

## ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN ENERJİ VERİMLİ İŞLETİLMESİ



Tarih: 08.08.2022

## İÇİNDEKİLER

1.	GİRİŞ.....	6
2.	ENERJİ KULLANIMI .....	10
2.1.	ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE SPESİFİK ENERJİ TÜKETİMİ.....	10
2.2.	ÇEŞİTLİ ÜLKELERDE AAT’SİNDE ENERJİ TÜKETİMİ .....	11
3.	AAT ÜNİTE BAZINDA ENERJİ TÜKETİMİ .....	13
3.1.	IZGARA VE ELEKLER .....	13
3.2.	KUM VE YAĞ TUTUCULAR.....	13
3.3.	ATIKSU POMPALARI VE POMPA İSTASYONLARI .....	13
3.4.	ÖN ÇÖKTÜRME HAVUZLARI.....	17
3.5.	HAVALANDIRMA ÜNİTELERİNİN İNCELENMESİ .....	17
3.5.1.	Mekanik Havalandırıcılar.....	17
3.5.2.	Difüzörlü Havalandırıcılar .....	18
3.5.3.	Havuz Derinliği .....	18
3.5.4.	Kabarcık Çapı.....	18
3.5.5.	Hava Debisi.....	18
3.5.6.	Difüzör Yoğunluğu .....	18
3.5.7.	Tıkanma.....	18
3.6.	SON ÇÖKTÜRME HAVUZLARI.....	22
3.7.	ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA .....	22
3.7.1.	Dekantör.....	22
3.7.2.	Belt Filtre .....	23
3.8.	KARIŞTIRICILAR (KOAGÜLASYON-FLOKÜLASYON) .....	23
4.	AAT’LERDE ENERJİ DENGESİ .....	25
4.1.	AAT’LERDE ENERJİ NÖTR ÇALIŞMASI .....	25

<b>5. AAT'LERİNDE "ENERJİ NÖTRLÜĞÜ"</b> .....	<b>29</b>
5.1. OPERASYONEL ESNEKLİK .....	29
5.2. POMPALAMA SİSTEMİ.....	29
5.2.1. Pompa Sisteminin Verimliliğini Optimize Edilmesi .....	30
5.2.2. Pompalama Debisini Azaltma .....	30
5.2.3. Kısmi Yoluyla Debi Kontrolü .....	30
5.3. MOTORLAR.....	31
5.3.1. Düzenli Motor Bakımı.....	31
5.3.2. Motorların Doğru Boyutlandırılması .....	32
5.3.3. Yüksek Verimli Motor Kullanımı .....	32
5.3.4. Değişken Frekans Sürücü Uygulamaları.....	32
5.3.5. Scada .....	32
5.3.6. Güç Faktörünün İyileştirilmesi.....	32
5.3.7. Havalandırma Sistemi.....	32
5.3.1. Amonyak Bazlı Havalandırma.....	33
5.3.2. Değişken Blower Hava Akışı .....	35
5.3.3. Çözünmüş Oksijen Kontrolü .....	35
5.4. ALTYAPI SORUNLARI.....	35
5.5. AYDINLATMA.....	35
5.6. ÇIKIŞ SUYUNUN GERİ KULLANIMI İLE TEMİZ SU KULLANIMI AZALTMA.....	36
5.7. YEŞİL ENERJİ.....	36
5.8. ENERJİ YÖNETİM PLANI OLUŞTURULMASI.....	37
5.8.1. Envanter/Veri Derleme Çalışmaları .....	37
5.8.2. Enerji Kullanımı Denetimi.....	37
5.8.3. EYP Geliştirilmesi.....	37

5.8.4. EYP Uygulaması .....	37
5.9. Enerji Geri Kazanımı .....	37
6. KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN YEŞİL VERİMLİLİK UYGULAMASI.....	39
6.1. GİRİŞ.....	39
6.2. TANIM .....	39
6.3. UYGULAMA, KURULUM VE ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	40
6.3.1. Uygulama .....	40
6.3.2. Kurulumu.....	40
6.3.3. Çalışma Prensibi .....	42
6.3.4. YARARLARI .....	44
7. ATIK ISI GERİ KAZANMA.....	47
8. KAYNAKLAR.....	48

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Planlama, Yapma, Kontrol Etme ve Önlem Alma .....	8
Tablo 2. AAT'lerinde Spesifik Enerji Tüketimi (SET) .....	10
Tablo 3. Bazı Ülkelerdeki Spesifik Enerji Tüketim Değerleri .....	11
Tablo 4. Pompa Çeşitleri ve Atıksu Arıtımında Uygulama Alanları .....	16
Tablo 5. Havalandırıcı Gücüne Bağlı Havuz Derinliği ve Genişliği .....	18
Tablo 6. Çeşitli Havalandırma Sistemlerinin Üstünlük, Kısıt Ve Oksijen Transfer Değerleri (Mekanik Havalandırma Sistemleri).....	20
Tablo 7. Çeşitli Havalandırma Sistemlerinin Üstünlük, Kısıt Ve Oksijen Transfer Değerleri (Basıncılı Hava Sistemleri).....	20
Tablo 8. AAT'lerde En Fazla Elektrik Tüketen Kısımlar Ve İlgili Ekipmanlar.....	26
Tablo 9. Geleceğe Yönelik Hedefler İçin AAT'lerinde Enerji Tüketimi .....	27
Tablo 10. İdeal Bir Evsel AAT Ünitelerinde Tüketilen Elektrik Enerjisi Miktarı.....	27

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. AAT’i İçin Enerji Verimliliği Belgesi .....	9
Şekil 2. AAT’lerde Özgül Enerji Tüketiminin Debi (a) ve Eşdeğer Nüfus (b) İle İlişkisi.....	11
Şekil 3. Terfi Merkezlerinde Pompaların Katı Atıkları ile Tıkanması ve Kontrolü İçin File Sistemi .....	15
Şekil 4. AAT’lerde Tipik Enerji Tüketim Yüzdeleri .....	27
Şekil 5. Enerji Verimliliğini Etkileyen Önemli Süreç Performans Göstergeleri .....	28
Şekil 6. Kısılma: Pompa Eğrisi.....	31
Şekil 7. Amonyak ve Nitrat (AVN) Kontrollü Havalandırma.....	34
Şekil 8. BIOS Sistem Akım Şeması.....	34
Şekil 9. Atıksu Arıtma Tesisinde GES Uygulaması .....	36
Şekil 10. Aktif Çamur Sistemi .....	38
Şekil 11. Evsel Atıksu Arıtma Tesisinde Enerji Kullanım Dağılımı .....	39
Şekil 12. OPTİMEDAR Sistemi .....	40
Şekil 13. ÇO ve ORP Sensörlerinin Havalandırma Reaktörlerine Yerleştirilmesi .....	42
Şekil 14. OPTİMEDAR Sisteminin Çalışması .....	43
Şekil 15. Havalandırma Ünitesi Çalışması Esnasında ÇÖ, ORP ve pH değişimi .....	43
Şekil 16. OPTİMEDAR Sistemli ve OPTİMEDAR Sistemli Enerji Tüketimi Karşılaştırması.....	45
Şekil 17. OPTİMEDAR Sistemi ile Arıtmanın Faydaları .....	46

## KISALTMALAR

AAT; Atıksu Arıtma Tesisi

PE; Eş Değer Nüfus

SET; Spesifik Enerji Tüketimi



### 1. GİRİŞ

Dünya enerji tüketiminin yaklaşık %50'si endüstriyel kullanımdan kaynaklanmaktadır. Bunun sonuçları karbondioksit emisyonları ve iklim değişikliği olarak görülmektedir.

Enerji verimliliği, günümüzde hızla tükenen enerji kaynakları ve sera gazı salımları sebebiyle birçok alanda gündeme gelmektedir. İklim değişikliği ve enerji verimliliği gelecekte tüm sektörleri etkileyecektir.

Atık su arıtma tesislerinin verimliliği genellikle organik maddenin uzaklaştırılması açısından ölçülür ve farklı tesislerin genel performanslarını karşılaştırmak için kullanılan en yaygın verimlilik göstergeleri TSS (toplam askıda katı madde), KOI (kimyasal oksijen ihtiyacı), BOI<sub>5</sub> (biyokimyasal oksijen ihtiyacı) ve amonyak giderme verimliliğidir.

Çevre mühendisliği alanında da özellikle atıksu arıtma tesislerinde gerek arıtma proseslerinde gerekse atıksuyun toplanması ve taşınmasının sağlandığı ünitelerde önemli oranda enerji kullanımı söz konusudur. Dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %2'sinden fazlası, içme suyu temini, arıtılması, hizmete sunulması, atıksuların uzaklaştırılması ve arıtılması için tüketildiği tahmin edilmektedir.

Evsel atıksu arıtma tesislerinin (AAT) işletilmesinde enerji kullanımının yoğun olduğu bir sektördür. AAT'lerinde, enerji girdileri, en önemli işletme maliyeti bileşenlerinin başında gelmektedir. AAT'lerinde yer alan arıtma proseslerinde ve atıksuyun toplanması ve taşınması sırasında önemli miktarda enerji kullanımı söz konusudur. Günümüzde artan enerji fiyatları ve yeni yasal düzenlemelerle getirilen sıkı deşarj standartları, AAT'lerin işletme maliyetlerini arttırmaktadır.

Geleneksel evsel AAT'lerinde işletme maliyetinin yaklaşık %25-40'ni enerji giderleri oluşturmaktadır ve arıtılmış atıksu başına enerji tüketim değeri 0,3-2,1 kWh/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir.

AAT'lerinde enerji girdilerini azaltmak veya iyileştirmek mümkündür.

Günümüzde AAT'de enerji verimliliği optimizasyonu oldukça popüler bir konudur. Atıksu arıtımı için net enerji tüketimini azaltmak, ileri kademe arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımı için alternatif bir amaç değil, tamamlayıcı bir uygulamadır.

Son yıllarda, atık sudan enerji hasadında önemli bir artış olmuştur. Yeni AAT'leri, işletme maliyetlerini ve enerji tüketimini azaltmak ve karbon nötrlüğünü sağlamak için inşa edilmiştir ve edilmektedir.

ABD'de yapılan bir araştırmada, atıksu arıtma tesislerinde yılda yaklaşık 21-22 milyar kWh elektrik enerjisi tüketildiği (yıllık 21 milyon metrik ton sera gazı emisyonuna ve 2 milyar dolar elektrik maliyetine eşdeğer) ve bunun 1,8 milyon hanenin enerji tüketimine eşdeğer olduğu tespit edilmiştir. Atıksuların terfi merkezleri yardımı ile atıksu arıtma tesisine taşınması ve atıksuların arıtılması işlemlerinde ABD'de üretilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %3 ila %4'ü tüketilmektedir.

Kanada'da Ontario Çevre Komiserliği (ECO) tarafından yayınlanan 2016/2017 Yıllık Enerji Tasarrufu İlerleme Raporunda, Ontario'daki belediye su ve atık su sistemlerinin yaklaşık 1.800 gigawatt-saat (GWh) elektrik kullandığı bildirildi.

Avrupa'da kurulu 22.558 AAT vardır ve yılda 15.021 GWh kullanırlar, bu da AB'de tüketilen toplam elektriğin %1'inden fazladır. Ek olarak, enerji maliyeti toplam işletme giderlerinin %15 ila %40'ını oluşturur.

Almanya, İtalya ve İspanya gibi bazı Avrupa ülkelerinde, kentsel su döngüsü toplam enerji tüketiminin %4'üne kadarını talep etmektedir.

Almanya ve İtalya'dan elde edilen veriler, atık su arıtımına yönelik elektrik talebinin ülkelerdeki toplam elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık %1'ini oluşturduğunu göstermektedir. Almanya'da tüketilen 600 TWh/yıl toplam enerjinin 4,4 TWh/yıl atıksu arıtma tesislerinde tüketilmektedir. Toplam enerjinin arıtma tesislerinde tüketilen oranı %0,7'dir. Bu değer yıllık 3 milyon ton karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) salımına eşdeğerdir.

İspanya'da, bazı araştırmalar evsel ve endüstriyel AAT'lerinde toplam elektrik enerjisi tüketiminin %2-3'ünü oluşturduğunu göstermektedir. Su yönetimi ve tarımsal talep göz önüne alındığında, bu oran %4-5'e ulaşabilmektedir.

İngiltere'de atıksu arıtma endüstrisinde tahminen 7703 GWh/yıl enerji tüketildiği, enerji yoğun sektör olduğu, yılda 5 milyon ton sera gazı CO<sub>2</sub> salımladığı ve bu miktarın ülkedeki toplam sera gazı (GHG) salımının yaklaşık %1'ine tekabül ettiği tespit edilmiştir.

Kanada ve Singapur'da atıksu arıtma tesislerinde enerji tüketimi sırasıyla 0.3 kWh/m<sup>3</sup> ve 0.45 kWh/m<sup>3</sup>'dür.

Çin Shenzhen'deki 22 Atıksu Arıtma Tesisinde ortalama enerji tüketimi 0.20 ± 0.06 kWh/m<sup>3</sup> olduğunu tespit edilmiştir. Shenzhen'de (Çin) bulunan atıksu arıtma tesislerinde spesifik enerji tüketiminin düşük olması 2 nedene bağlı olabilir. Birinci sebep, incelenen Atık Su Arıtma Merkezlerinin çoğu son 10 yılda inşa edilmiştir ve 30 yıl önce gelişmiş ülkelerde yapılanlara kıyasla daha teknolojik olarak ileri düzeydedir. İkinci sebep, Avrupa ülkelerindeki atıksu özelliklerine kıyasla, Çin'in belediye atık sularındaki KOI'sinin oldukça düşük olması (Avrupa ülkelerinde KOI, 400 ila 800 mg/L iken Çin'de KOI tipik olarak 200 ila 400 mg/L arasında). Sonuç olarak, organik bileşiklerin oksidasyonu için daha az enerji kullanılabilir.

Türkiye'de atıksu arıtımı tesislerinde elektrik tüketimi ise 0,213-0,444 kWh/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Tesisin özgül enerji tüketimi, eşdeğer nüfus (e.n.) başına ve arıtılan atık su debisi başına 19,8 kWh/kişi.yıl ve 0,33 kW-saat/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Ülkemizde hedeflenen deşarj suyu kalitesine bağlı olarak elektrik tüketimi değişmektedir. Türkiye'de bu konuda ciddi çalışmalar yapılmalıdır.

Gelecekte atıksuların arıtılmasında gelişmeler ve deşarj sınır değerlerinde iyileşmeler ve gelişmiş ülkelerde önümüzdeki 15 yıl içinde %20 oranında enerji tüketimi ve sera gazı salımında artışlara neden olacağı tahmin edilmektedir.

Günümüzde artan enerji maliyetleri ve üretilen elektrik enerjisindeki yüksek miktarda fosil yakıt kullanılması nedeniyle AAT'lerinde elektrik tüketiminin hem parasal hem de çevresel maliyeti çok yüksektir.

AAT'lerinde enerji verimliliğini arttırmak; AAT'lerinin maliyetlerini yönetmek ve uzun vadeli operasyonel sürdürülebilirliği sağlamak için en etkili yollarından biridir.

Atıksu arıtma tesisleri yüksek miktarda enerji tüketen işletmeler olduğu gibi, büyük bir enerji potansiyelini de bünyesinde barındırmaktadırlar.

AAT'lerinde yapılacak iyileştirmeler ve yeni yatırımlarla enerji nötrlüğünü yakalamak mümkündür.

AAT'lerinde enerji maliyetini doğru yönetmek için planlama, yapma, kontrol etme ve önlem alma kademeleri detayları aşağıda verilmiştir.

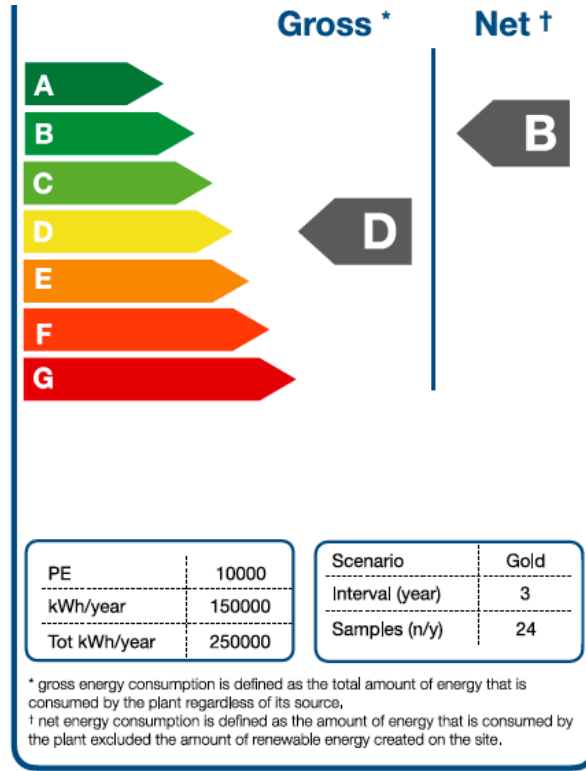
**Tablo 1.** Planlama, Yapma, Kontrol Etme ve Önlem Alma

Planlama	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tesisin enerji politikasını ve genel olarak enerji geliştirme hedefleri belirlenmeli.</li><li>■ Aylık ve yıllık elektrik enerji maliyetleri tespit edilmeli.</li><li>■ En fazla enerji tüketen faaliyetler ve işlemler belirlenmeli.</li><li>■ Potansiyel enerji iyileştirme projeleri ve faaliyetleri tanımlanmalı, değerlendirilmeli ve önceliklendirilmeli.</li><li>■ Performans göstergeleri tanımlanmalı</li></ul>
Yapma	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Enerji iyileştirmelerini uygulamak için eylem planları geliştirilmeli</li><li>■ Üst yönetimin taahhüdü ve onayı alınmalı</li><li>■ Onaylar alındıktan sonra uygulamaya başlanmalı</li></ul>
Kontrol Etme	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Enerji iyileştirmelerini ve verimliliğini uygulamak için eylem planları geliştirilmeli</li><li>■ Üst yönetimin taahhüdü ve onayı alınmalı</li><li>■ Onaylar alındıktan sonra uygulamaya başlanmalı</li></ul>
Önlem Alma	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Enerji hedeflerini iş/işletme hedefleriyle sürekli olarak uyumlu hale getirilmeli</li><li>■ Öğrenilen dersler uygulanmaya konmalı</li><li>■ Başarı paylaşılmalı</li></ul>

Türkiye'de tüm atıksu arıtma tesisleri için enerji verimlilik belgesi düzenlenmelidir. Her bir atıksu arıtma tesisinin tükettiği enerji miktarı ortaya konmalıdır.

AAT'leri için enerji kimlik belgesi (EKB) oluşturulmalı. Hazırlanan EKB esasına göre her bir AAT'i için uzmanlar tarafından EKB'i hazırlanmalı, Çevre, Şehircilik ve İklimlendirme Bakanlığı İl Müdürlüğünün uzmanları belgeyi inceledikten ve A, B ve C sınıfı olan tesislere sonra ilgili kuruma AAT'i için enerji teşviki verilmelidir. A sınıfı olan tesisler teşvikten daha fazla faydalanmalı ve diğer sınırlarda A sınıfı olmak için tesislerinde iyileştirme yapmalılar.





Şekil 1. AAT'i İçin Enerji Verimliliği Belgesi

Türkiye'de tüm atıksu arıtma tesisleri incelenerek enerji verimli hale getirilmelidir ve enerji savurganlığına son verilmelidir.

## 2. ENERJİ KULLANIMI

### 2.1. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE SPESİFİK ENERJİ TÜKETİMİ

Bir atıksu arıtma tesisinin toplam enerji ihtiyacı çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. İleri kademe biyolojik atıksu arıtma tesislerinde, elektrik enerjisinin en büyük kısmı havalandırma ünitesine yeterli oksijen sağlamak için kullanılır.

Ayrıca, diğer arıtma adımları ve özellikle atık suyun pompalanması ve karıştırılması toplam enerjiyi etkiler. Enerji talebi, kurulu ekipmanın elektrik verimliliğine bağlıdır. AAT'leri verimli bir şekilde çalıştırılmadığında, işletme maliyeti son derece yüksek olabilir. Verimsiz ve eski pompalama ve proses ekipmanı kombinasyonu, eski su yönetimi uygulamaları ile birlikte, daha yüksek işletme maliyetlerine yol açmaktadır.

AAT'lerinde spesifik enerji tüketimi (SET) değerlerle **Tablo 2'**de ifade edilmektedir.

**Tablo 2.** AAT'lerinde Spesifik Enerji Tüketimi (SET)

Değer	Değerlendirme
0,28 kWh <sub>top</sub> /m <sup>3</sup> atıksu ile 0,61 kWh <sub>top</sub> /m <sup>3</sup> atıksu	kWh/m <sup>3</sup> sadece dikkate alındığında anlamsız hale gelebilir. Arıtma tesislerinde kirlilik yükleri çok değişkendir.
27,4 – 47,9 kWh <sub>top</sub> /(kişi.yıl)	Bu değer yaygın olarak kabul edilmektedir ve kolayca belirlenebilir.
0,49 – 1,88 kWh <sub>top</sub> / kgKOİ <sub>giderilen</sub>	Bu değer belirlenmesi kolaydır ve en azından KOİ giderim değerini hesaba katar.
0,75 kWh <sub>top</sub> / kgBOİ <sub>giderilen</sub>	Bu yeni uygulanan değer birkaç parametre içerir ve sadece KOİ değil aynı zamanda azotu da hesaba katar. Sadece değer belirlenmesi daha çok zaman almaktadır.

AAT'lerinde ideal toplam enerji tüketimi 16,6 kWh/kişi.yıl'dır.

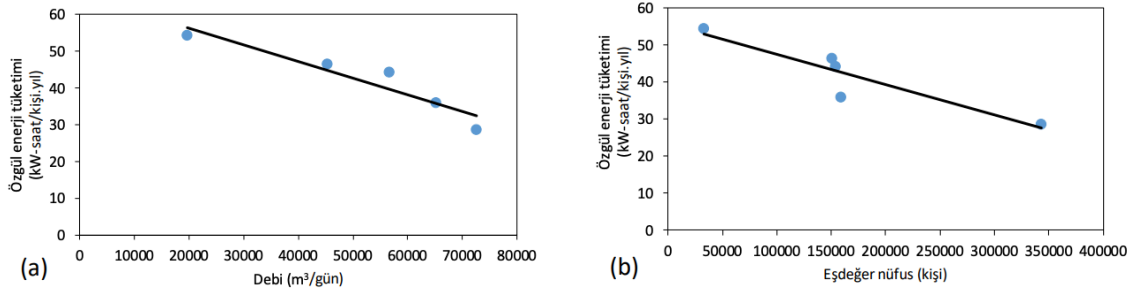
Spesifik enerji tüketim değerleri:

- 0,28 kWh/m<sup>3</sup> atıksu ile 0,61 kWh/m<sup>3</sup> atıksu,
- 27,4-47,9 kWh/kişi\*yıl,
- 0,49-1,88 kWh/ kg arıtılmış KOİ,
- 0,75 kWh/kg arıtılmış BOİ<sub>5</sub>

arasında değişmektedir. AAT'lerinin kapasiteleri düştükçe enerji tüketimleri artar. AAT'lerinin kapasitesi arttıkça enerji tüketimleri azalmaktadır. Enerji tüketimi tesisin kapasitesini ve arıtmanın tipine göre değişkenlik gösterir. Arıtma tesisleri 5 sınıfta değerlendirilebilir:

1. PE < 2,000;
2. 2,000 < PE < 10,000;
3. 10,000 < PE < 50,000;
4. 50,000 < PE < 100,000;
5. PE > 100,000.

AAT'lerde özgül enerji tüketimlerinin artılan atıksu debilerine ve eşdeğer nüfuslara göre değişimi Şekil 2'te verilmiştir. Buna göre tesislerin özgül enerji tüketimleri giriş atıksu debisinin ve eşdeğer nüfusun artması ile azalmaktadır. Tesis kapasitesinin artması özgül enerji tüketimine olumlu yönde etki etmektedir.



**Şekil 2.** AAT'lerde Özgül Enerji Tüketiminin Debi (a) ve Eşdeğer Nüfus (b) İle İlişkisi

Büyük kapasiteli atıksu arıtma tesisleri (nüfus 100.000 kişi ve üzeri) normalde enerji tüketimi açısından daha verimlidir.

Ayrıca büyük nüfuslu şehirlerde merkezi arıtma tesisi kurmak enerji tüketimi açısından en az %50 daha verimlidir.

AAT'lerde arıtma çamurunun işlenmesinden çıkan azot ve fosfor bakımından zengin sular arıtma tesisine ilave yükler getirmektedir. Örneğin, tesis başına toplam azot yükü, tesisin günlük tasarım azot yükünün %10-30'u oranında ilave bir yük getirmektedir. Bu ilave azot yükünün havalandırma enerjisini arttıracak şekilde işletme maliyetlerini olumsuz yönde etkilemesi sonucu, son yıllarda yan akımlardan gelen azot yükünün azaltılmasına yönelik olarak yeni biyolojik prosesler geliştirilmiştir.

## 2.2. ÇEŞİTLİ ÜLKELERDE AAT'SİNDE ENERJİ TÜKETİMİ

AAT'lerinde ülkelerde arası enerji tüketiminde farklar, arıtma seviyesine, deşarj sınır değerlerine ve ülke nüfusuna bağlı olarak değişmektedir. **Tablo 3'**de bazı ülkelerdeki atıksu arıtma tesislerinde spesifik enerji tüketim değerleri özetlenmiştir.

**Tablo 3.** Bazı Ülkelerdeki Spesifik Enerji Tüketim Değerleri

Anahtar Performans Göstergesi	Tesis	Spesifik Enerji Tüketimi	Notlar
kWh/kışı.yıl	Rzeszow (Polonya)	48.2	400 k kişi ileri WWTP
	Kronso (Polonya)	59.1	117 k kişi ileri WWTP

Anahtar Performans Göstergesi	Tesis	Spesifik Enerji Tüketimi	Notlar
	Slupsk (Polonya)	16	250 k kişi BNR WWTP
	Bochum-Ölbachtal (Almanya)	23	213 k kişi WWTP before modifications
	Bochum-Ölbachtal (Almanya)	12	213 k kişi WWTP after modifications
	16 Avusturya WWTPs	28.4	16 Avusturya WWTPs, PE > 100 k
	7 Avusturya WWTPs	33.6	7 Avusturya WWTPs, 50–100 k kişi
	55 Avusturya WWTPs	36.8	55 Avusturya WWTPs, 20–50 k kişi
	24 Avusturya WWTPs	48.2	24 Avusturya WWTPs, 10–50 k kişi
	Burg (Almanya)	15.3	120 k PE, Konvensiyonel WWTP
	Stuttgart-Mühlhausen (Almanya)	41.5	1200 k kişi ileri WWTP
kWh/kg KOI giderilen	Rzeszow (Polonya)	0.49–0.68	400 k kişi ileri WWTP
	43 WWTPs Gelişmiş Ülkelerde	0.69	43 WWTPs, > 100 k kişi
	35 WWTPs Gelişmiş Ülkelerde	0.82	35 WWTPs, 50–100 k kişi
	89 WWTPs Gelişmiş Ülkelerde	1.02	89 WWTPs, 10–50 k kişi
	Changi WRP (Singapur)	1.88	800 km <sup>3</sup> /gün BNR WWTP
	177 WWTPs in Valencia region (İspanya)	1.68	400 km <sup>3</sup> /gün
	Jurong (Singapur)	0.58	990 k PE ileri WWTP
	Beijing Gaobeidian (China)	0.75	2.4 milyon kişi ileri WWTP
kWh/kg BOI <sub>5</sub> giderilen	Rzeszow (Polonya)	1.03–1.57	400 k kişi ileri WWTP
	Slupsk (Polonya)	0.75	250 k kişi BNR WWTP

\*k: 1000 demek

Bu gösterge üzerindeki mevcut veriler 12 ile 60 kWh/kişi arasında değişmektedir.

### 3. AAT ÜNİTE BAZINDA ENERJİ TÜKETİMİ

#### 3.1. IZGARA VE ELEKLER

Atıksu arıtma tesislerinde kaba ızgara, ince ızgara ve elekler kullanılır. Atıksu ile gelen iri katı malzemeleri tutmaya yararlar. Manuel temizlemeli ve mekanik temizlemeli olarak kullanılırlar. Küçük kapasiteli tesislerde manuel ve mekanik temizlemeli ve büyük tesislerde ise mekanik temizlemeli ızgaralar kullanılmaktadır.

Kaba ızgaraların çubuk aralıkları 20-50 mm iken ardından inşa edilen ince ızgaralarda 6-20 mm'dir. Izzaralama işleminde otomatik temizleme periyodunu ve buna bağlı olarak kanaldaki atıksu seviyesini kontrol altında tutmak için zaman röleleriyle temizleme periyodunun tayin edilmesi, ayrıca ızgarada oluşan yük kaybı ( önünde ve arkasında oluşan su seviyesi farkından) dolayı temizleme periyoduna başlanması ve sonlandırılması şeklindedir.

Izzaraların boyutlandırılmasında ızgara çubukları arasındaki hızın 0,5 - 1,2 m/sn arasında olması istenir. Hızın 0,5 m/sn'den küçük olması durumunda atıksudaki katı partiküller çökelirken 1,2 m/sn'den büyük olması durumunda ise, ızgarada tutulması gereken katı maddelerin ızgara çubukları arasından kaçması söz konusu olabilir.

Izzaralarda tutulan katı maddeler (çöpler) genellikle bir bantlı veya vidalı konveyörden sonra ızgara presine verilir. Izzgara presi mevcut değilse, doğrudan çöp konteynırlarına alınarak uzaklaştırılır.

#### 3.2. KUM VE YAĞ TUTUCULAR

Atıksuda bulunan kum, çakıl, metal ve cam gibi yoğunluğu organik maddelere göre daha yüksek olan ve biyolojik olarak parçalanamayan maddeler genel olarak 'kum' diye adlandırılırlar. Bu kumun ihtivasında az miktarda olsa da organik madde içerdiğinden uzun süre bertaraf edilmezse kolayca çürür ve koku problemine neden olur.

Genellikle atıksu arıtma tesislerinde, kum, yağ ve yüzen maddelerin birlikte uzaklaştırıldığı havalandırmalı kum yağ tutucular kullanılmaktadır. İki gözlü olarak inşa edilen kum-yağ tutucunun birinci gözünde kumun çöktürülmesi ve ikinci gözde ise yağ ve köpüğün yüzdürülmesi ile uzaklaştırılması sağlanır. Birinci bölmede hava, difüzörler vasıtasıyla verilir. Hava su karışımının yoğunluğu daha az olduğundan kumun daha rahat çökmesi sağlanır. Ayrıca kum kanalı boyunca hareket eden kum taneciklerine dik olarak oluşturulan akım, kumun helisilik hareket ederek tabana çökmesi, yağ ve köpüğün ikinci haznenin yüzeyinde birikmesi sağlanır. Havalandırmalı kum-yağ tutucuda hidrolik bekleme süresi 5-20 dk arasındadır.

#### 3.3. ATIKSU POMPALARI VE POMPA İSTASYONLARI

AAT'lerde pompalar, havalandırmadan sonra, en büyük enerji tüketicileridir. Pompalar arasındaki enerji verimliliği açısından farklılıklar önemlidir. AAT'lerde diğer önemli enerji tüketicileri, %18,9 ile pompalardır. Farklı coğrafi konum nedeniyle pompa yükseklik farkları da daha yüksek elektrik tüketimine neden olabilir.

"Değişken Frekanslı Sürücülerin (VFD'ler), atıksu akış koşullarına uyacak şekilde pompanın hızını değiştirmek için kullanılabileceğini ve santrifüj pompalar için motor hızındaki küçük bir düşüşün bile pompa enerjisini %50'ye kadar azaltabileceğini belirtilmiştir."

Pompa istasyonlarının, asansörlerin ve terfi merkezlerinin bazı kısımları yüzeyde ve/veya yeraltında bulunur. Küçük pompa istasyonları için prefabrik yapılar kullanılabilir. İnşası yapılacak yapının türü için zemin ve yeraltı suyu koşulları düşünülmesi gereken önemli faktörlerdir.

Terfi merkezlerine (TM) birden fazla pompa bulunmalıdır. Yalnızca iki ünitenin olduğu yerlerde, bir ünite hizmet dışı diğer ünite ile sağlam bir kapasite sağlamak ve en azından 10 yıllık tasarım pik saatlik akışını idare edebilmek için aynı büyüklükte olmalıdırlar. Tasarımcı, tüm pompaların üretici tarafından yapılan hidrostatik ve çalıştırma testlerine tabi tutulmasını sağlamalıdır.

Pompaların tıkanmaması veya zarar görmemesi için, kombine kanalizasyondan elde edilen debilerden önce ulaşılabilir bar çubuk ızgaralar ve file sepet sistemi kullanılmalıdır. Bir bar çubuk ızgaraların kullanıldığı yerlerde, mekanik bir vinç olması gerekir. Tesisatın büyüklüğünün gerekli olduğu durumlarda, mekanik olarak temizlenmiş ve/veya yedeklenmiş bar çubuk ızgara sağlanmalıdır.

750 mm'den veya daha büyük çaplı kanalizasyon sistemlerinden çıkan atıksu kanalizasyonu yapan pompalar, bar çubuk ızgaralar ve file sepet sistemleri ile korunmalıdır. Tıkanmaya karşı uygun koruma, daha küçük sıhhi kanalizasyonların hizmet verdiği küçük pompa istasyonları için de düşünülmelidir.

Gözlenen bir TM'de, son yıllarda başarısızlık olaylarının net bir dağılımı gösterilmiştir. Pompaların çoğunda az sayıda tıkanma olayı olsa da, örneğin pompa 1 ve pompa 2 eşit sayıda yüksek arıza gözlemlenmiştir. 12 aylık gözlem süresinde, her iki pompa da 78 kez tıkanmış ve manuel temizlik için yüksek talep oluşmuştur.

TM'lerindeki en kritik pompaların aynı zamanda tıkanma nedeniyle en yüksek arıza oranına sahip pompalar olduğunu göstermektedir.

TM'lerinde tıkanmalar, periyodik olarak temizlenmeyen ızgara ve ızgara sepetlerden,

- İstenmeyen katı atıklardan,
- Kum/mil birikmesinden,
- Yağ (FOG) tortularından,

oluşur. Katı atık kaynaklı tıkanma nedenleri tespit edilmeli ve çözüm yolları geliştirilmelidir.

Islak mendillerin, plastik eldivenlerin, bandajların, dip iplerinin ve benzerlerinin plastik atıkların kanalizasyondaki terfi merkezlerindeki pompaların sık sık tıkanmasını ve arızalanmasını önlemek ve işletme maliyetini düşürmek için file sistemi ile katı atıklar filtre edilir.



Şekil 3. Terfi Merkezlerinde Pompaların Katı Atıkları ile Tıkanması ve Kontrolü İçin File Sistemi



**Tablo 4.** Pompa Çeşitleri ve Atıksu Arıtımında Uygulama Alanları

Ana sınıflama	Pompa tipi	Açıklama	Başlıca uygulamaları
Kinetik enerjili	Santrifüj	Sürücü giriş ve deşarj bağlantıları ile bir haznede bulunur. Yük, santrifüj kuvveti ile oluşur.	Ham atıksu, biyolojik çamur geri devir ve atma, ön çöktürme çamuru, yoğunlaştırılmış çamur, çıkış
	Vorteks	Hücre içindeki sürücü, akımdan bağımsız bir haznede bulunur.	Köpük, kum, çamur ve ham atıksu
	Tork akışlı	Dönen element sıvıyı kapalı bir hazne içinde döndürerek deşarj borusuna iter.	Yağlama yağları, kimyasal çözeltiler, küçük debide su ve atıksu
Pozitif yer değiştirmeli	Vidalı	Eğimli bir hazne içinde spiral bir vidadan ibarettir.	Kum, çöktürülmüş ön ve biyolojik çamur, kıvamlaştırılmış çamur, ham atıksu
	Diyafram	Bir silindirin etrafına tutturulmuş esnek bir diyafram veya disk	Kimyasal çözeltiler
	Pistonlu	Silindir içinde hareket eden bir piston veya şırıngadan ibarettir. Her bir defada belirli miktar sıvı pompalar	Köpük, ön biyolojik ve çöktürülmüş çamurlar. Kimyasal çözeltiler
	Hava ile yükseltmeli	Kısmen batmış dik bir tüpün içine hava gönderilir. Hava kabarcıkları tüpün içindeki akışkanın birim ağırlığını düşürür. Yüksek birim hacim ağırlığındaki akışkan düşüğüyle yer değiştirerek onu tüp içinde yükselmeye zorlar.	Biyolojik çamur geri devri ve deşarjı, kum
	Basınçlı havalı	Hava giriş hücresine basınçla gönderilir, basınçlı hava atıksuyu iter.	Küçük tesislerde (100-600 l/dk) ham atıksu



### 3.4. ÖN ÇÖKTÜRME HAVUZLARI

Atıksu içinde bulunan katı maddeler ve inorganik maddelerin büyük çoğunluğu ızgara ve kum-yağ tutucularda tutulmaktadır. Organik askıdaki katı maddeler ve kum yağ tutucuda tutulamayan dane çapı küçük olan mil ve silt diye nitelenen inorganik maddeler ve bir kısım köpük ve yağın atıksudan uzaklaştırılması için askıda katı maddenin çöktürülerek, köpük ve yağın yüzdürülerek uzaklaştırıldığı sistemlere ön çökeltme denir.

Ön çökeltme havuzlarında bekletme süresine bağlı olarak AKM (askıda katı madde) %50-70, BOI<sub>5</sub> (Biyolojik Oksijen İhtiyacı) %25-40, azot ve fosfor %10 mertebelerinde giderilir. Ham atıksudan giderilen askıda katı maddelerin çoğunluğu organik içerikli olduğundan, biyolojik ünitelere verilecek olan organik yük azaltılmış olur. Organik yükteki azalma biyolojik arıtma ünitelerinde verilen havanın azalmasına, dolayısıyla da enerji sarfiyatının ve oluşacak fazla çamur miktarının da azalmasına neden olacaktır.

Ön çöktürme tankları dairesel veya dikdörtgen şeklinde inşa edilirler. Bu seçim tesisin kapasitesine, arazinin büyüklüğüne, tercih edilen ekipmana vs. şartlara bağlı olarak değişir.

Biyolojik azot giderimi için tasarlanan aktif çamur tesislerinde KOI/TKN oranı < 7 olduğunda ön çökeltme havuzu uygulanmamalıdır.

### 3.5. HAVALANDIRMA ÜNİTELERİNİN İNCELENMESİ

#### 3.5.1. Mekanik Havalandırıcılar

Mekanik yüzeysel havalandırıcılar kg O<sub>2</sub>/kWh birimi ile tanımlanan oksijen transfer hızları ile kategorize edilmektedir. Günümüzde piyasada üretilen yüzeysel havalandırıcıların oksijen transfer verimleri genelde 1,20 ila 2,40 kg O<sub>2</sub>/kWh arasında değişmektedir.

Mekanik havalandırıcılar yatay milli ve düşey milli olmak üzere iki grupta toplanır. Her iki grup kendi aralarında tekrar yüzeysel ve batmış havalandırıcılar olarak iki gruba ayrılır. Yüzeysel ve batmış havalandırıcılarda oksijen, atmosferden alınır, fakat bazı batmış tiplerde hava veya saf oksijen tanka dipten verilir. Her iki durumda da pompalama ve havalandırma hareketi karışımı sağlar.

Difüze havalandırma sisteminde olduğu gibi, mekanik yüzeysel havalandırıcıların da etkin bir karışım sağlayabilmesi havalandırma havuzunun büyüklüğüne ve biçimine bağlıdır. Havalandırma havuzları kare veya dikdörtgen planlı olabilirler ve bir havuzda birden fazla sayıda yüzeysel mekanik havalandırıcı kullanılabilir. Yüzeysel havalandırıcılar için havuz derinliği ve genişliği **Tablo 5**'te verilen havalandırıcı özelliklerine bağlıdır. Mekanik yüzeysel havalandırıcılar için karışım amacı ile gerekli birim güç, havuz, tank veya lagünün geometrisine ve yüzeysel havalandırıcı tasarımına bağlı olarak, 20 ila 40 W/m<sup>3</sup>'tür. Eysel atıksuların arıtımında kullanılan mekanik havalandırıcı lagünlerin tasarımında dikkat edilmesi gereken husus karışım için gerekli gücün oksijen transferi için gerekli olan güçten çok daha fazla olduğudur.

**Tablo 5.** Havalandırıcı Gücüne Bağlı Havuz Derinliği ve Genişliği

Havalandırıcı Gücü (W)	Derinlik (m)	Genişlik (m)
7,5	3,0-3,6	10,0-12,0
15,0	3,6-4,2	10,5-15,0
22,5	3,9-4,5	12,0-18,0
30,0	3,6-5,1	13,5-19,5
37,5	4,5-5,4	13,5-22,5
56,0	4,5-6,0	15,0-25,5
75	4,5-6,0	18,0-27,0

### 3.5.2. Difüzörlü Havalandırıcılar

Difüzörlü havalandırma, evsel atıksu arıtma tesislerinin hava ihtiyacını karşılamada kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Difüzörlü hava sistemleri; atıksuya batmış difüzörler ve üfleyiciden (blower) ibarettir. Bu yöntemde enerji verimini etkileyen birçok faktör vardır:

### 3.5.3. Havuz Derinliği

Havuz derinliğinin artmasıyla uzun süreli ve yüksek hidrostatik basınç sağlanması dolayısıyla oksijen transfer verimi artar. Ancak derinliği fazla olan havuzlarda havalandırıcılar için gerekli enerji temininde büyük kompresörler gerekebilir.

### 3.5.4. Kabarcık Çapı

İnce gözenekli difüzörler kullanılarak OTE'den daha yüksek değerlere ulaşılabilir. Ancak gözenek boyutundaki küçülme her zaman enerji tasarrufu anlamına gelmeyebilir.

### 3.5.5. Hava Debisi

Difüzör başına düşen hava debisi tüm difüzör tipleri için önemli bir kriterdir. Yeterli debinin sağlanamadığı durumlarda, difüzörlerde tıkanma ve tank içinde katı madde çökmesi görülebilir.

### 3.5.6. Difüzör Yoğunluğu

Difüzör yoğunluğu, havalandırma havuzunun birim alanı başına düşen difüzör sayısı olarak ifade edilir (AD/AT faktörü). Tipik olarak, yüksek AD/AT değerleri yüksek oksijen transfer verimine tekabül eder. Bu da sık (birbirine yakın döşenen) ve düşük hava debisinde işletilen difüzörlerin büyük oranda enerji tasarrufu sağladığı anlamına gelmektedir.

### 3.5.7. Tıkanma

İnce gözenekli difüzörlerde tıkanma, biyofilm büyümesi ve inorganik çökelmeler sebebiyle oluşabilir. Gözeneklerdeki bu tıkanmalar, difüzörlerin işletim şartlarını değiştirmekte ve oksijen transfer verimini düşürmektedir.

## Atıksu Arıtma Tesislerinin Enerji Verimli İşletilmesi

Difüzörlü havalandırmalarda kullanılan hava üfleyicilerin bir kısmı kapatılarak, motor hızı değiştirilerek ya da santrifüj hava üfleyicilerin giriş vanaları kısılarak gerekli hava/güç miktarı düşürülebilir. Benzer olarak çözülmüş oksijen kontrol sistemiyle eş zamanlı çalışan değişken hızlı sürücüler kullanıldığında, proses verimini düşürmeksizin belirgin bir enerji tasarrufu sağlamak da mümkündür.

Difüzörlü havalandırıcılardan daha etkin karıştırma, bu amaca uygun olarak tasarlanmış özel ekipmanlar ile (dalgıç karıştırıcılar vb.) sağlanabilir. Böyle kombinasyonları olan tesislerde bir kısım havalandırma ekipmanlarının kapatılması veya vanasının kısılması yoluyla enerji ihtiyacında genel bir azalma sağlanabilir. Difüzör veriminin artırılması, kayda değer enerji tasarrufu ile sonuçlanır. Öncelikle oksijen transfer verimine etki eden faktörlere odaklanılmalıdır. Oksijen transferi, difüzör miktarındaki artış ve havuz tabanındaki yerleşim durumuna bağlı olarak belirgin şekilde artar.

Atıksu arıtma tesislerinde enerji yoğun ünitelerden bir diğeri ise pompalardır. Atıksu arıtma tesislerinde giriş ve deşarj pompaları, aktif çamur geri devir pompaları, fazla çamur pompaları ve içsel geri devir pompaları mevcuttur. Tipik olarak pompa manometrik terfi yüksekliğinin 0,3 m azaltılması ile yalnızca yıllık güç tüketim maliyetlerinde yaklaşık olarak 0,0304 \$/m<sup>3</sup>.gün düzeyinde bir tasarruf sağlanabileceği gösterilmiştir. Kanalizasyon sistemi veya AAT girişinde Q=1 m<sup>3</sup>/s debinin gereksiz yere 1 m fazladan terfi edilmesinin yıllık enerji gideri ~130.000 kWh/yıl (~10.000 \$/yıl)dir.

Atıksu arıtma tesislerinde enerji tüketen bu temel ünitelerin otomatik olarak izlenmesi ve kontrolü önemli miktarda enerji tasarrufu sağlayabilir. Bu kapsamda çözülmüş oksijen kontrolü ve pompa kontrolü büyük önem taşımaktadır.

Biyolojik reaktörlerde çözülmüş oksijen (ÇO) miktarı, havalandırma borusu üzerinde bulunan hava kontrol valfları ayarlanarak kontrol edilebilir. Reaktörde ÇO ölçümleri farklı noktalardan yapılır ve ilgili hava kontrol vanası belirlenmiş ÇO seviyesini sağlamak için elle veya otomatik olarak ayarlanır. Elle ayarlama basit ve ucuzdur ancak aşırı ya da yetersiz havalandırmaya yol açabilir. Otomatik kontrol, talebi karşılayıcı şekilde sürekli hava akışını düzenlemektedir. Bu sayede aşırı ve yetersiz havalandırma önlenmiş olur.

**Tablo 6.** Çeşitli Havalandırma Sistemlerinin Üstünlük, Kısıt Ve Oksijen Transfer Değerleri (Mekanik Havalandırma Sistemleri)

Havalandırma sistemleri	Açıklama	Avantajlar	Dezavantajlar	Transfer verimi	Transfer hızı (standart kgO <sub>2</sub> /kW.h)
Mekanik sistem	Hava dolambaçlı yoldan yukarı doğru bir tüp içinde akar. Karışma ve oksijen transferi sağlar.	Yatırım maliyeti düşük, transfer verimi yüksek	Karışım düşük	-	1,2-1,6
Radyal akışlı düşük hız 20-60 dev/dk	Düşük hız, büyük çaplı pervane kullanılır, yüzer veya sabittir, vites değiştirici kullanır.	Tank şekli ve boyutu ayarlanabilir, iyi karışma.	İlk yatırım yüksek, soğuk iklimde buzlanma, vites düşürücü bakım problemi yaratabilir.	-	1,2-2,4
Eksenel akışlı yüksek hızlı 300-1200 dev/dk	Yüksek hız, daha küçük çaplı pervane kullanılır. Yüzer yapıdır.	İlk yatırım düşük, çeşitli su seviyelerine ayarlanabilir, esnek işletme.	Soğuk iklimde buzlanma, bakım zor, karışım yetersiz.	-	1,2-2,4
Döner fırçalı	Havalandırma ve sirkülasyon sağlar, çevresinden çelik fırça çıkan silindir şeklindedir.	Havalandırma ve sirkülasyon sağlar, oksidasyon hendeklerinde kullanılır, ilk yatırım orta, bakım kolay.	Tank şekli limitli, verim düşük.	-	1,2-2,4
Batmış türbin	Şiddetli karışım sağlar, sıkıştırılmış hava pervanesinin altından verilir. Sabit köprü gerektirir.	Karışım iyi, birim hacim için kapasite yüksek, derin tanklar için uygun, işletme esnekliği, buzlanma ve sıçrama yok.	Üfleyici ve devir düşürücü gerektirir, toplam enerji gereksinimi yüksek, ilk yatırım yüksek.	-	1,0-1,5

**Tablo 7.** Çeşitli Havalandırma Sistemlerinin Üstünlük, Kısıt Ve Oksijen Transfer Değerleri (Basıncılı Hava Sistemleri)

Havalandırma sistemleri	Açıklama	Avantajlar	Dezavantajlar	Transfer verimi	Transfer hızı (standart kgO <sub>2</sub> /kW.h)
Basınçlı hava sistemi	Hava tankın dibine yakın bir yerden gözenekli veya gözeneksiz difüzörlerden verilir. Hava kabarcıkları yüze çıkarken oksijen transferi ve karışma gerçekleşir.				
İnce kabarcıklı	Seramikten yapılmış gözenekli plaka, tüp, kubbemsi difüzör veya lastik esnek membran	İyi karıştırma, hava debisini değiştirerek işletme esnekliği ve iyi oksijen transferi, enerji gereksinimi düşük, membran tiplilerin bakım masrafları düşük	Yüksek yatırım ve bakım masrafları, hava filtresi gerekiyor.	10-30	1,2-2,0
Orta kabarcıklı	Üstü kaplanmış delikli paslanmaz çelik tüp	İyi karıştırma, kaplama malzemesi değiştirilebilirliğinden bakım maliyeti düşük	Yatırım maliyeti yüksek, hava filtresi gerekebilir.	6-15	1,0-1,6
İri kabarcıklı	Basınçla dağılan hava esnek diskin yerinden oynatabilir.	Tıkanma olmaz, bakımı düşük, hava filtresi gerekmez, spiral akış için kullanılır	İlk yatırım masrafı yüksek, oksijen transferi düşük, enerji gideri yüksek	4-8	0,6-1,2
Jet Havalandırıcı	Basınçlı hava ve sıvı karıştırılıp öyle veriliyor. İnce kabarcıklar yükselirken karışma ve oksijen transferi sağlar.	Maliyet orta, derin tanklar için uygun, yüksek transfer verimi	Üfleyci (blower) ve pompalama ekipmanı gerektirir, ağızda (nozzle) tıkanma	10-25	1,2-1,4

### 3.6. SON ÇÖKTÜRME HAVUZLARI

Son çöktürme havuzlarındaki (tanklarındaki) çökeltme, tabakalı ve engelli (sıkışmalı) olmaktadır. Çökeltme tankları, bu hususlar dikkate alınarak projelendirilmelidir. Belli bir konsantrasyondan sonra tabakalı çökeltme olur. Partikülleri partiküller arası bir kuvvet bir arada tutar ve tüm kütle, bir çamur “battaniyesi” halinde çökler. Bütün kütle, en hızlı partiküllerden oluşmuşçasına hızla çöker. Bu kütlenin çökeltme hızı, bir çökeltme kolonu yardımıyla deneysel olarak bulunur.

Partiküller belli bir konsantrasyona gelmişlerse ve birbirlerine fiziksel temas sağlıyorsa, altta sıkışmalı çökeltme olur. Derinlik arttıkça, partiküllerin üzerindeki sıkışma etkisi artar ve çamur kısmen yoğunlaşır.

Aktif çamur prosesinde karşılaşılan bazı işletme problemleri, biyolojik faktörlerden ziyade kötü çökeltmeden kaynaklanmaktadır. Son çökeltme tankları, hem durulama, hem de çamuru yoğunlaştırma fonksiyonları dikkate alınarak projelendirilmelidir. Bunun için bir maliyet optimizasyonu yaklaşımı yapılabilir. Geri devir miktarı arttırılarak, aktif çamur havalandırma havuzu hacmi azaltılabilir. Fakat, bu durumda son çökeltme havuzundaki katı madde yüklemesi artacağından, boyutlar ve maliyet yükselecektir. Bu nedenle konuya bir bütün olarak yaklaşmak gerekir.

### 3.7. ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA

#### 3.7.1. Dekantör

Ana elektrik motoru bir kayış kasnak düzeneğiyle tambura hareket verir. Tambur içerisinde yer alan helezon ikinci bir motor ve şanzıman grubuyla tahrik edilir. Ürün başlangıçta besleme borusuyla makineye verilir ve ürün dağıtım odasından merkezkaç kuvvetiyle tamburun iç yüzeyi içerisine dağılır. Dönüş hızı tamburdan farklı olan helezon, katı parçacıkları hazne iç çeperinden katı çıkış şutuna yönlendirerek dışarı atılmasını sağlar. Sıvı faz, sıvı çıkış mili üzerindeki seviyesi ayarlanabilir plakalar vasıtasıyla tamburdan dışarı savaklanır ve hazne iç çeperinden sıvı çıkış şutuna yönlendirilerek dışarı verilir.

Dekantörlerden iyi performans elde etmek için; tambur hızı, sıvı çıkış seviyesi, besleme oranı, diferansiyel hız, varsa uygun polimer seçimi gibi işlem parametreleri dikkate alınmalıdır.

Yüksek performanslı bir dekantörde;

- Ayrılan sıvı fazın içindeki katı miktarının (sıvı bulanıklığının) en az seviyede,
- Çıkarılan katı maddede kuruluk değerinin en yüksek seviyede,
- Varsa ilave kimyasal (polimer vb.) kullanımının en az miktarda,

olması istenir.

Dekantörlerin verimini arttırmak ve istenmeyen durumlarla karşılaşmamak için aşağıdaki bakım talimatları uygulanmalıdır.



- Ana gövde üzerinde bulunan kapakları açarak haftada bir gövde iç temizliği yapınız.
- Gövde üzerinde oluşan tortuları temizleyiniz.
- Dekantör kayışlarının gerginliğini kontrol ediniz.
- Dekantör ön kısmında bulunan şanzımanın yağ seviyesini kontrol ediniz. Gerekli hallerde yağ takviyesi yapınız.
- Manuel yapılması gereken yağlamalar yapınız.

### 3.7.2. Belt Filtre

Susuzlaştırılacak çamurun, belt filtreye ulaştırılmadan önce şartlandırılması gerekmektedir. Şartlandırma işlemi belt presin verimliliğini direkt olarak etkileyen önemli bir uygulamadır.

Şartlandırılan çamur, belt filtre prese beslenmeye başlanır. Çamur, giriş bölümünde (ön susuzlaştırma bölümü) içerdiği suyun %50'sini bırakmaktadır. Bu bölümdeki filtrat, hemen hemen hiç katı madde içermeyecek kadar temizdir. Çamur ön susuzlaştırma bölümünü geçtikten sonra alt banta dökülür. Belt filtre presin tüm kademelerinde ayrılan suyun toplanması tavalar yardımı ile gerçekleşir. Susuzlaştırılacak atık, bundan sonra alta ve üstte 4'er adet bulunan ayarlı tamburların arasına girer. Bu tamburlar üst ve alt elek bantı, ilerleme istikametinde kama şekline sokarlar. Bu bölge belt presin kek kalınlığını ayarlama bölgesidir. Bu bölgede yapılan ayar ile çamurun elek bantlardan taşması önlenir. Bu bölgeden çıkan kek elek banta yayılmış ve biraz daha kuvvetlenmiştir. Çamur keki bundan sonra sırayla düşük basınç ile sıkıştırma kademesi ve yüksek basınç ile sıkıştırma bölümlerinden geçer. Bu bölümlerde ilerleme ile ters orantılı olarak çapları gittikçe küçülen 4 adet tambur bulunmaktadır. Düşük basınç ile sıkıştırma kademesinde yer alan iki tambur delikli olup burada sıkma sonunda çıkacak sıvının rahat deşarjı sağlanmış olur. İlk iki delikli tamburu terk eden kek, yüksek basınç ile sıkıştırma bölümündeki dolu kesitli diğer iki tambura girer. Bu tamburlara giren elek bantlar birbirlerine göre, kek kalınlığı oranında farklı bir hareket yaparlar. Bu hareket sırasında kek bünyesinde bir kesilme olayı meydana gelir. Bu kesilme sırasında oluşan boyuna deliklerden, bünyedeki son sıvı havuzlara (tavalara) deşarj edilir. Son tambura girildiğinde artık basınç maksimum seviyesine ulaşmıştır. Etkili bir sıvı ayırım bölgesinden çıkmış olan elek bantlar, birbirinden ayrılır. Oluşan kek serbest kalır ve serbest kalan bu kek, PVC'den yapılmış kazıyıcı bıçaklar vasıtasıyla elek bantlardan alınır. Kazıyıcılar, pnömatik yaylı bir mekanizma ile sabitlenmiştir. Keki sıyrılan elek bantlar, yoluna yıkama kasalarından geçerek devam ederler. Elek bantlarda kalan tüm atıklar bu yıkama kasalarında temizlenir. Temizlenen ve kumanda merdaneleri ile düzeltilen elek bantlar yeni işlem için aynı döngüye devam ederler.

### 3.8. KARIŞTIRICILAR (KOAGÜLASYON-FLOKÜLASYON)

Atıksu arıtımının birçok kademesinde karıştırma gereklidir. Örneğin: bir maddeyi diğeri ile tamamen karıştırmak, sıvı süspansiyonlarını karıştırmak, flokülasyon, ısı transferi gibi. İkinci kademe çöktürme tankı çıkış suyunun dezenfeksiyon için klor veya hipoklorit ile karıştırılması gerekir. Aktif çamur prosesinde havalandırma tankı muhteviyatının karıştırılması, sisteme mikroorganizmalar için hava veya oksijen verilmesi gerekir. Aktif çamur sistemlerinde

havalandırma sistemi aynı zamanda karışımı da sağlar. Çamurdan suyun ayrılmasının kolaylaşması için çamur bazı kimyasallarla karıştırılır. Havasız arıtımda, biyolojik dönüşümün hızlanması ve tüm reaktörün homojen olarak ısınmasının sağlanması için karıştırma uygulanır.

Karıştırma boru veya kanalda veya reaktörde olarak sınıflandırılır. Boru veya kanalda karışımın amacı bir maddeyi diğerinin içinde sürekli karıştırmaktır. Karıştırma süresi saniye mertebesinde. Kimyasalların bir sıvıda hızlı karıştırılması çeşitli şekillerde yapılabilir:

- Açık kanallarda hidrolik sıçrama
- Venturi kanallarda
- Borularda
- Pompalama ile
- Statik mikserlerle
- Mekanik mikserlerle

Bunlardan ilk dördünde karışım türbülansla sağlanır. Statik mikserlerde türbülans enerji dağılması ile sağlanır. Mekanik mikserlerde ise türbülans, dönen bir çark vasıtasıyla enerji verilmesi ile sağlanır.

Reaktörde karıştırmada ise amaç bir reaktör veya tanktaki muhtevayı sürekli karışım halinde tutmaktır. Sürekli karıştırma çeşitli şekillerde yapılabilir:

- Mekanik mikserlerle
- Basınçlı havalı (pnömatik)
- Statik mikserlerle
- Pompalama ile

Basınçlı hava ile karıştırma biyolojik arıtımda havalandırmada uygulanır.



#### 4. AAT'LERDE ENERJİ DENGESİ

Atıksu arıtma tesisleri, gün geçtikçe fosil yakıt kaynaklarını kullanmalarının yanı sıra, karbon ayak izi oluşturmakta ve arıtma işlemleri esnasında atmosfere sera gazı (karbondioksit, metan ve azot oksit) salımı gerçekleştirmektedir. Artan nüfus, deşarj standartlarındaki yeni düzenlemeler ve kullanılan altyapının kullanıma bağlı olarak faydalı ömrünün azalması sonucu enerji kullanımının giderek artacağı beklenmektedir. Buna karşın pek çok atıksu arıtma tesisinde enerji maliyetleri arıtma proseslerinde uygulanan modifikasyonlar ve enerji tasarruf tedbirleri ile ~%30 oranında düşürülebilmektedir. Örneğin, havalandırma ünitesi optimizasyonu ve pompa iyileştirmesi uygulanan bir atıksu arıtma tesisinde yıllık bazda 547 ila 1.057 milyon kWh arası enerji tasarruf edildiği belirtilmektedir.

Yoğun enerji tüketimi, enerji geri kazanım prosesleri, ekipman ve teknoloji alanında enerji verimliliğine yönelik uygulamalar ve enerji maliyeti yönetimi konularının sıklıkla gündeme gelmesi ve enerji optimizasyon çalışmalarının atıksu arıtma tesisleri dahil olmak üzere birçok alanda uygulanmaya başlamasına neden olmuştur. Bir atıksu arıtma tesisinin enerji tüketimi hizmet ettiği nüfus, endüstriyel deşarjlar, nüfus artışı, deşarj standartları gibi farklı parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Enerji kullanımını azaltıcı çalışmalar da tesislerde enerji maliyetlerini düşürücü yönde önemli rol oynamaktadır.

##### 4.1. AAT'LERDE ENERJİ NÖTR ÇALIŞMASI

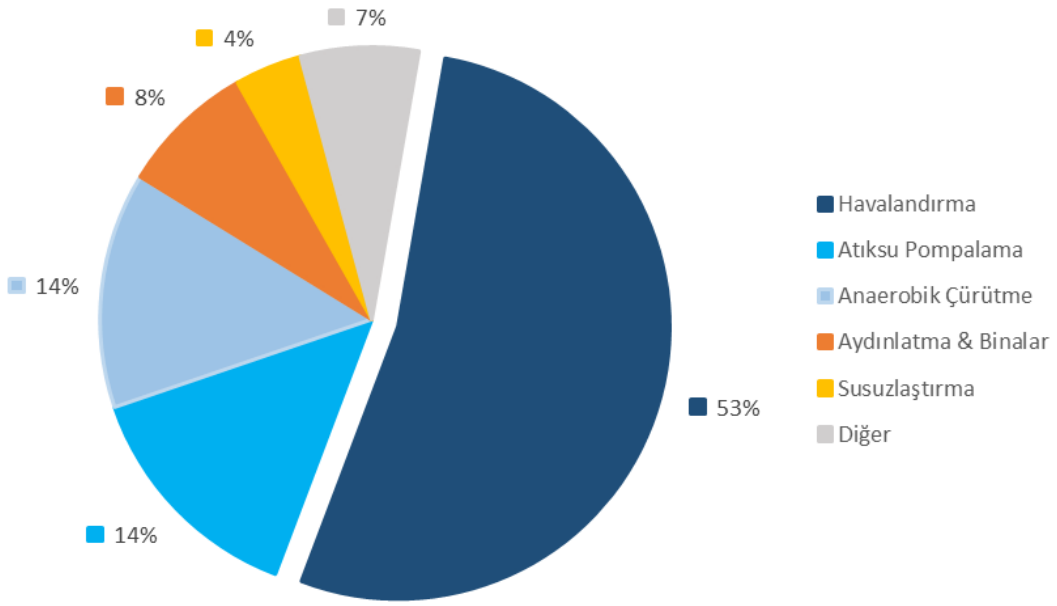
Atıksu arıtma tesislerinde en fazla elektrik tüketen kısımlar ve ilgili ekipmanlar **Tablo 8'**de verilmiştir.



**Tablo 8.** AAT'lerde En Fazla Elektrik Tüketen Kısımlar Ve İlgili Ekipmanlar

Son Kullanım	Tanım	İlgili Ekipmanlar
Giriş Pompa İstasyonu	Atıksu, ön arıtma işlemine pompalanır.	Pompalar, Motorlar
Ön Çöktürme, Çamur Pompası	Birincil arıtma. Atık su ızgaralardan geçtikten sonra ön çöktürme tankına gelir. Çöken çamur pompalar vasıtasıyla alınır. Atıksu da ikincil arıtmaya gönderilir.	Pompalar, Motorlar
Aktif Çamur Havalandırma	Organik maddelerin biyolojik çözünmesi için atıksuya hava verilir.	Blowerlar, Motorlar
Son Çöktürme	Havalandırma işleminden sonra atıksu son çöktürme tankına gelir. Burda çamur çöker.	Pompalar, Motorlar
Susuzlaştırma	Çamur arıtımı, bir santrifüj yoluyla fazla suyu uzaklaştırmak için dekantör, belt filtre vs kullanılır.	Motorlar
Anaerobik Çürütme	Çamur, organik madde metan ve karbon dioksit olarak parçalanana kadar bir reaktörde ısıtılır.	Kazanlar
Isınma	Tesisteki binaların ısıtılması	Kazanlar
Aydınlatma	Tesisin aydınlatılması	Lambalar
Diğer	Karıştırma, filtreler, UV dezenfeksiyonu, fanlar, soğutma, vs	-

Atıksu arıtma tesisinde tipik enerji tüketim yüzdeleri **Şekil 4'** de verilmiştir.



**Şekil 4.** AAT’lerde Tipik Enerji Tüketim Yüzdeleri

AAT’lerinde kişi başına mevcut, hedef ideal ve toplam enerji tüketimi ve hedef değeri farkı **Tablo 9**’de verilmiştir.

**Tablo 9.** Geleceğe Yönelik Hedefler İçin AAT’lerinde Enerji Tüketimi

Enerji	Mevcut Durum (kWh/kişi-yıl)	Hedef Değer (kWh/kişi-yıl)	İdeal Değer (kWh/kişi-yıl)	Mevcut Duruma- Hedef Değer Farkı (kWh/kişi-yıl)
<b>Kişi başına toplam spesifik enerji tüketimi</b>	51	36	28	-15
<b>Kişi başına havalandırma ünitesinde toplam spesifik enerji tüketimi</b>	33	23	18	-10

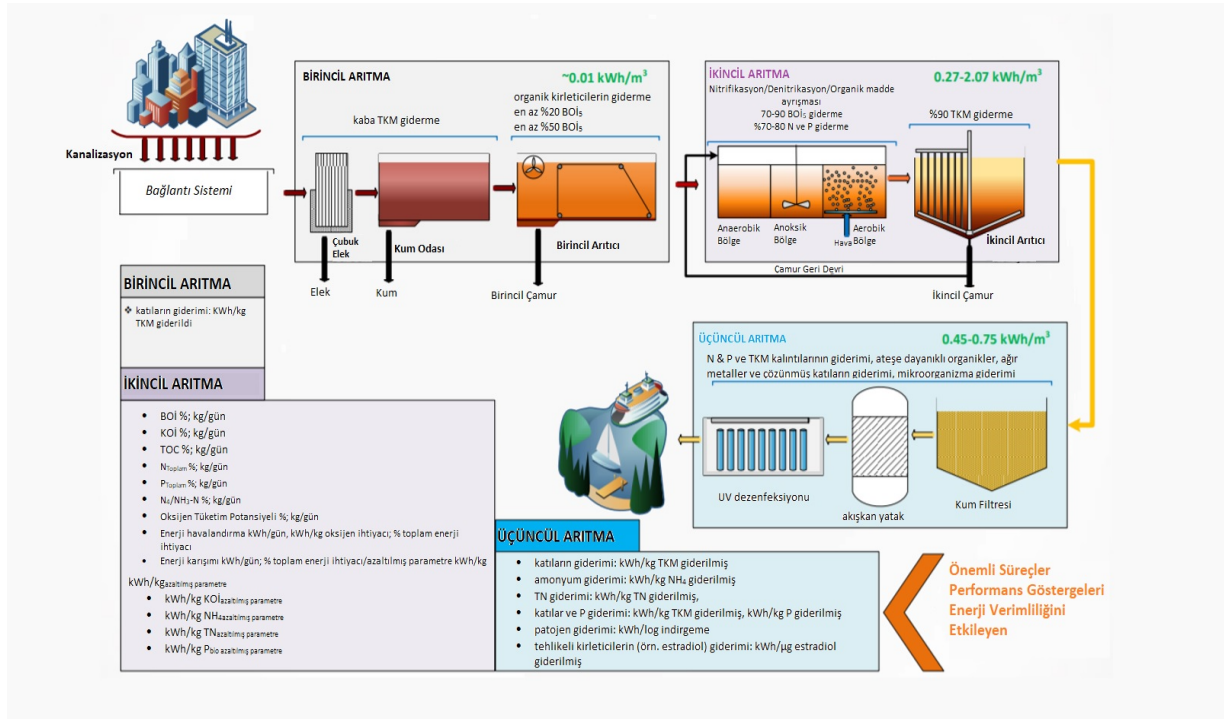
**Hedef değer:** Temsil edilen AAT’leri çeşitli anketlerinde belirlenmiştir. **İdeal değer:** İdeal bir AAT modelinde geliştirilmiştir.

İdeal şartlarda her birimde tüketilen enerji miktarı, (kWh/(kişi\*yıl)) cinsinden **Tablo 10**’de verilmiştir.

**Tablo 10.** İdeal Bir Eysel AAT Ünitelerinde Tüketilen Elektrik Enerjisi Miktarı

Üniteler	İdeal Spesifik Tüketim (kWh/(kişi*yıl))
Havalandırma ünitesi	13,72
Resirkülasyon pompaları	0,51
Karıştırma ünitesi	1,75
Aktif çamur geri devri pompaları	0,62
<b>Toplam</b>	<b>16,6</b>

**Tablo 10** incelendiği zaman en büyük enerjinin havalandırma ünitesinde olduğu görülmektedir.



**Şekil 5.** Enerji Verimliliğini Etkileyen Önemli Süreç Performans Göstergeleri

## 5. AAT'LERİNDE "ENERJİ NÖTRLÜĞÜ"

AAT'lerinde "enerji nötrlüğü" veya "sıfır enerji" tüketimine ulaşmak için, çeşitli önlemler alınabilir. Bunlar;

1. Atıksu arıtma işlemlerinde enerji tüketimini azaltmak,
2. İç kaynaklardan enerji geri kazanımını arttırmak,
3. Yeterli dış yenilenebilir enerji kaynakları eklemek.

Enerji verimliliği 2 ana başlık ve 8 alt başlık altında toplanmıştır.

- Operasyonel Esneklik
- Pompalama Sistemi
- Motorlar
- Havalandırma Sistemi

### 5.1. OPERASYONEL ESNEKLİK

Tesis yükleri değerlendirmeli, her arıtma ünitesi tanınmalı ve enerji verimli çalıştırılması planlanmalıdır. Dikkate alınacak bazı seçenekler şunlardır:

- Daha az havalandırma tankı işletilmesi.
- Ekipmanın çalışmasının sistem yükleriyle eşleşebilmesi için değişken frekanslı sürücüler kurulması.
- Çözünmüş oksijen izleme ve kontrol ekipmanının kurulması.
- Düşük yüklü dönemlerde (genellikle geceler ve hafta sonları) havalandırma tanklarına hava akışının azaltılması.
- Yoğun olmayan güç talebi dönemlerinde geri yıkama yapılması.
- Tesisin karşılayabilmesi için mevcut pompaların yanına ekstra, daha küçük kapasiteli bir pompa takılması

### 5.2. POMPALAMA SİSTEMİ

Terfi merkezlerinde ve AAT'lerinde pompalama işlemleri, havalandırmadan sonra İAAT'nin önemli enerji tüketim kaynağıdır. Pompaların doğru boyutlandırılması sistem optimizasyonu için çok önemlidir. Pompalar genellikle çalıştıkları sisteme uygun seçilmemektedir. Bunun birçok nedeni olmaktadır. Pompalama sistemi dizayn debisine göre tasarlanır ama bu işletme şartlarında doğru olmamaktadır. Sistemin ömrü boyunca farklı debilerde çalışması gerekir. Özellikle yeni gelişen yerleşim alanlarında dizayn debisine ulaşmak yıllar alabilir. Ayrıca pompaların sürtünme kayıpları nedeniyle de pompalar yanlış seçilmektedir.

Pompalama ömrü döngü maliyetlerine, inşaat aşamasına kıyasla enerji maliyetleri egemen olduğu için, bir enerji denetimi artan işletme maliyetlerini ortaya çıkardığında, pompalara her zaman dikkat etmek ve bunları yenilemek veya bakım yapmak her zaman için önemlidir.

Pompalama sistemi optimizasyonu ile yaklaşık %10-20 arasında enerji tasarrufu sağlanabilir.

### 5.2.1. Pompa Sisteminin Verimliliğini Optimize Edilmesi

Her pompa için optimum çalışma koşullarını belirlemeli ve bir sistem analizi yapılmalıdır. Tesisin dizayn debisi 20 yıllık debiye göre hesaplanmaktadır. Bu nedenle pompaların birden fazla olma durumu, Değişken Frekans Sürücülerle (VFD) çalışma durumu incelenmelidir. Birçok bilgisayar modeli bu analize yardımcı olabilir. Bu modelleme, statik ve dinamik koşullar ile şimdiki ve gelecekteki pompalama koşullarına fikir verebilir.

Değişken hızda çalışma genellikle pompalama sistemleri için en fazla enerji verimli akış kontrol yöntemidir, çünkü pompa performansı ek hidrolik kayıpları ayarlamak yerine proses talebini karşılamak üzere ayarlanabilir. Değişken frekanslı tahrikler (VFD'ler), geri ödeme süresi 6 aydan 5 yıla kadar değişen hızlı bir yatırım getirisi sunabilir. Daha küçük atık su arıtma tesisleri için 70.000 kWh/yıl'dan daha büyük atık su arıtma tesisleri için 2.800.000 kWh/yıl'a kadar değişen enerji tasarruflu VFD'lerin sayısız başarılı uygulamasını bildirmiştir.

Bununla birlikte, eğer VFD'ler doğru seçilmez ve uygulanmazsa, enerji israfı olabilir. Tam yükün %75'inin altında çalışan VFD'ler çok düşük verime sahip olabilir.

### 5.2.2. Pompalama Debisini Azaltma

Tesis operatörleri, pompalama debilerini mümkün olduğunca aktif olarak yönetmeli ve azaltmalıdır. Çünkü bir pompanın enerji kullanımı, pompa akış hızı ile doğru orantılıdır.

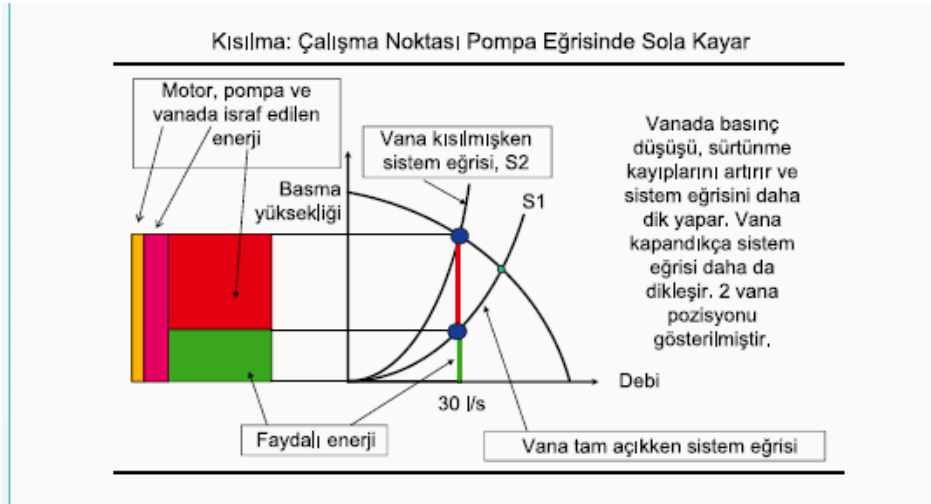
Bazı uygulamalarda (örneğin, bir depolama tankına pompalama), pompanın pompa eğrisi üzerinde enerji için en uygun bir noktada çalışmasına izin verilerek daha düşük debide daha uzun süre pompalama yapılması sağlanabilir.

### 5.2.3. Kısmi Yoluyla Debi Kontrolü

Vananın kısılarak debi kontrolü yapılması önlenmelidir. Değişken frekanslı sürücüler (VFD) veya düşük kapasiteli pompalar kullanılabilir.

Akışın kısılma vanası kullanılarak regule edildiği durumda, sistem eğrisi değişir. Akış kısıldığında çalışma noktası pompa eğrisi üzerinde sola kayar (**Şekil 6**). Şekil 6'deki dikey kırmızı çizgi vanadaki kısılma kayıplarını temsil etmektedir. Özgül enerji (Es) motor giriş gücünü debiye bölmek suretiyle her çalışma noktası için hesaplanabilir. Özgül enerji, genellikle, kısılma suretiyle akışın azaltılması durumunda hızla yükselir. Bunun iki nedeni vardır:

Vanadaki kayıplar ile pompa eğrisi üzerinde yükseldikçe pompa veriminin genellikle düşmesidir.



Şekil 6. Kısılma: Pompa Eğrisi

### 5.3. MOTORLAR

Gerektiğinden daha fazla enerji kullanan elektrikli motorlar yerine enerji tasarruflu olanlar uygulanabilir.

Yapılan bir çalışmada, elektrikli motorlar, AAT'deki mekanik cihazların elektrik enerji tüketiminin %90'ını oluşturduğu tespit edilmiştir.

Normal çalışma için kullanılan enerji miktarını en aza indirmek için mevcut motor kontrol sistemleri ayarlanmalıdır. Kontrol sistemlerinde yapılan küçük ayarlamalar önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayabilir.

#### 5.3.1. Düzenli Motor Bakımı

Önleyici bakımın düzenli bir programı motor verimliliğini artırabilir ve servis ömrünü uzatabilir.

Tipik bakım programı şunları içermelidir:

- Performans izleme, yani, bir ilk değerle karşılaştırıldığında tüketilen gücün periyodik ölçümleri
- Sargı ile sağlanan direnç ölçümü
- Yalıtım denetimi (Megger testi)
- Motor yataklarının uygun şekilde yağlanması
- Motor kaplin hizalamasının veya kayış hizalamasının ve gerginliğinin doğrulanması
- Soğutma deliklerinin temizlenmesi
- Koruyucu devrelerin, motor yol vericilerinin, kumandaların ve diğer şalt cihazlarının bakımı
- Çalışma saatlerinin kaydedilmesi

### 5.3.2. Motorların Doğru Boyutlandırılması

Motorlar öncelikli olarak %65 ila %100 yük aralığında çalışacak şekilde boyutlandırılmalıdır. İçinde pik proses yüklerini karşılamak için daha büyük motorlar gerektiren uygulamalar için alternatif stratejiler geliştirilmelidir. Örneğin, yalnız yoğun talep döneminde çalışan pik bir motorun doğru boyuttaki motoru desteklemesi gibi. Birçok motor ortalama yükleme koşulları için gerekenden daha büyüktür ve enerji israfına neden olur. Büyük motorlar da düşük güç faktörü ile sonuçlanır.

### 5.3.3. Yüksek Verimli Motor Kullanımı

Tesis personeli (uzmanlardan destek alarak), yeni ve üstün verimlilikle olası değiştirme için mevcut motorları incelemelidir.

Sürekli çalışan motorlar yüksek verimli motor ile değiştirildiklerinde genellikle geri ödeme süresi 2 yıldan azdır. Motor tarafından kullanılan enerjinin %5 ila %10'u arasında da tasarruf sağlanabiliyor. Ek bir faydası da, güç kaynaklı emisyonların azalmasıdır.

### 5.3.4. Değişken Frekans Sürücü Uygulamaları

Değişken frekanslı sürücüler (VFD'ler) motor çıkış hızlarını belirli yük ile eşleştirir ve sürekli tam güçte çalışmasını önler, böylece enerji kullanımını azaltır. VFD'lerin geri ödeme süresi, sürücünün boyutuna, çalışma saatlerine ve yük değişimine bağlıdır. Büyük sürücüler, uzun saatler ve yüksek yük değişkenliği olması durumunda yüksek tasarruf sağlar.

### 5.3.5. Scada

Merkezi Kontrol ve Veri Toplama Sistemleri, tüm sistem performansını optimize ederek maliyetleri azaltabilir. SCADA sistemleri, arıtma tesislerinin dinamik koşullara cevap vermede daha pratik olmasına izin verir.

Tesis iyileştirme süreçlerinin koordinasyonunu ve optimizasyonunu için SCADA sistemi kurulmalıdır. Yatırım kendini 2 ila 5 yıllık geri öder.

### 5.3.6. Güç Faktörünün İyileştirilmesi

Rölanti veya hafif yüklü motorların çalışmasını en aza indirerek elektrik motorlarının güç faktörü iyileştirilebilir. Güç Faktörü kapasitörler vasıtasıyla düzeltilebilir. Yüksek güç faktörü, yardımcı ceza ücretini ortadan kaldırır.

### 5.3.7. Havalandırma Sistemi

İAAT'i biyokimyasal süreçleri temel olarak Anaerobik-Anoksik-Oksik ve Anaerobik-anoksit-aerobik-anoksit-aerobik gibi kademelerden oluşmaktadır.

Havalandırma ünitesinde aşırı ÇO, çamur kalitesini bozar, denitrifikasyonu daha az verimli hale getirir ve enerji israfına yol açar.

Havalandırma, AAT'de enerji harcamalarının %45 ila %75'i oranında değişen enerji maliyetlerinin en büyük kısmını oluşturmaktadır.



Havalandırma miktarı, çok düşükse, AAT'den çıkan atıksu kalitesi olumsuz etkilenecektir ve CO<sub>2</sub>'e göre 230 kat daha etkili sera gazı N<sub>2</sub>O emisyonuna yol açabilecektir; havalandırma kapasitesi çok büyükse, enerji israfına, çamur yumak yapısında değişime ve aktif çamurun askıda kalmasına neden olacaktır.

Atıksu arıtma tesislerinde mevcut havalandırma sistemleri için optimal ÇO kontrol stratejilerinin yeniden yapılandırılması, değiştirilmesi ve uygulanması ve WWTP'lerde model tabanlı ÇO optimizasyonu, enerji verimliliğinin ve tasarruflarının artması ve sistemin kararlılığının artmasına neden olabilir.

Havalandırma işlemi, enerji tüketiminin azaltılmasında temel olarak şunları içerir:

1. Aşırı havalandırmayı önlemek için aerobik bölgede ÇO konsantrasyonunun kontrol edilmesi,
2. İAAT'lerde aerobik işlemin kademeli olarak azaltılması,
3. Havalandırma miktarını azaltmak için gradyanı ayarlamak (örneğin %35, %30 ve %25 gibi),
4. Havalandırma miktarının amonyak azotu konsantrasyonuna göre ayarlanması.

### 5.3.1. Amonyak Bazlı Havalandırma

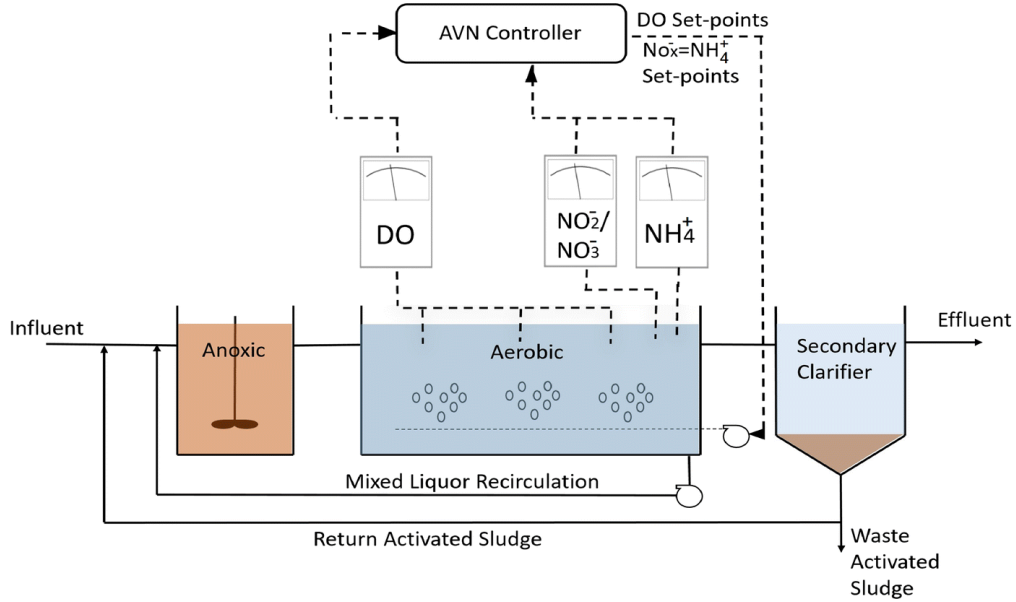
Amonyak bazlı havalandırma kontrol sistemi en yaygın havalandırma sistemleri ÇO ölçümlerine göre kontrol edilir. Ancak, ÇO seviyelerini, amonyum konsantrasyonu sıfıra yaklaştıkça sabit tutmak gereksiz havalandırmaya neden olabilir. Bu durum, atık amonyak konsantrasyonunda hem havalandırma maliyetlerini hem de tepe noktalarını azaltabilen ABAC kullanımıyla azaltılabilir.

Geri beslemesiz ve geri beslemeli olmak üzere iki tür ABAC yapısı vardır. İlk yaklaşım daha basittir ve aerobik bölgedeki amonyum ölçümünden geri beslemeye dayalı doğrudan havalandırma kontrolünü içerir. Bir saha çalışmasında, bir AAT (250.000 nüfus, 95.000 m<sup>3</sup>/gün atıksu), nitrifikasyonun tamamlandığından emin olmak için çevrimiçi amonyum iyon seçici elektrot (ISE) ile ölçüldü. Blowerlar, 0,7 mg/L ve 1,0 mgN/L ayar noktaları arasındaki amonyum-azot konsantrasyonunu korumak için açılıp kapanır yapıldı. Blowerlar, denitrifikasyon için anoksik koşullara izin veren ve enerji maliyetlerinde aylık yaklaşık 20.000 \$ tasarruf sağlayan bu strateji ile zamanın %25'ini "kapalı" tuttu. Geri besleme kontrolü, işlemin ölçülen çıktısına dayanır ve bu nedenle olası bir eleştiri, bir kontrol işlemi yapılmadan önce bir hatanın bulunması gerektiğidir.

İleri besleme havalandırma kontrolü, yukarı akıştaki amonyum konsantrasyonuna ve problemlerin ölçülmesi esasına dayanır. Daha büyük bir karmaşıklık var ama düşük enerji maliyeti daha iyi çıkış suyu kalitesi elde etmek için bir potansiyele sahiptir. Bu strateji, ÇO geri besleme kontrolüne göre %11 daha düşük en düşük birim hava akımı talebine ulaştı. Öte yandan, Rieger, geri besleme havalandırma kontrolünün yararının, çoğu durumda geri besleme kontrolü üzerinde önemli bir fayda sağlamadığını ve dolayısıyla ek maliyet ve karmaşıklığın haklı olmadığını belirtti. İleri beslemeli kontrolün avantajı, sistemin kısa vadeli atık su piklerini ortadan kaldıran ve daha yumuşak bir kontrol sağlayan bir rahatsızlığa daha hızlı tepki vermesidir. Bununla birlikte, pratikte, tahminler yalnızca dayandıkları model kadar

iyidir. Bu nedenle, modeldeki hataları düzeltmek için bir atık amonyum sensöründen geri besleme yapılması önerilir.

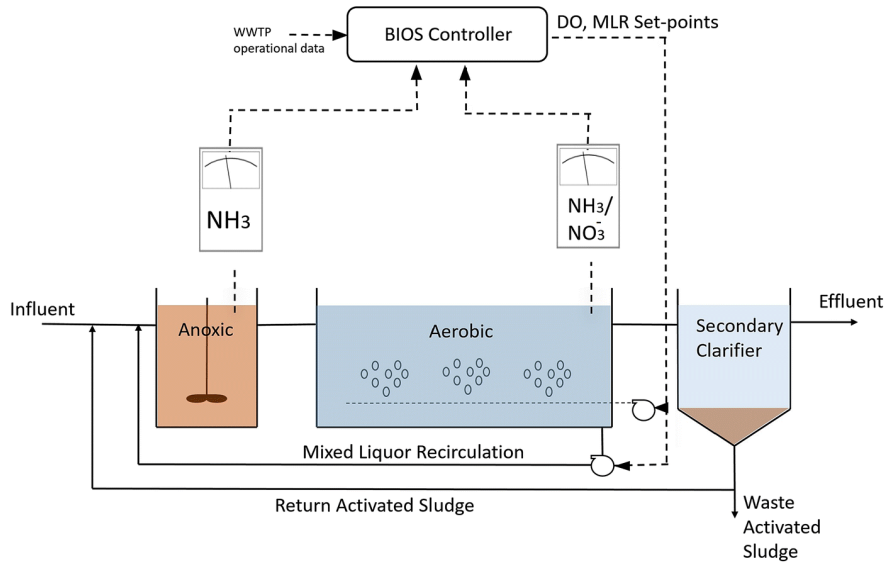
En son güvenilir amonyak, nitrat ve nitrit sensörlerinin mevcudiyeti, amonyak bazlı havalandırma kontrolü (ABAC) ve amonyak vs. nitrat (AVN) kontrolü dahil olmak üzere daha gelişmiş havalandırma kontrolü stratejilerine yol açmıştır.



**Şekil 7.** Amonyak ve Nitrat (AVN) Kontrollü Havalandırma

Sürekli veya aralıklı amonyak ve nitrat (AVN) kontrollü havalandırma ile bu gerçekleştirilebilir. Mevcut birçok Atıksu Arıtma Tesisi için, mevcut havalandırma ekipmanının kısıtlamaları nedeniyle aralıklı havalandırma uygulaması için ciddi çalışma yapılmalıdır.

Biyoproses akıllı optimizasyon sistemi (BIOS) kontrollü havalandırma atıksu arıtma tesislerinde enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olur.



**Şekil 8.** BIOS Sistem Akım Şeması

### 5.3.2. Değişken Blower Hava Akışı

Tesis havalandırma sistemi değişken hava besleme hızına sahip olmalıdır. Blower sistemi, mevcut düşük yükü karşılamak için gereken minimum hava akışını sağlayabilmelidir. Değişken hız pozitif deplasmanlı blower düzenlemeleri ve değişken kapasiteli santrifüj blower'lar daha fazla kullanılmaktadır.

### 5.3.3. Çözünmüş Oksijen Kontrolü

Tesiste, çözünmüş oksijen (ÇO) değeri otomatik kontrol edilerek havalandırma sisteminin akış hızını ayarlanabilir. Çözünmüş oksijen probunun düzenli bakımı maksimum enerji verimliliğini elde etmenin anahtarıdır. Çözünmüş oksijen kontrol teknolojisini kullanmak için geri ödeme süresi iki ila üç yıldır.

## 5.4. ALTYAPI SORUNLARI

Arıtma tesislerinin fazla enerji sarfiyatı yapmasının başında plansız altyapılar oluşturmaktadır. Birleşik altyapı sistemleri: atıksu ve yağmursuyu hatlarının bir arada olması, arıtma tesislerine giden atıksu kirlilik yükünün artmasına ve azalmasına ve daha fazla enerji tüketilmesine sebep olmaktadır. AAT'lerde enerji optimizasyonunun sağlanabilmesi için öncelikle o AAT'leri besleyen altyapı hatlarının doğru planlanması gerekmektedir.

Çatılarda, meydanlarda, sokaklarda ve parklarda, özellikle göllenmelerin olduğu yerlerde, yağmur suyu hasadı yapılmalı ve yağmur suyunun atıksu ile kirlenmesi önlenmeli.

Altyapı planlarında; terfi hatlarında büyük ölçüde enerji tüketimi yaşandığı için mümkün ölçüde cazibeli olarak planlanmaları gerekmektedir.

## 5.5. AYDINLATMA

Modern aydınlatma teknolojileri, eski teknolojilere kıyasla daha iyi performans ve verimlilik sunar. Aydınlatma sistemlerine yükseltmenin hızlı bir geri dönüş sağlaması ve aynı zamanda alanda çalışanların rahatlığını artırması muhtemeldir.

Boş alanlardaki lambaları kapatmak ve aydınlatma enerjisini önemli ölçüde azaltmak için doluluk sensörleri kullanılmalı. İşçiler nadiren kullanılan pompa istasyonlarından veya diğer yalıtılmış alanlardan ayrıldıktan sonra belirli bir süre sonra lambaları kapatmak için doluluk sensörlerini bir zaman geçilmesi ile donatılmalı.

Mevcut Yüksek Yoğunluklu Deşarj aydınlatma sistemlerini daha yeni, daha enerji verimli teknolojilerle değiştirilmeli. Akkor, metal Halide veya Sodyum Buharı lambalardan LED T5 veya LED T8 aydınlatmaya geçiş, aydınlatma enerjisi kullanımını %50'ye kadar azaltabilir.

Daha az verimli flüoresan lambaları yüksek verimli doğrusal LED flüoresan teknolojisiyle değiştirin. LED floresan lamba seçenekleri arasında enerji tasarruflu T8 görev aydınlatması ve T5 yüksek tavan aydınlatması bulunur. Flüoresans lambalar kullanıldıktan sonra tehlikeli atık sınıfına girmektedir.

İndüksiyon aydınlatmasını uzun lamba ömrü ve az bakım gerektiren yerlere kurulmalı. İndüksiyon aydınlatması, bakım için erişilmesi zor alanlar için iyi bir seçimdir.

LED aydınlatmayı, diğer daha az verimli teknolojiler için enerji tasarruflu bir yedek olarak kurulması planlanmalı. LED'ler, ultra yüksek verimliliği mükemmel performans ve uzun ömür ile giderek daha uygun fiyatlı bir pakette birleştirir.

Doğal ışık seviyeleri yeterli olduğunda lambaları kısmak veya kapatmak için iç ve dış aydınlatma sistemlerine fotoğraf sensörleri eklenmeli.

### 5.6. ÇIKIŞ SUYUNUN GERİ KULLANIMI İLE TEMİZ SU KULLANIMI AZALTMA

Arıtılmış atıksuyun proses uygulamalarında veya tankların yıkanması için kullanımı içmesuyu kullanımını azaltır. İçmesuyunun arıtılması ve pompalanması ihtiyacı azalarak enerji tasarrufu sağlanabilir. Arıtılmış atıksuyun geri kullanımı yüksek miktarda yıkama suyu ihtiyacı olan tesislerde avantaj sağlar.

### 5.7. YEŞİL ENERJİ

Atıksu arıtma tesislerinde küçük ölçekli rüzgar ve havalandırma ve çöktürme havuzları üzerine güneş enerji sistemleri kurulabilir.



Şekil 9. Atıksu Arıtma Tesisinde GES Uygulaması

Atıksu arıtma tesisinde kullanılacak tüm malzemeler neme ve korozyona dayanıklı olmalıdır.

Aynı zamanda, atıksu arıtma tesisi çıkışları su enerji potansiyeli tespit edilerek Mikro Hesler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Arıtma çamurlarından biyogaz üretimi yapılabilir.

Güneşten temiz enerji elde etmek için kurulu büyük güneş panellerine sahip su birikintileri ile su kütesinin yüzeyinin çoğu kaplıdır ve güneşten engellenir. Bu güneş gölgeleme ve yüzey akışı kısıtlamaları, fotosentezi engelleyecek ve havadan oksijeni yakalayan gerekli su hareketini kısıtlayacaktır. Oksijen transferini artırmak için ya daha büyük bir havalandırıcı eklemek yada havalandırma havuzlarında güneş panelleri koymamak veya EMF 1000 kolayca takılabilir. Böylece genel çözünmüş oksijen konsantrasyonunu iyileştirebilir.

## 5.8. ENERJİ YÖNETİM PLANI OLUŞTURULMASI

Atıksu arıtma tesislerinin sağlıklı biçimde izlenerek uygun Enerji Yönetim Planı (EYP) oluşturulmasıyla tesislerde en yüksek maliyet unsurlarından biri olan enerji kullanımında önemli azalma gözlenir.

Sonuç olarak tesis izleme ve kontrol donanımları tesis enerji kullanımı ve proses verimi bakımından oldukça faydalıdır. Doğru kurulum, kalibrasyon ve etkin bakım v.b. hususlara özen gösterilirse tasarruf edilen enerji yatırım maliyetini makul sürede karşılayacaktır.

Tesis izleme ve kontrol sonuçları doğrultusunda tesis bazında oluşturulacak olan Enerji Yönetim Planı (EYP), atıksu arıtma tesislerinde enerji kullanımını ve buna bağlı olarak maliyet azaltmayı hedeflemektedir. Tesis işletimi bir bütün halinde ele alınarak etkin şekilde kontrolü sağlanmaktadır. EYP'nin esas bileşenleri aşağıda özetlenmiştir:

### 5.8.1. Envanter/Veri Derleme Çalışmaları

Tesisin çeşitli birimlerinde yapılan ölçümlere dayalı olarak, tesiste aşırı enerji kullanımının olup olmadığı ve varsa bunların yerlerinin tespiti yapılır. Bu safhada elde edilen verilere göre, birim debi ve eşdeğer nüfus başına enerji tüketimi değerlendirilerek, EYP hazırlanmasına gerek olup olmadığı kararlaştırılır.

### 5.8.2. Enerji Kullanımı Denetimi

Tesisteki enerji kullanımının denetimi EYP sürecinin en önemli adımı olup 2 aşama halinde uygulanır: Veri Toplama ve Veri Analizi. Bu kapsamda tesisin işletim durumu, enerji kullanım yerleri ve toplam enerji kullanımı içindeki dağılımı belirlenir. Enerji (kullanımı) denetimi ile etkin bir EYP oluşturulması için gerekli tesise özgü temel veri tabanının oluşturulması sağlanır.

### 5.8.3. EYP Geliştirilmesi

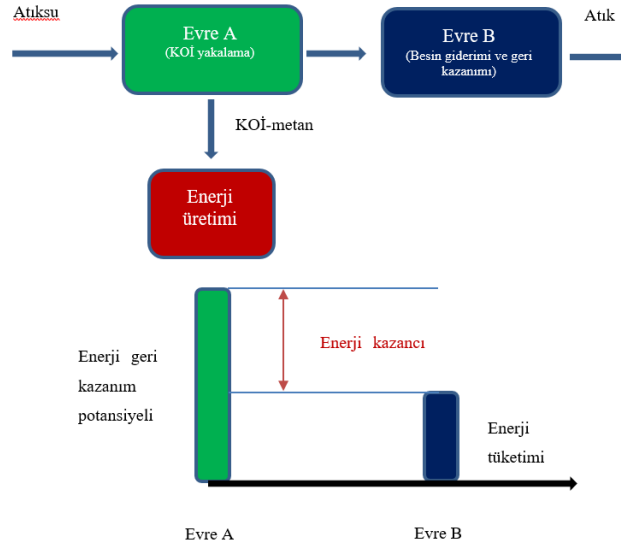
Bu aşamada EYP için gerekli detaylı planlamalar yapılır, ekipman yenilenmesi ve/veya profesyonel danışmanlık hizmeti alınmasına ilişkin yatırım ihtiyaçları ile geri dönüş süreleri ortaya konur.

### 5.8.4. EYP Uygulaması

Bu son aşamada atıksu arıtma tesisine özgü olarak geliştirilen EYP'nin belli bir iş programı (takvim) dahilinde uygulanması ve izlenmesi gerçekleştirilir.

## 5.9. ENERJİ GERİ KAZANIMI

Enerji geri kazanımının merkezi noktası, biyolojik oksidasyonundan önce atıksudaki KOİ'yi mümkün olduğunca yakalamaktır. Aktif çamur sistemi **Şekil 10'**de iki aşamalı A-B prosesi olarak gösterilmiştir. A-B işleminde, A-evresi, biyolojik oksidasyondan önce doğrudan anaerobik çürüme için evsel atık sudan organik maddelerin yakalanmasını en üst düzeye çıkarmak için özel olarak tasarlanırken, B-evresi esas olarak besin maddelerini işlemeye adanmıştır. Teorik olarak, evsel atık sudaki toplam KOİ'nin %65'i A evresinde yakalanabiliyorsa ve anaerobik çürüme yoluyla metana dönüştürülüyorsa, üretilen elektrik enerjisi geleneksel AAT operasyonu için (bir gram KOİ'yi çıkarmak için 3.2 kJ gereklidir) yeterli olmaktadır.



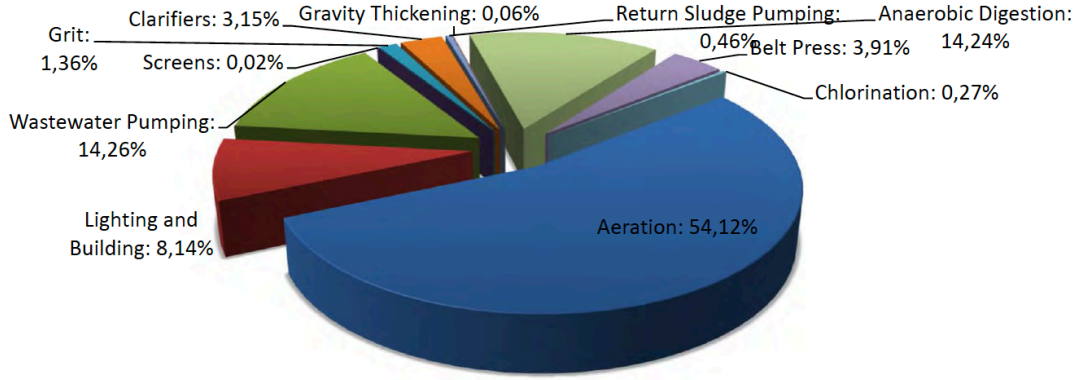
**Şekil 10.** Aktif Çamur Sistemi

Atıksudan KOİ'nin yakalanma potansiyeline sahip üç işlem A evresinde olarak kullanılabilir, (i) kimyasal olarak geliştirilmiş birincil arıtma (CEPT) işlemi, (ii) yüksek oranda aktif çamur (HRAS) işlemi ve (iii) anaerobik işlem. Literatürden, bu üç sürecin evsel atık sudaki toplam KOİ'nin en az %60'ını yakalayabileceği görülmektedir.

## 6. KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN YEŞİL VERİMLİLİK UYGULAMASI

### 6.1. GİRİŞ

Geleneksel kentsel atıksu arıtma tesislerine ait biyolojik arıtma aktif çamur havalandırma ünitesi ve benzeri sanayi atıksu arıtma tesisleri havalandırma ünitesi enerjiyi yoğun olarak tüketilir. Bu tür arıtma tesislerde enerjinin %45-75'i havalandırma ünitesinde kullanılır. Anaerobik arıtması da olan evsel atıksu arıtma tesisinde enerji tüketimi dağılımı Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Evsel Atıksu Arıtma Tesisinde Enerji Kullanım Dağılımı

AB'de mevcut atıksu arıtma tesisi sayısı >65.000 üzerindedir. Çoğu atıksu arıtma tesisi biyolojik arıtma aktif çamur havalandırma esasına göre dizayn edilmiştir.

Kentsel atıksu biyolojik arıtma tesisleri projelendirirken, işletilirken belli organik yük esas alınmaktadır. Ancak organik yük gündün geceye, hafta içinden hafta sonuna, tatil günlerine, kış aylarından yaz aylarına ve turizm aylarına göre değişkenlik göstermektedir. Bu durum, arıtma verimliliğini, deşarj kriterlerini ve enerji tüketimini negatif olarak etkilemektedir.

OPTİMEDAR projesinin temel amacı, atıksu biyolojik arıtma tesisi, enerji yoğun havalandırma ünitesinde düşük maliyetli işletilmesi, arıtılmış suyun kalitesinin iyileştirilmesi ve eko-yenilikçi bir çevrimiçi online izlemesini esas alan küçük ve orta ölçekli kentsel atık su arıtma tesisleri (WWTP) için yeni bir online kontrol ve yönetim sistemini piyasaya sunmaktadır.

Atıksu biyolojik arıtma tesisinde özellikle enerji yoğun havalandırma ünitesinin ekonomik ve pratik OPTİMEDAR online izleme sistemi esasına dayanır. Böylece havalandırma ünitesi optimum verimlilikte çalıştırarak enerji tüketimini azaltılabilir, su kalitesi iyileştirilebilir.

### 6.2. TANIM

OPTİMEDAP projesi bileşenleri;

- Sistem bir kontrol kabini, PLC'li ekran, kablosuz bağlantı, GSM/GPRS modem.
- Sensör kabinesi, kontrol kabinesinin Çözünmüş oksijen (ÇO) sensörü ve Oksidasyon redüksiyon sensörü (ORP) ile bağlantılı kablosuz bağlantılı olacak.



- Yardımcı ekipmanlar.
- OPTİMEDAR, çözülmüş oksijen (ÇO), oksidasyon reduksiyon potansiyeli (ORP) sürekli ölçümü ve arıtılmış su kalitesi üzerinden eşdeğer organik madde yüküne göre havalandırıcı (blower) döngüsünü optimize eder (**Şekil 12**).
- 'Sanal algılama' tekniklerinin uygulanması ile çözülmüş oksijen (ÇO) ve ORP ölçülerek Eşdeğer Organik Yüklerin (EOC) hesaplanması yapılır.
- Blower, tipik ÇO kontrolü yerine EOC'yi esas alarak çalıştırılır.
- Havalandırma ünitesinde daha uzun denitrifikasyon çevrimleri sağlanırken havalandırma süresinin azaltılması sağlanır.
- Biyolojik reaktörün yenilikçi çevrimiçi izlenmesi sayesinde optimum havalandırma kontrolü sağlanır.
- Tamamlayıcı çözümü, kolay kurulum, düşük bakım gerektiren güçlü problara dayanır.
- OPTİMEDAR sistemi akım şeması **Şekil 12**'de verilmiştir.



**Şekil 12.** OPTİMEDAR Sistemi

### 6.3. UYGULAMA, KURULUM VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

#### 6.3.1. Uygulama

Özellikle, organik madde yükünde önemli etkilere sahip olduğu evsel ve endüstriyel biyolojik atıksu arıtma tesislerinde blowerlarla havalandırılan aktif arıtma çamur tesislerine uygulanır.

#### 6.3.2. Kurulumu

Çözülmüş oksijen (ÇO) ve oksidasyon redüksiyon potansiyeli (ORP) sensörleri elektronikleri, havalandırma ünitesine yerleştirilir (**Şekil 13**). Bunların kurulumu ve işletilmesi kolaydır. Mevcut otomatik aletler için bir sorun oluşturmaz.







**Şekil 13.** ÇO ve ORP Sensörlerinin Havalandırma Reaktörlerine Yerleştirilmesi

### 6.3.3. Çalışma Prensipleri

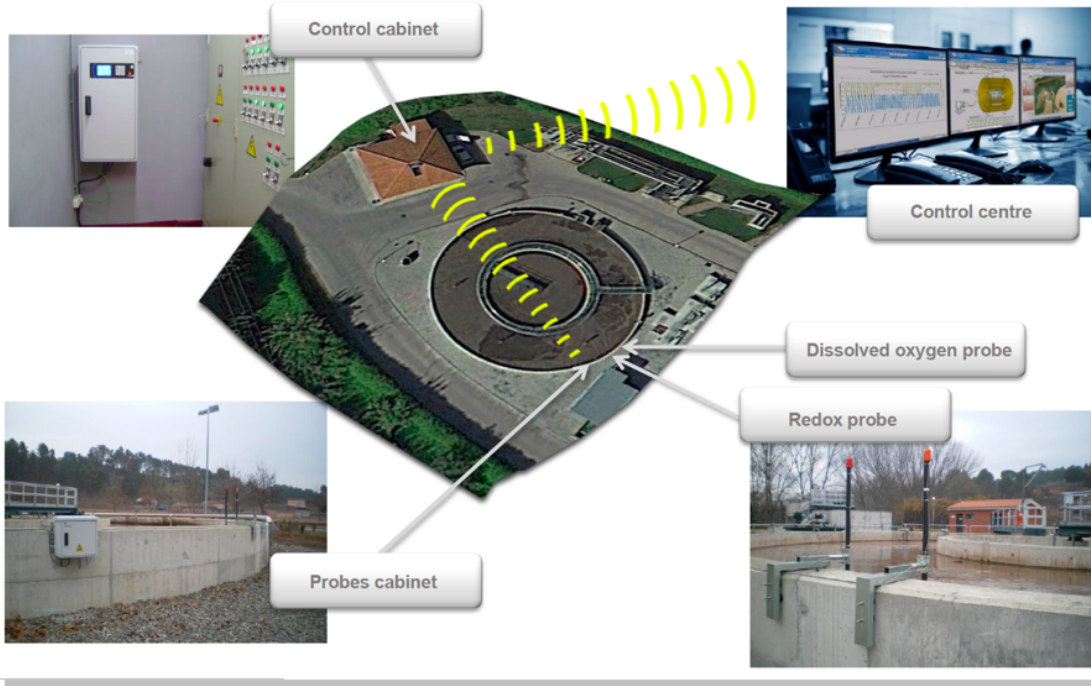
Genel olarak havalandırma sistemlerinde temel kontroller, gerçek kirletici yüküne göre adapte edilip hazırlanmamaktadır.

Havalandırma tanklarındaki süreçler ve pratik deneyimler hakkındaki bilimsel bilgilere dayanarak, ucuz (ÇO) ve ORP) sensörleri ile ölçülebilen minimum parametre seti kullanılır. Bu (ÇO) ve (ORP) sensörlerinden gelen anlık veriler, gerçek arıtılmış su ölçüm değerleri, zamansal evrimler ve trendler kullanılarak, OPTIMEDAR, muhtemel hesaplamaları ve fuzzy logic teknikleri baz alarak matematiksel algoritma ile havalandırma ünitesine verilen muhtemel eşdeğer organik yük (EOR) miktarını hesaplar, yani havalandırma ünitesinin mevcut organik yük durumu ortaya konur, kontroller bu 'sanal bilgiye' göre yapılır. Elde edilen mevcut duruma göre havalandırma süreleri (oksijendirme süresi), buna göre optimum edilir. Bu sistemde havalandırma işlemi gerçek kirletici miktarına (eşdeğer organik yüke), arıtılmış su kalitesine (organik madde, azot ve fosfor) ve arıtma çamurunda denitrifikasyona ve fosfor giderimine göre yapıldığı için bu işlem esnasında minimum miktarda ihtiyaç olan hava kullanır. Böylece blowerlar, minimum enerji tüketilerek işlemi gerçekleştirir.

Blowerlar, havalandırma havuzunda oksijen değeri 0.1 ppm (mg/L) değerinin altına düştüğünde çalıştırılır, oksijen değeri 1.2 ppm (mg/L) değerinin üzerine çıktığında otomatik durur. Fakat, bu zamanla kontrol edilebilir. Kısaca havalandırılmalı ve havalandırmasız (denitrifikasyon) süresi, sabit değil hesaplanan eşdeğer yüke göre değişir. Böylece havalandırma reaktörünün oksijen gereksinimlerine göre blowerların zamanlama ve çalışma şartları otomatik ayarlanarak enerji tüketimi optimize edilir ve biyolojik sonuçlar organik maddenin ortadan kaldırılması ihtiyacına göre ayarlanabilir.

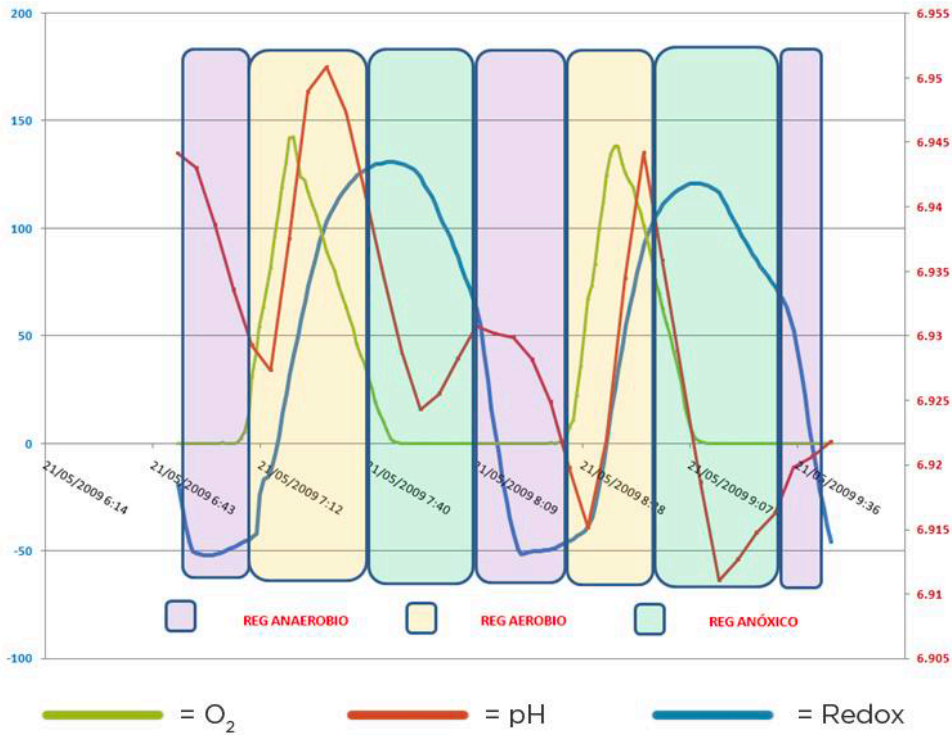
## Atıksu Arıtma Tesislerinin Enerji Verimli İşletilmesi

Her döngü, deşarj suyunun kirliliğine bağlı olarak yürütülmek gerektiğine dair akıllı kontrol geliştirir. Havalandırma havuzunda oksijen ihtiyaçları her döngüye göre otomatik olarak değerlendirir ve sistem çalışır (**Şekil 14**).



**Şekil 14.** OPTIMEDAR Sisteminin Çalışması

Havalandırma ünitesinde sistem, anaerobik-aerobik-anoksik kontrol çevrimleri dizisi esasına göre çalışır (**Şekil 15**).



**Şekil 15.** Havalandırma Ünitesi Çalışması Esnasında ÇÖ, ORP ve pH değişimi



#### 6.3.4. Yararları

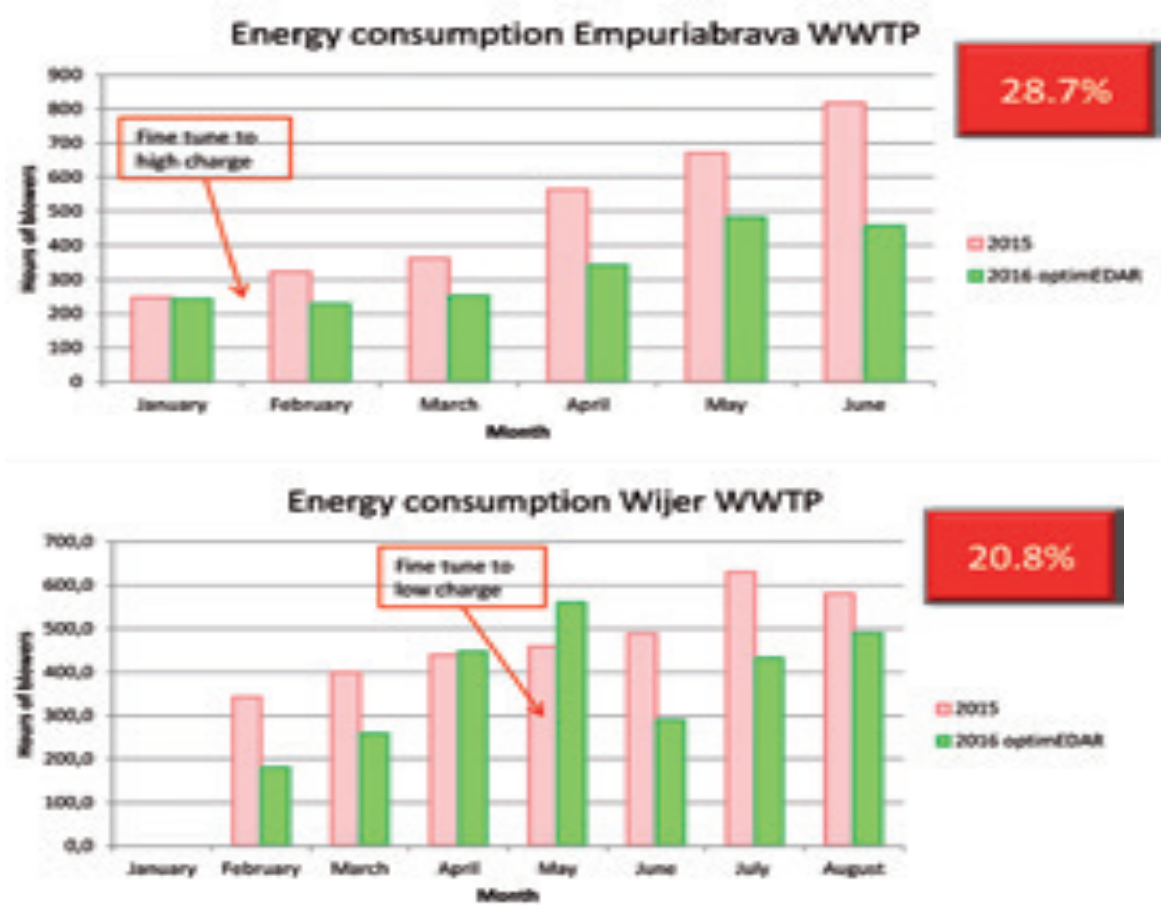
OPTİMEDAR uygulaması ile;

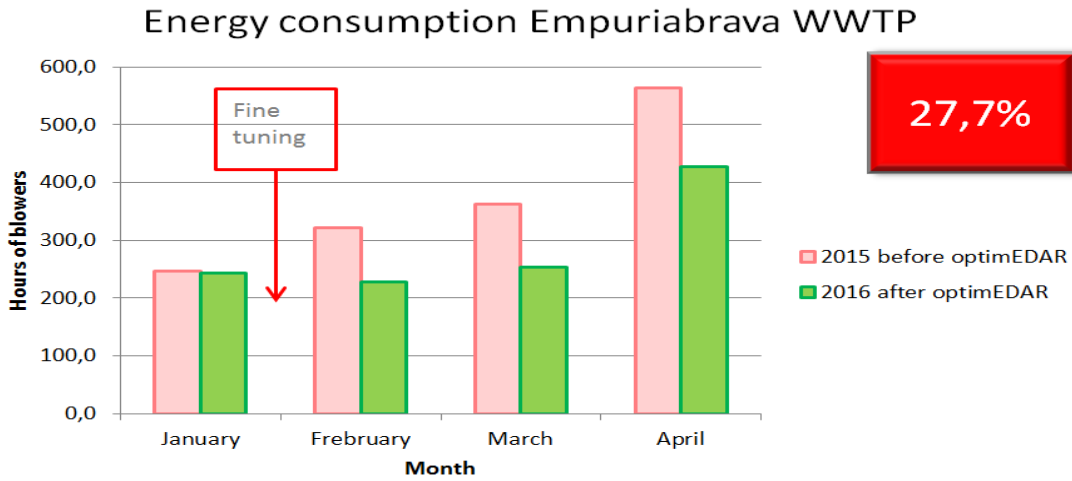
- Küçük ve orta ölçekli atık su arıtma tesislerinin havalandırma sürecinin uygun maliyetli çevrimiçi yönetim şemasını çalıştırmalarına imkan tanıyarak daha yüksek miktarda ve daha iyi kalitede arıtılmış su (daha az reaktans ve kimyasal yan ürünler) elde edilir.
- Daha az enerji tüketimi sağlanır.
- Tüm sistemin verimliliği artırır ve daha seri bir su kalitesi kontrol döngüsü sağlar.

OPTİMEDAR projesi, Mart 2015'te Empuriabrava'ya (İspanya) (70 bin nüfus ve 16.000 m<sup>3</sup>/gün atıksu) kuruldu ve farklı iklim şartlarında çalıştırıldı.

Son kullanıcı Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Bravadır. Havalandırma ünitesinde ÇO ve ORP izlemiş, OPTİMEDAR ünitesi ise tesis kontrol sistemine Profibus slave olarak entegre edilmiştir. 2016 Ocak ayından bu yana, havalandırma sistemi kontrolü OPTİMEDAR ünitesine çevrildi. Sonuç olarak, enerji tüketiminde önemli bir azalma sağlanmıştır. Blowerların bakım onarımları, işletmesi ve enerji tüketimi %28,7 azaldı ve arıtılmış suyun kalitesi iyileşmiştir.

Ayrıca, OPTİMEDAR, Kasım 2015'te Wijer (Belçika) 'da da kuruldu. Son kullanıcı Aquafin, Ocak 2016'da OPTİMEDAR ile fabrikanın kontrolünü ele geçirdi. O zamandan beri, blowerlarda enerji tüketimi %20,8 oranında azaldı (Şekil 16).





**Şekil 16.** OPTIMEDAR Sistemli ve OPTIMEDAR Sistemli Enerji Tüketimi Karşılaştırması

Wijer WWTP, Flanders'da faaliyet gösteren Aquafin NV'ye aittir ve 289 fabrikada yaklaşık 5,5 milyon kişi eşdeğeri belediye atık sularını toplar ve arıtır. Wijer WWTP, seyreltilmiş şarj ile karakterizedir ve OPTIMEDAR bu şartlar altında çalışacak şekilde optimize edilmiştir. Bu optimizasyondan sonra, sonuçlar önceki O<sub>2</sub>-kontrol yöntemine kıyasla enerji tüketiminde yaklaşık %10'luk bir azalma ile havalandırıcıların enerji dengesinde güçlü bir gelişme göstermiştir.

OPTIMEDAR sistemi ile havalandırma tesisi işletme maliyetini azaltma;

- Arıtma tesisi işletme maliyeti düşer.
- OPTIMEDAR'ın işletme maliyetleri, amonyum kontrolüne kıyasla çok daha düşük ve güvenlidir.
- Normal işletmelerde blowerlar günde ortalama 14-16 saat çalıştırılırken OPTIMEDAR sistemi ile 5-6 saat çalışır. Böylece günde %60 enerji tasarruf edilir.
- Blower, hesaplanan, mevcut eşdeğer organik madde yüküne göre adapte edildiğinden dolayı havalandırma daha az çalıştırılır ve enerji tüketimini ortalama %20'e kadar düşürüyor. Sistem optimize edildiğinde bu değer %27,7'e kadar çıkarılabiliyor.
- Daha az reaktans ve kimyasal tüketilir.
- Sistem, anaerobik devir, aerobik devir ve anoksit devir değişken esasına göre çalışmasına dayandığı için %15 oranında daha az çamur oluşur. Çamurun organik madde içeriği azalır. Çamur stabilizasyonu kolaylaşır. Ayrıca yüksek arıtma verimliliğinden dolayı azot, %92-99 oranında ve fosfor, %40-65 oranında azaltılır. Arıtılmış suyun kalitesi artırılır. Arıtılmış suyun alıcı ortama ötrofikasyon gibi negatif etkileri minimize edilir.
- Bu sistemle, organik madde yanında nitrat, amonyum ve ortofosfat giderilir.
- Denitrifikasyon-defosfatlanma döngülerinden dolayı besi maddeleri giderim verimliliği artar, çamurda mikrobiyolojik stabilite sağlanır. Sistem, çamur yaşını en az 23-26 gün olarak garanti eder.

## Atıksu Arıtma Tesislerinin Enerji Verimli İşletilmesi

- OPTIMEDAR sistemi çalışmaya başladıktan 3 gün sonra nitrat konsantrasyonu 170 mg/l'ten 4 mg/l'te düşmüştür.
- Havalandırma reaktörünün oksijen gereksinimlerine göre blowerların zamanlama ve çalışma koşullarını ayarlayarak, daha uzun denitrifikasyon çevrimlerine izin verirken enerji tüketimi optimize edilir.
- Karbon dioksit emisyonu azalır.



### Şekil 17. OPTIMEDAR Sistemi ile Arıtmanın Faydaları

#### OPTIMEDAR sistemi ile arıtılmış suyun kalitesini artırma;

- Kontrol edilemeyen dış şartlar ve beslemedeki ana değişiklikler hali dengeli restore edilir.
- Biyolojik reaktörde stabilizasyon sağlanır,
- Karbonik talebi giderilir,
- Azot muhtevası giderimi artar,
- Fosfor gideriminde yüksek performans sağlanır.

#### OPTIMEDAR sistemi ile işletme verimliliği iyileştirme;

- Enerji tüketimi optimize edilir,
- Atıksu arıtımı için optimum durum sağlandığı için çamur stabilizasyonu sağlanır.

## 7. ATIK ISI GERİ KAZANMA

Kanalizasyonlardaki atıksu ısı, bölgesel olarak binaların ısıtılması ve soğutulması için ısı pompaları ile birleştiğinde ideal bir enerji kaynağıdır. Deneyimlerimize göre, böyle bir tesis için minimum gereksinimler şunları içerir:

- Yaklaşık 10 L/s atık su akışı
- Yaklaşık 10°C'lik bir atık su sıcaklık seviyesi
- 100 kW'tan itibaren bir güç gereksinimi (yaklaşık 50 kW'tan itibaren ısıtma ve soğutma için).

Isı pompaları yardımıyla atıksu merkezleri ısı geri kazanımı, çevre dostu, onaylanmış ve ekonomik açıdan rekabetçi, ancak çoğu zaman hafife alınmış bir teknoloji oluşturur. Örneğin, Avusturya'da, bu metodoloji Avusturya'nın (GWP) oda ısıtmasında enerji tüketimi %17 oranında düşürebilmektedir.

Tüm büyük şehirlerdeki ve illerdeki ana kanalizasyon sistemlerinin, terfi merkezlerinin ve atıksu arıtma tesislerindeki pompa istasyonlarının değişken olmayan atıksu ısı enerji kaynağı olarak yeterli ve değişken olmayan atık ısı sağlar; bu, büyük kanallı ısı pompaları için bir ısı kaynağı olarak kanalizasyon ısı değiştiricilerin güçlendirilmesiyle de kullanılabilir. Kullanım, özellikle 10.000'den fazla PE atıksu arıtma tesisi ile ekonomiktir. Kanalizasyon çapı 0,8 metreden daha fazla olmalıdır ve ısı kullanıcılarının çevreye yerleştirilmesi gerekir.

Küçük ısı kapasiteleri için maksimum 200 metre mesafe verilirken, ısı pompası veya kullanıcılar kanalizasyondan, terfi merkezlerinde ve atıksu arıtma tesislerinden daha yüksek kapasiteye sahip olan 2 km uzağa yerleştirilebilir. Başvurulardan biri Kanada'da bildirilmiştir. Isı pompası sistemi, belediye atıksu terfi merkezleri ile entegre bir enerji merkezinde uygulanmıştır. Isı pompası sistemi, başlangıçta planlandığı gibi 2,7 MW'tan daha yüksek olan 3.5 MW enerji çıkışı sağlamıştır.

Merkezi ölçekte binaların ısıtma ve soğutmasında ısı pompası kullanılarak fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi ve sera gazı CO<sub>2</sub> emisyonu önemli ölçüde azaltılabilir. Bu konuda yerel yönetimlerin ciddi çalışmalar yapması gerekir.

Her atıksu arıtma tesisinde (AAT)'de, bir MikroHES tesisi kurulabilir ve önemli miktarda enerji üretilebilir. Detaylar **Kaynak 16**'da verilmiştir.

## 8. KAYNAKLAR

1. <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/6/2819>
2. <https://iwaponline.com/wst/article/85/6/1824/87684/Energy-and-reliability-analysis-of-wastewater>
3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616302670>
4. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/atiksu-aritma-tesisi-ile-hizmet-verilen-belediyeleri-85746>
5. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197>
6. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-018-9478-x#CR32>
7. <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/1/227>
8. [http://www.mneproje.com/public/website/news/aritma-tesislerinin-enerji-verimli-isletilmesi\\_20200607101337.pdf](http://www.mneproje.com/public/website/news/aritma-tesislerinin-enerji-verimli-isletilmesi_20200607101337.pdf)
9. [http://www.mneproje.com/public/website/news/terfimerkezi\\_20200730051236.pdf](http://www.mneproje.com/public/website/news/terfimerkezi_20200730051236.pdf)
10. [http://www.mneproje.com/public/website/news/kanalizasyon-sistemi-ve-terfi-merkezlerinde-hidrojen-sulfur-ve-insan-sagligi-uzerine-etkisi\\_20201221112203.pdf](http://www.mneproje.com/public/website/news/kanalizasyon-sistemi-ve-terfi-merkezlerinde-hidrojen-sulfur-ve-insan-sagligi-uzerine-etkisi_20201221112203.pdf)
11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626192200023X>
12. <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/13/2042>
13. <https://sci-hub.ru/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.027>
14. <https://sci-hub.ru/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.018>
15. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/409386>
16. [http://www.mneproje.com/public/website/news/atiksu-aritma-hes\\_20200131070151.pdf](http://www.mneproje.com/public/website/news/atiksu-aritma-hes_20200131070151.pdf)