

**YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOCAELİ KENTSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN YAPAY SINIR  
AĞLARI İLE MODELLENMESİ VE ENTEGRE TESİS TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Taner ALKAY**

**Kimya ve Süreç Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Kimya ve Süreç Mühendisliği Programı**

**MAYIS 2016**



**YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOCAELİ KENTSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN YAPAY SINIR  
AĞLARI İLE MODELLENMESİ VE ENTEGRE TESİS TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Taner ALKAY  
(125107001)**

**Kimya ve Süreç Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Kimya ve Süreç Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Esra BİLGİN ŞİMŞEK**

**MAYIS 2016**



YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 125107001 numaralı Yüksek Lisans / Doktora Öğrencisi **Taner ALKAY**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**KOCAELİ KENTSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ VE ENTEGRE TESİS TASARIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.


**Tez Danışmanı :** Yrd. Doç. Dr. Esra BİLGİN ŞİMŞEK




Yalova Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**

Yrd. Doç. Dr. Esra BİLGİN ŞİMŞEK  
Yalova Üniversitesi



Doç. Dr. Didem SALOĞLU  
Yalova Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Elçin DEMİRHAN YILMAZ  
Yıldız Teknik Üniversitesi



**Teslim Tarihi :** 13 Mayıs 2016

**Savunma Tarihi :** 6 Haziran 2016





*Babam Mehmet ALKAY' a,*





## **ÖNSÖZ**

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Esra BİLGİN ŞİMŞEK'e teşekkürü borç bilirim.

Belebungs programı ile ilgili desteğinden dolayı Dr. Yeter TURSUN'a, teknik yardımlarından dolayı Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İSU Genel Müdürlüğü Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı çalışanlarına teşekkür ederim.

**Mayıs 2016**

**Taner ALKAY**  
**Çevre Mühendisi**



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xiii
SEMBOLLER .....	xiiiv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY .....	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Literatür Araştırması .....	1
1.2.Amaç .....	2
2. ATIKSU ARITIMI.....	3
2.1.Atıksular.....	3
2.1.1.Evsel atıksular .....	3
2.1.2.Endüstriyel atıksular .....	4
2.1.3.Kentsel atıksular.....	4
2.2.Azot ve Fosfor Giderimi .....	5
2.2.1.Azot giderimi .....	5
2.2.2.Fosfor giderimi.....	5
2.3.Aktif Çamur Sistemleri ve Modifikasyonları.....	6
2.3.1.Aktif çamur proses tasarımı .....	7
2.3.1.1.Yükleme kriteri .....	7
2.3.1.2.Çamur üretimi .....	9
3. YAPAY SİNİR AĞLARI.....	11
3.1.Giriş.....	11
3.2.Yapay Nöron .....	12
3.2.1.Girişler .....	13
3.2.2.Ağırlıklar .....	13
3.2.3.Toplama fonksiyonu .....	13
3.2.4.Aktivasyon fonksiyonu .....	14
3.2.5.Çıkış .....	14
3.3.Aktivasyon Fonksiyonları .....	14
3.4.Ağ Tipleri.....	15
3.5.YSA Öğrenme Algoritmaları .....	16
3.6.Yapay Sinir Ağlarının Atıksu Arıtma Tesis Uygulamaları.....	16
4. KOCAELİ İLİ ATIKSU ARITMA TESİSLERİ .....	23
4.1.42 Evler AAT Tanıtımı, Atıksu Özellikleri ve İşletilmesi .....	24
4.1.1.42 Evler Evsel ve Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Üniteleri .....	26
4.1.1.1.Otomatik temizlemeli ince ızgara ve ızgara presli .....	27

4.1.1.2.Elle temizlemeli kaba ızgara .....	28
4.1.1.3.Giriş pompa istasyonu .....	28
4.1.1.4.Havalandırmalı kum tutucu ve yağ tutucu .....	28
4.1.1.5.Dengeleme tankı.....	29
4.1.1.6.Ön çöktürme tankları.....	29
4.1.1.7.Havalandırma tankları .....	30
4.1.1.8.Son çöktürme tankları .....	31
4.1.1.9.Klor temas tankı .....	31
4.1.1.10.Çamur yoğunlaştırma tankı .....	32
4.1.1.11.Çamur Susuzlaştırma Ünitesi (Dekantör) .....	32
4.1.2.42 Evler Evsel ve Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Atıksu Özellikleri...	33
4.2.Kullar Kentsel Atıksu Arıtma Tesis Tanıtımı, Özellikleri ve İşletilmesi .....	35
4.2.1.Kullar Atıksu Arıtma Tesisi Üniteleri .....	36
4.2.1.1.Kaba ızgara.....	39
4.2.1.2.Giriş pompa istasyonu bölümü.....	39
4.2.1.3.İnce ızgara .....	39
4.2.1.4.Blower Ünitesi.....	40
4.2.1.5.Kum – yağ ayırma ünitesi .....	40
4.2.1.6.Denitrikasyon.....	41
4.2.1.7.Oksidasyon – nitrifikasyon.....	42
4.2.1.8.Karışım suyu geri devir pompaları.....	42
4.2.1.9.Son çöktürme havuzları.....	42
4.2.1.10.Aktif çamur geri devir pompaları.....	43
4.2.1.11.Fazla çamur pompaları .....	43
4.2.1.12.Hidrofor .....	44
4.2.1.13.Yoğunlaştırma .....	44
4.2.1.14.Çamur susuzlaştırma (Dekantör).....	44
4.2.1.15.Koku giderim ünitesi.....	45
4.2.2.Kullar Atıksu Arıtma Tesisi Atıksu Özellikleri .....	45
<b>5. MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>49</b>
5.1.Arıtma Hedefleri: .....	49
5.1.1.Türk çevre mevzuatı.....	49
5.1.2.Su kirliliği kontrol yönetmeliği .....	49
5.1.3.Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY).....	50
5.2.Arıtılmış Su Kalitesi :.....	50
5.3.Numune Alma ve Analiz Yöntemleri.....	51
5.3.1.Kullanılan Cihazlar ve Ekipmanlar .....	52
5.4.Yapay Sinir Ağları (YSA) ile Atıksu Arıtma Tesislerinin Matematiksel Modellenmesi. ....	52
5.5.ATV-131-E Standart ve Özellikleri .....	56
5.6.Belebungs Expert Programı .....	57
<b>6. BULGULAR .....</b>	<b>67</b>
6.1.Yapay Sinir Ağı Modeli Uygulama Çalışmaları .....	67

6.1.1.42 Evler AAT YSA Eğitim ve Test Hataları.....	67
6.1.2.Kullar AAT YSA Eğitim ve Test Hataları .....	69
6.1.3.Sinir Ağları Yapısının Optimizasyonu.....	72
6.1.4.Yapay sinir ağı modeli tahmin sonuçları .....	75
6.1.4.1.YSA modelinde pH tahmini.....	75
6.1.4.2.YSA modelinde sıcaklık tahmini .....	76
6.1.4.3.YSA modelinde AKM tahmini .....	77
6.1.4.4. YSA modelinde KOİ tahmini.....	79
6.2.Atıksu Arıtma Tesislerinin Yeniden Projelendirilmesi.....	80
6.2.1.42 Evler Atıksu Arıtma Tesisinin Projelendirilmesi.....	80
6.2.2.Kullar Atıksu Arıtma Tesisinin Projelendirilmesi .....	81
6.3.Entegre Tesisin Projelendirilmesi .....	82
6.3.1 Entegre Tesisin Yapay Sinir Ağları İle Simülasyonu.....	85
<b>7. SONUÇLAR.....</b>	<b>88</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>91</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>95</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>129</b>



## KISALTMALAR

<b>AAT</b>	: Atıksu Arıtma Tesisi
<b>AKDY</b>	: Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği
<b>AKM</b>	: Askıda katı madde
<b>AKR</b>	: Ardışık kesikli reaktör
<b>BOİ</b>	: Biyolojik oksijen ihtiyacı
<b>Ç.O.</b>	: Çözünmüş oksijen
<b>ÇKM</b>	: Çökebilen katı madde
<b>F/M</b>	: Organik madde/bakteri kütlesi
<b>İSU</b>	: Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi
<b>KAAY</b>	: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
<b>KOİ</b>	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
<b>MLSS</b>	: Karışık sıvıda katı madde
<b>MLVSS</b>	: Karışık sıvıda uçucu katı madde
<b>ORP</b>	: Oksidasyon redüksüyon potansiyeli
<b>RAS</b>	: Geri devir çamuru
<b>SKKY</b>	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
<b>TKAÇS</b>	: Tam karışımlı aktif çamur süreci
<b>TKM</b>	: Toplam katı madde
<b>TN</b>	: Toplam azot
<b>TP</b>	: Toplam fosfor
<b>TOK</b>	: Toplam organik karbon
<b>UAKM</b>	: Uçucu askıda katı madde
<b>YSA</b>	: Yapay Sinir Ağı
<b>MLP</b>	: Çok katmanlı perceptron sinir ağı
<b>İSU</b>	: Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi
<b>KAAT</b>	: Kentsel atıksu arıtma tesisi
<b>KOİ</b>	: Kimyasal oksijen ihtiyacı





## SEMBOLLER

<b>K<sub>AS</sub></b>	: Katı alıkonma süresi
<b>θ<sub>c</sub></b>	: Çamur yaşı
<b>R</b>	: Korelasyon katsayısı
<b>b<sub>H</sub></b>	: İçsel solunum hızı, (1/gün)
<b>F<sub>ES</sub></b>	: Biyokütlenin çözünmüş inert madde fraksiyonu
<b>F<sub>EX</sub></b>	: Biyokütlenin partiküler inert madde fraksiyonu
<b>K<sub>HS</sub></b>	: Hızlı hidroliz olabilen organik madde için hidroliz hızı, (1/gün)
<b>K<sub>HX</sub></b>	: Yavaş hidroliz olabilen organik madde için hidroliz hızı, (1/gün)
<b>K<sub>S</sub></b>	: Yarı doyunluk sabiti, (mgKOİ/l)
<b>K<sub>XS</sub></b>	: Hızlı hidroliz olabilen organik madde için hidroliz yarı doyunluk sabiti, (mg KOİ/mg KOİ)
<b>K<sub>XX</sub></b>	: Yavaş hidroliz olabilen organik madde için hidroliz yarı doyunluk sabiti, (mg KOİ/mg KOİ)
<b>S<sub>H</sub></b>	: Hızlı Hidroliz olabilen organik madde, (mg KOİ/l)
<b>Sp</b>	: Mikrobiyal çözünmüş organik madde, (mg KOİ/l)
<b>Ss</b>	: Kolay ayrışabilir organik madde, (mg KOİ/l)
<b>SI</b>	: Çözünmüş İnert organik madde, (mg KOİ/l)
<b>X<sub>H</sub></b>	: Hetetrofik Bakteri Miktarı
<b>Xp</b>	: Mikrobiyal partiküler organik madde, (mg KOİ/l)
<b>Xs</b>	: Yavaş Hidroliz Olabilen organik madde, (mg KOİ/l)
<b>XI</b>	: Partiküler İnert organik madde, (mg KOİ/l)
<b>Y<sub>H</sub></b>	: Hetetrofik dönüşüm oranı, (mg KOİ/mg KOİ)
<b>μ<sub>H</sub></b>	: Maksimum hetetrofik çoğalma hızı, (1/gün)



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1: Evsel atıksuların genel bileşimi (Metcalf & Eddy, 2002). ....	4
Çizelge 2.2: Türkiye’deki bazı şehir atıksu karakterizasyonu (Erdoğan vd., 2004)....	5
Çizelge 2.3: Aktif çamur sistemi içinde dizayn parametreleri. ....	6
Çizelge 4.1: Kentsel atıksu arıtma tesislerine bağlı endüstrilerin kabul kriterleri. ....	23
Çizelge 4.2: 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi tasarım debileri. ....	25
Çizelge 4.3: 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi tasarım kirlilik yükleri. ....	25
Çizelge 4.4: İnce ızgara özellikleri. ....	28
Çizelge 4.5: Kaba ızgara özellikleri. ....	28
Çizelge 4.6: Giriş pompa istasyonu özellikleri. ....	28
Çizelge 4.7: Havalandırmalı kum tutucu ve yağ tutucu özellikleri. ....	29
Çizelge 4.8: Dengeleme tankı özellikleri. ....	29
Çizelge 4.9: Ön çöktürme tankı özellikleri. ....	30
Çizelge 4.10: Havalandırma tankı özellikleri. ....	31
Çizelge 4.11: Son çöktürme tankı özellikleri. ....	31
Çizelge 4.12: Klor temas tankı özellikleri. ....	32
Çizelge 4.13: Çamur yoğunlaştırma tankı özellikleri. ....	32
Çizelge 4.14: Çamur susuzlaştırma ünitesi özellikleri. ....	33
Çizelge 4.15: 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi girişte ve çıkışta ölçülen debi ve kirlilik yüklerinin aylık ortalama değerleri. ....	34
Çizelge 4.16: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi tasarım değerleri. ....	37
Çizelge 4.17: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi üniteleri. ....	39
Çizelge 4.18: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi giriş pompa istasyonu. ....	39
Çizelge 4.19: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi ince ızgara özellikleri. ....	40
Çizelge 4.20: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi blower özellikleri. ....	40
Çizelge 4.21: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi kum-yağ ayırıcı özellikleri. ....	41
Çizelge 4.22: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi denitrifikasyon havuzu özellikleri. ....	41
Çizelge 4.23: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi havalandırma havuzu özellikleri. ....	42
Çizelge 4.24: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi karışım suyu pompa özellikleri. ....	42
Çizelge 4.25: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi son çöktürme havuzu özellikleri. ....	43
Çizelge 4.26: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi geri devir pompaları özellikleri. ....	43
Çizelge 4.27: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi fazla çamur pompa özellikleri. ....	43
Çizelge 4.28: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi hidrofor özellikleri. ....	44
Çizelge 4.29: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi yoğunlaştırma havuzu özellikleri. ....	44
Çizelge 4.30: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi çamur susuzlaştırma ünitesi özellikleri. ....	45

<b>Çizelge 4.31:</b> Kullar Atıksu Arıtma Tesisi giriş ve çıkışta ölçülen debi ve kirlilik yüklerinin aylık ortalama değerleri.....	<b>47</b>
<b>Çizelge 5.1:</b> SKKY-Sektör: Evsel nitelikli atıksular (Sınıf 4 Kirlilik yükü ham BOİ olarak > 6000 kg/gün, Nüfus > 100000).....	<b>50</b>
<b>Çizelge 5.2:</b> Arıtılmış suyun deşarj değerleri. ....	<b>51</b>
<b>Çizelge 5.3:</b> Analizlerde kullanılan metotlar .....	<b>51</b>
<b>Çizelge 5.4:</b> Analizlerde kullanılan cihazlar ve ekipmanlar. ....	<b>52</b>
<b>Çizelge 5.5:</b> Entegre (Kullar-42 Evler) İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi YSA Modelinde kullanılan parametreler. ....	<b>55</b>
<b>Çizelge 5.6:</b> 42 Evler Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi Belebungs tasarım değerleri....	<b>62</b>
<b>Çizelge 5.7:</b> Kullar Atıksu Arıtma Tesisi Belebungs tasarım değerleri. ....	<b>62</b>
<b>Çizelge 5.8:</b> 42 Evler AAT azot giderim değerleri. ....	<b>63</b>
<b>Çizelge 5.9:</b> 42 Evler AAT fosfor giderimi değerleri.....	<b>64</b>
<b>Çizelge 5.10:</b> Kullar AAT azot giderim değerleri. ....	<b>64</b>
<b>Çizelge 5.11:</b> Kullar AAT fosfor giderim değerleri. ....	<b>65</b>
<b>Çizelge 5.12:</b> 42 Evler AAT çamur oluşum değerleri. ....	<b>65</b>
<b>Çizelge 5.13:</b> Kullar AAT çamur oluşum değerleri.....	<b>66</b>
<b>Çizelge 6.1:</b> 10 Nöronlu Hidden Layerda Geri Yayılım Algoritmalarının 42 Evler AAT çıkış verileri için karşılaştırılması.....	<b>67</b>
<b>Çizelge 6.2:</b> Trainbr ve traingdx geri yayılım algoritmalarının detaylı karşılaştırılması (42 Evler) .....	<b>68</b>
<b>Çizelge 6.3:</b> Farklı aktivasyon fonksiyonlarının YSA tahminine etkisi (42 Evler)...	<b>69</b>
<b>Çizelge 6.4:</b> 10 Nöronlu Hidden Layerda Geri Yayılım Algoritmalarının Kullar AAT çıkış verileri için karşılaştırılması.....	<b>70</b>
<b>Çizelge 6.5:</b> Farklı aktivasyon fonksiyonlarının YSA tahminine etkisi (Kullar) .....	<b>72</b>
<b>Çizelge 6.6:</b> Entegre Atıksu Arıtma Tesisi debi ve kirlilik değerleri alınarak ortalama kirlilik konsantrasyonları. ....	<b>83</b>
<b>Çizelge 6.7:</b> Entegre (Kullar - 42 Evler) Atıksu Arıtma Tesisi tasarım değerleri. ....	<b>83</b>
<b>Çizelge 6.8:</b> Entegre (Kullar - 42 Evler)Atıksu Arıtma Tesisi Çamur yaşı ve tank hacimleri .....	<b>83</b>
<b>Çizelge 6.9:</b> Entegre (Kullar - 42 Evler)Atıksu Arıtma Tesisi Azot Dengesi .....	<b>84</b>
<b>Çizelge 6.10:</b> Entegre (Kullar - 42 Evler)Atıksu Arıtma Tesisi Fosfor giderimi .....	<b>84</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 3.1:</b> Basit nöron yapısı.....	<b>12</b>
<b>Şekil 3.2:</b> Yapay nöronun şematik gösterimi. (Vas, 1999).....	<b>12</b>
<b>Şekil 3.3:</b> Kullanılan eşik fonksiyonları. ....	<b>15</b>
<b>Şekil 4.1:</b> Kocaeli sınırları içerisindeki büyük arıtma tesisleri ve kapasiteleri.....	<b>24</b>
<b>Şekil 4.2:</b> 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi genel görünümü.....	<b>26</b>
<b>Şekil 4.3:</b> 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi vaziyet planı .....	<b>26</b>
<b>Şekil 4.4:</b> 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi proses akım şeması.....	<b>27</b>
<b>Şekil 4.5:</b> Kullar Atıksu Arıtma Tesisi genel görünümü. ....	<b>37</b>
<b>Şekil 4.6:</b> Kullar Atıksu Arıtma Tesisi vaziyet planı.....	<b>38</b>
<b>Şekil 4.7:</b> Kullar Atıksu Arıtma Tesisi akış şeması.....	<b>38</b>
<b>Şekil 5.1:</b> Planlama ve boyutlandırma düzeni .....	<b>59</b>
<b>Şekil 6.1:</b> 42 Evler AAT <i>traingdx</i> fonksiyonu ile eğitilen YSA tahmin grafikleri (Nöron sayısı: 10) .....	<b>68</b>
<b>Şekil 6.2:</b> Kullar AAT <i>traingdx</i> fonksiyonu ile eğitilen YSA tahmin grafikleri (Nöron sayısı: 10) .....	<b>71</b>
<b>Şekil 6.3:</b> Nöron sayısı değişimine göre MSE değerlerinin karşılaştırılması .....	<b>73</b>
<b>Şekil 6.4:</b> 42 Evler AAT <i>traingdx</i> fonksiyonu ile eğitilen YSA tahmin grafikleri (Nöron sayısı: 12) .....	<b>73</b>
<b>Şekil 6.5:</b> YSA modelinde 42 Evler AAT çıkış parametrelerinin tahmini performansının <i>traingdx</i> geri yayılım algoritması MSE grafiği (gizli katmanda 12 nörona göre) .....	<b>74</b>
<b>Şekil 6.6:</b> YSA modelinde Kullar AAT çıkış parametrelerinin tahmini performansı <i>trainbfg</i> geri yayılım algoritması MSE grafiği (gizli katmanda 10 nöron) .....	<b>74</b>
<b>Şekil 6.7:</b> YSA modelinin şematik gösterimi. ....	<b>75</b>
<b>Şekil 6.8:</b> pH parametresi için ölçülen 42 Evler AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması. ....	<b>75</b>
<b>Şekil 6.9:</b> pH parametresi için ölçülen Kullar tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması .....	<b>76</b>
<b>Şekil 6.10:</b> Sıcaklık parametresi için ölçülen 42 Evler AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması.....	<b>77</b>
<b>Şekil 6.11:</b> Sıcaklık parametresi için ölçülen Kullar AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması.....	<b>77</b>
<b>Şekil 6.12:</b> AKM parametresi için ölçülen 42 Evler AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması.....	<b>78</b>

<b>Şekil 6.13:</b> AKM parametresi için ölçülen Kullar AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması.....	<b>79</b>
<b>Şekil 6.14:</b> KOİ parametresi için ölçülen 42 Evler AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması.....	<b>79</b>
<b>Şekil 6.15:</b> KOİ parametresi için ölçülen Kullar AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması .....	<b>80</b>
<b>Şekil 6.16:</b> Entegre tesis giriş çıkış pH simülasyonu.....	<b>85</b>
<b>Şekil 6.17:</b> Entegre tesis Giriş- Çıkış Sıcaklık simülasyonu. ....	<b>86</b>
<b>Şekil 6.18:</b> Entegre tesis giriş- çıkış KOI simülasyonu. ....	<b>86</b>



# KOCAELİ KENTSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ VE ENTEGRE TESİS TASARIMI

## ÖZET

Bu çalışmada, kentsel atıksu arıtma tesislerine gelen atıksuyun kaynağı, miktarı ve özelliği ile atıksulara uygulanan arıtma prosesleri değerlendirilerek, uygun arıtma prosesinin seçimi hassas ve az hassas alanlara deşarj edilebilecek yeni bir kentsel atıksu arıtma tesisi dizaynı edilmiştir.

Kocaeli ilinde faaliyet gösteren kentsel atıksuların arıtıldığı 42 Evler ile Kullar Atıksu Arıtma Tesislerinin son üç yıla ait proses, giriş ve çıkış su analiz sonuçları değerlendirilerek atıksu karakterizasyonu yapılmıştır. Tesislerde uygulanan arıtma prosesleri hakkında detaylı bilgi verilmiş, söz konusu tesisler ayrı ayrı mevcut durumlarıyla ve yeni bir kentsel atıksu arıtma tesisi olarak ATV-DVWK 131 E standardına uygun olan Belebung programıyla deşarj standartlarını sağlayacak tesis tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Yeni projelendirilen tesis giriş verileri yapay sinir ağı ile atıksu arıtma tesis işletme simülasyonu yapılmış ve tesis işletmeye alınmadan arıtma tesisinin performansı incelenmiştir. Mevzuata uygun olarak deşarj edilecek atıksular için, her iki tesisin Kullar Atıksu Arıtma Tesisinin arazisinde birleştirilip yeniden projelendirilmesinin optimum çözüm olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi, Endüstriyel Atıksu, KOİ Bileşenleri, İnert KOİ, Belebungs, Yapay Sinir Ağları.





# **ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS MODELLING AND INTEGRATED WITH FACILITY DESING OF KOCAELİ WASTEWATER TREATMENT PLANTS**

## **SUMMARY**

In the current study, the treatment processes and the sources, quantity and features of wastewater entering treatment plant were evaluated and a new urban wastewater treatment plant was designed considering suitable treatment processes for wastewater discharged sensitive/ less sensitive parts.

The wastewater were characterized by evaluating the process, influent and effluent analysis results of last three years of 42 Evler and Kullar Wastewater Treatment Plant in Kocaeli. The detailed information about treatment process of the plants were given and were projected separately with their present conditions by using Belebungs software which is suitable for ATV-DVWK 131 E standards. Moreover, a new urban wastewater treatment plant was designed by integrating two plants.

The new wastewater treatment plant was simulated using artificial neural network and the performance of new plant was examined. For the wastewater that will be discharged according to the legislations, combining and redesigning of both institutions in the land of Kullar Wastewater Treatment Plant have been resulted as the optimum solution.

**Keywords: Urban Wastewater Treatment Plant, Industrial Wastewater, KOİ Compenent, İnert COD, Belebungs. Artifical Neural Networks.**



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Literatür Araştırması

Literatürde, atıksu arıtma tesislerine gelen atıksuların karakterizasyonu ve arıtma tesislerinde karşılaşılan işletme sorunlarını konu alan çalışmalar mevcuttur.

Erdoğan vd. (2005); Ankara, Isparta, Antalya, Tarsus ve İzmir şehirlerinde yürütülen uzun süreli atıksu analiz ölçümleri de istatistiksel ölçüde değerlendirilerek, nüfusa bağlı atıksu miktar ve konsantrasyonları evsel atıksu arıtma tesisi tasarımı için önerilmiştir.

Arslan vd. (2005); İzmit Endüstriyel ve Evsel Atıksu Arıtma Tesisi atıksularının karakterizasyonu ve tesisin mevcut verimini incelenerek, atıksu karakterinin çok geniş bir aralıkta değiştiğini gözlemiştir. KOİ parametresiyle ifade edilen organik madde konsantrasyonu, 580-1822 mg/L aralığında değişmekte olup, atıksuyun KOİ/N/P oranı 272/27/1 olmakta ve bu oran biyolojik arıtılabilirlik açısından fosfor eksikliğini göstermektedir. BOİ5/KOİ oranı ortalama olarak 0,20 bulunmuştur.

Toprak (1999); çalışmasında atıksu arıtma sistemlerinde alternatif prosesleri incelemiş, bu proseslerin tasarım kriterleri ve işletme esasları ile ilgili bilgiler vermiştir.

Ankara ASKİ atıksu özellikleri ve uygulanan arıtma sistemi değerlendirilerek, Türkiye ve dünyada atıksu arıtma tesislerinin durumu, uygulanan arıtma teknolojileri ve mevcut sorunlar belirlenmiştir (Özalp, 2005).

Osmanbey Atıksu Arıtma Tesisi' nin ilk işletmeye alınma sürecinde tesisteki proseslerinin verimleri incelenerek, arıtım verimliliğini arttırmak için sistemlerin işletim şartlarını belirlemiştir. Oluşan işletim problemlerini tespit ederek bu sorunları ortadan kaldırmak üzere çözüm önerileri sunmuştur (Akyüz, 2011).

Fiziko-kimyasal biyolojik arıtma tesisinde karşılaşılan işletme sorunlarını tanımlanarak, seçenekli çözüm önerileri sunmuştur (Öz, 2009).

Karamürsel Atıksu Arıtma Tesisi' nin giriş ve çıkış atıksu analiz sonuçlarını değerlendirmiş ve karşılaşılan işletme sorunlarını tanımlamış olup. Karşılaşılan işletme sorunlarına yönelik çözüm önerileri sunmuştur (Çınar, 2008).

Atıksu arıtma proseslerinin matematiksel modellenmesi, proses ve sistemin davranışı hakkında daha detaylı bilgilerin artırılması için tesis tasarımı, işletmesi, kontrolü, işletme problemlerinin tespitinden ve giderilmesinden eğitim alanına kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir.

## **1.2. Amaç**

Atıksu arıtma tesislerinin kompleks yapısı, sistem içerisinde her bir ünitenin etkin şekilde izlenmesini ve kontrol edilmesini güçleştirmektedir. Tesis içerisinde algılayıcıların hata yapması durumunda su parametrelerinin analiz edilememesi de prosesin işletmesini engellemektedir. Bu sebeple çalışmada, evsel atıksu arıtma tesisinin belirlenen çıkış suyu parametrelerinin tanımlanması ve giriş atıksu özellikleri, yapay sinir ağları ile eğitilmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasının amacı; kentsel atıksu arıtma tesislerine gelen atıksuların kaynakları, miktarı, özellikleri ile uygulanan arıtım prosesleri değerlendirilerek ATV 131 E göre Belebung programıyla yeniden projelendirilmesi, elde edilen program çıktılarına göre en uygun çözüm önerisi sunulmasıdır. Kocaeli ilinde faaliyet gösteren 42 Evler ve Kullar Atıksu Arıtma Tesisi'nin 2012-2014 yılları arası ait atıksu analiz sonuçları değerlendirilecek, atıksu karakterizasyonu yapılacaktır. Bu kapsamda; (i) İki kentsel atıksu arıtma tesisi çıkış parametrelerinin yapay sinir ağları ile modellenmesi, (ii) Tesisleri ATV 131 E standartları göre Belebung programıyla Kentsel Atıksu Yönetmeliği'ne göre tekrar projelendirilmesi incelenmiş, yeni bir entegre tesisin tasarımı yapılmıştır.

## **2. ATIKSU ARITIMI**

### **2.1. Atıksular**

Atıksu, sıvı veya diğer bir değiş ile suyun taşıyabildiği, konutlardan, ticari ve endüstriyel kuruluşlardan gelen atıklarla birlikte yer altı ve yüzey suları ve yağışların karışımıdır. Basit bir tanım ile bir topluluktan gelen kullanılmış suya atıksu denilmektedir (Metcalf & Eddy, 1991).

Atıksular bozulabilir kirleticiler sınıfına girmektedir. Bunlar, kanalizasyon suyu gibi organik maddeler ve aşama aşama mikrobiyolojik bozulmaya uğrayan ölü organizmalardır. Bozulabilir maddeler, aynı zamanda fiziksel bozulmaya ve çürümeye uğrayan maddeleri de kapsamaktadır (Arceivala, 2002).

#### **2.1.1. Evsel atıksular**

Evsel atık sular; koloidal halde madde, askıda katı madde ve çözülmüş organik ve inorganik maddeler içermektedir. Atık suyun yoğunluğu, iklimsel şartlar, ve çevresel koşullar yönlendirmekte ve suyun kullanım amacına göre değişebilmektedir. Evsel atık sulara endüstriyel atık suların boşaltılması evsel atık suyun özelliklerini değiştirmektedir (Arceivala vd., 2002).

Evsel atıksuların bileşenleri, kollektöre karışan atıksuyun tipine ve miktarı bağlı değişir. Evsel atıksuların genel özellikleri Çizelge 2.1' de verilmiştir.

**Çizelge 2.1:** Evsel atıksuların genel bileşimi (Metcalf & Eddy, 2002).

Kirlenici Parametreler	Konsantrasyon (mg/L)		
	Zayıf	Orta	Güçlü
Toplam Katı Maddeler (TKM)	350	720	1200
Askıda Katı Maddeler (AKM)	100	220	350
Çökelebilen Katı Maddeler (ÇKM, ml/l)	5	10	20
Biyolojik Oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> )	110	220	400
Toplam Organik Karbon (TOK)	80	160	290
Kimyasal Oksijen ihtiyacı (KOİ)	250	500	1000
Toplam Azot (TN)	20	40	85
Toplam Fosfor (TP)	4	8	15

### 2.1.2. Endüstriyel atıksular

Endüstriyel atıksular; ticari faaliyetin yürütüldüğü alanlarda oluşan ve endüstriden endüstriye farklılık gösteren atıksulardır. Bennzer sektördeki endüstrilerde bile, uygulanan proseslerin ve hammaddelerin değişkenliği atıksuyun özelliğini değiştirmektedir. Bu özelliklere göre arıtma yöntemi belirlenirken, dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Şehir alt yapısının ve diğer tesislerin korunması,
- Arıtma tesisinin korunması ve çalışmasına engel olunması,
- Çıkış suyunun zirai kullanımında toprak ve bitkilere zarar vermemesi,
- Yeraltı su kaynaklarının kirlenmemesi,
- Atıksuların; deşarj standartlarına uygun nitelikte olması (Debik vd., 2013)

### 2.1.3. Kentsel atıksular

Evsel atıksuyun, endüstriyel veya yağmur suyu ile karışımı kentsel atıksuyu ifade etmektedir. Türkiye’de bazı şehir atıksu karakterizasyonu Çizelge 2.2’ de verilmiştir.

**Çizelge 2.2:** Türkiye’deki bazı şehir atıksu karakterizasyonu (Erdoğan vd., 2004).

TESİS	KOİ (mg/L)		BOİ <sub>5</sub> (mg/L)		AKM (mg/L)		TKN (mg/L)		TP (mg/L)	
	Aralık	Ort.	Aralık	Ort.	Aralık	Ort.	Aralık	Ort.	Aralık	Ort.
İzmir AAT	79-1154	424	80-540	202	54-1188	250	16-97	41	2.52-27.6	7.68
Tarsus AAT	100-1198	439	140-400	225	19-923	190	21-71	46	15-37	24
Antalya AAT	35-704	386	30-475	252	18-840	266	9-50	27	1-14	6
Ankara AAT	109-528	305	50-245	159	65-380	147	8-87	40	3.3-12.2	8.2
Isparta AAT	184-976	423	150-450	251	75-836	158	-	-	-	-

## 2.2. Azot ve Fosfor Giderimi

### 2.2.1. Azot giderimi

Atıksularda azot gideriminde biyolojik yöntemler uygulanmakta, organik azot bileşenleri organizmalar tarafından parçalanarak amonyuma dönüştürülmektedir. Amonyumun bir kısmı organizmalar tarafından hücrel proteine çevrilirken diğer kısmı da nitrifikasyon bakterileri tarafından nitrit ve nitrate dönüştürülmektedir. Bu işleme ‘nitrifikasyon’ denir. Nitrat iyonlarının denitrifikasyon bakterileri tarafından önce nitrit, sonra da azot gazına (N<sub>2</sub>) dönüştürülmesi işlemine ‘denitrifikasyon’ denir.

### 2.2.2. Fosfor giderimi

Biyolojik fosfor gideriminde, nitrat ve oksijen geri devrinin minimum seviyede tutulduğu anaerobik selektör havuzu (Bio-P) tasarlanmalıdır. Biyolojik fosfor gideriminin yetersiz olduğu koşullarda, ayrıca kimyasal madde dozlaması yapılmalıdır.

Eklenecek kimyasal, havalandırma havuzları ile dağıtım havuzu arasına yapılarak otomatik olarak kontrol edilir. Fosfor giderimi için gerekli minimum çamur yaşı 2-3 gündür. Ayrıca, atıksu karakterizasyonu ve çevresel koşullara göre; UCT, Johannesburg, VIP, Phostrip vb. çeşitli özel prosesler de biyolojik azot ve fosfor giderimi için uygulanabilir (Henze vd., 2008).

### 2.3. Aktif Çamur Sistemleri ve Modifikasyonları

Aktif çamur prosesi, oksijen ihtiyacına göre çalışan havalandırma havuzu ile havuzun çıkışına yerleştirilen bir çökeltim havuzundan ibarettir. Çökeltim havuzu tabanındaki çamur, geri devir pompaları ile havuzun girişine gönderilir bir kısmı da sistemden uzaklaştırılır (Kargı, 1995). Karbon giderimi yapan aktif çamur prosesleri için tasarım parametreleri Çizelge 2.3' te verilmiştir.

**Çizelge 2.3:** Aktif çamur sistemi içinde dizayn parametreleri.

PROSES ÇEŞİTLERİ	$\theta_c$ , Gün	F/M, kg BOI/kgTAKMg	kg BOI <sub>5</sub> / m <sup>3</sup> .g	TAKM, mg/L	t=V/Q, sa	Q <sub>r</sub> /Q
Klasik	5-15	0.2-0.4	0.32-0.4	1500-3000	4-8	0.25-0.75
Tam karışımli	5-15	0.2-0.6	0.8-1.92	2500-4000	3-5	0.25-1
Kademeli besleme	5-15	0.2-0.4	0.64-0.96	2000-3500	3-5	0.25-0.75
Temas	5-15	0.2-0.6	0.96-1.2	1000-3000	0.5-1	0.5-1.5
Stabilizasyonu						
Uzun	20-30	0.05-0.15	0.16-0.4	3000-6000	18-36	0.5-1.5
Havalandırmalı						
Yüksek-hızlı	5-10	0.4-1.5	1.6-16	4000-10000	2-4	1-5
Havalandırma						
Oksidasyon	10-30	0.05-0.3	0.08-0.48	3000-6000	8-36	0.75-1.5
Hendeği						
AKR	-	0.05-0.3	0.08-0.24	1500-5000	12-50	-

Aktif çamur sistemlerinin, kademeli beslemeli-havalandırmalı, tam karışımli, uzun havalandırmalı, piston akımlı ve oksidasyon hendeği gibi çeşitli tipleri mevcuttur. Aktif çamur prosesleri;

Tam karışımli aktif çamur prosesi, havuz içerisindeki kirletici madde ile mikroorganizma konsantrasyonunun homojen yapının sağlanabildiği prosestir. Havuzun her noktasındaki özellikler aynı olduğundan, çıkış suyu kalitesi de havuz içeriğine eşittir. Bu özellik sayesinde, organik yüklemelerdeki salınımlar, çıkış suyu kalitesini bozmaz.

Kademeli havalandırma, piston akımlı reaktörlerin bir türüdür. Bu süreçte, giriş suyu, havuz uzunluğu boyunca iki veya daha fazla noktadan verilir. Bu sayede, oksijen gereksinimi azalarak ve basamak havalandırma gereksinimi ortadan kaldırılmıştır. Giren organik yük havuz içeriğindeki MLSS'e kademeli olarak dağıtıldığından,



sistemde değişik bir mikrobiyal üreme söz konusudur. Piston akımlı reaktörler, uzunluk/genişlik oranının yüksek olması ile ya tek bir havuz ya da tam karışımı küçük reaktörlerin seri bağlanması ile gerçekleştirilir. Genelde difüze havalandırma uygulanmaktadır (Toprak, 2000).

Kontak stabilizasyon sisteminde atıksular geri devir çamuru ile karıştırılıp kontak havuzunda 30-90 dakika süreyle havalandırılır. Bu esnada organik maddeler çamur flokları tarafından absorbe edilir. Son çöktürme havuzunda çamur, tasfiye edilen sudan ayrılır ve geri döndürülerek havalandırma havuzunda havalandırılır. Geri dönen çamurun bir kısmı sabit bir madde konsantrasyonu elde etmek için sistemden dışarı atılmaktadır (Metcalf & Eddy, 2003).

### 2.3.1. Aktif çamur proses tasarımı

Aktif çamur prosesi dizaynında dikkat edilmesi gereken parametreler:

- Çamur üretimi,
- Yükleme kriterleri,
- Filament (ipliksi) organizmaların kontrolü,
- Reaktör tipinin seçimi,
- Besi maddesi ihtiyacı,
- Çıkış suyu özellikleri (deşarj standartları).
- Oksijen ihtiyacı ve transferi,

#### 2.3.1.1. Yükleme kriteri

Aktif çamur prosesinin dizaynında en çok kullanılan parametreler mikroorganizma oranı (F/M) ve çamur yaşı ( $\theta_c$ ) dır.

Mikroorganizma oranı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$F/M = S_o / (\theta * X) \quad (2.1)$$

Q = atıksu akış debisi, (m<sup>3</sup>/gün)

F/M = mikroorganizma oranı (çamur yükü), (gün<sup>-1</sup>)

X = havuzdaki uçucu askıda katı madde (UAKM) konsantrasyonu, (mg/L)

$\theta$  = havalandırma havuzunun hidrolik kalış süresi =  $V/Q$ , (gün)

$V$  = havalandırma havuzu hacmi, ( $m^3$ )

$S_o$  = Giriş atıksudaki BOI veya KOI konsantrasyonu, (mg/L)

Besin madde kullanım hızı aşağıdaki gibi ifade edilir

$$U = (F/M) * E / 100 \quad (2.2)$$

Verim yerine  $(S_o - S/S_o) * 100$  ve  $F/M$  yerine 2.1. denklemi konulursa yukarıdaki eşitlikteki  $U$  aşağıdaki gibi ifade edilir,

$$U = (S_o - S)\theta / X \quad (2.3)$$

$S$  = Çıkış atıksuyu BOI veya KOI, (mg/L)

Çamur yaşı aşağıda verilen her iki denklemle de ifade edilebilir. Havalandırma tankı hacmine göre tanımlama:

$$\theta_c = V_r X / (Q_w X_w + Q_e X_e) \quad (2.4)$$

$V_r$  = Havalandırma havuzu hacmi, ( $m^3$ )

$X$  = Havalandırma havuzundaki uçucu askıda katı konsantrasyonu, (mg/L)

$X_e$  = Çıkış atıksuyunda uçucu askıda katı konsantrasyonu, (mg/L)

Toplam sistem hacmine göre tanımlama:

$$\theta_{ct} = X_t / (Q_w X_w + Q_e X_e) \quad (2.5)$$

$\theta_{ct}$  = Toplam sisteme bağlı olarak hesaplanması çamur yaşı

$X_t$  = Sistemde toplam uçucu askıda katı kütlesi, havalandırma havuzu, son çöktürme havuzu ve geri dönüş hattındaki çamuru içerir.

Çamur yaşı  $\theta_c$ , besi-mikroorganizma oranı  $F/M$  ve özgül substrat kullanım hızı  $U$  arasındaki bağıntı aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$1/\theta_c = Y(F/M)(E/100) - k_d = YU - k_d \quad (2.6)$$

$Y$  = Verim katsayısı, (kütle/kütle)

E = Proses verimi, (%)

$k_d$  = İçsel bozunma katsayısı, (zaman<sup>-1</sup>)

F/M in tipik literatür değeri 0,05- 1 arasında değişir. İyi kalite çıkış suyu, iyi çökme özelliğine sahip çamur ve kararlı bir sistem için 3-15 gün çamur yaşı uygulanır. Havalandırma tankında tipik hidrolik kalış süresi 4-8 saat arasında değişir. Günlük BOI yükleme hızı da 0,3 –3 kg/m<sup>3</sup> gündür.

### 2.3.1.2. Çamur üretimi

Çamur yoğunlaştırıcı tasarımı yapabilmek için günlük üretilen çamur miktarı bilinmeli ve 2.7 eşitliği ile hesaplanır.

$$P_x = Y_{göz}Q(S_o-S)(103g/kg)^{-1} \quad (2.7)$$

$P_x$  = Atılan fazla aktif çamur, (kg/gün)

$Y_{göz}$  = Gözlenen verim, (g/g)

$Y_{göz}$  , aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Y_{göz} = Y / (1+k_d(\theta_c \text{ veya } \theta_{ct})) \quad (2.8)$$

$\theta_c$  veya  $\theta_{ct}$ ; çamur konsantrasyonuna bağlıdır. Yüksek konsantrasyonda  $\theta_{ct}$ ' nin kullanımı uygundur.



### 3. YAPAY SİNİR AĞLARI

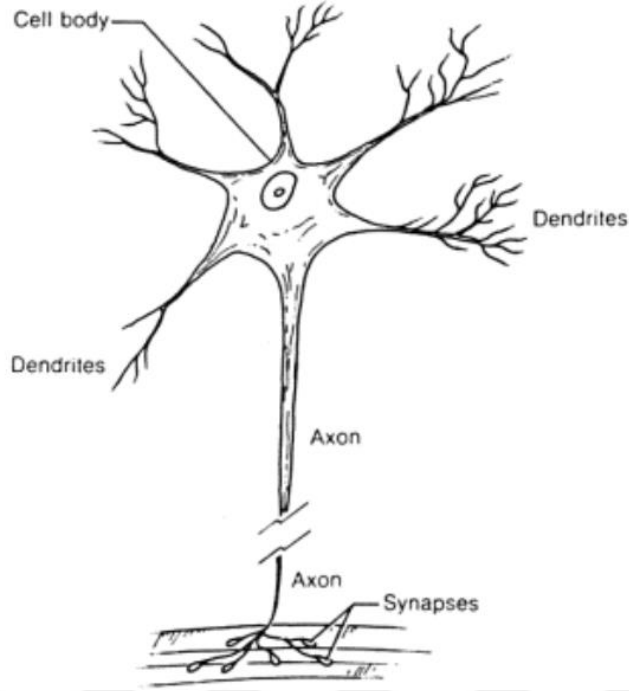
#### 3.1. Giriş

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, tüm canlılarda bulunan sinir sisteminin çalışmasını elektronik ortama taşımayı hedef alan yazılımdır. Diğer bir tanım ile; “Bir sinir ağı, deneysel bilgileri biriktirmeye yönelik doğal bir eğilimi olan ve bunların kullanılmasını sağlayan basit işlem birimlerinden oluşan yoğun bir şekilde paralel dağıtılmış bir işlemcidir”. Bu işlemci iki bakımdan beyin ile benzerlik göstermektedir (Haykin,. 1999):

- Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreciyle kendi çevresinden elde edilir.
- Elde edilen bilgileri biriktirmek için sinaptik ağırlıklar olarak da bilinen nöronlar arası bağlantı kuvvetleri kullanılır.

İlk yapay sinir ağ modeli 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. 1943’ den sonra başka bilim adamlarının da bu konuda çalışmaları olmasına rağmen 1980’ li yıllar yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalar için bir atılım dönemi olmuştur. İleri beslemeli (feed forward) ağlarda yeni öğrenme modeli olan hatanın geriye yayılma algoritmasını (backpropagation algorithm) geliştirmesi, birçok problemin çözülmesini mümkün kılması ve çok sayıda başarılı uygulamaların yapılmasına olanak sağlaması bakımından bir dönüm noktası olarak kabul edilmiştir (Dünyamin, 2007).

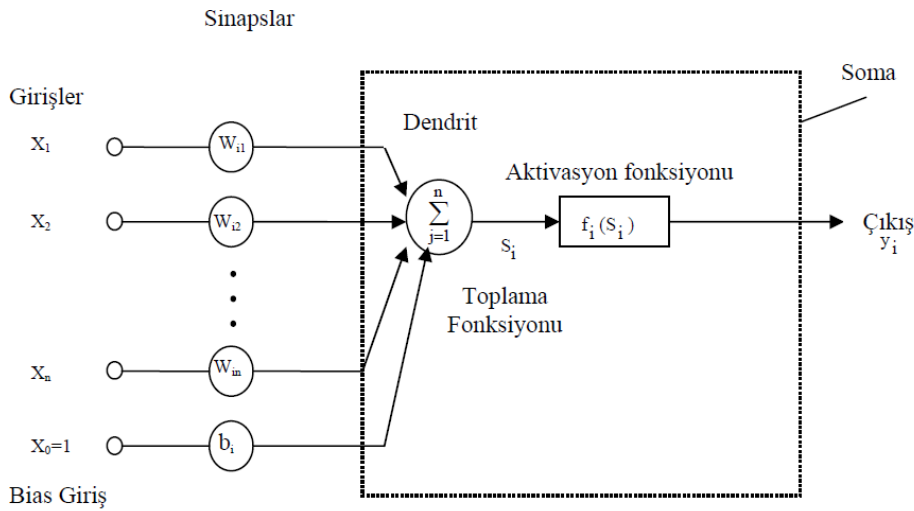
Biyolojik sinir sistemlerinde nöronlar; dendrit, akson, çekirdek ve bağlantılar olarak bölümden oluşmaktadır. Aksonlar, girişlerin iletme hızını artıran miyelin tabaka ile kaplıdır. Bu tabakada girişleri periyodik olarak yeniden üretmeye yarayan ranvier boğumu bulunmaktadır. Sinaps akson dendrit bağlantısıdır ve sinir hücreleri arasındaki elektrokimyasal bağlantıyı sağlar. Şekil 3.1’de basit bir nöronun yapısına ilişkin resim verilmiştir (Sinan R. vd., 2010)



**Şekil 3.1:** Basit nöron yapısı

### 3.2. Yapay Nöron

Yapay sinir ağlarının, insan sinir sisteminden esinlenerek yapıldığından bahsetmiştik. Nöronların yapısı ve sistematığı ile ilgili verilen bu bilgiler doğrultusunda yapay sinir ağlarında basit bir nöronun işleyişi Şekil 3.2' de ki gibidir. (Temizel, 2012)



**Şekil 3.2:** Yapay nöronun şematik gösterimi. (Vas, 1999).

Girişler ( $x_n$ ) olarak temsil edilmiştir. Bu girişlerin her biri sinaptik ağırlık değerleri ( $w_{in}$ ) ile çarpılır ve  $b_i$  sabit değeri (genellikle bias veya aktivasyon fonksiyonunun

eşik değeri olarak da adlandırılmaktadır) ile toplanmak suretiyle net girdi  $s_i$  (eşitlik 3.1) elde edilir. Bu değerler, aktivasyon fonksiyonu ( $f_i$ ) ile işleme tabi tutulduktan sonra (eşitlik 3.2) çıkışı ( $y_i$ ) oluştururlar.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_{tj}x_j + b_i \quad (3.1)$$

$$y_i = f_i(S_i) = f_i\left(\sum_{j=1}^n w_{tj}x_j + b_i\right) \quad (3.2)$$

### 3.2.1. Girişler

Bir nörona girişin dış ve iç olmak üzere iki kaynağı bulunmaktadır. İç girişler, kendinden önceki girişleri ve bias girişini de kapsamaktadır. Girişler ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ )

### 3.2.2. Ağırlıklar

Ağırlıklar, hücreler arasındaki bağlantıların sayısal değerini belirtmektedir. Bir hücre üzerine gelen bilginin sistem içerisindeki değerini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Yapay sinir hücresine gelen bilgiler nöronlar üzerinden çekirdeğe ulaşmadan önce sahip oldukları bağlantıların ağırlık değeri ile çarpılarak çekirdeğe iletilir. Bu şekilde giriş verilerinin elde edilmek istenen çıktı değerine olan etkisi ayarlanabilir. Bu ağırlık değerleri pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Ağırlık değeri sıfır olan giriş verilerinin çıkış üzerinde herhangi bir etkisi olmamaktadır. (Temizel, 2012).

### 3.2.3. Toplama fonksiyonu

Toplama fonksiyonu, değişik fonksiyonlar kullanılmasına rağmen en yaygın biçimiyle, her bir ağırlığa karşılık gelen girişlerle çarpımının toplamlarını bias değeri ( $b_i$ ) ile toplayarak hücreye gelen net girdiyi ( $S_i$ ) hesaplar ve aktivasyon fonksiyonuna gönderir. Bir yapay sinir ağında bulunan yapay nöronların hepsinin aynı toplama fonksiyonu sahip olmaları gerekmez ve genellikle deneme yanılma denemeleri ile tespit edilmektedirler (Elmas, 2003).

### **3.2.4. Aktivasyon fonksiyonu**

Aktivasyon fonksiyonu, hücreye gelen net girdiyi işleme tabi tutmak suretiyle hücrenin üreteceği çıktıyı belirler. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyonunda çıktıyı hesaplamak için değişik formüller kullanılmaktadır. En uygun fonksiyon deneme-yanılma denemeleri sonucunda tespit edilebilmektedir (Minsky vd. 1969).

### **3.2.5. Çıkış**

Aktivasyon fonksiyonunun ardından belirlenen çıktı değeridir. Ağ şeklinde gösterildiğinde bir proses elemanının birden fazla çıktısı varmış gibi görülmektedir. Bir proses elemanından çıkan tek bir çıktı değeri vardır ve aynı değer birden fazla proses elemanına girdi olarak gönderilmektedir. (Temizel, 2012).

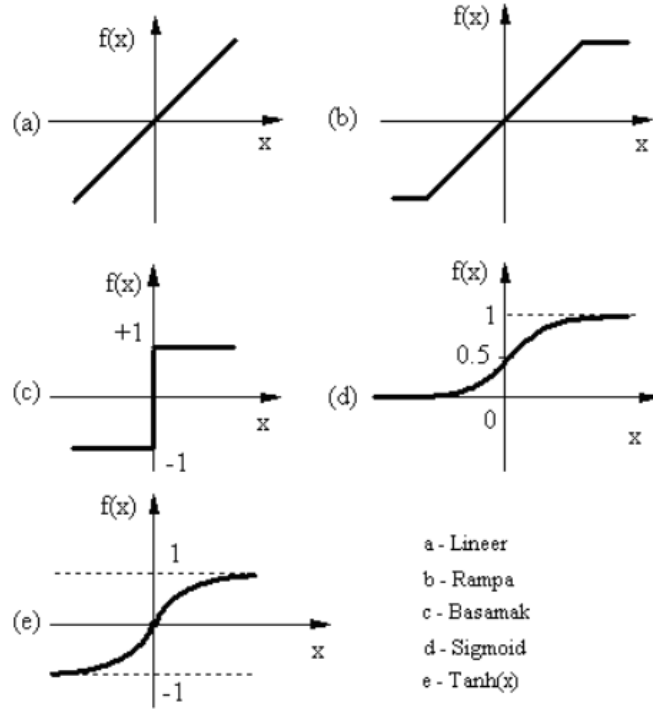
## **3.3. Aktivasyon Fonksiyonları**

Yapay sinir ağlarında, birleştirme (toplama) fonksiyonundan çıkan net toplam'ın sistemden elde edilmek istenen çıktı verilerini oluşturmasından önce transfer fonksiyonuna iletilmesi gerekmektedir. Transfer fonksiyonu genel olarak doğrusal olmayan fonksiyonlar arasından seçilir. Yapay sinir ağlarının doğrusal olmama özelliği transfer fonksiyonlarının doğrusal olmamasından kaynaklanmaktadır. Doğrusal olan fonksiyonların seçilmemesinin sebebi ise doğrusal fonksiyonlarda çıktı'nın girdi ile doğru orantılı olmasıdır (Minsky vd., 1969).

Transfer fonksiyonları seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise seçilen fonksiyonun türevinin kolay hesaplanabilir olmasıdır. Özellikle geri beslemeli ağlarda aktivasyon fonksiyonunun türevi de görev aldığı için hesaplamanın kullanılabilir olmasından dolayı, hesaplaması kolay bir fonksiyonun seçilmesi gerekmektedir.

Genellikle kullanılan transfer fonksiyonları eşik, sigmoid, hiperbolik tanjant vb. fonksiyonlardır. Bu fonksiyonlar arasında en çok kullanılanlar Şekil 3.3'de örneklenmiştir. (Temizel, 2012).





Şekil 3.3: Kullanılan eşik fonksiyonları.

### 3.4. Ağ Tipleri

Yapay sinir ağları, yapılarına göre ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback) ağlar olarak sınıflandırılmaktadırlar.

1- İleri Beslemeli Ağ: İleri beslemeli ağlarda nöronlar genellikle katmanlara ayrılmışlardır. Her bir katmandaki nöronlar sadece önceki katmanın nöronlarına beslenir ve dolayısıyla bilgi akışı sadece ileriye doğrudur. Nöronların aynı katman içerisinde bağlantıları bulunmaz. Bu ağlar statik ağlar olarak da bilinirler (Kröse vd., 1996; Vas, 1999).

2- Geri Beslemeli Ağ: Geri beslemeli ağlar, çıkış ve ara katmandaki nöron çıkışlarının, en azından giriş veya önceki ara katmanlara geri beslendiği ağ yapısını temsil ederler. Bir katmandan diğerine veya kendisine doğru uzanan ağırlıklar yoluyla geri besleme bağlantılarına izin veren bir ağ yapısı gösterir. Böylece bilgi akışı hem ileri yönde hem de geri yönde olmaktadır. İleri beslemeli ağların aksine ağın dinamik özellikleri çok önemlidir (Haykin, 1999; Kröse vd., 1996).

### 3.5. YSA Öğrenme Algoritmaları

Öğrenme, yapay sinir ağlarının ayrılmaz bir parçasıdır. Öğrenme algoritması, öğrenme kuralının YSA' ya nasıl adapte edileceğini belirtir. Yapay sinir ağlarında genel olarak iki öğrenme algoritması ve bunların uygulandığı değişik öğrenme kuralları bulunmaktadır. Bu öğrenme yaklaşımları temel olarak danışmanlı ve danışmansız olmak üzere iki farklı gruba ayrılmaktadır.

**Danışmanlı Öğrenme (Supervised Learning):** Bu tip öğrenme yaklaşımında, bir danışman veya öğretmen eşliğinde YSA' ya ne öğrenmesi gerektiği eldeki gerçek örnekler yoluyla bildirilmektedir. Öğrenilmesi istenen problem ile ilgili örnekler sisteme giriş ve çıkış seti olarak verilir. Her bir örnek için arzu edilen çıkış ile gerçek çıkış arasındaki farka göre, nöronlar arası bağlantıların ağırlığı, ağ doğru sonuçları verecek şekilde seçilen bir öğrenme algoritması yardımıyla düzenlenir. Bu sayede girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiler öğrenilmektedir. Genelleştirilmiş delta kuralı veya geri yayılım (back propagation) algoritması danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak verilebilir (Sağiroğlu vd., 2003).

**Danışmansız Öğrenme (Unsupervised Learning):** Danışmansız öğrenmede, probleme ait giriş değerlerine karşın istenilen çıkış değerinin bilinmesine gerek yoktur. Bu tür öğrenme daha çok sınıflandırma problemleri için kullanılmaktadır.

Girişe verilen örnekten elde edilen çıkış bilgisine göre, ağ sınıflandırma kurallarını kendi kendine geliştirmektedir. Girişe göre, bu giriş verileri arasındaki matematiksel ilişkilere göre bağlantı ağırlıkları ayarlanmaktadır. Böylece ağ veriyi üyeleri birbirinin benzeri olan desenlere (patterns) yol göstermeksizin ayırır ve buna karşılık bir çıkış üretir. Farklı özellik gösteren desenlerde ise yeni çıkışlar üretilir.

### 3.6. Yapay Sinir Ağlarının Atıksu Arıtma Tesis Uygulamaları

Yapay sinir ağlarının (YSA) bir modelleme tekniği olarak atıksu arıtımında kullanılmasına yönelik çalışmalar, 1990'lı yıllara kadar uzanmaktadır. Chemnitz-Heinerdorf (Almanya) pilot arıtma tesisinin (10.000 EN) biyolojik arıtma ünitesi girişinde 3 hafta süresince iletkenlik, bulanıklık, redoks potansiyeli 2 saatlik kompozit numunelerde tayin edilerek, giriş  $BOI_5$  konsantrasyonları tahmin

edilmiştir. Sonuçlar, gerçek değerler ile tahmin değerleri arasında iyi bir örtüşme olduğunu ortaya koymuştur (Becher vd., 1994).

Chemnitz-Heinerdorf (Almanya) pilot arıtma tesisin (10.000 EN) azot giderim ünitesinde, yapay sinir ağları yardımıyla dinamik bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Proses verileri, dört haftalık ölçümlerden elde edilmiştir. Giriş, denitrifikasyon ve nitrifikasyon ünitelerinin çıkışında  $\text{NH}_4\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3\text{-N}$  parametleri 2 saatlik kompozit numunelerde tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra giriş debisi, geri devir ve geri devir çamur miktarları da ölçülmüştür (Winkler vd., 1995).

6 farklı veri grubunda, yağmurlu hava verilerinin dahil olduğu tüm veriler (Varyasyon-1) ve sadece kurak hava verileri (Varyasyon-2) dikkate alınarak 11 model oluşturulmuş ve optimum YSA yapısı tespit edilmiştir. Backpropagation (geriye yayılım) ve Radial Basic Funktion Network (RBFN) yapılarının daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Varyasyon-2 model simülasyon sonuçlarının Varyasyon-1'e göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Varyasyon-1 için korelasyon katsayısı (R), minimum yüzde hata, ortalama yüzde hata ve maksimum yüzde hata sırasıyla 0,87, % 0.00, % 4.4 ve %50,2 olmasına karşın varyasyon 2'de 0.89, % 0.00, % 3.8 ve %28,7 olarak bulunmuştur.

Almanyadaki bir başka çalışmada ise, Siegen yakınlarındaki evsel bir atıksu arıtma tesisinde (12.000 EN) yürütülen bir çalışmada, on-line ölçüm analizatörlerinin eksik verilerinin YSA kullanarak tamamlanabileceği gösterilmiştir (Hack vd., 1996). Bu bağlamda arıtma tesisi girişinde, havalandırma tankında ve çıkışta pH, iletkenlik, bulanıklık, redoks potansiyeli,  $\text{KOİ}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3\text{-N}$  parametreleri, haftalık bir dönem için sürekli olarak ölçülmüştür. İlk hafta verileri modelin eğitimi, diğer veriler ise model testi için kullanılmıştır. Giriş  $\text{KOİ}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$  konsantrasyonları ile havalandırma tankı  $\text{NH}_4\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3\text{-N}$  konsantrasyonları MLP modeli ile tahmin edilmiştir. Model performansının göstergesi olarak, ortalama yüzde hata sırasıyla %7.4, %9.2, %16, %27 olarak bulunmuştur. Diğer yandan korelasyon katsayısı (R) giriş  $\text{KOİ}$  konsantrasyonları için 0.92 iken havalandırma tankı  $\text{NH}_4\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3\text{-N}$  konsantrasyonları için 0.91 ve 0.82 olarak hesaplanmıştır.

Ardışık kesikli reaktörde (SBR) yürüttükleri bir çalışmada, ASM2, basitleştirilmiş proses modeli (SPM), basitleştirilmiş proses modeli (SPM) - yapay sinir ağı (ANN) hibrid modeli vasıtasıyla azot ve fosfor konsantrasyonu simülasyon sonuçlarını

kıyaslamıştır. (Zhao vd., 1999), ASM2 fosfor giderimini de dikkate alan detaylı bir model karşın bu çalışmada, SPM SBR proses bilgisinden yararlanılarak ASM2 modelinin basitleştirilmiş şekli olarak ortaya konmuştur. Çoğu zaman bu iki model ile yaklaşık değerler elde edilmesine karşın proses değiştiğinde yeni kalibrasyon gerektiği vurgulanmıştır. En iyi sonuçlar, mekanistik model ve yapay sinir ağlarının avantajlarını bünyesinde barındıran hibrid model ile elde edilmiştir.

Brezilya'da saf tereftalic asit üreten bir kimya endüstrisinin atıksularının çıkış Toplam Organik Karbon (TOK) konsantrasyonlarını, backpropagation (geriye yayılım) eğitime algoritması ve delta-bar-delta eğitime kuralı kullanarak YSA ile modellemiş ve hassasiyet analizleri yapmıştır (Gontarski vd., 2000). Seri bağlı üç havalandırma tankı ve çökeltme tankından oluşan aktif çamur ünitesinden elde edilen giriş pH, Toplam Organik Karbon (TOK), debi, geri devir debisi oranı, havalandırma tankı TOK, çamur konsantrasyonu (MLSS), Çözünmüş oksijen (ÇO), ortalama çamur yaşı ( $\theta_c$ ) verileri modelin eğitiminde kullanılmıştır. Eğitim ve test esnasındaki ortalama korelasyon katsayıları (R) sırasıyla 0.98 ve 0.97 olarak bulunmuştur

Brezilyadaki bir kağıt endüstrisi atıksularının arıtıldığı havalandırma lagün giriş ve çıkış BOİ değerlerini geliştirdikleri model yardımıyla tahmin etmeye çalışmışlardır (Oliveira vd., 2004). Çalışmaları esnasında iki farklı data grubunda farklı modeller denemelerine rağmen en iyi sonucu MLP ile elde etmişlerdir. Test datalarında giriş BOİ için  $R_2=81,3$  çıkış BOİ için ise  $R_2=69,7$  sonuçları ile havalandırma lagün BOİ konsantrasyonlarının dinamik olarak modellenebileceğini ortaya koymuşlardır.

Kahire'deki (Mısır) Merkezi Atıksu Arıtma Tesisinin değişik kademelerinde 10 ay boyunca yürütülen BOİ ve AKM konsantrasyonu ölçüm sonuçları kullanılarak, yapay sinir ağları ile bu iki parametrenin atıksu arıtma tesisi çıkış konsantrasyonları modellenmiştir (Hamed vd., 2004). Dört ayrı grup data için yapılan modelleme de MLP (çok katmanlı perseptron) ağ yapısı ve backpropagation (geriye yayılım) öğrenme algoritması seçilmiştir. YSA ve lineer regresyon modellerinin karşılaştırıldığı çalışmada, en iyi model sonuçlarının YSA ile ön çökeltme tankı çıkışı verilerinin modele dahil edilmesiyle elde edildiği gözlenmiştir. Test datalarında BOİ ve AKM için sırasıyla korelasyon katsayısı karesi ( $R^2$ ) 0.63 - 0.81 ve 0.45 - 0.65 arasında bulunmuştur.

Başka bir çalışmada ise, Sain Cyprien (Fransa) Atıksu Arıtma Tesisinde (80.000 E.N.) online olarak yıl boyunca ölçülen arıtma tesisi giriş debisi (Qin), hava debisi (Qair) ve çözünmüş oksijen (ÇO) parametrelerini ön veri işlemeye tabi tutmak suretiyle öncelikle giriş KOİ ve NH<sub>4</sub>-N sonrasında da tüm giriş parametrelerini kullanarak çıkış KOİ ve NH<sub>4</sub>-N konsantrasyonlarını tahmin etmişlerdir (Grieu vd., 2005). MLP (çok katmanlı perseptron) ağ yapısında çeşitli eğitime algoritmaları seçilmesine rağmen Levenberg-Marquart eğitime algoritması daha hızlı ve robust (kararlı) olarak kendinigöstermiştir. Modelin test safhasında KOİ ve NH<sub>4</sub>-N konsantrasyonlarının giriş ve çıkıştaki ortalama yüzde hataları (average relative error) iki ayrı data grubunda sırasıyla % 9.8 - 13.3, % 12.8 - 14 ve % 13.9-15.2, % 15.7 - 6.6 arasında kalmıştır.

Ülkemizdeki bir uygulamada ise, atıksu kokusu ve BOİ parametrelerinden hareketle, YSA modelleme tekniği ile veri grubunun birinde koku sınıflandırılmasını diğerinde ise koku ve BOİ arasındaki ilişkiyi yüksek korelasyon katsayılarına ulaşan değerler (R=0.93) ışığında ortaya koymuşlardır (Onkal vd., 2005). Bu noktadan hareketle, modelin değişen atıksu arıtma tesisi şartlarına adaptasyonu neticesinde elektronik burun (electronic nose) verileri yardımıyla online BOİ konsantrasyonlarının kolaylıkla izlenebileceği vurgulanmıştır.

Kimyasal oksidasyon prosesinin renk giderimi kontrolü için modifiye edilmiş NERST modelini kullanmıştır. (Chang, vd., 1996). Laboratuvar çalışmalarında tekstil endüstrisi atıksularındaki 5 farklı boyar maddenin renk giderimi için NaOCl kullanmıştır. Renk değerleri spektrofotometre ile otomatik ölçüm sistemine göre ölçülmüştür. Renk giderim çalışmaları esnasında bilgisayar ortamında oksijen giderim potansiyeli ve pH değerleri takip edilmiştir. Bu çalışma ile her boyanın giderim verimi bulunmuştur.

Atıksu arıtma tesisinin Fuzzy kontrol ve ağ şebekesi ile etkinliğinin arttırılmasını araştırmıştır (Bongards, 2001). Atıksu arıtma tesislerindeki işletim ana problemlerinden biri olan çamur susuzlaştırılması durumudur. Organik maddelerin çokluğu ve azot içeriğinden dolayı her ikisinin de aynı ortamda artırılması gerekmektedir. Bir saat içinde çıkış değerlerinin ağ şebekesi yoluyla belirlendiği kimyasal doz miktarlarının Fuzzy kontrollerinin kullanıldığı bir kombinasyon oluşturulmuştur. Bu dizayn kontrol edilen sistemin Fuzzy kontrolü ile basit ve

kolaylıkla birleştirilebilmesi için doğrusal olmayan bir kontrolün yapılmasına müsaade eder. Birkaç ay süren çalışmalar sonucunda sistemin güvenilir olduğu ve sistemin etkinliğinin artması için gerekli donanım ile güçlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Son çökeltim havuzunda çamur karakteristiğinin sayısal olarak modellenmişlerdir (Armbruster vd., 2001). Son çökeltim havuzundaki düzensiz ve yoğun çamurun sayısal modellemeleri ile ilgili hesaplamada mevcut çamurun azaltılması ve çökme miktarını belirlenmesine olanak tanımıştır. Çamurun çökme karakteristiğini tanımlamak için yaklaşımlardan biri çamur derinliği olarak belirlenmiştir.

Verilerin online olarak simülasyonu için veri kaynağı oluşturmuşlardır. Kentsel atıksu arıtma tesislerinin online simülasyon sonuçlarını elde etmek için zor olan faktör iyi derecede verim için gerekli verilerin elde edilmesidir. Ön çalışma yapılmadığı takdirde elde edilen verimin simülasyon modelde kullanılması mümkün olmayacaktır. Bu nedenle hazırlanan veriler modele uygun giriş değerlerine dönüştürülmelidir. Eğer bireysel ölçüm değerleri iptal olursa kalan bilgilere dayalı yedek değer konsepti geliştirilmiş olmalıdır. Bu şekilde veri kaynağının devamlılığı sağlanabilir. Bu problemin çözümü için değişik yaklaşımlar mevcuttur. Veri akış safhasının yer aldığı Wupperverband tarafından geliştirilmiş program Wuppertal-Buchenhofen STP'nin gelecekteki online simülasyon oluşumu olarak sonuçlandırılmıştır. (Rolfs vd., 2001)

Atıksu arıtma süreci ve uygun proses seçimi için uzman sistem kullanmışlardır (Yang vd., 1996). Atıksu arıtma sistemi seçilen arıtma prosesine ve arıtılacak parametrelere bağlı olarak değişik uygulama aşamaları içerir. Matematiksel programlama yöntemleri atıksu arıtma sistemleri dizayn problemini çözmek için düşünülebilir. Burada değişik uygulamalar için bilinen parametreler kabul edilmiştir. Sonuç olarak geliştirilen sistem kimyasal atıksu prosesinin çalıştırılması için uyarlanmıştır.

Aktif çamur proseslerinde çözünmüş oksijenin doğrusal olmayan gözlemlerinin kontrolünü yapılmış (Lindberg vd., 1996). Aktif çamur proseslerinde çözünmüş oksijen konsantrasyonunun kontrolü hem ekonomi hem de süreç verimi açısından oldukça önemlidir. Bunun için değişken çözünmüş oksijen konsantrasyonu kontrol

yöntemleri geliştirilmiştir. Burada temel düşünce değişken oksijen transferi işlevinin verilerinin işlenmesidir.

Kentsel atıksu arıtma tesisi performansını yapay zeka yöntemleri ile modellenmiş (Civelekoğlu vd. 2006). Çalışmada bir kentsel atıksu arıtma tesisinin hedef çıktı değişkeninin KOİ, aynı tesise ait geçmiş verilerle tanımlanması ve bu verilerle eğitilmesi ile daha hızlı ve güvenilir olarak tahmin edilmesini hedeflemiştir. Çalışma kapsamında İSKİ Tuzla Kentsel Atıksu Arıtma tesisi biyolojik arıtım süreci verileri kullanılmış ve yapay zeka yöntemleri Adaptif Ağ Temelli Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS, Adaptive Network based Fuzzy Inference System) ile Yapay Sinir Ağlarını uygulamışlardır. Aynı girdi ve çıktı değişkenlerine sahip ANFIS ve YSA model yapıları kurularak model sonucu elde edilen KOİ değerlerinin tahmin performanslarını karşılaştırmışlardır.

Keban baraj gölü, Mogan ve Eymir gölleri için ötrofikasyon modellemesi yapılarak (Karul vd. 2000). Hava kirliliği üzerine de yapay zeka sistemleriyle çok sayıda modelleme çalışmaları yapılmıştır.

Yapay zeka kullanarak pH modellemesi yapılarak (Moatar vd., 1999). Su kaynağındaki değişkenlerin tahminini modellemiş. Ünite özelinde yapılan çalışmalara örnek olarak; anaerobik çürütücülerde metan üretimini ileri beslemeli back propagation algoritmasıyla modellemişlerdir. Model parametreleri olarak kararlı konumdaki reaktörlerden alınan gaz kompozisyonu, metan üretim hızı, uçucu yağ asitleri konsantrasyonu, pH, redoks potansiyeli, uçucu AKM ve KOİ verilerini kullanmışlar ve çeşitli kademelerde gaz üretimini tahmin ederek şok yüklemeleri tahmin etme ve önlemede başarı sağlamışlardır.

Atıksu arıtma tesisindeki 6 reaktörün herbirini bir YSA ile simule edip, bir de sistemi tek YSA olarak modelleyerek çıkış TOK değerlerini tahmin etmişlerdir (Gontarski vd., 2000). Kullandıkları parametreler her reaktöre giriş TOK değeri, Her reaktöre giriş debisi, AKM, reaktörlerdeki ÇO konsantrasyonu, ortalama çamur bekleme süresi ve kinetik sabitlerdir. YSA çıktısı ise sistemin TOK değeridir.

Biyolojik arıtım ünitelerini YSA ile modelledikleri çalışmalarında değişkenler olarak giriş BOİ, giriş KOİ ve giriş debisini kullanılmış ve istatistiksel prensiplerin YSA model yapısında kullanılmasının model performansını önemli ölçüde arttırdığını ortaya koyulmuştur (Oliveira vd., 2004).

Hastane atıksularının aktif çamur ile arıtıldığı bir tesisin YSA ile simülasyonunda AKM, BOİ, KOİ ve renk parametrelerini sistem parametresi olarak ele almışlar (Pai ve diğ. 2007). Tesis bütünü üzerinde yapılan YSA modelleme çalışmalarına örnek olarak;

Bir kentsel atıksu arıtma tesisinde anahtar parametreler olarak KOİ, BOİ ve AKM değerlerinin çıkış suyundaki tahminini başarıyla yapmışlar (Çınar, 2005). Eysel atıksu arıtma tesisi performansını BOİ, AKM ve fekal koliform parametreleri üzerinden izlemiş ve YSA modeliyle bu parametrelerin çıkış değerleri tahminlerini başarıyla yapmıştır.

Eysel atıksu arıtma tesisine ait 10 aylık BOİ ve AKM verisi kullanılarak yapılan birkaç aşamalı eğitime sonucu tesisin bu parametreler bazında performansının doğru tahmin edilebildiğini göstermişlerdir (Açıklan vd. 2005) Atıksu arıtma tesisi kirlilik parametrelerinden BOİ, KOİ ve AKM çıkış değerlerini tahmin etmek için YSA metodu kullanmışlardır. Model geliştirmede kullanılan veriler atıksu sıcaklığı, pH, ortalama debi, KOİ, BOİ ve AKM parametrelerinden oluşmaktadır. Adapazarı Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi verileri kullanılarak oluşturulan modellerden Çok Katmanlı Algılayıcı modelinin gerçek verilere oldukça iyi bir sonuçla uyum sağladığı sonucuna ulaşmışlardır.

Grafik bir model olan Fuzzy Casual Network (FCN) geliştirmiş ve atıksu arıtma tesisi çalışmasına uygulamıştır. (Huang vd., 1999) Eysel atıksuya, öncül arıtma, ön çökeltme ve aktif çamur arıtım ünitelerinden oluşan tesisten 527 veri alınmıştır. pH, BOİ, KOİ, AKM, UKM, sediment iletkenlik takip edilmiştir. Üç arıtma ünitesi giriş ve çıkışlarından elde edilen veriler arasında eksik olan değerler ise YSA kullanılarak tahmin edilmiştir. İşletmenin üç işlem adımı için üç katmanlı YSA geliştirilmiştir. Değişken değerlerinin olasılık dağılımı ve bölge bilgisi fuzzy üyelik fonksiyonlarını tanımlamak için birleştirilmiştir. (Huang vd., 1999) parametreler arası sebep sonuç ilişkisinin YSA ile etkin şekilde tanımlanamayacağını, FCN ile tanımlanabileceğini savunmuşlardır.



#### 4. KOCAELİ İLİ ATIKSU ARITMA TESİSLERİ

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, İSU Genel Müdürlüğü bünyesinde atıksu arıtma tesisleri ve daha çok küçük ölçekli köylerin atıksularının arıtıldığı modüler atıksu arıtma tesisleri mevcuttur.

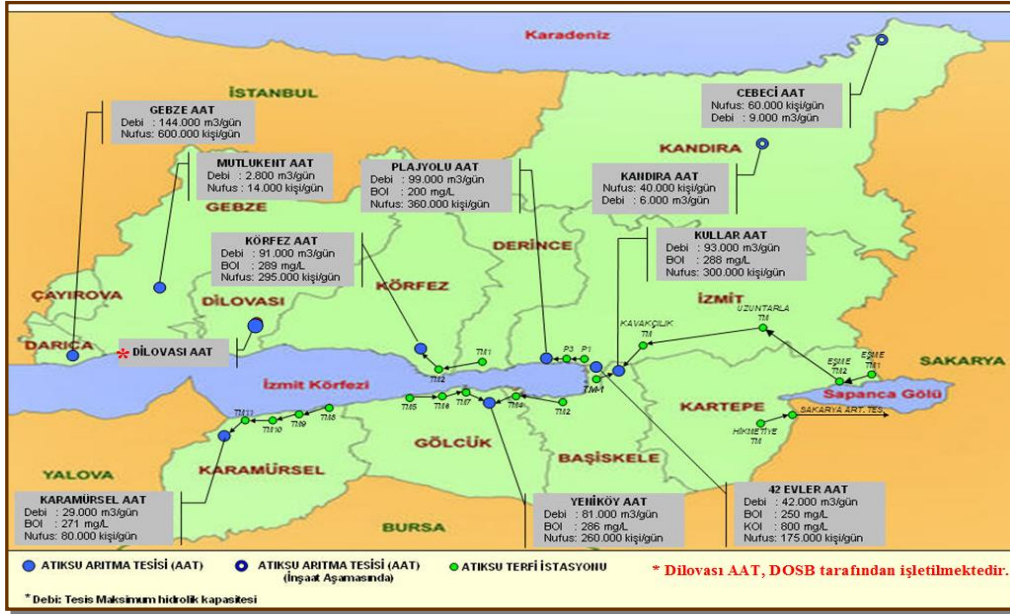
Kocaeli genelindeki endüstriler ön arıtmalarını yapıp, atıksularını Çizelge 4.1. değerlere indirerek kanalizasyona vermek zorundadır.

**Çizelge 4.1:** Kentsel atıksu arıtma tesislerine bağlı endüstrilerin kabul kriterleri.

PARAMETRELER	İKİ SAATLİK KOMPOZİT ATIKSU ÖRNEĞİNDE İZİN VERİLEBİLİR DEĞER
KOİ (mg/1) (a)	800
AKM (mg/1)	350
Toplam Azot (mg/1)	100
Toplam Fosfor (mg/1)	10
Yağ ve gres (mg/1)	50
Anyonik Yüzey Aktif Maddeler (Deterjan) (mg/L)	10 (Biyolojik olarak parçalanması TSE'ye uygun olmayan maddelerin boşaltımı yasaktır.)
Arsenik (As) (mg/1)	3
Antimon (Sb) (mg/1)	3
Kalay (Sn) (mg/1)	5
Demir (Fe) (mg/L)	5
Bor (B) (mg/1)	3
Kadmiyum (Cd) (mg/1)	2
Toplam Krom (Cr) (mg/1)	5
Bakır (Cu) (mg/1)	2
Kurşun (Pb) (mg/1)	3
Nikel (Ni) (mg/1)	5
Çinko (Zn) (mg/1)	5
Civa (Hg) (mg/1)	0.2
Gümüş (Ag) (mg/1)	5
Toplam Siyanür (CN) (mg/1)	10
Fenol (mg/1)	20
Toplam Sülfür (mg/1)	2
Serbest Klor (mg/1)	5
Sülfat (SO <sub>4</sub> ) (mg/1) ( c )	1700
Sıcaklık ( 0 °C ) (b)	40
pH (b)	6-10
Renk (RES birimi)	436 nm:20, 525 nm:17, 620 nm:11
Alüminyum (Al) (mg/1)	3

Şekil 4.1’ de Kocaeli sınırları içerisindeki büyük arıtma tesisleri ve kapasiteleri görülmektedir. Bu tesislere endüstriler ön arıtım yaptıktan sonra atıksularını vermektedirler. Yalnız Kandıra atıksu arıtma tesisi, Cebeci atıksu arıtma tesisi, Plajyolu Atıksu Arıtma Tesisine endüstriler az bağlı olsa bile tamamen evsel özelliktedir ve endüstriyel hiçbir olumsuz etki ile karşılaşılmamıştır.

Kentsel atıksu arıtma tesis Yönetmeliğine göre İSU işletmekte olduğu tüm atıksu arıtma tesislerinde yönetmelik standartlarına göre tesisleri revize çalışmaları başlatılmıştır.



Şekil 4.1: Kocaeli sınırları içerisindeki büyük arıtma tesisleri ve kapasiteleri.

#### 4.1. 42 Evler AAT Tanıtımı, Atıksu Özellikleri ve İşletilmesi

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi ise %60 evsel nitelikte, %40 Endüstriyel karakterde olmasına rağmen tamamen endüstriyel nitelikli atıksu özeliği taşımaktadır.

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisine irili ufaklı 47 endüstrinin atıksuları gelmektedir. 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi, İzmit Çevre Entegre Projesi (İÇEP kapsamında inşaatı yaptırılan 3 adet tesisten biridir. Tesis tek aşamalı olarak tasarlanmıştır. Tesis inşaatına 29/01/1993 yılında başlanmış ve 24/11/1996 tarihi itibariyle tesise atıksu alınmaya başlanmıştır.

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi, İzmit'in doğu kesimindeki irili ufaklı 20 fabrikanın endüstriyel nitelikte atıksuyu ile 42 Evler Sanayi Mahallesi, Yahya Kaptan

Mahallesi, Uzuntarla, Yuvam Akarca konutlarından gelen evsel nitelikte atıksularını arıtmak üzere kurulmuştur.

Ancak Yahya Kaptan Mahallesi, Uzuntarla, Yuvam Akarca konutlarından gelen evsel nitelikte atıksular 2003 yılında devreye alınan Kullar Atıksu Arıtma Tesisi' ne bağlanmıştır. Günümüz itibariyle 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisine irili ufaklı 47 işletmenin endüstriyel nitelikte atıksuyu ile Outlet Center Alış Veriş Merkezinden gelen evsel nitelikte atıksuları arıtmaktadır.

Tesis biyolojik arıtma tesisidir ve klasik aktif çamur sistemi ile çalışmaktadır. Atıksular tesise çapları 600 ile 1400 mm arasında değişen yaklaşık 18 km uzunluğunda kolektör sistemi ile taşınmaktadır. Tesis tasarım debileri Çizelge 4.2.' de, kirlilik yük değerleri ise Çizelge 4.3.' de verilmiştir.

**Çizelge 4.2:** 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi tasarım debileri.

DEBİ	BİRİM	DEĞERLERİ
Minimum Debi ( $Q_{\min}$ )	m <sup>3</sup> /saat	570
Ortalama Debi ( $Q_{\text{ort}}$ )	m <sup>3</sup> /saat	1.460
Maksimum Debi ( $Q_{\max}$ )	m <sup>3</sup> /saat	1.750
Proje Debisi ( $Q_{\text{pro}}$ )	m <sup>3</sup> /saat	1.500
Ortalama Atıksu Debisi	m <sup>3</sup> /gün	35.000
Endüstriyel Atıksu Debisi	m <sup>3</sup> /gün	19.500
Evsel Atıksu Debisi	m <sup>3</sup> /gün	8.500
Sızma Debisi	m <sup>3</sup> /gün	7.000

**Çizelge 4.3:** 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi tasarım kirlilik yükleri.

PARAMETRELER	BİRİM	DEĞERLERİ
BOİ <sub>5</sub> (250 mg/L)	kg/gün	8.750
AKM (350 mg/L)	kg/gün	12.250
KOİ (800 mg/L)	kg/gün	28.000

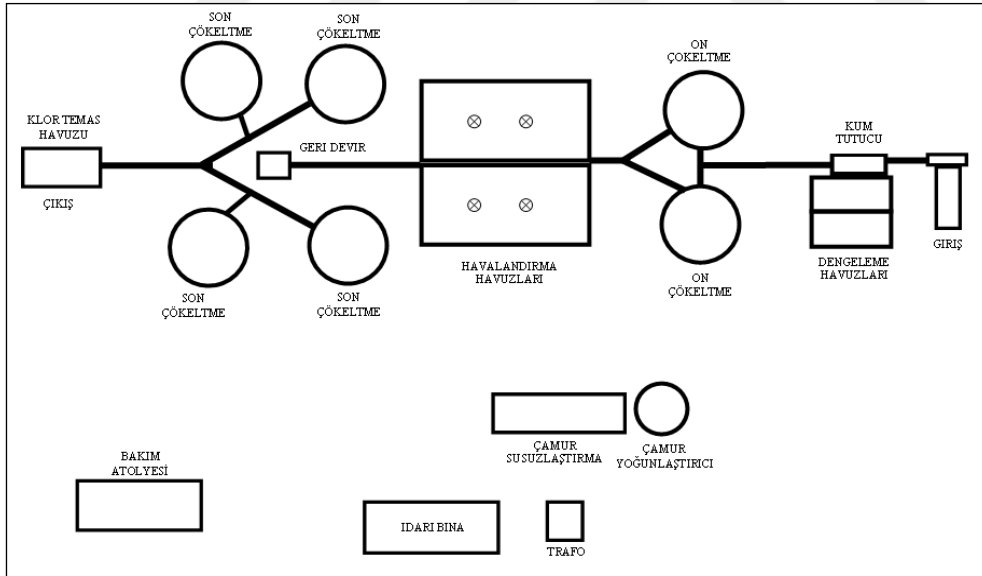
Tesise giren endüstriyel atıksuyun büyük bir kısmını maya atıksuyu oluşturmaktadır. 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisine atıksu veren fabrikalar kendi bünyesinde ön arıtma yapmak ve kirlilik parametrelerini İSU Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği Çizelge 4.3' te verilen limitlere indirmekle yükümlüdürler.

#### 4.1.1. 42 Evler Evsel ve Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Üniteleri

Karbon giderimine yönelik klasik aktif çamur sistemi olan 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi' ne ait genel görünüm Şekil 4.2.' de ve vaziyet planı Şekil 4.3.' de verilmiştir.



Şekil 4.2: 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi genel görünümü.

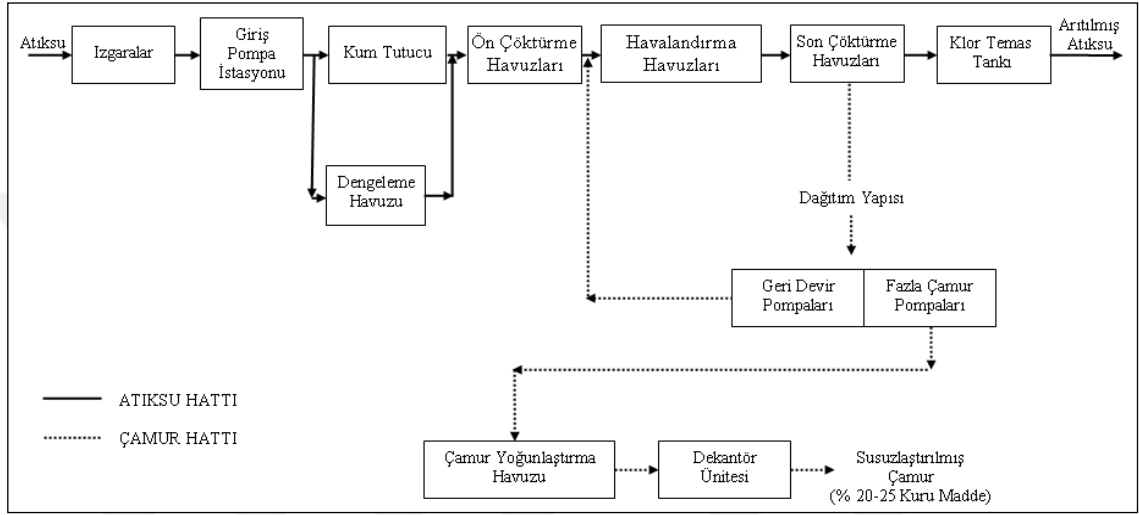


Şekil 4.3: 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi vaziyet planı

Klasik aktif çamur sistemi havalandırma tankı, çökeltim tankı ve geri devir sisteminin mevcut olduğu bir prosestir. 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi temel olarak havalandırma tankları ve çökeltme tankları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Havalandırma tanklarında proses için gereken oksijen yüzeysel havalandırıcılar (aeratörler) vasıtasıyla verilmektedir. Çökeltme tankında, biyolojik floklarla su

birbirinden ayrılır. Çamurun bir kısmı havalandırma tanklarına geri dönerken, fazla çamur da yoğunlaştırıcı tankına pompalanmaktadır.

Kolektör hattıyla tesise gelen atıksu: ızgara, giriş pompa istasyonu, havalandırılmalı kum ve yağ tutucu, dengeleme tankı, ön çöktürme tankı, havalandırma tankı, son çöktürme tankı, klor temas tankı, çamur yoğunlaştırıcı, çamur susuzlaştırma (dekantör) ünitelerinden geçmektedir. Tesise ait proses akım şeması Şekil 4.4.' te verilmiştir.



Şekil 4.4: 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi proses akım şeması

#### 4.1.1.1. Otomatik temizlemeli ince ızgara ve ızgara presi

Giriş pompaları ile tesisin diğer ünitelerinin hasar görmemesi ve tıkanma problemlerinden korumak amacıyla tesise iletilen atıksu otomatik temizlemeli ince ızgaralardan geçirilmektedir. İnce ızgaralar zaman ve seviye ayarlı olarak çalışmaktadır.

Izgarada tutulan katı atıklar, otomatik temizlemeli ızgara ile beraber çalışan ızgara presinden geçirilmektedir. Izgara presindeki toplama hunisine alınan atıklar vida konveyör ile sıkıştırılarak susuzlaştırılmaktadır. İşlem sonunda oluşan atıksular ızgara kanalına gönderilmekte, susuzlaştırılan atıklar ise konteynıra alınarak sistemden uzaklaştırılmaktadır. İnce ızgaranın tasarım parametreleri Çizelge 4.4.' te verilmiştir.

**Çizelge 4.4: İnce ızgara özellikleri**

Izgara sayısı	2 adet
Izgara çubuk aralığı	10 mm
Izgara kapasitesi (her biri)	1.500 m <sup>3</sup> / saat
Izgara kanalındaki hız	1 m/sn

#### **4.1.1.2. Elle temizlemeli kaba ızgara**

İnce ızgaralarda arıza olduğu durumlarda devreye alınan kaba ızgara el ile temizlenmektedir. Kaba ızgaranın tasarım parametreleri Çizelge 4.5’ te verilmiştir.

**Çizelge 4.5: Kaba ızgara özellikleri**

Izgara sayısı	1 adet
Izgara çubuk aralığı	40 mm
Izgara kapasitesi	3.500 m <sup>3</sup> / saat

#### **4.1.1.3. Giriş pompa istasyonu**

Atıksu ızgaralardan sonra giriş pompa istasyonuna gönderilmekte ve su seviye kontrollü olarak dalgıç pompayla tesisin birinci arıtma kademesine iletilmektedir. Giriş pompa istasyonu özellikleri Çizelge 4.6.’ da verilmiştir.

**Çizelge 4.6: Giriş pompa istasyonu özellikleri**

Giriş Pompa Sayısı	2 adet
Dalgıç pompa kapasitesi	500 m <sup>3</sup> /saat
Dalgıç pompa kapasitesi	1.000 m <sup>3</sup> /saat

#### **4.1.1.4. Havalandırmalı kum tutucu ve yağ tutucu**

Atıksu ilk olarak kumun çöktürüldüğü havalandırıcılı kum ve yağ tutucuya gelir. Yağın uzaklaştırılma sebebi, uçucu organikler ve kötü kokudur. Blowerlarla sisteme hava verilmekte ve askıdaki katı maddelerin çökmesi engellenerek, ağır olan kum, çakıl vb. maddeler çöktürülmektedir. Sistemden çekilen kum, kum toplama haznesinde suyu alındıktan sonra düzenli deponi alanına gönderilmektedir. Kum tutucunun hemen yanında yağ tutucu sistemi bulunmaktadır. Yağ tutucu haznesinde toplanan atıklar ise vidanjörle çekilerek düzenli deponi alanına gönderilmektedir.

Havalandırılmalı kum ve yağ tutucunun tasarım parametreleri Çizelge 4.7.' de verilmiştir.

**Çizelge 4.7:** Havalandırılmalı kum tutucu ve yağ tutucu özellikleri.

Havuz sayısı	2 adet
Bekletme süresi	384 sn
Kum giderim verimi	% 88
Toplam hacim	160 m <sup>3</sup>
Yüzey yüklemesi	18,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .saat
Uzunluk	20 m
Su derinliği	2,65 m
Blower hava debisi (2 adet)	90 m <sup>3</sup> /saat
Kum pompası kapasitesi (2 adet)	45 m <sup>3</sup> /saat

#### 4.1.1.5. Dengeleme tankı

Kum tutucudan çıkan atıksular veya maksimum debi olan 1.750 m<sup>3</sup>/saat' i aşan debi dengeleme tankına iletilerek atıksuyun kirliliğini homojenize etmek, karıştırmak ve kokuşmayı engellemek için difüzörlerle havalandırılır. Burada amaç debi, pH ve organik maddenin salınımlarını minimize ederek toksik etkiyi gidermektir. Dengeleme tankı tasarım parametreleri Çizelge 4.8.' de verilmiştir.

**Çizelge 4.8:** Dengeleme tankı özellikleri.

Havuz sayısı	2 adet
Toplam hacim	5.000 m <sup>3</sup>
Su seviyesi	5 m
Bekletme zamanı	3,5 saat
Dengeleme pompaları kapasitesi	300 m <sup>3</sup> /saat
	600 m <sup>3</sup> /saat
	850 m <sup>3</sup> /saat
Blower (2 adet)	1.300 m <sup>3</sup> /saat

#### 4.1.1.6. Ön çöktürme tankları

Atıksu, dengeleme tankından dalgıç pompalarla ön çöktürme tanklarına aktarılmaktadır. Ön çöktürme tanklarında yer çekimi etkisi ile atıksu içindeki çökebilir katıların sudan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Çöktürme tanklarında biyokimyasal oksijen ihtiyacının %25' i, askıda katı maddenin ise %50' si

giderilmektedir. Bu havuzlarda organik ve katı madde giderimi biyolojik arıtmadaki yükü azaltmaktadır. Ön çöktürme tankı tasarım parametreleri Çizelge 4.9.' de verilmiştir.

**Çizelge 4.9:** Ön çöktürme tankı özellikleri.

Havuz sayısı	2 adet
Çap	20 m
Su derinliği	3 m
Bekletme süresi	1,3 saat
AKM giderim verimi	% 50
BOİ giderim verimi	% 25
Yüzey yüklemesi	2,4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .saat
Toplam hacim	1.880 m <sup>3</sup>
Çamur hacmi	160 m <sup>3</sup> /gün
Çamur pompası (2 adet)	25 m <sup>3</sup> /saat

#### **4.1.1.7. Havalandırma tankları**

Biyolojik arıtmanın temelini oluşturan ve en önemli mikroorganizmalar olan bakterilerin geliştiği ve çoğaldığı ünedir. Aktif çamur koloidal çözünmüş maddelerin mikroorganizmalar ile çökebilir biyolojik floklara dönüştürüldüğü prodestir. Bu ünedede, mikroorganizmaların organik maddeleri oksitlemesi sonucu organik maddenin bir kısmı biokütleyle bir kısmı da CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya dönüştürülür.

Mikroorganizmaların besinini atıksu içindeki organik kirlilik oluşturmakta ve atıksu içindeki çözünmüş oksijeni kullanarak organik maddeleri parçalamaktadır. Havuzlardaki oksijen ihtiyacı 4 adet aeratör tarafından sağlanmaktadır. Havalandırma havuzunda gereken arıtma veriminin sağlanması amacıyla havuz içerisinde faaliyet gösteren mikroorganizma sayısını sabit bir değerde tutmak gerekmektedir. Bu nedenle biokütlelenin bir kısmı çöktürme kademesinde fazla çamur olarak sistemden atılırken diğer kısmı havalandırma bölümüne geri devrettirilmektedir. Çünkü mikroorganizmalar organik maddelerin parçalanmasından sorumludurlar. Havalandırma tankı tasarım parametreleri Çizelge 4.10.' da verilmiştir.



**Çizelge 4.10: Havalandırma tankı özellikleri.**

Havuz sayısı	2 adet
Havalandırma toplam hacmi	10.400 m <sup>3</sup>
Derinlik	3,22 m
Bekletme süresi	6,9 saat
Çamur yaşı	12 gün
Yüzey aeratör adedi	4
Yüzey aeratör tipi	Gyrox 360 S-29
Her bir aeratör oksijen kapasitesi	212,5 kg O <sub>2</sub> /saat

#### **4.1.1.8. Son çöktürme tankları**

Gelen suyun içindeki bakterilerin arıtılmış sudan ayrılması için son çöktürme havuzları kullanılmaktadır. Bu sistemde merkezden beslenen çamur yerçekimi yardımıyla havuz tabanına çöker ve dip sıyrıcısının her bir dönüşünde havuzun merkezine doğru yönlendirilir. Yoğun katı madde içeriğindeki çamur dibe çökelirken arıtılmış atıksu savaklanmaktadır. Havuzların tabanından toplanan çamurun bir kısmı geri devir pompalarıyla havalandırma havuzuna geri döndürülürken bir kısmı da fazla çamur pompaları ile çamur yoğunlaştırma havuzuna aktarılmaktadır. Tank dizayn parametreleri Çizelge 4.11. de verilmiştir.

**Çizelge 4.11: Son çöktürme tankı özellikleri.**

Havuz sayısı	4 adet
Çap	25 m
Bekletme süresi	4 saat
Her bir tank hacmi	1470 m <sup>3</sup>
Su derinliği	3 m
Yüzey yüklemesi	0,76 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .saat
Geri devir çamuru pompa kapasitesi	750 m <sup>3</sup> /saat (2 adet)
Fazla çamur pompası kapasitesi	500 m <sup>3</sup> /saat (1 adet)
Fazla çamur pompası kapasitesi	30 m <sup>3</sup> /saat (2 adet)

#### **4.1.1.9. Klor temas tankı**

Son çöktürme havuzundan savaklanan arıtılmış atıksu, klor temas tankına gönderilmekte ve buradan alıcı ortama deşarj edilmektedir. Klor temas tankı tasarım parametreleri Çizelge 4.12.' de verilmiştir.

**Çizelge 4.12:** Klor temas tankı özellikleri.

Havuz sayısı	1 adet
Tank hacmi	880 m <sup>3</sup>
Bekletme süresi	30 dk

#### **4.1.1.10. Çamur yoğunlaştırma tankı**

Ön çöktürme ve son çöktürme havuzlarından alınan yaklaşık % 1,5 kuru maddeli çamur, çöktürme havuzlarının mantığıyla çalışan yoğunlaştırma tankında yaklaşık 12-24 saat arasında bekletilmekte % 3-5 kuru maddeye çıkarılmaktadır. Fazla çamurdan ayrılan su üstten savaklanarak tesisin giriş ünitesine gönderilmektedir. Çamur yoğunlaştırma tankı tasarım parametreleri Çizelge 4.13.' de verilmiştir.

**Çizelge 4.13:** Çamur yoğunlaştırma tankı özellikleri.

Havuz sayısı	1 adet
Tank hacmi	616 m <sup>3</sup>
Çap	14 m
Sağlanan katı madde konsantrasyonu	% 3-5
Bekletme zamanı	12-24 saat

#### **4.1.1.11. Çamur Susuzlaştırma Ünitesi (Dekantör)**

Çamur susuzlaştırma işlemi ile nihai olarak uzaklaştırılacak çamurun hacminin azalması sağlanmaktadır. Çamur susuzlaştırma ekipmanı olarak dekantörler kullanılmakta, minimum % 22-25 kuru maddeye çıkaracak özelliktedirler.

Yoğunlaştırma havuzundaki çamur, homojenliği sağlayan bir parçalayıcıdan geçirilip çamur besleme pompaları ile dekantörlere iletilmektedir. Bir adet polielektrolit hazırlama ünitesinde hazırlanan su-polielektrolit karışımı, çamurun yumaklaşmasını sağlamak üzere dekantörlere verilmektedir. Susuzlaştırılan çamur, dekantörlerin altında bulunan burgu konveyör ile kamyonlara yüklenerek bertarafa gönderilmekte, dekantörlerden çıkan süzüntü suyu ise tesisin giriş ünitesine iletilmektedir. Çamur susuzlaştırma ünitesinin özellikleri Çizelge 4.14.' te verilmiştir.

**Çizelge 4.14:** Çamur susuzlaştırma ünitesi özellikleri.

Dekantör sayısı	2 adet
Dekantör kapasitesi	25 m <sup>3</sup> /saat
Dekantör katı madde çıkışı	% 20-25
Çamur pompası kapasitesi	35 m <sup>3</sup> /saat (2 adet)
Polielektrolit pompası kapasitesi	2 m <sup>3</sup> /saat (2 adet)

#### **4.1.2. 42 Evler Eysel ve Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Atıksu Özellikleri**

Tesisin genel değerlendirmesi için 2012-2014 yılları arasındaki işletme ve proses değerleri İSU Genel Müdürlüğün'den alınan izin ile alınmıştır (EK 2A).

Tesisin Çizelge 4.2 de gösterilen, ortalama yaz aylarındaki debisi 20.000 m<sup>3</sup>/gün, kış aylarında 27.726 m<sup>3</sup>/gün'dür. Debide çok fark olmamasının sebebi kışın yağışlı havalarda atıksuyun dengeleme tankından by-pass ediliyor olmasıdır. Çizelge 4.15'te 2012-2014 yılları arasında Tesise ortalama 20.712 m<sup>3</sup>/gün atıksu girişi olmaktadır. Bunun 8.906m<sup>3</sup>/gün endüstriyel, 11.806 m<sup>3</sup>/gün evsel niteliktedir. Mevcut haliyle % 57 evsel nitelikte ve % 43 endüstriyel nitelikte atıksularının oluşturduğu kentsel atıksuların artıldığı, sadece karbon giderimine yönelik klasik aktif çamur prosesinin uygulandığı biyolojik bir tesistir.

Endüstriyel atıksu katagorisinde en fazla debi maya endüstrisinden gelmekte, endüstri debisinin %42 sini oluşturmaktadır. Tesis atıksuyu maya endüstrisinin koku ve rengini yani kahverengi özeliği göstermektedir. Maya endüstrisi şeker endüstrisi ürünü olan melası kullanmakta bu da yüksek organik madde ve siyaha yakın kahverengi atıksu özeliği göstermekte, bu renk ise melonoidin pigmentinden kaynaklanmaktadır (Gengeç, 2012). İSU atıksu laboratuvarların da hafta bir kez yapılan ağır metal analizlerinde şimdiye kadar ağır metal değerlerini aştığı hiç görülmemiştir. Tesiste dengeleme tankı da mevcuttur, fakat sadece yağışlı havalarda debi yüksek olduğunda by pass yapabilmek için kullanılmaktadır. Tesis giriş-çıkış değerleri Çizelge 4.15' da gözükmemektedir. Numuneler kompozit olarak alınmıştır.

**Çizelge 4.15:** 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi girişte ve çıkışta ölçülen debi ve kirlilik yüklerinin aylık ortalama değerleri.

TARİH	ARALIK	DEBİ (m <sup>3</sup> /gün)	pH		SICAKLIK (°C)		AKM (mg/L)		KOI (mg/L)		BOI (mg/L)		TKN (mg/L)		TP (mg/L)	
			GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ
2012	ORTALAMA	24434,1	7,7	7,8	20,9	20,6	992,7	52,7	1247,0	190,0	335,1	33,2	69,1	30,0	1,7	1,1
	STD. SAPMA	5995,4	0,2	0,2	3,6	4,1	1420,6	26,0	650,5	61,1	134,8	15,7	30,1	20,5	0,6	0,8
	MİNİMUM	12443,3	7,2	7,5	13,6	12,4	1849,0	0,6	54,0	67,8	65,4	1,8	11,3	17,2	0,5	0,5
	MAKSİMUM	36425,0	8,1	8,1	28,2	28,8	3833,9	104,7	2548,1	312,3	604,7	64,6	129,2	71,0	2,8	2,7
2013	ORTALAMA	20563,4	7,7	7,8	19,6	19,2	868,0	55,1	1555,8	210,1	354,1	39,7	69,0	13,6	2,2	0,9
	STD. SAPMA	6684,3	0,2	0,1	5,1	4,7	901,5	39,6	965,8	145,7	118,1	15,9	2,9	9,1	1,1	0,8
	MİNİMUM	7194,7	7,3	7,6	9,4	9,7	935,0	24,0	376,0	81,0	117,8	7,8	63,7	13,6	0,0	1,0
	MAKSİMUM	33932,1	8,2	8,1	29,9	28,6	2670,9	134,2	3487,5	501,6	590,3	71,6	74,7	31,7	4,4	2,6
2014	ORTALAMA	17139,9	7,8	7,9	17,9	17,9	417,9	47,4	968,8	173,5	185,2	39,9	0,0	13,2	2,2	1,4
	STD. SAPMA	2856,7	0,3	0,2	5,0	4,8	583,2	31,4	974,1	79,4	113,1	9,1	0,0	13,3	1,4	0,9
	MİNİMUM	11426,5	7,2	7,4	7,8	8,4	935,0	24,0	376,0	81,0	41,0	21,7	0,0	9,0	0,5	1,0
	MAKSİMUM	22853,2	8,4	8,3	28,0	27,5	1584,3	110,2	2917,0	332,2	411,4	58,0	0,0	39,7	4,9	3,2

2012 yılı verileri incelendiğinde tesis giriş debisinin ortalama 24434 m<sup>3</sup>/gün olduğu görülmektedir. Tesise giren atıksuyun KOİ değerleri ve AKM değerleri yıl boyunca kanalizasyona deşarj limitlerinin çok üzerindedir. BOİ değeri için AKDY'de herhangi bir limit değeri verilmemiş ancak Çizelge 4.3' te sunulan tasarım değeri 250mg/L'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Çizelge 4.15 'te TP, pH ve sıcaklık parametreleri giriş limit değerlerini sağlamaktadır. Tesise giren atıksuyun ortalama KOİ, AKM ve BOİ değerleri sırasıyla 1247 mg/L, 992 mg/L ve 335 mg/L olup kentsel atıksu içeriğindeki kirletici parametre konsantrasyonlarının çok üzerindedir. Bu yönüyle tesise gelen atıksu endüstriyel atıksu özelliği göstermektedir.

2013 yılı verileri incelendiğinde tesis debisinin ortalama 20563 m<sup>3</sup>/gün olduğu görülmektedir. Tesise giren atıksuyun KOİ ve AKM değerleri yıl boyunca kanalizasyona deşarj limitlerinin çok üzerindedir. TP, pH ve sıcaklık parametreleri giriş limit değerlerini sağlamaktadır. Tesise giren atıksuyun ortalama KOİ, AKM ve BOİ değerleri sırasıyla 1555 mg/L, 868 mg/L ve 354 mg/L olup endüstriyel atıksu özelliği göstermektedir. Bir önceki yıla kıyasla KOİ değerinin arttığı gözlenmektedir. KOİ konsantrasyonunun yükselmesinin sebebi, 42 Evler AAT' ye bağlı olan endüstrilerden kaynaklanan uygunsuz atıksu deşarjlarıdır.

2014 yılı verileri incelendiğinde tesis debisinin ortalama 17139 m<sup>3</sup>/gün olduğu görülmektedir. Tesise giren atıksuyun ortalama KOİ, AKM ve BOİ değerleri sırasıyla 968 mg/L, 417 mg/L ve 590 mg/L olup endüstriyel atıksu özelliği göstermektedir. Bir önceki yıla kıyasla KOİ ve AKM değerlerinin azaldığı gözlenmektedir. Bunun sebebi, 42 Evler AAT' ye bağlı olan İZAYDAŞ'a ait yeni bir atıksu arıtma tesisinin devreye alınmasıdır.

#### **4.2. Kullar Kentsel Atıksu Arıtma Tesis Tanıtımı, Atıksu Özellikleri ve İşletilmesi**

Kullar Atıksu Arıtma Tesisi, İzmit Körfezi'nin Atıklardan Arındırılması Projesi kapsamında inşaatı yaptırılan 5 adet atıksu arıtma tesisinden biridir. Tesis inşaatına 09.10.1999 yılında başlanmış ve 09.10.2002 de bitirilmiştir. Temmuz 2003 tarihi itibariyle tesise atıksu alınmaya başlanmıştır. Tesise Kullar, Köseköy, Yuvacık, Arslanbey, Suadiye, Alikahya, Uzunçiftlik, Yahyakaptan, Hikmetiye ve İzmit in

Doğu Yerleşim alanlarından atıksu gelmektedir. Tesise atıksuyun terfi ettirilmesi amacıyla Kavakçılık Terfi Merkezi bulunmaktadır.

300.000 eşdeğer nüfusun atık suyunu arıtmak üzere inşa edilen tesis kuru hava debisi olarak 62.544 m<sup>3</sup>/gün, yağ hava debisi olarak 92.616 m<sup>3</sup>/gün atıksuyu arıtacak şekilde tasarlanmıştır. Tesis azot ve karbon gideren uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemi olarak projelendirilmiştir.

#### **4.2.1. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi Üniteleri**

Atıksu kollektör sistemi ile tesise girmekte ve ilk olarak ızgaralardan geçmektedir. İki adet otomatik, bir adet manuel temizlemeli ızgara bulunmaktadır. Kaba ızgaranın kapasitesi 1500 m<sup>3</sup>/h, ızgara aralıkları 10 cm'dir. Otomatik ızgaraların ızgara çubuk aralığı ise 2 cm'dir.

Izgaralardan tutulan katı parçacıklar konteynlara konularak düzenli depolama alanında depolanmaktadır. Izgaralardan geçen atıksular burgulu pompalarla tesise yükseltilir.

Gelen su havalandırılmalı kum tutucu ünitesine gelmektedir. Kum tutucu öncesinde blowerlarla sisteme hava verilmekte ve askıdaki katı maddelerin çökmesi engellenerek, ağır olan kum, çakıl vb. maddeler çöktürülmektedir. Sistemden çekilen kum, kum toplama haznesinde suyu alındıktan sonra düzenli deponi alanına gönderilmektedir. Kum tutucunun hemen yanında yağ tutucu sistemi bulunmaktadır. Yağ tutucu haznesinde toplanan atıklar ise vidanjöre çekilerek düzenli deponi alanına gönderilmektedir.

Kum tutucudan sonra atıksu, denitrifikasyon ünitesine alınmaktadır. Atıksudaki nitrat anoksik koşullarda serbest azot gazına dönüştürülmektedir. Bu üniteden sonra atıksu havalandırılma tanklarına geçer. Havalandırılma tanklarında mikroorganizmalar ortamdaki oksijeni kullanarak organik kirliliği gidermekte ve nitrifikasyon süreci ile amonyumu nitrata dönüştürmektedir. Her 3 havuzda Ortama oksijen yüzey aeratörü tarafından verilmektedir.

Havalandırılma tanklarındaki mikroorganizma ve atıksu karışımı, 5 adet son çöktürme tankında birbirinden ayrılmaktadır. Ayrılan mikroorganizmanın bir kısmı havalandırılmaya tekrar gönderilirken, diğer kısmı ise yoğunlaştırıcıya verilmektedir.

Son çöktürme tanklarında savaklanan su, Sarı dereye deşarj edilmektedir. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi tasarım verileri Çizelge 4.16' da verilmektedir.

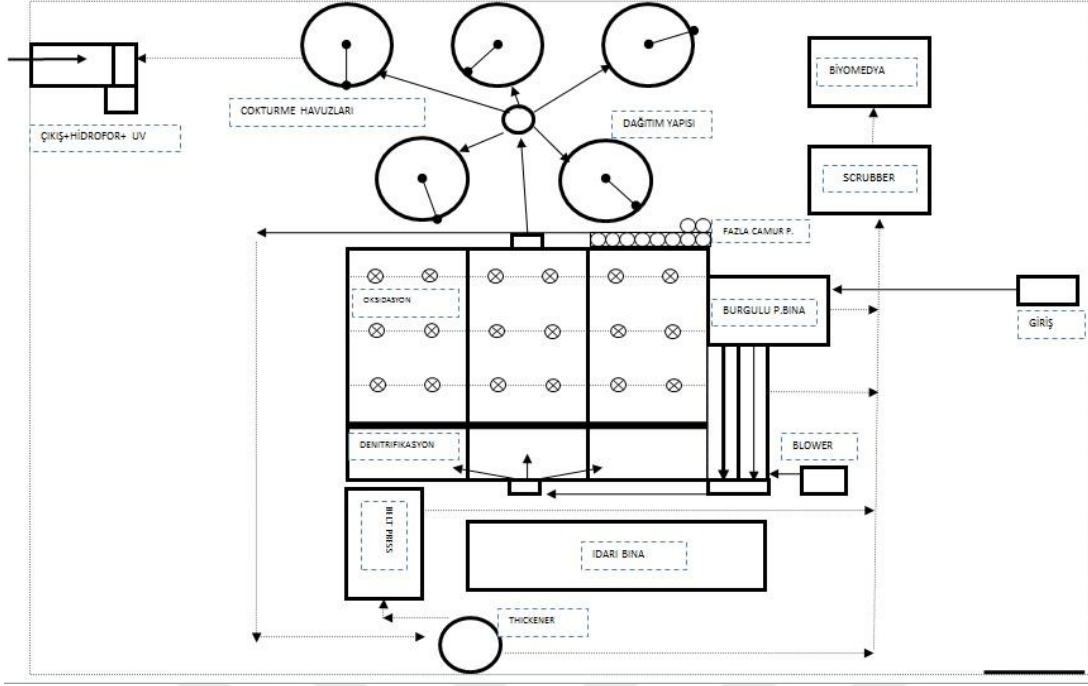
**Çizelge 4.16:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi tasarım değerleri.

TESİS TASARIM DEğERLERİ	
KADEME YILI	EŞDEğER NÜFUS
2010	300.000
2030	600.000
Qmin (m <sup>3</sup> /saat)	1728
Qort (m <sup>3</sup> /saat)	2606
Qpro (m <sup>3</sup> /saat)	3859

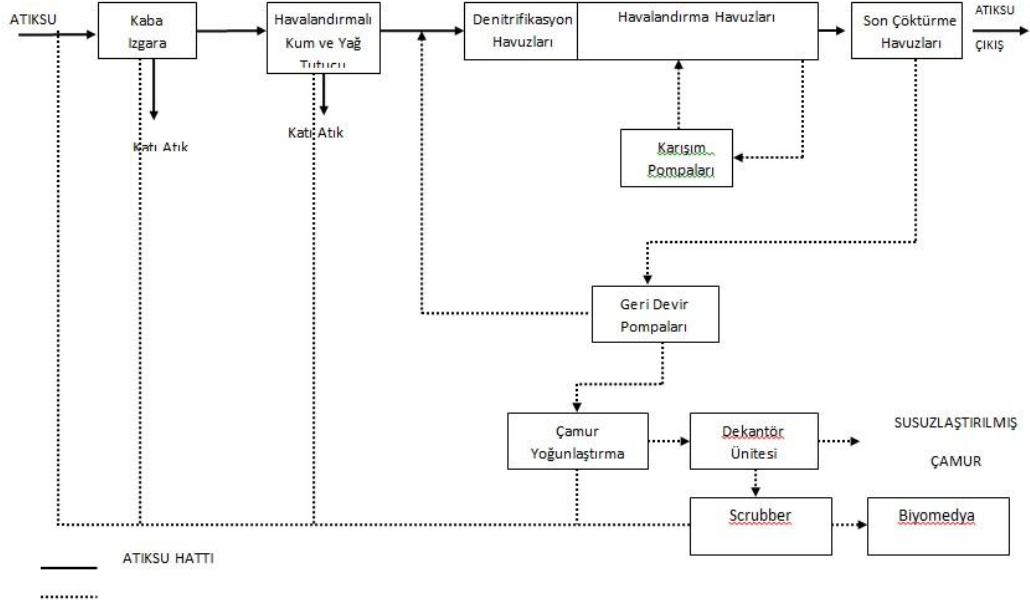
Aktif çamur sistemi temel olarak havalandırma tankları ve çöktürme tankları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.



**Şekil 4.5:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi genel görünümü.



Şekil 4.6: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi vaziyet planı.



Şekil 4.7: Kullar Atıksu Arıtma Tesisi akış şeması



**Çizelge 4.17:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi üniteleri.

TESİS ÜNİTELERİ		
Ünite Adı	Mevcut Ünite Sayısı	İşletilen Ünite Sayısı
Kum Tutucu	1	1
Denitrifikasyon Havuzu	3	2
Havalandırma Havuzu	3	2
Son Çökeltme Havuzları	5	3
Çamur Yoğunlaştırma	1	1
Çamur Susuzlaştırma	2	1
Dekantör		

#### 4.2.1.1. Kaba ızgara

Kaba ızgara ana giriş alt seviyesinde bulunan, elle temizlik yapılabilmesi için özel olarak hazırlanmış bir calaskala sahip, 10 cm'den büyük katı parçacıkları tutmaya yarayan özel metal bir malzemedir.

#### 4.2.1.2. Giriş pompa istasyonu bölümü

Giriş pompa istasyonu 3 adet Arşimet tipi burgulu pompadan meydana gelir. İki pompa, tesisin düzgün işleyişi için çalışmakta olup, diğeri iki ana pompanın arızası durumunda acil görevi görmektedir. Kontrol odasından pompaların çalışma seçenekleri bir kontrol switchi sayesinde ayarlanabilir. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi giriş pompa istasyonu verileri Çizelge 4.18' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.18:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi giriş pompa istasyonu.

Kapasite	2620,8 m <sup>3</sup> /h
Statik Kaldırma	10,61 m
Çap	2150 mm
Eğim	38
Dönüş Hızı	29,20 Rpm
Enerji	132 kWh

#### 4.2.1.3. İnce ızgara

2 cm'den büyük parçacıkları tutmaya yarayan iki mekanik taraklı temizleyiciye sahip kurulu bir ünedir. Normal çalışma esnasında biri kurulu diğeri yedek konumundadır. Kontrol panosunda her bir ızgara için ayrı ayrı lokal olarak başlatma

ve durdurma butonları mevcuttur. Mekanik temizleme çevrimini ayarlama da kullanılan bir sayaç anahtarı mevcuttur.

Izgara çıkışında mevcut durumda olan, katı parçacıkları taşımaya yarayan taşıyıcı bant konveyör sadece ızgaranın çalışması durumunda otomatik olarak devreye girer. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi ince ızgara özellikleri Çizelge 4.19' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.19:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi ince ızgara özellikleri .

Çubuk Kalınlığı	0,8x5 cm
Suyun Geçme Hızı	1,02 m/sn
Aralık	2 cm
Tırmık Hızı	4 m/dak
Enerji	1,5 kWh
Konveyör Enerji	0,75 kWh

#### 4.2.1.4. Blower Ünitesi

Hava körüğü ünitesi iki adet körükten oluşur. Biri yedek konumundadır. Kum – Yağ ayırma havuzunda, Blower çıkışındaki açılı enstrümanlar sayesinde, havuz arasında kurulu bulunan özel ayırıcı sayesinde sudan hafif yağlı parçacıklar ve sudan hafif ağır parçacıklar rahatlıkla ayrılarak tasfiye edilir. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi blower özellikleri Çizelge 4.20' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.20:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi blower özellikleri.

Kapasite	450 m <sup>3</sup> /h
Su yüksekliği	4
Enerji	15 kWh

#### 4.2.1.5. Kum – yağ ayırma ünitesi

Kum ve yağ ayırma üzerinde belirli periyotlarla gidip gelen gezici bir köprü bulunmaktadır. Köprü üzerinde hazırda, bir adet yağ sıyırıcı ve bir adet dip dalgıç pompası bulunmaktadır.

Sıyırıcı paravan sayesinde sıyrılan yağlı parçacıklar, havuz başında yer alan özel bir bölmede tutulur ve düzenli aralıklarla bu yağlı katı maddeler, düzenli depolanmak üzere nakledilir.

Dip dalgıç pompa aracılığıyla dipte birikmiş olan sudan ağır kumlu parçacıklar da özel bir kanal vasıtasıyla, aşağı kısımda yer alan kum sınıflandırıcıya gelir. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi kum-yağ ayırıcı özellikleri Çizelge 4.21’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.21:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi kum-yağ ayırıcı özellikleri.

Kum-Yağ Ayırıcı Havuzu	
Ebat	39x4 m
Derinlik	4 m
Gezer Köprü	
Hız	1,5 m/dak
Enerji	0,18-0,37 kWh
Dip Dalgıç Pompa	
Debi	20 m <sup>3</sup> /h
Enerji	2,2 kWh
Kum Sınıflandırıcı	
Debi	18 m <sup>3</sup> /h
Enerji	1,5 kWh

#### 4.2.1.6. Denitrifikasyon

Kum – Yağ ayırıcıdan çıkan su birleşik kaplar teoremine göre Denitrifikasyon havuzlarına gelir. Toplam 3 adet denitrifikasyon havuzu bulunmakta olup ihtiyaca göre ve debinin durumuna göre, bekleme süresini ayarlamak için, havuz adedi belirlenir.

Atıksu içerisinde yer alan Nitrat, Nitrit, Nitrik Asit, Amonyum ve Amonyak bileşikleri, denitrifikasyon havuzlarında aşılammış halde bulunan Nitrobakter ve Nitrosomonas bakterileri aracılığıyla giderilir. Ve açığa çıkan N<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> bileşikleri atmosfere karışır.

Havuz diplerinde, giren atıksuyun ve aşılama aktif çamurunun iyi bir şekilde karışmasını sağlayan mikserler bulunmaktadır. Her havuzda 2 adet’dir. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi denitrifikasyon havuzu özellikleri Çizelge 4.22’ da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.22:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi denitrifikasyon havuzu özellikleri.

Ebat	39x19 m
Derinlik	5,20 m
Mikser Enerji	10 kWh

#### 4.2.1.7. Oksidasyon – nitrifikasyon

Havuz adedi 3'tür. Denitrifikasyon havuzlarının alt kısmındaki belli bir açıklıktan aşılınmış atıksu bu oksidasyon havuzlarına giriş yapar. Eser miktarda bakterinin bünyesine geçmiş N<sub>2</sub>, havuzlarda bulunan yüzey karıştırıcılarla suya oksijen verilerek Nitrat'laştırılır. Ve bakteriler bu sayede oksijene doymuş ortamda canlılıklarını devam ettirmektedirler. Havuzlarda oksijen seviyesini, genelde Aeratör (her havuzda 6 adet) dediğimiz yüzey karıştırıcıları 0.5–2.0 mg/Lt seviyesinde, otomasyonda çalışarak tutmaktadırlar.

Oksidasyon havuzlarının çıkışlarında sudaki oksijen seviyesine göre otomatik olarak açılıp kapanan Auma savaklar yer alır. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi havalandırma havuzu özellikleri Çizelge 4.23' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.23:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi havalandırma havuzu özellikleri.

Ebat	58,5x39 m
Derinlik	5,2 m
Aeratör Enerji	75 kWh
Auma Savak Enerji	0,75 kWh

Havalandırma tanklarında proses için gereken oksijen yüzeysel havalandırıcılar (aeratörler) kullanılarak verilmektedir. Havalandırıcıların bir diğer görevi de karışımı sağlayarak atıksu içindeki organik maddelerin mikroorganizmalarla karıştırmaktır.

#### 4.2.1.8. Karışım suyu geri devir pompaları

Çıkış Nitrat değerleri 10 ve üstündeki değerlerde çalıştırılan bu pompalar, Nitrat yoğunluğu fazla olan aktif çamuru havalandırma havuzlarından tekrar döngüye sokarak Denitrifikasyon havuzlarına gelmesini sağlar (4 Adet). Kullar Atıksu Arıtma Tesisi karışım suyu pompa özellikleri Çizelge 4.24' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.24:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi karışım suyu pompa özellikleri.

Kapasite	1747 m <sup>3</sup> /h
Enerji	37 kWh

#### 4.2.1.9. Son çöktürme havuzları

Havalandırma havuzundan çıkan aktif çamur bir dağıtım yapısı ile çöktürme havuzlarına alınır. Dip kısmında bekleyen aktif çamur, havuzlarda bulunan döner

köprüler sayesinde vakumlama yöntemiyle alınır, birleşik kaplar teoremine göre Aktif Çamur Geri Devir Pompa çukuruna geçiş yapar. Yüzeiden; arıtılmış su savaklanarak deşarj edilir. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi son çöktürme havuz özellikleri Çizelge 4.29' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.25:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi son çöktürme havuzu özellikleri

Çap	45 m
Adet	5
Derinlik	3 m
Döner Köprü Enerji	0,75 kWh

Çökeltme tankında biyolojik floklarla su birbirinden ayrılır. Çamurun bir kısmı havalandırma tanklarına geri dönerken, fazla çamur da yoğunlaştırıcı tankına gönderilmektedir.

#### **4.2.1.10. Aktif çamur geri devir pompaları**

Çöktürme havuzlarından dipten vakumlama yöntemiyle alınan aktif çamur bu pompalar sayesinde tekrar açık kanal üzerinden Denitrifikasyon havuzlarına gönderilir. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi geri devir pompaları özellikleri Çizelge 4.26' da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.26:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi geri devir pompaları özellikleri.

Adet	4
Kapasite	1930 m <sup>3</sup> /h
Enerji	45 kWh

#### **4.2.1.11. Fazla çamur pompaları**

Fazla çamuru yoğunlaştırıcı havuza gönderen pompalardır.

Kullar Atıksu Arıtma Tesisi fazla çamur pompa özellikleri Çizelge 4.27' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.27:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi fazla çamur pompa özellikleri.

Adet	2
Kapasite	50 m <sup>3</sup> /h
Enerji	4 kWh

#### 4.2.1.12. Hidrofor

Çöktürme havuzlarından savaklanan arıtılmış tasfiye suyu hidrofor sayesinde 6 Bar'lık su basıncıyla çamur susuzlaştırma ünitesinde yıkama amaçlı kullanılmak üzere pompalanır. İki adet olan hidrofor pompaları biri yedek olarak, sırasıyla çalışır.

Ayrıcı tesisin sulama sistemi de bu hidrofor aracılığıyla sağlanır. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi hidrofor özellikleri Çizelge 4.28' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.28:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi hidrofor özellikleri.

Enerji	15 kWh
Hidrofor Komp.Enerji	0,75 kWh

#### 4.2.1.13. Yoğunlaştırma

Fazla aktif çamur pompalarının gönderdiği aktif çamur yoğunlaştırma tankına gelir. Çöktürme havuzlarının mantığıyla çalışan yoğunlaştırma tankında aktif çamur yaklaşık 12–24 saat arasında bekleme yapar. Fazla çamurdan ayrılan temiz su üstten savaklanarak tekrar tesisin girişine gider.

Yoğunlaştırma havuzunda karıştırıcı bıçaklar bulunmaktadır. Havuzun dip kısmı konik olduğu için bu karıştırıcı bıçaklar hem karıştırmayı kolaylaştırır, hem de, çamur susuzlaştırma ünitesinden çekilen çamurun daha kararlı olmasını sağlar. Bununla birlikte dönüş hızı çok yavaş olduğu için dipte birikmiş aktif çamurun yüzeye kalkması engellenmiş olur. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi yoğunlaştırma havuzu özellikleri Çizelge 4.29' da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.29:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi yoğunlaştırma havuzu özellikleri.

Derinlik	4 m
Çap	20 m
Redüktör Enerji	0,37 kWh

#### 4.2.1.14. Çamur susuzlaştırma (Dekantör)

Çamur susuzlaştırma işlemi ile nihai olarak uzaklaştırılacak çamurun hacminin azalması sağlanmaktadır. Çamur susuzlaştırma ekipmanı olarak dekantörler kullanılmaktadır. Dekantörler çamuru minimum % 25 kuru maddeye çıkaracak özelliktedirler.

Çamur yoğunlaştırma havuzundaki çamur, homojenliği sağlayan bir parçalayıcıdan geçirilip çamur besleme pompaları ile dekantörlere iletilmektedir. Bir adet polielektrolit hazırlama ünitesinde hazırlanan su-polielektrolit karışımı, çamurun yumaklaşmasını sağlamak üzere dekantörlere verilmektedir. Susuzlaştırılan çamur, dekantörlerin altında bulunan burgu konveyör vasıtasıyla bina dışında bulunan kamyonlara yüklenerek bertarafa gönderilmekte, dekantörlerden çıkan süzüntü suyu ise tesisin giriş ünitesine iletilmektedir. Çamur susuzlaştırma ünitesinin özellikleri Çizelge 4.30' te verilmiştir.

**Çizelge 4.30:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi çamur susuzlaştırma ünitesi özellikleri.

Dekantör sayısı	2 adet
Dekantör kapasitesi	25 m <sup>3</sup> /saat
Dekantör katı madde çıkışı	% 20-25
Çamur pompası kapasitesi	35 m <sup>3</sup> /saat (2 adet)
Polielektrolit pompası kapasitesi	2 m <sup>3</sup> /saat (2 adet)

#### 4.2.1.15. Koku giderim ünitesi

Koku gideriminde amaç H<sub>2</sub>S gazını gidermektir. Bunu için : Önce koku yapan ünitelerin üzeri kapatılmıştır.: Burgulu pompalar, ince ızgaralar kum tutucu, geri devir hattı, yoğunlaştırıcı, kum tutucu atıkları, ızgara atıklarının toplandığı alan, kamyon alanı koku yapan ünitelerden fan vasıtasıyla H<sub>2</sub>S gazı çekilir.

Çekilen gazlar scrubbera gelir, burada gaz kostik ve su ile yıkanır, H<sub>2</sub>S gazının belirli miktarı burada giderilir, gaz nemlendirilir daha sonra biyomedya bölümüne geçerek biyolojik olarak H<sub>2</sub>S gazı giderilir.

#### 4.2.2. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi Atıksu Özellikleri

Tesisin genel değerlendirmesi için 2012-2014 yılları arasındaki işletme ve proses değerleri İSU Genel Müdürlüğün'den alınan izin ile alınmıştır (EK 2A).

Tesisin Çizelge 4.16 da gösterilen, ortalama yaz aylarındaki debisi 20.000 m<sup>3</sup>/gün, kış aylarında 27.726 m<sup>3</sup>/gün'dür. Debide çok fark olmamasının sebebi kışın yağışlı havalarda atıksuyun dengeleme tankından by-pass ediliyor olmasıdır. 2012-2014 yılları arasında Tesise ortalama 20.712 m<sup>3</sup>/gün atıksu girişi olmaktadır. Bunun 8.906m<sup>3</sup>/gün endüstriyel, 11.806 m<sup>3</sup>/gün evsel niteliktedir. Mevcut haliyle % 57 evsel nitelikte ve % 43 endüstriyel nitelikte atıksularının oluşturduğu kentsel

atıksuların arıtıldığı, sadece karbon giderimine yönelik klasik aktif çamur prosesinin uygulandığı biyolojik bir tesistir.

Kullar Atıksu Arıtma tesisi uzun havalandırmalı aktif çamur sistemine göre çalışmakta ve organik karbon ve azot giderimine yönelik bir tesistir. İrili ufaklı 91 tane endüstri atıksularını bu tesise vermektedir. Endüstriler ön arıtım yaptıktan ve tüm endüstriler ön arıtım yapıp, İSU Genel Müdürlüğü'nün "Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliğı" nin belirlediğı kirlilik değerlerine inmekle yükümlüdür. 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi gibi atıksu karakterizasyonu endüstriyel nitelikte değildir. Atıksu karakterizasyonu evsel nitelikli sınırlar içersindedir. Tesis giriş-çıkış değerleri Çizelge 4.31' da gözükmektedir. Numuneler kompozit olarak alınmıştır.



**Çizelge 4.31:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi giriş ve çıkışta ölçülen debi ve kirlilik yüklerinin aylık ortalama değerleri.

TARİH	ARALIK	DEBİ (m <sup>3</sup> /gün)	pH		SICAKLIK (°C)		AKM (mg/L)		KOI (mg/L)		BOI (mg/L)		TKN (mg/L)		TP (mg/L)	
			GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ
2012	ORTALAMA	38169,8	7,0	7,3	19,2	18,3	256,8	12,5	387,5	32,8	195,6	9,8	39,6	8,3	44,4	11,8
	STD. SAPMA	5990,4	0,2	1,1	5,9	6,7	188,7	37,5	184,5	53,3	99,0	4,2	12,0	7,4	34,0	8,2
	MİNİMUM	26189,1	6,6	5,2	7,3	4,9	935,0	24,0	376,0	81,0	41,0	1,4	0,0	17,0	24,0	1,0
	MAKSİMUM	50150,5	7,4	9,5	31,1	31,8	634,3	87,5	756,6	139,3	393,6	18,1	63,5	23,1	112,5	28,3
2013	ORTALAMA	45269,9	7,1	7,5	16,6	16,3	213,4	10,2	407,1	30,8	191,8	11,9	33,5	8,0	5,7	1,5
	STD. SAPMA	6920,6	0,1	1,0	5,9	6,2	122,0	22,2	165,1	11,8	70,3	8,1	11,0	5,0	2,2	1,3
	MİNİMUM	31428,8	6,9	5,6	4,9	3,8	31,0	34,0	76,8	7,1	51,3	4,0	11,5	2,0	1,4	1,0
	MAKSİMUM	59111,0	7,4	9,4	28,4	28,7	457,4	54,6	737,4	54,5	332,3	28,2	55,5	18,1	10,0	4,2
2014	ORTALAMA	45684,3	7,5	7,5	17,3	17,0	196,8	16,0	402,6	45,7	203,5	16,2	0,0	2,7	5,5	1,3
	STD. SAPMA	8511,6	0,2	0,3	4,7	5,5	131,1	66,1	292,6	55,2	73,0	18,8	0,0	2,5	3,6	3,0
	MİNİMUM	28661,1	7,1	6,9	8,0	6,0	65,0	116,0	183,0	65,0	57,5	21,0	0,0	2,0	2,0	5,0
	MAKSİMUM	62707,4	7,8	8,1	26,6	28,0	459,0	148,3	987,9	156,1	349,5	53,8	0,0	7,7	12,6	7,4

2012 yılı verileri incelendiğinde tesis debisinin ortalama 38169 m<sup>3</sup>/gün olduğu görülmektedir. Tesise giren atıksuyun KOİ değerleri ve AKM değerleri yıl boyunca kanalizasyona deşarj limitlerinin çok üzerindedir. BOİ değeri için AKDY'de herhangi bir limit değeri verilmemiş ancak tasarım değeri olan 250 mg/L'i geçmemektedir. TP, pH ve sıcaklık parametreleri giriş limit değerlerini sağlamaktadır. Tesise giren atıksuyun ortalama KOİ, AKM ve BOİ değerleri sırasıyla 387 mg/L, 256 mg/L ve 195 mg/L olup evsel ve/veya kentsel atıksu içeriğindeki kirletici parametre konsantrasyonlarını geçmemektedir.

2013 yılı verileri incelendiğinde tesis debisinin ortalama 42569 m<sup>3</sup>/gün olduğu görülmektedir. Tesise giren atıksuyun KOİ ve AKM değerleri yıl boyunca kanalizasyona deşarj limitlerinin çok üzerindedir. TP, pH ve sıcaklık parametreleri giriş limit değerlerini sağlamaktadır. Tesise giren atıksuyun ortalama KOİ, AKM ve BOİ değerleri sırasıyla 407 mg/L, 213 mg/L ve 191 mg/L olup kentsel atıksu özeliği göstermektedir.

2014 yılı verileri incelendiğinde tesis debisinin ortalama 45684 m<sup>3</sup>/gün olduğu görülmektedir. Tesise giren atıksuyun KOİ ve AKM değerleri yıl boyunca kanalizasyona deşarj limitlerinin çok üzerindedir. TP, pH ve sıcaklık parametreleri giriş limit değerlerini sağlamaktadır. Tesise giren atıksuyun ortalama KOİ, AKM ve BOİ değerleri sırasıyla 402 mg/L, 196 mg/L ve 200 mg/L olup kentsel atıksu özeliği göstermektedir. Kullar Atıksu Arıtma Tesisi 2012-2014 yılı ortalama parametre değerleri Çizelge 4.31' te görülmektedir

## **5. MATERYAL VE METOD**

### **5.1. Arıtma Hedefleri:**

Bu tez de arıtma hedefi ve arıtılmış su kalitesinin belirlenmesi amacına yönelik olarak Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, İller Bankası Aktif Çamur Proses Genel Şartnamesi arıtılmış su deşarj standardı ve Avrupa Topluluğu (AT) alıcı ortama deşarj standartları (ATV, 1991) aşağıda verilmiştir. Bu standartların değerlendirilmesi yapılarak hedeflenecek arıtılmış su kalitesi belirlenmiştir.

#### **5.1.1. Türk çevre mevzuatı**

Ülkemizde alıcı ortama verilen arıtılmış evsel atıksu kalitesi, Çevre Kanunu'na dayalı olarak 4 Eylül 1988 tarih ve 19919 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan ve en son değişikliği 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" (SKKY) ve 08 Ocak 2006 tarih ve 26047 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren 'Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği' (KAAY) ile belirlenen evsel atıksuların alıcı ortama deşarj standartlarına uygun olmak zorundadır. Bu yönetmelikler uygulamada esas alınmaktadır.

#### **5.1.2. Su kirliliği kontrol yönetmeliği**

Proje alanı kapsamında bulunan yerleşim yerlerinin evsel nitelikli atıksularının alıcı ortama deşarj standartlarını belirleyen SKKY Çizelge 5.1' de verilmiştir.

**Çizelge 5.1: SKKY-Sektör: Evsel nitelikli atıksular (Sınıf 4 Kirlilik yükü ham BOİ olarak > 6000 kg/gün, Nüfus > 100000)**

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT	KOMPOZİT
		NUMUNE	NUMUNE
		2 SAATLİK	24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> )	(mg/L)	40	35
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	120	90
Askıda Kati Madde (AKM)	(mg/L)	40	25
pH	-	6-9	6-9

### **5.1.3. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY)**

Kentsel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı ile belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklanan atıksu deşarjının olumsuz etkilerine karşı çevreyi korumak amacıyla 2006 yılında yayınlanan yönetmelik kapsamında, Hassas ve Az Hassas Bölgelerin genel olarak tanımlamaları yapılmış ve buralara deşarj edilecek atıksular için arıtma prensipleri tariflenerek deşarj kriterleri konulmuştur. Bu yönetmelik aynı zamanda AB atıksu direktifleriyle de uyumludur.

### **5.2. Arıtılmış Su Kalitesi :**

Ülkemizde uygulanan SKKY' indeki standartlar oldukça toleranslı bulunmakta ve alıcı ortamlara verilen atıksuların daha iyi arıtılması gerektiği şeklinde eleştirilmektedir. Avrupa Topluluğu standartlarında ise daha iyi çıkış suyu istenmekte Çizelge 5.2. ve ayrıca belirli büyüklükteki veya belirli bölgelerdeki tesisler için azot ve fosfor giderilmesi şartı da getirilmektedir. Bu yüzden son yıllarda ülkemizde gerçekleştirilen bazı büyük projelerde Avrupa Topluluğu standartlarının uygulandığı görülmektedir.

**Çizelge 5.2:** Arıtılmış suyun deşarj değerleri.

PARAMETRE	BİRİM	KONSANTRASYON
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> )	mg/L	25
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	90
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	35 (N>10000) 60 (N=2000–10000)
Toplam Fosfor (TP)	mg/L	2 (N=10000–100000) 1 (N>100000)
Toplam Azot (TN)	mg/L	15 (N=10000–100000) 10 (N>100000)

Proje yapılırken hedef iki yönetmelikteki en düşük değerleri seçmektir: Kentsel Atıksu Yönetmeliği'nde KOİ değeri 125 mg/L iken Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde KOİ değeri 90 mg/L dir ve Düşük değer olan 90 mg/L KOİ değeri seçilmiştir.

### 5.3. Numune Alma ve Analiz Yöntemleri

Tesis numuneleri 24 saatlik kompozit numuneler olup tesisin giriş ve çıkış noktalarından otomatik numune alma cihazıyla alınmıştır. Numuneler SKKY Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği hükümlerine uygun olarak ağız kapalı plastik şişelere alınmış ve hiç bekletilmeden analizleri yapılmıştır. Plajyolu ATT'ye ait analizler tesisin atıksu laboratuvarında, 42 Evler AAT'ye ait analizler ise akreditasyon sertifikasına sahip İSU Genel Müdürlüğü Laboratuvar Şube Müdürlüğü laboratuvarında yapılmıştır. Analizlerde kullanılan metotlar Çizelge 5.3' te belirtilmiştir.

**Çizelge 5.3:** Analizlerde kullanılan metotlar

DENEY ADI	BİRİM	DENEY METODU
KOİ (KOİ-Kapalı Refluks Kolorimetrik Yöntemi)	mg/L	Standart Metod- 21. Baskı - 5220.D
AKM (Gravimetrik Yöntemi)	mg/L	Standart Metod - 21. Baskı - 2540.D
pH Tayini (Elektrometrik Yöntemi)	mg/L	Standart Metod - 21. Baskı-4500-H+B
BOİ	mg/L	Standart Metod - 21. Baskı -5210-B
Renk	mg/L	Standart Metod - 21. Baskı -2120-A
TN	mg/L	DIN EN ISO 11905 -1
TP	mg/L	TS EN ISO 11885
UAKM (Gravimetrik Yöntemi)	mg/L	Standart Metod - 21. Baskı- 2540-E

### 5.3.1. Kullanılan Cihazlar ve Ekipmanlar

Analizlerin yapıldığı laboratuvarlarda, kullanılan cihaz ve ekipmanların gerektirdiği özel koşulları sağlamak üzere uygun aydınlatma, ısıtma ve havalandırma sistemleri bulunmaktadır. Analiz cihazlarının çalışmalarının olumsuz etkilenmemesi için ortamda toz, nem, buhar, titreşim gibi etkenler için gerekli önlemler alınmaktadır. Bununla birlikte cihazların ve ekipmanların doğrulama ve kalibrasyonları düzenli olarak yapılmaktadır. Analizlerde kullanılan cihazlar ve ekipmanlar Çizelge 5.4.'te verilmiştir.

**Çizelge 5.4:** Analizlerde kullanılan cihazlar ve ekipmanlar.

DENEY ADI	CİHAZ VE EKİPMAN
KOİ	Phoro 300 merc UV spektrofotometre
TN	Krom (VI) Tayini
P Tayini	WTW
pH Tayini	pH metre
BOİ	BOİ şişeleri, inkübatör
Renk	Hach DR 5000 UV spektrofotometre
AKM	Whatman 0,44µm gözenekli Millipore AP40 filtre kağıtları, süzme seti, Binder etüv, Heraeus UAKM instruments kül fırını

### 5.4. Yapay Sinir Ağları (YSA) ile Atıksu Arıtma Tesislerinin Matematiksel Modellenmesi.

Çalışmada incelenecek her iki arıtma tesisi için, 2012-2014 yılları arasında, günlük ölçüm periyodunda analiz edilen parametreler kullanılmıştır. İki farklı tesiste yapılan günlük ölçümlerden ortak parametreler tespit edilmiş ve haftaiçi ölçümler çalışmada kullanılmıştır. Bu parametrelerin günlük analiz sonuçları üzerinden, yapay sinir ağı (YSA) modeli ile denemeler yapılmış ve ham verilerin YSA modeline göstereceği cevapların etkinliği tespit edilmiştir. Uygun YSA modelini belirleyebilmek amacıyla farklı eğitim fonksiyonları ile denemeler yapılmıştır. Test modellerinin sonuçları istatistiksel parametrelerle incelenerek, çalışmada kullanılacak gerçek YSA model tespit edilmiştir. Her iki tesis için, aynı parametrelere ait farklı veri setleri, gerçek

YSA üzerinde çalıştırılarak, tesislere ait model sonuçları oluşturulmuş ve incelenmiştir.

YSA modelinin etkinliği ve doğruluğu, her iki tesisin verilerinin modelde test edilmesi ile ölçülmüştür. Bu ölçümler esnasında test ve kalibrasyon denemeleri Matlab R16 (Mathworks, ABD) yazılımı içerisinde bulunan Neural Network Tool modülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Her iki arıtma tesisinin YSA modelden elde edilen çıkış verileri, tesislerin gerçek çıkış verileri ile karşılaştırılmıştır. Farklı parametrelerin giriş seti varyasyonları oluşturularak, YSA modeldeki çıkış sonuçlarına etkileri incelenmiştir.

3 yıllık veriler için yapılan bu çalışmada, her bir giriş veri setinde ortalama 390 veri bulunmaktadır. Veriler ağa sunulmadan önce verideki aşırı salınımları engellemek ve sistem performansını arttırmak için normalizasyon işlemine tabi tutulurlar. Bunun için logaritmik fonksiyonlar kullanıldığı gibi, genellikle verilerin (0,1) veya (-1,+1) aralıklarından birine ölçeklendirilmesi önerilmektedir (Saraç, 2004).

Çalışmada veriler (0,1) aralığına getirilerek normalize edilmiştir. Girdilerin normalizasyon işlemi denklem X ile yapılmıştır:

$$X_{norm} = 0.1 + (X_{gerçek} - X_{min}) / (X_{max} - X_{min}) * 0.8 \quad (5.1)$$

Birçok farklı yapının denenmesinin temel amacı minimum eğitim hatasını elde etmeye çalışmaktır. Her bir ANN model mimarisi ileri beslemeli geri yayımlı algoritmaya göre tasarlanmıştır. Eğitim aşamasında kullanılacak veri setinin büyüklüğü hakkında literatürde net bir ifade bulunmamakla birlikte, toplam verinin en az yarısının eğitim aşamasında kullanılması genel bir yaklaşım olarak kabul görmektedir. ANN modelinin hedef çıktı değişkenini iyi tahmin edebilmesi, ağın iyi eğitilmesi direkt olarak ilişkili olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında kullanılan eğitim veri seti, toplam veri setinin %80'i seçilmiştir. Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra performansının ölçülmesi için gerçekleştirilen işlemlere de ağın doğrulanması ya da test edilmesi adı verilmektedir. Bu aşamada verilerin %10'u validasyon, %10'u test için kullanılmıştır. Yapılan çalışmada, 5 girdi (input) ve 4 çıktı (output) değerlerini kapsayan toplamda 42 Evler AAT için 477 ve Kullar AAT için 400 adet veri içeren deney sonuçları kullanılmıştır. Girdi

parametreleri olarak debi, pH, sıcaklık, askıda katı madde (AKM) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve çıktı parametreleri olarak pH, sıcaklık, AKM ve KOİ değerleri kullanılmıştır.

ANN modellerinin performansları ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkilerin tanımlanması ile tespit edilmiştir. Bu amaçla; sonuçlar, ortalama karesel hata (Mean Squared Error, MSE) ve Determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) hata göstergeleri ile analiz edilmiştir. MSE hata değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} (y_{i,model} - y_{i,deneysel})^2}{N} \quad (5.2)$$



**Çizelge 5.5:** Entegre (Kullar-42 Evler) İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi YSA Modelinde kullanılan parametreler.

TARİH	ARALIK	DEBİ (m <sup>3</sup> /gün)	pH	SICAKLIK (°C)	AKM (mg/L)	KOI (mg/L)	BOI (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
			GİRİŞ	GİRİŞ	GİRİŞ	GİRİŞ	GİRİŞ	GİRİŞ	GİRİŞ
2012	MİNİMUM	43117,3	19,7	7,2	188,6	81,0	89,1	14,5	17,0
	ORTALAMA	62081,2	5,0	0,1	623,7	1099,6	361,8	59,5	28,9
	MAKSİMUM	81045,1	9,7	7,0	1058,8	2778,4	634,5	104,5	74,8
	STD. SAPMA	9482,0	29,6	7,5	217,6	839,4	136,3	22,5	23,0
2013	MİNİMUM	45419,3	15,8	7,3	229,0	254,0	60,1	3,5	0,6
	ORTALAMA	65816,2	6,1	0,1	616,6	892,6	294,6	49,4	4,0
	MAKSİMUM	86213,1	3,6	7,1	1004,1	1531,1	529,1	95,3	7,5
	STD. SAPMA	10198,5	28,0	7,6	193,8	319,3	117,3	22,9	1,7
2014	MİNİMUM	43818,3	17,3	7,6	112,4	103,3	152,2	0,0	1,0
	ORTALAMA	62806,8	4,6	0,2	495,8	721,0	407,3	0,0	4,4
	MAKSİMUM	81795,3	8,2	7,2	879,2	1338,7	662,4	0,0	9,8
	STD. SAPMA	9494,2	26,4	7,9	191,7	308,8	127,6	0,0	2,7

## 5.5. ATV-131-E Standart ve Özellikleri

ATV-DVGW; ATV ve ATV Standardı ATV-A 400 prosedürünün tüzükleri ve kuralları doğrultusunda elde edilmiş teknik-bilimsel/ekonomik işbirliğidir (Deutsche, 2000).

ATV Standardının (1988-90) önceki baskılarında, sadece nitrojen ve fosfor giderimi yapan izole edilmiş aktif çamur tesisleri bulunmaktadır. Boyutlandırma ve işletme işletme sonuçlarının bilgisi anlaşılır. Bu nedenle, sadece araştırmaların sonuçlarına güvenmek zorunluluğu vardır.. Şubat 1991 yılında basılan ATV Standardı ATV-A 131 ile karşılaştırılırsa, aşağıdaki önemli değişiklikler yapılmıştır:

- Herhangi büyüklükte aktif çamur tesisleri için geçerlilik (şimdiye kadar  $\geq 5.000$  yaşayanların toplam sayısı ve nüfus eşdeğeri PT)
- Dizayn akışlarının ve yüklerinin türetildiği bölüm çıkarılmıştır, çünkü her tip atıksu arıtma prosesleri için ayrı ATV Standardı ayrıntılı hazırlanmıştır.
- Bir biyolojik reaktörün esnek dizaynı yaklaşımı altında, nitrojen giderimi için boyutlandırma sıcaklığı Alman Atıksu Yönetmeliği (ATV-DVWK) Ek 1'e göre önceden  $T = 10^{\circ}\text{C}$  )  $T = 12^{\circ}\text{C}$  olmuştur.
- Ek biyolojik fosfor giderimi için boyutlandırmanın entegrasyonu
- Denitrifikasyon kapasitesinin modifikasyonu
- Gerekli oksijen transferinin belirlenmesinden değişiklik
- Anaerobik bir reaktörün boyutlandırılmasında entegrasyon
- Kimyasal oksijen ihtiyacını (COD) baz alan boyutlandırma için seçenek
- İkincil çöktürme tanklarının çamur hacmi yük oranının izin verildiği kadar artırılması
- Bölgesel derinliklerin belirlenmesinde, yoğunlaştırma (thickening) derinliğinin belirlenmesinde ve ikincil çöktürme tanklarının çamur ayırma bölgesinin belirlenmesinde modifikasyon (Deutsche, 2000).

## 5.6. Belebungs Expert Programı

Belebungs Exper ATV-DVWK uzman Komiteler 2.5 ve 2.6 boyutlandırma ve tek kademeli aktif çamur yeniden hesaplanması için üretilen, ATV-DVWK 131-E standartına uygun olan bir programdır. 2006 yılında Alman DWA firması tarafından hazırlanan programdır. 2009 yılında ise Belebungs Expert Version 1.32 kullanıma sunulmuştur (Deutsche, 2009).

ATV 131 standartları kullanılarak tesisler Belbung programı ile yeni projelendirilmesi yapılmıştır.

Belebung programı ile projelendirilecek üniteler:

- Fosfor giderimin olacağı anaerobik havuzlar
- Azotun giderileceği denitrifikasyon ve nitratın oluşturulduğu oksidasyon havuzlar
- Organik karbonun giderildiği oksidasyon havuzları
- Çökeltim havuzları

Bu üniteler hesaplanırken gerekli olan parametreler:

Debi, sıcaklık, toplam azot, toplam fosfor, BOİ, AKM

Fosfor giderimi;

- Biyolojik havuzlarda ne kadar fosfor giderileceği hesaplanarak, istenilen deşarj kalitesine ulaşamadığı takdirde giderimine ilave olarak kimyasal çöktürme için gerekli olan demir miktarı
- Fosfor tanklarının hacmi
- Fosfor giderimi için oluşacak çamur miktarı

Azot giderimi;

*Denitrifikasyon ünitesi için;*

- Nitratın giderilmesi için gerekli tank hacmi
- Giderilecek nitrat miktarı

*Oksidasyon havuzu;*

- Toplam azottan oluşacak nitrat miktarı
- Nitrate dönüşüm için gerekli olan oksijen ihtiyacı

Organik karbon giderimi;

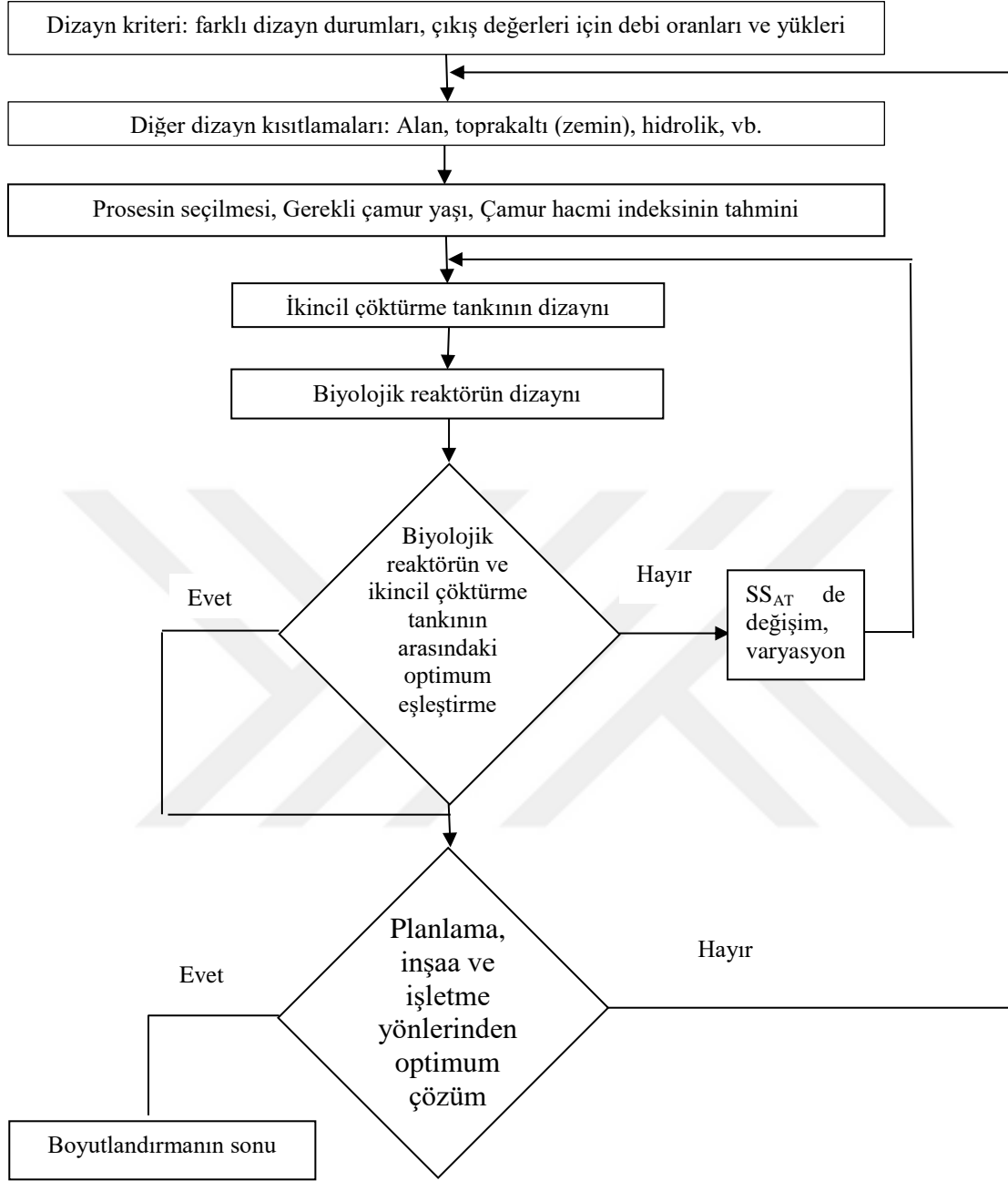
- Oluşacak çamur miktarı
- Atılan çamur yani çamur yaşı
- Gerekli olan oksijen ihtiyacı
- Tank boyutları

Çöktürme tankları;

- Tank boyutları
- Tank derinliği ve katmanları
- Geri devir oranı
- MLSS miktarı

Bu şekilde her bir tank tasarımında önemli olan parametreler hesaplandı. Belebungs programı ile ATV 131-E de ki standartlar programa işlendi. Bu parametreler hesaplanırken yüklü standart aralığındaki değerler arasında kalması sağlandı. Bu aralıkta seçilmeyen değerler için program derhal uyarı verecek şekilde programlanmıştır. Bu sayde hatalı olarak girilen veriler rahatlıkla gözlenebilmektedir.

Aktif çamur prosesi tekrarlanarak meydana gelmektedir ve birçok faktör birbirini karşılıklı etkilemektedir, Şekil 5.1' de verilen hesaplama yolu, pratik olarak bir hesaplamayı temsil etmektedir ve hesaplamaları yeni varsayımlar için tekrar etmek gerekli olabilir.



**Şekil 5.1:** Planlama ve boyutlandırma düzeni

Aşağıdaki adımlar önerilebilir:

Tesisin boyutlandırma kapasitesinin, ilgili debileri ve biyolojik reaktöre gelecek yüklerin belirlenmesi için, Bölüm 6’ da ki veriler kullanılmıştır.

Prosesin seçimi: eğer nitrojen giderimi gerekiyorsa, hangi nitrifikasyon/denitrifikasyon prosesinin gerektiğine karar verilmelidir. Çökme özelliklerinin

gelişmesi için aerobik selektörün mü yoksa ek biyolojik fosfor giderimi için anaerobik karıştırma tankının mı üst akışa yerleştirilmesi belirlenmelidir.

Gerekli güvenlik faktörünün (SF) belirlenmesinde, tesisin boyutlandırma kapasitesi ve bu durumda günlük yük değişimleri hesaba katılmalıdır. Sadece nitrifikasyon giderimi için dizayn edilen tesislerde, çamur yaşı ( $t_{SS,aerob,dim}$ ), boyutlandırma sıcaklığı hesaba katılarak belirlenmelidir. Her ikisi de aerobik çamur stabilizasyonun da dâhil edilmezler.

Azot giderimi olan tesislerde, denitrife olması gereken nitrat, nitrojen dengesi ortalamasıyla belirlenmelidir. Eğer nitrojen gideriminin oranı sürdürülemiyor da konsantrasyon değeri sürdürülebiliyorsa, giriş konsantrasyonu çok büyük etkilenmektedir; eğer anlık bir numunedeki konsantrasyona karşılık gelirse (mesela; Almanya'daki Atıksu Yönetmeliğine göre yeterli rasgele numune) bu boyutlandırmada özellikle hesaba katılmalıdır.

Denitrifikasyon prosesinin seçimini hesaba katarsak, gerekli denitrifikasyon hacminin biyolojik reaktör hacmine oranı ( $V_D/V_{AT}$ ) belirlenmelidir. Buna bağlı olarak de çamur yaşı ( $t_{SS,dim}$ ) hesaplanmalıdır. Kombine aerobik çamur stabilizasyonu için çamur yaşı seçilmelidir, eğer ayrı iseler ilgili atıksu sıcaklığı uyumlu olmalıdır.

Çamur hacmi indeksinin seçiminde; atıksuyun bileşimi, biyolojik reaktörün karıştırma özelliklerinin yanında aerobik selektör mü yoksa anaerobik karıştırma tankı mı olduğu hesaba katılmalıdır.

İkincil çöktürme tankında çamur yoğunlaştırma süresinin ( $t_{Th}$ ) seçilmesi, seçilen biyolojik prosese bağlıdır ve alttaki çamurun askıda katı (kuru) maddesinin yoğunluğunun ( $SS_{BS}$ ) belirlenmesi SVI ve  $t_{Th}$  e bağlıdır.

1. Geri devir çamuru askıda katı madde konsantrasyonunun ( $SS_{RS}$ ) belirlenmesine dip çamurdaki askıda katı madde konsantrasyonu ile ulaşılmaktadır ve çamur ayırma akıntısının seyrelmesi ise seçilmiş çamur ayırma sistemine bağlıdır.
2. Geri devir çamur oranının ( $RS$ ) seçilmesi ve izin verilebilen biyolojik reaktördeki aktif çamurun askıda katı madde miktarının ( $SS_{AT}$ ) hesaplanması.
3. Aktif çamurdaki mixed liquor askıda aktı madde ( $MLSS$ -biyokütle) konsantrasyonu, biyolojik reaktörlerin ve ikincil çöktürme tanklarının hacmini

ters yönde etkilemektedir.  $SS_{AT}$  artarken biyolojik reaktörün hacmini azaldığı ve artan  $SS_{AT}$  ile de ikincil çöktürme tankının yüzey alanının ve ek olarak derinliğini arttığına dikkat edilmelidir

4. İkincil çöktürme tankının yüzey alanının ( $A_{ST}$ ), savak oranı ( $q_A$ ) ya da çamur hacmi yük oranının ( $q_{SV}$ ) müsaade verdiği şekilde belirlenmesi.
5. Fonksiyonel bölgeler ve diğer şartnameler için ikincil çöktürme tanklarının derinliğinin kısmi/bölümsel (partial) derinliklerden belirlenmesi.
6. Seçilmiş yoğunlaştırma (thickening) süresinin çamur ayırma (sıyırıcı) performansı ile gerçekleşmesi için önceden olması zorunlu olan şey ikincil çöktürme tankının boyutlarıdır.
7. Atık çamur üretiminin ( $SP_d$ ) belirlenmesi, eğer gerekli ise fosfor gideriminden gelen atık çamur ve belki denitrifikasyon için dışardan karbon dozlanmasının hesaba katılmasıdır.
8. Seçilmiş çamur yaşı için biyolojik reaktördeki gerekli katı maddenin kütlesinin ( $M_{SS,AT}$ ) hesaplanması.
9. Biyolojik reaktörün hacminin hesaplanması.
10. Eğer gerekli ise, biyolojik fosfor giderimi için anaerobik karıştırma tankının boyutlandırılması.
11. Ön-anoksik bölge denitrifikasyonu veya aralıklı (kesikli) denitrifikasyon proseslerinin devir süresi için gerekli iç yeniden devir (recirculation) akış oranının hesaplanması.
12. Havalandırma tesisinin dizaynı için ilgili oksijen tüketiminin belirlenmesi.
13. Kalan alkaliniteyi kontrol etmede ve/veya alkali çökeltinin dozlanması gerektiğinde amonyaklaştırma, nitrifikasyon, denitrifikasyon ve fosfat çökmesinde alkalinite tüketimi ve kazancı ve bunların yanında oksijen tüketimi ve difüzör derinliği (sadece biyolojik reaktördeki pH'ı belirlemek için) hesaba katılır.
14. Eğer gerekli ise, aktif çamurun çökme özelliğinin gelişmesi için bir aerobik selektörün boyutlandırılması.

Boyutlandırma parametreleri, bilimsel model konseptleri temel alınarak hazırlanabilir ve tecrübeyle desteklenebilir ya da kısmen sahada yapılmış olan tecrübelerden

Kentsel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı ile belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklanan atıksu deşarjının olumsuz etkilerine karşı çevreyi korumak amacıyla 08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren KAAY kapsamında, hassas ve az hassas bölgelerin genel olarak tanımlamaları yapılmış ve buralara deşarj edilecek atıksular için arıtma prensipleri tariflenerek deşarj kriterleri konulmuştur. Kentsel atıksu arıtma tesislerinden ikincil arıtıma ilişkin deşarj limitleri KOİ için 125 mg/L ya da minimum % 75 arıtma veriminin sağlanması, AKM için ise 35 mg/L ya da minimum % 70 arıtma veriminin sağlanması şeklindedir.

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi Çizelge 4.15 ve Kullar Atıksu Arıtma Tesisi Çizelge 4.31' de 2012-2014 yılı ortalama değerleri kullanılarak Belebungs Expert programı ile tekrar tasarlanmıştır.

**Çizelge 5.6:** 42 Evler Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi Belebungs tasarım değerleri.

		BİRİM	42 EVLER AAT
Günlük kuru hava debisi	$Q_{DW,d}$	$m^3/d$	30000
Saatlik kuru hava debisi	$Q_{DW,h}$	$m^3/h$	1250
KOI	$C_{COD,IAT}$	mg/L	1457
BOI <sub>5</sub>	$C_{BOD,IAT}$	mg/L	450
AKM	$X_{SS,IAT}$	mg/L	958
TKN	$C_{TKN, IAT}$	mg/L	80
Amonyum	$S_{NH4, IAT}$	mg/L	56
Fosfor	$C_{P,IAT}$	mg/L	4
Alkanite	$S_{ALK,IAT}$	mg/mol	8

**Çizelge 5.7:** Kullar Atıksu Arıtma Tesisi Belebungs tasarım değerleri.

		BİRİM	KULLAR AAT
Günlük kuru hava debisi	$Q_{DW,d}$	$m^3/d$	53225
Saatlik kuru hava debisi	$Q_{DW,h}$	$m^3/h$	2217
KOI	$C_{COD,IAT}$	mg/L	577
BOI <sub>5</sub>	$C_{BOD,IAT}$	mg/L	279
AKM	$X_{SS,IAT}$	mg/L	377



TKN	$C_{TKN,IAT}$	mg/L	37
Amonyum	$S_{NH4,IAT}$	mg/L	20
Fosfor	$C_{P,IAT}$	mg/L	14
Alkanite	$S_{ALK,IAT}$	mg/mol	8

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisive Kullar Atıksu Arıtma Tesisi tasarım değerleri incelendiğinde; Çizelge 5.6' da 42 Evler AAT için, sadece organik karbon giderimi olan bir tesis olduğu ortaya çıkmaktadır. TKN giriş değeri 80 mg/L dir. Fosfor değeri ise 4 mg/L dir. Çizelge 5.7'de Kullar AAT tasarım değerleri incelendiğinde, tesiste karbon ve azot giderimi üzerine kurulduğu, fosfor giderimi yapılmadığı gözükmektedir.

Bu iki tesis ATV 131 E standartı ile Belebung programı kullanılarak Kentsel Atıksu Yönetmeliğine göre tekrar projelendirilerek bütünleşmiş (entegre) tesis dizayn edilmiştir.

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi projendirilirken Çizelge 4.15' de ki değerler Belebungs programında işlenerek 12, 15, 20 ve 25 °C deki sıcaklıklar kullanılmıştır. Bu program çıktıları en son EK 1.A'da gösterilmektedir. Ama bu tezde üzerinde durulacak olan sıcaklık 15 °C bu değer Kocaeli ortalama sıcaklığıdır.

Kullar Atıksu Arıtma Tesisi projendirilirilmesinde ise, Çizelge 4.31' de ki değerler kullanılmıştır. Belebung programında 12,15, 20 ve 25 °C deki sıcaklıklar kullanılmış olup. Bu program çıktıları en son EK 1.B' de gösterilmektedir. Ama bu tezde üzerinde durulacak olan sıcaklık 15 °C dir. Çünkü 15 °C Kocaeli ortalama sıcaklığıdır.

**Çizelge 5.8:** 42 Evler AAT azot giderim değerleri.

Azot dengesi			
Giriş ( $C_{TKN} + S_{NO3}$ )	$C_N$	mg/L	80
Biyomas tarafından giderilen azot miktarı	$X_{orgN, BM}$	mg/L	22,5
Çıkıştaki amonyum miktarı	$S_{NH4,EST}$	mg/L	0
Çıkıştaki organik azot miktarı	$S_{orgN,EST}$	mg/L	2
Nitrifikasyon uğrayan azot miktarı	$S_{NO3,N}$	mg/L	55,5
Çıkıştaki nitrat miktarı (Setpoint)	$S_{NO3,EST}$	mg/L	8
Denitrifikasyona uğrayan nitrat	$S_{NO3,D}$	mg/L	47,5
Denitrifikasyon karbon oranı	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	kg/kg	0,106

Denitrifikasyon hacmi oranı	$V_D/V_{AT}$	-	0,2
Mevcut denitrifikasyon karbon oranı	$S_{NO_3,D} / C_{BOD}$	kg/kg	0,113
Denitrifikasyona uğrayan nitrat	$S_{NO_3,D}$	mg/L	47,5
Çıkıştaki nitrat (existing)	$S_{NO_3,EST}$	mg/L	8
Gerekli sirkülasyon oranı	RC	-	5,94

**Çizelge 5.9: 42 Evler AAT fosfor giderimi değerleri**

Fosfor tankı hacmi	$V_{BIOP}$	$m^3$	-
Fosfor tankı bekletme zamanı	$t_{BIOP}$	h	-
Tesis giriş fosfor değeri	$C_{P,IAT}$	mg/L	4
Biyomass tarafından giderilen fosfor (normal uptake)	$X_{P,BM}$	mg/L	4
Fosfor bakterileri tarafından giderilen fosfor	$X_{P,BioP}$	mg/L	0
Tesis çıkış fosfor değeri (existing)	$S_{PO_4,EST}$	mg/L	0
İstenilen çıkış fosfor miktarı (Setpoint)	$S_{PO_4,EST}$	mg/L	-
Kimyasal çöktürme ile giderilen fosfor	$X_{P,Prec}$	mg/L	-
Çökeltici madde talebi	FM	Kg Me/d	-

Çizelge 5.8 ve 5.9 incelendiğinde; 42 Evler tesisinde Belebung programına göre fosfor eksikliği vardır ve arıtma tesisine fosfor ilavesi yapılması gerekmektedir. Organik kirlilik fazla olduğundan fosfor ihtiyacı olmaktadır. Organik kirliliğin yani KOİ ve BOİ nin yüksek olması ve fosfor ihtiyacının olması sebebiyle genellikle filamentli yapı olduğundan, arıtma verimi düşmektedir. Projede karbon ve azot giderimi için belirlenen tank boyutu için alan mevcut değildir.

**Çizelge 5.10: Kullar AAT azot giderim değerleri.**

Giriş ( $C_{TKN} + S_{NO_3}$ )	$C_N$	mg/L	37
Biyomas tarafından giderilen azot miktarı	$X_{orgN, BM}$	mg/L	14
Çıkıştaki amonyum miktarı	$S_{NH_4,EST}$	mg/L	0
Çıkıştaki organik azot miktarı	$S_{orgN,EST}$	mg/L	2
Nitrifikasyon uğrayan azot miktarı	$S_{NO_3,N}$	mg/L	21
Çıkıştaki nitrat miktarı (Setpoint)	$S_{NO_3,EST}$	mg/L	8
Denitrifikasyona uğrayan nitrat	$S_{NO_3,D}$	mg/L	13

Denitrifikasyon karbon oranı	$S_{NO_3,D}/C_{BOD}$	kg/kg	0,047
Denitrifikasyon hacmi oranı	$V_D/V_{AT}$	-	0,2
Mevcut denitrifikasyon karbon oranı	$S_{NO_3,D} / C_{BOD}$	kg/kg	0,113
Denitrifikasyona uğrayan nitrat	$S_{NO_3, D}$	mg/L	13
Çıktıdaki nitrat (existing)	$S_{NO_3,EST}$	mg/L	8
Gerekli sirkülasyon oranı	RC	-	1,63

**Çizelge 5.11: Kullar AAT fosfor giderim değerleri.**

Fosfor tankı hacmi	$V_{BIOP}$	$m^3$	3326
Fosfor tankı bekletme zamanı	$t_{BIOP}$	h	0,8
Tesis giriş fosfor değeri	$C_{P,IAT}$	mg/L	14
Biyomass tarafından giderilen fosfor (normal uptake)	$X_{P,BM}$	mg/L	2,8
Fosfor bakterileri tarafından giderilen fosfor	$X_{P,BioP}$	mg/L	4,2
Tesis çıkış fosfor değeri (existing)	$S_{PO_4,EST}$	mg/L	1
İstenilen çıkış fosfor miktarı (Setpoint)	$S_{PO_4,EST}$	mg/L	1
Kimyasal çöktürme ile giderilen fosfor	$X_{P,Prec}$	mg/L	6
Çökeltici madde talebi	FM	Kg Me/d	868,9

Çizelge 5.10 ve 5.11 incelendiğinde; Kullar Atıksu Arıtma Tesisinde KOİ giriş değerleri 577 mg/L dir. Atıksu evsel karakterizasyona sahiptir. Tesis giriş TKN ortalama değeri 37 mg/L dir. Tesiste azot giderimi olmakta ve Kentsel atıksu arıtma Yönetmeliği' nde 10 mg/L yi sağlamaktadır.

Tesiste fosfor giderimi olmamaktadır. Bunun için Belebung programına göre ilk etapta BOİ giderimi için 2,8 mg/L fosfor kullanıldı, daha sonra anaeobik fosfor giderimi 4,2 mg/L için fosfor kullanıldı. Kentsel Atıksu Yönetmeliği'ne göre 1 mg/L olması gerektiği düşünülerek. Kimyasal çöktürme ile 6mg/L demir kullanılarak çöktürüldü. Kullar tek başına revizyonu olduğunda ise günlük demir sarfiyatı 868,9 kg olacaktır. Fosfor için 3326  $m^3$  hacimli anaerobik havuz ve 0,8 saat bekletme zamanı seçildi.

**Çizelge 5.12: 42 Evler AAT çamur oluşum değerleri.**

Oksidasyon havuzu tank hacmi	$V_{AT}$	$m^3$	55000
Oksidasyon (karbon ve azot giderme) tankı hacmi	$t_{SS}$	d	10,1

Çamur üretimi

Çamur yaşı	$SP_{d,c}$	kg/d	22258
		Oksijen ihtiyacı	
...Oluşan Çamur miktarı	$OU_d$	kg/d	18103

**Çizelge 5.13: Kullar AAT çamur oluşum değerleri**

Oksidasyon havuzu tank hacmi	$V_{AT}$	$m^3$	51000
Oksidasyon (karbon ve azot giderme) tankı hacmi	$t_{SS}$	d	10,2
		Çamur üretimi	
Çamur yaşı	$SP_{d,c}$	kg/d	17528
		Oksijen ihtiyacı	
...Oluşan Çamur miktarı	$OU_d$	kg/d	19427

Çizelge 5.12 ve 5.13 incelendiğinde; 42 Evler ve Kullar Atıksu Arıtma Tesisleri için oluşacak arıtma çamuru miktarı ve tank hacimleri görülmektedir.

## 6. BULGULAR

### 6.1. Yapay Sinir Ağı Modeli Uygulama Çalışmaları

#### 6.1.1. 42 Evler AAT YSA Eğitim ve Test Hataları

(-1 +1) aralığında normalize edilen verilerin korelasyon katsayısı düşük olduğu için, çalışmada (0 1) aralığında normalize edilen giriş-çıkış verileri kullanılmıştır.

**Çizelge 6.1:** 10 Nöronlu Hidden Layerda Geri Yayılım Algoritmalarının 42 Evler AAT çıkış verileri için karşılaştırılması

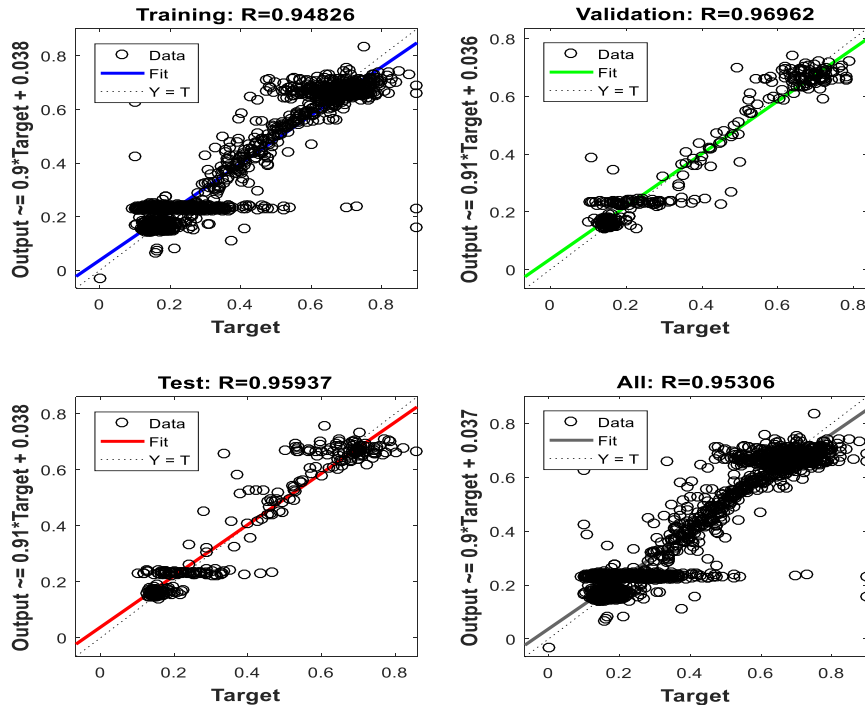
Fonksiyon	R	MSE	İterasyon Sayısı
trainbfg	0.95443	0.0041602	39
trainbr	<b>0.96613</b>	<b>0.0035403</b>	207
traincgb	0.95774	0.0069559	30
traincgf	0.95774	0.0073913	59
traincgp	0.9569	0.0042638	31
traingd	0.87316	0.011423	1000
traingdm	0.90174	0.010609	1000
traingda	0.94341	0.007636	137
traingdx	<b>0.95306</b>	<b>0.0033168</b>	169
trainlm	0.95871	0.0038147	2
trainoss	0.95797	0.0048177	96
trainrp	0.95769	0.0052998	73
trainscg	0.95807	0.0038887	109

Çizelge 6.1’ de test edilen algoritmalar arasında korelasyon katsayısı (R) en yüksek (0.96613) olan trainbr (Bayesian regularization) geri yayılım algoritması ile en düşük ortalama karesel hata (0.0033168)’yı (MSE) veren traingdx (Gradient descent w/momentum & adaptive lr backpropagation) geri yayılım algoritması arasında bir seçim yapılması gerektiğinde bu iki geri yayılım algoritması’nın regresyon analizleri yeniden incelenmiş ve Çizelge 6.2’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 6.2:** Trainbr ve traingdx geri yayılım algoritmalarının detaylı karşılaştırılması (42 Evler AAT)

Fonksiyon	YSA setleri	R	MSE
trainbr	Tüm regresyon performansı	0.96613	0.0035403
	Eğitim	0.96645	
	Validasyon	*	
	Test	0.96504	
traingdx	Tüm regresyon performansı	0.95306	0.0033168
	Eğitim	0.94826	
	Validasyon	0.96962	
	Test	0.95397	

Çizelge 6.2’ de ortalama karesel hatalar incelendiğinde trainbr algoritmasından daha düşük olduğu görülmüştür. Şekil 6.1’ de regresyon analizi sonuçları traingdx algoritmasına aittir ve trainbr fonksiyonuna göre validasyon, eğitim ve test performansları yaklaşık aynıdır. En düşük ortalama karesel hata (MSE) değeri bulunduğu için 42 Evler AAT çıkış verili tahmini için seçilen geri yayılım algoritması Gradient descent w/momentum & adaptive lr backpropagation (*traingdx*) ‘dir.



**Şekil 6.1:** 42 Evler AAT traingdx fonksiyonu ile eğitilen YSA tahmin grafikleri (Nöron sayısı: 10)

Traindx algoritması seçimi yapıldıktan sonra, regresyon değerinin eğitime, validasyon ve test sonuçları açısından maksimum olduğu aktivasyon fonksiyonu tespit edilmiştir ve sonuçlar Çizelge 6.3’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 6.3:** Farklı aktivasyon fonksiyonlarının YSA tahminine etkisi (42 Evler AAT)

Deneme	Fonksiyon	Nöron sayısı	Regresyon performansı		
			Eğitime	Validasyon	Test
1	<b>Tansig,Purelin</b>	10	0.94826	0.96962	0.95397
2	Tansig, Logsig	10	0.85643	0.85862	0.83357
3	Tansig, Tansig	10	0.95071	0.96259	0.94245
4	Logsig, Purelin	10	0.86657	0.83185	0.86466
5	Logsig, Tansig	10	0.94078	0.92697	0.93049
6	Logsig, Logsig	10	0.8477	0.83606	0.86321

Çizelge 6.3 incelendiğinde maksimum regresyon değerine karşılık gelen en iyi fonksiyonun tansig-purelin transfer fonksiyonu olduğu görülmektedir.

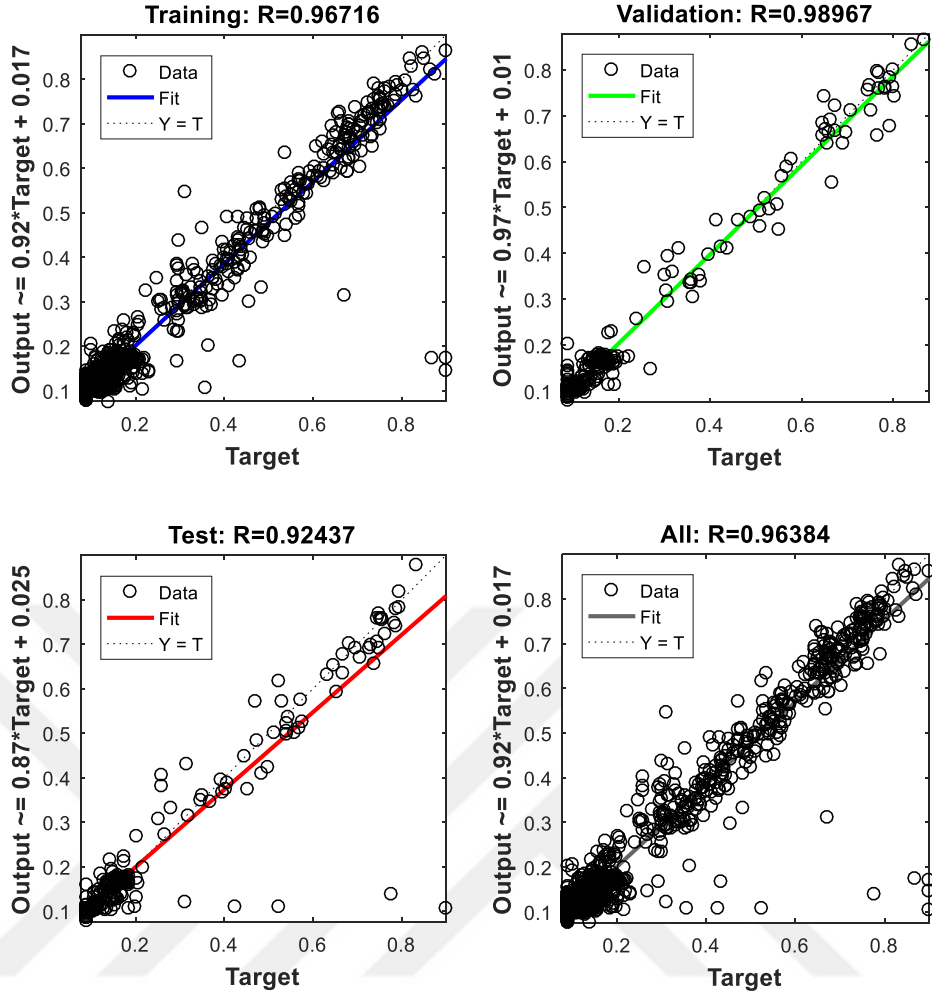
#### 6.1.2. Kullar AAT YSA Eğitime ve Test Hataları

Çizelge 6.4’ de Kullar AAT verileri için test edilen geri yayılım algoritmaları arasında en düşük ortalama karesel hata (0.00092502)’ yı (MSE) veren ve korelasyon katsayısı (R) 0.96384 olan trainbfg (BFGS quasi-Newton backpropagation) algoritması en uygun bulunmuştur. Bu algoritmaya ait eğitime, validasyon ve test regresyon değerleri sırasıyla 0.9671, 0.9896 ve 0.9243 olarak hesaplanmış ve Şekil 6.2 gösterilmiştir.

**Çizelge 6.4:** 10 Nöronlu Hidden Layerda Geri Yayılım Algoritmalarının Kullar AAT çıkış verileri için karşılaştırılması

Fonksiyon	R	MSE	İterasyon Sayısı
trainbfg	<b>0.96384</b>	<b>0.00092502</b>	58
trainbr	0.96734	0.0023474	564
traincgb	0.96054	0.0012083	38
traincgf	0.96361	0.0011186	89
traincgp	0.9572	0.0042441	19
traingd	0.82576	0.018563	1000
traingdm	0.95993	0.0011348	5000
traingda	0.94453	0.0021232	131
traingdx	0.81455	0.013858	66
trainlm	0.96645	0.0033744	8
trainoss	0.96027	0.0016085	40
trainrp	0.95949	0.0011929	81
trainscg	0.94576	0.0052459	12





**Şekil 6.2:** Kullar AAT traingdx fonksiyonu ile eğitilen YSA tahmin grafikleri (Nöron sayısı: 10)

Trainbfg algoritması seçimi yapıldıktan sonra, regresyon değerinin eğitme, validasyon ve test sonuçları açısından maksimum olduğu aktivasyon fonksiyonu tespit edilmiştir ve sonuçlar Çizelge 6.5' de gösterilmiştir.

**Çizelge 6.5:** Farklı aktivasyon fonksiyonlarının YSA tahminine etkisi (Kullar AAT)

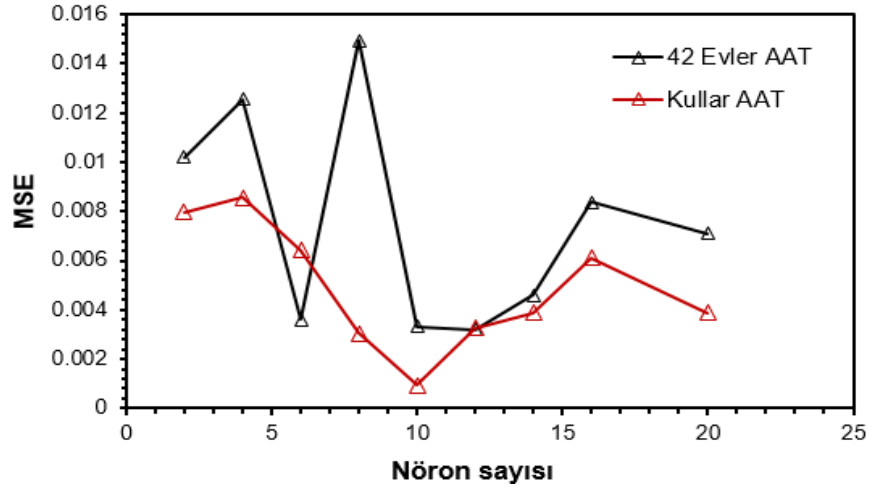
Deneme	Fonksiyon	Nöron sayısı	Regresyon performansı		
			Eğitme	Validasyon	Test
1	<b>Tansig,Purelin</b>	10	0.96716	0.98967	0.92437
2	Tansig, Logsig	10	0.95283	0.982	0.95448
3	Tansig, Tansig	10	0.97511	0.90834	0.97078
4	Logsig, Purelin	10	0.95852	0.95309	0.98086
5	Logsig, Tansig	10	0.95923	0.98621	0.92992
6	Logsig, Logsig	10	0.35552	0.33375	0.36467

Çizelge 6.5 incelendiğinde, Kullar AAT için maksimum regresyon değerine karşılık gelen en iyi fonksiyonun tansig-purelin transfer fonksiyonu olduğu görülmektedir. Buna göre model katmanları bu fonksiyon kullanılarak eğitilmiştir.

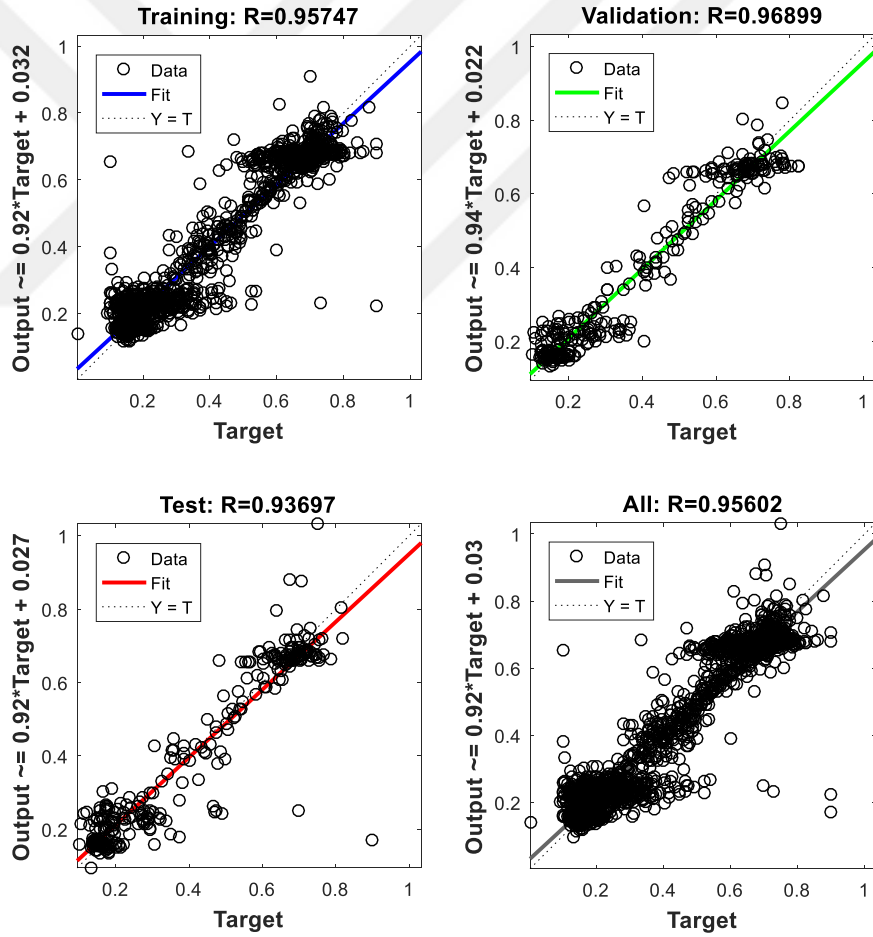
### 6.1.3. Sinir Ağları Yapısının Optimizasyonu

Sinir ağlarının optimizasyonu aşamasında hedef, gizli katmanda (hidden layer) bulunan nöron sayısını optimize bir şekilde belirleyebilmektir (Temizel, 2012). Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada gizli katmandaki nöron sayısı 2' den başlatılıp optimize değer bulunana dek arttırılarak işleme devam edilmiştir.

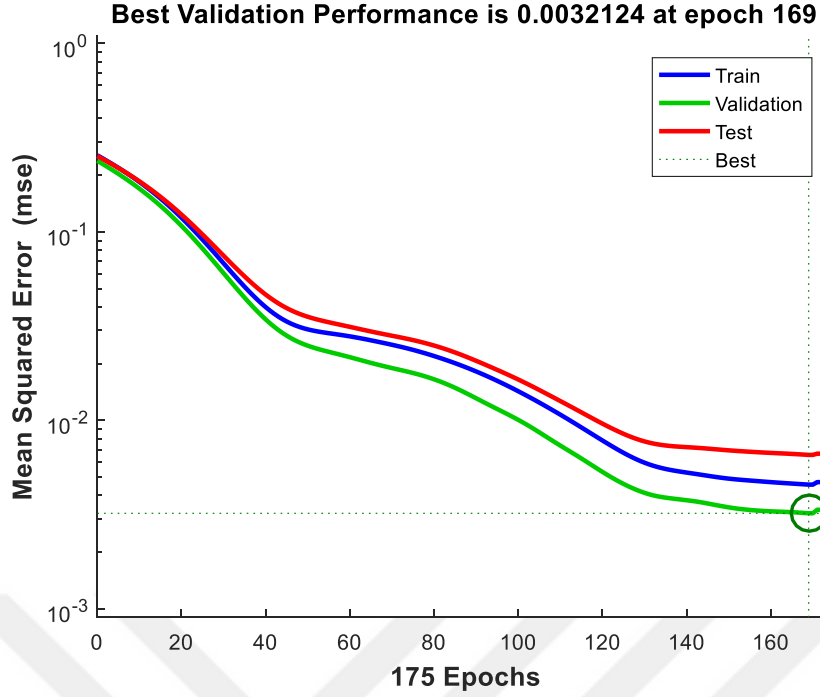
Şekil 6.3' te elde edilen veriler doğrultusunda ise çıkış parametrelerinin tahmini sırasında hidden layer'da kullanılan optimum nöron sayısı 42 Evler Tesisi için 12, Kullar Tesisi için 10 olarak tespit edilmiştir.



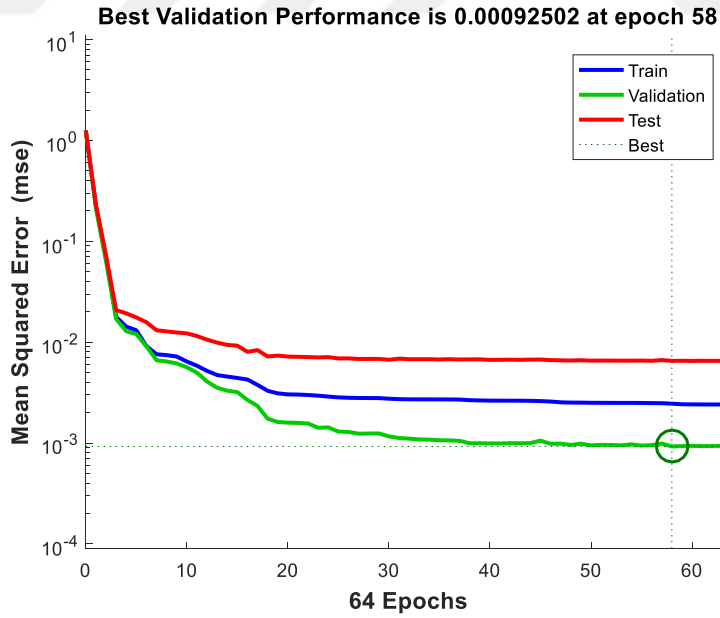
Şekil 6.3: Nöron sayısı değişimine göre MSE değerlerinin karşılaştırılması



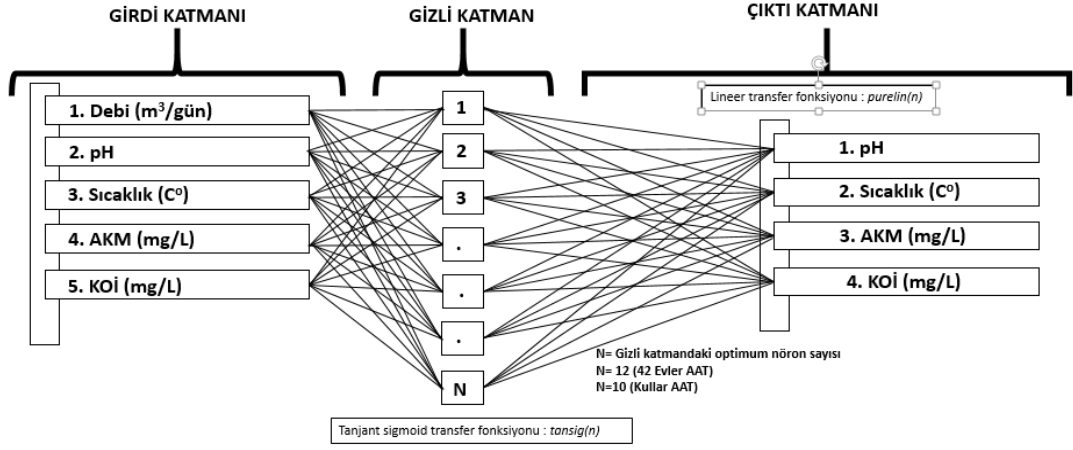
Şekil 6.4: 42 Evler AAT traingdx fonksiyonu ile eğitilen YSA tahmin grafikleri (Nöron sayısı: 12)



Şekil 6.5: YSA modelinde 42 Evler AAT çıkış parametrelerinin tahmini performansının *trainidx* geri yayılım algoritması MSE grafiği (gizli katmanda 12 nörona göre)



Şekil 6.6: YSA modelinde Kullar AAT çıkış parametrelerinin tahmini performansı *trainbfg* geri yayılım algoritması MSE grafiği (gizli katmanda 10 nöron)

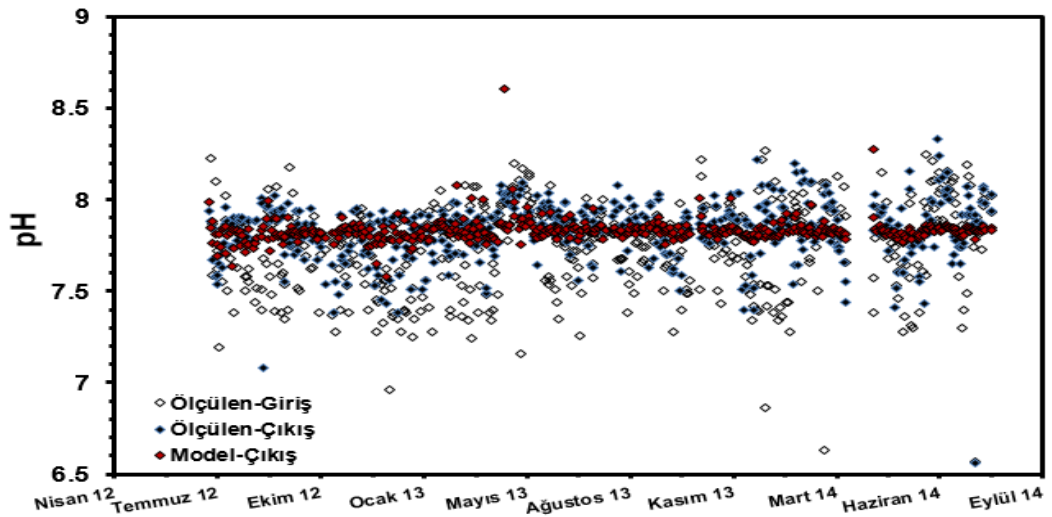


Şekil 6.7: YSA modelinin şematik gösterimi.

#### 6.1.4. Yapay sinir ağı modeli tahmin sonuçları

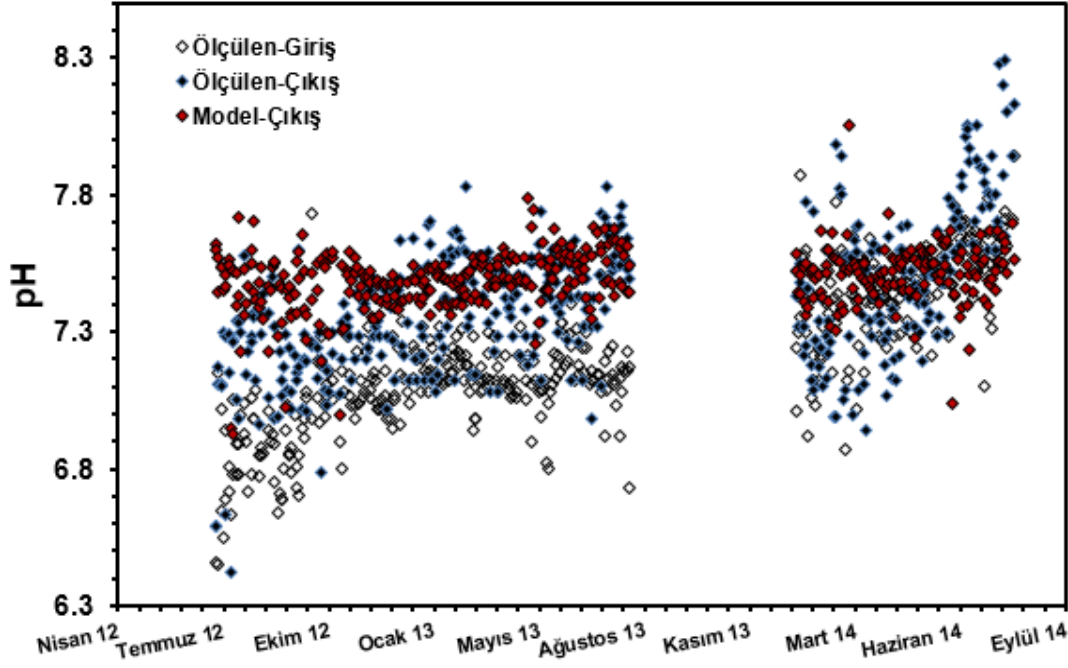
##### 6.1.4.1. YSA modelinde pH tahmini

Mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için pH 6-9 aralığında olması gerekir. 42 Evler AAT için analiz sonucuna göre tesis pH giriş değerleri 7 - 8 aralığındadır. Modelde önemli olan mümkün olduğunca ölçülen değer ile model sonucunun birbiri ile eşdeğer olmasıdır. Şekil 6.8' de Model Çıkış pH parametresi doğru olup sapma değerleri azdır. Ölçülen pH Çıkış değerlerinde ise sapma fazladır. Modelde uç noktaların tahmininde yorum yapılamazken, genel dağılım tahmininde oldukça başarılı olduğu görülmektedir.



Şekil 6.8: pH parametresi için ölçülen 42 Evler AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması.

Şekil 6.9’ da Kullar AAT için tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılmasını göstermektedir. Nisan 2012, Ağustos 2013 ile Mart 2014 arasındaki kesinti bu dönemlerde verilerin bulunmaması ve modele girilmemesidir. Giriş pH değerleri 6.3 - 7.5 arasındadır. Model Çıkış pH parametresi doğru ve sapma değerleri azdır. Ölçülen pH Çıkış değerlerinde ise sapma fazladır. Model çıkış değerlerinde Temmuz 2012 - Ağustos 2013 arasında sapma çok fazladır, Mart - Eylül 2014 arasındaki sapma fazla değildir.

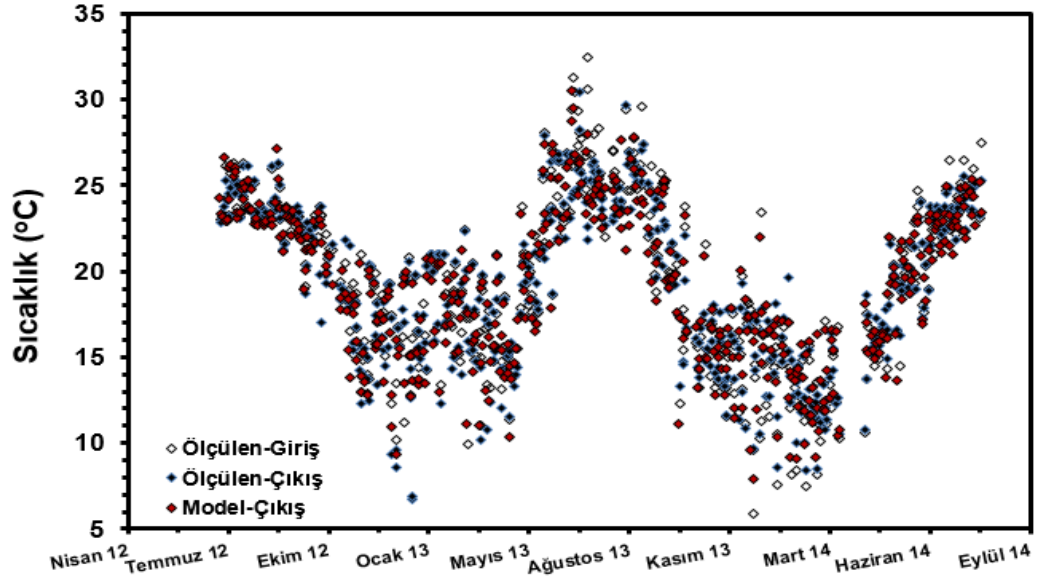


Şekil 6.9: pH parametresi için ölçülen Kullar tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması

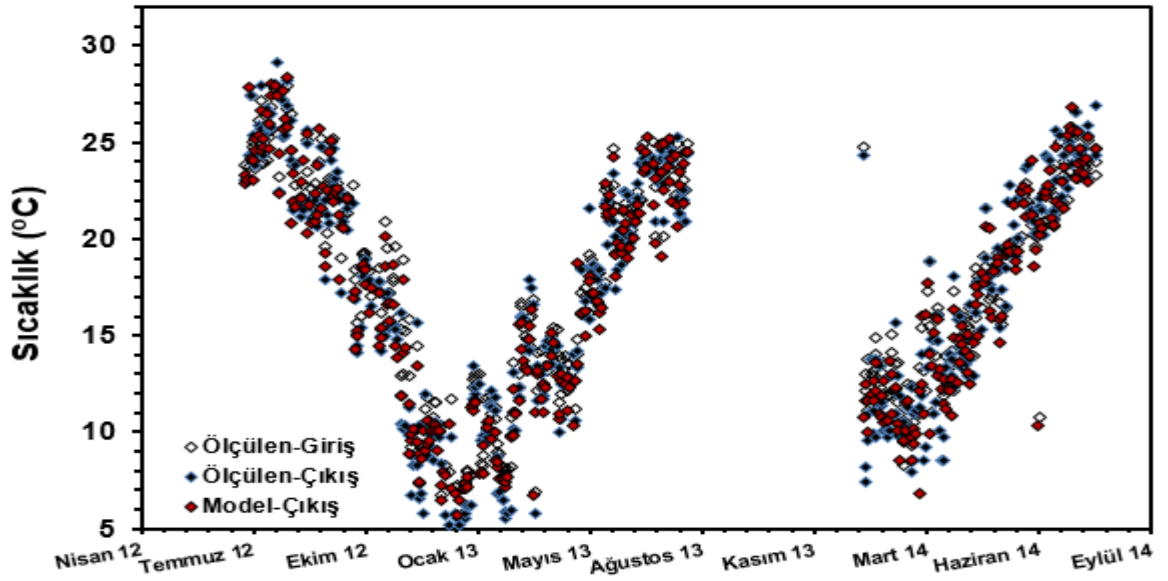
#### 6.1.4.2. YSA modelinde sıcaklık tahmini

42 Evler ve Kullar AAT için sıcaklık tahmini Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’ de gösterilmektedir. Sıcaklık parametresi için ölçülen ve model çıkış değerleri karşılaştırıldığında sonuçlar yakınlık göstermektedir. Bu da uygulanan algoritmaların sıcaklık parametresi için doğru tahmin verdiğini gösterir.

Sıcaklığın modelde iyi bir şekilde yansıtılması sebebi sıcaklık parametresinin hiçbir prosesten etkilenmemesi ve sadece mevsimsel değişikliklerde etkilenmesidir. Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’ de gözlenen azalma ve artmada mevsimsel değişiklikten kaynaklanmaktadır.



Şekil 6.10: Sıcaklık parametresi için ölçülen 42 Evler AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 6.11: Sıcaklık parametresi için ölçülen Kullar AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması

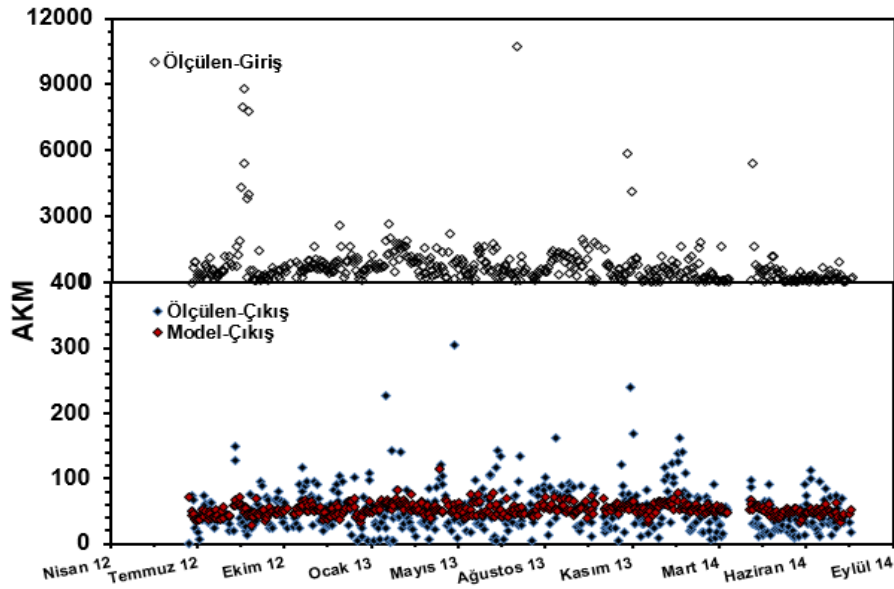
#### 6.1.4.3. YSA modelinde AKM tahmini

Şekil 6.12' de AKM parametresi için ölçülen 42 Evler AAT tesis giriş - çıkış ve model çıkış değerlerini göstermektedir. Tesis giriş AKM değerleri AKYD kabul kriteri 350 mg/L aşmaktadır. Bazı zaman dilimlerinde 3000 mg/L ile 10.000mg/l

değerleri de gözlemlenmiştir. Bunun nedeni bu tesise bağlı endüstri kuruluşlarının AKDY kriterlerine uymamaları deşarj yapmalarındır.

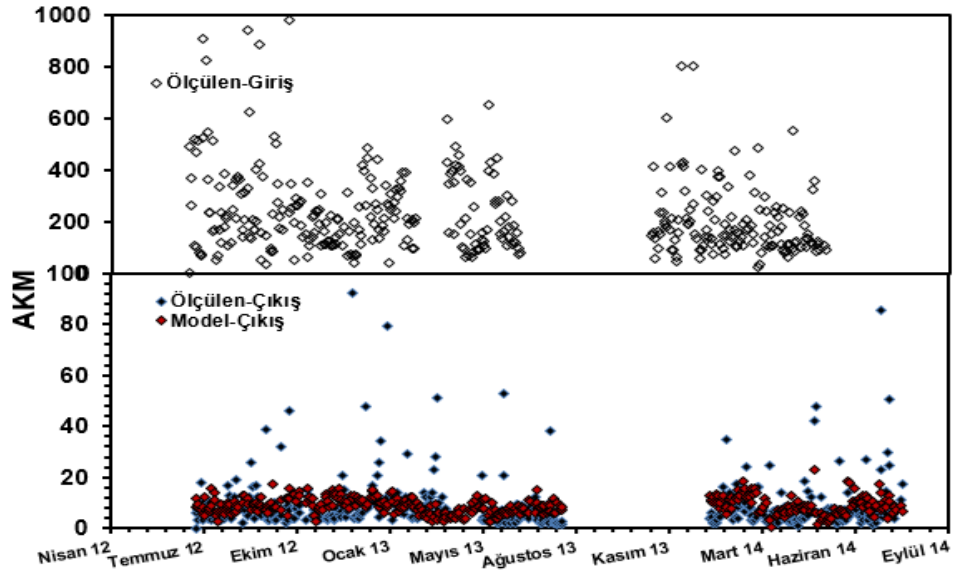
İşletmeden kaynaklanan herhangi problem veya illegal deşarjlardan dolayı prosesin olumsuz etkilenmesi neticesinde ölçülen çıkış AKM değerlerinde değişkenlik göstermektedir. Modelde uç noktalar olmasına karşı, genel dağılımın içerisindeki noktaların tahmininde başarılı olduğu görülmektedir

Şekil 6.13' de AKM parametresi için ölçülen Kullar AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerini göstermektedir. Tesis giriş AKM değerleri 150 ile 600 mg/L arasında dağılım göstermektedir. AKDY limit değeri 350 mg/L aştığı görülmekte olup endüstriyel kaynaklı olduğu düşünölmektedir. Çıkış ölçülen ile Model AKM uyumlu olduğu ve Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği'ne uygun deşarj edildiği görülmektedir. Uygulanan geri yayılım algoritması maksimum çıkış değerlerinin tahmininde yetersiz kalırken genel dağılımın içerisindeki noktaların tahmininde başarılı olduğu görülmektedir. Uç noktalarda yetersiz kalmasının sebebi işletmeden kaynaklanan problemlerinin modele aktarılmamasıdır.



Şekil 6.12: AKM parametresi için ölçülen 42 Evler AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması

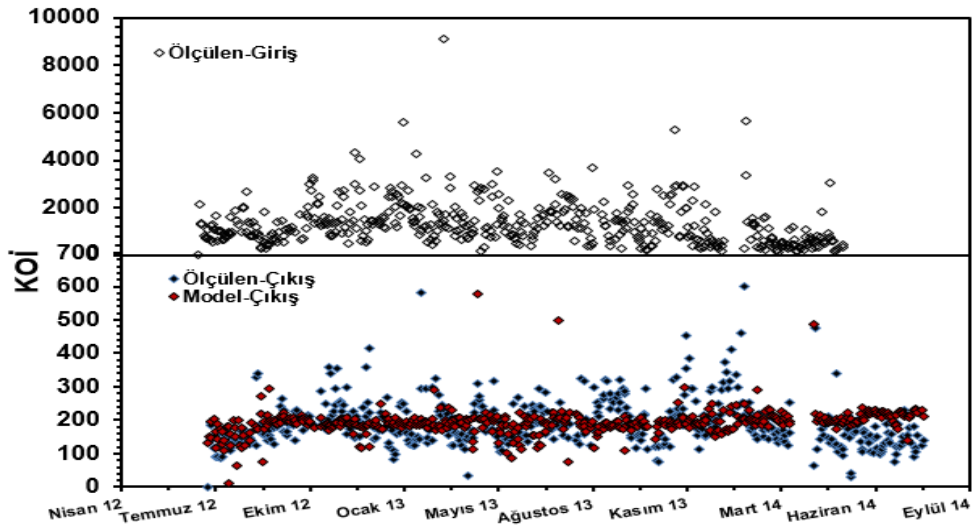




Şekil 6.13: AKM parametresi için ölçülen Kullar AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması

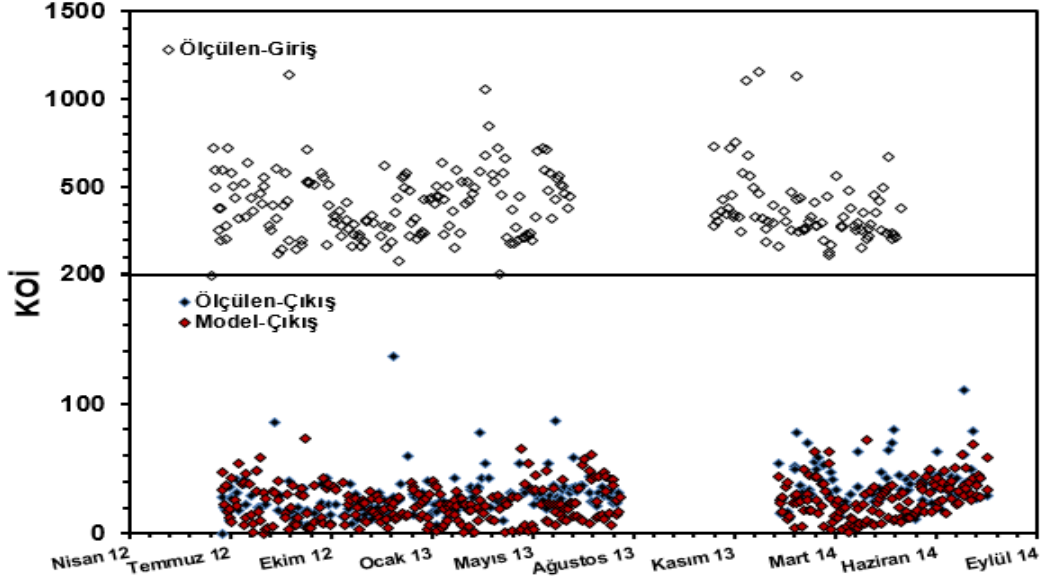
#### 6.1.4.4. YSA modelinde KOİ tahmini

42 Evler AAT tesis giriş-çıkış KOİ parametresi için ölçülen ve model çıkış değerleri Şekil 6.14'de gösterilmektedir. Tesis giriş için AKDY'deki KOİ değeri 800 mg/L fakat bu değer üzerinde atıksu kabulü yapılmıştır. Çıkış KOİ de ölçülen değerler 100 ile 300 mg/L arasında iken model KOİ 200 mg/l seviyelerindedir. Çıkış ölçülenin geniş bantta olmasının nedeni işletme koşulları ve gelen atıksudaki inhibisyon etkisidir.



Şekil 6.14: KOİ parametresi için ölçülen 42 Evler AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 6.15’ de KOİ parametresi için ölçülen Kullar AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerini göstermektedir. Tesis giriş KOİ değeri AKDY kabul kriteri 800 mg/L değerini aşmadığı görülmektedir. Çıkış ölçülen ile Model AKM uyumlu olduğu ve KAA Yönetmeliği’ne uygun deşarj edildiği görülmektedir.



Şekil 6.15: KOİ parametresi için ölçülen Kullar AAT tesis giriş-çıkış ve model çıkış değerlerinin karşılaştırılması

Kullar Atıksu Arıtma Tesisine gelen atıksuyun giriş değerleri evsel nitelikte olup, tesis çıkış değerleri Yapay Sinir Ağı üzerinde simülasyonu sonucunda elde edilen veriler, tesis çıkışında ölçülen değerleri doğrulamaktadır.

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisine gelen atıksuyun giriş değerleri endüstriyel niteliktedir. Endüstriyel nitelikte olması tesis çıkış değerlerini yükseltmektedir. Yapay Sinir Ağı üzerinde simülasyonu sonucunda elde edilen veriler, tesis çıkışında ölçülen değerleri doğrulamaktadır.

Endüstriyel atıksuların kentsel atıksular ile beraber arıtılması, endüstriyel atıksuların arıtılabilme imkânını arttıracaktır. Dolayısıyla her iki tesisin birleştirilmesi hem ekonomik olarak hem de atıksuların Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Yönetmeliğe göre deşarj edilmesini sağlayacaktır.

## 6.2. Atıksu Arıtma Tesislerinin Yeniden Projelendirilmesi

### 6.2.1. 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisinin Projelendirilmesi

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisinde KOİ giriş değerleri 800 mg/L üzerindedir. Eysel debi bağlı olduğu halde tamamen endüstriyel atıksu özeliği göstermektedir. Zaman zaman KOİ değerleri 5000 mg/L' lere çıktığı da olmaktadır. Bazı zaman dilimlerinde de KOİ değerleri çok yüksek olmadığı halde proseste köpüklenmeler ve filamentli yapı oluşmaktadır buda tesis arıtma verimini etkilemektedir.

Çizelge 5.6' da tesis giriş TKN ortalama değeri 80 mg/L dir. Tesiste azot giderimi olmamaktadır. Tesis giriş ortalama fosfor değeri 4 mg/L dir. Tesiste fosfor eksikliği görülmektedir. Bu da tesis verimini düşürmekte ve filamentli yapıya neden olmaktadır.

Belebung programıyla yapılan projelendirmede 15 °C deki sonuçlar Çizelge 5.8, Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.12'de verilmektedir.

Program ile yapılan hesaplamada görüldüğü gibi çamur yaşı 10 olmuştur ki buda nitrifikasyonlu havalandırma için yeterlidir (ATV, 2006). Havuz hacmi 55000 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Hali hazırda ki hacim azot giderimi olmadan 10400m<sup>3</sup> tür. Denitrifikasyon oranı yani anoksik oran 0,2 alınmıştır. Bu da havalandırma hacmini 0,2 sine karşılık gelir ki buda 11000 m<sup>3</sup> tür.

EK 1.A' da sunulan fosfor hesaplama sonucunda -2,75 çıkmıştır. Yani BOI ve azot giderimi olurken 2,75 mg/L ye daha fosfora ihtiyaç vardır. ATV standartında BOİ giderimi için 1 mg/L için 0,01- 0,015 mg/L fosfor ihtiyaç vardır. Belebung programında ( - ) değeri göstermediğinden sıfır (0) olarak göstermiştir. Çizelge 5,9' da bu değer ATV standardına göre hesaplanarak eklenmiştir.

42 Evler Atıksu Arıtmadaki revizyonlarda havalandırma tankı boyutları ve son çökeltim boyutları büyüyecektir. Fakat bu hacimlerdeki tankların yapılacağı alan mevcut değildir.

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi endüstrileri debilerinin az olması fakat kirliliğin fazla olması sebebiyle KOİ değeri 800 mg/L üzerindedir. 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisinin tek başına dizayn edilmesi, (i) evsel atıksularıda içermesine rağmen endüstri atıksu kirliliğin yüksek olmasından dolayı fosfor eksikliğinin olması, (ii) giriş KOİ değerlerinin yüksek olmasından dolayı sık sık filamentli yapının olması ve (iii) arıtma veriminin düşmesi gibi nedenlerden uygun değildir.

## **6.2.2. Kullar Atıksu Arıtma Tesisinin Projelendirilmesi**

Belebung programıyla yapılan projelendirme Çizelge 5.7-5.13'de verilmektedir. Programda görüldüğü gibi çamur yaşı 10 gün bulunmuştur ve nitrifikasyon havalandırma için yeterlidir. Havuz hacmi 51000 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Mevcut hacim azot giderimi ile birlikte 31433 m<sup>3</sup> tür. Denitrifikasyon oranı yani anoksik oran 0,2 alınmıştır. Bu da havalandırma hacmini %0,2 sine karşılık gelir ve 10200 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Giriş atıksu değerlerinin yükselmesine bağlı olarak oksidasyon havuz hacminin de arttığı gözlenmiştir.

Belebung programı kullanılarak havuz hacimleri, üretilen çamur, oksijen ihtiyacı belirlenmiştir ve tesis içerisinde inşaa için yeteri kadar alan mevcut olduğu belirlenmiştir.

### **6.3. Entegre Tesisin Projelendirilmesi**

Yukardaki bilgiler ışığında 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisinin Yeni boyutlandırma için alan yetersizliği olduğundan, tesis havzasında evsel atıksu bulunmasına rağmen, havza içerisinde bulunan sanai kuruluşlarından dolayı endüstriyel atıksu kirliliğinin yüksek olması ve bu nedenle atıksu içerisinde fosfor eksikliğinin olması. Giriş KOİ değerlerinin yüksek olmasından dolayı sık sık filamentli yapının olması ve bundan dolayı arıtma veriminin düşmesi, tesisin revizyonuna olanak sağlamamaktadır.

Belirlenen sebepler içerisinde, en büyük etken alan sıkıntısıdır. Kullar Atıksu Arıtma Tesisinde ise yeteri kadar alan mevcuttur. Her iki tesisin birleştirilip yeniden projelendirilmesi ideal çözüm olacaktır.

Endüstriyel atıksuların arıtılabilirliği genellikle evsel atıksularla karıştırıldığında

Kolay olmaktadır. Endüstriyel atıksuların evsel atıksularla birlikte arıtılmasının

avantajları şöyle sıralanabilir (Şengül F., 1996):

- Organizmalar için gerekli olan nutrient eksikliği evsel atıksularla giderilebilir.
- Endüstriyel atıksularda bulunmayan aşırı organizmalar evsel atıksularda bol miktarda mevcuttur ve bu eksikliği tamamlarlar.
- Evsel atıksu debileri, endüstriyel atıksu debilerinden genellikle daha fazla olduğundan endüstriyel atıksulardaki toksik bileşenler seyreltme yoluyla eşik değerlerin altına çekilebilir.

- Evsel atıksuların tamponlama kapasitesi ile endüstriyel atıksulardaki asidite nötralize edilebilir.

Entegre Atıksu Arıtma Tesisi debi ve kirlilik değerleri Çizelge 6.6' de gösterilmiştir.

**Çizelge 6.6:** Entegre Atıksu Arıtma Tesisi debi ve kirlilik değerleri alınarak ortalama kirlilik konsantrasyonları.

PARAMETRE	Eşdeğer Nüfus	Ortalama Debi
	*EN = 447500 kişi	Q=83225 m <sup>3</sup> /gün
	Yük (kg/gün)	Konsantrasyon (mg/Lt)
BOI <sub>5</sub>	28297	340
KOI	74403	894
TKN (Toplam azot)	4327	52
TP ( Toplam Fosfor)	749,03	10
AKM	48770	586
pH	6-9	-
Sıcaklık (°C)	15-25	-

**Çizelge 6.7:** Entegre (Kullar - 42 Evler) Atıksu Arıtma Tesisi tasarım değerleri.

		BİRİM	ENTEGRE AAT
Günlük kuru hava debisi	Q <sub>DW,d</sub>	m <sup>3</sup> /d	83225
Saatlik kuru hava debisi	Q <sub>DW,h</sub>	m <sup>3</sup> /h	3467
KOİ	C <sub>COD,IAT</sub>	mg/L	894
BOI <sub>5</sub>	C <sub>BOD,IAT</sub>	mg/L	340
AKM	X <sub>SS,IAT</sub>	mg/L	586
TKN	C <sub>TKN, IAT</sub>	mg/L	52
Amonyum	S <sub>NH4, IAT</sub>	mg/L	40
Fosfor	C <sub>P,IAT</sub>	mg/L	10
Alkanite	S <sub>ALK,IAT</sub>	mg/mol	8

İki tesis birleştirildiğinde KOİ değeri 894 mg/L, BOİ ise 340 mg/L olacaktır. Bu değerler atıksu karakterizasyonunda tesise gelecek atıksuyun evsel atıksu niteliğinde olduğunu göstermektedir ve yeni yapılacak olan entegre tesiste 42 Evler AAT ' de tespit edilen fosfor eksikliği olmayacak ve organik kirlilik ile fosfor dan kaynaklanacak inhibasyon ve filamentli yapı olmayacaktır.

**Çizelge 6.8:** Entegre (Kullar - 42 Evler)Atıksu Arıtma Tesisi Çamur yaşı ve tank hacimleri

		BİRİM	ENTEGRE AAT
Oksidasyon havuzu tank hacmi	V <sub>AT</sub>	m <sup>3</sup>	102000
Oksidasyon (karbon ve azot giderme) tankı hacmi	t <sub>SS</sub>	d	10

Çamur üretimi			
Çamur yaşı	SP <sub>d,C</sub>	kg/d	39777
Oksijen ihtiyacı			
...Oluşan Çamur miktarı	OU <sub>d</sub>	kg/d	36575

Şekil 6.8’ de görüldüğü gibi oksidasyon havuzları hacmi 102000 m<sup>3</sup> tür. Denitrifikasyon oranı yine 0.2 seçilmiştir. Bu da 20400 m<sup>3</sup> karşılık gelmektedir. Kentsel Atıksu Yönetmeliği’ne göre azot Belebung sonuçlarına göre 10 mg/L altında kalacaktır. Çamur yaşı yine 10,2 gün olarak seçilmiştir.

**Çizelge 6.9:** Entegre (Kullar - 42 Evler)Atıksu Arıtma Tesisi Azot Dengesi

		BİRİM	ENTEĞRE AAT
Giriş ( C <sub>TKN</sub> + S <sub>NO3</sub> )	C <sub>N</sub>	mg/L	52
Biyomas tarafından giderilen azot miktarı	X <sub>orgN, BM</sub>	mg/L	17
Çıkıştaki amonyum miktarı	S <sub>NH4,EST</sub>	mg/L	0
Çıkıştaki organik azot miktarı	S <sub>orgN,EST</sub>	mg/L	2
Nitrifikasyon uğrayan azot miktarı	S <sub>NO3,N</sub>	mg/L	33
Çıkıştaki nitrat miktarı (Setpoint)	S <sub>NO3,EST</sub>	mg/L	8
Denitrifikasyona uğrayan nitrat	S <sub>NO3,D</sub>	mg/L	25
Denitrifikasyon karbon oranı	S <sub>NO3,D</sub> /C <sub>BOD</sub>	kg/kg	0,074
Denitrifikasyon hacmi oranı	V <sub>D</sub> /V <sub>AT</sub>	-	0,2
Mevcut denitrifikasyon karbon oranı	S <sub>NO3,D</sub> / C <sub>BOD</sub>	kg/kg	0,113
Denitrifikasyona uğrayan nitrat	S <sub>NO3, D</sub>	mg/L	28,3
Çıkıştaki nitrat (existing)	S <sub>NO3,EST</sub>	mg/L	4,7
Gerekli sirkülasyon oranı	RC	-	3,13

**Çizelge 6.10:** Entegre (Kullar - 42 Evler)Atıksu Arıtma Tesisi Fosfor giderimi

		BİRİM	ENTEĞRE AAT
Fosfor tankı hacmi	V <sub>BIOP</sub>	m <sup>3</sup>	5201
Fosfor tankı bekletme zamanı	t <sub>BIOP</sub>	h	0,8
Tesis giriş fosfor değeri	C <sub>P,IAT</sub>	mg/L	10
Biyomass tarafından giderilen fosfor (normal uptake)	X <sub>P,BM</sub>	mg/L	3,4
Fosfor bakterileri tarafından giderilen fosfor	X <sub>P,BioP</sub>	mg/L	5,1
Tesis çıkış fosfor değeri (existing)	S <sub>PO4,EST</sub>	mg/L	1
İstenilen çıkış fosfor miktarı (Setpoint)	S <sub>PO4,EST</sub>	mg/L	1
Kimyasal çöktürme ile giderilen fosfor	X <sub>P,Prec</sub>	mg/L	0,5
Çöktürücü madde talebi	FM	Kg Me/d	112,8

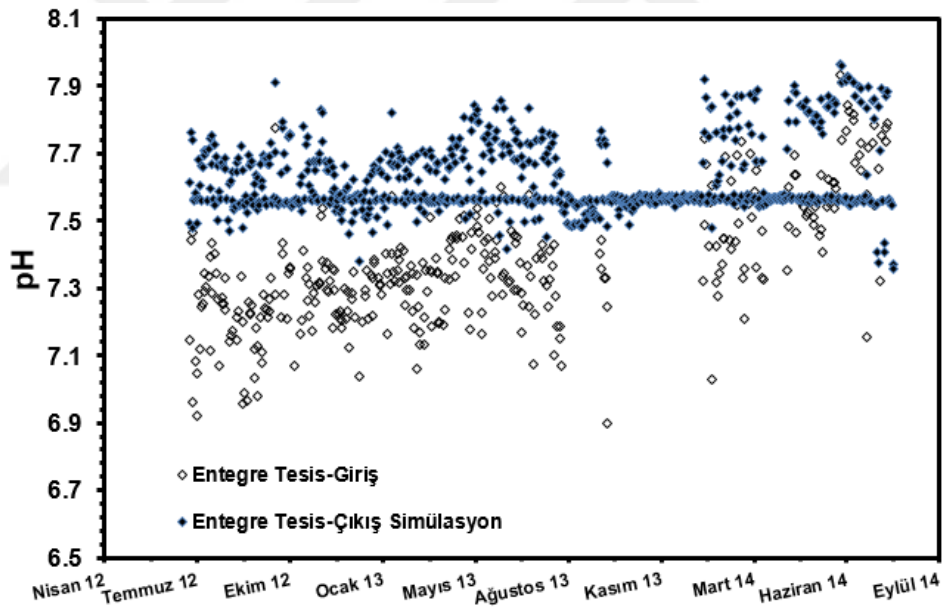
Çizelge 6.10’da fosfor giderimi için tank hacmi 5201 m<sup>3</sup>, tankın hidrolik bekletme zamanı 0,8 saat olacaktır. Karbon giderimi için 3,4 mg/L fosfor giderecek, biyolojik fosfor giderimi için ise 5,1 mg/L giderim olacaktır. Çıkışta fosforun 1 mg/L altında olması için günlük 112.8 kg demir kullanılarak fosfor çöktürmesi için harcanacaktır. Kullar tek başına revizyonu olduğunda ise günlük demir sarfiyatı 868,9 kg olacaktır. Bu şekilde iki tesis birleştirildiğinde günlük kimyasal sarfiyatından 756,1 kg tasarruf sağlanacaktır.

42 Evler ve Kullar Atıksu Arıtma Tesisi birleştirilerek yeni bir Entegre Tesis yapıldığında:

- Alan sıkıntısı giderilmiş olacaktır.
- Flamentli yapı olmayacaktır.
- 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi için fosfor ihtiyacı olmayacaktır.
- Her gün 756,1 kg kimyasal demir ihtiyacı azalacaktır.

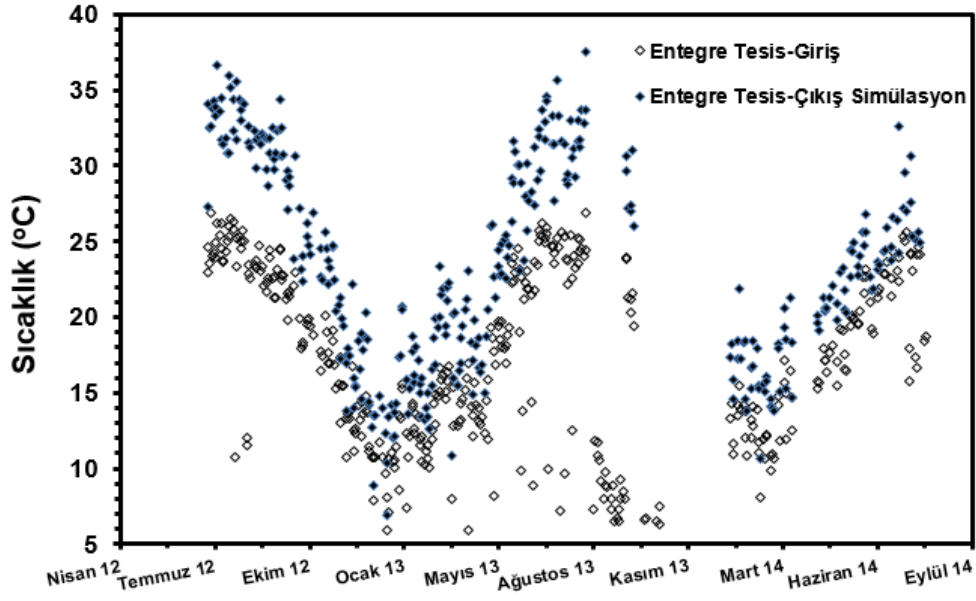
### 6.3.1. Entegre Tesisin Yapay Sinir Ağları İle Simülasyonu

Entegre atıksu arıtma tesisi projelendirildikten sonra yeni tesis, YSA modeli ile simüle edilmiştir. Simülasyon için her iki tesis birleştirilmesiyle elde edilen parametre değerleri girilmiştir. Burada amaç mevcut değerler simülasyona girildikten sonra simüle çıkış değerleri amaçlanan Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği deşarj değerlerine uyumlu olup olmayacağıdır.



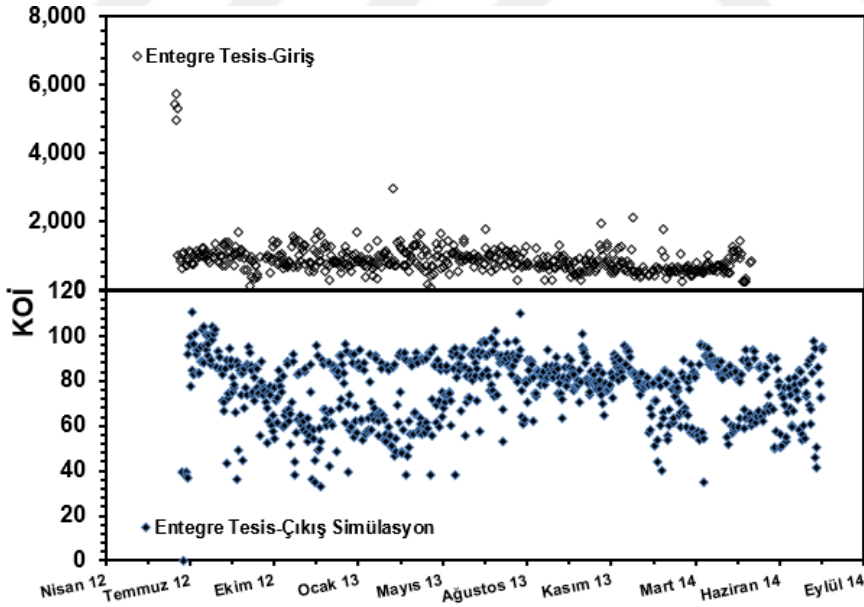
Şekil 6.16: Entegre tesis giriş çıkış pH simülasyonu.

Şekil 6.17' deki grafiğe bakıldığında ve giriş pH parametresi 6.9- 7.9 arasındadır. Biyolojik arıtma içerisindeki mikroorganizma çeşitleri pH değerinin 6-8,0 arasında olması durumunda optimum aktifliğe sahip olmaktadır. Giriş değerleri de bu aralık içindedir. Çıkış simülasyon pH değerlerinin 7,5-7.9 arasındadır.



Şekil 6.17: Entegre tesis Giriş- Çıkış Sıcaklık simülasyonu.

Şekil 6.18’de sıcaklık giriş ve çıkışlarını göstermektedir. Sıcaklık biyolojik arıtma tesislerinde sadece mikroorganizmaların faaliyetlerini artırma veya azalma şeklinde biyolojik proseslerine etkisi vardır. Giriş ve çıkışlar burdaki proseslerden etkilenmez. Şekilde sıcaklık artma veya azalma mevsimsel dönemlerden kaynaklanmaktadır.



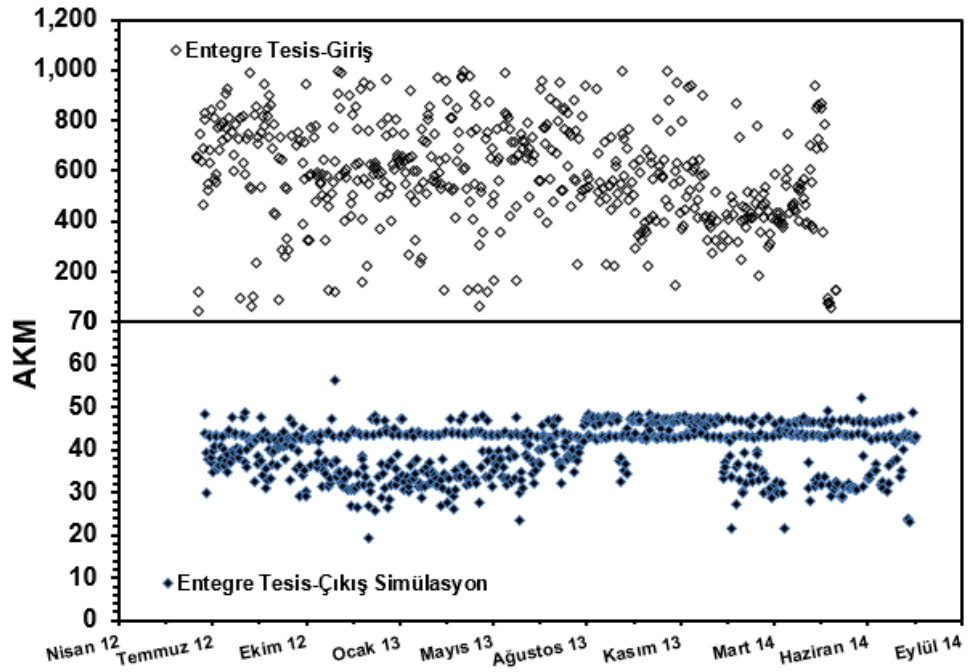
Şekil 6.18: Entegre tesis giriş- çıkış KOİ simülasyonu.

Şekil 6.19’ da Tesis KOİ giriş ve sümülasyon deşarj değerlerini göstermektedir. Tesis KOİ giriş değerleri 400-1200 mg/l arasında değişmektedir. KOİ Giriş değerleri evsel atıksuların birleşmesiyle azalmıştır. Tesis çıkış KOİ değerleri 120 mg/L



altındadır. Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliğinde belirtilen deşarj KOİ 125 mg/l olması gereken değeri sağlamaktadır. 42 Evler Atıksu arıtma tesisindeki sağlanamayan deşarj KOİ değeri. Kullar atıksu arıtma tesisi ile birleştirilmesiyle sağlanmıştır.

Tesise m¼dahale etmeden arıtma veriminin iyileştirilmesi ve ekonomiklik çalışmalarında farklı işletme senaryolarının denenmesi, projelendirilen arıtma tesislerinin performanslarının tahmin edilmesi, bu şartlar altında tesis davranışın belirlenmesi; sim¼lasyon çalışmaları sonucunda kolaylıkla incelenebilmektedir. B¼ylece sim¼lasyon karar verme mekanizmasına yardımcı olmaktadır.



**Şekil 6.19:** Entegre tesis giriş- çıkış AKM sim¼lasyonu

Şekil 6.19' da AKM parametresi için ölç¼len Entegre AAT giriş-çıkış ve model çıkış değerlerini göstermektedir. Tesis giriş AKM değerleri 100 ile 1000 mg/L arasında dağılım göstermektedir. AKDY limit değeri 350 mg/L aştığı gör¼lmekte olup end¼striyel kaynaklı olduğu d¼ř¼n¼lmektedir. Çıkış ölç¼len ile Model AKM uyumlu olduğu ve Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği'ne uygun deşarj edildiği gör¼lmektedir. Uygulanan geri yayılım algoritması maksimum çıkış değerlerinin tahmininde yetersiz kalırken genel dağılımın içerisindeki noktaların tahmininde başarılı olduğu gör¼lmektedir. U noktalarda yetersiz kalmasının sebebi işletmeden kaynaklanan problemlerinin modele aktarılmamasıdır.

## 7. SONUÇLAR

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisine, atıksu veren fabrikalar kendi bünyesinde ön arıtma yapmak ve kirlilik parametrelerini İSU Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği' in de verilen limitlere indirmekle yükümlüdür. Mevcut durumda debi olarak %60 evsel, %40 endüstriyel atıksularının arıtıldığı biyolojik bir atıksu arıtma tesisidir. Tesis debisinin %40 endüstriyel olmasına rağmen tamamen endüstriyel nitelikte bir atıksu özeliği göstermektedir. Klasik aktif çamur sistemine göre çalışmakta sadece organik kirlilik giderimine yöneliktir.

Kullar Atıksu Arıtma Tesisine, endüstriler atıksularını ön arıtım yaptıktan sonra vermektedirler ve atıksular tamamen evsel nitelik göstermektedirler. Bu tesiste karbon ve azot giderilmekte ve sistem uzun havalandırmalı aktif çamur sistemine göre çalışmaktadır.

İSU bünyesindeki atıksu arıtma tesislerini Kentsel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı ile belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklanan atıksu deşarjının olumsuz etkilerine karşı çevreyi korumak amacıyla 08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren KAAK kapsamında, hassas ve az hassas bölgelerin genel olarak tanımlamaları yapılmış ve buralara deşarj edilecek atıksular için arıtma prensipleri tariflenerek deşarj kriterlerini sağlamayı hedef alınmıştır.

Bu amaçla 42 Evler ve Kullar Atıksu Arıtma Tesisi azot, fosfor ve karbon limitlerini sağlamak için tekrar ATV 131-E standartına göre Belebung programına göre projelendirilip deşarj standart sağlanmaya çalışılmıştır.

42 Evler tesisinde sadece karbon giderimi, Kullar Atıksu Arıtma Tesisinde ise azot ve karbon giderimi vardır.

Tesis yeniden projelendirildiğinde 42 Evler tesisinde Belebung programına göre fosfor eksiği vardır ve arıtma tesisine fosfor ilavesi yapılması gerekmektedir. Organik kirlilik fazla olduğundan fosfor ihtiyacı olmaktadır. Organik kirliliğin yani

KOİ ve BOİ nin yüksek olması ve fosfor ihtiyacının olması sebebiyle genellikle filamentli yapı olduğundan, arıtma verimi düşmektedir. Projede karbon ve azot giderimi için belirlenen tank boyutu için alan mevcut değildir.

Kullar Atıksu Arıtma Tesisinde karbon, azot ve fosfor giderimi için bir sıkıntı gözükmemektedir. Yeniden inşa edildiğinde tank boyutları ile ilgili bir sıkıntı da mevcut değildir. Yalnızca fosfor giderimi için 868,9 kg günlük fosfor 1 mg/L altına düşürmek için demir kimyasalına ihtiyaç vardır.

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisinin Yeni boyutlandırma için alan sıkıntısı, evsel atıksularıda içermesine rağmen endüstri atıksu kirliliğın yüksek olmasından dolayı fosfor eksikliğının olması, giriş KOİ değerlerinin yüksek olmasından dolayı sık sık filamentli yapının olması ve arıtma veriminin düşmesi nedenleriyle revizyonu mümkün gözükmemektedir. En büyük etken yer sıkıntısıdır. Kullar Atıksu Arıtma Tesisinde yeteri kadar alan mevcuttur. Her iki tesisin birleştirilip yeniden projelendirilmesi en uygun çözüm olacaktır.

İki tesis birleştirildiğinde KOİ değeri 894 mg/L, BOİ ise 340 mg/L olacaktır. Bu da evsel atıksu niteliğı gösterecektir. 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisinde belirtilen fosfor eksikliğı olmayacaktır. Hem organik kirliliğinden hem de fosfordan kaynaklanacak inhibasyon ve filamentli yapı olmayacaktır. Fosfor giderimi olması için günlük 112,8 kg demir kullanılarak fosfor çöktürmesi için sağlanacaktır.

42 Evler ve Kullar Atıksu Arıtma Tesisi birleştirilerek yeni bir entegre tesis yapıldığında: Alan sıkıntısı giderilmiş olacak, filamentli yapı oluşmayacak, 42 Evler Atıksu Arıtma Tesisine gelen atıksu için fosfor ihtiyacı ortadan kalkacak ve her gün 756,1 kg kimyasal demir ihtiyacı azalacaktır.



## KAYNAKLAR

- Açıklan, S., İleri, R., Keleş, R.,** (2010), Adapazarı Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Parametreleri ve Verim Değerlerinin Yapay Sinir Ağ ları İle Tahmin Edilmesi., Sakarya Üniversitesi, Muh. Fak., Çevre Muh Bolumu, Esentepe Kampusu, Sakarya.Adapazarı Su ve Kanalizasyon İdaresi (ADASU), GenelMudurluğu, Sakarya.
- Akyüz, İ.N.,** (2011), “Osmanbey Atıksu Arıtma Tesisinin işletilmesi”, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 114, Şanlıurfa.
- Arceivala, Soli J.,** (2002), “Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı 2. cilt”, Vahap Balman, Mc Graw Hill Inc., s.473, India,
- Armbruster, M., Krebs P., and Rodi, W.,** (2001), “Numerical Modelling Of Dynamic Sludge Blanket Behaviour In Secondary Clarifiers”, Wat. Sci. Technol. 43(11), 173- 180.
- Arslan A., Ayberk S.,** (2005), “İzmit Endüstriyel ve Evsel Atıksu Arıtma Tesisi atıklarının konvansiyonel karakterizasyonu ve değerlendirilmesi”, Ekoloji, 14 (54), 7-12,.
- ATV 131,** (2000), Dimensioning of Single Stage Activated Sludge Plants. GFA Publishing Company of ATV-DVWK Water, Wastewater and Waste, Hennef, Germany. ISBN: 3-935669-82-8.
- ATV,** (1991), Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen ab 5000 Einwohnerwerten. Arbeitsblatt A 131.Chudoba, J., Nemeč, M. ve Nemcova, R
- Becher, T. und Winkler, U.** (1994), Simulation, Überwachung und Steuerung von Abwasserbehandlungsanlagen mit neuronalen Netzen. Entsorgungspraxis 5: 84–90.
- Bongards, M.,** (2001), Improving The Efficiency Of A Wastewater Treatment Plant By Fuzzy Control And Neural Networks, Wat. Sci. Technol. 43(11), 189-196.
- Chang, C. N., Lin, J. G., Chao A. C. and Liu, C. S.,** (1996), “Modified Nernst Model For On-Line Control Of The Chemical Oxidation Decoloring Process”, Wat. Sci. Technol. 34(3-4), 151-157.

- Civelekoğlu, G., Yiğit, N.Ö., Kitis, M.,** (2006), “Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi Performansının Yapak Zeka Yöntemleri İle Modellenmesi”, 10. EKK Sempozyumu, 495-499.
- Çınar A.,** (2008), “Biyolojik atıksu arıtma tesislerinin verimlilik kontrolü ve karşılaşılan önemli işletme sorunlarına çözüm yaklaşımları”, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.1, Kocaeli, 2008.
- Çınar, Ö.** (2005), “New tool for evaluation of performance of wastewater treatment plant: Artificial neural network”, *Process. Biochem.*, 40, 2980 - 2984.
- ÇSB.,** (2010), Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, Mart 20, T.C. Resmi Gazete, 27527, s. 28,
- ÇŞB.,** (2006), Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, Ocak 8, T.C. Resmi Gazete, 26047, s. 6,
- ÇŞB.,** (1991), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Ocak 7, T.C. Resmi Gazete, 20748, s. 2-5,
- ÇŞB.,** (2004), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Aralık 31, T.C. Resmi Gazete, 25687, s. 51,
- Debik E., Arslankaya E.,** (2013), Atıksu arıtımında tesis tasarımı, Eylül
- Deutsche Vereinigung Für Wasserwirtschaft,** (2000), “ATV-A 131E Dimensioning of single-stage scivated sludge plants”, DWA, Germany, s. 7,
- Deutsche Vereinigung Für Wasserwirtschaft,** (2009), “DWA-M 210 Belebungsanlagen mit aufstaubetrieb (SBR)”, DWA, Germany, s. 25,
- Elmas, Ç.** (2003), Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), 192s., Seçkin Ankara.
- Erdoğan A.O.,** (2005), .Zengin G.E., Orhon D., “Türkiye’de evsel atıksu oluşum miktarları ve karakterizasyonu”, *İTÜ Dergi*, (15) 1-3, 52-69,
- Erdoğan, A. O.,** (2004), “Türkiye’de optimum maliyete dayalı atıksu arıtma tesisi tasarımı”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, s.20-23, İstanbul,
- Gengeç,** (2012),”Optimization of baker's yeast wastewater using response surface methodology by electrocoagulation” *desalination* 286 ,200-209
- Grieu, S., Traore, A., Polit, M. and Colprim J.** (2005), Prediction of parameters characterizing the state of a pollution removal biologic process. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 18(5): 559-573.
- Gontarski, C.A., Rodrigues, P.R., Mori, M. and Prenem, L.F.** (2000), Simulation of an industrial wastewater treatment plant using artificial neural networks. *Computers and Chemical Engineering* 24: 1719-1723.
- Hack, M. and Köhne, M.** (1996), Estimation of wastewater process parameters using artificial neural networks. *Water Science and Technology* 33(1): 101-115.

- Hamed, M.M., Khalafallah, M.G. and Hassanien, E.A.** (2004), Prediction of wastewater treatment plant performance using artificial neural networks. *Environmental Modelling & Software* 19: 919–928.
- Haykin, S.** (1999), *Neural Networks, A Comprehensive Foundation*, 842pp., Prentice Hall International Inc. USA, New Jersey.
- Henze, M., Loosedrecht, M., Ekama, G., Brdjanovic, D.,** (2008), “*Biological Wastewater Treatment: Principles 2nd ed.*”, IWA Publishing Inc., s. 511, London,
- Huang, M., Yongwen, M., Wan, J., Wang, Y.,** (1999), Simulation of a paper mill wastewater treatment using a fuzzy neural network., *Expert Systems with Applications* doi:10.1016/j.eswa.
- ISO,** (1997) International Organization for Standardization, “DIN EN ISO 11905-1 Determination of nitrogen in water, Part 1. Method using oxidative digestion with peroxodisulfate”, ISO, Switzerland, s. 13,
- Kargı, F.,** (1995), “Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler 12. cilt”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, s. 425, İzmir,
- Karul C., Soyupak S., Çilesiz, A.F., Akbay, N., Germen, E.,** (2000), “Case Studies On The Use Of Neural Networks In Eutrophication Modeling”, *Ecol. Model.*, 134, 145- 152,
- Kröse, B., Smagt, P.** (1996), *An Introduction to Neural Networks*, 135pp., The University of Amsterdam, Amsterdam,
- Lindberg, C. F. and Carlsson, B.,** (1996), “Nonlinear and Set-point Control of the Dissolved Oxygen Dynamics in an Activated Sludge Process,”*Wat. Sci. Technol.*, 34, 135,
- Metcalf & Eddy,** (2002), “*Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th ed.*”, Mc Graw Hill Inc., s. 1848, New York,
- Metcalf & Eddy, Inc.,** (1991), “*Wastewater Engineering 3rd ed.*”, Mc Graw Hill Inc., s. 540, USA,
- Metcalf & Eddy, Inc.,** (2003), “*Wastewater Engineering, Disposal and Reuse 4th ed.*”, Mc Graw Hill Publishing Inc, s. 1819, USA,
- Minsky, M.L. and Papert, S.S.,** (1969), *Perceptrons*, MA:MIT Press, Cambridge.
- Moatar. F., Fessant, F., ve Poirel, A.,** (1999) “pH Modeling By Neural Networks, Application Of Control And Validation Data Series In The Middle Loie River”, *Ecol. Model.*, 120, 141-156.
- Oliveira, Esquerre, K.P., Seborg, D.E., Mori, M. and Bruns, R.E.** (2004), Application of steady-state and dynamic modeling for the prediction of the BOD of an aerated lagoon at a pulp and paper mill, Part II. Nonlinear approaches. *Chemical Engineering Journal* 105: 61–69.
- Onkal, Engin, G., Demir, I. and Engin, S.N.** (2005) Determination of the relationship between sewage odour and BOD by neural networks. *Environmental Modelling & Software* 20: 843–850.

- Öz, A.**, (2009), “Atıksu arıtma tesislerinde verimlilik kontrolü ve işletme sorunları”, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 94, Kocaeli,
- Özalp, F.N.**, (2005), “Ankara ASKİ atıksu özellikleri ve arıtma sisteminin değerlendirilmesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 114, Ankara,
- Sinan R., Yel E.** (2000), “Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Ön Arıtım ve Biyolojik Arıtım Çıkış Parametrelerinin Ysa İle Tahmini” Selçuk Üniv., Konya, 16s.
- Rolfs, T., Bornemann, C., Kolisch G. and Londong, J.** (2001), Provision of Data For On-Line Simulation, Wat. Sci. Technol., 43(11), 215-222.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M.** (2003), Yapay Sinir Ağları, Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I, 423s., Ufuk Kayseri.
- Saraç, T.**, (2004), ”Yapay Sinir Ağları, Basılmamış Seminer Projesi”, Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Şengül F.**, (1996),” Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:172, İzmir
- Temizel İ.**, (2012), “ Melas Atık Sularının Arıtımında Yukarı Akışlı Havasız Çamur Yataklı Reaktör (Yahçyr) Sisteminden Elde Edilen Biyogaz Ve Metan Üretimlerinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi” Yıldız Teknik Üniversitesi Müh. Fakültesi, s. 420, İzmir,
- Toprak, H.**, (1999), “Atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları cilt 1”, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., s. 288, İstanbul,
- Toprak. H.**, (2000), “Aktif Çamur Sürecinin Tasarım Esasları 1. cilt”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, s. 364, İzmir,
- TSE**, (2013), Türk Standardları Enstitüsü, “TS EN ISO 11885 Su kalitesi-İndüktif olarak eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP OES) ile seçilen elementlerin tayini”, TSE, Ankara, s. 1-25,
- Vas, P.** (1999), Artificial-Intelligence-Based Electrical Machines and Drives, Application of Fuzzy, Neural, Fuzzy-,Neural, and Genetic-Algorithm-Based Techniques, 625 pp., Oxford University Press,Inc. New york,
- Winkler, U. und Voigtländer, G.** (1995), Anwendung neuronaler Netze für die Simulation von Prozessabläufen auf vorhandenen KläranlagenKorrespondenz Abwasser 10: 1784–1792,
- Yang, C.-T. and Kao, J.J.**, 1996. “An Expert System For Selecting And Sequencing Wastewater Treatment Processes”, Wat. Sci. Technol. 34 (3-4), 347-353.
- Zhao, H., Hao, O.J. and McAvoy, T.J.** 1999. Approaches to modeling nutrient dynamics: ASM2, simplified model and neural nets. Water Science and Technology 39(1): 227-234.



## **EKLER**

EK A.1: Belebungs Program 42 Evler AAT Çıktıları

EK A.2: Belebungs Program Kullar AAT Çıktıları

EK A.3: Belebungs Program Entegre Tesis Çıktıları

EK B.1: İSU veri kullanım izni







Project: 42 Evler AAT

Calculated by: Taner ALKAY

Date: 08.04.2015

Belebungs-Expert  
Calculation of single stage activated sludge plants  
according to ATV-DVWK Standard A-131

**Configuration of plant:**

- Activated sludge tank(s)
- Secondary settling

**Treatment objectives:**

- Removal of org. carbon
- Nitrification
- Denitrification

Denitrification process: Pre-anoxic zone denitrification

Secondary settling: Type of tank(s) Circular tank, Flow characteristics horizontal, Suction scraper

**Size class and load cases:**Size class: 0 kg BOD<sub>5</sub>/d

Calculated load cases:

- Load case 1: Dimensioning
- Load case 2: Proof of nitrification with lowest temperature
- Load case 3: Calculation of oxygen uptake with highest temperature
- Load case 4: Special load

Calculation based on BOD

	Load case	1	2	3	4
<b>Inflow:</b>					
Daily dry weather flow rate	Q <sub>DW,d</sub>	30000	30000	30000	30000 m <sup>3</sup> /d
Hourly dry weather flow as 2hr mean	Q <sub>DW,h</sub>	1250	1250	1250	1250 m <sup>3</sup> /h
<b>Concentrations:</b>					
COD	C <sub>COD,IAT</sub>	1457	1457	1457	1457 mg/l
Dissolved COD	S <sub>COD,IAT</sub>	600	600	600	600 mg/l
BOD <sub>5</sub>	C <sub>BOD,IAT</sub>	450	450	450	450 mg/l
COD/BOD <sub>5</sub> ratio	-	3,24	3,24	3,24	3,24 -
Filterable solids	X <sub>SS,IAT</sub>	958	958	958	958 mg/l
Total Kjeldahl-Nitrogen	C <sub>TKN,IAT</sub>	80,0	80,0	80,0	80,0 mg/l
Ammonia nitrogen	S <sub>NH4,IAT</sub>	56,0	56,0	56,0	56,0 mg/l
Nitrate nitrogen	S <sub>NO3,IAT</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Phosphorus	C <sub>P,IAT</sub>	4,0	4,0	4,0	4,0 mg/l
Alkalinity	S <sub>ALK,IAT</sub>	8,00	8,00	8,00	8,00 mmol/l
<b>Load:</b>					
COD	B <sub>d,COD</sub>	43710	43710	43710	43710 kg/d
Dissolved COD	B <sub>d,SCOD</sub>	18000	18000	18000	18000 kg/d
BOD <sub>5</sub>	B <sub>d,BOD</sub>	13500	13500	13500	13500 kg/d
Filterable solids	B <sub>d,XSS</sub>	28740	28740	28740	28740 kg/d
Total Kjeldahl-Nitrogen	B <sub>d,TKN</sub>	2400,0	2400,0	2400,0	2400,0 kg/d
Ammonia nitrogen	B <sub>d,NH4</sub>	1680,0	1680,0	1680,0	1680,0 kg/d
Nitrate nitrogen	B <sub>d,NO3</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0 kg/d
Phosphorus	B <sub>d,P</sub>	120,0	120,0	120,0	120,0 kg/d

<b>Biological reactor, Load case 1:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	15,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent $C_{TKN} + S_{NO3}$	$C_N$	80,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	$X_{orgN,BM}$	22,5 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	$S_{NH4,EST}$	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	$S_{orgN,EST}$	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	$S_{NO3,N}$	55,5 mg/l
Nitrate nitrogen in the effluent (Setpoint)	$S_{NO3,EST}$	8,0 mg/l
Nitrogen to denitrify	$S_{NO3,D}$	47,5 mg/l
Required denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,106 kg/kg
Chosen denitrification share	$V_D/V_{AT}$	0,20 -
Existing denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,113 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	$S_{NO3,D}$	47,5 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	$S_{NO3,EST}$	8,0 mg/l
Required recirculation ratio	RC	5,94 -
<b>Phosphorus removal:</b>		
Phosphorus in the influent	$C_{P,IAT}$	4,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	$X_{P,BM}$	4,0 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	$X_{P,BioP}$	0,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	$S_{PO4,EST}$	0,0 mg/l
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Required sludge age	$t_{SS,Dim}$	7,7 d
Required mass of suspended solids	$req.M_{SS,AT}$	223850 kg
Required volume of biol. reactor	$V_{AT}$	42885 m <sup>3</sup>
Chosen volume of biol. reactor	$V_{AT}$	55000 m <sup>3</sup>
Sludge age (existing)	$t_{SS}$	10,1 d
Aerobic sludge age (existing)	$t_{SS,aer.}$	8,0 d
Safety factor (existing)	SF	2,36 -
BOD <sub>5</sub> volume load	$B_{R,BOD}$	0,25 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	$B_{SS,BOD}$	0,06 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	$SP_{d,C}$	22258 kg/d
...from external carbon source	$SP_{d,extC}$	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	$SP_{d,BioP}$	0 kg/d
...from precipitation	$SP_{d,Prec}$	0 kg/d
Total daily sludge production	$SP_d$	22258 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	$OU_{d,C}$	15076 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	7160 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	-4133 kg/d
Total daily uptake	$OU_d$	18103 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -

Peak factor ammonium oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	992,9 kg/h
Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_h$	1238,4 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		
Alkalinity in the effluent	$S_{ALK,EST}$	3,52 mmol/l

<b>Biological reactor, Load case 2:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	12,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent $C_{TKN} + S_{NO3}$	$C_N$	80,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	$X_{orgN,BM}$	22,5 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	$S_{NH4,EST}$	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	$S_{orgN,EST}$	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	$S_{NO3,N}$	55,5 mg/l
Chosen denitrification share	$V_D/V_{AT}$	0,20 -
Existing denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,110 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	$S_{NO3,D}$	47,6 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	$S_{NO3,EST}$	7,9 mg/l
<b>Phosphorus removal:</b>		
Phosphorus in the influent	$C_{P,IAT}$	4,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	$X_{P,BM}$	4,0 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	$X_{P,BioP}$	0,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	$S_{PO4,EST}$	0,0 mg/l
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Required sludge age	$t_{SS}$	9,9 d
Aerobic sludge age (existing)	$t_{SS,aer.}$	7,9 d
Safety factor (existing)	SF	1,73 -
BOD <sub>5</sub> volume load	$B_{R,BOD}$	0,25 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	$B_{TS,BOD}$	0,06 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	$SP_{d,C}$	22700 kg/d
...from external carbon source	$SP_{d,extC}$	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	$SP_{d,BioP}$	0 kg/d
...from precipitation	$SP_{d,Prec}$	0 kg/d
Total daily sludge production	$SP_d$	22700 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	$OU_{d,C}$	14426 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	7160 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	-4139 kg/d
Total daily uptake	$OU_d$	17447 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -
Peak factor ammonia oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	965,6 kg/h
Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_h$	1185,5 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		
Alkalinity in the effluent	$S_{ALK,EST}$	3,52 mmol/l

<b>Biological reactor, Load case 3:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	20,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent $C_{TKN} + S_{NO3}$	$C_N$	80,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	$X_{orgN,BM}$	22,5 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	$S_{NH4,EST}$	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	$S_{orgN,EST}$	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	$S_{NO3,N}$	55,5 mg/l
Nitrate nitrogen in the effluent (Setpoint)	$S_{NO3,EST}$	8,0 mg/l
Nitrogen to denitrify	$S_{NO3,D}$	47,5 mg/l
Required denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,106 kg/kg
Chosen denitrification share	$V_D/V_{AT}$	0,20 -
Existing denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,119 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	$S_{NO3,D}$	42,8 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	$S_{NO3,EST}$	12,7 mg/l
Required recirculation ratio	RC	5,94 -
<b>Phosphorus removal:</b>		
Phosphorus in the influent	$C_{P,IAT}$	4,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	$X_{P,BM}$	4,0 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	$X_{P,BioP}$	0,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	$S_{PO4,EST}$	0,0 mg/l
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Sludge age (existing)	$t_{SS}$	10,4 d
Aerobic sludge age (existing)	$t_{SS,aer.}$	8,3 d
Safety factor (existing)	SF	3,98 -
BOD <sub>5</sub> volume load	$B_{R,BOD}$	0,25 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	$B_{SS,BOD}$	0,06 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	$SP_{d,C}$	21586 kg/d
...from external carbon source	$SP_{d,extC}$	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	$SP_{d,BioP}$	0 kg/d
...from precipitation	$SP_{d,Prec}$	0 kg/d
Total daily sludge production	$SP_d$	21586 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	$OU_{d,C}$	16064 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	7160 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	-3721 kg/d
Total daily uptake	$OU_d$	19503 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -
Peak factor ammonia oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	1051,3 kg/h
Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_h$	1347,6 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		

---

Alkalinity in the effluent	SALK,EST	3,19 mmol/l
----------------------------	----------	-------------



<b>Biological reactor, Load case 4:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	25,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent $C_{TKN} + S_{NO3}$	$C_N$	80,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	$X_{orgN,BM}$	22,5 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	$S_{NH4,EST}$	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	$S_{orgN,EST}$	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	$S_{NO3,N}$	55,5 mg/l
Nitrate nitrogen in the effluent (Setpoint)	$S_{NO3,EST}$	8,0 mg/l
Nitrogen to denitrify	$S_{NO3,D}$	47,5 mg/l
Required denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,106 kg/kg
Chosen denitrification share	$V_D/V_{AT}$	0,20 -
Existing denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,125 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	$S_{NO3,D}$	42,8 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	$S_{NO3,EST}$	12,7 mg/l
Required recirculation ratio	RC	5,94 -
<b>Phosphorus removal:</b>		
Phosphorus in the influent	$C_{P,IAT}$	4,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	$X_{P,BM}$	4,0 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	$X_{P,BioP}$	0,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	$S_{PO4,EST}$	0,0 mg/l
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Sludge age (existing)	$t_{SS}$	10,6 d
Aerobic sludge age (existing)	$t_{SS,aer.}$	8,5 d
Safety factor (existing)	SF	6,67 -
BOD <sub>5</sub> volume load	$B_{R,BOD}$	0,25 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	$B_{SS,BOD}$	0,06 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	$SP_{d,C}$	21019 kg/d
...from external carbon source	$SP_{d,extC}$	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	$SP_{d,BioP}$	0 kg/d
...from precipitation	$SP_{d,PreC}$	0 kg/d
Total daily sludge production	$SP_d$	21019 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	$OU_{d,C}$	16898 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	7160 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	-3721 kg/d
Total daily uptake	$OU_d$	20337 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -
Peak factor ammonia oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	1086,0 kg/h
Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_h$	1432,9 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		

---

Alkalinity in the effluent	SALK,EST	3,19 mmol/l
----------------------------	----------	-------------

**Secondary settling**

Type of tank(s): Circular tank

Flow characteristics: horizontal

Type of scraper: Suction scraper

Decisive wastewater flow  $Q_{WW,H}$  1875 m<sup>3</sup>/h**Sludge volume index, Return sludge ratio:**

Sludge volume index (chosen)	SVI	100 l/kg
Thickening time	$t_{Th}$	2,5 h
Suspended solids in the bottom sludge	SS <sub>BS</sub>	13,6 kg/m <sup>3</sup>
Chosen ratio SS <sub>RS</sub> /SS <sub>BS</sub>		0,70 -
Suspended solids in return sludge	SS <sub>RS</sub>	9,5 kg/m <sup>3</sup>
Chosen return sludge ratio with $Q_{r,WW}$	RS	0,75 -
Permitted susp. solids concentration in the influent	SS <sub>IST</sub>	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids concentration in the influent	SS <sub>EAT</sub>	4,07 kg/m <sup>3</sup>

**Surface area, Number and dimension of tank(s):**

Permitted sludge volume load	qSV	500 l/(m <sup>2</sup> ·h)
Permitted surface overflow rate	qA	1,60 m/h
Required surface area	A <sub>ST</sub>	1526 m <sup>2</sup>
Number of tanks	a	4
Required diameter	D <sub>ST</sub>	22,04 m
Chosen diameter	D <sub>ST</sub>	22,04 m
Diameter of stilling drum	D <sub>SD</sub>	0,00 m
Surface area (existing)	A <sub>ST</sub>	1526 m <sup>2</sup>
Sludge volume load (existing)	qSV	500 l/(m <sup>2</sup> ·h)
Surface overflow rate (existing)	qA	1,23 m/h

**Depth of tank(s):**

Clear water zone	h <sub>1</sub>	0,50 m
Separation / Return flow zone	h <sub>2</sub>	1,81 m
Density flow / Storage zone	h <sub>3</sub>	0,79 m
Thickening / Sludge removal zone	h <sub>4</sub>	1,61 m
Decisive depth of tank(s)	h <sub>ST</sub>	4,71 m
Depth of inlet below water level	h <sub>e</sub>	2,70 m





Project: Kullar AAT

Calculated by: Taner ALKAY

Date: 07.05.2015

Belebungs-Expert  
Calculation of single stage activated sludge plants  
according to ATV-DWVK Standard A-131

Configuration of plant:	Treatment objectives:
-------------------------	-----------------------

- Anaerobic mixing tank
- Activated sludge tank(s)
- Secondary settling

- Removal of org. carbon
- Nitrification
- Denitrification
- Phosphorus-precipitation

Denitrification process: Pre-anoxic zone denitrification

Precipitant: Iron (trivalent)

Secondary settling: Type of tank(s) Circular tank, Flow characteristics horizontal, Suction scraper

Size class and load cases:
----------------------------

Size class: 0 kg BOD<sub>5</sub>/d

Calculated load cases:

- Load case 1: Dimensioning
- Load case 2: Proof of nitrification with lowest temperature
- Load case 3: Calculation of oxygen uptake with highest temperature
- Load case 4: Special load

Calculation based on BOD

		Load case	1	2	3	4
<b>Inflow:</b>						
Daily dry weather flow rate	Q <sub>DW,d</sub>	53225	53225	53225	53225	53225 m <sup>3</sup> /d
Hourly dry weather flow as 2hr mean	Q <sub>DW,h</sub>	2217	2217	2217	2217	2217 m <sup>3</sup> /h
<b>Concentrations:</b>						
COD	C <sub>COD,IAT</sub>	577	577	577	577	577 mg/l
Dissolved COD	S <sub>COD,IAT</sub>	400	400	400	400	400 mg/l
BOD <sub>5</sub>	C <sub>BOD,IAT</sub>	279	279	279	279	279 mg/l
COD/BOD <sub>5</sub> ratio	-	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07 -
Filterable solids	X <sub>SS,IAT</sub>	377	377	377	377	377 mg/l
Total Kjeldahl-Nitrogen	C <sub>TKN,IAT</sub>	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0 mg/l
Ammonia nitrogen	S <sub>NH4,IAT</sub>	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0 mg/l
Nitrate nitrogen	S <sub>NO3,IAT</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Phosphorus	C <sub>P,IAT</sub>	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0 mg/l
Alkalinity	S <sub>ALK,IAT</sub>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00 mmol/l
<b>Load:</b>						
COD	B <sub>d,COD</sub>	30711	30711	30711	30711	30711 kg/d
Dissolved COD	B <sub>d,SCOD</sub>	21290	21290	21290	21290	21290 kg/d
BOD <sub>5</sub>	B <sub>d,BOD</sub>	14850	14850	14850	14850	14850 kg/d
Filterable solids	B <sub>d,XSS</sub>	20066	20066	20066	20066	20066 kg/d
Total Kjeldahl-Nitrogen	B <sub>d,TKN</sub>	1969,3	1969,3	1969,3	1969,3	1969,3 kg/d
Ammonia nitrogen	B <sub>d,NH4</sub>	1064,5	1064,5	1064,5	1064,5	1064,5 kg/d
Nitrate nitrogen	B <sub>d,NO3</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 kg/d
Phosphorus	B <sub>d,P</sub>	745,1	745,1	745,1	745,1	745,1 kg/d

<b>Biological reactor, Load case 1:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	15,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent C <sub>TKN</sub> + S <sub>NO3</sub>	C <sub>N</sub>	37,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	X <sub>orgN,BM</sub>	14,0 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	S <sub>NH4,EST</sub>	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	S <sub>orgN,EST</sub>	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	S <sub>NO3,N</sub>	21,0 mg/l
Nitrate nitrogen in the effluent (Setpoint)	S <sub>NO3,EST</sub>	8,0 mg/l
Nitrogen to denitrify	S <sub>NO3,D</sub>	13,0 mg/l
Required denitrification capacity	S <sub>NO3,D/CBOD</sub>	0,047 kg/kg
Chosen denitrification share	V <sub>D/VAT</sub>	0,20 -
Existing denitrification capacity	S <sub>NO3,D/CBOD</sub>	0,113 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	S <sub>NO3,D</sub>	13,0 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	S <sub>NO3,EST</sub>	8,0 mg/l
Required recirculation ratio	RC	1,63 -
<b>Phosphorus removal:</b>		
Volume of anaerobic mixing tank(s)	V <sub>BioP</sub>	3326 m <sup>3</sup>
Contact time in the anaerobic tank(s) (with Q <sub>DW,h</sub> , RS=1)	t <sub>BioP</sub>	0,8 h
Phosphorus in the influent	C <sub>P,IAT</sub>	14,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	X <sub>P,BM</sub>	2,8 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	X <sub>P,BioP</sub>	4,2 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	S <sub>PO4,EST</sub>	1,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (Setpoint)	S <sub>PO4,EST</sub>	1,0 mg/l
Phosphorus precipitated	X <sub>P,Prec</sub>	6,0 mg/l
Precipitant: Iron (trivalent)		
Demand of precipitant	FM	868,9 kg Me/d
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	SS <sub>AT</sub>	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	SS <sub>AT</sub>	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Required sludge age	t <sub>SS,Dim</sub>	7,7 d
Required mass of suspended solids	req.M <sub>SS,AT</sub>	207570 kg
Required volume of biol. reactor	V <sub>AT</sub>	39479 m <sup>3</sup>
Chosen volume of biol. reactor	V <sub>AT</sub>	51000 m <sup>3</sup>
Sludge age (existing)	t <sub>SS</sub>	10,2 d
Aerobic sludge age (existing)	t <sub>SS,aer.</sub>	8,2 d
Safety factor (existing)	SF	2,39 -
BOD <sub>5</sub> volume load	B <sub>R,BOD</sub>	0,29 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	B <sub>SS,BOD</sub>	0,07 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	SP <sub>d,C</sub>	17528 kg/d
...from external carbon source	SP <sub>d,extC</sub>	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	SP <sub>d,BioP</sub>	668 kg/d
...from precipitation	SP <sub>d,Prec</sub>	2172 kg/d
Total daily sludge production	SP <sub>d</sub>	20368 kg/d

**Oxygen uptake:**

...for carbon removal	$OU_{d,C}$	16623 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	4818 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	-2014 kg/d
Total daily uptake	$OU_d$	19427 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -
Peak factor ammonium oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	970,1 kg/h
Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_h$	1209,9 kg/h

**Alkalinity:**

Alkalinity in the effluent	$S_{ALK,EST}$	5,24 mmol/l
----------------------------	---------------	-------------

<b>Biological reactor, Load case 2:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	12,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent C <sub>TKN</sub> + S <sub>NO3</sub>	C <sub>N</sub>	37,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	X <sub>orgN,BM</sub>	14,0 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	S <sub>NH4,EST</sub>	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	S <sub>orgN,EST</sub>	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	S <sub>NO3,N</sub>	21,0 mg/l
Chosen denitrification share	V <sub>D/VAT</sub>	0,20 -
Existing denitrification capacity	S <sub>NO3,D/CBOD</sub>	0,110 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	S <sub>NO3,D</sub>	0,0 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	S <sub>NO3,EST</sub>	21,0 mg/l
<b>Phosphorus removal:</b>		
Volume of anaerobic mixing tank(s)	V <sub>BioP</sub>	3326 m <sup>3</sup>
Contact time in the anaerobic tank(s) (with Q <sub>DW,h</sub> , RS=1)	t <sub>BioP</sub>	0,8 h
Phosphorus in the influent	C <sub>P,IAT</sub>	14,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	X <sub>P,BM</sub>	2,8 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	X <sub>P,BioP</sub>	4,2 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	S <sub>P04,EST</sub>	1,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (Setpoint)	S <sub>P04,EST</sub>	1,0 mg/l
Phosphorus precipitated	X <sub>P,Prec</sub>	6,0 mg/l
Precipitant: Iron (trivalent)		
Demand of precipitant	FM	868,9 kg Me/d
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	SS <sub>AT</sub>	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	SS <sub>AT</sub>	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Required sludge age	t <sub>SS</sub>	9,9 d
Aerobic sludge age (existing)	t <sub>SS,aer.</sub>	8,0 d
Safety factor (existing)	SF	1,74 -
BOD <sub>5</sub> volume load	B <sub>R,BOD</sub>	0,29 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	B <sub>TS,BOD</sub>	0,07 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	SP <sub>d,C</sub>	18022 kg/d
...from external carbon source	SP <sub>d,extC</sub>	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	SP <sub>d,BioP</sub>	668 kg/d
...from precipitation	SP <sub>d,Prec</sub>	2172 kg/d
Total daily sludge production	SP <sub>d</sub>	20862 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	OU <sub>d,C</sub>	15897 kg/d
...for nitrification	OU <sub>d,N</sub>	4818 kg/d
...carbon removal by denitrification	OU <sub>d,D</sub>	0 kg/d
Total daily uptake	OU <sub>d</sub>	20715 kg/d
Peak factor carbon respiration	f <sub>C</sub>	1,20 -
Peak factor ammonia oxidation	f <sub>N</sub>	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	OU <sub>h</sub>	1023,7 kg/h



Required oxygen transfer	alpha*OC <sub>n</sub>	1256,9 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		
Alkalinity in the effluent	SALK,EST	4,33 mmol/l

<b>Biological reactor, Load case 3:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	20,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent C <sub>TKN</sub> + S <sub>NO3</sub>	C <sub>N</sub>	37,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	X <sub>orgN,BM</sub>	14,0 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	S <sub>NH4,EST</sub>	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	S <sub>orgN,EST</sub>	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	S <sub>NO3,N</sub>	21,0 mg/l
Nitrate nitrogen in the effluent (Setpoint)	S <sub>NO3,EST</sub>	8,0 mg/l
Nitrogen to denitrify	S <sub>NO3,D</sub>	13,0 mg/l
Required denitrification capacity	S <sub>NO3,D/CBOD</sub>	0,047 kg/kg
Chosen denitrification share	V <sub>D/VAT</sub>	0,20 -
Existing denitrification capacity	S <sub>NO3,D/CBOD</sub>	0,119 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	S <sub>NO3,D</sub>	13,0 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	S <sub>NO3,EST</sub>	8,0 mg/l
Required recirculation ratio	RC	1,63 -
<b>Phosphorus removal:</b>		
Volume of anaerobic mixing tank(s)	V <sub>BioP</sub>	3326 m <sup>3</sup>
Contact time in the anaerobic tank(s) (with Q <sub>DW,n</sub> , RS=1)	t <sub>BioP</sub>	0,8 h
Phosphorus in the influent	C <sub>P,IAT</sub>	14,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	X <sub>P,BM</sub>	2,8 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	X <sub>P,BioP</sub>	4,2 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	S <sub>PO4,EST</sub>	1,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (Setpoint)	S <sub>PO4,EST</sub>	1,0 mg/l
Phosphorus precipitated	X <sub>P,Prec</sub>	6,0 mg/l
Precipitant:: Iron (trivalent)		
Demand of precipitant	FM	868,9 kg Me/d
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	SS <sub>AT</sub>	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	SS <sub>AT</sub>	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Sludge age (existing)	t <sub>SS</sub>	10,6 d
Aerobic sludge age (existing)	t <sub>SS,aer.</sub>	8,5 d
Safety factor (existing)	SF	4,06 -
BOD <sub>5</sub> volume load	B <sub>R,BOD</sub>	0,29 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	B <sub>SS,BOD</sub>	0,07 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	SP <sub>d,C</sub>	16779 kg/d
...from external carbon source	SP <sub>d,extC</sub>	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	SP <sub>d,BioP</sub>	668 kg/d
...from precipitation	SP <sub>d,Prec</sub>	2172 kg/d
Total daily sludge production	SP <sub>d</sub>	19620 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	OU <sub>d,C</sub>	17724 kg/d
...for nitrification	OU <sub>d,N</sub>	4818 kg/d
...carbon removal by denitrification	OU <sub>d,D</sub>	-2014 kg/d

Total daily uptake	$OU_d$	20528 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -
Peak factor ammonia oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	1015,9 kg/h
Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_n$	1302,3 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		
Alkalinity in the effluent	$S_{ALK,EST}$	5,24 mmol/l

<b>Biological reactor, Load case 4:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	25,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent $C_{TKN} + S_{NO3}$	$C_N$	37,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	$X_{orgN,BM}$	14,0 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	$S_{NH4,EST}$	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	$S_{orgN,EST}$	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	$S_{NO3,N}$	21,0 mg/l
Nitrate nitrogen in the effluent (Setpoint)	$S_{NO3,EST}$	8,0 mg/l
Nitrogen to denitrify	$S_{NO3,D}$	13,0 mg/l
Required denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,047 kg/kg
Chosen denitrification share	$V_D/V_{AT}$	0,20 -
Existing denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,125 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	$S_{NO3,D}$	13,0 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	$S_{NO3,EST}$	8,0 mg/l
Required recirculation ratio	RC	1,63 -
<b>Phosphorus removal:</b>		
Volume of anaerobic mixing tank(s)	$V_{BioP}$	3326 m <sup>3</sup>
Contact time in the anaerobic tank(s) (with $Q_{DW,h}$ , RS=1)	$t_{BioP}$	0,8 h
Phosphorus in the influent	$C_{P,IAT}$	14,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	$X_{P,BM}$	2,8 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	$X_{P,BioP}$	4,2 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (Setpoint)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus precipitated	$X_{P,Prec}$	6,0 mg/l
Precipitant: Iron (trivalent)		
Demand of precipitant	FM	868,9 kg Me/d
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Sludge age (existing)	$t_{SS}$	10,9 d
Aerobic sludge age (existing)	$t_{SS,aer.}$	8,7 d
Safety factor (existing)	SF	6,85 -
BOD <sub>5</sub> volume load	$B_{R,BOD}$	0,29 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	$B_{SS,BOD}$	0,07 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	$SP_{d,C}$	16153 kg/d
...from external carbon source	$SP_{d,extC}$	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	$SP_{d,BioP}$	668 kg/d
...from precipitation	$SP_{d,Prec}$	2172 kg/d
Total daily sludge production	$SP_d$	18994 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	$OU_{d,C}$	18645 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	4818 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	-2014 kg/d

Total daily uptake	$OU_d$	21449 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -
Peak factor ammonia oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	1054,3 kg/h
Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_h$	1391,0 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		
Alkalinity in the effluent	SALK,EST	5,24 mmol/l

**Secondary settling**

Type of tank(s): Circular tank

Flow characteristics: horizontal

Type of scraper: Suction scraper

Decisive wastewater flow  $Q_{WW,H}$  3000 m<sup>3</sup>/h**Sludge volume index, Return sludge ratio:**

Sludge volume index (chosen)	SVI	100 l/kg
Thickening time	$t_{th}$	2,5 h
Suspended solids in the bottom sludge	$SS_{BS}$	13,6 kg/m <sup>3</sup>
Chosen ratio $SS_{RS}/SS_{BS}$		0,70 -
Suspended solids in return sludge	$SS_{RS}$	9,5 kg/m <sup>3</sup>
Chosen return sludge ratio with $Q_{r,WW}$	RS	0,75 -
Permitted susp. solids concentration in the influent	$SS_{IST}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids concentration in the influent	$SS_{EAT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>

**Surface area, Number and dimension of tank(s):**

Permitted sludge volume load	$q_{SV}$	500 l/(m <sup>2</sup> *h)
Permitted surface overflow rate	$q_A$	1,60 m/h
Required surface area	$A_{ST}$	2442 m <sup>2</sup>
Number of tanks	a	4
Required diameter	$D_{ST}$	27,88 m
Chosen diameter	$D_{ST}$	27,88 m
Diameter of stilling drum	$D_{SD}$	0,00 m
Surface area (existing)	$A_{ST}$	2442 m <sup>2</sup>
Sludge volume load (existing)	$q_{SV}$	500 l/(m <sup>2</sup> *h)
Surface overflow rate (existing)	$q_A$	1,23 m/h

**Depth of tank(s):**

Clear water zone	$h_1$	0,50 m
Separation / Return flow zone	$h_2$	1,81 m
Density flow / Storage zone	$h_3$	0,79 m
Thickening / Sludge removal zone	$h_4$	1,61 m
Decisive depth of tank(s)	$h_{ST}$	4,71 m
Depth of inlet below water level	$h_e$	2,70 m



Project: Kullar-42 Evler AAT

Calculated by: Taner ALKAY

Date: 07.05.2015

Belebungs-Expert  
Calculation of single stage activated sludge plants  
according to ATV-DWWK Standard A-131

Configuration of plant:	Treatment objectives:
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Anaerobic mixing tank</li> <li><input type="checkbox"/> Activated sludge tank(s)</li> <li><input type="checkbox"/> Secondary settling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Removal of org. carbon</li> <li><input type="checkbox"/> Nitrification</li> <li><input type="checkbox"/> Denitrification</li> <li><input type="checkbox"/> Phosphorus-precipitation</li> </ul>
Denitrification process: Pre-anoxic zone denitrification	
Precipitant: Iron (trivalent)	
Secondary settling: Type of tank(s) Circular tank, Flow characteristics horizontal, Suction scraper	

**Size class and load cases:**Size class: 0 kg BOD<sub>5</sub>/d

Calculated load cases:

- Load case 1: Dimensioning
- Load case 2: Proof of nitrification with lowest temperature
- Load case 3: Calculation of oxygen uptake with highest temperature
- Load case 4: Special load

Calculation based on BOD

	Load case	1	2	3	4
<b>Inflow:</b>					
Daily dry weather flow rate	Q <sub>DW,d</sub>	83225	83225	83225	83225 m <sup>3</sup> /d
Hourly dry weather flow as 2hr mean	Q <sub>DW,h</sub>	3467	3467	3467	3467 m <sup>3</sup> /h
<b>Concentrations:</b>					
COD	C <sub>COD,IAT</sub>	894	894	894	894 mg/l
Dissolved COD	S <sub>COD,IAT</sub>	350	350	350	350 mg/l
BOD <sub>5</sub>	C <sub>BOD,IAT</sub>	340	340	340	340 mg/l
COD/BOD <sub>5</sub> ratio	-	2,63	2,63	2,63	2,63 -
Filterable solids	X <sub>SS,IAT</sub>	586	586	586	586 mg/l
Total Kjeldahl-Nitrogen	C <sub>TKN,IAT</sub>	52,0	52,0	52,0	52,0 mg/l
Ammonia nitrogen	S <sub>NH4,IAT</sub>	40,0	40,0	40,0	40,0 mg/l
Nitrate nitrogen	S <sub>NO3,IAT</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Phosphorus	C <sub>P,IAT</sub>	10,0	10,0	10,0	10,0 mg/l
Alkalinity	S <sub>ALK,IAT</sub>	8,00	8,00	8,00	8,00 mmol/l
<b>Load:</b>					
COD	B <sub>d,COD</sub>	74403	74403	74403	74403 kg/d
Dissolved COD	B <sub>d,SCOD</sub>	29129	29129	29129	29129 kg/d
BOD <sub>5</sub>	B <sub>d,BOD</sub>	28297	28297	28297	28297 kg/d
Filterable solids	B <sub>d,XSS</sub>	48770	48770	48770	48770 kg/d
Total Kjeldahl-Nitrogen	B <sub>d,TKN</sub>	4327,7	4327,7	4327,7	4327,7 kg/d
Ammonia nitrogen	B <sub>d,NH4</sub>	3329,0	3329,0	3329,0	3329,0 kg/d
Nitrate nitrogen	B <sub>d,NO3</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0 kg/d
Phosphorus	B <sub>d,P</sub>	832,3	832,3	832,3	832,3 kg/d

<b>Biological reactor, Load case 1:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	15,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent $C_{TKN} + S_{NO3}$	$C_N$	52,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	$X_{orgN,BM}$	17,0 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	$S_{NH4,EST}$	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	$S_{orgN,EST}$	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	$S_{NO3,N}$	33,0 mg/l
Nitrate nitrogen in the effluent (Setpoint)	$S_{NO3,EST}$	8,0 mg/l
Nitrogen to denitrify	$S_{NO3,D}$	25,0 mg/l
Required denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,074 kg/kg
Chosen denitrification share	$V_D/V_{AT}$	0,20 -
Existing denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,113 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	$S_{NO3,D}$	28,3 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	$S_{NO3,EST}$	4,7 mg/l
Required recirculation ratio	RC	3,13 -
<b>Phosphorus removal:</b>		
Volume of anaerobic mixing tank(s)	$V_{BioP}$	5201 m <sup>3</sup>
Contact time in the anaerobic tank(s) (with $Q_{DW,h}$ , RS=1)	$t_{BioP}$	0,8 h
Phosphorus in the influent	$C_{P,IAT}$	10,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	$X_{P,BM}$	3,4 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	$X_{P,BioP}$	5,1 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (Setpoint)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus precipitated	$X_{P,Prec}$	0,5 mg/l
Precipitant: Iron (trivalent)		
Demand of precipitant	FM	112,8 kg Me/d
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Required sludge age	$t_{SS,Dim}$	7,7 d
Required mass of suspended solids	req.M $SS_{AT}$	415140 kg
Required volume of biol. reactor	$V_{AT}$	79864 m <sup>3</sup>
Chosen volume of biol. reactor	$V_{AT}$	102000 m <sup>3</sup>
Sludge age (existing)	$t_{SS}$	10,0 d
Aerobic sludge age (existing)	$t_{SS,aer.}$	8,0 d
Safety factor (existing)	SF	2,36 -
BOD <sub>5</sub> volume load	$B_{R,BOD}$	0,28 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	$B_{SS,BOD}$	0,07 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	$SP_{d,C}$	39777 kg/d
...from external carbon source	$SP_{d,extC}$	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	$SP_{d,BioP}$	1273 kg/d
...from precipitation	$SP_{d,Prec}$	282 kg/d
Total daily sludge production	$SP_d$	41332 kg/d



**Oxygen uptake:**

...for carbon removal	$OU_{d,C}$	31592 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	11810 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	-6827 kg/d
Total daily uptake	$OU_d$	36575 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -
Peak factor ammonium oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	1917,6 kg/h
Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_h$	2391,7 kg/h

**Alkalinity:**

Alkalinity in the effluent	$S_{ALK,EST}$	4,80 mmol/l
----------------------------	---------------	-------------

<b>Biological reactor, Load case 2:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	12,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent $C_{TKN} + S_{NO3}$	$C_N$	52,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	$X_{orgN,BM}$	17,0 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	$S_{NH4,EST}$	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	$S_{orgN,EST}$	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	$S_{NO3,N}$	33,0 mg/l
Chosen denitrification share	$V_D/V_{AT}$	0,20 -
Existing denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,110 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	$S_{NO3,D}$	0,0 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	$S_{NO3,EST}$	33,0 mg/l
<b>Phosphorus removal:</b>		
Volume of anaerobic mixing tank(s)	$V_{BioP}$	5201 m <sup>3</sup>
Contact time in the anaerobic tank(s) (with $Q_{DW,h}$ , RS=1)	$t_{BioP}$	0,8 h
Phosphorus in the influent	$C_{P,IAT}$	10,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	$X_{P,BM}$	3,4 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	$X_{P,BioP}$	5,1 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (Setpoint)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus precipitated	$X_{P,PreC}$	0,5 mg/l
Precipitant: Iron (trivalent)		
Demand of precipitant	FM	112,8 kg Me/d
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Required sludge age	$t_{SS}$	9,8 d
Aerobic sludge age (existing)	$t_{SS,aer.}$	7,9 d
Safety factor (existing)	SF	1,72 -
BOD <sub>5</sub> volume load	$B_{R,BOD}$	0,28 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	$B_{TS,BOD}$	0,07 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	$SP_{d,C}$	40715 kg/d
...from external carbon source	$SP_{d,extC}$	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	$SP_{d,BioP}$	1273 kg/d
...from precipitation	$SP_{d,PreC}$	282 kg/d
Total daily sludge production	$SP_d$	42270 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	$OU_{d,C}$	30213 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	11810 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	0 kg/d
Total daily uptake	$OU_d$	42022 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -
Peak factor ammonia oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	2144,6 kg/h

Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_n$	2633,1 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		
Alkalinity in the effluent	$S_{ALK,EST}$	2,82 mmol/l

<b>Biological reactor, Load case 3:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	20,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent $C_{TKN} + S_{NO3}$	$C_N$	52,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	$X_{orgN,BM}$	17,0 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	$S_{NH4,EST}$	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	$S_{orgN,EST}$	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	$S_{NO3,N}$	33,0 mg/l
Nitrate nitrogen in the effluent (Setpoint)	$S_{NO3,EST}$	8,0 mg/l
Nitrogen to denitrify	$S_{NO3,D}$	25,0 mg/l
Required denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,074 kg/kg
Chosen denitrification share	$V_D/V_{AT}$	0,20 -
Existing denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,119 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	$S_{NO3,D}$	25,4 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	$S_{NO3,EST}$	7,6 mg/l
Required recirculation ratio	RC	3,13 -
<b>Phosphorus removal:</b>		
Volume of anaerobic mixing tank(s)	$V_{BioP}$	5201 m <sup>3</sup>
Contact time in the anaerobic tank(s) (with $Q_{DW,h}$ , RS=1)	$t_{BioP}$	0,8 h
Phosphorus in the influent	$C_{P,IAT}$	10,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	$X_{P,BM}$	3,4 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	$X_{P,BioP}$	5,1 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (Setpoint)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus precipitated	$X_{P,Prec}$	0,5 mg/l
Precipitant: Iron (trivalent)		
Demand of precipitant	FM	112,8 kg Me/d
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Sludge age (existing)	$t_{SS}$	10,4 d
Aerobic sludge age (existing)	$t_{SS,aer.}$	8,3 d
Safety factor (existing)	SF	3,99 -
BOD <sub>5</sub> volume load	$B_{R,BOD}$	0,28 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	$B_{SS,BOD}$	0,07 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	$SP_{d,C}$	38352 kg/d
...from external carbon source	$SP_{d,extC}$	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	$SP_{d,BioP}$	1273 kg/d
...from precipitation	$SP_{d,Prec}$	282 kg/d
Total daily sludge production	$SP_d$	39907 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	$OU_{d,C}$	33687 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	11810 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	-6138 kg/d

Total daily uptake	OU <sub>d</sub>	39359 kg/d
Peak factor carbon respiration	f <sub>C</sub>	1,20 -
Peak factor ammonia oxidation	f <sub>N</sub>	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	OU <sub>h</sub>	2033,6 kg/h
Required oxygen transfer	alpha*OC <sub>h</sub>	2606,8 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		
Alkalinity in the effluent	SALK,EST	4,60 mmol/l

<b>Biological reactor, Load case 4:</b>		
Temperature in the biol. reactor	T	25,0 Deg C
<b>Nitrogen balance:</b>		
Influent $C_{TKN} + S_{NO3}$	$C_N$	52,0 mg/l
Nitrogen incorporated in biomass	$X_{orgN,BM}$	17,0 mg/l
Ammonia nitrogen in the effluent	$S_{NH4,EST}$	0,0 mg/l
Organic nitrogen in the effluent	$S_{orgN,EST}$	2,0 mg/l
Nitrogen nitrified	$S_{NO3,N}$	33,0 mg/l
Nitrate nitrogen in the effluent (Setpoint)	$S_{NO3,EST}$	8,0 mg/l
Nitrogen to denitrify	$S_{NO3,D}$	25,0 mg/l
Required denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,074 kg/kg
Chosen denitrification share	$V_D/V_{AT}$	0,20 -
Existing denitrification capacity	$S_{NO3,D}/C_{BOD}$	0,125 kg/kg
Nitrate nitrogen denitrified	$S_{NO3,D}$	25,4 mg/l
Nitrate nitr. in the effluent (existing)	$S_{NO3,EST}$	7,6 mg/l
Required recirculation ratio	RC	3,13 -
<b>Phosphorus removal:</b>		
Volume of anaerobic mixing tank(s)	$V_{BioP}$	5201 m <sup>3</sup>
Contact time in the anaerobic tank(s) (with $Q_{DW,h}$ , RS=1)	$t_{BioP}$	0,8 h
Phosphorus in the influent	$C_{P,IAT}$	10,0 mg/l
Embedded in biomass (normal uptake)	$X_{P,BM}$	3,4 mg/l
Embedded in biomass (enhanced uptake)	$X_{P,BioP}$	5,1 mg/l
Phosphorus in the effluent (existing)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus in the effluent (Setpoint)	$S_{PO4,EST}$	1,0 mg/l
Phosphorus precipitated	$X_{P,Prec}$	0,5 mg/l
Precipitant: Iron (trivalent)		
Demand of precipitant	FM	112,8 kg Me/d
<b>Dry matter suspended solids in the biological reactor:</b>		
Permitted susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids in the effl. of the biol. reactor	$SS_{AT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Sludge age and load specifics:</b>		
Sludge age (existing)	$t_{SS}$	10,7 d
Aerobic sludge age (existing)	$t_{SS,aer.}$	8,6 d
Safety factor (existing)	SF	6,72 -
BOD <sub>5</sub> volume load	$B_{R,BOD}$	0,28 kg/(m <sup>3</sup> *d)
BOD <sub>5</sub> sludge load	$B_{SS,BOD}$	0,07 kg/(kg*d)
<b>Sludge production:</b>		
...from carbon removal	$SP_{d,C}$	37154 kg/d
...from external carbon source	$SP_{d,extC}$	0 kg/d
...from biol. phosphorus removal	$SP_{d,BioP}$	1273 kg/d
...from precipitation	$SP_{d,Prec}$	282 kg/d
Total daily sludge production	$SP_d$	38710 kg/d
<b>Oxygen uptake:</b>		
...for carbon removal	$OU_{d,C}$	35449 kg/d
...for nitrification	$OU_{d,N}$	11810 kg/d
...carbon removal by denitrification	$OU_{d,D}$	-6138 kg/d

Total daily uptake	$OU_d$	41121 kg/d
Peak factor carbon respiration	$f_C$	1,20 -
Peak factor ammonia oxidation	$f_N$	1,80 -
Maximum hourly uptake rate	$OU_h$	2107,0 kg/h
Required oxygen transfer	$\alpha \cdot OC_h$	2779,9 kg/h
<b>Alkalinity:</b>		
Alkalinity in the effluent	$S_{ALK,EST}$	4,60 mmol/l

<b>Secondary settling</b>		
Type of tank(s):	Circular tank	
Flow characteristics:	horizontal	
Type of scraper:	Suction scraper	
Decisive wastewater flow	$Q_{WW,H}$	5945 m <sup>3</sup> /h
<b>Sludge volume index, Return sludge ratio:</b>		
Sludge volume index (chosen)	SVI	100 l/kg
Thickening time	$t_{Th}$	2,5 h
Suspended solids in the bottom sludge	$SS_{BS}$	13,6 kg/m <sup>3</sup>
Chosen ratio $SS_{RS}/SS_{BS}$		0,70 -
Suspended solids in return sludge	$SS_{RS}$	9,5 kg/m <sup>3</sup>
Chosen return sludge ratio with $Q_{r,WW}$	RS	0,75 -
Permitted susp. solids concentration in the influent	$SS_{ST}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
Chosen susp. solids concentration in the influent	$SS_{EAT}$	4,07 kg/m <sup>3</sup>
<b>Surface area, Number and dimension of tank(s):</b>		
Permitted sludge volume load	$q_{SV}$	500 l/(m <sup>2</sup> *h)
Permitted surface overflow rate	$q_A$	1,60 m/h
Required surface area	$A_{ST}$	4839 m <sup>2</sup>
Number of tanks	a	5
Required diameter	$D_{ST}$	35,10 m
Chosen diameter	$D_{ST}$	35,10 m
Diameter of stilling drum	$D_{SD}$	0,00 m
Surface area (existing)	$A_{ST}$	4838 m <sup>2</sup>
Sludge volume load (existing)	$q_{SV}$	500 l/(m <sup>2</sup> *h)
Surface overflow rate (existing)	$q_A$	1,23 m/h
<b>Depth of tank(s):</b>		
Clear water zone	$h_1$	0,50 m
Separation / Return flow zone	$h_2$	1,81 m
Density flow / Storage zone	$h_3$	0,79 m
Thickening / Sludge removal zone	$h_4$	1,61 m
Decisive depth of tank(s)	$h_{ST}$	4,71 m
Depth of inlet below water level	$h_e$	2,70 m



EK B.1



T.C.  
KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ İSU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı



Sayı :28187870  
Konu :Veri Kullanımı

Genel Müdürlüğümüz Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı bünyesinde görev yapmakta olan ve ekli listede isim, ünvan, yüksek lisans yaptıkları okul bilgileri ve yüksek lisans tez konuları verilen personellerimizin yapmış oldukları tez çalışmalarında kurumumuz imkân ve verilerini kullanmaları uygun görülmüştür.  
Bilgilerinizi rica ederiz.

Ünal BOSTAN  
Arıtma Tesisleri Daire Bşk.

Ali SAĞLIK  
Genel Müdür Yardımcısı

Ek: Personel Listesi

Dağıtım:  
- Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi  
- Yalova Üniversitesi

Tel: (0262) 317 30 00 - 0(262) 317 33 67 Faks: 0(262) 317 33 52  
KEP Adresi: [kocaeliisu@hs01.kep.tr](mailto:kocaeliisu@hs01.kep.tr) Web:<http://www.isu.gov.tr> e-posta: [apesen@isu.gov.tr](mailto:apesen@isu.gov.tr)

Bu belge 5070 sayılı elektronik imza kanununa göre güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Evrak teyidine <http://www.isu.gov.tr/evraktakip> adresinden Belge Num.:13277679-31.4.04[10]-E.2.620 ve Barkod Num.:1298539 bilgileriyle erişebilirsiniz.



T.C.  
KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ İSU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı

Ad-Soyad	Ünvan	Üniversite	Tez Konusu
Faruk NAZİK	Ruhsatlandırma ve Denetim Şb. Müd.	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	Atıksu Arıtma Tesislerinde Ekipman Revizyonu ile Enerji Optimizasyonu
Mustafa KÜÇÜKBAYRAK	Çevre Mühendisi	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	Kocaeli Bölgesindeki Endüstriyel Atık Suların Kontrolü
Selçuk VAROL	Çevre Mühendisi	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	Kocaeli İlindeki İçme Suyu Kaynak Sularının İncelenmesi
Mehmet AKDENİZ	Çevre Mühendisi	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Arıtılan Atıksuların Geri Kazanımı Sağlanarak Değerlendirilmesi ve Literatürle Karşılaştırılması
Taner ALKAY	Çevre Mühendisi	Yalova Üniversitesi	Mevcut İki Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin Atıksularının Birleştirilerek Yeni Bir Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin Dizayn Edilmesi

Tel: (0262) 317 30 00 - 0(262) 317 33 67 Faks: 0(262) 317 33 52

KEP Adresi: [kocaelisui@hs01.kep.tr](mailto:kocaelisui@hs01.kep.tr) Web:<http://www.isu.gov.tr> e-posta: [apesen@isu.gov.tr](mailto:apesen@isu.gov.tr)

Bu belge 5070 sayılı elektronik imza kanununa göre güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Evrak teyidine <http://www.isu.gov.tr/evraktakip> adresinden Belge Num.:13277679-3140410-E.2620 ve Barkod Num.:1298539 bilgileriyle erişebilirsiniz.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Taner ALKAY  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 26.04.1985/İzmit  
**Yabancı Dil** : İngilizce  
**E-mail** : taneralkay@gmail.com



### EĞİTİM

Derece	Bölüm	Üniversite/Okul	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Kimya ve Süreç Müh.	Yalova Üniversitesi	2012-2016
Lisans	Çevre Mühendisliği	Cumhuriyet Üniversitesi	2004-2008
Lise	Fen Bilimleri	Mimar Sinan Lisesi	1999-2003

### İŞ TECRÜBESİ

Yıl	İş Yeri	Görev
2012	İSU / Arıtma Tesisleri Dairesi	Atıksu Arıtma Tesisleri Amiri
2011	KÜKAB/Düzenli Depolama Tes.	Saha Yöneticisi
2010	Alkataş İnşaat/Ankara Şeker Fab.	Şantiye Şefi
2009	Halil Kayıkçı Geri Dönüşüm	Çevre Mühendisi

### TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Alkay, T., Bilgin Şimşek, E., Kocaeli Atıksu Arıtma Tesislerinin Belebungs Programı ile Dizaynı ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Modellenmesi, 12.Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 23-26 Ağustos 2016, İzmir