) hesaplanır. (Gereğinde birkaç farklı nüfus sayımı için p hesaplanır). Çoğalma katsayısı, nüfus artış yüzdesi olup, buradaki örnekler de “P” ile ifade edilmiştir. (1985 tarihli içme suyu projesi yönetmeliğinde Ç ile ifade edilmektedir.) Gelişme durumuna göre kabul edilecek nüfus artış yüzdesi İller Bankasınca aşağıdaki esaslara bağlanmıştır.

“P” değeri birden küçük ise ($P < 1$) $p=1$ alınır.

“P” değeri üçten büyük ise ($P > 3$) $p=3$ veya çıkan değer alınır, alınmayacağı İller Bankası A.Ş. ile birlikte kararlaştırılır.

“P” değeri bir ile üç arasında ise ($1 \leq P \leq 3$) p’ nin bulunan değeri kullanılır.

$$P = \left(\sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (4.1)$$

P : çoğalma yüzdesi

N_y : Son nüfus sayımı değeri

N_e : Geçmiş yıllara ait herhangi bir nüfus sayımı değeri

a : Yeni ve eski nüfus sayımları arasındaki yıl farkı

Bu esaslara göre ve aşağıda izah edilen formülle hesaplanan nüfus artış yüzdesi yardımıyla gelecekteki nüfus hesaplanır.

$$N_g = N_y \cdot \left(1 + \frac{P}{100} \right)^{35+n} \quad (4.2)$$

N_g : Proje hedef nüfusu (projeye esas olacak nüfus)

n : Proje yılı ile son nüfus sayımı arasındaki yıl farkı

Beldenin mevsimlik nüfusunda askeri birlik, sanayi, turizm ve benzeri nedenlerle sayıma göre büyük fark olan yerlerde, nüfus sayımı sonuçları ile birlikte bu hususlar ayrıca belirtilir ve ihtiyaç hesabında göz önünde tutulur.

4.1.1.8. Bina bodrum derinlikleri-yol kaplamaları ve genişlikleri

Şebekenin projelendirilmesinde şehir veya beldede bulunan binaların bodrum derinlikleri bilgisi alınır. Buradaki amaç en derin bodrumdaki atıksuyun bile kanallar vasıtası ile uzaklaştırılmasıdır. Bodrum derinlikleri aynı zamanda mecra iç sırt derinliğini de etkilediği için önemlidir. Mevcut veya yapılacak olan yollara ait kaplamalar ise kanalizasyon sisteminin seçiminde ve geri dolgu tipini belirlemede rol oynadığı için önemlidir.

4.1.1.9. Mevcut içmesuyu durumu

Yerleşim bölgesinde nüfus başına bir günde kullanılan su miktarı o bölge için tutulan kayıtlardan edinilmeye çalışılır aksi taktirde İller Bankasının Kanalizasyon İşlerinin Planlanması ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatnamesinde nüfusa bağlı olarak Çizelge 4.1’de verilen değerler kabul edilmektedir.

Çizelge 4.1. Nüfuslara göre içmesuyu ihtiyaçları tablosu [24]

Gelecekteki Proje Nüfusu (N_g)	Su İhtiyacı (Q^{H_i})
$N_g < 3\ 000$	60 lt./kişi.gün
$3\ 000 \leq N_g < 5\ 000$	70 lt./kişi.gün
$5\ 000 \leq N_g < 10\ 000$	80 lt./kişi.gün
$10\ 000 \leq N_g < 30\ 000$	100 lt./kişi.gün
$30\ 000 \leq N_g < 50\ 000$	120 lt./kişi.gün
$50\ 000 \leq N_g < 100\ 000$	170 lt./kişi.gün
$100\ 000 \leq N_g < 200\ 000$	200 lt./kişi.gün
$200\ 000 \leq N_g < 300\ 000$	225 lt./kişi.gün

Gelecekteki nüfusu 300 000'den fazla olduğu durumlarda ise ilgili idare ile birlikte karar verilir.

4.1.1.10. Özel tüketim veren tesislerin durumu

Gerek miktar gerekse içeriği bakımından evsel atıksulara benzemeyen fabrika, imalathane v.s. gibi tesislerin atıksuları projeye dahil edilmeden evvel analiz ettirilmelidir. Sonuçlar eğer uygun ise atıksuları şebekeye dahil edilmeli, değilse tesislerin şebekeye atıksuları verilmeden arıtılması ya da kuracakları ayrı bir sistemle atıksularının tasfiyesi gerekir.

4.1.1.11. Mevcut kanalizasyon ve yeraltı tesislerinin durumu

Projeye başlanmadan önce mevcut kanalizasyon tesislerinin sahada rölevesi çıkartılır. Mevcut tesisin yeni projeye katkısı değerlendirilir veya tamamen terkedilir. Kanalizasyon projesi hazırlanırken, önce mevcut içme suyu tesisleri, elektrik tesisleri, PTT tesisleri, varsa doğalgaz tesisleri, yollar, binaların bodrum derinlikleri, zemin cinsleri ve bunların proje bilgisinin edinilmesi gereklidir. Çünkü yeni projelendirilecek hatlara ait güzergâhlar ve kotlar mevcut tesislere zarar vermeyecek şekilde planlanmalıdır.

4.1.2. Proje raporu: kanalizasyon sisteminin seçimi ve hidrolik hesaplar

4.1.2.1. Kanalizasyon sisteminin seçimi

Projenin bu aşamasında yerleşkenin topoğrafik durumu, deşarj noktaları, binaların bodrum derinlikleri, yağış şiddet ve frekansları, yapılması düşünülen sistemin işletmesi,

yerleşkenin ileride gelişme durumu, mevcut kanalizasyon tesislerinden istifade etme olanakları, şehrin ekonomik yapısının da dikkate alınarak kanalizasyon sisteminin seçimi yapılır [20].

Şehir veya kasabanın ayrık veya birleşik kanalizasyon sistemlerine göre projelendirilmesi mümkün olduğu gibi beldenin muhtelif bölgelerinde her iki sistemin de birlikte uygulanması mümkündür.

4.1.2.2. Şebekenin kademelendirilmesi ve tanzimi

İller Bankasında kanalizasyon projeleri tesis edilecek olan şebeke sisteminin 35 yıl hizmet edeceği düşünülerek, iki kademeli inşa edilecek şekilde projelendirilir. 1.kademede acil olarak kanalizasyon tesisine ihtiyaç duyulan cadde ve sokakların, 2.kademede ise, imar planına göre gelecekte kanalizasyon tesisine ihtiyaç duyulan cadde ve sokakların kanalizasyon şebeke inşaatı yapılacak şekilde şebeke kesin projeleri hazırlanmaktadır.

Kanalizasyon şebeke kesin projeleri 1/1000 ölçekli ve sokak kavşak yerlerinde ve eğimin değiştiği noktalarda zemin kotları yazılı halihazır ve gelecekteki gelişim durumlarını içeren imar planı üzerinde (Bkz. Şekil EK-1.2.) gösterilir.

Kanalizasyon şebekesinin düzenleniş biçiminde amaç yerleşkenin topoğrafik durumu gözönünde bulundurularak ekonomik açıdan en uygun ve en kısa güzergahlardan atıksuların uzaklaştırılmasıdır.

4.1.2.3. Atıksu Debisi

Yerleşim yerinde dağıtılan sular kullanılıp bir müddet sonra atıksu haline gelir ve kanalizasyon sistemine dahil olurlar (Çizelge 4.2.). Evsel atıksu debisinin yaklaşık % 65-80'ni o bölgeye temin edilen içmesuyu şebekesinden gelen sular oluşturur. Bu sebeple yerleşim bölgesine temin edilen içmesuyu miktarı biliniyorsa bu noktadan hareketle atıksu miktarının hesabı yapılabilmektedir. Bu oranın dışında kalan su bahçe sulama, buharlaşma vb. işlerde kullanılır ve su kanalizasyon sistemine dönmez.

Çizelge 4.2. İçmesuyu geri dönüşüm oranlarını gösteren çizelge

Büyük şehirlerde içmesuyu geri dönüşüm oranı	%90 - %100
Bahçeli seyrek yerleşim bölgesi geri dönüşüm oranı	%60 - %90

Kanala dönen su miktarının dağıtılan suya oranı P_1 katsayısı ile tanımlanır. Özel durumlar olmazsa emniyetli tarafta kalmak için dağıtılan suyun tamamının kanallara geri ulaştığı kabul edilir ($P_1=1$ değeri kullanılır).

Bir günde dağıtılan suyun daha kısa bir sürede kanalizasyona döneceği ise P_2 katsayısı ile tanımlanır. Bu katsayı nüfusa bağlı olarak suyun T_d saat kadar sürede geriye dönmesi esasına göre bulunur (Çizelge 4.3.) ($P_2=24/T_d$).

Çizelge 4.3. İçmesuyu nüfuslara göre geri dönüş sürelerini gösteren çizelge

$N_g < 20\ 000$	8 - 10 saat
$20\ 000 < N_g < 100\ 000$	10 - 12 saat
$N_g > 100\ 000$	14 - 16 saat

İller Bankası şartnamelerine göre çoğunlukla 24 saatte dağıtılan suyun 12 saatte geri döneceği kabul edilir ve $T_d=2$ değeri hesaplarda kullanılır.

Görüldüğü üzere bir yerleşim yerinin içmesuyu iletim debisi ile kanalizasyon sisteminin boyutlandırılmasında kullanılacak atıksu debisi arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bir yerleşim yerine ait atıksu debisi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_{atıksu} = P_1 \cdot P_2 \cdot Q_{iletim} \quad (4.3)$$

İçmesuyundan kanalizasyon sistemine geri dönen suların dışında sisteme dahil olan sulara *ek debi* adı verilmektedir. Ek debiler çoğunlukla endüstri, sanayi, turizm işletmeleri gibi şebeke dışı su alma tesislerinden su alan yerlerdir. Bu tesislere ait atıksu miktarları *eş değer nüfus metodu* ve sanayi tesislerinin büyüklük – küçüklük ölçütüne göre belirlenir (Bkz. Çizelge 4.4. ve Bkz. Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4. Tesis büyüklüklerine göre hektar başına düşen atıksu miktarı tablosu

Küçük Sanayi	0,5 lt./sn. hektar
Orta Sanayi	1,0 lt./sn. hektar
Büyük Sanayi	1,5 lt./sn. hektar

Çizelge 4.5. Su tüketim tesislerine ait eşdeğer nüfus değerleri tablosu

Endüstri Türü	Eşdeğer Nüfus
Süt mamülleri, peynir hariç beher 1000 lt. süt için	30 - 80
Süt mamülleri, peynir dahil, beher 1000 lt. süt için	100 - 250
İspirto mamülleri, beher 1000 lt. hububat için	1 500 - 2 000
Bira fabrikası, beher 1000 lt. bira için	300 - 2 000
Nişasta imalathanesi, beher 1000 lt. hububat için	800 - 1 000
Mezbaha, beher büyükbaş hayvan için	70 - 200
Mezbaha, beher küçükbaş hayvan için	30 - 80
Şeker fabrikası, beher 1 000 kg. pancar için	120 - 400
Renk açma tesisleri, 1 000 kg. eşya için	250 - 350
Kükürtlü boyalarla boyacılık, beher 1 000 kg. eşya için	2 000 - 3 500
Kağıt fabrikası, beher 1 000 kg. kağıt için	100 - 300
Kereste-yüzünün-işlenmesi ve cila, beher 1 000 kg. kereste için	50 - 80
Sülfite-selüloz elyafı imalı, beher 1 000 kg. elyaf için	4 000 - 6 000
Keten ve kendir işlenmesi, beher 1 000 kg. malzeme için	750 - 1 150
Yün yıkama tesisleri, 1 000 kg. yün için	2 000 - 5 000
Tabakhane, beher 1 000 kg. ham deri için	1 000 - 4 000
Çamaşırhane, beher 1 000 kg. çamaşır için	700 - 2 300

4.1.2.4. Atıksu hidrolik hesapları

Kanalizasyon şebekelerinde hidrolik hesapların yapılış amacı kanalizasyon borularını en uygun çaplarda boyutlandırmaktır. Bu sayede ekonomik ve kullanım açısından en uygun döşeme derinliği belirlenmiş ve minimum kazı hacmi elde edilmiş olur.

Hidrolik hesaplamalar için “Kutter” ve “Gaukler-Manning-Strickler” eşitlikleri kullanılmaktadır.

Kutter Eşitliği

$$V = \frac{100 + \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{J \cdot R} \quad (4.4)$$

$$Q = v \cdot A \quad (4.5)$$

v : Akış hızı (m/sn)

$$R = \frac{A}{P} \quad (4.6)$$

R : Hidrolik yarıçap (m.)

A : Boru enkesit alanı (m²)

P : Islak çevre (m.)

J : Boru taban eğimi

m : Kutter pürüzlülük katsayısı (Çizelge 4.6.)

Çizelge 4.6. Boru türlerine göre kutter pürüzlülük katsayısı çizelgesi

Boru Cinsi	m
Asbestli çimento boru	0,12
Santrifüj ve beton boru	0,20
Diğer beton borular	0,35
Korige Boru	0,13

Gaukler-Manning-Strickler Eşitliği

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (4.7)$$

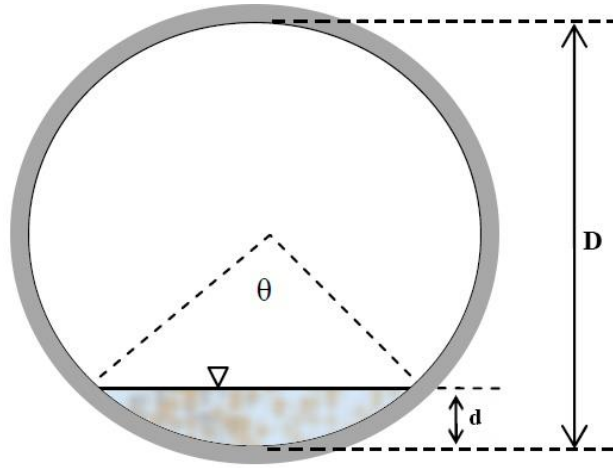
Bu eşitliklerde n cidar pürüzlülüğü ile ilgili bir katsayı olup uygun bir değer kabul edilmesi oldukça önemlidir. Kısmen dolu kanallarda n katsayısı ile ilgili değerler (Bkz. Çizelge 4.7)’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Kanalların yapıldığı malzemeye göre n pürüzlülük katsayıları tablosu [20]

Malzeme Cinsi	Çok İyi	İyi	Orta	Kötü
Pişmiş kil, greseramik (sırlı)	0,010	0,012	0,014	0,017
Sırsız	0,011	0,013	0,015	0,017
Beton boru	0,012	0,013	0,015	0,016
Font boru, astarlı	0,011	0,012	0,013	-
Tuğladan yapılmış pis sukanalı (sırlı)	0,011	0,012	0,013	0,015
Sırsız	0,012	0,013	0,015	0,017
Çelik boru, kaynaklı	0,010	0,011	0,013	-
Perçinli	0,013	0,015	0,017	-
Beton kaplamalı kanallar	0,012	0,014	0,016	0,018

Atıksu kanallarında su derinlikleri (d) ve boru çapı ise (D) ile gösterilirse, kısmen dolu kanallara ait ıslak kesit, ıslak çevre, hidrolik yarıçap gibi değişkenler d/D oranından hesaplanabilmektedir.

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere kanalizasyon boru kesitinde θ merkez açısı hesaplanır ise;



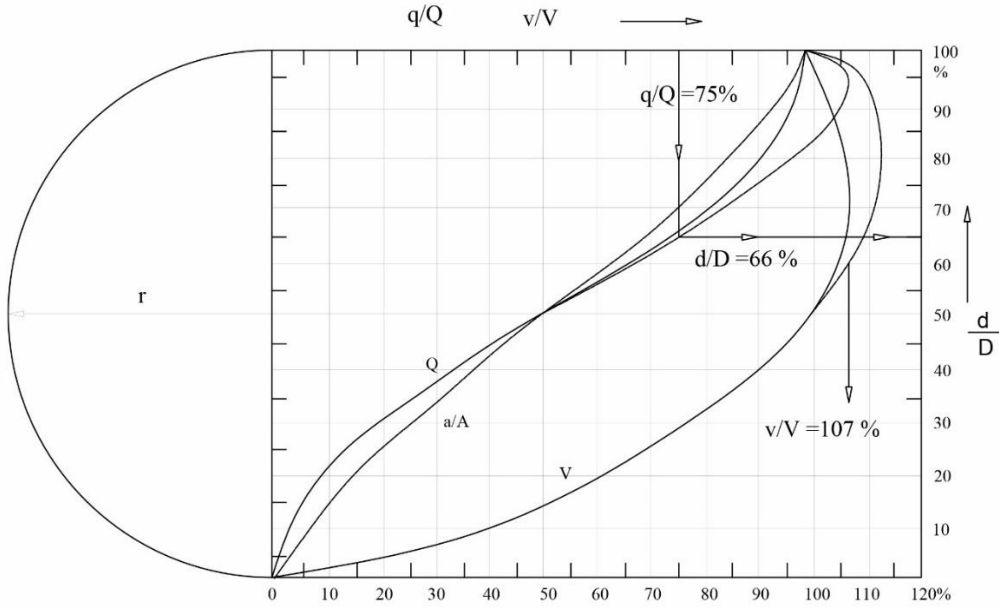
Şekil 4.1. Kanal kesitine ait bir görünüm

$$a : \text{Islak kesit } a = \frac{D}{4} \cdot \left(\frac{\pi\theta}{360} - \frac{\sin\theta}{2} \right) \quad (4.8)$$

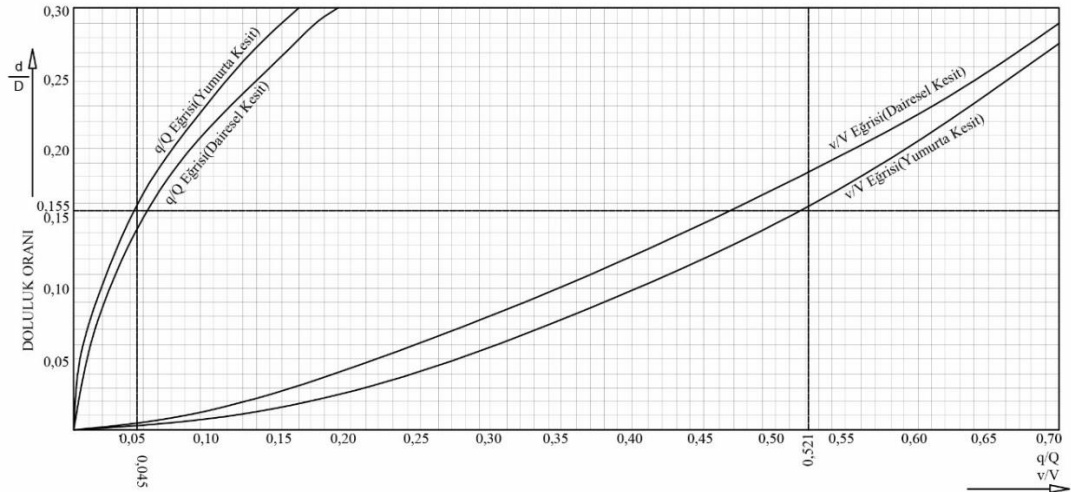
$$r : \text{Hidrolik yarıçap } r = \frac{D}{4} \cdot \left(1 - \frac{360\sin\theta}{2\pi\theta} \right) \quad (4.9)$$

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{v}{V}\right) \cdot \left(\frac{a}{A}\right) = \left(\frac{a}{A}\right) \cdot \left(\frac{r}{R}\right)^{2/3} \quad (4.10)$$

eşitlikleri elde edilmektedir. Hidrolik hesaplar tamamlandıktan sonra ise tüm hesaplanan değerler kanalizasyon projesi hesap tablosunda gösterilir. Örnek hesap tablosu Ek-1 Çizelge 1.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Dairesel kesitli kısmen dolu kanallarda debi, yükseklik ve hız arasındaki ilişki grafiği



Şekil 4.3. Küçük doluluk oranlarında q/Q ve v/V değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

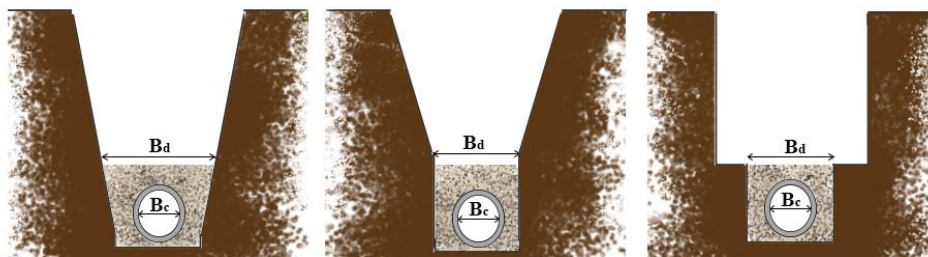
4.1.2.5. Kanalizasyon hat derinliklerinin tayini

Pissu kanallarının plan ve boy kesitteki konumları önemli bir konudur. Derinlikler mecra maliyetlerini önemli derecede artıran bir etken olduğu için, mecraların mümkün olduğunca minimum derinlikte döşenmesi gerekir. Diğer yandan derinlikleri sınırlayıcı bazı faktörler olduğu gibi planda da altyapı tesislerinin birbirleriyle çakışmasını önlemek gerekir.

Borular için gerekli en az toprak örtüsü derinliği; boruların trafik yüklerinden en az etkilenmesi durumu, don derinliği ve mevcut altyapı tesislerinin derinlikleri ile bağlantılıdır. 80-100 cm toprak örtüsü borular için minimum derinliktir. Bu derinliğin daha az olması halinde, boruların kırılmaya karşı dayanıklı yapılması gerekir. Fakat bu durumda ise maliyetler olumsuz yönde etkilenecektir.

Bununla birlikte atıksu şebekesinin içmesuyu borularından hem yatayda hem de düşeyde belli bir mesafeden geçirilmesi arzulanır. Bu sistem sağlık yönünden ortaya çıkmaktadır. Pissu ve içmesuyu boruları arasındaki yatay mesafenin 3 metre ve pissu borusunun içmesuyu borusunun altında olması gerekir. İller Bankası standartlarına göre borular arasındaki düşey mesafe 30 cm'dir.

Kazı maliyetlerini düşük tutabilmek için hatlar derine gömülmemelidir. Hendek derinliğinin artması hendek yan aynalarının kendini tutabilme kabiliyetini azaltır. Bu durum ekstra önlemler almayı gerektirir. Bunun için iksa gibi destekleyici sistemler kullanılarak ya da hendek ağız genişletilerek şevli kazı (Şekil 4.4) yöntemi uygulanır. Zemine bağlı olmakla birlikte derinliği 1.50 m. ye kadar olan hendeklerde genellikle iksa öngörülmez. Şevli hendek kesitleri ve iksalı imalatların her ikisi de maliyetleri artıran sebeplerdir. Ayrıca derinliğin artması yeraltı suyu problemini de beraberinde getirir.



Şekil 4.4. Şevli hendek kesit tiplerine ait bir görünüm [25]

Mecraların hendek genişlikleri B_d yapılacak imalatın özelliğine göre değişmektedir. İller Bankası şartnamelerine göre hendek genişlikleri şu şekildedir.

$D (B_c) \leq 40$ cm beton boru için kazı genişliği $D + 40$ cm

$D (B_c) > 40$ cm beton boru için kazı genişliği $D + 60$ cm

4.1.2.6. Atıksu borularının hendeklere döşenmesi

Geri dolgu

Bir boru hattı zemine yerleştirildikten sonra, bir miktar toprakla kaplanmalıdır. Dikkatli bir biçimde uygulanan geri dolgu, yeni yerleştirilmiş bir boru hattının yer değiştirmelerini, değişken gerilmeler yüzünden meydana gelen yüzey oturmalarını ve çevredeki yapı ve temellere verebileceği zararları önlemek açısından çok önemlidir. Borular etrafında geri dolgu olarak kullanılacak malzeme seçiminde de dikkat edilmesi gerekmektedir. Geri dolgu malzemesi olarak içinde kaya ve iri taş ihtiva etmeyen zeminler seçilmelidir. Aksi taktirde, boru üzerindeki örtü tabakası kalın olmalı ya da başka bir şekilde korunmalıdır. Basınç birikmesinden kurtulmak için geri dolgu üniform olarak yerleştirilmeli ve sıkıştırılmalıdır. Sıkıştırma işlemi sırasında boruya zarar verilmemesine ve kullanılan malzemenin borunun her yanına aynı seviyede yerleştirilmesine dikkat edilmelidir [25].

Yataklama yöntemleri

Birçok durumda borular, yapısal olarak yalnızca üzerlerindeki zemin yüklerini taşıyabilecek şekilde tasarlanmışlardır. Bu durumlarda, borunun alt 1/3 ya da 1/4'ünde destek sağlamak amacıyla boruyu bir yatak içine yerleştirmek, borunun ezilip kırılmasını önlemek açısından çok önemlidir. Günümüzde uygulanan dört çeşit yataklama yöntemi vardır [25].

✓ D sınıfı yataklama

Temelin, boru tabanının şeklini alması ya da boru etrafındaki veya altındaki boşlukların sıkıştırılmış granüler malzemeye doldurulması için fazla özen gösterilmeden yapılan bir yataklama metodudur (Bkz. Şekil 4.5.). Bu yöntemde; boru tabii zemin üzerine yerleştirilir [25].

✓ C sınıfı yataklama

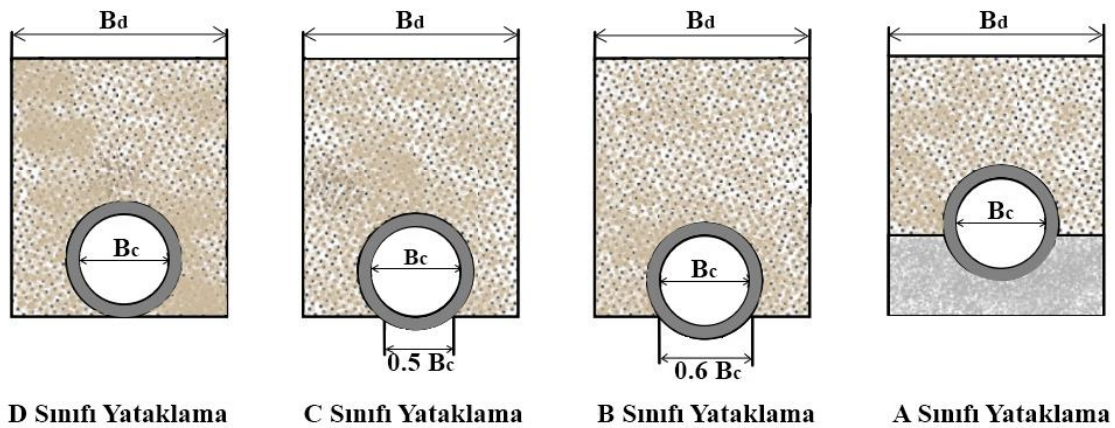
Borunun, $\varnothing$ unun en az % 50'si kadar genişlikte ve boru tabanının şeklini alan granüler bir temel içine yerleştirildiği yataklama yöntemidir. Bu yöntemde, borunun geri kalan kısmı boru üst noktasından en az 15 cm yukarıya kadar boru altında ve çevresindeki tüm boşlukları tamamen dolduracak şekilde yerleştirilen ve sıkıştırılan granüler bir malzemeyle sarılmaktadır (Şekil 4.5.) [25].

✓ B sınıfı yataklama

Borunun, boru tabanının şekline uyacak biçimde, boru $\varnothing$ unun en az % 60'ı kadar genişlikteki bir temel içindeki ince granüler malzeme üzerine yerleştirildiği bir yataklama yöntemidir. Borunun geri kalan kısmı, boru üst seviyesinden en az 30 cm yukarıya kadar granüler malzeme ile doldurulur. Bu işlem yapılırken geri dogu 15 cm'i geçmeyecek tabakalar halinde serilir ve her tabakada sıkıştırma işlemi yapılır (Şekil 4.5). İller Bankası kanalizasyon projelerinde B sınıfı yataklama tercih edilmektedir [25].

✓ A sınıfı yataklama

Bu tip yataklamada borunun, boru altında en az boru iç $\varnothing$ unun $\frac{1}{4}$ katı kalınlığa eşit ve yukarı doğru dış $\varnothing$ unun $\frac{1}{4}$ 'üne eşit düşey bir mesafeye kadar uzanan beton yatak içine yerleştirildiği bir yataklama yöntemidir (Şekil 4.5.) [25].



Şekil 4.5. Borularda yataklama sınıflarına ait kesit görünümleri [25]

karşılaştırılması gerekir. Kanal boy kesitleri geçirilip eğimler tespit edildikten sonra kanallara çap verilir. Hesaplar sırasında dikkat edilecek husus boru çaplarının kanal ağı boyunca artması veya aynı kalması gerekir. Bacalar arası mesafeler kullanılan mecra çaplarına göre değişmektedir. Bu değerler Çizelge 4.8’de verilmiştir. Baca mesafelerinin belirlenmesinde belediyelerin elindeki temizleme aletlerinin boy yönünden kapasitesi önemlidir. Eger giriş çıkış mecraları aynı çaplı ise, düz kısımlardaki çıkış borusu tabanı girişinkinden 30 mm kadar aşağıya döşenir.

Çizelge 4.8. Boru çaplarına göre bacalar arası maksimum mesafeler

Boru Çapı (mm.)	Bacalar Arası Maksimum Mesafe (m.)
200 – 550	50
600 – 800	70
900 – 1 400	100
> 1 400	125 – 150

4.1.2.8. Kanal eğimlerinin belirlenmesi ve hız kriterleri

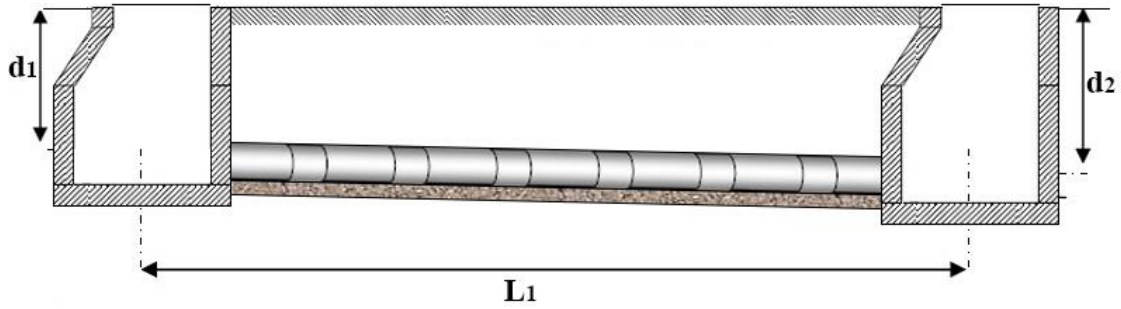
Kanalların içinde çökme olmaması ve kanalın aşınmasına sebep olmayacak minimum ve maksimum hızları elde edecek eğimler projelendirme için önemlidir. Mecralara verilecek eğimler konusunda, asgari, azami hız ve atıksuyun asgari derinlik şartı göz önünde tutularak Çizelge 4.9’da çaplara göre öngörülen eğimler belirtilmiştir.

Çizelge 4.9. Boru çaplarına göre eğim kriterleri tablosu

Çap	Minimum Eğim		Maksimum Eğim		Doluluk Oranı	Maks. Baca Mesafesi
	Normal	İstisnai	Normal	İstisnai		
Ø 200	300	-	7	5	%40	60 mt.
Ø 300	500	-	7	7	%50	60 mt.
Ø 400	600	900	25	15	%60	70 mt.
Ø 500	800	1 000	25	15	%60	70 mt.
Ø 600	1 000	1 500	25	15	%60	70 mt.
Ø 700	1 000	1 500	50	-	%60	80 mt.
Ø 800	1 200	1 800	50	-	%60	80 mt.
Ø 900	1 500	1 800	50	-	%60	100 mt.
Ø 1 000	2 000	2 500	75	-	%70	100 mt.
Ø 1 200	2 050	2 500	75	-	%70	125 mt.
Ø 1 400	2 100	2 500	75	-	%80	150 mt.
Ø 2 000	2 250	2 500	75	-	%80	150 mt.
Ø 3 000	2 500	2 500	75	-	%80	150 mt.

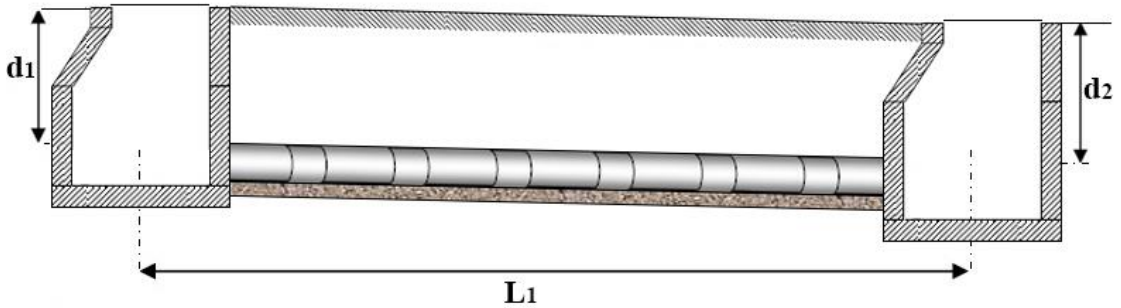
Kanal eğimleri öngörülen bütün bağlantıların suyunu alacak ve en az masraf gerektirecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Kanal eğimleri minimum ve maksimum eğim şartlarını her zaman sağlamalıdır. Kanal ağının geçirilmesinde eğim konusunda, J_{Zemin} : Zemin eğimi, J_{Kanal} : Kanal eğimini göstermek üzere aşağıdaki durumlarla karşılaşılır.

- ✓ $J_{Zemin} = 0 < J_{Min}$ ve $d_1 = d_2$ ise $J_{Kanal} = J_{Min}$ olarak seçilir ve $d_2 > d_{Min}$ olması durumu Şekil 4.7’de gösterilmektedir.



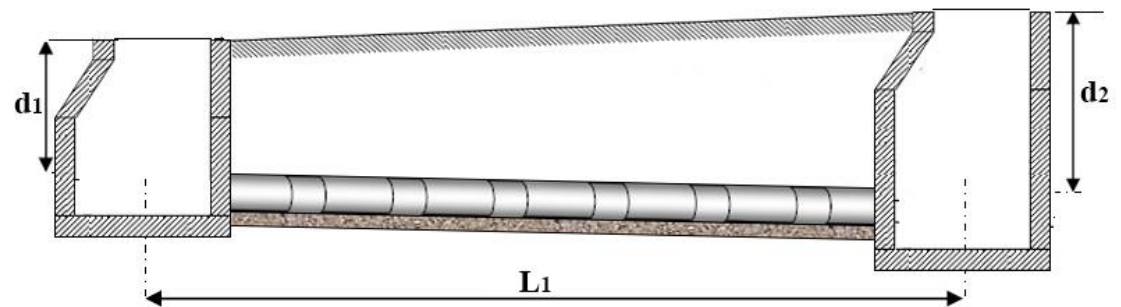
Şekil 4.7. $J_{Zemin} = 0$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil

- ✓ $J_{Zemin} = J_{Min}$ ve $d_1 = d_{Min}$ ise $J_{Kanal} = J_{Min}$ olarak seçilir ve $d_2 = d_{Min}$ olması durumu Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



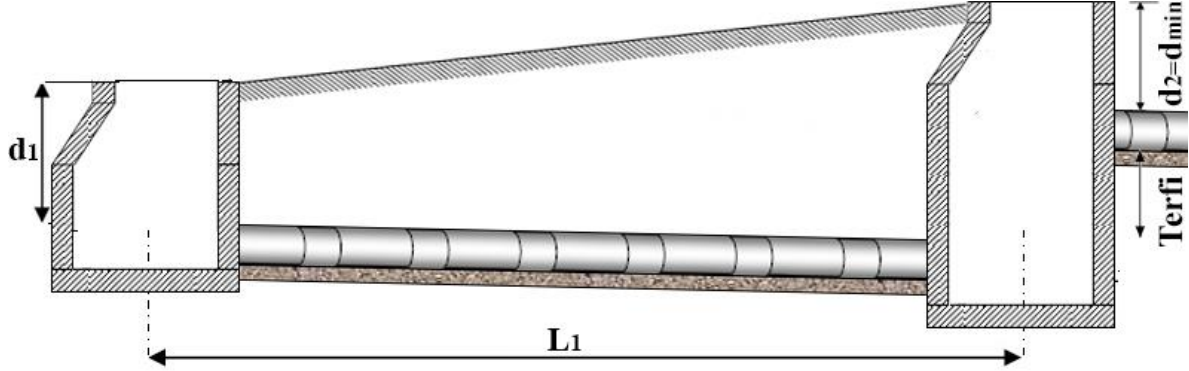
Şekil 4.8. $J_{Zemin} = J_{Min}$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil

- ✓ $J_{Zemin} < 0$ ters eğim var ve $d_1 = d_{Min}$ ise $J_{Kanal} = J_{Min}$ olarak seçilir ve $d_2 < d_{Maks}$ olması durumu Şekil 4.9’da gösterilmektedir.



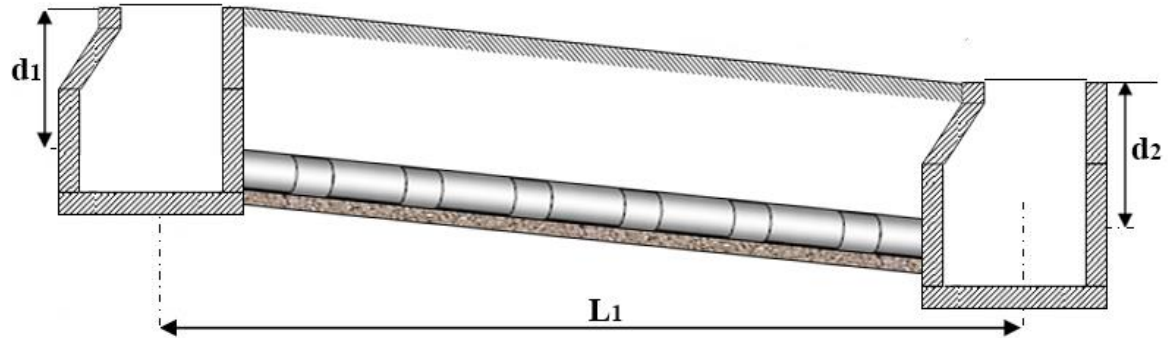
Şekil 4.9. $J_{Zemin} < 0$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil

- ✓ $J_{Zemin} < 0$ ters eğim var ve $d_1 = d_{Min}$ ise $J_{Kanal} = J_{Min}$ olarak seçilir ve $d_2 > d_{Maks}$ olması durumunda $d_2 > d_{Min}$ yapılır. Eğer $d_2 > d_{Maks}$ ise terfi yapılması gereklidir. Bu durum Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



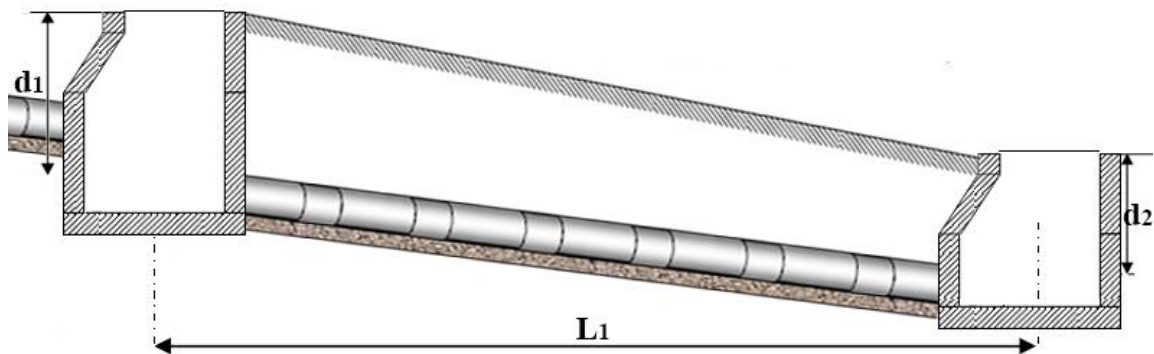
Şekil 4.10. $J_{Zemin} < 0$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ terfi durumuna ait şekil

- ✓ $J_{Zemin} = J_{Maks}$ ve $d_1 = d_{Min}$ ise $J_{Kanal} = J_{Min}$ olarak seçilir ve $d_2 = d_1$ olması Şekil 4.11'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. $J_{Zemin} = J_{Maks}$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil

- ✓ $J_{Zemin} > J_{Maks}$ ve $d_1 = \beta/2 + d_{Min}$ ise $J_{Kanal} = J_{Min}$ olarak seçilir. $\beta = L_1 \cdot (J_{Zemin} - J_{Maks})$ bulunan β düşüm değerinin yarısı d_1 'e eklenir ve $d_2 = d_{Min}$ olur. Şekil 4.12'de gösterilmektedir.



Şekil 4.12. $J_{Zemin} > J_{Maks}$ ve $J_{Kanal} = J_{Min}$ durumuna ait şekil

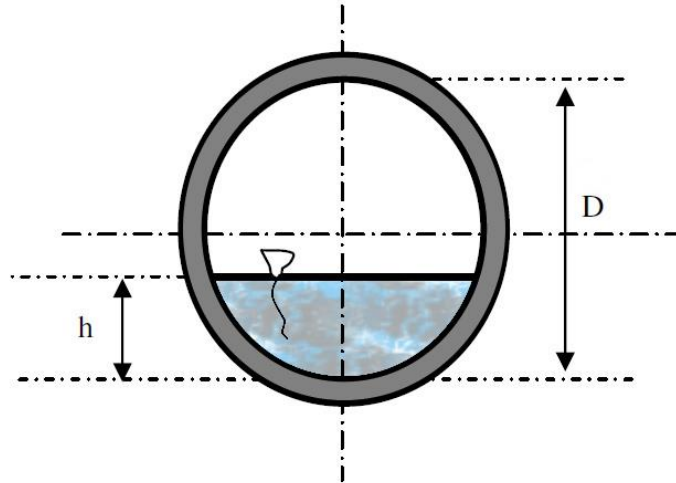
Kanalizasyon hatlarında atıksu hızının belirli bir aralıkta olması istenir. Hatlardaki atıksu hızı minimum değerlerin altına düştüğü zaman, atıksu içerisinde taşınan katı maddelerde çökeltme görülür. Oluşan çökelmeler ilerleyen dönemlerde kanalizasyon hatlarında tıkanmalara ve kokuşmalara yol açar. Ayrıca çökeltme sonucu oluşan H_2S gazları beton borularda korozyonu da hızlandırır. Tersî durumda yani hızın maksimum hız değerlerinin üstünde olması halinde ise sürüklenen katı maddeler tarafından borular çabuk aşınır. Bu sebeple kanalizasyon sistemlerinin projelendirilmesi sırasında mecra eğimleri maksimum – minimum hız kriterleri de dikkate alınarak ayarlanmalıdır. Çizelge 4.10’da kanalizasyon sistemlerine ait hız kriterleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Kanalizasyon sistemleri için hız kriterleri tablosu

Ayrık Kanalizasyon Sistemleri		Birleşik Kanalizasyon Sistemleri	
V_{Min} (m/sn)	V_{Maks} (m/sn)	V_{Min} (m/sn)	V_{Maks} (m/sn)
0,4 – 0,5	2,5 – 3,0	0,3 – 0,5	5 – 6

4.1.2.9. Minimum su derinliği

Kanalizasyon şebekelerinde sistemin sağlıklı çalışabilmesi için hatlarda minimum su derinliğine ihtiyaç duyulur. Atıksu şebekelerinde katı maddelerin dibe çökelmemesi için hız kriterleri yanında minimum su derinliği de önemlidir. Minimum su derinliği değeri 20 mm den az olmamak koşulu ile mecralarda olması gerek su yüksekliği D : boru çapı olmak üzere $h > D/10$ eşitliği ile belirlenir (Şekil 4.13). Yani çapın en az %10’u kadar su derinliği gereklidir.



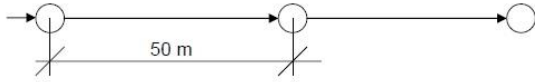
Şekil 4.13. Boru kesitindeki minimum su derinliği kesit görünümü

4.1.2.10. Kanalizasyon kazı ve dolgu hesapları

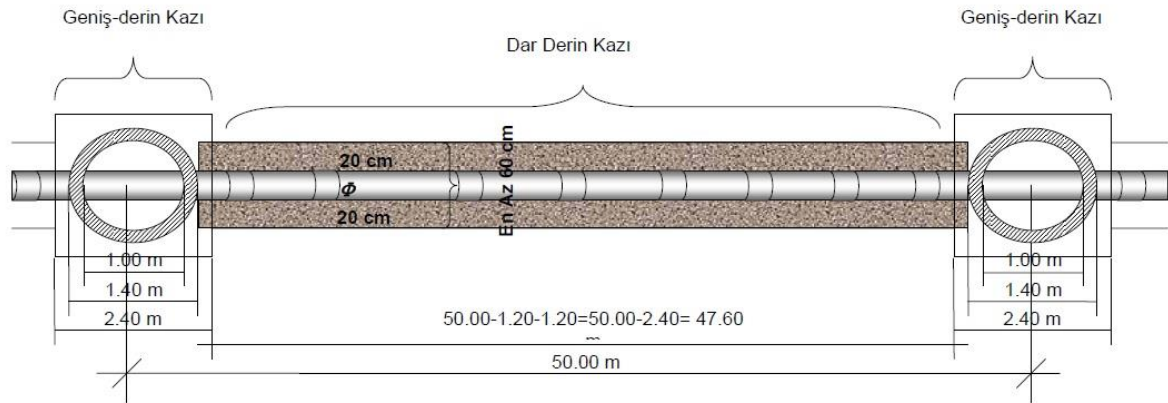
Kazı işleri genel teknik şartnamesine göre derin kazılar geniş derin kazılar ve dar derin kazılar olmak üzere iki kısma ayrılır. Taban genişliği 1,00 mt ve daha fazla olan kazılar geniş kazı olarak kabul edilirken, taban genişliği 1,00 mt.'den az olan kazılar ise dar derin kazılar sınıfına girmektedir. Kanalizasyon şebeke sistemlerinde her iki kazı tipi de mevcuttur. (Şekil 4.14) ve (Bkz. Şekil 4.15)'te görüldüğü gibi kanalizasyon hatlarında boru hendekleri dar derin kazı, muayene bacaları ise geniş derin kazı sınıfındadır.

Kanalizasyon şebekelerinde kazı maliyetini etkileyen en önemli faktörlerden biri de kazının yapılacağı bölgenin zemin sınıfıdır. Zemin sınıfını belirlemek için hat güzergahlarının geçtiği yerlerden belirli aralıklarla sondaj çukurları açılarak numuneler alınır. Bu numuneler doğrultusunda zemin klasları belirlenerek makineli ve elle kazı yüzdeleri, gerekli ise zemin destekleme yapısı tipi belirlenir. Kazı ve dolgu maliyetleri bir kanalizasyon projesinin maliyetlerini etkileyen en önemli bileşenlerdir.

Hattın proje üzerinde görünüşü:



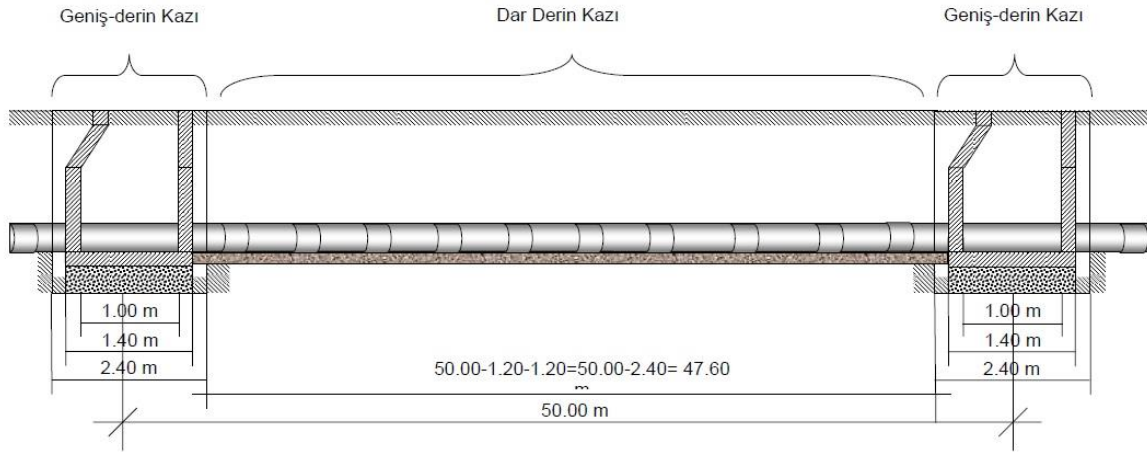
Kazı işinin üstten görünüşü:



Geniş Derin Kazı= 2.40 x 2.40 x H

Dar Derin Kazı= (L-2.40) x a x h_{ort.} = (50.00 - 2.40) x 0.60 x (h₁+h₂)/2= 47.60 x 0.60 x h_{ort.} (Ø 200 mm boru için a=0.60 m)

Şekil 4.14. Kanalizasyon şebeke kazı hesabı örneği [26]



El İle Dolgu = $a \times (\phi + 0.30) \times (L - 1.40) - \text{Boru Hacmi} = 0.60 \times 0.55 \times 48.60 - (48.60 \times \pi \times 0.125^2)$
 Boru Tabanına Kum Çakıl Serilmesi = $a \times 0.10 \times (L - 1.40) = 0.60 \times 0.10 \times 48.60$
 Makine İle Dolgu = Dar Derin Kazı + Geniş Derin Kazı - Baca Hacmi - El İle Dolgu - Boru Tabanına Kum Çakıl serilmesi - Boru Hacmi

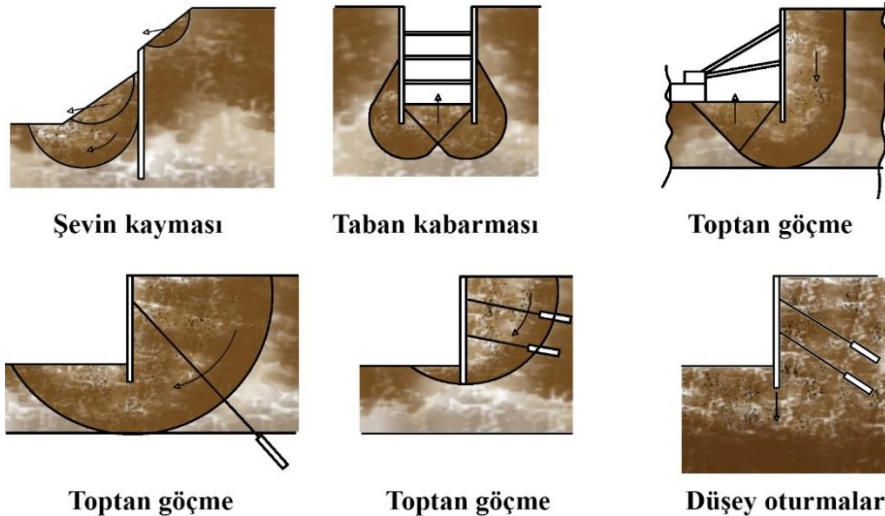
Baca Hacmi = Baca Tabanına Serilen Kum Çakıl Hacmi + Taban Betonlu Hacmi + Gövde Hacmi + Konik Kısım Hacmi + Boyun Kısım Hacmi

Şekil 4.15. Kanalizasyon şebeke dolgu hesabı örneği [26]

4.1.2.11. Kanalizasyon şebeke zemin destekleme yapıları

Kanalizasyon şebeke kazıları (derin kazılar) ; zeminin özelliği, yeraltı su seviyesi ve hendek derinliğine bağlı olarak çalışma şartlarını ve iş güvenliğini tehlikeye atan ve mühendislik açısından çözülmesi gereken bir takım problemleri de beraberinde getirmektedir. Derin kazılarda karşılaşılan problemler aşağıdaki gibidir.

- Stabilité problemleri
- Taban kabarması
- Yer değiştirmeler



Şekil 4.16. Derin kazılarda karşılaşılan stabilite problemlerine ait bir görünüm [27]

Günümüzde (Bkz. Şekil 4.16)'da belirtilen zemin stabilite problemlerine karşı genellikle şev verme ya da iksa, palplanş ve betonarme kazık gibi destekleme sistemleri kullanılmaktadır. Ancak kazının yapılacağı alan dar yani şev vermeye müsait değil ve zemin kendini tutamıyor ise zemin destekleme sistemlerinin kullanımı kaçınılmaz hale gelmektedir [27].



Şekil 4.17. Koruyucu iksa sistemlerinin tespiti [27]

EU-OSHA (Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Örgütü) ve ülkemizdeki ilgili hükümlere göre 1,5 mt. derinlikten sonra kendini tutamayan zeminlerde iksa kullanılacağı belirtilmiştir. Genellikle alüminyum, ahşap ve çelik gibi farklı malzemelerden iksa uygulamaları yapılabilmektedir. İksaların yatay ve düşey aralıkları ise kullandığı malzemenin cinsine, zemin sınıfına, hendek derinliği ve genişliğine bağlı olarak değişmektedir [27].

İller Bankası A.Ş. tarafından yapılan kanalizasyon şebeke inşaatlarında ahşap ve çelik iksa uygulamaları kullanılmaktadır.

Ahşap iksalar

Kendi içerisinde aralıklı, sık aralıklı ve tam kaplama olmak üzere üçe çeşittir. Aralıklı ahşap iksalarda hendek yan yüzeylerinin %33 ile %50 arasında ahşap ile kaplanması gerekmektedir. Bu yüzde sık aralıklı ahşap iksa uygulamalarında %67 olacak şekilde

uygulanır. Tam kaplamalı ahşap iksalarda ise yan yüzeylerin tamamı iksa elemanları ile kaplanır.

Çelik iksalar

Kendi içerisinde çelik pano ve çelik palplanş iksalar olmak üzere ikiye ayrılır. Çelik pano iksalar zemine çakılan raylar arasına sürülen çelik panolar ile oluşturulan iksalardır. Bu sistemde kazı ve iksa çalışmaları eş zamanlı yürüyebilir. Çelik palplanş iksalar birbirine geçmeli çelik levhaların hidrolik bir çakıcı tarafından zemine çakılması ile oluşturulan iksalardır. Çelik palplanş iksa uygulamalarında önce iksa zemine çakılır, sonra kazma işlemi başlar. Çelik palplanşlar genellikle yeraltı su seviyesinin yüksek, ince daneli kohezyonsuz zeminlerde tercih edilir.

4.1.3. Kanalizasyon şebeke özel yapıları

Kanalizasyon şebekeleri en genel çerçevede bacalar (menhol) ve boruların bir takım teknik kurallar çerçevesinde birleşimi ile meydana gelir. Bunların dışında mühendislik gereği farklı sanat yapılarına da gereksinim duyulabilir.

4.1.3.1. Kanalizasyon bacaları

Kanalizasyon şebekelerindeki bu elemanlar hatların zemin yüzeyi ile irtibatını sağlayarak, işletme esnasında oluşacak herhangi bir problemde müdahale imkanı sağlarlar. Kanalizasyon tesislerinde dört farklı tip baca kullanılmaktadır.

- Muayene bacaları (menholler)
- Şütlü (düşümlü) bacalar
- Yıkama bacaları
- Parsel bacaları

Muayene bacaları

Muayene bacaları bir kanalizasyon şebekesinde mecra başlarında, yön değiştirme noktalarında, kavşak yerlerinde, eğim ve kesitin değiştiği yerlerde, kanalizasyon hatlarında kontrol, müdahale, havalandırma, bağlantı, dönüş gibi amaçlarla kullanılır.

Günümüz şartlarında muayene bacaları fabrikalarda imal edilmekte olup, ölçüleri birbirinden farklı beton halkaların (taban elemanı, gövde bileziği, yarım gövde bileziği, konik elemanı, boyun bileziği, çerçeve montaj elemanı) birleşimi ile şantiye mahallinde kurulmakta veya polietilen esaslı yekpare bacalar tercih edilmektedir. Bir kanalizasyon sisteminde doğrudan en fazla trafik yüküne maruz kalan elemanları muayene bacalarıdır. Bu sebeple bacaların düşey eksenli yüklere karşı dayanımı önemli olmaktadır. Beton esaslı muayene bacalarında kullanılan harç ve betonun imalatı noktasında, çimento oranı yüksek, kireç oranı düşük imalatların yapılması oldukça önemlidir. Ayrıca imalatı yapılacak bölgenin zemin koşulları da dikkate alınarak üretimi gerçekleştirilmelidir. Beton eğer sülfat gibi zararlı etkilere maruz kalacaksa 2-3 kat bitüm esaslı yalıtım malzemeleri ile kaplanarak tedbir alınmalı ya da bunun yerine projede polietilen esaslı muayene bacaları düşünülmelidir. Muayene bacaları kanalizasyon şebekelerinde hesap, özen ve dikkat gerektiren bir mühendislik işi olup önemli maliyet bileşenlerinden birisidir.

Şütlü bacalar

Zemin eğimlerinin mecra için izin verilen eğimlerden fazla olması halinde şüt yapılarak kanal eğimi istenilen seviyeye getirilir. Şütlü bacalar kanal eğimini azaltır ve bu sayede hız istenilen düzeyde tutulur. Şüt yüksekliği 2,00 mt. den fazla olmamakla birlikte istisnai durumlarda yerindeki koşullar da elverişli ise 4,00 mt. çıkabilir. Ancak suyun yükseklikle kazanacağı kinetik enerji de düşünülerek bir takım önlemler alınmalıdır. Su beton yüzey yerine, yine su kütlesi üzerine düşürülür. Şütlü bacalar dıştan ve içten şütlü olmak üzere iki tiptir.

Yıkama bacaları

Yıkama bacaları, kanalizasyon hatlarını temizlemekte kullanılan bacalardır. Hatların yıkanması amacıyla baş noktalarına ve yeterli eğim olmayan yerlerde çöken maddelerin temizlenmesi için gerekli yerlere konur. Mecraların başında temizleme, yıkama bacaları ile son kısımlarında ise şiber klapeli bacalar ile yapılır. Şiber klapeler suyun toplanmasını ve bu suyun ani olarak kanalizasyon hatlarına bırakılması ile borular içinde kuvvetli akıntı olmasını sağlamak için boru ağızlarına konan manevra cihazlarıdır. Geri tepmemeyi ve suyun toplanmasını sağlamak amacıyla yıkama bacalarında dolu savak bulunmalıdır. Hızın 0,50 m/sn ve kanaldaki su yüksekliğinin 2 cm den küçük olduğu durumlarda yıkama bacası

yapılması gerekmektedir. Yıkama bacaları, çapları 500 mm ye kadar olan kanallar için kullanışlıdır. Daha üst çaplarda etkili çalışmamaktadır.

Parsel bacaları

Atıksu bağlantı hatları inşaatında bina çıkışlarına kontrol ve müdahale amaçlı konulan bacalara parsel bacası adı verilmektedir. İsminden de anlaşıldığı üzere her parsel ait ve parselin sınırlarına yapılan müstakil bir imalattır. Bir apartmana ait dairelerin pis suları o apartmanın bahçesinde yapılan bir parsel bacası sayesinde toplanır. Buradan tek bir boru hattı ile caddedeki atıksu kanalına bağlanır. Bu bağlantı noktasında C parçası ya da bir diğer adı çatal parçası olan elemanlar kullanılır. Ana şebeke hatları döşenirken genellikle projeye göre ev bağlantısı öngörülen yerlere parsel bacası yerleri hat kenarına röperlenir. Bu yerlere denk gelen hat üstündeki kısımlara C parçaları bırakılarak parsel bağlantıları yapılır. Parsel bacalarına ev bağlantıları ise tesis tamamen bittikten sonra idarenin izin vermesi ile yapılabilir. Parsel bacaları da muayene bacaları gibi hesap, özen ve dikkat gerektiren bir imalat olup önemli inşaat maliyet bileşenlerinden birisidir.

4.1.3.2. Kanalizasyon boruları

Borular kanalizasyon şebeke sistemlerinde atıksuları içerisinde taşıyarak deşarj noktasına kadar toplayıp götüren temel elemanlardır. Kanalizasyon tesislerinde farklı tiplerde borular kullanılabilmektedir. Bu konu ile ilgili İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından büyük metropollerde kanal şebekesinde kullanılan boru türleri ve çapları ile ilgili araştırma Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Kanal şebekelerinde kullanılan boru türleri ve çapları [23]

Metropoller	Kullanılan Boru Türleri ve Çapları
Berlin	Seramik, Beton, Fiber güçlendirilmiş çimento, Brick, PE/Plastik, Metalik borular. Ø 200 mm – Ø 4 400 mm
Londra	Seramik, Pik borular. Ø 150 mm – Ø 2 650 mm
Madrid	Boru türleri hakkında bilgi verilmemiştir. Ø 400 mm – Ø 4 500 mm
Moskova	Betonarme, Çelik, Pik, Plastik esaslı borular. Ø 125 mm – Ø 5 600 mm
Paris	Boru türleri hakkında bilgi vermemiştir. Ø 200 mm – Ø 6 800 mm
Şanghay	Beton, PVC - Maksimum 4 000 DN

Çizelge 4.11. (devam) Kanal şebekelerinde kullanılan boru türleri ve çapları [23]

Tokyo	Beton, Pik, Plastik borular. Ø 250 mm – Ø 8 500 mm
Johannesburg	Seramik borular. Boru çapları hakkında bilgi verilmiştir.
Kahire	Seramik, PVC tabakalarla güçlendirilmiş beton boru. Ø 178 mm –Ø 5 000 mm
İstanbul	Ø 300 mm –Ø 700 mm çap arası Muflu Beton boru. Ø 700 mm –Ø 3 000 mm çap arası Betonarme, HDPE ve CTP borular

Çizelge 4.11’den de görüldüğü üzere kanalizasyon şebeke sistemlerinde yaygın olarak kullanılan boru türleri beton, betonarme, polietilen plastik, seramik, çelik, asbestli çimento, CTP (Cam elyaf takviyeli plastikler) ve font (pik döküm) borulardır. Ülkemizde ve İller Bankas A.Ş. ‘nde ise yaygın olarak beton-betonarme ve polietilen esaslı korige ve pvc borular tercih edilmektedir.

Bir kanalizasyon şebeke sistemi projesinde boru türü belirlenirken, borunun ekonomik ömrü, mukavemeti, yapım - bakım ve işletme özellikleri ve maliyeti gibi tüm kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

Beton (büz) ve betonarme borular

Milimetre cinsinden iç çap genişlikleri ile adlandırılan beton ve betonarme borular ülkemizde TSE 821 EN 1916 standardına göre üretilmektedir. C30 sınıfı beton ile imal edilir. Üretimde kalıp alma sonrası mukavemetlerini artırmak ve ömrünü uzatmak için buhar kürüne tabi tutulurlar. Maliyetli ve zahmetli bir kürleme şekli olmasına rağmen buhar kürü uygulaması beton imalatlar için oldukça önemlidir. Betonarme borular; genelde Ø600 mm’den büyük çaplı borularda boruyu güçlendirmek için üretim esnasında içine donatı konarak üretilen borualardır. Betonarme borular muflu ve zıvanalı olmak üzere iki ayrı üretime sahiptir. Cidar kalınlığının birleşim yerlerindeki incelme oranının mukavemeti etkilemediği durumlarda; gereksiz kazı, dolgu, beton, donatı vs. gibi maliyetleri azaltmak için lamba zıvanalı borular; Ø1600 mm ve üstü çaplarda kullanılan bir üretim yöntemidir.

Beton esaslı bu tip borular; ham maddesinin ülke içerisinde sağlanması sebebi ile daha ucuz olması, noktasal yüklere karşı basınç dayanımlarının ise daha yüksek olması, çevresel açıdan bakıldığında diğer boru tiplerine göre daha çevre dostu olması gibi olumlu özelliklere sahiptir. Fakat diğer taraftan üretilebilen maksimum uzunluklarının göreceli

olarak daha az olması, daha ağır olmaları sebebi ile montaj ve nakliyelerinin daha uzun süreler alması gibi olumsuz özelliklere de sahiptir.

Plastik korige borular

Bu tür kanalizasyon boruları poliolefin grubu içerisindeki polipropilen ve polietilen hammaddelerinden üretilen ürünlerdir. Polietilen ve polipropilen hammaddeden Ø450 mm çapa kadar ekstrüde korige boru üretilebilirken, sarmal korige borular ise sadece polietilenden üretilmektedir. Sarmal üretim yöntemi ile ise Ø500 mm çap ve üzerindeki borular üretilmektedir.

Ekstrüde korige borular manşonlar ile birleştirilir iken, sarmal korige borular muflu ve spigot (erkek) uçludur, düz boru birleştirmesinde manşona ihtiyaç duyulmaz.

Ekstrüde korige boruların birleştirilmesi için enjeksiyon manşonları üretilmektedir. Contalar boru dış yüzeyindeki kanala oturtulur ve manşona geçirilir. Sarmal korige borular ise ekstrüde kaynağı, contalı yönteminin yanı sıra elektrofüzyon yöntemi ile de birleştirilebilir.

Ülkemizde korige borular; TS EN 13476–1 ve DIN 16961–16566 standartlarında, EN ISO 9960 standardına göre yapılan çember rijitliği değeri olan SN 4 (4 KN / m²) ve SN 8 (8 KN / m²) sınıflarında, kendiliğinden muflu ve manşonlu olarak üretilmektedir.

Bu boruların korozyondan etkilenmemesi, aşınma ve kimyasal dayanımının yüksek olması ile 50 yıl ömür garantisi ile satılmaktadır. Deprem gibi yer sarsıntılarından esnek yapıları sayesinde etkilenmeden faaliyetlerini yerine getirmektedirler. Sızdırmazlık boru ömrü boyunca sağlandığından yer altı sularının ve toprağın kirlenmesi önlenir. Ağaç köklerinin boru içerisine girerek kapanması söz konusu değildir. Hafif olması ile küçük çaplı borularda (Ø200-250) iş makinası ihtiyacı olmadan montajı yapılabilir. Olumsuz özellikleri ise hammaddesi petrol türevi ve çoğunlukla ithal olduğu için fiyatları kura bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Hammaddesinin petrol esaslı olması sebebi ile çevresel ürünler değildir. Dolgu ve taşıt yüklerine karşı boru çevresinin çok iyi yataklama ve gömlekleme ile sıkıştırılması gerekir, aksi takdirde deformasyona uğrayıp kesiti daralabilir.

4.2. İller Bankası A.Ş. Kurumsal Yatırım Süreci

Etkili bir çevre yönetim sistemi, yerel yönetimlerin ya da merkez teşkilatların işlevsel hale getirilmesi ile mümkündür. Yönetmel işlevlerin etkili olarak uygulanabilmesi için “bütünleşik çevre yönetimi” kavramı çevre yönetiminin temel koşulu olup bu sistem, sürdürülebilir gelişmenin sağlanmasında sürekli, önlem alıcı ve uyarlanmış bir kaynak yönetim süreci olarak önemli bir araçtır. Bu açıdan Türkiye’de mevcut uygulanan çevre yönetim sistemi incelendiğinde çevresel örgütlenme, merkezi yönetim ve yerel yönetim (mahalli idareler) düzeyinde yapılanmıştır.

4.2.1. İller Bankası AŞ’nin faaliyet alanları ve hizmet şeması

6107 sayılı kuruluş kanunu ile İller Bankası yeniden yapılandırılmış ve bu kanun ile düzenlenen hususlar dışında özel hukuk hükümlerine tabi, tüzel kişiliğe sahip, anonim şirket statüsünde “İller Bankası Anonim Şirketi” unvanıyla bir kalkınma ve yatırım bankasına dönüştürülmüştür [28].

5779 sayılı “İl Özel İdarelerine ve Belediyelere Genel Bütçe Vergi Gelirlerinden Pay Verilmesi Hakkında Kanun” kapsamında İller Bankası genel bütçe vergi gelirlerinden Belediye ve İl Özel İdarelerine ayrılan payların dağıtımını, her ay Maliye Bakanlığı ile beraber yürütmektedir [29].

6107 sayılı İller Bankası Anonim Şirketi Hakkında Kanun’un 3 üncü Maddesi’nde Banka’nın amacı ve bu amacı gerçekleştirmek üzere yürüttüğü faaliyetlere değinilmiştir. Bu kapsamda [30];

İller Bankası A.Ş.’nin amacı:

- *İl özel idareleri, belediyeler ve bağlı kuruluşları ile münhasıran bunların üye oldukları mahalli idare birliklerinin finansman ihtiyacını karşılamak,*
- *Bu idarelerin sınırları içinde yaşayan halkın mahalli müşterek hizmetlerine ilişkin projeler geliştirmek,*
- *Bu idarelere danışmanlık hizmeti vermek ve teknik mahiyetteki kentsel projeler ile alt ve üstyapı işlerinin yapılmasına yardımcı olmak [30].*

5411 sayılı Bankacılık Kanun hükümleri doğrultusunda her türlü kalkınma ve yatırım bankacılığı işlevlerini yerine getirmektedir [30].

- *Ortaklarının finansman ihtiyaçlarını, “Proje Kredileri”, “Nakit Destek Kredileri”, “Nakit Krediler” ve “Gayri Nakdi Krediler” başlıkları altında kısa, orta ve uzun vadeli her türlü nakdi ve gayri nakdi kredi açmak suretiyle karşılar.*
- *Yerel yönetimlerin ihtiyaçları olan alt ve üst yapı yatırımları için araştırma, proje geliştirme ve danışmanlık hizmeti yapabilir veya yaptırabilir, teknik yardım verebilir.*
- *Faaliyetlerini daha etkin bir şekilde yürütebilmek için şirket kurabilir ve bu şirketleri devredebilir.*
- *Yerel yönetim, banka personeli ve diğer şahıs ve firmaların tesis, araç, malzeme ve binalarının sigorta işlemlerine aracılık edebilir.*
- *Gerekli izinleri almak kaydıyla yurtiçinde ve ikili iş birliği yapmaya önem verdiği ülkelerde şube ve temsilcilik açabilir.*
- *Artan finansman ihtiyacı doğrultusunda yurt içi ve yurt dışı finansman kurumlarıyla işbirliğini geliştirerek temin edilen uygun koşullu kredileri arttırmanın yanında, bunların katıldığı ulusal ve uluslararası kuruluşlara üye olabilir.*
- *Finansman ihtiyacını karşılamak için, para ve sermaye piyasalarından ve her türlü fonlardan kaynak sağlayabilir.*
- *Amacının gerçekleşmesine yardımcı olacak her türlü kalkınma ve yatırım bankacılığı işlemlerini yapar.*
- *Bakanlık tarafından talep edilen özel projeler ve kentsel altyapı projeleri ile yapım işlerini yapar veya yaptırır.*
- *Kaynak temin etmek üzere, proje kaynağı için herhangi bir borç ve şartlı yükümlülük altına girmemek kaydıyla kâr amaçlı gayrimenkul yatırım projeleri ile uygulamalar yapar veya yaptırır [30].*

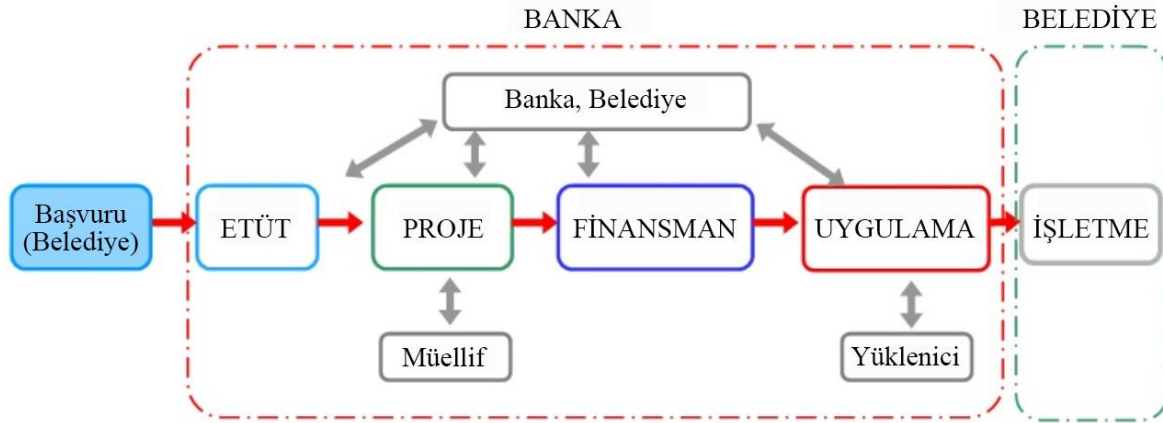
Ayrıca İller Bankası belediyelerin su ve kanalizasyon altyapı projelerini (SUKAP) hazırlatmak üzere, 2011 yılı Merkezi Yönetim Bütçe Kanunu ile belediyelerin su ve kanalizasyon altyapı projelerini gerçekleştirmek üzere İller Bankasına ayrılan ödeneğin kullandırılması görevini de yürütmektedir [31].

Diğer yandan, belediyelerin su ve kanalizasyon altyapı tesisleri “Belediyelerin Altyapısının Desteklenmesi Projesi (BELDES) ödeneğinin Belediyeler Bazında Dağılımı, kullandırılması, izlenmesi ve denetimine İlişkin Esas ve Usullere Dair 10.05.2011 tarih ve

2011/11 sayılı Yüksek Planlama Kurulu Kararı çerçevesinde İller Bankası AŞ'ne verilen görevi de yapmaktadır [31].

İller Bankası A.Ş. kendi öz kaynakları, SUKAP ve BELDES ödeneklerinin yanında, özellikle yerel yönetimlerin kentsel altyapı ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla uluslararası piyasalardan dış finansman katkısı da sağlamaktadır [31].

Gelişen teknolojik koşullar ve çevre bilinci, kentleşme politikalarını şekillendirirken, insan yaşamını kolaylaştıracak ileri teknoloji temelli kentsel uygulamalar yanında özellikle yenilenebilir, temiz enerji kaynaklı ve enerji verimli kentsel kullanımlar da giderek artmaktadır. Bu çerçevede yerel yönetimler geçmişe oranla daha fazla finansal ve teknik desteğe gereksinim duymakta, daha büyük ihtiyaçlar daha etkin çözümleri, daha etkin çözümler ise daha büyük finansal kaynakların yerel yönetimlerin hizmetine sunulmasını gerekli kılmaktadır. Yerel yönetimler ise bu gereksinimlerini karşılayacak en temel kurum olarak ülkemizde İller Bankası A.Ş.'ni görmektedirler. Şekil 4.18'de kısaca Banka hizmet akış süreci gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Banka hizmet akış şeması [32]

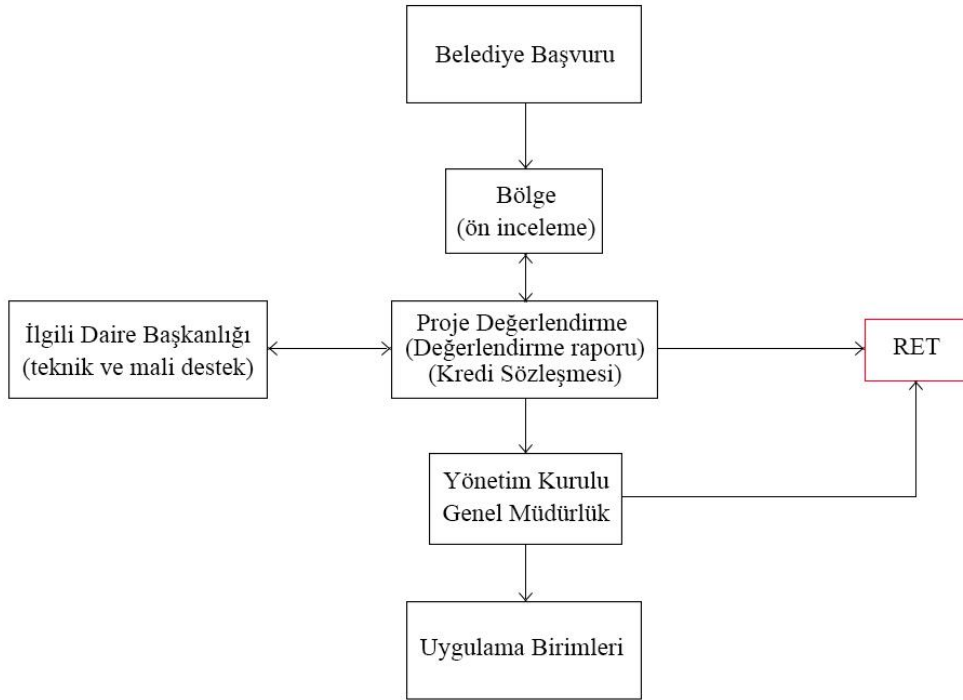
4.2.2. İller Bankası A.Ş.'de kanalizasyon şebeke kesin projelerine finansman aktarımı ve projelendirme süreci

İller Bankası A.Ş. özetle mahalli idareler ile şu beş başlıkta işbirliği yapmaktadır.

- Finansman temini
- Proje geliştirme
- Danışmanlık ve teknik hizmet

- Yerel yönetimlere kaynak dağıtımı
- Proje yürütme (yatırım faaliyetleri)

İller Bankası A.Ş. kendi öz kaynakları veya uluslararası piyasalardan dış finansman katkısı da sağlayarak yerel yönetimlerin ihtiyaç duyduğu her türlü yapım işleri ve malzeme, ekipman ve araç, gereç alımları için kredi temin etmektedir. Söz konusu yerel yönetimler ihtiyaç duydukları proje hizmetinin temini için Bölge Müdürlüklerine müracaat ederler. Bu müracaatlar doğrultusunda Bölge Müdürlüklerinde hazırlanan raporlar Genel Müdürlüğe gönderilir. Krediye konu yatırımın her yönden değerlendirilip incelenmesi Genel Müdürlük nezdinde Proje ve Mekansal Planlama Dairesi Başkanlığınca yapılır. Bu inceleme sonrasında teknik, ekonomik, çevresel, mali vb. konularda başvuru sahibinin yeterliliği uygun görüldüğü takdirde, finansman talebi Genel Müdürlük veya Banka Yönetim Kurulu onayına sunulur (Şekil 4.19.) [32].



Şekil 4.19. İller Bankası A.Ş proje finansmanı ve kredilendirme şeması [32]

Kanalizasyon şebekesi yatırımı için finansman talebinde bulunan yerel yönetim, yukarıda da bahsedildiği üzere kredi alabilmek için yeterli şartları da sağlıyorsa, gerekli finansman miktarı bu aşamada yapılan çalışmalarla belirlenmektedir. Çalışmalar sonrasında tahsis edilen kredi tutarı ile işin ödenek miktarı kesinleşmekte ve kanalizasyon şebeke

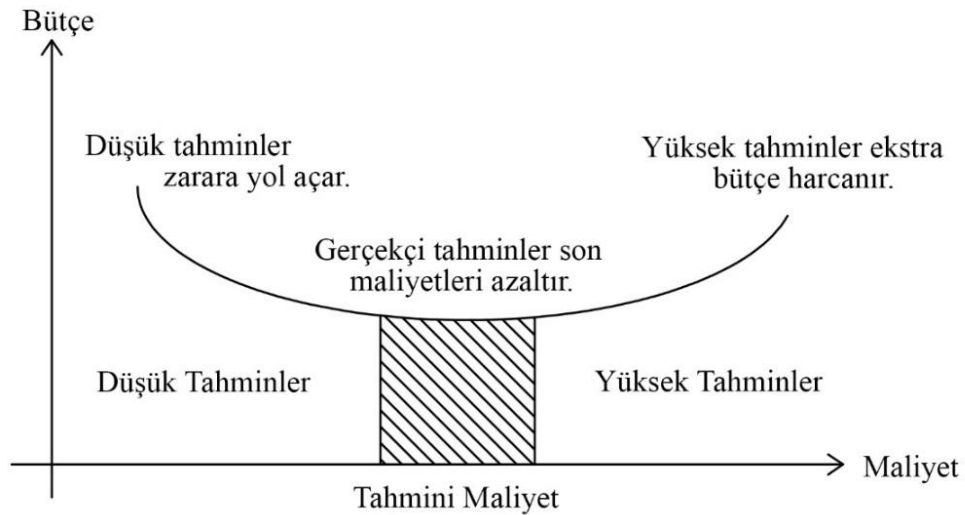
tesisinin ihale hazırlık süreci başlamaktadır. Bu etapta iş için tahsis edilen ödenek, ihale için hesaplanan yaklaşık maliyetten düşük kalırsa, yapılacak tesisin finansmanı hazır olmasına rağmen ihale edilme süreci uzamakta ve bir takım sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunlardan hareketle hazırlanan bu tezde, bir sonraki bölümde bahsedilecek olan tahmin metotlarından birisi olan YSA ile kanalizasyon şebeke maliyet tahmin yöntemi geliştirilmesi hedeflenmiştir.

5. MÜHENDİSLİKTE KULLANILAN BİLİMSEL MALİYET TAHMİN YÖNTEMLERİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI

5.1. Maliyet Tahmini

Maliyet tahmini, eldeki kaynakları ve proje verilerini dikkate alarak, belirli bir zaman diliminde tüm iş kalemlerinin toplam maliyetinin tespiti için gerçekleştirilen teknik süreç veya faaliyetlerin tümü olarak tanımlanmaktadır. Yapı maliyeti tahmini proje başlangıç evresinde yüklenici ve iş verene yol göstermek amacıyla; hesaplama yöntemi, süresi gibi parameterlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilen ve önceden kabul edilmiş izin verilen bir oranda sapmayla sonuç veren bir çalışmadır [33-34].

Belirsizliklerin çok olduğu ve birçok iç ve dış faktörlerin etkisinde olan inşaat sektöründeki projelerin istenilen başarıya ulaşmasındaki en önemli unsur, ön tasarım, tasarım ve ihale evresinde maliyet tahminlerinin doğru yapılmasıdır. Bunun için maliyet tahmini, fizibilite çalışmalarında, yapım öncesi ihale evresinde ve teklif aşamasında önemli bir yer tutmaktadır. Freiman eğrisinde (Şekil 5.1.) maliyet tahmininin ön tasarım, tasarım ve ihale aşamalarında meydana geldiği, düşük tahminlerin zarara yol açtığı, yüksek tahminlerin ekstra bütçe harcadığı ve gerçekçi tahminlerin ise son maliyetleri azalttığı görülmektedir.



Şekil 5.1. Freiman eğrisi [35]

5.2. Maliyet Tahmin Yöntemleri

Maliyet tahmin yöntemleri genel olarak aşağıdaki gibi üç ana başlık altında toplanabilmektedir.

- İstatistik-Olasılık Analizine Dayalı Maliyet Tahmin Modelleri
- Benzer Proje İle Karşılaştırma Tekniğine Dayalı Ön Tahmin Yöntemleri
- Yapay Zeka Tekniklerine Dayalı Maliyet Tahmin Yöntemleri

5.2.1. Yapay zeka tekniklerine dayalı maliyet tahmin yöntemleri

Tez kapsamında yapay zeka tekniklerine dayalı maliyet tahmin yöntemlerinden birisi olan yapay sinir ağları kullanılmıştır.

5.2.1.1. Yapay sinir ağları (artificial neural networks) yöntemi

Bu tahmin yöntemi kısaca, insan sinir sisteminin bir parçası olan nöronun şekil ve işlev bakımından basitçe kopyalanarak oluşturulduğu simülasyon programlarıdır [36].

Birçok küçük işlemci elemandan meydana gelen yapay sinir ağları, bu basit elemanların birbirlerine nümerik verileri taşıyabilen “bağlantılar” ve “ağırlıklar” ile bağlanmasıyla oluşmaktadır. YSA yapılarına göre birbirinden farklı öğrenme tercihleri sunabilir ve bu tercihlere göre ağırlıklar değiştirilir. Ağırlıklarda meydana gelen değişimler öğrenmeyi, tersi ise öğrenme işleminin durduğunu gösterir [37].

5.2.1.2. Bulanık mantık metodu (fuzzy logic concepts) yöntemi

Bulanık mantık klasik mantığın aksine belirsizliklerle dolu sistemleri tanımlamak ve bu belirsizliklerle çalışabilmek amacıyla oluşturulmuş matematiksel bir düzendir [36].

Klasik mantıkta karşımıza çıkan 1 ve 0, var ya da yok geçişlerini yumuşatarak, mantık kurallarının esnek bir şekilde uygulanmasını sağlar. Hayatta verilen kararlara baktığımızda da, hemen hemen hiçbir şeyin keskin bir çizgi ile ayrılarak kesin doğru veya kesin yanlış şeklinde değerlendiremeyeceği, bulanık bölgelerin de olduğu

görülebilmektedir. Bu yaklaşım metoduna klasik mantığın problemlere çözüm getirememesi sonucu ihtiyaç duyulmuştur [37].

5.2.1.3. Genetik algoritmalar (genetic algorithms) yöntemi

Genetik algoritmalar, bir hedef fonksiyonu maksimize ve ya minimize etmek üzere optimizasyon hesaplarının çözümünde tabiattaki genetik yasalara benzer kurallar vasıtasıyla en iyiye yaklaşmayı amaçlayan bir yaklaşım yöntemidir. Canlıların doğadaki biyolojik sürecinde olduğu gibi genetik algoritmaların mantığı da güçlü olanın yaşaması, güçsüz olanın ölmesi prensibine dayanır. Bu sayede genetik algoritmalar yöntemi, birçok farklı çevrede güçlü olanın yaşamını sürdürebilmesi için etkinlik ve verimlilik arasındaki dengeyi kurmaya çalışarak problemleri çözmeyi hedefler [36].

5.2.1.4. Uzman sistemler (expert systems) yöntemi

Uzman sistemler, tasarlanmış sistemlerde karşılaşılan problemlere, insan tecrübesi temeline dayalı olan davranışların bilgisayar ortamına aktarılarak uzman bir kişiye ihtiyaç duyulmadan çözümler geliştiren bilgi tabanlı sistemler olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemler belirli bir alanda bilgiye sahip ve problemlere o alanda uzman bir kişinin getirdiği şekilde çözüm üretebilen bilgisayar programlarıdır. Asıl amaç herhangi bir alanda uzman bir insandan daha iyi bir uzman sistem oluşturmaktır. Fakat bu durum geliştirilen sistemi kullanan sıradan bir kişiyi uzman yapmaz, bir uzmanın yapacağı işin bir kısmının veya tamamının yapımını hızlandırarak kolaylaştırır. Bu sayede güvenilirlik artırılır, cevap verme süresi azaltılır, tam ve kesin olmayan bilgi ile çalışılabilir, sınırlı da olsa bazı problemlerin çözümü kolaylaştırılabilir [36-37].

5.2.1.5. Vaka tabanlı gerekçeleme (case-based justification) yöntemi

Bu sistemler genellikle geçmişe ait elde bulunan ve depolanan durumlardan hareket eder ve eski problemleri çözmek için kullandığı yöntemleri yeni durumlara da adapte ederek problemi çözmeyi hedefler. Bu sebeple vaka tabanlı gerekçeleme hafıza ve tecrübeye dayalı bir sistemdir [36].

5.3. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Basit bir sinir hücresinden hareketle geliştirilen yapay sinir ağları eş zamanlı çalışması, verilen bilgileri hızlı bir şekilde işleyebilmesi ve donanımının kolaylıkla gerçekleştirilebilir olması sebebiyle diğer yöntemlere göre daha tercih edilen bir durumdadır. Bunun yanı sıra YSA günümüzde tahmin etme, sınıflandırma, teşhis etme, desen tanıma, kontrol, görüntü işleme, ses tanıma vb. gibi birçok alanda kullanılan bir yöntemdir [38].

5.3.1. Yapay sinir ağlarının tanımı

Yapay sinir ağları insan beyninin özelliklerine benzer bir şekilde, öğrenme yolu ile hiçbir dış yardım almadan eksik bilgi ile bile çalışabilen, yeni bilgiler oluşturan ve keşfedebilen bilgisayar sistemleridir [39].

YSA biyolojik sinir sisteminden elde edilen bulguların en baside indirgenerek oluşturulmuş, birbiri ile eş zamanlı çalışabilen al tabakalara sahip olan ve her tabakasinda yeterli sayıda yapay sinir hücresi bulunduran bir mimariden meydana gelmektedir [40].

5.3.2. Yapay sinir ağlarının temel görevleri

Yapay sinir ağları, gerçek insan beyni tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri temel alarak, olayları;

- Öğrenme
- İlişkilendirme
- Sınıflandırma
- Genelleme
- Özellik Belirleme
- Optimizasyon

gibi konularda örneklerden elde ettikleri bilgilere göre kendi deneyimlerini oluşturarak olaylara karşı nasıl tepkiler üretebileceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir [39].

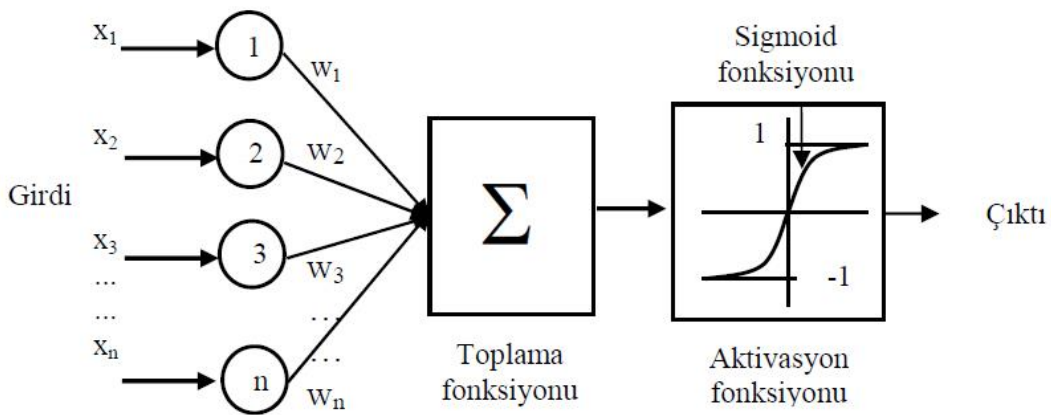
Teknik olarak da, bir yapay sinir ağının en temel görevi, kendisine gösterilen bir girdi setine karşılık gelebilecek bir çıktı seti belirlemektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilerek (öğrenme) genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulur. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı setleri belirlenir [39].

5.3.3. Yapay sinir ağlarının tarihçesi

İnsanlığın nörobiyoloji konusundaki merak ve çabaları ile elde ettiği bilgileri bilgisayar bilimlerinde de kullanmasıyla yapay sinir ağlarının ilk temelleri atılmıştır. Tarihsel süreçte bu alanda yapılan çalışmaları 1970 öncesi ve sonrası olarak ikiye ayrılmaktadır. Çünkü 1970 yılında önemli bir dönüm noktası başlamış ve o zamana kadar olmaz diye düşünülen birçok sorun çözülmüş ve yeni gelişmeler doğmuştur [39].

1970 öncesi çalışmalar

1943 yılında *McCulloch* ve *Pitts* şimdiki yapay sinir ağlarının en temel sinir hücresi modelini (Şekil 5.2) oluşturarak yapay sinir (Hebb, 1949) tanımını yapmışlardır. Tanımlamış oldukları yapay sinir hücreleri sayesinde her türlü mantıksal durumun formülize edilebileceğini göstermiş ve yapay sinir hücrelerinin paralel çalışma prensibini ortaya atarak ilk öğrenme kurallarını oluşturmuşlardır [41].



Şekil 5.2. Basit bir yapay sinir hücresi görünümü

1949 yılında *Donald Hebb*, yapay hücrelerden oluşan bir yapay sinir ağının değerlerini değiştiren bir öğrenme kuralı geliştirerek (Hebb, 1949, s. 60-78) günümüzde kullanılan öğrenme kurallarının birçoğunun temelini atmıştır [39].

1954 yılında *Farley* ve *Clark* tarafından rassal ağlar (random networks) ile adaptif tepki üretme kavramı ortaya atılmıştır [43].

1958 ve 1961 yıllarında bu rassal ağlar *Rossenblatt* (Rosenblatt, 1958, s. 386-408) ve *Caianiello* (Caianiello, 1961, s. 204-235) tarafından geliştirilerek, çok katmanlı algılayıcıların temelleri oluşturulmuştur [44-45].

1960'lı yılların sonuna doğru ise *Minsky* ve *Pappert* tarafından yazılan *algılayıcılar* (*perceptrons*) adlı kitap (Minsky & Papert, 1969) ile yapay sinir ağı çalışmaları duraklama devrine girmiştir. Bu kitapta yazarlar YSA algılayıcılarının bilimsel bir anlamı olmadığını ve doğrusal olmayan problemlere çözüm getiremediklerini iddia etmişlerdir [46].

1970 sonrası çalışmalar

1970'lere gelindiğinde gelişen mikroişlemcilerle birlikte günümüzdeki bilgisayar teknolojilerinin temelleri atılmıştır [47]. Bilgisayar bilimlerindeki gelişmeler, bilgisayar tabanlı YSA teknolojisinin de gelişimine hız katarak, insan hayatını kolaylaştıran birçok uygulamanın içerisinde yer almıştır [39].

5.3.4. Yapay sinir ağlarının kullanım alanları

Yapay sinir ağları konusunda yapılan araştırmalar çok eski olmasına rağmen, etkin kullanım ve gelişimi son 20 yıl içerisinde olmuştur. YSA, zor ve karmaşık olan problemlere çözüm getirebilmesi ile birlikte; YSA yöntemleri tıp, endüstri, yüksek eğitim vb. alanlarda gelişmeler için tercih edilmeye başlanmıştır [38].

Endüstriyel uygulamaları:

Yapay sinir ağlarının birçok endüstriyel uygulaması mevcuttur. Bunlardan bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Yapay sinir ağları bir endüstriyel proseste fırınların ürettiği gaz miktarını tahmini

- İmalatta, ürün tasarımı, proses ve makinelerin bakımı ve hataların teşhisi görsel kalite kontrolü
- Kimyasal proseslerin dinamik modellenmesi
- Otomobillerde otomatik rehber sisteminin geliştirilmesi
- Robotlarda görme sistemleri ve mainpulatörlerin kontrol edilmesi
- Cep telefonlarında ses ile çalışabilme
- Optimizasyon çalışmaları (Üretim planlama ve kontrol çalışmalarında)
- Müşteri tahmini ve pazar verilerinin değerlendirilmesi ve analiz edilmesi
- Gezgin satıcı problemini² [39].

Finansal uygulamaları:

Yapay sinir ağlarının finans dünyasında da birçok uygulaması mevcuttur. Bunlardan bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Makroekonomik tahminler
- Borsa benzetim çalışmaları endekslerinin tahmin edilmesi
- Kredi kartı hilelerinin tespiti
- Kredi kartı kurumlarında iflas tahminleri
- Banka kredilerinin değerlendirilmesi
- Emlak kredilerinin yönetilmesi
- Döviz kuru tahminleri
- Risk analizleri [39].

Askeri Uygulamaları:

Yapay sinir ağlarının sivil hayat dışında askeri amaçlı birçok sistemde de uygulaması mevcuttur. Bunlardan bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Hedef tanıma ve takip sistemleri
- Yeni sensörlerin performans analizleri
- Radar ve görüntü sinyalleri işleme

² Gezgin satıcı problemi : Yöneylem araştırması ve teorik bilgisayar bilimi alanlarında incelen bir problemdir. GSP’de amaç, bir satıcının, bulunduğu şehirden başlayıp, her şehre sadece bir kez uğradıktan sonra başladığı şehre geri dönen en kısa turu bulmaktır.

- Sensör fizyonu
- Askeri uçakların uçuş yörüngelerinin belirlenmesi (optimizasyonu)
- Mayın detektörleri [39].

Sağlık Uygulamaları:

Yapay sinir ağlarının insan beyni çalışmaları ile yakın ilişki içinde olması tıp ve sağlık alanında da uygulamaların gelişmesine neden olmuştur. Bunlardan bazı örnekleri ise şöyle sıralayabiliriz:

- Solunum hastalıklarının teşhisi
- EEG³ ve ECG⁴ analizleri
- Transplant zamanlarının optimizasyonu
- Hastalıkların teşhisi ve resimlerden tanınması
- Kardiyovasküler sistemlerin modellenmesi ve teşhisi
- Tıbbi resim işleme
- CTG⁵ izleme
- Hamile kadınların karınlarındaki çocukların kalp atışlarının izlenmesi
- Üroloji uygulamaları [39].

Yukarıda verilen örneklerin dışında bunlara ek olarak hayatımızda daha birçok alanda yapay sinir ağları kullanılmaktadır.

5.3.5. Yapay sinir ağlarının en temel özellikleri

Her bilim dalında kullanılan yapay sinir ağlarının kullanıcıya sunduğu özellikleri ise şöyle sıralayabiliriz.

³ EEG, beyin dalgaları aktivitesinin elektiriksel yöntemle izlenmesini ölçen bir analizdir.

⁴ ECG, kalp kasının ve sinirsel iletim sisteminin çalışmasını incelemek üzere kalpte meydana gelen elektriksel faaliyetin kaydedilmesi işlemidir.

⁵ CTG, doğum eylemi esnasında anne kalp atımları ve uterus kasılmaları arasındaki ilişkiyi gösteren cihazdır.

5.3.5.1. Sınıflandırma:

Bu amaçla kullanılan yapay sinir ağları kendilerine sunulan bilgileri kategorize etmek görevini üstlenirler. Bir makine üzerinde görülen hataların sınıflandırılması buna örnek olarak verilebilir [39].

5.3.5.2. Kümeleme:

Birbirine benzeyen girdi verilerinin bir grupta toplanmasıdır. Yapay sinir ağlarına girilen bir grup veri önce birbirinden farklı alt kümelere ayırabilir. Daha sonra verilecek olan ve eğitim verileri arasında olmayan verilerin hangi kümeye dahil edileceğine karar verebilir [40].

5.3.5.3. Vektör sayısallaştırılması:

Çok sayıda olan verilerin kendi aralarında az sayıda aynı özelliklere sahip olan verilere ayrılması işlemidir [40].

5.3.5.4. Veri İlişkilendirme:

Bozuk, yıpranmış, eskimiş veya eksik olarak verilen bir desenin YSA içerisinde daha önceden depolanmış olan tam ve eksiksiz bir desenle karşılaştırılması sonucunda bozuk girdiye YSA düzgün desen çıktıları verebilir [39].

5.3.5.5. Veri Filtreleme:

Bu amaçla eğitilen ağlar, birçok veri arasından uygun verileri belirleme görevini yerine getirirler. Telefon konuşmalarındaki gürültüleri asıl konuşmalardan ayıran ağlar bu konudaki uygulamalara örnek olarak verilebilir [39].

5.3.5.6. Fonksiyon yaklaşımı:

Matematik ifadesi bilinmeyen birçok şekil bulunur. Bu durumda istenilen şeklin basit ve düzgün olan başka şekillerin üst üste bindirilmesi ile yaklaşımı söz konusu olabilir.

Verilen bir fonksiyona, temel bazı fonksiyonlarla yaklaşmak YSA aracılığıyla olanaklı hale gelmektedir [40].

5.3.5.7. Tahmin yapmak:

Bu amaçla kullanılan yapay sinir ağı, ağa sunulan bilgilerden yararlanılarak karşılık gelen çıktı değerini tahmin ederler. Hava tahmini, borsada hisselerin değerlerinin tahmini, döviz kurlarının tahmini gibi örnekler vermek mümkündür [39].

5.3.5.8. Yorumlama:

Bir olay hakkında toplanan örneklerden elde edilen ve eğitim sonucu oluşturulan bilgileri kullanarak yeni olayların yorumlanması işlemleri bu kapsamda düşünülmektedir. Bir olay hakkında toplanan verilerin yorumlanarak istatistiksel dağılımlarının belirlenmesi bu konuda örnek olarak verilebilir [39].

5.3.5.9. Kontrol sorunları:

Kontrol genel olarak verilen girdi değerlerinden istenen çıktı davranışının elde edilmesi olarak tanımlanabilir. Bunun için değişik çalışmalarda YSA modellemeleri başarı ile kullanılmaktadır. İleriki zamanlarda geliştirilen değişiklikleri de içeren yinelemeli kontroller de yapılabilmektedir [40].

5.3.5.10. En iyileme (Optimizasyon):

Birçok ticari ve bilimsel konularda incelenen olayın verilen kısıtlar altında hedefinin en büyüklmesi veya en küçüklenmesi en iyileme işlemi olarak bilinir. En iyileme için önceki çalışmalarda klasik birçok yöntem geliştirilmiş olmasına rağmen bunun YSA modellemesi ile yapılması en azından sınırlayıcı matematik kabullerin bulunmaması açısından yararlıdır [40].

5.3.5.11. Arama çalışmaları:

Özellikle yapay zeka uygulamalarında fazlaca kullanılan arama yöntemlerinin YSA modelleri ile başarılması da mümkündür [38].

5.3.6. Yapay sinir ağlarının üstün yanları

YSA'nın; doğrusal olmayan sistemleri modelleyebilmesi, paralel çalışan yapısı, öğrenme ve genelleme yeteneği, farklı problemler için uyarlanabilirliği, hata toleransına sahip olması, eksik bilgilerle çalışabilmesi, analiz ve tasarım kolaylığı en önemli özelliklerindendir. YSA'nın bu özellikleri bölüm 5.3.4'te de belirtildiği gibi işletme, finans, mühendislik tıp vb. birçok farklı alanda tercih edilmelerini sağlamıştır [48].

5.3.6.1. Öğrenme:

İnsan sinir sistemi çalışmasına benzeyen YSA, probleme ilişkin mevcut verileri kullanarak veri yapısındaki gizli bağlantıları ortaya çıkarmaya çalışır. Bu işleme, ağıın öğrenmesi adı verilir. Öğrenme işlemi aslında YSA'yı meydana getiren yapay sinir hücreleri arasındaki bağlantıların ağırlıklarını belirleme işlemidir [48].

5.3.6.2. Genelleştirme:

YSA'nın, öğrenme işlemi esnasında kendisine tanıtılan verilerden farklı yeni veriler için de anlamlı sonuçlar üretebilmesine genelleştirme yeteneği denilmektedir. Tahmin, örüntü tanıma, sinyal işleme gibi birçok alanda, YSA'nın genelleştirme yeteneğinden yola çıkılarak başarılı sonuçlar elde edilmektedir [48].

5.3.6.3. Doğrusal olmama:

Gerçek hayatta meydana gelen olaylar arasındaki parametrelerin birbirleri ile ilişkileri doğrusal değil ise bu ilişkileri geleneksel yöntemlerle modellemek çok zordur. Bu sebeple gerçek hayatta problemleri çözmek için bazı varsayımlar yapmak gerekmektedir. Bu da modellenen sistemin davranışlarını kontrol altına almayı zorlaştırır. Yapay sinir ağları için ise ilişkilerin doğrusal olup olmaması önemli değildir. YSA'yı meydana getiren yapay sinir hücreleri (YSH) için tercih edilen aktivasyon fonksiyonu sayesinde YSA'nın doğrusal ya da doğrusal olmayan modellemeyi gerçekleştirmesi sağlanabilmektedir [39-48].

5.3.6.4. Eksik bilgi ile çalışabilme:

Yapay sinir ağları eğitilmeleri sonucunda eksik bilgiler ile çalışabilir ve gelen yeni örneklerde eksik bilgi olmasına rağmen mantıklı sonuçlar sunabilir. Oysa geleneksel sistemlerin eksik bilgi ile çalışması imkansızdır. YSA'nın eksik bilgi ile çalışması performanslarının düşeceği anlamına gelmemektedir. Çünkü performansın düşmesi eksik olan bilginin önemine bağlıdır. Hangi bilginin önemli olduğunu ağ kendisi eğitim sırasında öğrenmektedir. Kullanıcıların bu konuda bir fikri yoktur. Ağın performansı düşük olunca, kayıp olan bilginin önemli olduğu kararına varılır. Eğer ağın performansı düşmezse eksik olan bilginin önemli olmadığı anlaşılır [39].

5.3.6.5. Problemleri modelleme kolaylığı:

Yapay sinir ağları matematiksel olarak modellenmesi mümkün olmayan veya zor olan karmaşık problemleri çok rahat modelleyerek çözebilmektedir. Yapay sinir ağları kullanılarak problemleri başarılı bir şekilde çözebilmek için problemin çok iyi modellenmesi gerekmektedir. Bu modelleme, problemi çözebilmek için sadece söz konusu olay ile ilgili örneklerin belirlenip toparlanmasına yardımcı olacaktır. Örneklerin dışında herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç yoktur [39].

5.3.6.6. Uyarlanabilirlik:

Belirli bir problem için eğitilen YSA, problem değiştiğinde yeni probleme göre uyarlanabilir ve yeniden eğitilebilir. Yapay sinir ağları yeni bilgilerin ortaya çıkması ve ortamda bazı değişikliklerin olması durumunda yeniden eğitilebilirler. Bazı ağların eğitilmesine de gerek yoktur. Kendileri ortama uyumu öğrenerek gerçekleştirebilirler [39].

5.3.6.7. Hata toleransı:

Yapay sinir ağlarının eksik bilgi ile çalışabilme yetenekleri hatalara karşı toleranslı olmalarını sağlamaktadır. Ağın bazı hücrelerinin bozulması ve çalışmaz duruma düşmesi halinde ağ çalışmaya devam eder. Ağın bozuk olan hücrelerinin sorumluluklarının önemine göre ağın performansında düşmeler görülebilir. Hangi hücrelerin sorumluluklarının önemli olduğuna da yine ağ eğitim esnasında kendisi karar verir. Bunu kullanıcı bilmemektedir. Ağın bilgisinin yorumlanamamasının sebebi de budur [39].

YSA, paralel dağılmış YSH'nin birbirleriyle bağlanması sonucu oluşmuş bir bütündür. Daha önce de belirtildiği gibi, YSA'nın öğrenmesi bu bağlantı aralıklarının belirlenmesi işlemidir. Zaman zaman ağı eğitimi için kullanılan veri kümesinde gürültü etkisi (noise effect) olarak adlandırılan istenmeyen yanlışlıklar olabilir. Bu gürültü etkisi ağıdaki bütün ağırlıklara dağıtıldığından sonuç üzerindeki etkileri azaltılmış olur. Bu sebeple YSA'nın hata toleransı geleneksel yöntemlere göre daha fazladır [48].

5.3.6.8. Pratik ve zaman bakımından verimli çalışması:

Yapay sinir ağları uygulamaları hem pratik hem de maliyet bakımından daha ucuzdur. Sadece örneklerin belirlenmesi ve basit bir program problemi çözmek için yeterli olabilmektedir. Yapay sinir ağları zaman bakımından da çok verimli çalışırlar. Örneklerin bulunması, ağların oluşturulması, olayı öğrenmesi, gerçek zamanda kullanıma alınması çok kısa bir zaman diliminde mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda yapay sinir ağlarının çalışması da geleneksel sistemlerden daha hızlıdır [39].

5.3.7. Yapay sinir ağlarının sakıncaları

Yapay sinir ağlarının oluşturulmasında ve kullanılmasında üstünlükleri yanında bazı sakıncaları da vardır. Bunların bazıları şöyle sıralanabilir:

- Problemlerin yapay sinir ağı ile çözülmesinde, model seçilmesinde, ağın topolojisinin belirlenmesinde, örneklerin tasarlanmasında bir kurallar seti yoktur. Problem sahibi kendi tecrübesine göre örnekleri formülize etmektedir. Daha önce anlatıldığı gibi aynı problem değişik şekillerde gösterilebilmekte ve her gösterimin kendisine göre performansı da değişmektedir. Doğru gösterimi bulmanın yolu yine tecrübeler ile sınırlıdır.
- Ağı davranışlarını açıklaması mümkün değildir. Bu ise ağa olan güveni azaltmakta ve özellikle insan hayatı ile ilgili olan problemlerde sonuçların neden verilmediğinin açıklanamaması kullanım alanlarını sınırlandırmaktadır.
- Eğitimin gerçekleştirilebilmesi uzun zamanlar alabilmektedir.

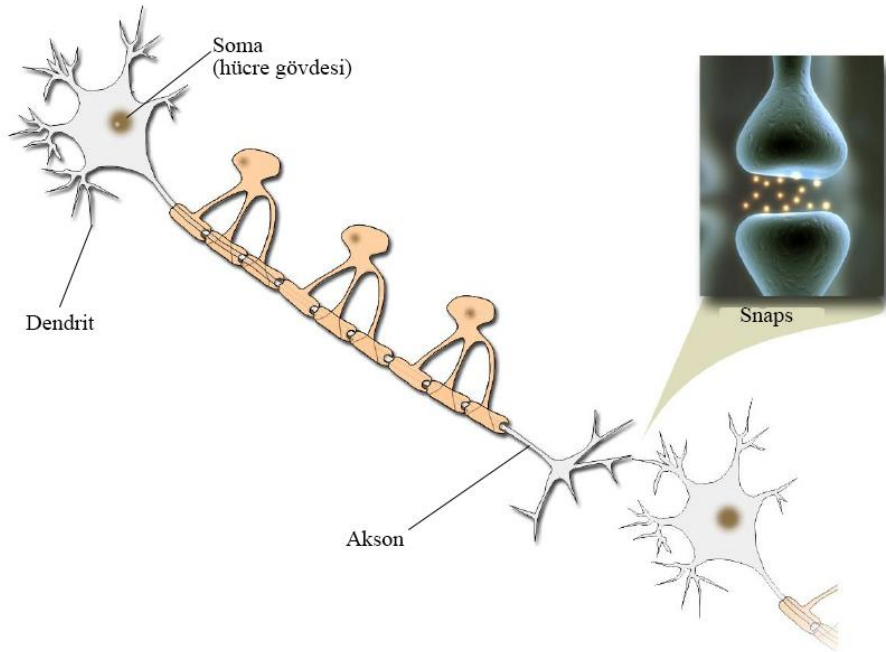
- Problemlere optimum sonuçlar garanti etmez. Üretilen sonuçların optimum olduğunu iddia etmek doğru değildir. İyi sonuçlardan birisidir denilebilir. Geleneksel yöntemler optimum çözümler üretirler.
- Örneklerin bulunmasının güç olduğu durumlarda ve problemi doğru temsil eden örneklerin bulunmaması durumunda problemlere sağlıklı çözümler üretebilmek mümkün olmamaktadır [39].

5.3.8. Yapay sinir ağlarının yapısı

İnsan sinir sisteminden esinlenerek oluşturulan yapay sinir ağlarının yapısında da biyolojik sinir sisteminde bulunan bileşenlerin işlev bakımından benzerleri bulunmaktadır.

5.3.8.1. Biyolojik sinir hücreleri

Canlılarda bulunan biyolojik sinir sistemi en genel anlamda düşünüldüğünde 3 katmanlı bir sistem olarak açıklanabilir. Bunlar; dış ortamdan bilgiyi alan alıcı sinirler, yorumlayan ve karar veren beyin ve beynin ürettiği elektriksel sinyalleri uygun tepkilere dönüştüren tepki sinirleridir [49].



Şekil 5.3. Biyolojik bir sinir hücrelerini oluşturan dört temel eleman ve aralarındaki ilişkiyi gösteren bir görünüm

Sinir hücresi (Bkz. Şekil 5.3)'te görüldüğü gibi hücre gövdesi (soma), bağlantılar (snaps), giriş (dendrit) ve çıkışlardan (akson) oluşmaktadır. Dendrit yapıları komşu sinir hücrelerinden snapslar aracılığı ile bilgiyi alan hücre giriş yapılarıdır. Hücre içerisinde işlenen bilgileri aksonlar tekrar snapslar yardımı ile diğer hücrelere iletmektedir. Snapslar komşu iki sinir hücresi arasında köprü vazifesi gören bağlantılardır [40].

Bir biyolojik sinir hücresi ile yapay sinir hücresi karşılaştırıldığında Çizelge 5.1'de görüldüğü üzere bir takım işlevsel temel benzerlikler bulunmaktadır. Buna göre, proses (işlem) elemanları nöronlara, ağırlıklar sinapslara, birleşme (toplama) fonksiyonları dendritlere, aktivasyon (transfer) fonksiyonları somalara (hücre gövdelerine), çıktılar da aksonlara karşılık gelmektedir [50].

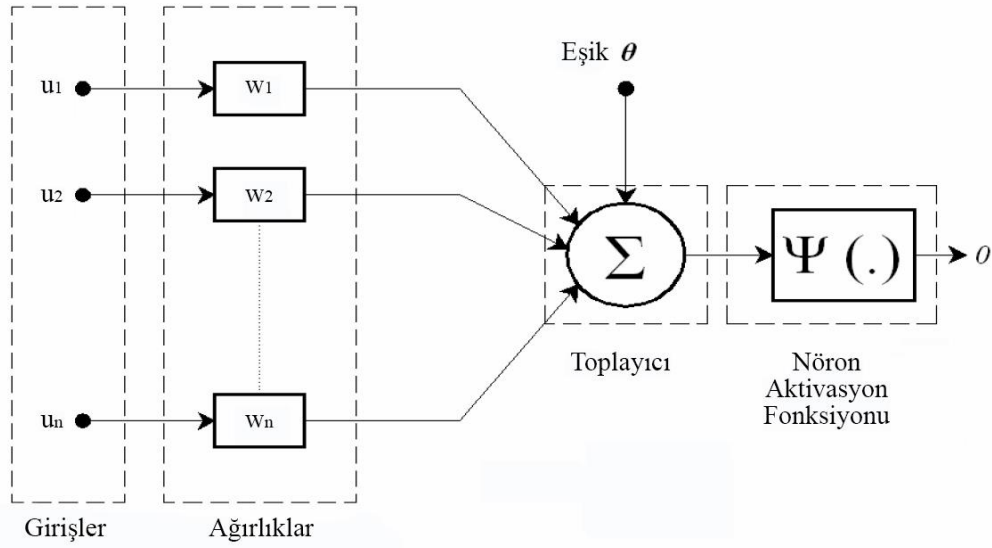
Çizelge 5.1. Biyolojik sinir hücresi ile yapay sinir hücresi ilişkisi tablosu

Biyolojik Sinir Hücresi	Yapay Sinir Hücresi
Nöron	Proses (işlem) elemanı
Sinaps	Ağırlık
Dendrit	Birleşme (toplama) fonksiyonu
Soma (Hücre gövdesi)	Aktivasyon (transfer) fonksiyonu
Akson	Çıktı

Anlaşılması güç olan canlı beyninin çalışma yapısı, yıllarca bilim adamlarının merak konusu olmuş ve onları üzerinde çalışmaya zorlamıştır. Zamanla edinilen bulgular ışığında beyindeki sinirlerin bilgiyi paralel işlediği anlaşılmış ve bu noktadan hareketle beynin çalışma yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu sayede beynin bu özelliğini gerçekleyen yöntemler oluşturulmuştur [49].

5.3.8.2. Yapay sinir hücreleri

Biyolojik sinir sistemlerinde (ağlarında) bulunan sinir hücrelerine benzer yapıda yapay sinir sistemleri (ağları) da yapay sinir hücrelerine sahiptir. “*Yapay sinir hücrelerinin mühendislik bilimindeki diğer adları ise proses elemanlarıdır*” [39]. (Bkz. Şekil 5.4.)’te bir yapay sinir hücresinin bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Yapay sinir hücresi (proses elemanı) bileşenleri

Girdiler: Girdiler nöronlara gelen verilerdir. Bu girdilerden gelen veriler biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi toplanmak üzere nöron çekirdeğine gönderilir.

Ağırlıklar: Ağırlıklar hücreye gelen verilerin önemini ve yapay sinir hücresi üzerindeki etkisini gösterir. Ağırlıkların eksi veya artı olması ağırlıkların yapay sinir hücresi üzerindeki etkisinin pozitif veya negatif olduğu anlamına gelir. Sıfır olması ise herhangi bir etkinin olmadığını gösterir.

Toplama fonksiyonu: Toplama fonksiyonu bir yapay sinir hücresine ağırlıklarla çarpılarak gelen girdileri toplayarak o hücrenin net girdisini hesaplayan fonksiyondur. Net girdiyi hesaplamak için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır. En yaygın kullanılanı ise hücreye gelen girdi değerleri kendi ağırlıkları ile çarpılarak bulunan ağırlıklı toplam fonksiyonudur.

$$NET = \sum_i^n u_i w_i \quad (5.1)$$

Burada u girdileri, w ise ağırlıkları, n ise hücreye gelen toplam girdi sayısını göstermektedir. Bir problem için en uygun toplama fonksiyonunu seçmek için belirli bir yöntem bulunmamaktadır. Literatüre bakıldığında toplama fonksiyonu olarak farklı eşitliklerin kullanıldığı görülmektedir. Kullanıcı genelde uygun eşitliği deneme yanılma ve

tecrübesi ile belirleyebilmektedir. Çizelge 5.2’de farklı toplama fonksiyonlarına örnekler verilmiştir.

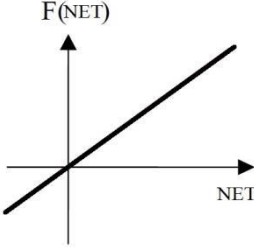
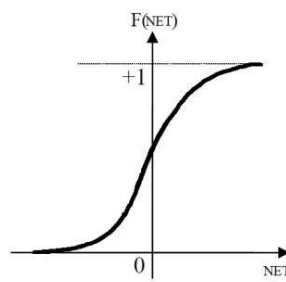
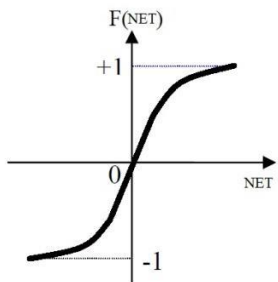
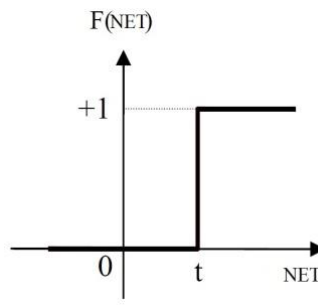
Çizelge 5.2. Toplama fonksiyonu çeşitleri tablosu [39]

NET GİRDİ	AÇIKLAMA
Çarpım $NET\ Girdi = \prod_i u_i w_i \quad (5.2)$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve daha sonra bulunan değerler birbirleri ile çarpılarak net girdi hesaplanır.
Maksimum $NET\ Girdi = Maks. (w_i u_i) \quad (5.3)$ $i = 1 \dots N$	N adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en büyüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
Minimum $NET\ Girdi = Min. (w_i u_i) \quad (5.4)$ $i = 1 \dots N$	N adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en küçüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
Çoğunluk $NET\ Girdi = \sum_i sgn (w_i u_i) \quad (5.5)$	N adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra pozitif ve negatif olanların sayısı bulunur. Büyük olan sayı hücrenin net girdisi olarak kabul edilir.
Kümülatif $NET\ Girdi = Net_i(eski) + \sum_i (w_i u_i) \quad (5.6)$	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır ve daha önce gelen bilgilere eklenerek net girdisi bulunur.

Aktivasyon fonksiyonu: Bu fonksiyon, toplama fonksiyonundan gelen net girdiyi işleyerek yapay sinir hücresinin bu girdiye karşılık oluşturacağı çıktıyı belirler. Literatürde, transfer fonksiyonu, sıkıştırma veya eşik fonksiyonu olarak da adlandırılmaktadır. Bunun sebebi, çıktı sinyallerini [0, 1] veya [-1, 1] aralığında sınırlandırmasıdır [50].

Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonunda da en uygun fonksiyonu gösteren bir eşitlik yoktur. Tasarımcı tecrübe ve denemeleri sonucu en uygun fonksiyonu belirleyebilmektedir. (Bkz. Çizelge 5.3)’te farklı aktivasyon fonksiyonlarına örnekler verilmiştir [39].

Çizelge 5.3. Aktivasyon fonksiyonu çeşitleri tablosu [39]

Aktivasyon Fonksiyonu	Fonksiyonun Grafiği	Açıklama
Lineer Fonksiyon $F(NE T) = NE T$ (5.7)		Gelen girdiler olduğu gibi hücrenin çıktısı olarak kabul edilmektedir.
Sigmoid Fonksiyonu $F(NE T) = \frac{1}{1 + e^{-NE T}}$ (5.8)		Sürekli ve doğrusal olmayan bir fonksiyon olması nedeniyle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan YSA larında tercih edilir. [0, 1] aralığında çıktı değeri üretir.
Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu $F(NE T) = \frac{e^{NE T} + e^{-NE T}}{e^{NE T} - e^{-NE T}}$ (5.9)		Hücre çıktısı gelen NE T girdi değerinin tanjant fonksiyonundan geçirilmesi ile hesaplanır. [-1, 1] aralığında çıktı değeri üretir.
Eşik Değer Fonksiyonu $F(NE T) = \begin{cases} 0, NE T \leq 0 \\ NE T, 0 < NE T < 1 \\ 1, NE T \geq 1 \end{cases}$ (5.10)		McCulloch-Pitts modeli olarak bilinen eşik aktivasyon fonksiyonlu hücreler, mantıksal çıkış verir ve sınıflandırıcı ağlarda tercih edilir. Bu fonksiyon genellikle tek katmanlı ağlarda kullanılır. Hücre çıktı değeri [0, 1] aralığında değişir.

Hücrenin çıktısı: Aktivasyon fonksiyonu tarafından üretilen çıktı değeridir. Bu değer birden fazla hücreye girdi olarak gönderilir. Ancak her bir hücrenin tek bir çıkış değeri vardır [49].

5.3.9. Yapay sinir ağlarının tasarımı

YSA uygulamasının başarılı sonuçlar vermesi için, uygun yöntemi seçebilmek oldukça önemlidir. Doğru ağ mimarisinin kurulması (katman sayısı, katmandaki nöron sayısı gibi), tercih edilen fonksiyon çeşidi, en iyi öğrenme stratejisinin oluşturulması, eğitim ve test verilerinin düzenlemesi gibi parametreler yapay sinir ağının geliştirilmesi esnasında kullanıcının deneyim ve tecrübesi yanında ağın yapısına ve işleyişine etki eden önemli hususlardır [31].

Bir YSA' nın uygun stratejiler seçilerek ve doğru parametrelerle tasarlanması ağda sürekli olarak kararlı ve istikrarlı sonuçlar üretecektir.

5.3.10. Yapay sinir ağlarında herhangi bir uygulama için ağ yapısının seçimi

Yapay sinir ağlarında mevcut bir problem için tercih edilen doğru ağ yapısı, doğru örnek seti ve doğru bir öğrenme algoritması problemin çözümünü kolaylaştıracaktır. Çizelge 5.4'te görüldüğü gibi her ağın başarılı olduğu kullanım alanları mevcuttur.

Çizelge 5.4. Ağların başarılı oldukları alanları gösteren bir tablo [39]

Kullanım Amacı	Ağ Türü	Ağın Kullanımı
Tahmin	MLP (Çok Katmanlı Algılayıcı)	Ağın girdilerinde bir çıktı değerinin tahmin edilmesi
Sınıflandırma	- LVQ - ART - Counterpropagation - PNN (Olasılık Sinir Ağları)	Girdilerin hangi sınıfa ait olduklarının belirlenmesi
Veri İlişkilendirme	- Hopfield - Boltzmann Machine - BAM (Bidirectional associative memory)	Girdilerin içindeki hatalı bilgilerin bulunması ve eksik bilgilerin tamamlanması

5.3.10.1. Öğrenme algoritmasını seçme

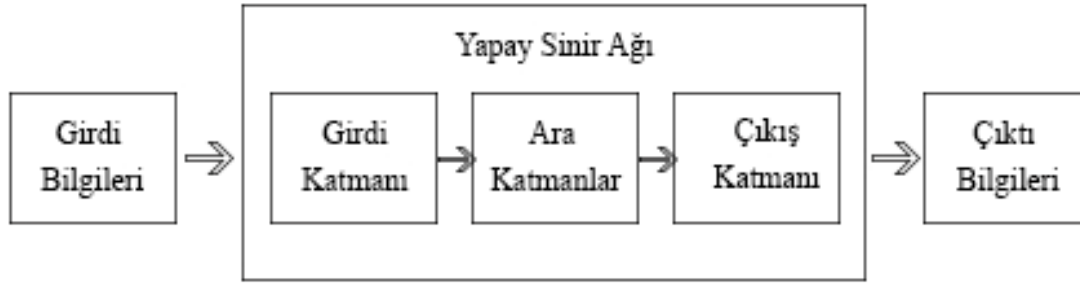
Problemin çözümünde yapay sinir ağı yapısının seçiminden sonra en önemli parametre öğrenme algoritmasıdır. Öğrenme algoritmasının seçimi daha çok oluşturulan ağ yapısına bağlıdır. Ağın geliştirilmesi için kullanılabilecek birçok algoritma mevcuttur. Çizelge 5.5’te öğrenme algoritmaları ve uyumlu olduğu uygulama tipleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Öğrenme algoritmaları ve uygulama tipleri [31]

Uygulama Tipi	Yapay Sinir Ağları
Öngörü Tanıma	Geri yayılım
	Delta Bar Delta
	Geliştirilmiş Delta Bar Delta
	Yönlendirilmiş Rastsal Tarama
	Geri yayılım içinde Self Organizing Map
	Higher Order Neural Networks
Sınıflandırma	Learning Vektor Quantization
	Counter - Propagation
	Olasılıklı Yapay Sinir Ağları
Veri İlişkilendirme (Data Association)	Hopfield
	Boltzman Makinesi
	Bidirection Associative Memory
	Spantion - temporal Pattern Recognition
Veri Kavramlaştırma (Data Conceptuallization)	Adaptive Resonance Network
	Self Organizing

5.3.10.2. Ara katman ve nöron sayısı belirleme

Bir yapay sinir ağında sinir hücrelerinin yan yana gelmesi rastgele olmamaktadır. Genel olarak 3 katman şeklinde ve her katman kendi içinde birbirleri ile paralel olarak bir araya gelerek ağı oluşturur. Bu üç katmanın birbirleri ile olan ilişkileri (Bkz. Şekil 5.5)’te genel olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Yapay sinir ağı katmanlarının birbirleri ile ilişkileri [39]

Girdi katmanı: Bu katmandaki hücreler dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer ederler.

Ara katmanlar: Girdi katmanından gelen bilgileri işler ve çıktı katmanına gönderirler. Bir ağı için birden fazla ara katman olabilir.

Çıktı katmanı: Bu katmandaki hücreler ise ara katmanın gönderdiği bilgileri işleyerek girdi seti için üretilmesi gereken çıktıyı üretirler [39].

YSA' nın tasarım sürecinde yapılması gereken diğer işlem de, ağıdaki katman sayısını belirlemektir. Katmanların birbirleri ile bağlanma şekilleri değişik ağ yapılarını oluşturur. Girdi ve çıktı katmanlarının sayısı, problemin yapısına göre değişir. Katman sayısını belirlemenin en iyi yolu, birkaç deneme sonucu en uygun yapının ne olduğuna karar vermektir.

5.3.10.3. Verilerin normalizasyonu (ölçeklendirilmesi)

Problemin örnekleri toplanırken; bazı durumlarda problem uzayı ile ilgili örnekler farklı ölçekler kullanan ortamlardan toplanmış olabilir. Hepsinin aynı ölçek üzerine indirgenmesi gerekebilir. Bazı durumlarda da problemin girdileri arasında aşırı büyük veya küçük değerler görülebilir. NET girdiler hesaplanırken bu değerler aşırı büyük veya küçük değerlerin doğmasına neden olarak ağı yanlış yönlendirebilirler. Bütün girdilerin belirli aralıkta (çoğunlukla 0-1 aralığında) ölçeklendirilmesi hem farklı ortamlardan gelen bilgilerin aynı ölçek üzerine indirgenmesine hem de yanlış girilen çok büyük ve küçük şeklindeki değerlerin etkisinin ortadan kalkmasına neden olur. Çünkü bu durumda olası en

büyük değer 1 değerini almakta ve ondan büyük değerlerde öğrenme setine 1 değerini alarak girmektedir. En küçük değere ise 0 değeri verilmekte ondan küçük değerlerde yine öğrenme setine 0 değerini alarak girmektedir. Ölçeklendirme değişik metotlarla yapılabilmektedir. [39].

İstatiksel veya z-score normalizasyonu

Aynı veri seti üzerindeki bazı değerlerin 0'dan küçük, bazılarının ise daha büyük değerlere sahip olması, veriler arasındaki bu uzaklıkların özellikle uç verilerin sonuçlar üzerinde daha etkin olacağını göstermektedir. Verilerin normalleştirilmesi işlemiyle, eğitim giriş setindeki her bir parametrenin, modelin tahmin işlemine eşit ölçüde katkıda bulunması sağlanır [51].

$$x' = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad (5.11)$$

x' : Ölçeklendirilmiş yeni girdi değerini

x : Girdi değerini

$\bar{x}$: Girdi setinin ortalamasını

σ : Girdi setinin standart sapmasını

Minimum-maksimum normalizasyonu

Min-Maks yöntemi, verileri doğrusal olarak normalize eder. Minimum; bir verinin alabileceği en düşük değer iken, maksimum; verinin alabileceği en yüksek değeri ifade eder [51].

$$x' = \frac{x - x_{MIN}}{x_{MAKS} - x_{MIN}} \quad (5.12)$$

x' : Ölçeklendirilmiş yeni girdi değerini

x : Girdi değerini

x_{MIN} : Girdi setindeki en küçük değeri

x_{MAKS} : Girdi setindeki en büyük değeri

Medyan normalizasyonu

Bu yöntem her girdinin medyan değerini alarak, her örneklem için medyan normalize yöntemini kullanılır. Medyan aşırı sapmalardan etkilenmez [51].

$$x' = \frac{x}{Median X} \quad (5.13)$$

x' : Ölçeklendirilmiş yeni girdi değerini

x : Girdi değerini

X : Girdi setinin medyanı

D-min-maks normalizasyonu

$$x' = 0,8 * \frac{x - x_{MIN}}{x_{MAKS} - x_{MIN}} + 0,1 \quad (5.14)$$

x' : Ölçeklendirilmiş yeni girdi değerini

x : Girdi değerini

x_{MIN} : Girdi setindeki en küçük değeri

x_{MAKS} : Girdi setindeki en büyük değeri

Maksimum normalizasyonu

$$x' = \frac{x}{|X|} \quad (5.15)$$

x' : Ölçeklendirilmiş yeni girdi değerini

x : Girdi değerini

$|X|$: Girdi vektörünün büyüklük değeri

Önemli olan hangi yöntem kullanıldığından çok girdiler içindeki olumsuz etkileri önleyecek şekilde ölçeklendirme yapabilmektedir. Her problem için farklı bir ölçeklendirme yöntemi kullanılabilir, bu konuda kesin bir standart yoktur [51].

5.3.11. Ağ performanslarının değerlendirme kriterleri

Yapay sinir ağlarının eğitim aşaması tamamlandıktan sonra test aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada ağı hiç görmediği yeni veriler sunulmakta ve bu verilerle ağın performansı incelenmektedir. Bu noktada ağın test aşaması sonucu oluşturmuş olduğu veriler, bir takım performans ölçütleri kullanılarak (Çizelge 5.6.) değerlendirilir ve en iyi sonucu veren YSA mimarisi belirlenmeye çalışılır [50].

Çizelge 5.6. Ağ performanslarının değerlendirme ölçütlerini gösteren bir çizelge

Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH)	$OMYH = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N \left \frac{M_i - T_i}{M_i} \right 100 \quad (5.16)$
Ortalama Mutlak Hata (OMH)	$OMH = \sum_{i=1}^N \left \frac{M_i - T_i}{M_i} \right \quad (5.17)$
Hata Kareleri Ortalaması (HKO)	$HKO = \sum_{i=1}^N \frac{(M_i - T_i)^2}{N} \quad (5.18)$
Hata Kareleri Ortalaması Karekökü (HKOK)	$HKOK = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(M_i - T_i)^2}{N}} \quad (5.19)$
Hata Kareleri Toplamı (HKT)	$HKT = \sum_{i=1}^N (M_i - T_i)^2 \quad (5.20)$

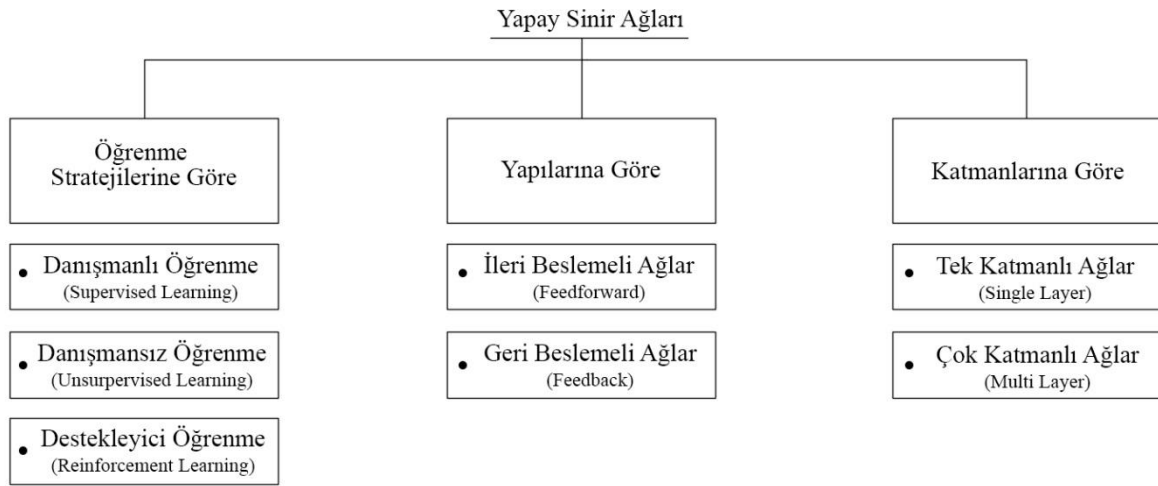
Mi : Proje inşaat maliyeti

Ti : Tahmin edilen inşaat maliyeti

N : Veri kümesinin büyüklüğü

5.3.12. Yapay sinir ağlarının türleri

YSA yöntemi kullanılan mimari, gizli tabaka sayısı, öğrenme yöntemi, bağlantı yapısı gibi özellikler ile çeşitlilik göstermektedir. Genel olarak, YSA yöntemi üç ana ölçüte göre sınıflandırılmaktadır. Bu ölçütlerden birincisi öğrenme yöntemidir. İkincisi ağıın kullanıldığı veriye göre yapılmaktadır. Üçüncüsü de ağıın yapısıyla ilgilidir. Şekil 5.6'da YSA türleri gösterilmektedir.



Şekil 5.6. YSA sınıflarını gösteren bir şekil

5.3.12.1. Öğrenme stratejilerine göre YSA

YSA'nın öğrenme aşamasında, değişik stratejilere sahip öğrenme yöntemleri kullanılmaktadır. Kullanılan yöntem ağ performansını büyük ölçüde etkilemektedir. YSA'nın veri yapısındaki ilişkiyi öğrenmesi, probleme ait örnekler yardımı ile ağ ağırlıklarının en uygun değerlerinin belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Herhangi bir ağırlık (W) için;

$$W_{yeni} = W_{eski} + \Delta W \quad (5.21)$$

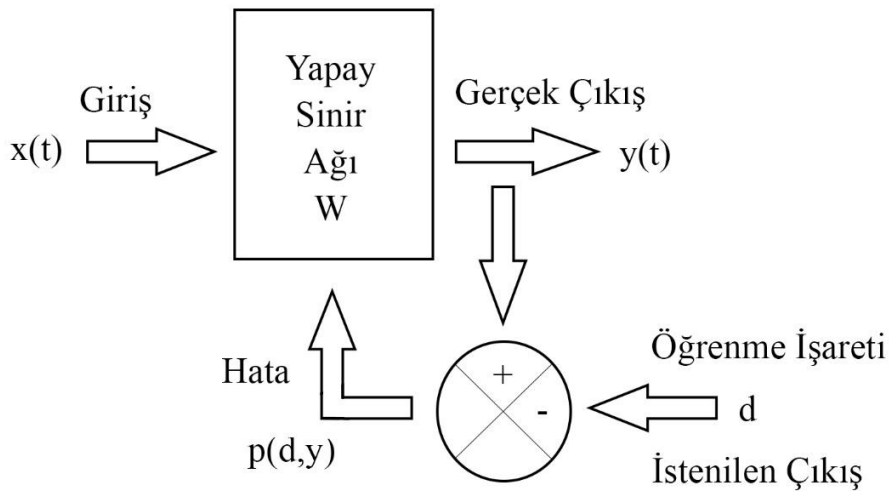
eşitliği, öğrenmenin matematiksel olarak nasıl gerçekleştiğini ifade etmektedir. Eş. 5.21'deki ΔW değeri belli bir kurala göre hesaplanarak mevcut ağırlık değerlerinin değişim miktarını vermektedir. ΔW 'yi belirlemek için tanımlanmış kurallara öğrenme algoritmaları denir. En iyi ağırlık kümesini bulmaya yardım eden birçok öğrenme algoritması ileri sürülmüştür. Bu algoritmalar kabaca üç sınıfta incelenebilir: Danışmanlı, danışmansız ve destekleyici öğrenme algoritmalarıdır [48].

Yapay sinir ağıları gibi mevcut örnek veri setinden öğrenen sistemlerde farklı öğrenme stratejileri bulunmaktadır. Öğrenmeyi gerçekleştiren sistem ve kullanılan öğrenme algoritması bu stratejilere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu hususta danışmanlı öğrenme, danışmansız öğrenme ve destekleyici öğrenme olmak üzere üç öğrenme stratejisinin uygulandığı görülmektedir.

Danışmanlı öğrenme:

Bu tür öğrenmelerde sistemin olayı öğrenmesine bir danışman/öğretmen yardımcı olur. Danışman sisteme öğrenilmesi beklenen olay ile ilgili örnek giriş ve çıkış veri setini sunar. Yani sisteme her örnek için girdiler ve o girdiler karşılığında oluşturulması istenen çıktılar sisteme tanıtılır. Sistemin hedefi girdileri, danışmanın belirlediği çıktılara haritalamaktır. Bu şekilde sistem, olayın girdileri ile çıktıları arasındaki ilişkiyi öğrenerek modeller oluşturur. [39].

Şekil 5.7’de danışmanlı öğrenme yapısı gösterilmiştir. Widrow-Hoff tarafından geliştirilen delta kuralı ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen genelleştirilmiş delta kuralı veya geri besleme (back propagation) algoritması danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak verilebilir [52].

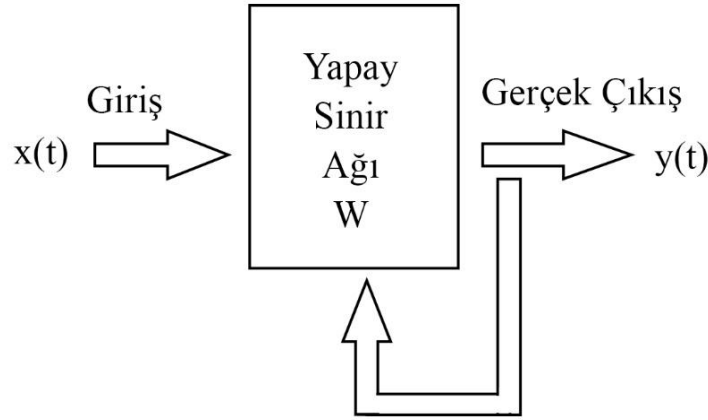


Şekil 5.7. Danışmanlı öğrenme yapısını anlatan bir görünüm [52]

Danışmansız öğrenme:

Bu tür öğrenmelerde sistemin olayı öğrenmesine yardımcı olan herhangi bir danışman/öğretmen bulunmaz. Sisteme sadece giriş verileri sunulur ve sunulan örneklerdeki parametreler arasındaki ilişkiyi sistemin kendi kendisinin çözmesi istenir. Bu tip öğrenmede elde edilen çıktıların ne ifade ettiği kullanıcı tarafından sınıflandırılması gerekmektedir [39].

Şekil 5.8’de danışmansız öğrenme yapısı gösterilmiştir. Grossberg tarafından geliştirilen ART (Adaptive Resonance Theory) veya Kohonen tarafından geliştirilen SOM (Self Organizing Map) öğrenme kuralı danışmansız öğrenmeye örnek olarak verilebilir [52].

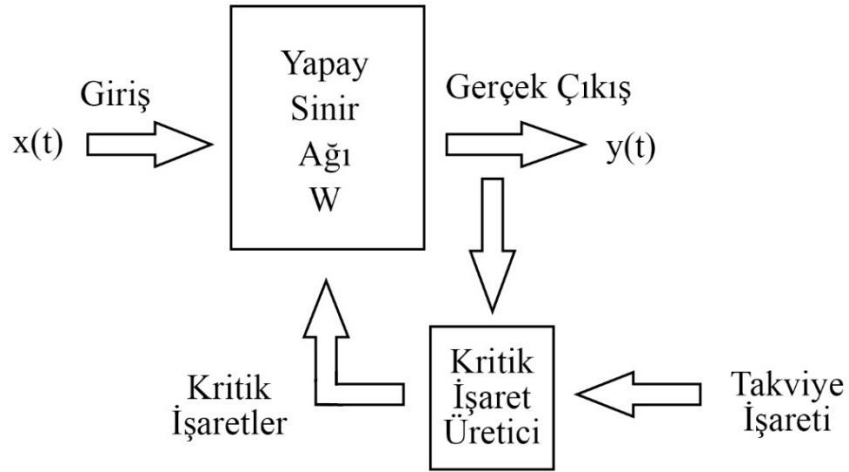


Şekil 5.8. Danışmansız öğrenme yapısını anlatan bir görünüm [52]

Destekleyici öğrenme:

Bu tip öğrenmede sistemin olayı öğrenmesine bir danışman/öğretmen yardımcı olur fakat danışman her girdi setine karşılık çıktı setini sisteme sunmaz. Çıktı setini sisteme göstermek yerine sistemin kendisine sunulan girdilere göre çıktı setini üretmesini ister ve elde edilen çıktı setinin verilen giriş setine göre performansını değerlendiren bir sinyal (ölçüt) oluşturur. Sistem danışmandan gelen bu sinyali (ölçütü) değerlendirerek öğrenme sürecine devam eder [39].

Optimizasyon problemlerini çözmek için Hinton ve Sejnowski’nin geliştirdiği Boltzmann kuralı veya GA destekleyici öğrenmeye örnek olarak verilebilirler. (Bkz. Şekil 5.9)’da destekleyici öğrenme yapısı gösterilmiştir [52].

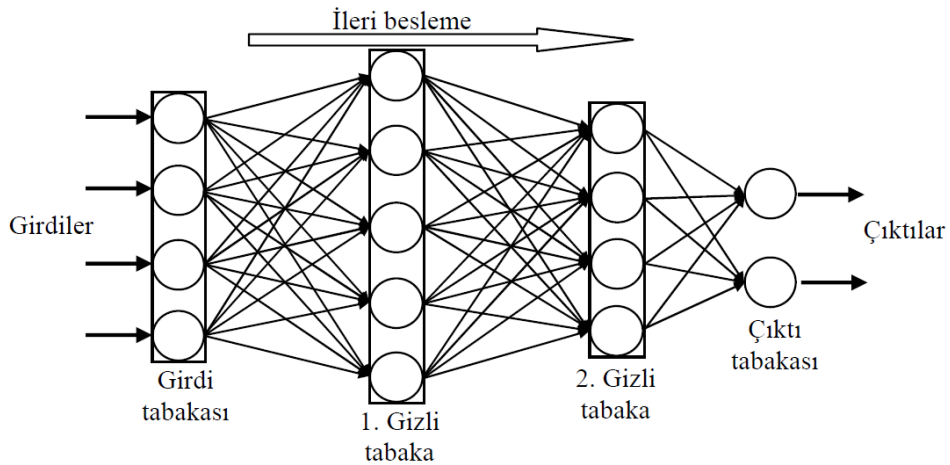


Şekil 5.9. Destekleyici öğrenme yapısını anlatan bir görünüm [52]

5.3.12.2. Yapılarına göre YSA

İleri beslemeli ağlar:

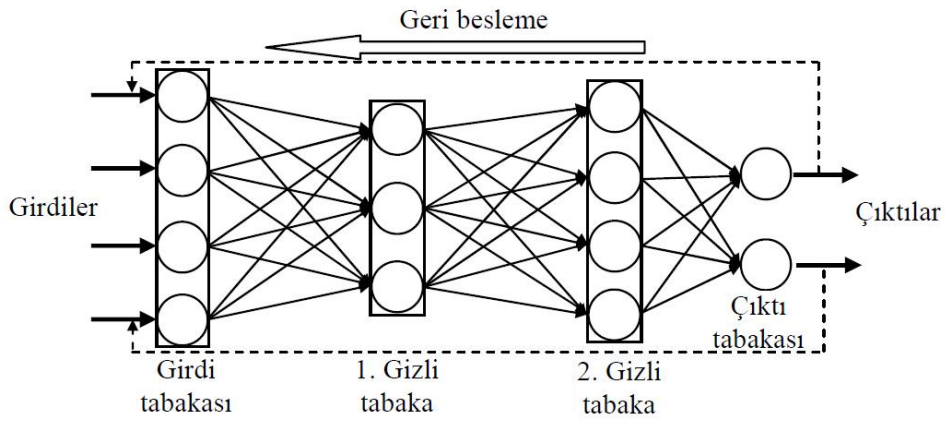
İleri beslemeli bir yapay sinir ağının yapısı giriş, çıkış ve gizli katman olmak üzere en az üç kısımdan oluşur. Dış ortamdan giriş katmana gelen bilgiler, doğrudan gizli katmana geçer ve sonra da ara ve çıkış katmanlardan işlenerek ağ çıktısı halini alır. Bu tip ağlarda işlemler sürekli girişlerden çıkışa doğru iletilir ve çıkış değerleri istenilen değerlerle karşılaştırılarak ağırlıklar yeniden güncellenir. Yani her bir sinir hücresinin çıkışı kendisinden sonra gelen sinir hücresine ağırlıklar üzerinden girişi olarak katılır. Çok katmanlı ileri beslemeli örnek bir ağ modeli Şekil 5.10’da verilmiştir [53].



Şekil 5.10. Çok katmanlı ileri beslemeli tipik ağ modeli görünümü [40]

Geri beslemeli ağlar:

Geri beslemeli bir yapay sinir ağları bir tampon etkisi ile çıktı bilgilerinden aldıkları geri besleme sinyallerini gizli katmanlar ile giriş katmanına iletirler. Ağa katılan yeni bilgilerin yanında bir önceki sürece ait geri besleme sinyalleri de dikkate alınır. Bu tip sinir ağlarının dinamik hafızalarının olduğu düşünülebilir. Herhangi bir andaki çıkış verisi hem o andaki hem de önceki giriş verilerini yansıtır. Çok katmanlı geri beslemeli örnek bir ağ modeli Şekil 5.11’de verilmiştir.

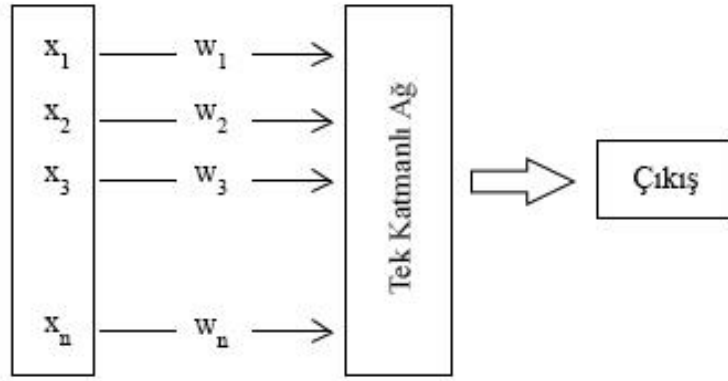


Şekil 5.11. Çok katmanlı geri beslemeli tipik ağ modeli görünümü [40]

5.3.12.3. Katmanlarına göre YSA

Tek katmanlı algılayıcı (TKA):

Tek katmanlı yapay sinir ağları sadece girdi ve çıktı katmanlarından oluşur. Her ağın bir veya daha fazla girdisi ve tek bir çıktısı vardır. Çıktı verileri bütün girdi verilerine (X) belirli ağırlık oranlarıyla (W) bağlanmaktadır [54]. Bu yapı en ilkel ileri beslemeli ağ çeşidi olarak düşünülebilir (Bkz. Şekil 5.12). Ağın çıktısı, girdi verilerinin ağırlıklar ile çarpılıp toplanması ve transfer fonksiyonundan geçirilmesiyle elde edilir. Tek katmanlı algılayıcıların çıktı fonksiyonu doğrusal eşikli bir fonksiyondur. Ağırlıklandırılmış giriş verileri eğer eşik değerin (genellikle 0) üzerinde bir değer alırsa nöron aktif hale geçer ve ağın çıktısı 1 değerini alır. Eğer eşik değerin altında kalırsa nöron aktif hale geçemez ve -1 değerini alır. Buradaki 1 ve -1 değerleri aslında ağın çıktı verisinin temsil ettiği doğrusal ya da düzlemsel bölgeyi ifade eder [55].



Şekil 5.12. Tek katmanlı basit bir ağ yapısı görünümü

Çok katmanlı algılayıcı (ÇKA):

Çok katmanlı yapay sinir ağları; giriş katmanı, çıkış katmanı ve bu iki katman arasında en az bir gizli katmanı olan, ileri beslemeli yapıya sahip ağlardır. Tek tabakalı ağlarda çözümü zor veya mümkün olmayan, doğrusal olmayan ilişkilerin söz konusu olduğu problemlerde çok katmanlı algılayıcılara ihtiyaç duyulur ve bu tür problemler ÇKYSA'lar ile kolaylıkla çözülebilmektedir [56].

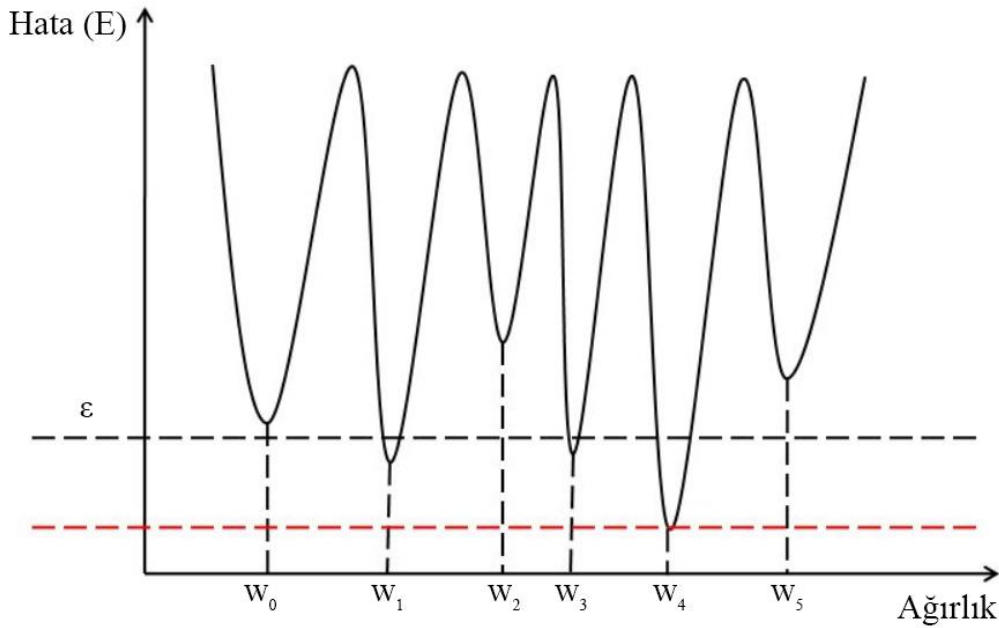
Giriş katmanında ağa sunulan giriş sayısı kadar hücre bulunur ve bu katman, verileri işlemeyen bir sonraki katman olan gizli katmanın hücrelerine dağıtır. Gizli katmanda bulunan hücre sayısı ağın modelleyicisi tarafından probleme uygun olarak belirlenir. Bu katman giriş katmanından aldığı verileri aktivasyon fonksiyonu ile işleyerek bir sonraki katmana iletir. Son olarak çıkış katmanında ağın çıkış değerleri elde edilir [57].

Çok katmanlı algılayıcı ağları danışmanlı öğrenme stratejisine göre çalışırlar. Yani; bu ağlara eğitim sırasında hem girdiler hem de o girdilere karşılık gereken (beklenen) çıktılar gösterilir. Ağın görevi her girdi için o girdiye karşılık gelen çıktıyı üretmektir. Ağın öğrenebilmesi için eğitim seti adı verilen ve örneklerden oluşan bir sete ihtiyaç vardır. Bu set içinde her örnek için ağın hem girdiler hem de o girdiler için ağın üretmesi gereken çıktılar belirlenmiştir. Öğrenme kuralı genel anlamda iki safhadan oluşur [39].

- safha-ileri doğru hesaplama: ağın çıktısını hesaplama safhasıdır.
- safha-geriye doğru hesaplama: ağırlıkları değiştirme safhasıdır.

ÇKA ağlarının eğitilmesi felsefesi diğer ağlarınkinden farklı değildir. Ağın kendisine gösterilen girdi örneği için beklenen çıktıyı üretmesini sağlayacak ağırlık değerleri bulunmaktadır. Başlangıçta bu değerler rasgele atanmakta ve ağı örnekleri gösterdikçe ağın ağırlıkları değiştirilerek zaman içerisinde istenen değerlere ulaşması sağlanmaktadır. İstenen ağırlık değerlerinin ne olduğu bilinmemektedir. Bu nedenle yapay sinir ağlarının davranışlarını yorumlamak ve açıklamak mümkün olmamaktadır [35].

Şekil 5.13'te W_4 en az hatanın olduğu ağırlık vektörünü göstermektedir. Ağın W_4 değerine ulaşması istenmektedir. Bu ağırlık değeri problem için hatanın en az olduğu noktadır. O nedenle her iterasyonda ΔW kadar değişim yaparak hata düzeyinde ΔE kadar bir hatanın düşmesi sağlanmaktadır. En az hatayı veren ağırlık vektörü W_4 olmasına rağmen pratikte bu hata değerini yakalamak çoğu zaman mümkün olmayabilmektedir. Bu çözüm ağın sahip olabileceği en iyi çözümdür. Fakat bu çözüme nasıl ulaşılacağı konusunda elimizde bir bilgi yoktur. Ağ, eğitim sırasında kendisi bu çözümü yakalamaya çalışmaktadır [39].



Şekil 5.13. Çok boyutlu hata uzayı eğrisi [39]

Bazen farklı bir çözüme takılabilmekte ve performansı daha iyileştirmek mümkün olamamaktadır. O nedenle kullanıcılar ağların performanslarında (problemlere ürettikleri çözümlerde) ϵ kadar hatayı kabul etmektedir (tolerans değeri). Tolerans değerinin altındaki herhangi bir noktada olay öğrenilmiş kabul edilmektedir. Şekil 5.13.'teki W_0, W_2 ve W_5

kabul edilebilir hata düzeyinin üzerinde olduğundan bu çözümler kabul edilemez çözümlerdir. Bunlara yerel çözümler denilmektedir. W1 ve W3 çözümleri en iyi çözüm olmamalarına rağmen kabul edilebilir çözümlerdir. Görüldüğü gibi bir problem içerisinde birden fazla çözüm üretilebilmektedir. Bu nedenle yapay sinir ağlarının her zaman en iyi çözümü ürettikleri söylenemez. Kabul edilebilir bir çözüm ürettiklerini söylemek daha doğru olacaktır [39].

6. YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK KANALİZASYON ŞEBEKE MALİYET TAHMİN UYGULAMASI

6.1. Amaç ve Problemin Tanımı

İnşaat projelerinde yaklaşık maliyetin belirlenmesi, genellikle oldukça uzun vakit alan, tahmincinin yetenekleri ve benzer projelerden geçmişte edindiği tecrübesiyle doğru orantılı bir uğraşıdır. Kaynak miktarı ve dolayısıyla maliyetinin doğruya yakın biçimde belirlenmesi, bir projenin tarafları için büyük önem taşımaktadır. İnşaat maliyetleri, yüklenicinin doğrudan maliyeti içinde kalır ve teklif fiyat düzeyini doğrudan etkiler; bütçe programcısı ve iş sahibi için projenin mâl olacağı rakamları belirgin hale getirir; tasarımcı içinse proje karakteristiklerinin bütçe sınırları içinde belirlenmesini sağlar. Bu nedenle kaynak tahmininin doğruya yakın biçimde yapılması, proje hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için anahtar rolü üstlenmektedir.

Bu çalışmada, özellikle kamu yatırımları kapsamında projelendirilerek ihale edilen kanalizasyon şebeke sistemlerinin, yatırım maliyetlerinin doğru ve hızlı tahmin edilmesi için kullanışlı alternatif bir yöntem araştırılmış ve yapay sinir ağları yöntemi ile birçok farklı model oluşturulmuş ve tahmin edilen maliyetler hata oranlarına göre değerlendirilmiştir.

6.2. Veri Setinin Oluşturulması ve Verilerin Tasnifi

Çalışmada kullanılan veriler, İller Bankası A.Ş. tarafından tasdik edilen kanalizasyon şebeke kesin projelerinden temin edilmiştir. Bunun için öncelikle kurum arşivi taranmış ve temin edilebilen 87 adet Kanalizasyon Şebeke Kesin projesi içersinden proje ve zemin raporları, çizimler, metraj ve keşif bilgileri incelenmiştir.

Kanalizasyon tesisleri; arıtma, kollektör, toplayıcı hatlar, terfi binaları, deşarj yapıları, foseptikler ve şebekeden oluşmaktadır. Temin edilen projelerin tamamında bahsi geçen tesislerin hepsi bulunmamaktadır. Bu sebeple çalışma kapsamında sadece kanalizasyon projelerinin şebeke verileri değerlendirilmiştir.

İller Bankası A.Ş. kanalizasyon kesin projelerinde hesaplamalar çoğunlukla beton boru tipine göre çözümlenmektedir. Bu sebeple temin edilen projeler içerisinde kuruje boru ile hesaplanan projeler çalışma kapsamına alınmamıştır.

Projesi hazırlanan beldelerin bir kısmında ise gerek birbirlerine olan yakınlıkları, gerek topografik yapı dolayısı ile grup olarak çözülmüş ve tek bir artıma tesisi dikkate alınarak projelendirilmiştir. Bu tür projelerde ise her bir belde için şebeke maliyetleri ayrı ayrı dikkate alınarak çalışma kapsamına alınmıştır.

Çalışma kapsamında temin edilen projeler tek bir bölgeye bağlı kalmamış, olabildiğince farklı bölgelere ait projeler de çalışmaya dahil edilmiştir. 72 adet proje 26 farklı firma tarafından ve Türkiye'nin 32 farklı ilinde bulunan belediyeler için tanzim edilmiştir. Çizelge 6.1'de firmalara göre proje dağılımını gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Firmalara göre proje dağılımını gösteren bir çizelge

Firma	Proje Sayısı	Firma	Proje Sayısı
Firma 1	1	Firma 14	6
Firma 2	1	Firma 15	1
Firma 3	1	Firma 16	1
Firma 4	8	Firma 17	4
Firma 5	2	Firma 18	2
Firma 6	8	Firma 19	2
Firma 7	12	Firma 20	3
Firma 8	1	Firma 21	1
Firma 9	1	Firma 22	1
Firma 10	4	Firma 23	4
Firma 11	1	Firma 24	1
Firma 12	1	Firma 25	2
Firma 13	2	Firma 26	1

Temin edilen kanalizasyon kesin projeleri farklı yıllarda yapılmış olup, çalışma kapsamında son beş yıla ait yani 2010 ve 2015 yılları arasında hazırlanmış projeler dikkate alınmıştır. Çalışmaya dahil edilen tüm projelerde nakliye bedeli %15 olarak kabul edilmiştir. Nakliye bedeli dikkate alınmadan hesaplanan projelerde ise nakliye bedeli %15 olarak yeniden hesaplanarak veriler yeniden düzenlenmiştir.

Veri seti olarak belirlenen maliyetle ilgili değişkenler farklı yılları temsil ettiği için (Bkz. Çizelge 6.2)'de de verilen Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın her yıl resmi gazetede yayınlamış olduğu "Yapı, Tesis ve Onarım İşleri İhalelerinde Kullanılan Müteahhitlik Karneleri Ve İş Bitirme Belgelerinin 2015 Yılına Ait Değerlendirme Katsayıları Hakkında Tebliğ" 'indeki katsayılar yardımıyla maliyet değişkenlerinin tamamı 2015 yılına göre yeniden düzenlenmiştir.

Çizelge 6.2. Proje yılları ve yapı, tesis ve onarım işleri ihalelerinde kullanılan müteahhitlik karneleri ve iş bitirme belgelerinin 2015 yılına ait katsayıları çizelgesi

Proje Yılı	Proje Sayısı	Katsayılar
2010	4	1,304
2011	15	1,211
2012	10	1,232
2013	15	1,173
2014	20	1,073
2015	8	1,00

Kanalizasyon projelerinde yapılan incelemeler sonucunda, yukarıda belirtilen sınırlılıklar dahilinde yapay sinir ağları için; (V₁) yerleşim merkezi nüfusu (kişi), (V₂) yerleşim merkezi projeksiyon nüfusu (kişi), (V₃) toplam proje atıksu debisi (lt/sn), (V₄) şebeke hat uzunluğu (mt.), (V₅) muayene bacası sayısı (adet), (V₆) parşel hat uzunluğu (mt.), (V₇) parşel bacası sayısı (adet), (V₈) toplam kazı maliyeti (₺), (V₉) toplam dolgu maliyeti (₺), (V₁₀) kanalizasyon şebekesi inşaat maliyeti (₺) parametreleri dikkate alınarak oluşturulan veri seti Çizelge EK-2.1.'de verilmiştir. Bu aşamada veri setinde seçilen parametreler arasındaki istatistiksel ilişkiler (korelasyon) irdelenmiş (Çizelge 6.3) ve giriş parametresi verileri ile çıkış parametresi verileri arasındaki korelasyonu zayıf çıkan iki parametre (V₁) yerleşim merkezi nüfusu (kişi): (0,064) ve (V₂) yerleşim merkezi projeksiyon nüfusu (kişi): (0,221) YSA modellerinde kullanılmamıştır. YSA analizlerinde ağırlı başarılı sonuçlar vermesi için seçilen giriş ve çıkış parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler (korelasyon) yüksek olması gerekmektedir. Literatürde 0,70 ve üzeri değerler değişkenler arasında yüksek bir ilişki olduğunu kabul etmektedir.

Çizelge 6.3. Girdi ve çıktı parametrelerine ait korelasyon değerlerini gösteren çizelge

	V ₁ (Kişi)	V ₂ (Kişi)	V ₃ (lt./sn)	V ₄ (mt.)	V ₅ (Adet)	V ₆ (mt.)	V ₇ (Adet)	V ₈ (₺)	V ₉ (₺)	V ₁₀ (₺)
V ₁ (Kişi)	1,000									
V ₂ (Kişi)	0,294	1,000								
V ₃ (lt./sn)	-0,009	0,301	1,000							
V ₄ (mt.)	-0,054	0,245	0,864	1,000						
V ₅ (Adet)	-0,066	0,237	0,855	0,990	1,000					
V ₆ (mt.)	-0,040	0,226	0,799	0,856	0,840	1,000				
V ₇ (Adet)	-0,042	0,207	0,731	0,812	0,787	0,981	1,000			
V ₈ (₺)	-0,044	0,231	0,872	0,926	0,915	0,825	0,749	1,000		
V ₉ (₺)	-0,070	0,223	0,781	0,930	0,924	0,870	0,860	0,811	1,000	
V ₁₀ (₺)	-0,064	0,221	0,849	0,951	0,945	0,791	0,716	0,975	0,852	1,000

Parametreler arasındaki ilişki irdelendikten sonra, oluşturulacak ağ modelinde verilerdeki aşırı salınımları engellemek ve sistem performansını arttırmak için genellikle veriler [0,1] veya [-1,1] aralıklarında bölüm 5.3.10.3.'te de bahsedilen yöntemler yardımı ile normalize (ölçeklendirme) edilmiştir. Normalize edilmiş veriler EK-2 Çizelge 2.2.' de verilmiştir.

6.3. Kullanılan Paket Program ve Veri Setinin Analizi

Veri toplama kısmında belirtildiği üzere 72 adet veriden oluşan ağ modelinin girdi parametreleri; toplam proje atıksu debisi (lt/sn), şebeke hat uzunluğu (mt.), muayene bacası sayısı (adet), parsel hat uzunluğu (mt.), parsel bacası sayısı (adet), toplam kazı maliyeti (₺), toplam dolgu maliyetidir (₺). Bu girdi parametrelerine karşılık çıktı da kanalizasyon şebekesi inşaat maliyetidir. Bu değişkenler arasındaki ilişkiyi tahmin etmek amacıyla yapay sinir ağ modellerinden çok katmanlı algılayıcı model (MLP) uygulaması yapılmıştır. Uygulamanın çözümü için başlangıçta uygun bir program tercih etmek istenmiştir. Bunun için yapılan literatür araştırmasında; uygulamada Matlab, VBA tabanlı NeuroSolutions ve NeuralTools gibi programların kullanıldığı görülmüştür. Bu tez çalışmasında kullanım pratikliği, gerçek ve tahmini değerler arasındaki hata yüzdelерinin program tarafından hesaplanabilmesi sebebi ile NeuralTools 5.x programından faydalanılmıştır.

İlk olarak Excel programında derlenen ve normalize edilen 72 adet proje verisi içerisinde, geliş güzel 12 adet proje verisi, test verisi olarak seçilmiştir. Eğitim verisi olarak da geriye kalan 60 adet projenin verileri kullanılmıştır. Böylece verilerin yaklaşık %83'ü eğitim için, %17'si ise test verisi olarak ayrılmıştır. Eğitim ve test verileri Çizelge EK-2.3. ve Çizelge EK-2.4.'te görülmektedir.

Verilerin eğitimi için çok katmanlı algılayıcı model kurulmuştur. Bu modelin girdi katmanındaki 7 nöron yukarıda bahsedilen değişkenleri içerirken, çıkış katmanındaki 1 nöron da kanalizasyon şebekesi inşaat maliyetini göstermektedir. Ancak ağın gizli katman sayısı ve bu katmanlardaki nöron sayısı başlangıçta belli değildir. Çizelge EK-3.1-35'te de görüldüğü üzere katman sayısı ve katmanlardaki nöron sayısı deneme yanılma yolu ile belirlenmiştir.

Modelin oluşturulma aşamasında ilk önce gizli katman sayısı 1 olarak alınmıştır. Gizli katmanda kaç nöron olması gerektiği ile ilgili 1'den 15'e kadar nöron sayısı verilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Daha sonra gizli katman sayısı 2 olarak alınmış ve her iki katmandaki nöron sayıları farklı kombinasyonlarda denenerek en iyi model belirlenmeye çalışılmıştır.

Modelde yapay sinir ağı mimarisi olarak çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı modeli ile birlikte danışmanlı öğrenme tipi tercih edilmiştir. Yapılan literatür araştırmaları sırasında tahmin hesaplarında sigmoid fonksiyonu ile daha başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüş ve bu nedenle aktivasyon fonksiyonu olarak doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. En uygun modelin bulunması aşamasında, verilerin eğitimi için hatayı geriye yayan Levenberg-Marquardt (LM) algoritması kullanılmıştır. Maksimum iterasyon sayısı 1 000 000 ve zaman sınırı 2 saat olarak seçilmiştir. Öğrenme katsayısı ise program tarafından başlangıçta 0,001 değeri ile başlamış ve eğitim süresince herhangi bir kötüleşme olması durumuna bağlı olarak, program öğrenme katsayısına müdahale ederek, (bu değeri artırarak veya azaltarak) kendisi ayarlamıştır.

Parametrelere uygun model oluşturulduktan ve eğitimi tamamlandıktan sonra modelin sonuçları test edilerek en uygun model belirlenir. En iyi modeli belirlemede hata performansı olarak OMYH, OMH, HKO, HKOK, HKT ölçütleri kullanılmıştır. Literatürde bu değerlerden hata kareleri ortalamasının (HKO) en küçük olduğu değer ile determinasyon katsayısı (R^2) en büyük olduğu satırı veren model en iyi çözümü veren ağ modeli olarak kabul edilmektedir. Modeli oluşturmak için yapılan denemeler Çizelge 6.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. En iyi modeli oluşturabilmek için yapılan deneme sonuçlarını gösteren çizelge

	R^2	OMYH	OMH	HKO (10^9)	HKOK (10^9)	HKT (10^9)
COMB 1	0,9834	6,90	538 710,59	574,89	23,98	6 898,70
COMB 2	0,9904	8,49	530 029,59	834,32	28,88	10 011,84
COMB 3	0,9959	7,34	343 689,89	185,39	13,62	2 224,66
COMB 4	0,9689	16,31	810 493,87	1.057,34	32,52	12 688,14
COMB 5	0,9932	7,25	545 795,21	603,39	24,56	7 240,67
COMB 6	0,9978	4,24	229 619,87	73,40	8,567	880,78
COMB 7	0,9853	13,02	1 021 314,52	2 141,66	46,28	25 699,87
COMB 8	0,9598	11,46	763 774,23	1 268,12	35,61	15 217,45
COMB 9	0,9654	8,02	590 004,14	1 321,66	36,35	15 859,90
COMB 10	0,9635	5,80	529 376,01	1 416,35	37,63	16 996,22
COMB 11	0,9403	14,78	960 829,64	1 815,99	42,61	21 791,87

Çizelge 6.4. (devam) En iyi modeli oluşturabilmek için yapılan deneme sonuçlarını gösteren çizelge

COMB 12	0,9680	12,25	763 176,28	1 128,18	33,59	13 538,22
COMB 13	0,9625	12,12	751.614,59	1 224,61	34,99	14 695,35
COMB 14	0,9083	17,99	1 324 674,87	5 981,02	77,34	71 772,24
COMB 15	0,9888	6,68	514 902,10	834,51	28,89	10 014,18
COMB 16	0,9970	4,99	339 640,23	192,36	13,87	2 308,35
COMB 17	0,9580	9,25	682 882,23	1 885,56	43,42	22 626,76
COMB 18	0,9615	12,06	763 656,27	1 223,50	34,98	14 682,06
COMB 19	0,9959	5,48	303 567,66	129,41	11,38	1 552,93
COMB 20	0,9855	6,78	501 594,17	492,19	22,19	5 906,23
COMB 21	0,9945	5,30	293 802,67	128,64	11,34	1 543,73
COMB 22	0,9895	7,08	447 937,79	385,48	19,63	4 625,75
COMB 23	0,9323	15,52	1 001 360,55	2 084,65	45,66	25 015,80
COMB 24	0,9614	11,33	731 539,72	1 306,01	36,14	15 672,14
COMB 25	0,9676	16,23	891 786,36	1 139,08	33,75	13 668,90
COMB 26	0,9619	7,30	589 236,88	1 425,61	37,76	17 107,37
COMB 27	0,9965	5,26	297 767,61	121,81	11,04	1 461,72
COMB 28	0,9673	16,11	879 371,54	1 007,19	31,74	12 086,34
COMB 29	0,9867	7,59	334 269,33	159,51	12,63	1 914,17
COMB 30	0,9473	12,89	878 335,74	1 598,23	39,98	19 178,73
COMB 31	0,9742	12,65	765 032,40	1 628,30	40,35	19 539,58
COMB 32	0,9688	16,88	826 210,18	1 085,30	32,94	13 023,66
COMB 33	0,6649	35,71	4 780 689,26	208 651,30	456,79	2 503 815,61
COMB 34	0,9611	15,76	1 283 961,05	4 848,41	69,63	58 180,87
COMB 35	0,9596	11,63	803 994,06	2 324,27	48,21	27 891,19

Yukarıda Çizelge 6.4.'te görüldüğü üzere gizli katman ve nöron sayısını belirlemek için yapılan denemeler sonucunda en iyi modeli veren ağ yapısının COMB6 (Bkz. Çizelge EK-3.6.) yani 1 katman ve 7 adet gizli nöron olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Çünkü en küçük hata karelerinin ortalamasının HKO ve en büyük R^2 değerinin 1 katman 7 gizli nöron içeren bir yapıda sağlandığı görülmüştür. Bu nedenle geliştirilecek yapay sinir ağının gizli katman sayısı 1 ve gizli katmanında bulunacak nöron sayısı 7 olarak seçilmiştir. Bu ağ yapısının HKO değeri 10^9 mertebesinde 73,40 iken R^2 değeri ise 0,9978'dir. Dolayısıyla en uygun model 7-7-1 ağ yapılı model olmuştur.

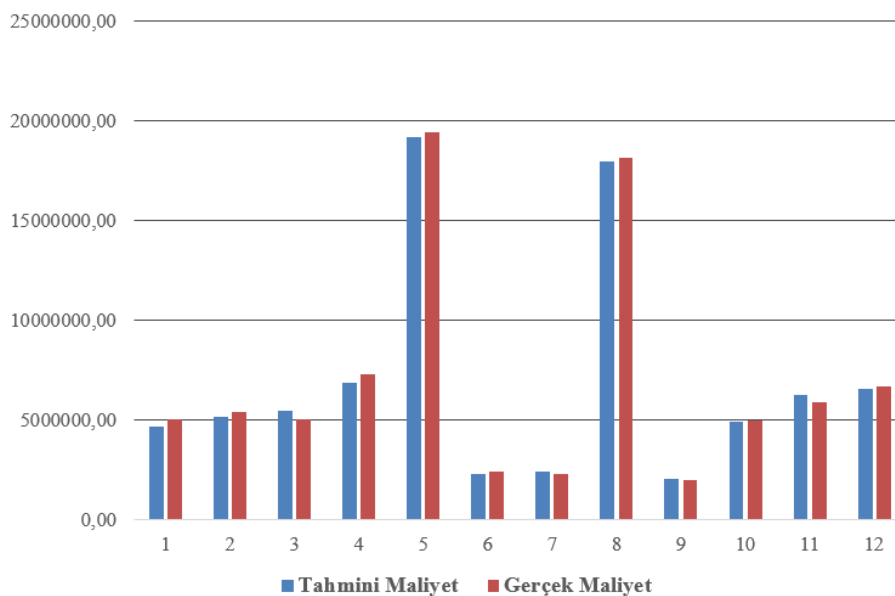
Yapay sinir ağı eğitimi tamamlanmasıyla ağ öğrenme işlemi tamamlar. Ağın öğrenip öğrenmediğini bir diğer ifadeyle performansını ölçmek için denemeler yapılarak ağın testi yapılmıştır. Ağın test etmek için ağın eğitimi sırasında görmediği, yani test etmek amacıyla ayrılan 12 adet test verisi kullanılmıştır. Bu veriler ağa gösterilmiş ve ağ eğitimi sırasında, ağın eğitim safhasında belirlemiş olduğu ağ modeli ve bu modele göre oluşturulan

ağırlık ve eşik değerini kullanarak daha önce görmediği bu veriler için çıktılar üretir. Test kümesinde yer alan gerçek veriler ile MLP ağının ürettiği tahmini çıktılara ilişkin değerler Çizelge 6.5’te verilmiştir.

Çizelge 6.5. YSA ile tahmin edilen ve gerçek maliyetlerin karşılaştırmalı tablosu

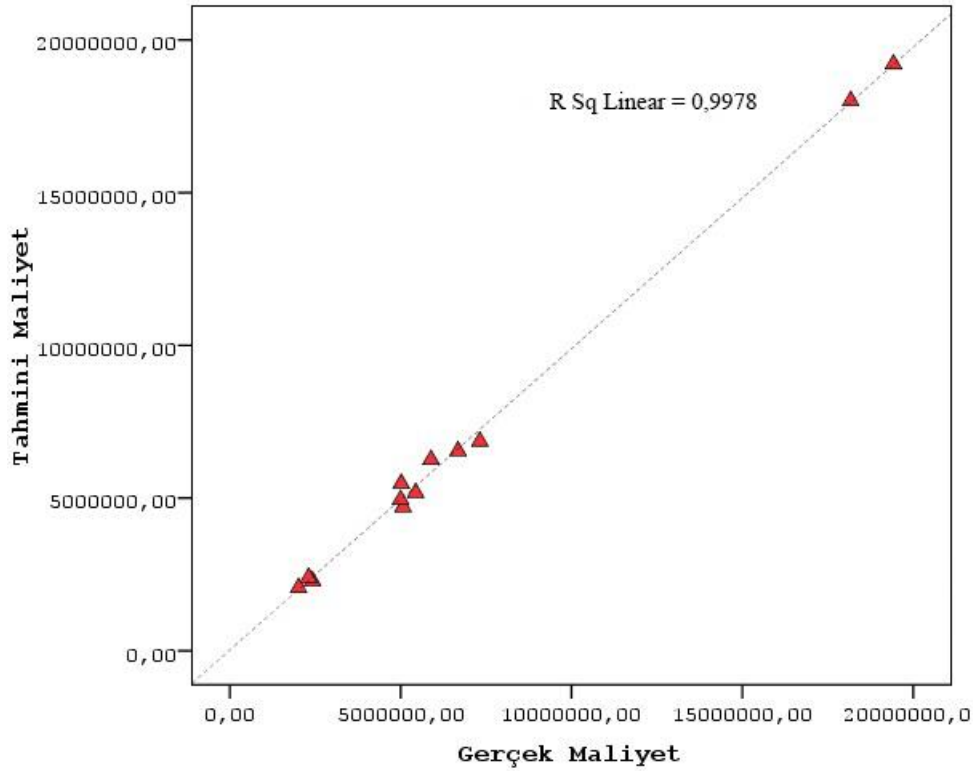
No	Test Parameteri	Tahmin Edilen Maliyet V ₁₀ (₺)	Gerçek Maliyet V ₁₀ (₺)	Hata (%)
1	P ₇	4 707 750,24	5 069 420,08	7,13%
2	P ₁₁	5 177 270,73	5 437 802,47	4,79%
3	P ₁₃	5 474 409,52	5 016 432,38	9,13%
4	P ₂₂	6 858 601,52	7 316 320,07	6,26%
5	P ₂₇	19 210 216,79	19 422 302,16	1,09%
6	P ₂₉	2 286 815,98	2 419 737,38	5,49%
7	P ₄₀	2 397 435,81	2 305 641,39	3,98%
8	P ₄₅	18 005 217,26	18 172 865,25	0,92%
9	P ₅₀	2 066 809,91	2 011 814,13	2,73%
10	P ₅₄	4 947 586,00	4 996 581,71	0,98%
11	P ₅₉	6 261 636,62	5 887 396,43	6,36%
12	P ₆₇	6 541 978,23	6 676 838,58	2,02%
Test No: (COMB6)		Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi :		4,24%

Tahmin edilen maliyet ile gerçek maliyetler arasındaki OMHY % 4,24 olarak hesaplanmıştır ve %5’in altındaki bu değer, kabul edilebilir bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Test kümesi için ayrılan 12 adet verinin (gerçek maliyet) ile MLP ağının çıktısı (tahmini maliyet) arasındaki ilişki Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. YSA test verileri için tahmin edilen ve gerçek maliyetleri gösteren grafik

Kanalizasyon inşaat maliyeti tahmini için geliştirilen yapay sinir ağı modelinde bulunan determinasyon katsayısı (R^2) değeri, yapılan tahminin doğruluğuna karar vermek için kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında oluşturulan çok katmanlı algılayıcı modelde test verilerinde $R^2=0,9978$ olarak bulunan değer Şekil 6.2’de gösterilmektedir. Determinasyon katsayısının yüksek olması yapılan tahminin başarılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.2. Test çıktıları (COMB6) için YSA modelinin saçılma diyagramı

6.4. Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli İle Maliyet Tahmin Uygulaması

Çalışmada kullanılan çoklu doğrusal regresyon modelinin temelini oluşturan regresyon analizi, aralarında sebep sonuç ilişkisi bulunan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki bağlantının matematiksel modelini oluşturmak ve bu model sayesinde bilinmeyenlerle ilgili tahminler yapılmasını sağlamaktadır [58].

Çoklu doğrusal regresyon modelini gösteren denklem en genel şekilde Eş. 6.1’de verildiği gibidir.

$$Y = B_0 + B_1 \cdot x_1 + B_2 \cdot x_2 + \dots B_n \cdot x_n + u \quad (6.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte verilen x 'ler bağımsız değişkenleri, Y ise bağımlı değişkeni ifade etmektedir. Bu bilgiden hareketle, oluşturulacak matematiksel modeldeki bağımlı değişkenler; (V_3) toplam proje atıksu debisi (lt/sn), (V_4) şebeke hat uzunluğu (mt.), (V_5) muayene bacası sayısı (adet), (V_6) parsel hat uzunluğu (mt.), (V_7) parsel bacası sayısı (adet), (V_8) toplam kazı maliyeti (₺), (V_9) toplam dolgu maliyeti (₺)'dir. Y bağımlı değişkeni ise (V_{10}) kanalizasyon şebekesi inşaat maliyeti (₺)'dir. $B_0, B_1, B_2, \dots, B_n$ bilinmeyenleri ise regresyon katsayılarıdır. Herhangi bir B_i regresyon katsayısı diğer değişkenler sabit tutulduğunda x_i değişkeninde ortaya çıkan bir birimlik değişmeye karşılık gelen Y bağımlı değişkenindeki beklenen değişiklik miktarını vermektedir. B_0 eşitliğin sabitidir ve tüm x_i değişken değerleri sıfır olduğunda bağımlı değişkenin aldığı değeri gösterir. Eşitlikte yer alan u ise hata terimini ifade etmektedir.

YSA eğitim için ayrılan 60 adet projeden oluşan veri seti IBM SPSS 22 paket programı kullanılarak çoklu doğrusal regresyon analizine tabi tutulmuştur. Bu analiz sonuçlarına ait katsayı değerleri Çizelge 6.6.'da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Regresyon analizi ile hesaplanan katsayı değerleri çizelgesi

Parametereler	Katsayılar (B_i)
(u) Sabit	243 325,40
(X_1) Toplam proje atıksu debisi	-11 224,70
(X_2) Şebeke hat uzunluğu	133,74
(X_3) Muayene bacası sayısı	-1 052,939
(X_4) Parsel hat uzunluğu	89,186
(X_5) Parsel bacası sayısı	-1 602,657
(X_6) Toplam kazı maliyeti	1,593
(X_7) Toplam dolgu maliyeti	1,771

Dolayısı ile uygulamaya ait çoklu doğrusal regresyon modeline ait denklem Eş. 6.2.'deki gibi oluşturulmuştur.

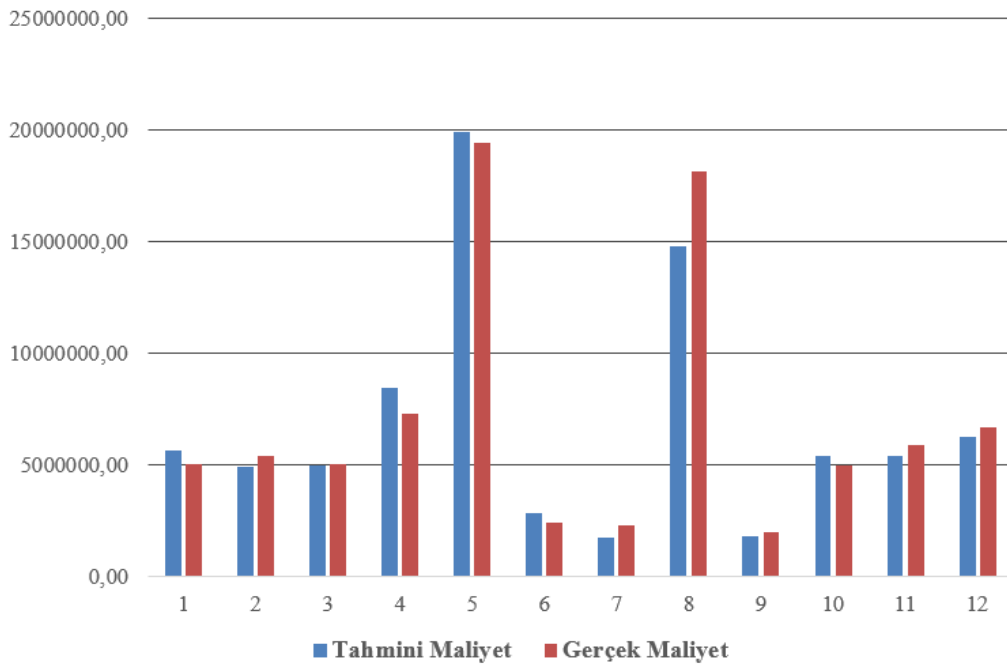
$$Y = 243\,325,40 - 11\,224,70.X_1 + 133,74.X_2 - 1\,052,939.X_3 + 89,186.X_4 - 1\,602,657.X_5 + 1,593.X_6 + 1,771.X_7 \quad (6.2)$$

Regresyon hesabında kullanılmayan ve YSA test için ayrılan 12 adet veri seti, elde edilen Eş. 6.2.'de bağımlı değişkenler yerine konularak kanalizasyon şebeke inşaat maliyetleri tahmin edilmiştir. Tahmin edilen maliyetlere ait hata yüzdeleri Çizelge 6.7.'de

Çizelge 6.7. ÇDR ile tahmin edilen ve gerçek maliyetlerin karşılaştırmalı tablosu

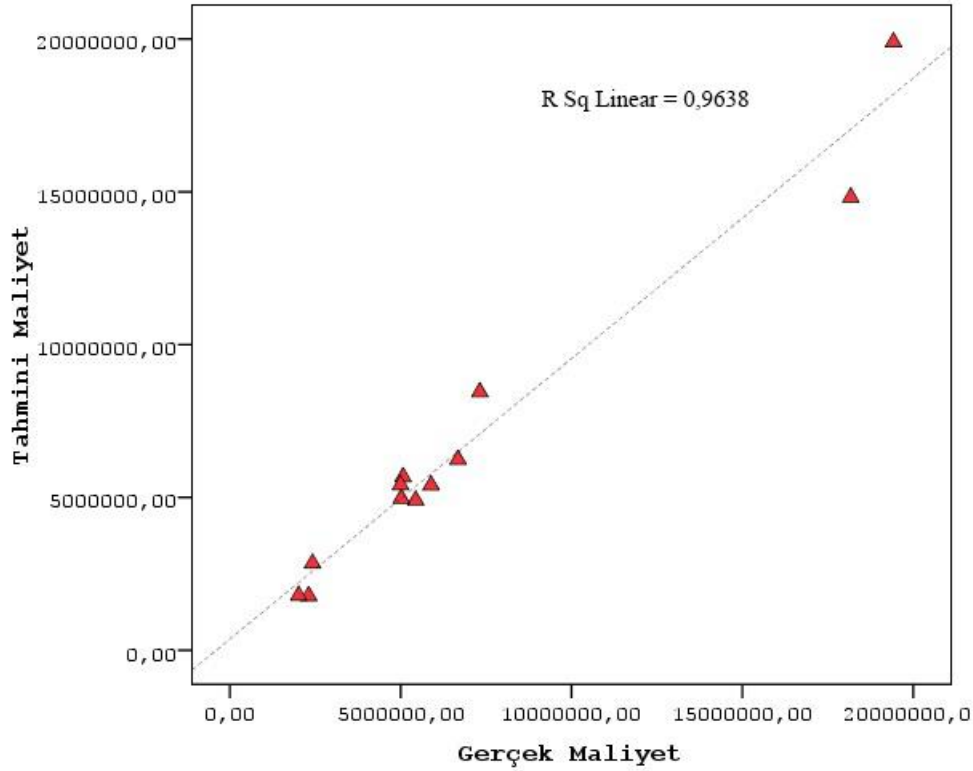
No	Test Parametresi	Tahmin Edilen Maliyet V ₁₀ (₺)	Gerçek Maliyet V ₁₀ (₺)	Hata (%)
1	P ₇	5 668 153,84	5 069 420,08	11,81%
2	P ₁₁	4 910 639,94	5 437 802,47	9,69%
3	P ₁₃	4 968 315,68	5 016 432,38	0,96%
4	P ₂₂	8 450 627,65	7 316 320,07	15,50%
5	P ₂₇	19 897 555,24	19 422 302,16	2,45%
6	P ₂₉	2 846 866,98	2 419 737,38	17,65%
7	P ₄₀	1 778 151,06	2 305 641,39	22,88%
8	P ₄₅	14 824 861,60	18 172 865,25	18,42%
9	P ₅₀	1 791 818,66	2 011 814,13	10,94%
10	P ₅₄	5 411 206,49	4 996 581,71	8,30%
11	P ₅₉	5 401 934,03	5 887 396,43	8,25%
12	P ₆₇	6 240 227,41	6 676 838,58	6,54%
Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi :				11,12%

Tahmin edilen maliyet ile gerçek maliyetler arasındaki OMHY % 11,12 olarak hesaplanmıştır. Regresyon analizi sonucu tahmin edilen ve Çizelge 6.7'de verilen tahmini ve gerçek maliyetler arasındaki ilişki Şekil 6.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. ÇDR test verileri için tahmin edilen ve gerçek maliyetleri gösteren grafik

Çoklu doğrusal regresyon analizinde R^2 determinasyon katsayısına baktığımızda, test verilerine ait R^2 değeri 0,9638 olarak hesaplanmıştır (Şekil 6.4.). Bu durum ise modelimizdeki bağımlı değişken olan kanalizasyon şebeke inşaat maliyetinin %96,38'inin seçtiğimiz bağımsız değişkenler tarafından açıklanabildiğini göstermektedir.



Şekil 6.4. Test çıktıları için ÇDR modelinin saçılma diyagramı

6.5. Sonuçların Karşılaştırılması

Kanalizasyon şebeke inşaat maliyet tahmini amacıyla YSA modelleri içerisinde en iyi sonucu veren tek katman ve 7 gizli nöronlu ağ yapısına ait tahmin sonuçları ile çoklu doğrusal regresyon modeline ait tahmin sonuçları Çizelge 6.8.'de karşılaştırılmıştır.

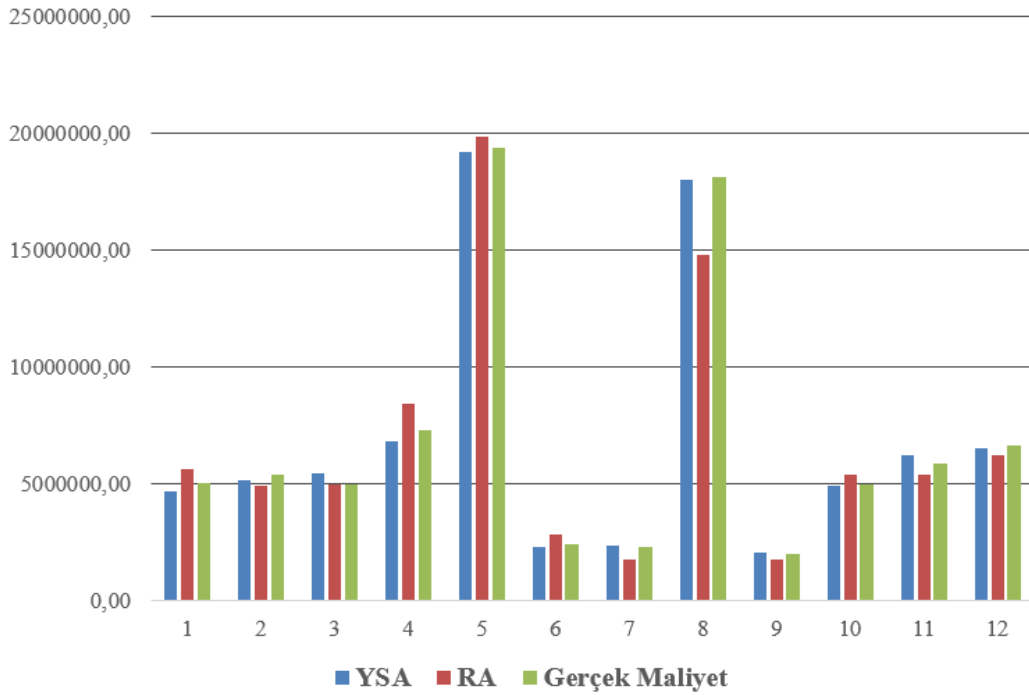
Çizelge 6.8. YSA ve ÇDR yöntemleri ile tahmin edilen maliyetlerin gerçek maliyetlerle karşılaştırmalı tablosu

No	Test Parametresi	NeuralTools YSA Maliyet Tahminleri	Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Maliyet Tahminleri	Gerçek Maliyetler
1	P ₇	4 707 750,24	5 668 153,84	5 069 420,08
2	P ₁₁	5 177 270,73	4 910 639,94	5 437 802,47
3	P ₁₃	5 474 409,52	4 968 315,68	5 016 432,38
4	P ₂₂	6 858 601,52	8 450 627,65	7 316 320,07

Çizelge 6.8. (devam) YSA ve ÇDR yöntemleri ile tahmin edilen maliyetlerin gerçek maliyetlerle karşılaştırmalı tablosu

5	P ₂₇	19 210 216,79	19 897 555,24	19 422 302,16
6	P ₂₉	2 286 815,98	2 846 866,98	2 419 737,38
7	P ₄₀	2 397 435,81	1 778 151,06	2 305 641,39
8	P ₄₅	18 005 217,26	14 824 861,60	18 172 865,25
9	P ₅₀	2 066 809,91	1 791 818,66	2 011 814,13
10	P ₅₄	4 947 586,00	5 411 206,49	4 996 581,71
11	P ₅₉	6 261 636,62	5 401 934,03	5 887 396,43
12	P ₆₇	6 541 978,23	6 240 227,41	6 676 838,58

Çizelge 6.8.'de verilen gerçek ve tahmin edilen maliyetler arasındaki ilişki Şekil 6.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 6.5. Yöntem tahmin sonuçlarının birbirleri ile ve gerçek maliyetlerle kıyaslanmasını gösteren grafik

Yapay sinir ağları ve çoklu doğrusal regresyon ile yapılan tahmin sonuçlarının; R^2 , OMYH, OMH, HKO, HKOK, HKT gibi performans ölçütleri hesaplanarak (Bkz. Çizelge 6.9.)'da karşılaştırılmıştır.

Çizelge 6.9. Uygulanan yöntem performanslarının karşılaştırılması

	R^2	OMYH	OMH	HKO (10^9)	HKOK (10^9)	HKT (10^9)
Yapay Sinir Ağları	0,9978	4,24	229 619,87	73,40	8,5672	880,78
Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi	0,9638	11,12	720 240,92	1 205,64	34,72	14 467,65

Her iki yöntemde de R^2 değerinin yüksek çıkması, seçtiğimiz bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında yüksek bir ilişkinin olduğunu ve modelimizin anlamlılık gücünün oldukça iyi olduğunu göstermektedir. Yine yapay sinir ağı yöntemi ile yüzde 4,24 gibi bir hata oranı bulunmuştur. Bu oran regresyon analizi ile kontrol edilmiş ve bu yöntem sonucu ise yüzde 11,12 hata oranı bulunmuştur. Bu sonuçlar çerçevesinde yapay sinir ağları ile oluşturduğumuz model tahminlerinin, regresyon analizine göre daha iyi olduğu ve kanalizasyon şebeke inşaat maliyet tahmininde yapay sinir ağları yönteminin başarılı sonuçlar verebileceği gösterilmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tahmin; eldeki birtakım verilere dayanarak gelecekte neyin nasıl olacağına dair yapılan öngörü ve kestirimler olup kesinlik taşımayan bir süreçtir. Hemen hemen tüm yönetsel kararlar geleceğe yönelik yapılan tahminlere dayanmaktadır. Bu nedenle gerek kamuda gerekse de özel sektörde ileriye yönelik belirsizliklerle ilgili yapılan tahminler, verilen kararların güvenilirliği açısından önem arz etmektedir.

Kamusal alanda yapılan yatırım projelerinde maliyet tahmin; ön etüt, tasarım, finansman, ihale, yaklaşık maliyet tahmini ve teklif belirleme süreci içerisindeki en önemli unsurlardan biridir. Bu çalışmada kamu kaynaklarının daha etkin ve hızlı kullanımını sağlayacak bir yöntem ve model geliştirmek amacıyla, kanalizasyon şebeke yatırım bedelleri ile temin edilen finansman arasında yaşanan sorunlardan hareketle temel olarak yapay sinir ağı yöntemi denenmiş ve farklı bir istatistiksel yöntemle karşılaştırılmıştır. Elde edilen tahminler performans değerlendirme kriterlerine göre kıyaslanmıştır.

Çalışmada İller Bankası A.Ş. arşivlerinden temin edilen 87 adet kanalizasyon şebeke kesin projesi içerisinde 72 adet proje model geliştirmek amacıyla çalışma kapsamında kullanılmıştır. Bu projelere ait açıklama raporu ve keşif-analizler tek tek incelenerek yapay sinir ağı modelleri için, kanalizasyon şebekesi inşaat maliyeti bağımlı değişkenine karşılık, yerleşim merkezi nüfusu, yerleşim merkezi projeksiyon nüfusu, toplam proje atıksu debisi, şebeke hat uzunluğu, muayene bacası sayısı, parsel hat uzunluğu, parsel bacası sayısı, toplam kazı maliyeti, toplam dolgu maliyeti bağımsız değişkenleri seçilmiştir. Girdi (bağımsız) ve çıktı (bağımlı) değişkenleri arasındaki korelasyon ilişkisi incelenmiş ve korelasyon seviyesi zayıf çıkan iki bağımsız girdi değişkeni elenmiştir. Geriye kalan 7 adet girdi ve 1 adet çıktı değişkenlerine ait veriler ile ysa veri seti oluşturulmuştur. Hazırlanan veri setindeki 72 adet projenin 60'ı ile ağı eğitimi yapılarak kalan 12'si ile de ağ test edilmiştir. Aynı analiz yapay sinir ağı dışında regresyon analizi ile yapılmış ve her iki yöntemle ait tahmin edilen maliyetlerin performansları değerlendirilmiştir.

Kullanılan yöntemlerden elde edilen tahmin sonuçlarının değerlendirilmesi neticesinde yapay sinir ağı yöntemi ile yapılan tahmin modellemesinde %4,24, regresyon analizine göre ise %11,12 ortalama mutlak hata yüzdesi hesaplanmıştır. Bu durumda kullanılan yöntemler arasında en yüksek tahmin doğruluğunu sağlayan ve gerçek maliyetlere

en yakın sonuçlar üretebilen yöntemin YSA olduğu görülmüştür. Yapay sinir ağları kendisine sunulan veriler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri öğrenerek genelleme yapabilmektedir. Bu sayede daha önce hiç görmediği problemlere kabul edilebilir bir hata oranı ile çözüm getirebilmektedir. Bu özellikleri sayesinde YSA'nın, öngörü ve tahminlemede etkili bir metot olduğu bu çalışmada ortaya konulmuştur.

Yapay sinir ağlarında kurulan ağ mimarisinin (öğrenme tipi, ağ yapısı, giriş hücreleri sayısı, gizli katman ve gizli hücre sayısı, seçilen aktivasyon fonksiyonu gibi) ve veri setinin büyüklüğü YSA modelinin başarısını doğrudan etkilemektedir. Modelleme için kullanılacak veri setinin büyüklüğü güvenilir sonuçlar elde etme açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple kanalizasyon şebeke tesisi verilerinden oluşan eğitim veri setinin büyüklüğü artırılarak ve farklı ağ mimarileri denenerek, tahmin hata oranı daha aşağı yüzdelere düşürülebilir.

Yapay sinir ağları ile yapılan modellemelerde elde edilen sonuçların, yöntemle ait çözüm uzayı içerisindeki tek ve mutlak çözüm olmadığı, sadece iyi sonuçlardan biri olduğu bilinmelidir. Bu nedenle ağ mimarisinin oluşturulması, sonuçların değerlendirilmesi ve modelin geliştirilmesi noktasında kullanıcıya ait tecrübe ve deneyimlerin önemli olduğu görülmüştür.

Her iki yöntem içinde verilerin tasnifi için ayrılan zaman aynı olmasına karşın, yapay sinir ağlarında ağın eğitim aşamasında deneme yanılma yolu ile farklı ağ topolojilerinin sınanması gerektiğinden, analiz sürecinin fazla vakit alması yöntemle ait olumsuz bir özellik olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmada başlangıçta girdi bağımsız değişken sayısı 9 olarak düşünülmesine rağmen, 2 girdi değişkeni çıktı bağımlı değişkeni ile istatistiksel ilişkisinin az olması sebebi ile hesaba dahil edilmemiştir. Benzer şekilde bu yöntemle girdi değişkenlerinin bazıları sabit tutulup bir tanesi değiştirilerek, istenen bir değişkenin tahmin sonuçlarına etkisi gözlemlenebilir ve önemi ile ilgili yorum yapılabilir.

Kanalizasyon şebeke tesisleri yatırımları ile ilgili özellikle de kamusal alanda, değişken sayısının ve veri kümesinin daha fazla olduğu kapsamlı bir YSA modeli geliştirilerek kanalizasyon şebeke maliyet tahmini ve finansman miktarını belirlemede etkin ve hızlı sonuçlar verecek bir otomasyon sisteminin kurulması ülkemiz adına faydalı

olacaktır. Bunun için geçmiş projelere ait verilerin YSA'da kullanılmak üzere bir veri tabanında toplanması ve arşivlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışma İller Bankası A.Ş.'nin yaptırmış olduğu kanalizasyon sistemlerinin sadece şebeke kısmı düşünülerek yapılmıştır. İlerleyen çalışmalarda kanalizasyon tesislerine ait tüm maliyet bileşenleri dikkate alınarak, kanalizasyon tesisi yapım ihalelerine teklif veren firmalar için de bir teklif modeli geliştirmek mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] Yaylalı, B. (2009). *Sürdürülebilir Kalkınma Sürecinde İklim Değişikliği, Diğer Çevre Sorunlarıyla Etkileşimi ve Türkiye Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 12-13.
- [2] Karpuzcu, M. (2014). *Çevre Kirlenmesi Kontrolü*, (14 b.). İstanbul: KUBBEALTI Neşriyatı, 31-96.
- [3] *Çevre Kanunu*, (1983). T.C. Resmi Gazete, 2872. 09 Ağustos 2013. Madde-2
- [4] Taşatar, B. (1995). *Topraklarımız ve Toprak Kirliliği*, T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Yazıları 3. 72-73.
- [5] Erten, M. (1999). *Nasıl Bir Yerel Yönetim*, İstanbul: Anahtar Kitaplar Yayınevi, 30-31.
- [6] Ayberk, S. (2004). *Çevre Kirliliği ve Kontrol Yöntemleri*, (4 b.). Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yayın No: 26. 111-112.
- [7] Baykal, N. ve Kovancı, B. (1996). *Bitki Koruma*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi. 36-37.
- [8] Kubilay, N. G. (2013). *Çevre Kirlenmesi Maliyetlerinin Üretim İşletmelerinin Finansal Tabloları Üzerine Etkilerinin Oranlar Aracılığıyla Analizi ve Bir Uygulama Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 14-15.
- [9] Türküm, A. S. (1998). *Çağdaş Toplumda Çevre Sorunları ve Çevre Bilinci*, Eskişehir: Anadolu Yayıncılık. 171-172.
- [10] Probert, S. M. (2000). *Community Sampling of Volatile Organic Compounds in the Capital Health Region: A Health Perspective*, Ms. Thesis. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, 28-29.
- [11] Aktan, C. C. (2004). *Globalleşme: Fırsat mı, Tehdit mi*, İstanbul: Zaman Kitap, 42-43
- [12] Apaydın, A. (2005). *Sanayiden Kaynaklanan Toprak Kirliliğinin Araştırılması: Samsun-Tekkeköy Bölgesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 3-5.
- [13] *ABD Ulusal Su Kaynakları Seçilmiş Komitesi*, (1960, Ocak). *Komite Baskı No:9*. 1-2.
- [14] Moss, F. E. (1967). *Su Krizleri*, New York, 4-5.
- [15] *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*, (31.12.2004). T.C Resmi Gazete, 25687. Madde-3
- [16] Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E., ve Karahan-Gül, Ö. (2002). *Su Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma Ön Raporu*, İstanbul, 3-8.
- [17] Punmia, B.C. ve Ashok K.J. (2005). *Wastewater Engineering*, New Delhi, Laxmi Publications (P) Ltd, 10-18.

- [18] Metcalfve, E. (1991). *Treatment, Disposal and Reuse Wastewater Engineering*, Mc Graw-Hill nc, 3rd Edition, 10-15.
- [19] Doğan, M., ve Saylak, M. (2000). *Su Kimyası*, Kayseri: Erciyes Üniversitesi Yayınları No:120. 130-132.
- [20] Kalkan, H. (2007). *Atıksu Kanalizasyon Şebekelerinin Bilgisayar Destekli Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 15-36.
- [21] *Türkiye'de Su Yönetimi: Sorunlar ve Öneriler*, (2008). TÜSİAD Yayın No: T2008-09/469. 69-70.
- [22] Tchobanoglous, G. (1972). *Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal*, Michigan University, 73-82.
- [23] Tulpar, H. (2010). *Kanalizasyon Şebekelerinde Kullanılan Boruların Hidrolik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa Harran Üniversitesi, 22-23.
- [24] Samsunlu, A. (2012). *Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi*, İstanbul Birsan Yayınevi, 6-7.
- [25] Sağlamer, A. ve Balkaya, M. *Gömülü Boru Hatların Statik ve Dinamik Yükler Altındaki Davranışı*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geoteknik Anabilim Dalı, 5-6.
- [26] İklim, Y. (2010). *Kanalizasyon Projesi ve Paket Arıtma Sistemleri*, T.C. Mersin İl Özel İdaresi, Hizmet İçi Eğitim Notları, 58-59.
- [27] Çanakçı, H. ve Çabalar, A.R. *Kazı Çalışmalarında İşçi Sağlığı ve Güvenliğine Dair ABD ve Türkiye'deki Şartnamelerin Karşılaştırılması*, Gaziantep Üniversitesi, 2-7.
- [28] *İller Bankası Anonim şirketi Hakkında Kanun*, Kanun numarası: 6107. Kabul tarihi:26.01.2011. Resmi Gazete tarih: 08.02.2011. Sayı:27840.
- [29] *İl Özel İdarelerine ve Belediyelere Genel Bütçe Vergi Gelirlerinden Pay Verilmesi Hakkında Kanun*, Kanun Numarası: 5779, Kabul tarihi: 02.07.2008, Resmi Gazete tarih: 15.07.2008, Sayı:26937.
- [30] *İller Bankası Anonim Şirketi 2015-2019 Stratejik Plan*, Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Aralık 2014. 36-37.
- [31] Kasaplı, K. (2014). *İçmesuyu Şebekelerinde Maliyet Tahmini Amacıyla Yapay Sinir Ağları Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 23-34.
- [32] İller Bankası A.Ş proje finansmanı ve kredilendirme şeması, URL: <http://www.ilbank.gov.tr/index.php?Sayfa=iceriksayfa&icId=341>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2015
- [33] Seyyyar, B. (2000). *Bina Tasarım Sürecinde Bilgisayar Destekli Maliyet Tahmin Sistemleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 61-62.

- [34] Şirincan, A. (2005). *Yapım Projelerinde Yüklenici Firmaların Dolaylı ve Dolaysız Maliyetlere Yaklaşımının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 37-38.
- [35] Kuruoğlu, M., Yönez, E., Topkaya, E., ve Çelik, L. Y. (2012). *İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması*, e-Journal of New World Sciences Academy, 1A0298. 263-272.
- [36] Ulu, A. T. (2009). *Endüstriyel Yapılarda Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 82-86.
- [37] Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., ve Erler, M. (2003). *Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I : Yapay Sinir Ağları*, Kayseri: Ufuk Kitap Kırtasiye Yayıncılık Ltd. Şti, 17-24.
- [38] Şen, Z. (2004). *Yapay Sinir Ağları İlkeleri*, Su Vakfı Yayınları, 183-184.
- [39] Öztemel, E. (2012). *Yapay Sinir Ağları*, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 29-100./205-209.
- [40] Sarıdemir, M. (2008). *Farklı Agregalarla Üretilmiş Beton Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık ile Tahmin Edilmesi*, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 6-16.
- [41] McCulloch, W. S., ve Pitts, W. A. (1943). *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*, Buttetin of Mathematics and Biophysics, 115-133.
- [42] Hebb, D. O. (1949). *The Organization of Behaviour*, New York, 60-78.
- [43] Farely, B. G., ve Clark, W. A. (1954). *Simulation Of Self-Organizing Systems by Digital Computers*, IEE, Transactions of Professional Group Of İnformation Theory, PGIT-4, 76-84.
- [44] Rosenblatt, F. (1958). *he Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain*, Psychoanalytic Review, 386-408.
- [45] Caianiello, E. R. (1961). *Outline of Theory of Thought-Processes and Thinking Machines*, Journal of Theoretical Biology, 204-235.
- [46] Minsky, M., & Papert, S. (1969). *Perceptrons*, MIT Press, Cambridge,
- [47] LaMorte, C., & Lilly, J. (2015, 04 13). *Computers: Historyand Development*, Jones Telecominications and Multimedia Encyclopedia, URL: http://www.dia.eui.upm.es/asignatu/sis_op1/comp_hd/comp_hd.htm, Son Erişim Tarihi:13.04.2015
- [48] Hamzaçebi, C. (2011). *Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı Matlab ve Neurosolutions Uygulamalı*, Bursa: Ekin Yayınevi, 14-45.
- [49] Baykan, U. N. (2007). *İnşaat Projelerinde Kaynak İhtiyacının Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı İle Tahmini*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 27-30.

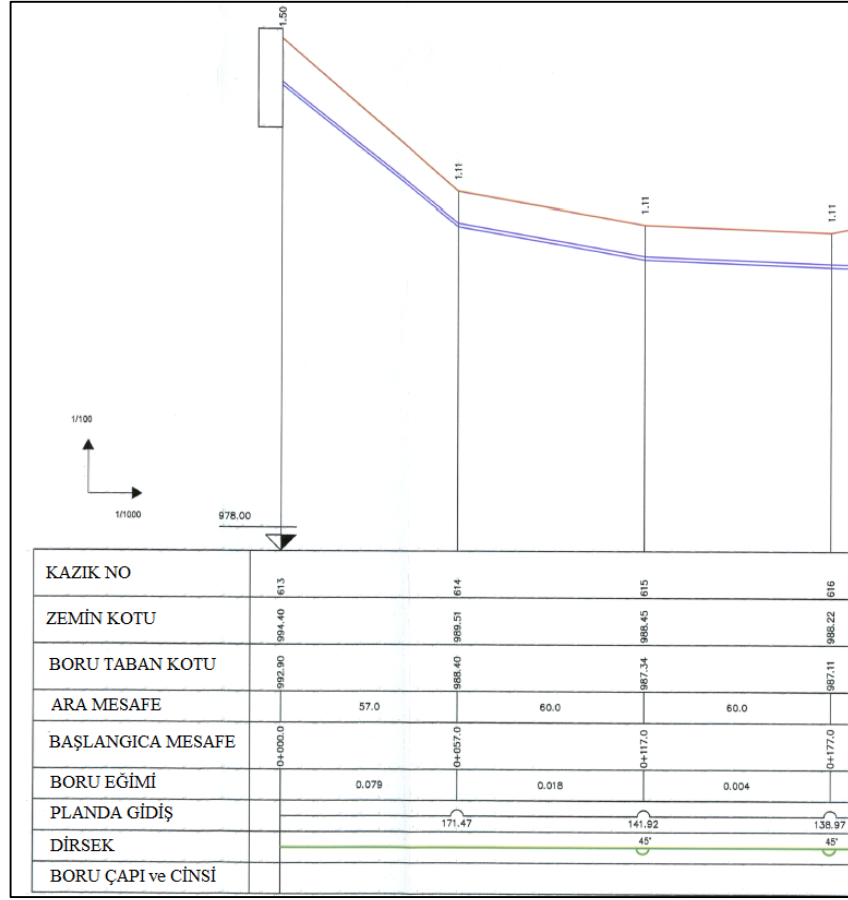
- [50] Bahadır, Y. (2013). *Cam Elyaf Katkılı Cephe Kaplama Elemanlarına Yönelik Teklif Fiyatı Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 16-29.
- [51] Yavuz, S., ve Deveci, M. (2012). *The effect of statistical normalization techniques on the performance of artificial neural network*, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Sayı:40. 176-177.
- [52] Subaşı, H. (2010). *Yapay Sinir Ağları ile Atıksu Arıtma Performansının Modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 44-46.
- [53] Köseokur, H. (2007). *İnşaat Sektöründe Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Alt Yüklenici Seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 71-72.
- [54] Arıkan Kargı, V. S. (2015). *Yapay Sinir Ağ Modelleri ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama*, Bursa: Ekim Yayınevi, 48-49.
- [55] Yıldız, E. (2011). *Evaluation Of Performance And Optimum Valve Settings For Pressure Management Using Forecasted Daily Demand Curves By Artificial Neural Networks*, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, 22-23.
- [56] Yazıcı, Y. E. (2014). *Yapay Sinir Ağları İle Atıksu Arıtma Performansının İncelenmesi*, Uzmanlık Tezi, İller Bankası A.Ş, 35-36.
- [57] Terzi, Ö. (2004). *Eğirdir Gölü'ne Ait Buharlaştırma Modellerinin Geliştirilmesi ve Uygulanması*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 1-110.
- [58] Takma, Ç., Atıl, H., ve Aksakal, V. (2012). *Çoklu Doğrusal Regresyon ve Yapay Sinir Ağı Modellerinin Laktasyon Süt Verimlerine Uyum Yeteneklerinin Karşılaştırılması*, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi ve Gümüşhane Üniversitesi, 943-944.

EKLER

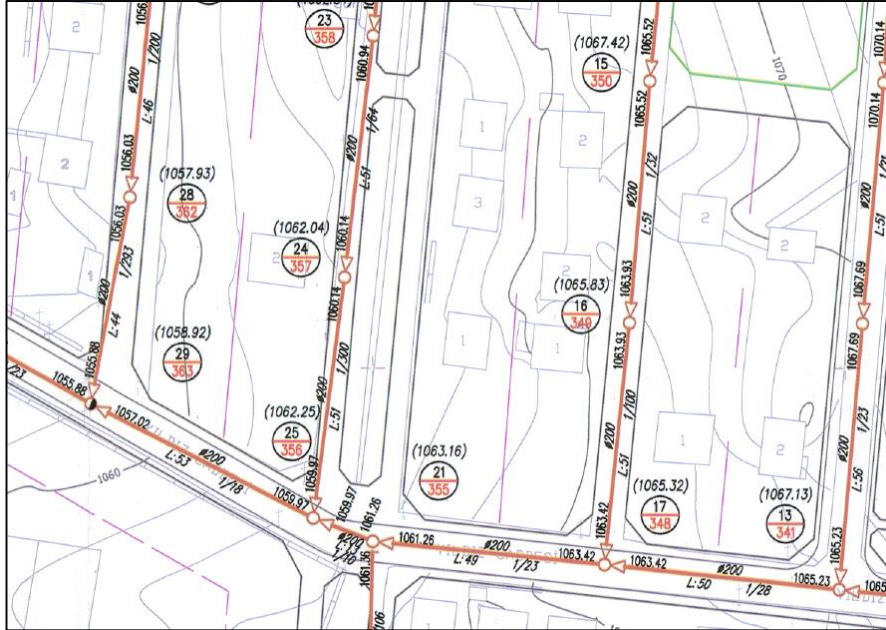
EK-1 Çizelgeler ve şekiller

Çizelge EK-1. 1. Su kalite parametrelerinin SKKY'ye göre ilgili sınıfları gösteren çizelge

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Genel Şartlar				
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
İletkenlik (µS/cm)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
Renk	RES 436 nm: 1.5 RES 525 nm: 1.2 RES 620 nm: 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: 5 RES 525 nm: 4.2 RES 620 nm: 2.8
(A) Oksijenlendirme Parametreleri				
Çözülmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	> 8	6-8	3-6	< 3
Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70-90	40-70	< 40
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	25-50	50-70	> 70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	< 4	4-8	8-20	> 20
(B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri				
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	< 0,2 ^b	0,2-1 ^b	1-2 ^b	> 2
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	< 0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	> 0,05
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 5	5-10	10-20	> 20
Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,03	0,03-0,16	0,16-0,65	> 0,65
(C) İz Elementler (Metaller)				
Cıva (µg Hg/L)	< 0,1	0,1-0,5	0,5-2	> 2
Kadmiyum (µg Cd/L)	≤ 2	2-5	5-7	> 7
Kurşun (µg Pb/L)	≤10	10-20	20-50	> 50
Bakır (µg Cu/L)	≤20	20-50	50-200	> 200
Nikel (µg Ni/L)	≤20	20-50	50-200	> 200
Çinko (µg Zn/L)	≤200	200-500	500-2000	> 2000
(D) Bakteriyolojik Parametreler				
Fekal koliform (EMS/100 mL)	≤10	10-200	200-2000	> 2000
Toplam koliform (EMS/100 mL)	≤100	100-20000	20000-100000	> 100000
Tehlikeli maddeler	Tehlikeli maddeler ve bu tabloda verilmeyen diğer kirleticiler konuyla ilgili ülke envanteri (referans değerler) oluşturulduktan sonra, 1 Ocak 2015'den itibaren değerlendirilecektir.			



Şekil EK-1. 1. Örnek bir kanalizasyon şebeke boykesit görünümü



EK-2 : YSA’da kullanılmak için hazırlanan eğitim ve test verileri

Çizelge EK-2. 1. YSA uygulanmasında kullanılmak üzere hazırlanan veri seti tablosu

Par. No	V ₁ (Kişi)	V ₂ (Kişi)	V ₃ (lt/sn)	V ₄ (mt.)	V ₅ (Adet)	V ₆ (mt.)	V ₇ (Adet)	V ₈ (t)	V ₉ (t)	V ₁₀ (t)
P ₁	2 043	6 000	13	16 999	413	3 400	680	2 202 151,73	487 393,80	5 054 348,66
P ₂	2 246	4 600	8	7 650	143	1 050	150	697 628,19	184 190,43	1 805 131,88
P ₃	3 084	8 000	14,80	19 189	437	2 100	350	1 649 695,66	393 841,90	4 261 191,60
P ₄	3 546	7 200	14	22 661	479	6 300	900	3 371 145,13	932 766,80	8 604 715,98
P ₅	2 589	5 300	10	30 451	512	3 500	500	3 490 469,20	977 151,04	7 314 317,16
P ₆	5 014	10 200	24	31 538	652	7 700	1 100	3 981 175,62	1 171 580,02	10 233 045,67
P ₇	1 190	3 500	6	20 612	461	3 500	500	1 660 773,78	601 071,43	5 069 420,08
P ₈	1 788	5 200	10	17 673	445	5 600	800	1 141 144,47	586 786,37	4 576 609,99
P ₉	2 395	6 800	40	40 658	913	12 600	1 800	2 073 806,45	1 552 966,92	9 382 241,30
P ₁₀	367	3 050	5	11 973	295	1 400	200	983 992,36	264 366,06	2 421 492,55
P ₁₁	3 053	8 590	16	17 525,20	428	3 500	700	1 797 115,43	508 555,28	5 437 802,47
P ₁₂	4 483	13 000	30	46 371	1 026	8 400	1 200	3 324 185,59	1 284 216,45	10 905 016,59
P ₁₃	2 061	5 800	11	19 482	462	7 500	1 000	1 847 749,67	406 377,13	5 016 432,38
P ₁₄	1 896	3 000	6	13 921	357	2 700	450	1 393 054,24	314 152,60	3 258 291,08
P ₁₅	1 554	3 000	6	7 696	206	1 800	300	710 601,66	211 224,98	2 079 345,10
P ₁₆	3 854	10 000	18,52	42 576	867	17 500	2 500	13 282 120,11	1 067 516,18	22 466 534,53
P ₁₇	1 329	3 967	6,50	31 216,70	703	2 750	550	3 575 294,08	2 590 105,93	10 242 515,99
P ₁₈	2 777	8 000	15	30 309	640	4 550	650	1 867 604,89	942 476,57	6 241 707,17
P ₁₉	3 370	5 600	10	23 865	560	9 464	1 352	3 348 463,85	905 542,50	9 659 267,15
P ₂₀	766	3 700	6	12 749	284	2 800	400	1 182 729,71	286 296,05	2 927 830,76
P ₂₁	6 600	18 000	40	53 459	1 118	10 200	1 700	7 298 407,70	1 179 553,89	15 725 070,58
P ₂₂	2 570	7 232	13,40	30 263	643	7 200	750	2 662 970,72	736 939,91	7 316 320,07
P ₂₃	3 648	6 147	11,50	30 657	647	13 629	1 947	3 405 774,33	700 147,01	8 678 617,20
P ₂₄	14 548	26 340	55	47 625	1 173	20 003	2 858	11 062 569,75	1 556 177,68	25 010 759,07
P ₂₅	3 713	5 500	15,50	28 555	658	8 568	1 428	6 840 606,67	1 524 648,20	14 322 930,65
P ₂₆	2 282	4 655	9	13 455	317	5 649	807	2 749 381,71	440 757,86	5 863 122,19
P ₂₇	5 856	14 000	65,25	66 089	1 404	17 500	2 500	7 723 225,35	1 789 392,73	19 422 302,16
P ₂₈	2 007	2 872	5,50	22 611	482	10 500	1 500	2 262 754,35	663 892,01	6 674 769,64
P ₂₉	405	600	2	14 416	339	1 500	250	321 102,05	457 544,41	2 419 737,38
P ₃₀	2 198	6 400	12,45	19 723,90	441	3 300	550	1 413 413,85	563 589,33	4 693 958,84
P ₃₁	5 254	10 800	25	63 868	1 304	28 000	4 000	6 499 180,87	2 611 109,80	21 298 953,30
P ₃₂	3 700	10 300	24	43 889	1 106	6 000	1 000	4 987 493,95	994 381,26	11 577 478,39
P ₃₃	791	3 500	7	17 042	400	4 900	700	2 073 381,32	456 365,74	5 086 784,00
P ₃₄	1 652	3 304	5,50	17 405	432	8 800	1 100	1 837 715,14	683 098,19	6 032 033,59
P ₃₅	2 854	6 000	12	25 629,90	655	7 500	1 300	3 326 249,09	863 742,89	9 072 038,86
P ₃₆	2 141	5 000	10	12 331	276	3 300	550	1 282 028,73	284 207,54	3 994 249,28
P ₃₇	3 406	5 000	10	14 455	437	9 640	964	1 571 977,59	542 374,78	5 014 505,16
P ₃₈	2 087	5 000	9	14 806	314	4 200	600	1 583 444,03	481 826,93	4 321 814,66
P ₃₉	4 251	12 000	32	14 295	424	3 900	650	1 639 300,97	501 691,88	4 819 069,56
P ₄₀	3 180	5 000	10	7 865	280	1 884	314	505 567,27	237 080,57	2 305 641,39
P ₄₁	8 406	12 200	34	27 322	787	3 500	500	2 373 608,03	528 759,98	6 468 667,05
P ₄₂	2 169	5 450	10	13 801	302	2 000	500	635 447,79	215 698,54	2 082 356,86
P ₄₃	4 982	10 000	38	31 434	728	9 100	1 300	3 409 076,29	1 006 373,04	9 914 077,00
P ₄₄	1 807	3 000	6	27 525	669	17 860	1 786	3 534 462,23	1 101 372,01	9 993 796,10
P ₄₅	5 465	11 200	35	48 409	1 146	23 499	3 357	5 787 654,43	2 129 561,47	18 172 865,25
P ₄₆	60 742	100 000	239	197 993	4 000	70 000	10 000	29 987 746,44	6 812 446,03	70 665 411,02
P ₄₇	23 241	54 000	182	93 839,14	1 494	31 285	6 257	12 403 934,66	3 206 811,83	32 145 639,02
P ₄₈	7 240	12 707	30	39 325,74	1 026	15 000	2 400	5 132 708,65	1 128 768,30	13 877 263,69
P ₄₉	2 273	5 000	10	18 832	463	9 723	1 389	2 538 174,21	818 620,84	7 495 417,08
P ₅₀	2 485	3 500	7	7 534	211	1 806	301	466 615,21	236 957,05	2 011 814,13
P ₅₁	1 309	2 000	4	31 478	687	6 500	650	4 039 209,54	706 664,16	8 134 801,29
P ₅₂	2 850	5 000	10	13 843	370	3 318	553	586 098,67	373 676,65	3 234 195,93
P ₅₃	1 980	3 000	6	15 947	431	3 822	637	831 197,93	470 753,07	3 961 071,71
P ₅₄	1 982	2 900	6	24 062	624	3 150	525	912 980,63	1 005 246,88	4 996 581,71
P ₅₅	2 046	4 200	8	20 424	454	8 477	1 211	4 072 432,67	665 769,10	8 783 941,81
P ₅₆	1 511	2 200	4,50	14 123	358	4 750	475	3 029 178,78	580 545,57	5 254 517,44
P ₅₇	55 264	114 000	264,00	119 718	2 433	93 660	15 610	14 982 847,90	6 059 971,10	24 216 104,54
P ₅₈	3 162	5 000	10,50	19 966	684	5 988	998	2 395 811,42	751 204,36	7 146 523,18
P ₅₉	3 030	10 000	28,00	19 269	441	5 784	964	1 999 382,66	680 013,11	5 887 396,43
P ₆₀	2 358	6 634	12,30	27 054	642	3 000	600	1 163 587,12	603 498,87	4 715 508,72
P ₆₁	21 733	54 000	133,00	93 971	2 147	9 000	1 500	6 341 352,06	4 367 841,29	22 793 006,66
P ₆₂	5 830	8 894	25,00	10 586	364	5 474	648	1 541 467,51	421 761,48	4 291 294,06
P ₆₃	3 434	5 200	10,00	23 533	623	6 672	1 112	2 982 094,69	716 488,93	8 611 121,54
P ₆₄	9 260	16 000	34,00	31 464	768	15 000	2 500	2 922 030,58	2 830 235,09	15 631 103,73
P ₆₅	13 000	2 550	6,50	18 213	404	8 484	1 212	2 722 049,47	761 200,45	7 936 059,05
P ₆₆	2 061	3 000	6,00	18 601	476	5 580	930	3 119 520,02	622 307,17	7 145 645,15
P ₆₇	2 207	4 600	9,00	19 757,73	455	4 940	988	2 341 726,02	760 637,76	6 676 838,58
P ₆₈	65 641	168 000	467,00	144 699	3 069	50 000	5 000	29 036 506,44	3 913 056,65	60 880 038,07
P ₆₉	5 275	10 000	57,00	60 862	1 480	16 164	2 694	6 602 261,45	2 382 621,09	20 104 591,97
P ₇₀	4 130	6 000	15,00	23 353	530	6 300	900	2 515 712,24	687 346,06	6 800 172,59
P ₇₁	1 615	4 000	8,00	31 078	682	5 000	1 000	3 064 917,10	1 057 307,05	8 161 254,92
P ₇₂	1 930	2 789	6,00	10 595	247	5 525	650	1 273 923,38	547 813,56	3 826 050,03

Çizelge EK-2. 2. Korelasyon sonrası ölçeklendirilmiş YSA veri seti tablosu

Par. No	V ₃ (lt/sn)	V ₄ (mt)	V ₅ (Adet)	V ₆ (mt)	V ₇ (Adet)	V ₈ (t)	V ₉ (t)	V ₁₀ (t)
P ₁	0,02784	0,08586	0,10325	0,03630	0,04356	0,07344	0,07154	0,07153
P ₂	0,01713	0,03864	0,03575	0,01121	0,00961	0,02326	0,02704	0,02554
P ₃	0,03169	0,09692	0,10925	0,02242	0,02242	0,05501	0,05781	0,06030
P ₄	0,02998	0,11445	0,11975	0,06726	0,05766	0,11242	0,13692	0,12177
P ₅	0,02141	0,15380	0,12800	0,03737	0,03203	0,11640	0,14344	0,10351
P ₆	0,05139	0,15929	0,16300	0,08221	0,07047	0,13276	0,17198	0,14481
P ₇	0,01285	0,10410	0,11525	0,03737	0,03203	0,05538	0,08823	0,07174
P ₈	0,02141	0,08926	0,11125	0,05979	0,05125	0,03805	0,08613	0,06476
P ₉	0,08565	0,20535	0,22825	0,13453	0,11531	0,06916	0,22796	0,13277
P ₁₀	0,01071	0,06047	0,07375	0,01495	0,01281	0,03281	0,03881	0,03427
P ₁₁	0,03426	0,08851	0,10700	0,03737	0,04484	0,05993	0,07465	0,07695
P ₁₂	0,06424	0,23421	0,25650	0,08969	0,07687	0,11085	0,18851	0,15432
P ₁₃	0,02355	0,09840	0,11550	0,08008	0,06406	0,06162	0,05965	0,07099
P ₁₄	0,01285	0,07031	0,08925	0,02883	0,02883	0,04645	0,04611	0,04611
P ₁₅	0,01285	0,03887	0,05150	0,01922	0,01922	0,02370	0,03101	0,02943
P ₁₆	0,03966	0,21504	0,21675	0,18685	0,16015	0,44292	0,15670	0,31793
P ₁₇	0,01392	0,15767	0,17575	0,02936	0,03523	0,11923	0,38020	0,14494
P ₁₈	0,03212	0,15308	0,16000	0,04858	0,04164	0,06228	0,13835	0,08833
P ₁₉	0,02141	0,12053	0,14000	0,10105	0,08661	0,11166	0,13292	0,13669
P ₂₀	0,01285	0,06439	0,07100	0,02990	0,02562	0,03944	0,04203	0,04143
P ₂₁	0,08565	0,27000	0,27950	0,10890	0,10890	0,24338	0,17315	0,22253
P ₂₂	0,02869	0,15285	0,16075	0,07687	0,04805	0,08880	0,10818	0,10353
P ₂₃	0,02463	0,15484	0,16175	0,14552	0,12473	0,11357	0,10277	0,12281
P ₂₄	0,11777	0,24054	0,29325	0,21357	0,18309	0,36890	0,22843	0,35393
P ₂₅	0,03319	0,14422	0,16450	0,09148	0,09148	0,22811	0,22380	0,20269
P ₂₆	0,01927	0,06796	0,07925	0,06031	0,05170	0,09168	0,06470	0,08297
P ₂₇	0,13972	0,33379	0,35100	0,18685	0,16015	0,25755	0,26267	0,27485
P ₂₈	0,01178	0,11420	0,12050	0,11211	0,09609	0,07546	0,09745	0,09446
P ₂₉	0,00428	0,07281	0,08475	0,01602	0,01602	0,01071	0,06716	0,03424
P ₃₀	0,02666	0,09962	0,11025	0,03523	0,03523	0,04713	0,08273	0,06643
P ₃₁	0,05353	0,32258	0,32600	0,29895	0,25625	0,21673	0,38329	0,30141
P ₃₂	0,05139	0,22167	0,27650	0,06406	0,06406	0,16632	0,14597	0,16384
P ₃₃	0,01499	0,08607	0,10000	0,05232	0,04484	0,06914	0,06699	0,07198
P ₃₄	0,01178	0,08791	0,10800	0,09396	0,07047	0,06128	0,10027	0,08536
P ₃₅	0,02570	0,12945	0,16375	0,08008	0,08328	0,11092	0,12679	0,12838
P ₃₆	0,02141	0,06228	0,06900	0,03523	0,03523	0,04275	0,04172	0,05652
P ₃₇	0,02141	0,07301	0,10925	0,10293	0,06176	0,05242	0,07962	0,07096
P ₃₈	0,01927	0,07478	0,07850	0,04484	0,03844	0,05280	0,07073	0,06116
P ₃₉	0,06852	0,07220	0,10600	0,04164	0,04164	0,05467	0,07364	0,06820
P ₄₀	0,02141	0,03972	0,07000	0,02012	0,02012	0,01686	0,03480	0,03263
P ₄₁	0,07281	0,13799	0,19675	0,03737	0,03203	0,07915	0,07762	0,09154
P ₄₂	0,02141	0,06970	0,07550	0,02135	0,03203	0,02119	0,03166	0,02947
P ₄₃	0,08137	0,15876	0,18200	0,09716	0,08328	0,11368	0,14773	0,14030
P ₄₄	0,01285	0,13902	0,16725	0,19069	0,11441	0,11786	0,16167	0,14142
P ₄₅	0,07495	0,24450	0,28650	0,25090	0,21505	0,19300	0,31260	0,25717
P ₄₆	0,51178	1,00000	1,00000	0,74738	0,64061	1,00000	1,00000	1,00000
P ₄₇	0,38972	0,47395	0,37350	0,33403	0,40083	0,41363	0,47073	0,45490
P ₄₈	0,06424	0,19862	0,25650	0,16015	0,15375	0,17116	0,16569	0,19638
P ₄₉	0,02141	0,09511	0,11575	0,10381	0,08898	0,08464	0,12017	0,10607
P ₅₀	0,01499	0,03805	0,05275	0,01928	0,01928	0,01556	0,03478	0,02847
P ₅₁	0,00857	0,15899	0,17175	0,06940	0,04164	0,13470	0,10373	0,11512
P ₅₂	0,02141	0,06992	0,09250	0,03543	0,03543	0,01954	0,05485	0,04577
P ₅₃	0,01285	0,08054	0,10775	0,04081	0,04081	0,02772	0,06910	0,05605
P ₅₄	0,01285	0,12153	0,15600	0,03363	0,03363	0,03045	0,14756	0,07071
P ₅₅	0,01713	0,10316	0,11350	0,09051	0,07758	0,13580	0,09773	0,12430
P ₅₆	0,00964	0,07133	0,08950	0,05072	0,03043	0,10101	0,08522	0,07436
P ₅₇	0,56531	0,60466	0,60825	1,00000	1,00000	0,49963	0,88954	0,34269
P ₅₈	0,02248	0,10084	0,17100	0,06393	0,06393	0,07989	0,11027	0,10113
P ₅₉	0,05996	0,09732	0,11025	0,06176	0,06176	0,06667	0,09982	0,08331
P ₆₀	0,02634	0,13665	0,16050	0,03203	0,03844	0,03880	0,08859	0,06673
P ₆₁	0,28480	0,47462	0,53675	0,09609	0,09609	0,21146	0,64116	0,32255
P ₆₂	0,05353	0,05347	0,09100	0,05845	0,04151	0,05140	0,06191	0,06073
P ₆₃	0,02141	0,11886	0,15575	0,07124	0,07124	0,09944	0,10517	0,12186
P ₆₄	0,07281	0,15891	0,19200	0,16015	0,16015	0,09744	0,41545	0,22120
P ₆₅	0,01392	0,09199	0,10100	0,09058	0,07764	0,09077	0,11174	0,11230
P ₆₆	0,01285	0,09395	0,11900	0,05958	0,05958	0,10403	0,09135	0,10112
P ₆₇	0,01927	0,09979	0,11375	0,05274	0,06329	0,07809	0,11165	0,09449
P ₆₈	1,00000	0,73083	0,76725	0,53385	0,32031	0,96828	0,57440	0,86153
P ₆₉	0,12206	0,30739	0,37000	0,17258	0,17258	0,22017	0,34975	0,28450
P ₇₀	0,03212	0,11795	0,13250	0,06726	0,05766	0,08389	0,10090	0,09623
P ₇₁	0,01713	0,15697	0,17050	0,05338	0,06406	0,10221	0,15520	0,11549
P ₇₂	0,01285	0,05351	0,06175	0,05899	0,04164	0,04248	0,08041	0,05414

Çizelge EK-2. 3. YSA eğitim için ayrılan veri seti tablosu

No	Par No	V ₃ (lt /sn)	V ₄ (mt)	V ₅ (Adet)	V ₆ (mt)	V ₇ (Adet)	V ₈ (t)	V ₉ (t)	V ₁₀ (t)
1	P ₁	0,02784	0,08586	0,10325	0,03630	0,04356	0,07344	0,07154	0,07153
2	P ₂	0,01713	0,03864	0,03575	0,01121	0,00961	0,02326	0,02704	0,02554
3	P ₃	0,03169	0,09692	0,10925	0,02242	0,02242	0,05501	0,05781	0,06030
4	P ₄	0,02998	0,11445	0,11975	0,06726	0,05766	0,11242	0,13692	0,12177
5	P ₅	0,02141	0,15380	0,12800	0,03737	0,03203	0,11640	0,14344	0,10351
6	P ₆	0,05139	0,15929	0,16300	0,08221	0,07047	0,13276	0,17198	0,14481
7	P ₈	0,02141	0,08926	0,11125	0,05979	0,05125	0,03805	0,08613	0,06476
8	P ₉	0,08565	0,20535	0,22825	0,13453	0,11531	0,06916	0,22796	0,13277
9	P ₁₀	0,01071	0,06047	0,07375	0,01495	0,01281	0,03281	0,03881	0,03427
10	P ₁₂	0,06424	0,23421	0,25650	0,08969	0,07687	0,11085	0,18851	0,15432
11	P ₁₄	0,01285	0,07031	0,08925	0,02883	0,02883	0,04645	0,04611	0,04611
12	P ₁₅	0,01285	0,03887	0,05150	0,01922	0,01922	0,02370	0,03101	0,02943
13	P ₁₆	0,03966	0,21504	0,21675	0,18685	0,16015	0,44292	0,15670	0,31793
14	P ₁₇	0,01392	0,15767	0,17575	0,02936	0,03523	0,11923	0,38020	0,14494
15	P ₁₈	0,03212	0,15308	0,16000	0,04858	0,04164	0,06228	0,13835	0,08833
16	P ₁₉	0,02141	0,12053	0,14000	0,10105	0,08661	0,11166	0,13292	0,13669
17	P ₂₀	0,01285	0,06439	0,07100	0,02990	0,02562	0,03944	0,04203	0,04143
18	P ₂₁	0,08565	0,27000	0,27950	0,10890	0,10890	0,24338	0,17315	0,22253
19	P ₂₃	0,02463	0,15484	0,16175	0,14552	0,12473	0,11357	0,10277	0,12281
20	P ₂₄	0,11777	0,24054	0,29325	0,21357	0,18309	0,36890	0,22843	0,35393
21	P ₂₅	0,03319	0,14422	0,16450	0,09148	0,09148	0,22811	0,22380	0,20269
22	P ₂₆	0,01927	0,06796	0,07925	0,06031	0,05170	0,09168	0,06470	0,08297
23	P ₂₈	0,01178	0,11420	0,12050	0,11211	0,09609	0,07546	0,09745	0,09446
24	P ₃₀	0,02666	0,09962	0,11025	0,03523	0,03523	0,04713	0,08273	0,06643
25	P ₃₁	0,05353	0,32258	0,32600	0,29895	0,25625	0,21673	0,38329	0,30141
26	P ₃₂	0,05139	0,22167	0,27650	0,06406	0,06406	0,16632	0,14597	0,16384
27	P ₃₃	0,01499	0,08607	0,10000	0,05232	0,04484	0,06914	0,06699	0,07198
28	P ₃₄	0,01178	0,08791	0,10800	0,09396	0,07047	0,06128	0,10027	0,08536
29	P ₃₅	0,02570	0,12945	0,16375	0,08008	0,08328	0,11092	0,12679	0,12838
30	P ₃₆	0,02141	0,06228	0,06900	0,03523	0,03523	0,04275	0,04172	0,05652
31	P ₃₇	0,02141	0,07301	0,10925	0,10293	0,06176	0,05242	0,07962	0,07096
32	P ₃₈	0,01927	0,07478	0,07850	0,04484	0,03844	0,05280	0,07073	0,06116
33	P ₃₉	0,06852	0,07220	0,10600	0,04164	0,04164	0,05467	0,07364	0,06820
34	P ₄₁	0,07281	0,13799	0,19675	0,03737	0,03203	0,07915	0,07762	0,09154
35	P ₄₂	0,02141	0,06970	0,07550	0,02135	0,03203	0,02119	0,03166	0,02947
36	P ₄₃	0,08137	0,15876	0,18200	0,09716	0,08328	0,11368	0,14773	0,14030
37	P ₄₄	0,01285	0,13902	0,16725	0,19069	0,11441	0,11786	0,16167	0,14142
38	P ₄₆	0,51178	1,00000	1,00000	0,74738	0,64061	1,00000	1,00000	1,00000
39	P ₄₇	0,38972	0,47395	0,37350	0,33403	0,40083	0,41363	0,47073	0,45490
40	P ₄₈	0,06424	0,19862	0,25650	0,16015	0,15375	0,17116	0,16569	0,19638
41	P ₄₉	0,02141	0,09511	0,11575	0,10381	0,08898	0,08464	0,12017	0,10607
42	P ₅₁	0,00857	0,15899	0,17175	0,06940	0,04164	0,13470	0,10373	0,11512
43	P ₅₂	0,02141	0,06992	0,09250	0,03543	0,03543	0,01954	0,05485	0,04577
44	P ₅₃	0,01285	0,08054	0,10775	0,04081	0,04081	0,02772	0,06910	0,05605
45	P ₅₅	0,01713	0,10316	0,11350	0,09051	0,07758	0,13580	0,09773	0,12430
46	P ₅₆	0,00964	0,07133	0,08950	0,05072	0,03043	0,10101	0,08522	0,07436
47	P ₅₇	0,56531	0,60466	0,60825	1,00000	1,00000	0,49963	0,88954	0,34269
48	P ₅₈	0,02248	0,10084	0,17100	0,06393	0,06393	0,07989	0,11027	0,10113
49	P ₆₀	0,02634	0,13665	0,16050	0,03203	0,03844	0,03880	0,08859	0,06673
50	P ₆₁	0,28480	0,47462	0,53675	0,09609	0,09609	0,21146	0,64116	0,32255
51	P ₆₂	0,05353	0,05347	0,09100	0,05845	0,04151	0,05140	0,06191	0,06073
52	P ₆₃	0,02141	0,11886	0,15575	0,07124	0,07124	0,09944	0,10517	0,12186
53	P ₆₄	0,07281	0,15891	0,19200	0,16015	0,16015	0,09744	0,41545	0,22120
54	P ₆₅	0,01392	0,09199	0,10100	0,09058	0,07764	0,09077	0,11174	0,11230
55	P ₆₆	0,01285	0,09395	0,11900	0,05958	0,05958	0,10403	0,09135	0,10112
56	P ₆₈	1,00000	0,73083	0,76725	0,53385	0,32031	0,96828	0,57440	0,86153
57	P ₆₉	0,12206	0,30739	0,37000	0,17258	0,17258	0,22017	0,34975	0,28450
58	P ₇₀	0,03212	0,11795	0,13250	0,06726	0,05766	0,08389	0,10090	0,09623
59	P ₇₁	0,01713	0,15697	0,17050	0,05338	0,06406	0,10221	0,15520	0,11549
60	P ₇₂	0,01285	0,05351	0,06175	0,05899	0,04164	0,04248	0,08041	0,05414

Çizelge EK-2. 4. YSA test için ayrılan veri seti tablosu

No	Par No	V ₃ (lt /sn)	V ₄ (mt)	V ₅ (Adet)	V ₆ (mt)	V ₇ (Adet)	V ₈ (t)	V ₉ (t)	V ₁₀ (t)
1	P ₇	0,01285	0,10410	0,11525	0,03737	0,03203	0,05538	0,08823	0,07174
2	P ₁₁	0,03426	0,08851	0,10700	0,03737	0,04484	0,05993	0,07465	0,07695
3	P ₁₃	0,02355	0,09840	0,11550	0,08008	0,06406	0,06162	0,05965	0,07099
4	P ₂₂	0,02869	0,15285	0,16075	0,07687	0,04805	0,08880	0,10818	0,10353
5	P ₂₇	0,13972	0,33379	0,35100	0,18685	0,16015	0,25755	0,26267	0,27485
6	P ₂₉	0,00428	0,07281	0,08475	0,01602	0,01602	0,01071	0,06716	0,03424
7	P ₄₀	0,02141	0,03972	0,07000	0,02012	0,02012	0,01686	0,03480	0,03263
8	P ₄₅	0,07495	0,24450	0,28650	0,25090	0,21505	0,19300	0,31260	0,25717
9	P ₅₀	0,01499	0,03805	0,05275	0,01928	0,01928	0,01556	0,03478	0,02847
10	P ₅₄	0,01285	0,12153	0,15600	0,03363	0,03363	0,03045	0,14756	0,07071
11	P ₅₉	0,05996	0,09732	0,11025	0,06176	0,06176	0,06667	0,09982	0,08331
12	P ₆₇	0,01927	0,09979	0,11375	0,05274	0,06329	0,07809	0,11165	0,09449

Çizelge EK-3. 4. Tek gizli katman, beş gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB4	MLP, 1 Layer, 5 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	5 257 116,66	3 838 911,73	5 178 854,21	8 937 601,31	19 469 524,66	2 422 005,19	1 834 121,92	17 670 310,72	1 221 171,02	6 263 029,76	4 411 688,96	5 077 565,41
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-187 696,58	1 598 890,74	-162 421,83	-1 621 281,24	-47 222,50	-2 267,81	471 519,47	502 554,53	790 643,11	-1 266 448,05	1 475 707,47	1 599 273,17
Error Rate	3,70%	29,40%	3,24%	22,16%	0,24%	0,09%	20,45%	2,77%	39,30%	25,35%	25,07%	23,95%
Mean Error Rate	16,31%											

Çizelge EK-3. 5. Tek gizli katman, altı gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB5	MLP, 1 Layer, 6 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	4 542 836,64	5 165 167,16	5 789 011,65	7 006 768,98	20 352 832,54	2 326 288,80	2 259 962,30	20 298 112,51	2 131 308,19	4 627 963,62	6 669 402,30	6 880 008,72
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	526 583,44	272 635,31	-772 579,27	309 551,09	-930 530,38	93 448,58	45 679,09	-2 125 247,26	-119 494,06	368 618,09	-782 005,87	-203 170,14
Error Rate	10,39%	5,01%	15,40%	4,23%	4,79%	3,86%	1,98%	11,69%	5,94%	7,38%	13,28%	3,04%
Mean Error Rate	7,25%											

Çizelge EK-3. 6. Tek gizli katman, yedi gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB6	MLP, 1 Layer, 7 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	4 707 750,24	5 177 270,73	5 474 409,52	6 858 601,52	19 210 216,79	2 286 815,98	2 397 435,81	18 005 217,26	2 066 809,91	4 947 586,00	6 261 636,62	6 541 978,23
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	361 669,84	260 531,74	-457 977,14	457 718,55	212 085,37	132 921,40	-91 794,42	167 647,99	-54 995,78	48 995,71	-374 240,19	134 860,35
Error Rate	7,13%	4,79%	9,13%	6,26%	1,09%	5,49%	3,98%	0,92%	2,73%	0,98%	6,36%	2,02%
Mean Error Rate	4,24%											

Çizelge EK-3. 10. Tek gizli katman, onbir gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB10	MLP, 1 Layer, 11 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	5 442 388,16	5 238 332,39	4 695 863,83	7 737 277,14	19 580 048,43	2 503 178,06	2 094 057,38	14 128 011,04	1 964 003,29	4 910 505,07	5 623 198,32	6 534 001,03
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-372 968,08	199 470,08	320 568,55	-420 957,07	-157 746,27	-83 440,68	211 584,01	4 044 854,21	47 810,84	86 076,64	264 198,11	142 837,55
Error Rate	7,36%	3,67%	6,39%	5,75%	0,81%	3,45%	9,18%	22,26%	2,38%	1,72%	4,49%	2,14%
Mean Error Rate	5,80%											

Çizelge EK-3. 11. Tek gizli katman, oniki gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB11	MLP, 1 Layer, 12 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	5 867 875,50	4 920 119,75	5 126 139,07	8 986 033,87	20 742 491,59	3 072 786,94	1 662 774,69	14 378 354,23	1 718 739,62	5 604 544,26	5 425 038,05	6 016 453,66
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-798 455,42	517 682,72	-109 706,69	-1 669 713,80	-1 320 189,43	-653 049,56	642 866,70	3 794 511,02	293 074,51	-607 962,55	462 358,38	660 384,92
Error Rate	15,75%	9,52%	2,19%	22,82%	6,80%	26,99%	27,88%	20,88%	14,57%	12,17%	7,85%	9,89%
Mean Error Rate	14,78%											

Çizelge EK-3. 12. Tek gizli katman, onüç gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB12	MLP, 1 Layer, 13 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	5 365 106,47	4 572 256,96	5 195 542,14	8 495 463,67	19 928 018,57	2 348 940,57	1 777 557,36	15 268 595,46	1 461 951,09	5 086 071,83	4 809 983,01	5 763 842,16
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-295 686,39	865 545,51	-179 109,76	-1 179 143,60	-505 716,41	70 796,81	528 084,03	2 904 269,79	549 863,04	-89 490,12	1 077 413,42	912 996,42
Error Rate	5,83%	15,92%	3,57%	16,12%	2,60%	2,93%	22,90%	15,98%	27,33%	1,79%	18,30%	13,67%
Mean Error Rate	12,25%											

Çizelge EK-3. 16. Çift gizli katmanlı, birinci katman iki, ikinci katman üç gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB16	MLP, 2 Layer, 2-3 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P_7	P_{11}	P_{13}	P_{22}	P_{27}	P_{29}	P_{40}	P_{45}	P_{50}	P_{54}	P_{59}	P_{67}
Predicted	4 660 786,66	5 002 175,64	4 975 379,35	6 877 736,80	20 111 576,06	2 472 353,83	2 400 191,01	19 156 311,13	2 154 407,21	5 447 160,93	6 163 675,11	6 739 287,97
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	408 633,42	435 626,83	41 053,03	438 583,27	-689 273,90	-52 616,45	-94 549,62	-983 445,88	-142 593,08	-450 579,22	-276 278,68	-62 449,39
Error Rate	8,06%	8,01%	0,82%	5,99%	3,55%	2,17%	4,10%	5,41%	7,09%	9,02%	4,69%	0,94%
Mean Error Rate	4,99%											

Çizelge EK-3. 17. Çift gizli katmanlı, birinci katman iki, ikinci katman dört gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB17	MLP, 2 Layer, 2-4 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P_7	P_{11}	P_{13}	P_{22}	P_{27}	P_{29}	P_{40}	P_{45}	P_{50}	P_{54}	P_{59}	P_{67}
Predicted	5 731 134,00	5 501 692,52	4 812 482,60	7 720 102,04	18 907 772,44	3 115 852,66	2 360 881,03	13 608 381,51	2 295 329,91	5 536 368,58	5 782 517,98	6 779 540,08
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-661 713,92	-63 890,05	203 949,78	-403 781,97	514 529,72	-696 115,28	-55 239,64	4 564 483,74	-283 515,78	-539 786,87	104 878,45	-102 701,50
Error Rate	13,05%	1,17%	4,07%	5,52%	2,65%	28,77%	2,40%	25,12%	14,09%	10,80%	1,78%	1,54%
Mean Error Rate	9,25%											

Çizelge EK-3. 18. Çift gizli katmanlı, birinci katman iki, ikinci katman beş gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB18	MLP, 2 Layer, 2-5 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P_7	P_{11}	P_{13}	P_{22}	P_{27}	P_{29}	P_{40}	P_{45}	P_{50}	P_{54}	P_{59}	P_{67}
Predicted	5 740 543,20	4 990 865,01	4 818 060,55	8 433 640,47	20 170 703,79	2 874 574,16	1 739 839,57	14 874 504,82	1 732 895,82	5 632 881,69	5 424 778,83	6 391 952,66
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-671 123,12	446 937,46	198 371,83	-1 117 320,40	-748 401,63	-454 836,78	565 801,82	3 298 360,43	278 918,31	-636 299,98	462 617,60	284 885,92
Error Rate	13,24%	8,22%	3,95%	15,27%	3,85%	18,80%	24,54%	18,15%	13,86%	12,73%	7,86%	4,27%
Mean Error Rate	12,06%											

Çizelge EK-3. 22. Çift gizli katmanlı, birinci katman üç, ikinci katman beş gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB22	MLP, 2 Layer, 3-5 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	4 550 261,66	4 902 101,68	5 009 444,69	6 434 111,51	17 771 516,72	2 618 283,24	2 475 150,10	18 626 033,74	2 279 347,50	5 406 635,10	6 108 617,23	6 737 220,52
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	519 158,42	535 700,79	6 987,69	882 208,56	1 650 785,44	-198 545,86	-169 508,71	-453 168,49	-267 533,37	-410 053,39	-221 220,80	-60 381,94
Error Rate	10,24%	9,85%	0,14%	12,06%	8,50%	8,21%	7,35%	2,49%	13,30%	8,21%	3,76%	0,90%
Mean Error Rate	7,08%											

Çizelge EK-3. 23. Çift gizli katmanlı, birinci katman dört, ikinci katman iki gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB23	MLP, 2 Layer, 4-2 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	5 897 493,11	4 830 504,29	5 292 078,55	9 154 496,22	20 644 117,60	3 037 585,02	1 452 169,11	14 047 425,68	1 717 052,27	5 104 958,28	5 335 437,12	5 983 378,13
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-828 073,03	607 298,18	-275 646,17	-1 838 176,15	-1 221 815,44	-617 847,64	853 472,28	4 125 439,57	294 761,86	-108 376,57	551 959,31	693 460,45
Error Rate	16,33%	11,17%	5,49%	25,12%	6,29%	25,53%	37,02%	22,70%	14,65%	2,17%	9,38%	10,39%
Mean Error Rate	15,52%											

Çizelge EK-3. 24. Çift gizli katmanlı, birinci katman dört, ikinci katman üç gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB24	MLP, 2 Layer, 4-3 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	5 695 478,61	4 877 585,60	4 956 742,57	8 504 053,23	19 797 660,11	2 876 807,12	1 718 664,72	14 665 160,23	1 822 308,00	5 306 758,87	5 417 041,87	6 229 207,53
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-626 058,53	560 216,87	59 689,81	-1 187 733,16	-375 357,95	-457 069,74	586 976,67	3 507 705,02	189 506,13	-310 177,16	470 354,56	447 631,05
Error Rate	12,35%	10,30%	1,19%	16,23%	1,93%	18,89%	25,46%	19,30%	9,42%	6,21%	7,99%	6,70%
Mean Error Rate	11,33%											

Çizelge EK-3. 28. Çift gizli katmanlı, birinci katman beş, ikinci katman üç gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB28	MLP, 2 Layer, 5-3 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	5 581 124,91	4 351 779,57	5 109 502,19	8 964 564,69	20 119 008,25	2 786 305,83	1 905 628,89	16 717 839,75	1 413 851,60	6 496 223,45	4 818 727,85	5 548 007,60
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-511 704,83	1 086 022,90	-93 069,81	-1 648 244,62	-696 706,09	-366 568,45	400 012,50	1 455 025,50	597 962,53	-1 499 641,74	1 068 668,58	1 128 830,98
Error Rate	10,09%	19,97%	1,86%	22,53%	3,59%	15,15%	17,35%	8,01%	29,72%	30,01%	18,15%	16,91%
Mean Error Rate	16,11%											

Çizelge EK-3. 29. Çift gizli katmanlı, birinci katman beş, ikinci katman dört gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB29	MLP, 2 Layer, 5-4 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	4 880 051,70	5 404 287,33	5 569 493,64	6 837 306,50	18 753 443,02	2 533 082,86	2 850 294,59	18 129 142,26	2 398 557,10	5 364 979,95	6 425 153,61	6 769 632,98
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	189 368,38	33 515,14	-553 061,26	479 013,57	668 859,14	-113 345,48	-544 653,20	43 722,99	-386 742,97	-368 398,24	-537 757,18	-92 794,40
Error Rate	3,74%	0,62%	11,02%	6,55%	3,44%	4,68%	23,62%	0,24%	19,22%	7,37%	9,13%	1,39%
Mean Error Rate	7,59%											

Çizelge EK-3. 30. Çift gizli katmanlı, birinci katman beş, ikinci katman beş gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB30	MLP, 2 Layer, 5-5 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)),Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P ₇	P ₁₁	P ₁₃	P ₂₂	P ₂₇	P ₂₉	P ₄₀	P ₄₅	P ₅₀	P ₅₄	P ₅₉	P ₆₇
Predicted	5 856 430,48	5 135 247,81	5 198 837,27	8 773 218,98	20 827 296,10	2 999 843,84	1 865 867,06	14 579 537,35	1 757 432,06	5 676 348,41	5 442 685,57	6 262 740,87
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-787 010,40	302 554,66	-182 404,89	-1 456 898,91	-1 404 993,94	-580 106,46	439 774,33	3 593 327,90	254 382,07	-679 766,70	444 710,86	414 097,71
Error Rate	15,52%	5,56%	3,64%	19,91%	7,23%	23,97%	19,07%	19,77%	12,64%	13,60%	7,55%	6,20%
Mean Error Rate	12,89%											

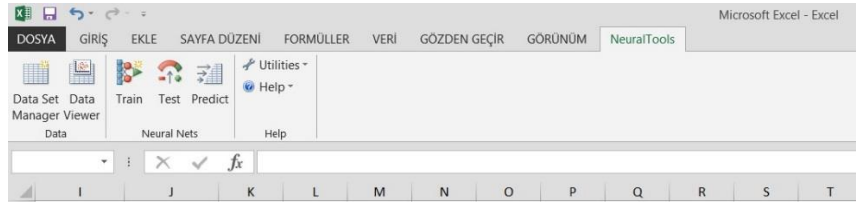
Çizelge EK-3. 34. Çift gizli katmanlı, birinci katman altı, ikinci katman beş gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB34	MLP, 2 Layer, 6-5 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)), Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P_7	P_{11}	P_{13}	P_{22}	P_{27}	P_{29}	P_{40}	P_{45}	P_{50}	P_{54}	P_{59}	P_{67}
Predicted	4 642 204,39	4 648 049,98	4 415 355,38	7 114 555,44	24 220 263,95	3 760 721,62	2 143 162,03	23 759 282,64	2 237 017,12	4 705 364,59	5 008 116,56	6 781 018,62
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	427 215,69	789 752,49	601 077,00	201 764,63	-4 797 961,79	-1 340 984,24	162 479,36	-5 586 417,39	-225 202,99	291 217,12	879 279,87	-104 180,04
Error Rate	8,43%	14,52%	11,98%	2,76%	24,70%	55,42%	7,05%	30,74%	11,19%	5,83%	14,93%	1,56%
Mean Error Rate	15,76%											

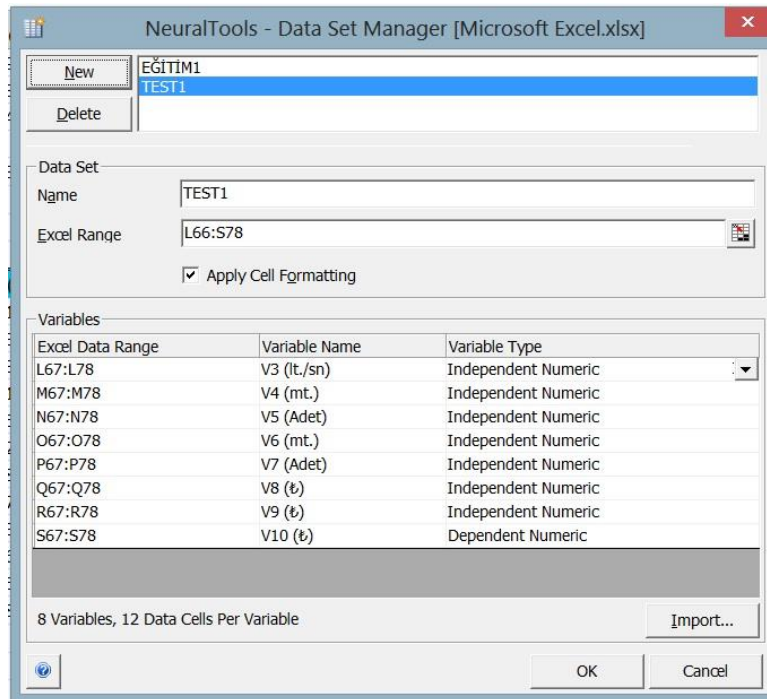
Çizelge EK-3. 35. Çift gizli katmanlı, birinci katman yedi, ikinci katman iki gizli hücreli çok katmanlı ağ yapısına ait program tahminleri

COMB35	MLP, 2 Layer, 7-2 Nodes, 12 Test Parameters, Independent Numeric Variables : 7 (V3 (lt /sn), V4 (mt), V5 (Adet), V6 (mt), V7 (Adet), V8 (₺), V9 (₺)), Dependent Variable Numeric Var (V10 (₺))											
Test Parameters	P_7	P_{11}	P_{13}	P_{22}	P_{27}	P_{29}	P_{40}	P_{45}	P_{50}	P_{54}	P_{59}	P_{67}
Predicted	5 647 992,67	5 489 138,41	4 619 411,86	7 495 856,09	18 171 218,26	3 191 450,48	2 585 849,17	13 218 163,64	2 543 735,88	5 525 216,75	6 002 063,72	6 668 305,34
Actual	5 069 420,08	5 437 802,47	5 016 432,38	7 316 320,07	19 422 302,16	2 419 737,38	2 305 641,39	18 172 865,25	2 011 814,13	4 996 581,71	5 887 396,43	6 676 838,58
Residual	-578 572,59	-51 335,94	397 020,52	-179 536,02	1 251 083,90	-771 713,10	-280 207,78	4 954 701,61	-531 921,75	-528 635,04	-114 667,29	8 533,24
Error Rate	11,41%	0,94%	7,91%	2,45%	6,44%	31,89%	12,15%	27,26%	26,44%	10,58%	1,95%	0,13%
Mean Error Rate	11,63%											

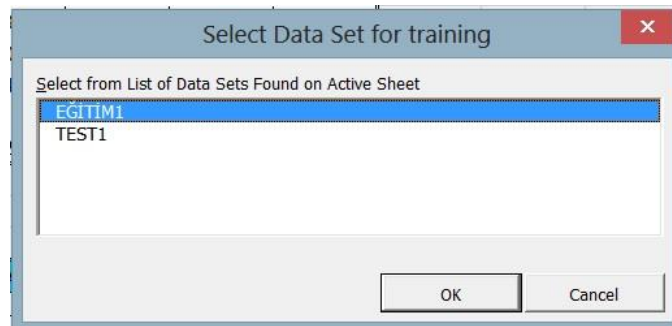
EK-4 : Programlara ait ekran görüntüleri



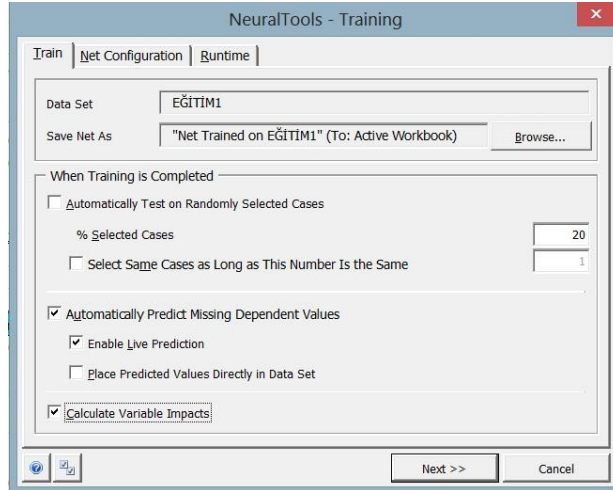
Resim EK-4. 1. NeuralTools program arayüzü



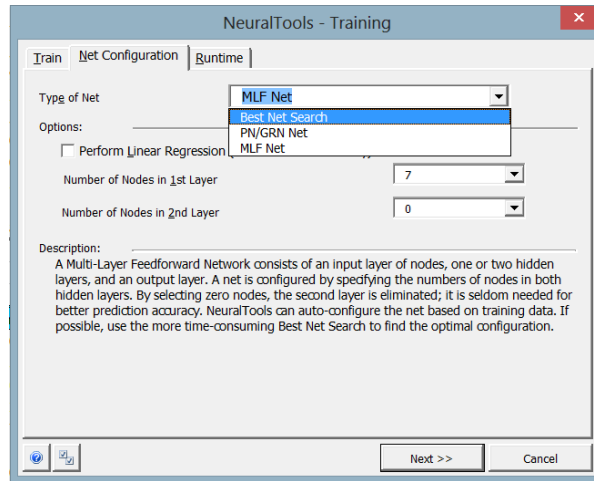
Resim EK-4. 2. Eğitim ve test verilerinin tanımlanmasına ait ekran görüntüsü



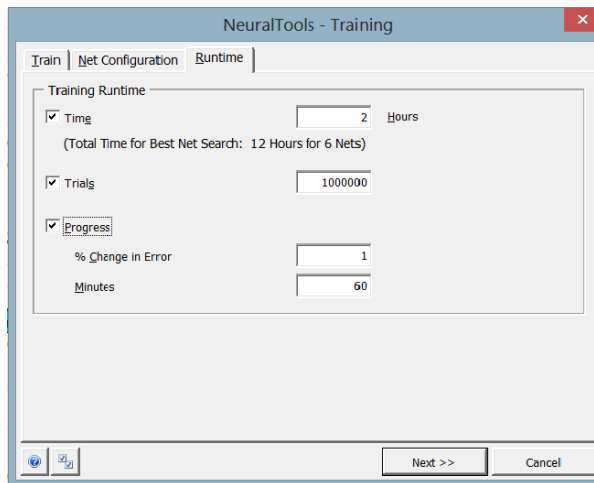
Resim EK-4. 3. Eğitilecek veri setinin seçimi ile ilgili ekran görüntüsü



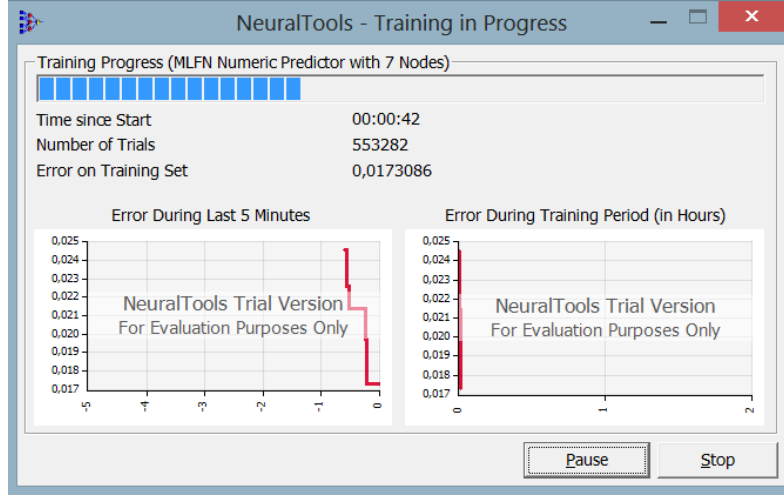
Resim EK-4. 4. Eğitim verileri için seçilen seçenekler ile ilgili ekran görüntüsü



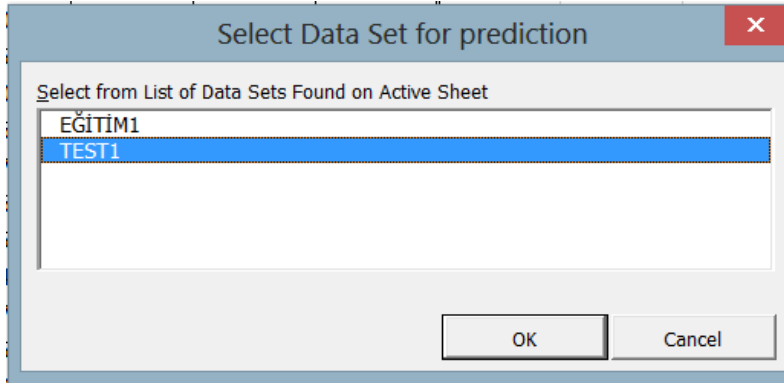
Resim EK-4. 5. Ağ yapısının, gizli katman sayısının ve hücre sayısının belirlenmesine ait ekran görüntüsü



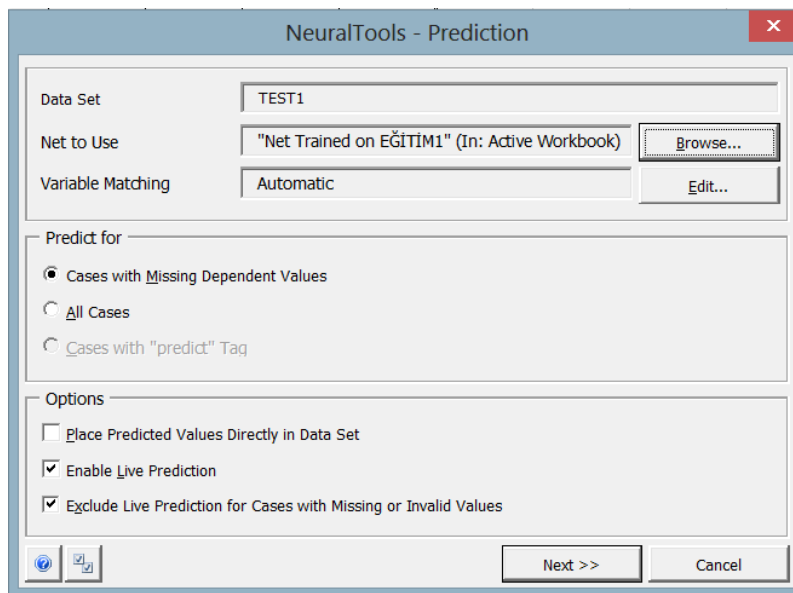
Resim EK-4. 6. İterasyon süresi ve sayısının seçimi ile ilgili ekran görüntüsü



Resim EK-4. 7. Hazırlanan eğitim veri setinin eğitim aşamasına ait ekran görüntüsü



Resim EK-4. 8. Tahmin edilmesi istenen test verilerinin seçimine ait ekran görüntüsü



Resim EK-4. 9. Test verileri için seçilen ayarlar ile ilgili ekran görüntüsü

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,990 ^a	,980	,978	1812837,10	,980	371,610	7	52	,000	2,033

a. Predictors: (Constant), VAR00007, VAR00001, VAR00005, VAR00006, VAR00003, VAR00004, VAR00002

b. Dependent Variable: VAR00008

Resim EK-4. 10. Regresyon modeli tablosu**ANOVA^b**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9E+015	7	1,221E+015	371,610	,000 ^a
	Residual	2E+014	52	3,286E+012		
	Total	9E+015	59			

a. Predictors: (Constant), VAR00007, VAR00001, VAR00005, VAR00006, VAR00003, VAR00004, VAR00002

b. Dependent Variable: VAR00008

Resim EK-4. 11. R değerinin anlamlılığını sınavan varyans analizi tablosu**Coefficients^a**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	243325,4	445485,5		,546	,587
	VAR00001	-11224,7	7117,346	-,070	-1,577	,121
	VAR00002	133,740	63,802	,371	2,096	,041
	VAR00003	-1052,939	2761,719	-,059	-,381	,705
	VAR00004	89,186	124,135	,115	,718	,476
	VAR00005	-1602,657	726,640	-,319	-2,206	,032
	VAR00006	1,593	,146	,734	10,887	,000
	VAR00007	1,771	,628	,192	2,819	,007

a. Dependent Variable: VAR00008

Resim EK-4. 12. Regresyon denklemi için katsayılar tablosu

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ŞAM, Harun
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 18.10.1988 - KAYSERİ
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : (0535) 570 0121
 Faks : -
 e-mail : hsam@ilbank.gov.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	-
Lisans	YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	31.08.2010
Lise	DEVELİ LİSESİ	10.06.2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010 - 2011	İSTANBUL ATAÖY İLÇE EMNİYET MÜDÜRLÜĞÜ BİNASI VE LOJMAN İNŞAATI	Saha Mühendisi
2011 - 2012	BAĞCILAR MEDİPOL ÜNİVERSİTE HASTANESİ, DIŞ HASTANESİ VE OTOPARK İNŞAATI	Hakediş ve Saha Mühendisi
2012- Halen	İLLER BANKASI A.Ş. Kayseri Bölge Müdürlüğü	Teknik Uzman Yrd.

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Yüzmek, karakalem çizim yapmak, dağcılık

İLBANK A.Ş. Uzmanlık Tezi Biçimsel Değerlendirme Formu		
Uzman Yardımcısının Adı Soyadı: Harun ŞAM		Evet
Kapak		
1	Tez Başlığı tutanaktaki başlıkla aynıdır.	Evet
2	Kapaktaki ay ve yıl savunmaya girilen tarihle tutarlıdır.	Evet
3	Kapak formatı kılavuzdaki kapak formatına uygundur.	Evet
4	Kapakta yazılan tüm yazılar doğru olarak verilmiştir.	Evet
Özet/Abstract		
5	Kılavuza uygundur.	Evet
6	Ay ve yıl savunmaya girilen tarihle tutarlıdır.	Evet
7	Özet; tek sayfa, tek satır aralığı, tek paragraf kuralına uygun olarak yazılmıştır.	Evet
8	Bilim kodu, sayfa adedi, anahtar kelimeler ve danışman(lar) yazılmıştır.	Evet
İçindekiler		
9	Sayfa numaraları tam verilmiştir.	Evet
10	Şekil, Çizelge vb. listeleri verilmiş ve sıralaması doğrudur.	Evet
11	Özet, Abstract, Giriş, Sonuçlar vb. bölümler vardır.	Evet
12	Yazım hataları kontrolü yapılmıştır.	Evet
Giriş		
13	Hazırlanan tezin önemini anlatmaktadır.	Evet
14	İkinci ve Üçüncü dereceden başlık içermemeli kuralına uyulmuştur.	Evet
Kaynaklar		
15	Kaynakların tamamına metin içinde atıf yapılmıştır.	Evet
16	Kaynak formatı Kılavuzdaki kaynak formatına uygun olarak hazırlanmıştır.	Evet
17	Atıf formatı kılavuzdaki atıf formatına uygundur.	Evet
Genel Değerlendirme		
18	Etik Beyan açıklaması okunmuş, uyulmuş ve imzalanmıştır.	Evet
19	Kabul/Onay sayfası kılavuzdaki formata uygun olarak düzenlenmiştir.	Evet
20	Kabul /Onay sayfasında belirtilen oy birliği/oy çokluğu seçeneklerinden uygun olanı savunmayla tutarlı olacak şekilde belirlenmiştir.	Evet
21	Sayfa kenar boşlukları ve sayfa numaraları kılavuzdaki formata uygundur.	Evet
22	Paragraf boşlukları ve metin satır aralığı kılavuzdaki formata göre düzenlenmiştir.	Evet
23	Başlıkların yazımı kılavuzdaki başlık formatlarına uygundur.	Evet
24	Yazı tipi ve boyutu kılavuzdaki yazı tipi ve boyutu formatına uygundur.	Evet
25	Şekil, Çizelge vb. açıklama ve numaralandırmaları kılavuzdaki formata uygundur.	Evet
26	Tezin son kontrolü danışman tarafından yapılmıştır.	Evet
Bu tezin tarafımdan "Tez yazım kuralları" okunarak dikkatlice hazırlanmış olduğunu ve doğabilecek her türlü olumsuzluktan sorumlu olacağımı kabul ederim.		



İLBANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ
