

ATIKSU ARITIMINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROJESİ -SONUÇ RAPORU-



NL Agency/Hollanda
Grontmij Nederland B.V.

Ankara, Ekim- 2010

Yetki

Başlık : Atıksu Arıtımında Enerji Verimliliği Projesi
Sonuç Raporu

:

Proje No. : 283439

Referans No. : I&M-1016744-BG

Kontrol :

Tarih : Ekim 2010

Hazırlayan(lar) : dr. ir. S. Geilvoet, ir. S.G.M. Geraats, ir. F.J.M.
Schelleman, ing. M. Teunissen

E-posta : bert.geraats@grontmij.nl

Gözden geçiren(ler) : ir. A.H.M. Buunen

İmza (Kontrol) :

Onay : ir. J.M. Kunst

İmza (Onay) :

İrtibat : De Holle Bilt 22
3732 HM De Bilt
PO Box 203
3730 AE De Bilt
T +31 30 220 74 44
F +31 30 220 02 94
www.grontmij.nl

Ankara - 2010

İçindekiler

1	GİRİŞ	1
1.1	Arka Plan.....	1
1.2	Atıksu Arıtma Alanında Enerji Verimliliği Üzerine Hazırlanmış Olan Bu Rehber Hakkında	2
2	YASAL VE KURUMSAL ÇERÇEVE	5
2.1	Yasal Çerçeve.....	5
2.1.1	Bugüne Kadar Kaydedilen İlerleme	7
2.2	Kurumsal Çerçeve	11
2.3	Atıksu Arıtmayla İlgili Genel Durum	11
3	ATIKSU ARITMA TESİSİ-GENEL TANIM	14
3.1	Atıksu Arıtma Tesisi'nin Genel Tanımı	14
3.2	Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Tüketimi	17
3.3	Nihai Çamur Bertarafı	18
3.4	İşletmede Enerji Yönetimi	19
4	HOLLANDA'DA ATIKSU ARITIMINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ	20
4.1	Atıksu Arıtmada Uzun Vadeli Enerji Verimliliği Sözleşmesi.....	20
4.2	Uzun Vadeli Sözleşme Sürecinin Düzenlenmesi.....	21
5	ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ	23
5.1	Giriş.....	23
5.1.1	Önlemlerin Etkisi	24
5.1.2	Yatırımlar.....	25
5.1.3	Geri ödeme Süresi	26
5.2	Önlemlerin Sınıflandırılması.....	26
5.2.1	Suyla İlgili Önlemler	26
5.2.2	Çamurla İlgili Önlemler.....	28
5.2.3	Havanın Temizlenmesine Yönelik Önlemler	29
5.3	Karar Vermede Kullanılacak Yöntem.....	29
5.4	Genel Önlemler	35
5.4.1	Havalandırma Sistem Türleri	35
5.4.1.1	Yüzey Havalandırma.....	35
5.4.1.2	Kabarcıklı havalandırma	36
5.4.2	Havalandırmanın Kontrolü	37
5.4.3	Tesis Tasarımı	39
5.4.4	Ekipman	40
5.4.5	Karıştırma ve Tahrik.....	41
5.4.6	Hidrolik Sistem	42
5.4.7	Egzozdan Gelen Havanın Temizlenmesi.....	44
5.4.8	Hava Çekme	44
5.4.9	Çamur Sistemi	45
5.5	Çürütme	46
5.5.1	Donanım.....	47
5.5.2	Enerji Üretimi.....	48
5.5.3	Biyogaz	50

GİRİŞ

5.5.4	Önçöktürme.....	51
5.5.5	Çamurun Ön-Arıtılması	51
5.5.6	İşletme.....	52
5.5.7	Üçüncü taraflar.....	53
5.5.8	Yoğunlaştırma	54
5.5.9	Yan akımların Arıtılması.....	54
5.5.10	Isının Tekrar Kullanımı	55
5.6	Susuzlaştırma	56
5.6.1	Ekipmanlar/Konfigürasyon	57
5.6.2	Kontrol.....	58
5.6.3	Çamur Beslemesi.....	58
5.7	Nutrient (N, P) Giderimi.....	59
5.7.1	Tesis Konfigürasyonu	59
5.7.2	Proses Kontrol	60
5.7.3	İleri Arıtma Teknikleri	62
6	ÇEŞİTLİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ	63
6.1	Türkiye'deki Uygulamalar.....	63

1 GİRİŞ

1.1 Arka Plan

Türkiye, yakın bir gelecekte Avrupa Birliği'ne katılmayı hedeflemektedir ve bu amaç doğrultusunda Avrupa Birliği mevzuatını uyumlandırarak uygulamaya geçirmesi gerekmektedir. Avrupa Birliği'nin çevre konusundaki mevzuatı da bu sürece dahildir. Avrupa Birliği Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi'nin hükümlerine uygunluğun sağlanabilmesi açısından Türkiye'de tüm ülke sathına yayılan, büyük ve küçük ölçekli çok sayıda atıksu arıtma tesisi kurulması gerekecektir.

Anılan Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi kapsamında tüm ülke suları eşit hassasiyette görülmektedir. Bu direktife uyumla ilgili olarak en yüksek masraflı olduğu öngörülen senaryoya göre eşdeğer nüfusu 10.000 ve üzeri olan tüm yerleşimler için ileri atıksu arıtma tesisleri kurulması gereklidir. Ayrıca, 2000-10.000 arası eşdeğer nüfusa sahip yerleşimlerde de uygun arıtma tesislerinin kurulması gerekecektir.

Türkiye'de atıksu sektöründe önemli yatırım ihtiyacı vardır. Bölüm 2.2.1.'de de görüleceği üzere, bu ihtiyaç büyük oranda 50.000'den az e.n. nüfuslu bölgelerde görülmektedir. Gelecek on yıllar zarfında farklı büyüklükte 3000'den fazla atıksu arıtma tesisi inşa edilmesi gerektiği düşünüldüğünde elde bir enerji verimliliği rehberi bulunmasının sektörde kayda değer ölçüde enerji tasarrufu sağlanmasına katkıda bulunacağı görülmektedir.

Bu anlamda, Türkiye'nin atıksu arıtma tesisleri kurarken en çok bu tesislerin enerji verimliliğinin temin edilmesinde zorluklarla karşılaşacağı değerlendirilmektedir. Türkiye'de hidroelektrik ve kömür haricinde önemli bir kaynak bulunmadığından yakıt ithalatı ön plandadır (Türkiye İçin Enerji Verimliliği Stratejisi, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü – EİE adına MVV Consultants). Tüm sektörlerde enerjinin verimli kullanımına odaklı bir yaklaşım sergilenmesi diğer ülkelerden akaryakıt tedarikine bağımlılığın azaltılmasına katkıda bulunacak, buna ilaveten enerji verimliliğine dayalı tesisler –özellikle de enerji verimini öngören önlemlerin tesislerin tasarım aşamasında hayata geçirilmesiyle birlikte- tesislerin işletim masraflarını düşürecektir. Gelecek zaman

zarfında Türkiye’de küçük, orta ve büyük ölçekli atıksu arıtma tesisleri tasarlanmaya devam edilecektir; bu doğrultuda asgari masrafla enerji verimliliğinin sağlanabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır. Sorun ve zorluklarla karşılaşılması beklenen alanlar şu şekilde özetlenebilir:

- Karar mercilerinde atıksu arıtma alanında enerji verimliliğinden elde edilecek fırsat ve kazanımlar konusunda bilinç oluşturulması;
- Atıksu arıtma tesislerinin enerji verimliliği esaslarına uygun, etkili bir şekilde işletiminin sağlanması (işletmecilerin eğitimi);
- Atıksu arıtma tesisleri alanında faaliyet gösteren tasarım ve mühendislik firmalarının konuyla ilgili olarak bilgilendirilerek etkin ve verimli enerji kullanımının gelecek projelere dahil edilmesinin sağlanması.

1.2 Atıksu Arıtma Alanında Enerji Verimliliği Üzerine Hazırlanmış Olan Bu Rehber Hakkında

Türkiye’deki atıksu arıtma sektöründe enerji verimliliği sağlamak amacıyla hazırlanmış olan bu rehber, atıksu arıtma tesislerinde enerji verimliliğinin nasıl artırılacağı konusunda bilgi kaynağı olmayı hedeflemektedir.

Türkiye’de atıksu arıtma sektöründe enerji verimliliğini sağlamak üzere hazırlanmış olan bu rehberin bir hedefi de Türkiye’deki kentsel atıksu arıtma sektörünün fosil yakıtlardan gelen karbon (CO₂) açısından nötr bir yapıya kavuşturulmasıdır. Rehber kapsamında teknolojik en iyi uygulama örnekleri, kentsel atıksu arıtma alanındaki enerji tüketimine yönelik tasarım ve işletim kriterleri ve belediyelerin enerji verimliliğini arttırarak CO₂ salınımlarını azaltmalarına yönelik tavsiyeler yer almaktadır. Aynı zamanda, enerji verimliliği esasına dayalı kentsel atıksu arıtma sistemlerine yapılacak sürdürülebilir yatırımların bir standartta kavuşturulmasını kolaylaştırmak açısından bankaların da bu rehberden istifade edebilecekleri düşünülmektedir

Elinizdeki bu rehber Hollanda’nın sektördeki deneyimine dayanarak hazırlanmıştır. Çeşitli sektörlerde (sanayi, atık yönetimi, su ve atıksu) enerji sarfiyatının azaltılmasına yönelik programlar Hollanda’da yıllar öncesinden hazırlanarak uygulamaya konmuştur. Uzun vadeli bu yaklaşım Bölüm 5’te daha ayrıntılı biçimde ele alınmıştır.

Bu uygulamalar neticesinde, atıksu arıtma tesislerinde enerji verimliliği getirecek ayrıntılı önlemlerin tespit edilmiş olması ve hazırlanmış olan el kitabı, bu süreç neticesinde evsel atıksu arıtma sektöründe elde edilen önemli çıktılardandır. Bu rehber hazırlanırken elde edilen bu deneyim ve ürünler esas alınmıştır.

Atıksu arıtma sektöründe enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması açısından bir diğer önemli husus da başlıca paydaşlar arasında işbirliği sağlanmasıdır. Bu itibarla, tüm paydaşların enerji tüketiminde önemli oranda azaltmaya gitmeyi taahhüt etmesi gerekmektedir. Gerekli mevzuatın hazır bulunması ve enerji verimliliğiyle ilgili önlemlerin hayata geçirilmesini engelleyici nitelikte olmaması da gerekmektedir.

Türkiye’deki mevcut yasal ve kurumsal çerçeve Bölüm 2’de daha ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Bu anlamda, sürece dahil olan başlıca paydaşlar aşağıdaki gibidir:

- Atıksu arıtma tesislerinin yenilerinin kurulması ve mevcut tesislerin (renovasyon dahil olmak üzere) işletim ve bakımından sorumlu olan belediyeler;
- Atıksu arıtma tesisleriyle ilgili yetki sahibi kuruluşlar olan İl Çevre ve Orman Müdürlükleri
- Atıksu arıtma tesisleri hazırlık ve gerçekleştirme süreçlerinde destek veren kurum olan İller Bankası. İller Bankası, bu anlamda, yerel yönetimlerin kentsel ihtiyaçlarının uluslararası standartlara uygun biçimde karşılanabilmesi adına projeler geliştirmekte ve uygulamakta, kredi vermekte ve danışmanlık ve teknik destek hizmetleri de sağlamaktadır.
- Büyükşehir belediyelerine bağlı su ve kanalizasyon idareleri (ASKİ, BUSKİ, İSKİ, İZSU, vs.) ülkedeki büyük ölçekli atıksu arıtma tesisleri hazırlamakta, kurmakta ve işletme/bakımını sağlamaktadır.
- Türkiye’deki belediyelerin farklı alanlardaki faaliyetleri Türkiye Belediyeler Birliği (TBB) tarafından koordine edilmekte olup Birlik üniversiteler ve Çevre ve Orman Bakanlığı’yla işbirliği içerisinde hali hazırda on yıllık bir eğitim programı hazırlamaktadır.

Enerji verimlilik önlemlerinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi açısından belirtilen yaklaşım ve rehberin anılan kurumlarca kabul edilip uygulanması ve aynı zamanda yine bu taraflarca güçlendirilerek yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bu rehberin öncelikli hedef kitlesi atıksu arıtma tesislerini tasarlayarak hayata geçiren şirket ve kurum/kuruluşlar ile Türkiye’deki atıksu arıtma tesisi ve bunların işletmecileridir.

Bu rehber, Hollanda tarafından finanse edilen ‘Türkiye’deki Atıksu Arıtma Sektöründe Enerji Verimliliği’ projesi kapsamında hazırlanmıştır. Anılan proje bir G2G projesi olup NL-EVD International (eski adıyla EVD) ve Hollanda menşeli NL Energy and Climate Change (NL Enerji ve İklim Değişikliği - eski adı SenterNovem) alt kuruluşu olan NL Agency (NL Ajansı) tarafından fonlandırılarak, Ameco’nun proje yöneticiliğinde gerçekleştirilen bir konsorsiyum tarafından yürütülen ‘Türkiye’deki Küçük ve Orta Ölçekli Belediyeler İçin Uygun Atıksu Arıtma Yöntemlerinin Geliştirilmesi’ projesiyle yakın işbirliği içerisinde uygulanmıştır. Bu rehberin bazı bölümleri (örn. Bölüm 2) ve kimi kısımları Ameco projesi tarafından hazırlanmıştır.

Grontmij Nederland, Enerji Verimliliği projesinde rehberin hazırlanmasından sorumlu uzman olarak yer almıştır

Rehber aşağıdaki bölüm/kısımlardan oluşmaktadır:

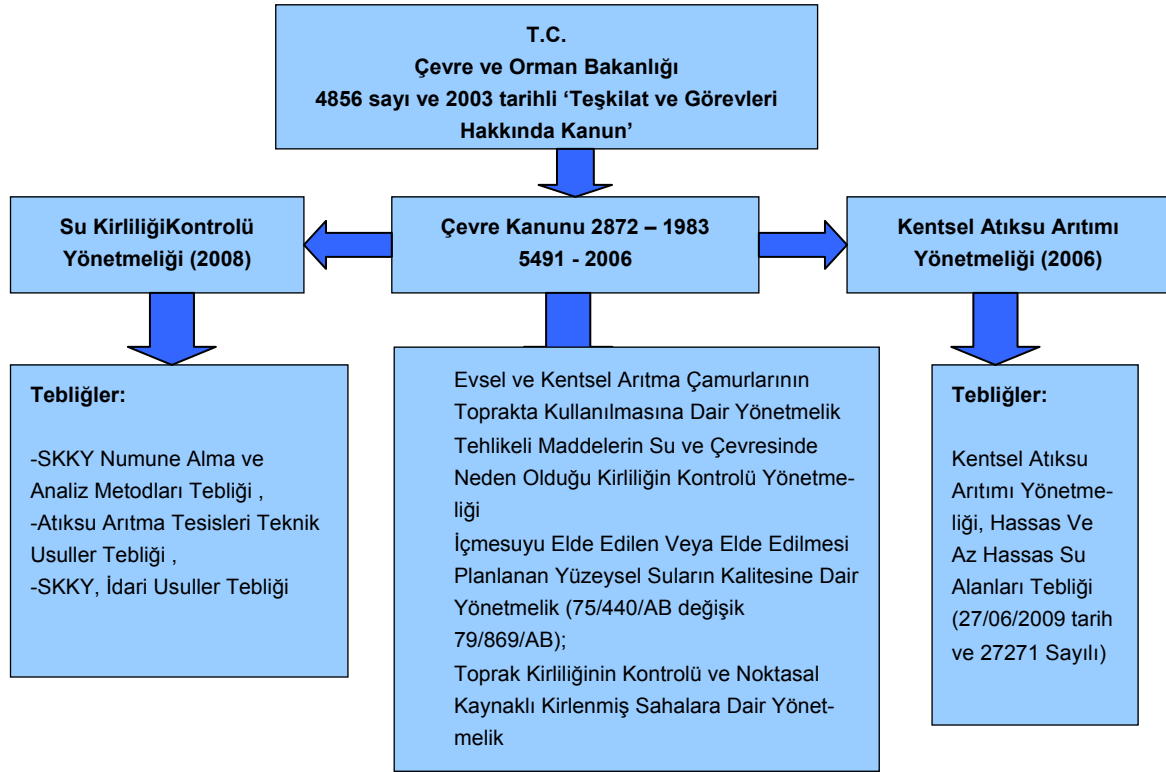
- Bölüm 2 – Yasal ve Kurumsal Çerçeve
- Bölüm 3 – Atıksu arıtma konusunda genel bilgi ve enerji verimliliğine yönelik önlemlerin uygulanma adımları
- Bölüm 4 – Hollanda’da Enerji Verimliliğinin Sağlanmasına Dair Uzun Vadeli Anlaşma’nın bir özeti ve atıksu arıtma sektörüne yönelik uygulamalar
- Bölüm 5 – Atıksu arıtma sektöründe enerji verimliliğine yönelik mevcut önlemlerin kapsamlı ve ayrıntılı bir sunumu ve önlemler arasında tercihi kolaylaştırmak için bir süreç şeması (karar ağacı)
- Bölüm 6 – Bu rehber ve sunulan önlemlerin Türkiye’de en iyi ne şekilde kabul edilerek uygulanabileceğiyle ilgili varılan sonuç ve tavsiyelerimiz

2 YASAL VE KURUMSAL ÇERÇEVE

2.1 Yasal Çerçeve

Türkiye, mevcut durum itibarıyla su sektöründe AB Direktiflerini önemli oranda uyumlandırmış bulunmaktadır.

21 Mayıs 1991 tarih ve 91/271/EEC sayılı Avrupa Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi'ne uygun şekilde Türkiye'de Kentsel Atıksu deşarj ve arıtmasını düzenleyen iki yönetmelik bulunmaktadır, bunlardan ilki olan Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği kentsel atıksu arıtma tesislerinde atıksuyun toplanması, arıtılması ve deşarjı konularını düzenlerken, diğer bir yönetmelik olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ise yüzey sularında ev ve sanayi deşarjlarından kaynaklanan su kirliliği düzenlenmektedir. Türkiye'de, bu enerji verimliliği rehberiyle ilgili bir yasa da 5627 sayı ve 2007 tarihli Enerji Verimliliği Kanunu'dur. Anılan kanunun maksadı enerji kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanımının sağlanması, enerjinin gereksiz harcanmasının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerinde neden olduğu yükün azaltılması ve çevrenin korunmasıdır.



(Kaynak: Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010)

Aşağıdaki yönetmelikler farklı açılardan atıksu arıtma tesislerinin kurulmasıyla ilgili olması sebebiyle değerlendirilmektedir:

- **Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği**

Yönetmelik'te (Mad. 6a) kentsel atıksu arıtma tesislerinin tasarım, inşaat ve bakım aşamalarında izlenecek usul ve esaslar, organik ve hidrolik yüklerdeki mevsimsel değişiklikler ile normal yerel iklim şartlarındaki uygun performans kriterleri ışığında düzenlenmektedir. Bu yönetmelik, ayrıca, 2000-10.000 ve 10.000 ve üzeri eşdeğer nüfus alanlarındaki deşarjlara dair usul ve esasları da düzenler. Yönetmelik kapsamında yer alan bazı diğer konular arıtma çamuru, temiz su deşarj gerekleri, nehir ağzı ve kıyı suları ile kentsel atıksu deşarjı ve alıcı ortamların takibidir.

- **Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**

Su Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği kentsel atıksu dahil olmak üzere her türlü su deşarjını düzenlemektedir. Bu Yönetmelik ile yüzey ve yeraltı sularının evsel ve sanayi deşarjlarından kaynaklanan kirliliğe karşı korunması hedeflenmektedir. Yönetmelik, aynı zamanda, kanalizasyona yapılan ön-arıtması gerçekleştirilmiş sanayi deşarjları ile atıksu arıtma deşarj noktala-

rından alınan numunelerin atıksu altyapı sistemlerinden sorumlu merciler tarafından gerçekleştirilecek olan periyodik analizlerinde uyulacak kuralları da düzenlemektedir.

- Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği

Bu Tebliğin amacı, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği uyarınca hassas su alanları ve az hassas su alanlarının tespiti, izlenmesi ile bu alanlara yapılacak kentsel atıksu deşarjlarının tabi olacağı usul ve esasları belirlemektir

İlgili Türk mevzuatı ve kentsel atıksu arıtma tesislerinin ruhsatlandırılmasıyla ilgili ayrıntılar Kısım 2.1.2’de belirtilmiştir.

2.1.1 Bugüne Kadar Kaydedilen İlerleme

Türkiye’deki mevcut mevzuat, 26047 sayı ve 08.01.2006 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği ile Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi’ne uyumlu hale getirilmiştir. Anılan Yönetmeliğin Geçici 2 nci maddesi uyarınca hassas alanlar Haziran 2009 tarihi itibarıyla tespit edilmiştir. Hassas alanlar ve bu alanlardaki yerleşimlerle ilgili teknik çalışmalar halen devam etmektedir. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından sağlanan resmi verilere göre (2008), atıksu arıtma tesislerinin sayıları ve atıksu arıtma tesislerine bağlantı oranları aşağıdaki şekilde belirtilmiştir:

Tablo 1: Türkiye Atıksu İstatistiklerine Genel Bakış

Nüfus Aralığı	Belediye Sayısı	Arıtma Hizmeti Verilen Nüfus Oranı	AAT Sayısı (İleri +Biyolojik)
≥100.000	152	81,3%	76
50.000-99.999	96	29,9%	18
10.000-49.999	317	21,5%	46
2.000-9.999	1455	8,2%	62

(Kaynak: Çevre ve Orman Bakanlığı,2009 ve TÜİK, 2008)

Türkiye’de hala yeni atıksu arıtma tesislerinin yapılması yönünde önemli bir ihtiyaç vardır ki, buna göre yapılacak çok sayıdaki yeni tesiste enerji verimlilik kriterleri uygulanarak önemli enerji tasarrufu sağlayabilmek mümkündür.

Belediyelere ait istatistiksel veriler aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

- Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı, %88'ye ulaşmıştır.
- 3225 belediyeden 2421'ine kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilmektedir.
- Kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen 3,26 milyar m³ atıksuyun, 2,25 milyar m³'ü atıksu arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Arıtılan atıksuyun %38,3'üne biyolojik, %32,7'sine fiziksel, %28,8'ine gelişmiş ve %0,3'üne doğal arıtma uygulanmaktadır.
- *Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı* 2002 yılında belediye nüfusunun %34'iken Bakanlığımız tarafından elde edilen verilere göre 2009 sonu itibariyle bu oran % 68'e ulaşmıştır.
- Bakanlığımız verilerine göre 2009 yılı sonunda 242 atıksu arıtma tesisi ile 342* belediye arıtma tesisi hizmeti verilmektedir.

(* TUİK 2010 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçlarına göre belediye sayısı 3225'den 2951'e düşmüş olup, bazı belediyeler mahalleye veya köye dönüştürülmüştür.)

Önceki verilerle kıyaslandığı zaman atıksu arıtma tesislerinin sayısında kayda değer oranda bir artış olduğu görülmektedir. Bağlantı oranı karşılaştırmaya olanak vermemekle birlikte geliştirilmeye ihtiyaç olduğu ortadadır. Ancak, 2008 tarihli veriler itibarıyla 10.000 ve üzeri nüfusa sahip belediyeler ile mevcut atıksu arıtma tesis sayıları kıyaslandığında atıksu arıtma tesisine ihtiyacı olan hala çok sayıda belediye bulunduğu görülmektedir.

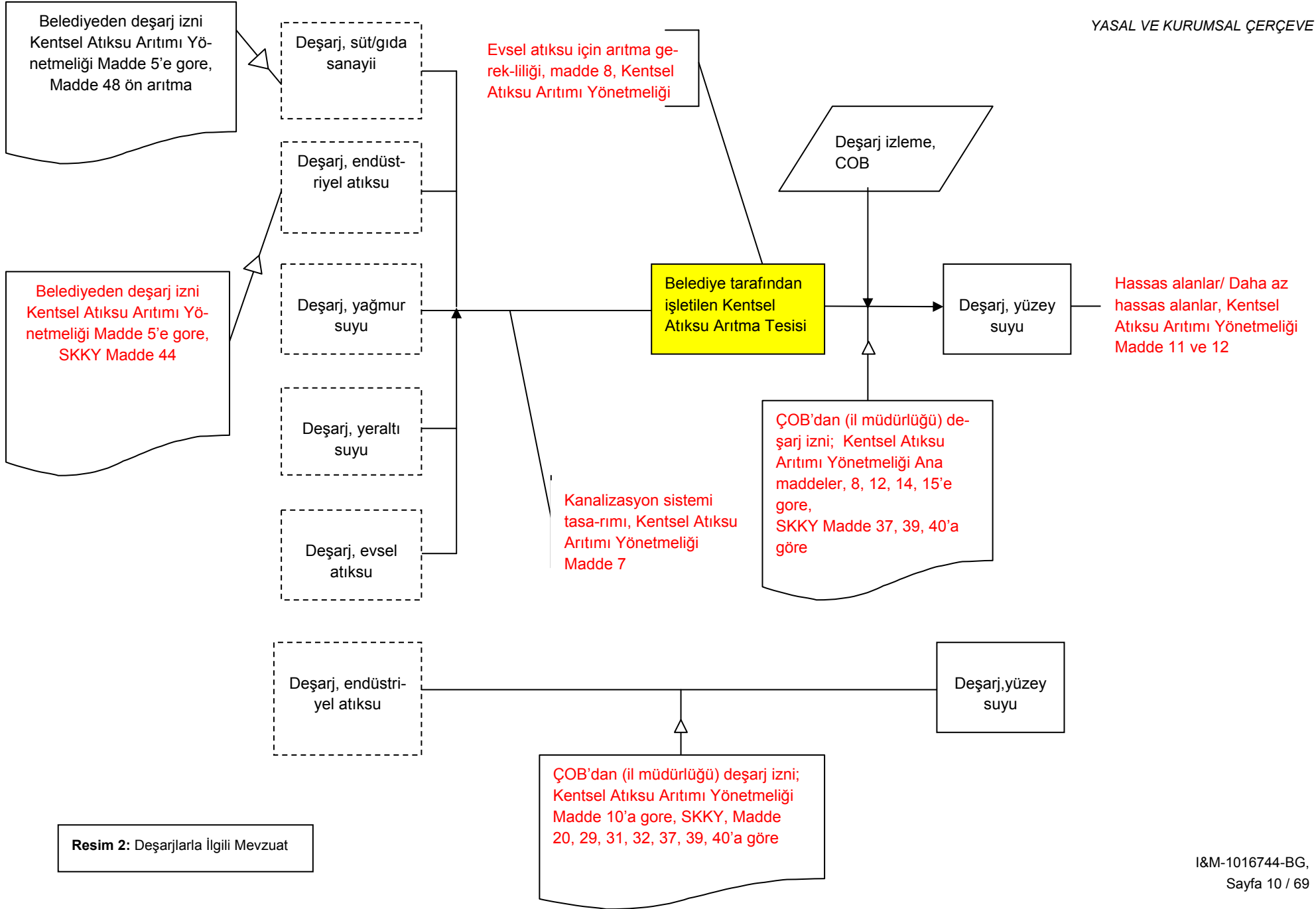
Eşdeğer nüfusa (p.e.) dayalı yerleşim listelerinin tamamlanabilmesi için sürdürülen teknik çalışmalar devam etmektedir. Aynı zamanda, yerleşimlerin büyüklüğü ve yükünün yanı sıra arıtma çamuru miktarının takibi açısından da benzer nitelikte teknik çalışmalar yürütülmektedir.

Kentsel atıksu arıtma tesislerinin performans takibi bağlı buldukları belediyeler tarafından yapılmaktadır. Kentsel atıksu arıtma tesislerinden deşarjı gerçekleştirilen suların deşarj ortam standartlarına uygunluğu konusu her bir sektör için 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilmektedir.

Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri ve yüzey sularını ilgilendiren deşarjlarla ilgili mevzuat bir akış şeması dahilinde Resim 2'de gösterilmiştir. Akış şemasında yer alan her bir adımda her iki yönetmelikte yer alan ilgili maddeler de belirtilmiştir. (Kaynak: *Baseline Assessment*:

Wastewater treatment in small and medium sized municipalities in Turkey, MoEF, November 2009 – Temel Değerlendirme: Türkiye’de Küçük ve Orta Ölçekli Belediyelerde Atıksu Arıtma, Ameco, Kasım 2009)

Sanayi deşarjlarını ilgilendiren yönetmelik ve ulusal ihtiyaçlara ilaveten Büyükşehir belediyeleri bünyesinde bulunan su ve kanalizasyon idarelerinin de kanalizasyon sistemine yapılacak deşarjlarla ilgili kendi yönetmelikleri bulunmaktadır. Resim 2’de bu yönetmeliklere atıfta bulunmuştur. Anılan kurumsal yönetmelikler yerel şartların gereklerine göre özel ihtiyaçları belirlemektedir.



2.2 Kurumsal Çerçeve

Bu anlamda, genel görev ve sorumluluklar aşağıdaki gibidir:

- Çevre ve Orman Bakanlığı, atıksu deşarj esas ve usulleri, sektör bazında deşarj standartları, alıcı ortam ve kanalizasyon sistemine gerçekleştirilecek deşarjlarla ilgili ruhsat/izin süreçleri, kontrol ve takip, ve atıksu arıtma projelerinin onayından sorumludur.
- İller Bankası, belediye tarafından talep edilmesi halinde atıksu arıtma tesisleriyle ilgili proje-tasarım, ihale ve inşaat işlerinin sorumluluğunu üstlenir. İller Bankası aynı zamanda belediyelere atıksu arıtma tesisleri için kredi ve hibe de sağlar.
- Büyükşehir ve diğer belediyeler kanalizasyon sistemleri ve atıksu arıtma tesislerinin kurulması, bakımı, iyileştirme/ıslah çalışmaları ve işletiminden sorumludur.
- Belediyelerin kendi kanalizasyonlarına yapılacak endüstriyel deşarjlarıyla ilgili görev ve sorumlulukları aşağıdaki gibidir:
- Belediyeler, kanalizasyon sistemlerine gerçekleştirilen endüstriyel deşarjlarla ilgili yapılan ölçümlere ait analiz verilerini temin eder.
- Belediyeler, atıksuyun Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygunluğunu denetler.
- Belediyeler, su ve atıksu hizmetlerini ruhsat verdikleri özel bir şirkete devredebilirler.
- Belediyeler, düzenli aralıklarla denetimler gerçekleştirir.
- Ruhsatlar üzerinde gerekli değişiklikleri belediyeler gerçekleştirir.

2.3 Atıksu Arıtmayla İlgili Genel Durum

Türkiye'deki Atıksu Arıtma Sektöründe Enerji Verimliliği' projesinin başlangıç sürecinde farklı paydaşlarla yapılan toplantılar ve tartışmalara ilaveten gerçekleştirilmiş bulunan başlangıç çalıştayında (*Kaynak: Proje Başlangıç Raporu, NL Energy and Climate Change, Şubat 2010*), bazı bulgular ve sonuçlar ortaya konmuştur. Elde edilen bu bulgular şu şekilde özetlenebilir:

- Türkiye, su ve atıksu sekrörü ile ilgili olarak AB Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi de dahil olmak üzere başlıca AB direktifleriyle mevzuat uyumunu gerçekleştirmiştir. Türk mevzuatında atıksu arıtma konusundaki tüm gereklilikler tanımlanmış, kentsel atıksu arıtma alanında faaliyet gösteren tüm kurum ve kuruluşların görev ve sorumlulukları açık bir şekilde ifade edilmiştir.
- Kentsel atıksu arıtımı ile ilgili gereklilikler Türk yasalarında yerini bulmuş olmakla birlikte uygulamada bu yasaların ne ölçüde gözetildiği konusunda hala belirsizlik mevcuttur. Genel itibarıyla, yönetmeliklerin gerektiği şekilde uygulanabilirliğinin sağlanması açısından ulusal, il ve belediyeler bazında personelin kapasite geliştirmeye ihtiyaç duyduğu değerlendirilmektedir.
- Kentsel atıksu arıtımı teknolojileri konusunda yeterli bilgi/eğitim donanımına sahip personel açığı bulunmaktadır. Ayrıca, kentsel atıksu arıtma tesislerinin işletme ve bakımından sorumlu personelin de eğitim ve kapasite geliştirmeye gereksinimi vardır.
- Belediyeler kendi sorumluluk alanlarında bulunan kanalizasyon sistemine gerçekleştirilen sanayi deşarjlarıyla ilgili ruhsatlandırmadan sorumlu olmakla birlikte, yapılan deşarjların kalitesiyle ilgili kontrolleri düzenli olarak gerçekleştirmemektedir. İzleme ve analiz ekipmanına, tesislere ve ilgili personelin eğitilmesine ihtiyaç vardır (ayrıca bkz. açıklama 2)

Atıksu toplama ve kentsel atıksu arıtma tesislerinin daha da geliştirilmesi gerekmektedir (bkz. Tablo 1). Bu nedenle, atıksu arıtma süreçlerinde enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması gerektiren önemli bir potansiyel bulunmaktadır.

Rapor: *'Baseline Assessment: Wastewater treatment in Small and Medium sized Municipalities in Turkey, Ameco, November 2009 - Temel Değerlendirme: Türkiye'de Küçük ve Orta Ölçekli Belediyelerde Atıksu, Kasım 2009'*, adlı çalışma kapsamında atıksu arıtma konusunda Türkiye'deki mevcut duruma dair yukarıda ele alınanlara paralel bir takım bulgular, sonuçlar ve tavsiyeler üzerinde durulmaktadır.

Başlangıç çalıştayında mevcut bilgi birikiminin güncelliğini sağlayabilmek açısından kentsel atıksu arıtma tesislerinin işletme ve bakımından sorumlu personele ilave eğitim verilmesi hususunda yaygın mutabakat ve destek sağlanmıştır

Atıksu arıtma tesislerinin tasarım ve işletim süreçlerinde enerji verimliliği sağlanabilmesi ancak bu tesislerin tasarım kriterlerine uygun bir şekilde yönetilerek işletilmesiyle

mümkündür. Aynı zamanda, tesislerin arıtma performansları detaylı ve planlı olarak izlenmelidir. Tesisler iyi eğitilmiş personel tarafından işletilmelidir. Aşağıdaki bölümlerde ele alınacak olan enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasında tesislerin optimum işletim beklentilerinin altında kalma riski olduğundan tesislerin işletiminden sorumlu personelin iyi eğitilmiş ve deneyimli olması ve/veya daha ileri takip/izleme süreçleri uygulanması başarı açısından önemlidir.

3 ATIKSU ARITMA TESİSİ-GENEL TANIM

3.1 Atıksu Arıtma Tesisi'nin Genel Tanımı

Tipik bir atıksu arıtma tesisi (bundan sonra 'tesis' olarak ifade edilecektir), Biyolojik Kimyasal Oksijen İhtiyacı/Kimyasal Oksijen İhtiyacı'nı (BOİ/KOİ) giderimi, biyolojik, kimyasal ya da karma yöntemlerle fosfor (P) giderimi ve nitrifikasyon ve denitrifikasyon yoluyla da biyolojik azot (N) giderimi yapılan işletmeyi ifade eder. Hollanda örneğinde, toplam P ve toplam N'nin %75'i bu şekilde sudan ayrılmalıdır. Tipik organik yükleme oranı günde 0.05 kgBOİ/kgAKM-gün'dür. Tipik bir tesiste bulunan üniteler aşağıdaki gibidir:

- Kaba ızgaralar
- Kum tutucu
- Ön çöktürme havuzu
- Anaerobik tank
- Selektör tankı
- Anoksik havuz
- Aerobik havuz
- Son çöktürme
- Geri devir pompa istasyonu
- Fazla çamur pompa istasyonu
- Çamur yoğunlaştırma (birincil ve ikincil çamur)
- Çamur çürütme (digestion)
- Çamur susuzlaştırma

Kaba Izgaralar

Yaprak, saç, kağıt vs. kaba malzeme sistemin devamında herhangi bir tıkanıklığa neden olmaması için kaba eleklerde tutulur.

Kum Tutucu

Sudaki kum muhtevası kum tutucuda toplanarak sistem pompa ve borularına zarar vermemesi sağlanır.

Ön Çöktürme Havuzu

Ön çöktürme havuzunda atıksu içindeki toplam kuru katı madde içeriği yaklaşık olarak %50 ve organik yük de (BOİ/KOİ) %30 oranında tutulup çökeltilerek birincil çamur elde edilir. Önçöktürme havuzu kullanıldığında:

- Havalandırma tankı hacmi azalır
- Çamur çürütme safhasında yüksek oranda gaz oluşumuna neden olan birincil çamur elde edilir
- Denitrifikasyon için gereken BOİ miktarı azalacağından denitrifikasyon daha zorlaşabilir.

Dolayısıyla, ön çökeltme havuzu kurulması kullanışlı olması veya olmaması, yerel şartlara bağlıdır.

Anaerobik Tank

Havasız ortamın sağlandığı bu havuzlar fosfor gideren bakterilerin sistemde gelişebilmesi için kullanılır Bu bakterilerin önemli bir özelliği büyümeleri için gerekli olan fosfor miktarından daha fazlasını bünyelerine alabilmeleridir. Uygun şartlar oluştuğunda kuru ağırlıklarının %2 si kadar fosfor yerine %3,5 oranında fosforu bünyelerine alabilmektedirler. Uygun şartların oluşması için değişen aerobik ve anaerobik ortam gerekmektedir. Anaerobik şartlar altında bakteriler suya fosfor bırakır ve aerobik şartlardaysa sudan fosfor alırlar. Anaerobik havuza atıksuya ilaveten anoksik havuzdan dönen içsel geri devir de katılır.

Selektör Tankı

Selektör, anaerobik tank çıkış suyunu ve kısmen de geri devir çamurunu alan nispeten küçük boyutlu ve anaerobik bir havuzdur. Bu havuzun bir atıksu arıtma tesisi açısından önemli olmasının nedeni filamentli bakteri türlerine kıyasla flok oluşturan bakteri türlerinin gelişmesi açısından daha uygun şartlara sahip olmasıdır. Filamentli bakteriler anoksik şartlarda ya hiç BOİ gideremez ya da BOİ giderme kapasiteleri yok denecek

kadar azdır. Bu durum flok oluşturan bakteriler için tam tersidir. Dolayısıyla, selektördeki anoksik ortamdaki BOİ büyük ölçüde kflok oluşturan bakteriler tarafından giderilir böylece aerobik şartlara sahip aerobik havuzdaki filamentli bakteriler gelişmeleri için gereken BOİ yi bulamaz

Anoksik (havalandırmaz) Havuz

Selektör çıkış suyu ve aerobik havuzun sonundan gelen nitratlı içsel geri devir suyu anoksik havuza alınır. Atıksu arıtma tesisinin bu aşamasında heterotropik bakteriler çözülmüş oksijen yerine nitrat kullanmak suretiyle KOİ/BOİ oksidasyonunu sağlar. Bu denitrifikasyon sürecinde nitrat azota (gaz) indirgenir.

Aerobik Havuz

Sonraki aşamada, anoksik havuz çıkışı aerobik tanka verilerek geri kalan KOİ/BOİ de burada heterotropik bakterilerce oksidasyona uğrar. Sisteme gereken çözülmüş oksijen kabarcıklı ya da yüzey havalandırma yöntemiyle verilir. Ototrofik bakteriler amonyağı okside ederek sırasıyla nitrit ve nitrate dönüştürür. Bakterilerin büyümesi sonucu oluşan fazla çamur ikincil çamur olarak fazla çamur pompa istasyonunda bertaraf edilir.

Son Çöktürme Havuzu

Sonçöktürme havuzunda çamurun sıvı ve katı fazı birbirinden ayrılır. Çöken çamur geri devir çamur pompa istasyonu vasıtasıyla selektöre aktarılırken savaklanan su da alıcı ortama deşarj edilir.

Çamur Yoğunlaştırma

Birincil ve ikincil çamur, kuru katı madde oranı %0,8-1,0'dan %3,5-6,0 seviyesine kadar yoğunlaştırılır. Bunun için graviteli yoğunlaştırıcı ya da mekanik yoğunlaştırıcılar kullanılır.

Çamur Çürütme

Yoğunlaştırılmış olan çamur çürütücüye (digester) pompalanır. Yaklaşık olarak 33°C derecede ve anaerobik koşullar altında çamurun organik kuru katı içeriği yaklaşık olarak %35-50 oranında azalır. Anaerobik bakteri, organik malzemeyi metan, CO₂ ve suya dönüştürür. Burada elde edilen metan bir kojeneratörde elektrik ve ısı elde etmede kullanılabilir. Aynı şekilde, elde edilen ısı enerjisi çürütücünün ve tesis içerisindeki binaların ısıtılmasında, elektrik enerjisi de tesisin işletmesinde kullanılabilir.

Çamur Susuzlaştırma

Çürütülen çamur bir santrifüjden ya da beltpresden geçirilerek susuzlaştırılır. Bu işlem sonrasında toplam katı konsantrasyonu %20-25 seviyelerine ulaşır. Susuzlaştırılmış olan çamur yakma fırınına gönderilir.

3.2 Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Tüketimi

Atıksu arıtma tesislerinde enerji tüketimi tesis büyüklüğü ve tipine göre farklılık gösterir. Aynı zamanda, atıksu arıtma prosesinin etkin bir şekilde işletilerek izlenmesiyle enerji verimliliği açısından önemli yararlar sağlamak mümkündür.

Hollanda, atıksu arıtma tesislerinde enerji tüketimini izlemektedir. Bu bağlamda, farklı yerel su idarelerince (waterboard) elde edilmiş olan sonuçlar, eşik değerler ışığında incelenerek karşılaştırılmakta ve atıksu arıtma tesislerinin enerji tüketimine dair rakamsal genel veriler bu şekilde elde edilmektedir. Atıksu arıtma tesislerinde enerji tüketimi atıksu arıtma ve çamur süreçleriyle ilgilidir. Susuzlaştırmadan sonraki süreçlerdeki çamur prosesi bu verilere dahil değildir. Ulaşım için gereken enerji hesabında da yine waterboardlar ile tesis arasında kullanılan nakliye sistemleri düşünülmüş, belediyeler buna dahil edilmemiştir.

Hollanda'da atıksu arıtmadaki enerji tüketimi, giderilen eşdeğer nüfus (PE-r) başına yaklaşık olarak yılda 27 kWh/PE-r'dir*. Bu değerden ortalama olarak 15 kWh/Pe-r havalandırma için kullanılır. Hollanda için tipik elektrik enerjisi tüketim verileri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir:

	Ortalama	Aralık	
Toplam tesis	27	20-34	Kwh / PE-r
Havalandırma	15	10-20	Kwh / PE-r
Susuzlaştırma	0,13	0,04-0,27	Kwh / kg ds
Nakliye	0,016	0,0028-0,0333	Kwh/m ³ km

Bu enerji ihtiyacı, büyük oranda atıksu arıtma tesisindeki üniteler için gereken elektriği ifade etmektedir. Şebekeden alınan metan kullanımı göz ardı edilebilir seviyededir. Çürütme için gereken ısı biyogaz üretiminden elde edilen gazla elektrik üretiminde kullanılan gazlı motorun egzoz sıcaklığından elde edilmektedir. Çürütme, elektrik üretimi ve biyogaz üretiminden elde edilen ısı bir arada bulunduğu, üretilen elektrik tesiste

tüketilmektedir. İlave elektrik gerekmesi durumunda şebekeden alınmalıdır. Kojenerasyondan elde edilen ısı çürütme işlemi için yeterli olmaktadır. 2008 yılında Hollanda’da belediyelere ait atıksu arıtma tesislerinin elektrik ihtiyacı %24 oranında bu şekilde elde edilen (çürütmeden elde edilen biyogazla çalışan gaz motorundan elektrik elde etme) enerjiden karşılanmıştır. Belediyelere ait 350 atıksu arıtma tesisinden 85’indeki PE yaklaşık olarak %50 oranında bu şekilde çürütülmüştür. Yukarıda verilen rakamlar, atıksu arıtma tesislerindeki elektrik enerjisi tüketimini göstermektedir. Öte yandan, susuzlaştırma, fosfor giderimi gibi işlemlerde kimyasal kullanılması halinde dolaylı olarak da olsa (üretim, nakliye gibi süreçler için) ilave enerji gerekmektedir. Atıksu arıtma tesislerinin doğrudan ve dolaylı enerji tüketimini görebilmek için kimyasal kullanımıyla ilgili enerji ihtiyacının da göz önünde bulundurulması gerekir. Bu konu, elinizdeki bu rehberin kapsamı dışındadır.

3.3 Nihai Çamur Bertarafı

Hollanda’da, belediye atıksu arıtma tesislerindeki çamur prosesinin son aşamasında yakma yer alır. Bu konu kanunlarla düzenlenmiştir ve bertaraf edilmesi gereken çamurun özellikle ağır metal içeriğinden ötürü tarımda kullanılmasına müsaade edilmez. Atıksu arıtma tesisinde çamur %20-25’lik bir kuru katı içeriğe erişinceye kadar susuzlaştırılır. Bu şekilde hem çamurun kalorifik değeri artırılır hem de nakliye masrafları azaltılır. Kayda değer tasarruf sağlayabilmek açısından susuzlaştırma bölgesel anlamda büyük ölçekli tesislerde odaklanmıştır. Küçük ölçekli tesislerden temin edilen çamur, sahada yoğunlaştırılarak susuzlaştırma imkanı olan merkezdeki büyük tesislere gönderilir. Hollanda’da elde edilen çamurun %50’si iki tür yakma tesisinde işlem görmektedir. Kalan çamur, atık yakma tesislerinde ya da termik (kömürle çalışan) santrallerde ortakyakmada kullanılır. Normal şartlarda, susuzlaştırılmış çamurun kalorifik değeri çamur yakma tesislerindeki ototermiyi karşılar nitelikte olmakla birlikte bu tesisler enerji geridönüşümü düşünülerek tasarlanmamıştır. Çamurun ortakyakmada kullanılabilmesi için çamur susuzlaştırmayı takiben kurutularak kalorifik değeri artırılmakta ve ortakyakma tesislerince istenen özelliğe kavuşturulmaktadır. Kurutma işleminde iki yöntem kullanılmaktadır: biyolojik kurutma da denilen ‘kompostlama’ veya tambur filtrelerle kurutma. Tambur filtreler için gereken enerji için şebekeden metan çekilebilir ve bu enerji elektrik üretim tesisinde kısmen geri ödemeturülebilir. Enerji verimliliği açısından biyolojik kurutma yöntemi daha uygundur.

Atıksu arıtma tesisinin toplam enerji verimliliğini değerlendirebilmek için su ve çamur hatlarının son işlem de dahil olmak üzere kapsamlı bir enerji analizinin yapılması gerekir. Bu alanda Hollanda’da farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Daha optimal sonuçlar elde etmek mümkün olmakla birlikte mevcut çamur yakma altyapısı kısa vadede büyük değişiklikler yapılması açısından sınırlayıcı koşullar doğurmaktadır.

Türkiye’de, 1 milyondan fazla nüfuslu bölgelerdeki atıksu arıtma tesislerinden elde edilen çamur içerisindeki kuru madde içeriğinin 2010 itibarıyla >90% kuru katı oranına çıkartılması gerekmektedir. Enerji verimliliği açısından toplam su ve çamur hatları düşünüldüğünde hangi tip kurutma yapılacağı daha fazla önem kazanmaktadır. Bu çerçevede, ‘zincirleme analiz’ tabir edilen bir çalışma gerekli görülmektedir.

Türkiye’deki daha küçük ölçekli atıksu arıtma tesisleri içinse elde edilen çamurun tarımsal faaliyetlerde kullanılmasına ancak çok özel şartlarda müsaade edilmektedir. Çamurun bu şekilde nasıl kullanılacağı her bir durum için ayrıca değerlendirilmekte ve izin gerektirmektedir. Çamurun susuzlaştırılmasına ihtiyaç olup olmadığı nakliye ile doğrudan ilişkilidir. Çamurun tarımda kullanılması halinde çamurun enerjisinden yararlanamamakla birlikte bu sefer de çamur içerisindeki azot, fosfor ve mineraller gibi besin maddeleri kullanılmaktadır. Çamurun elde edildiği bölgenin tarımsal faaliyetlerinde kullanılması nakliye aşamasında enerji tasarrufu sağlayabilir. Daha küçük ölçekli tesislerde çamurla ilgili enerji dengeleri yerel şartlara göre değerlendirilmelidir. Türkiye’de yürürlükte olan konuyla ilgili mevzuat Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Stabilize Arıtma Çamurunun Toprakta Kullanımıyla ilgili taslaktır. Türkiye, çamurun tarımda kullanımıyla ilgili olarak 86/278/EEC’yi mevzuatına aktarmıştır.

3.4 İşletmede Enerji Yönetimi

Enerji verimlilik önlemlerinin başarıyla uygulanabilmesi açısından işletim kademesinde bazı önemli hususlar bulunmaktadır. İlk olarak, alınacak önlemlerin önceliklendirilmesinde arıtma işleminin farklı bileşenlerindeki enerji tüketiminin izlenmesini sağlamak esastır. İkinci olarak, işletmecilerin enerji verimliliği konusunda bilgili olması ve ilgili önlemlerin operasyonlara uygulanması konusunda da eğitilmiş olmaları önemlidir. Bu rehber, proses mühendisleri için önlemler sunmaktadır. Bu önlemlerin sahada uygulanması sırasında, işletmecilere düşen görevlerin de kesinleştirilmiş olması operasyonlarda enerji yönetiminin sağlanabilmesi açısından önemlidir.

4 HOLLANDA'DA ATIKSU ARITIMINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

4.1 Atıksu Arıtmada Uzun Vadeli Enerji Verimliliği Sözleşmesi

2008 yılı ortalarında Hollanda Yerel Su İdareleri Birliği ile Ekonomi Bakanlığı arasında uzun vadeli Enerji Verimliliği Sözleşmesi imzalanmıştır.

Bu Uzun Vadeli Sözleşme ile Hollanda'da atıksu arıtma alanında enerji verimliliğinin yılda %2 oranında arttırılması hedeflenmektedir. Bu şekilde, 2005-2020 arası dönemde atıksu arıtma tesislerindeki enerji sarfiyatı %30 azaltılmış olacaktır. Konuyla ilgili daha fazla bilgi için bkz.: www.ltauptake.eu ve www.senternovem.nl/lta/

Atıksu arıtma tesislerinin işleticisi konumundaki Yerel Su İdareleri'nin yükümlülükleri aşağıdaki gibidir:

- Sorumluluk alanlarındaki atıksu arıtma tesisi için bir EVP (Enerji Verimlilik Planı) hazırlamak ve kaydedilen ilerlemeyi takip ederek yıllık raporlar hazırlamak
- Hazırlamış oldukları Enerji Verimlilik Planlarında ekonomik ve teknik açıdan uygulanabilir önlemlere yer vermek
- İçinde bulunulan süreçte belirsizliğini koruyan ya da arzu edilen şekilde uygulanabilir olmayan önlemlerin de mümkün olan en kısa zamanda uygulanabilir hale getirilerek Enerji Verimlilik Planlarına aktarılmasını sağlamak
- Diğer kurum ve kuruluşlarla işbirliği yaparak enerji verimliliğini arttırmak (zincirleme önlemler)
- Uzun Vadeli Enerji Verimlilik Planı'nın hazırlanabilmesi açısından gerekli olan sektörden sorumlu teşkilat yapısına ilgili verileri temin etmek

Kendilerine ait tesislerde enerji verimliliği açısından kaydedilen ilerlemenin tasarlananın aksine yılda %2'den az olması halinde planın uygulanabilmesi için gereken teşvik ve çıkarımları yapmakla Yerel Su İdaresi yükümlüdür.

Yerel Su İdareleri Birliği (sektörden sorumlu teşkilat) üyelerinin bu Uzun Vadeli Sözleşme'ye katılmasını sağlamakla yükümlüdür. Yerel Su İdareleri Birliği, Hollanda Çev-

re ve Ekonomi Bakanlıkları ve diğer makamlar arasında irtibat noktası olarak işlev gösterecektir.

Bakanlıklar, Yerel Su İdareleri Birliği ve üyesi olan kuruluşlara yukarıda sayılan hedefleri elde etmede destek vereceklerdir. Buna ilaveten, bakanlıklar ilgili sektörleri ilgilendiren alanlarda üzerinde anlaşılan şartlara ilaveten enerji verimliliğine yönelik başka yönetmelik ve kural getirilmemesini temin ederek Uzun Vadeli Sözleşme hedeflerinin gerçekleştirilmesini kolaylaştıracaklardır.

Uzun Vadeli Sözleşme ile enerji verimliliğinde 2020 senesine kadar %30'luk bir artış hedeflenmektedir. Bu anlamda, hedefin gerçekleştirilebilmesi için NL-Agency (eski adıyla SenterNovern) Yerel Su İdareleri'ne destek anlamında bir program geliştirmiştir. Bu program kapsamında:

- Tüm Yerel Su İdarelerine Enerji Verimlilik Planı hazırlama sürecinde uzman desteği verilecek, aynı zamanda Yerel Su İdareleri de belirlenen önlemlerin hayata geçirilmesi sürecinde uzman desteği vereceklerdir.
- Enerji verimliliği, zincirleme verim ve sürdürülebilir enerji alanlarında bilgi paylaşımı ve kapasite arttırımına yönelik çalışmalar gerçekleştirilecektir.
- Uzun vadeli önlemlerle ilgili olarak çalışmalar yapılarak yol haritaları çıkartılacaktır.
- Uzun vadeli Sözleşme uygulamalarının izlemesi gerçekleştirilecektir.

Bu süreç zarfında, Yerel Su İdareleri ve Agentschap NL önceden hazırlanmış olan Enerji Verimlilik Önlemleri Genel Şartları'nın gerektiği şekilde uygulanmasını sağlayacaktır. Genel Şartlar belgesinin ana başlıkları Bölüm 5'te ele alınmıştır.

4.2 Uzun Vadeli Sözleşme Sürecinin Düzenlenmesi

Atıksu Arıtmada Uzun Vadeli Enerji Verimliliği Sözleşmesi sürecinde yer alan paydaşlar aşağıda belirtilmiştir:

- Atıksu arıtma tesisleri işletmecileri için sektörden sorumlu teşkilat sayılan Yerel Su İdareleri Birliği. Birlik, tüm sektörde enerji verimliliğini sağlamak iradesiyle hareket etmektedir. atıksuBu, her bir atıksu arıtma tesisinin bu hedefi karşılamak zorunda olduğuna gelmemektedir.

- Atıksu arıtma tesislerinin işleticisi konumunda bulunan bireysel Yerel Su İdareleri; bunlar aynı zamanda Enerji Verimlilik Planları ve yol haritalarının hazırlanması ve enerji verimlilik önlemlerini uygulamakla yükümlüdür.
- (eski adı SenterNovern olan) NL-Agency, Hollanda Ekonomi Bakanlığı için koordinasyon ve idari çalışmalar yürütmektedir. Kuruluş, aralarında atıksu arıtma sektörünün de yer aldığı farklı sektörler için Uzun Vadeli Sözleşme sürecinin izlemesini de gerçekleştirmektedir. Ayrıca, kapasite arttırımı ve bilgi paylaşım faaliyetleri de düzenleyen AgentschapNL, Yerel Su İdarelerine destek vermektedir.
- Atıksu arıtma tesisleri ve Yerel Su İdareleri nezdinde yetkili makamlar olan belediyeler ve alt teşkilatlar. Bu kurumların enerji verimliliği ve iklim değişikliğiyle ilgili kendi programları olmakla birlikte, kendilerine ait bu programlarda yer alan hedefleri gerçekleştirmek açısından Yerel Su İdarelerinin çalışmalarına da destek vermektedirler. Belediyeler, ruhsat ve denetim süreçlerinde Uzun Vadeli Sözleşme hükümlerini göz önünde bulundurmaktadırlar.
- Hollanda Hükümeti ve Ekonomi Bakanlığı tarafından da desteklenen Danışmanlık ve Mühendislik firmaları da enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasında Yerel Su İdarelerine destek olmaktadır.

5 ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ

5.1 Giriş

Atıksu arıtma tesisleri büyüklük, tip ve proses konfigürasyonu açısından farklılıklar gösterir. Bu açıdan, ele alınan enerji verimlilik önlemleri genel bir rehber olarak tasarlanmıştır. Bu rehber, öncelikli olarak uygun önlemlerin seçilebilmesine olanak tanıyan bir yol haritası görevi görmektedir. Rehber kullanıcısı olarak ilk düşünülen hedef kitle Atıksu arıtma tesislerinin tasarım ve optimizasyonundan sorumlu olan proses mühendisleridir. Rehberin her bir durum ve tesisin kendi özel gerekleri ışığında yeniden değerlendirilmesi gerekir. Bu nedenle, enerji verimliliği çalışmalarının etkisi ve geri ödeme süreleriyle ilgili belirli süreler belirtilmiştir. Yerel şartların olanak tanımadığı bazı durumlarda bu süreleri belirlemek mümkün olmamıştır. Rehber, herhangi bir uygulama/sistem içerisinde yer alan enerji verimliliği önlemleriyle ilgili görüş oluşturmada kullanılabileceği gibi, enerji verimliliği önlemlerinin herhangi bir tasarım içerisinde yeterince yer alıp almadığının kontrolünde de bir kontrol listesi olarak kullanılabilir. Bu rehberde özel şart ve teknik ayrıntılar yer almamaktadır. Bunun nedeni bu ayrıntıların her bir atıksu arıtma tesisinin büyüklük, tip ve diğer parametrelerine bağlı olmasıdır. Bu noktadan hareketle, rehberde özel şart ve teknik ayrıntılara girilmemiştir. Rehberin nasıl kullanılabileceği adım adım şu şekilde ifade edilebilir:

1. Rehberden muhtemel önlemlerin seçilmesi
2. Önlem içeriğinin sahadaki özel şartlara/ihtiyaçlara göre ayrıntılandırılması;
 - Enerji verimliliğine etkiler
 - Ek maliyetler, maliyet-fayda analizi
3. Önlemin uygulanması yönünde karar alınması

Yukarıda yer alan ilk aşamayla ilgili olarak rehberde ilgili önlemleri içeren kapsamlı bir liste yer almaktadır. 2. ve 3. aşamalarda ilgili tesisin kendine has mühendislik imkan ve kabiliyetleri göz önüne alınmalıdır.

Belirtilmiş olan enerji verimliliği önlemleri hazırlanırken, Hollanda Yerel Su İdareleri için hazırlanmış olan ve İdarelerce kullanılmakta olan benzer bir rehber esas alınmıştır. Rehberde yaygın olarak uygulandığı haliyle evsel atıksu arıtmasında kullanılan biyolojik usuller üzerinde durulmaktadır ki bu durum özellikle aerobik arıtma yoluyla KOİ giderimini ilgilendirir. Ancak, Türkiye’de bazı bölgelerde atıksu ısısının daha yüksek olduğu düşünüldüğünde evsel atıksuda önce anaerobik (ön)arıtma uygulanması KOİ giderimi için daha uygun olabilir.

5.1.1 Önlemlerin Etkisi

Önlemlerin enerji verimliliği açısından etkisi beş enerji tasarruf aralığıyla ifade edilir:

< %1
%1-5
%5-10
%10 -20
> %20

Bu önlemler iki şekilde kullanılabilir:

1. Hal-i hazırda işletimi sorunsuzca devam eden bir tesiste enerji verimliliği sağlamak. Bu durumda değişikliklerden kaynaklanacak masraflar göz ardı edilmemelidir.
2. Mevcut ya da yeni kurulmuş olan bir tesiste ekipman, proses vs. konularda tercih/karar yapmak. Söz konusu olan mevcut bir atıksu arıtma tesisiyse süreç yenileştirme (renovasyon) odaklı, söz konusu olan yeni kurulacak bir tesis ise süreç tasarım odaklı olacaktır. Her iki durumda da arzu edilen enerji verimliliğini elde etmek için bir miktar yatırım yapılması gerekecektir. Bu durumda, bu gibi ek masraflar olacağı göz önünde bulundurulmalıdır

Sorunsuz işletilmekte olan bir atıksu arıtma tesisinde bahsedilen türde değişiklikler yapıldığında (ekipman yenilemek ihtiyacı olmayacağından) uygulanan önlemlerin geri ödemesi için uzun bir süre geçmesi gerekeceği göz önüne alındığında rehber açısından uygulanabilir olan ikinci şıktır. Yüksek oranda enerji verimliliği elde edebilmek açısından ilave yatırımlar yapmak daha gerçekçi bir düşünce tarzıdır.

Aşağıdaki rakamlar hazırlanırken 100.000 eşdeğer nüfusa hizmet verecek bir referans atıksu arıtma tesisi esas alınmıştır. Çürütmeyi de kapsayan önlemler için 250.000 eşdeğer nüfus baz alınabilir.

W2.

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
10 – 20%	5 - 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Kabarcıklı havalandırıcıların (disk, tüp ya da plaka) oksijen transfer kapasitesi daha fazladır.

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
5 – 10%	5 – 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Santrifüjlü kompresörlerin nispi enerji sarfiyatı daha düşüktür.

5.1.2 Yatırımlar

İlave yatırım masraflarının tespitinde aşağıdaki kategoriler kullanılmaktadır (rakamlar €-AVRO cinsinden ifade edilmiştir)

< 10. 000
< 50.000
< 100.000
< 250.000
< 0,5 milyon
0,5-1,0 milyon
> 1,5 milyon

Bu tercih nedeni şu şekilde açıklanabilir: Hollanda’da eşdeğer nüfus başına atıksu arıtma masrafı ortalama 35 €’ dur. Bu, 100.000 eşdeğer nüfusa hizmet veren bir arıtma tesisinde yıllık masrafın 3.5 milyon € olacağı anlamına gelir. Yapılacak 1 milyon €’luk bir yatırım yılda yaklaşık olarak 100.000 €’luk sermaye maliyeti anlamına gelir ki eşdeğer nüfus başına 35 € tutarındaki toplam masrafla kıyaslandığında 1 €’luk ilave masraf önemli görülmektedir.

Burada belirtilen ilave yatırım tutarlarında Hollanda fiyatları temel alınmıştır. Hollanda’daki yatırım rakamları Türkiye’deki duruma göre yeniden düzenlenmemiş olmakla birlikte ilave yatırımlar ile geri ödeme süresi olarak ifade edilen ilave yatırım ve tasarruf oranlarının Hollanda ve Türkiye örnekleri üzerinden karşılaştırılabilir olduğu düşünülmektedir.

5.1.3 Geri ödeme Süresi

Geri ödeme süresiyle ilgili olarak 3 zaman aralığı tanımlanmıştır.

Kısa: < 5 yıl
Orta: 5-15 yıl
Uzun: > 15 yıl

Geri ödeme süresi yatırımın yıllık tasarrufa bölünmesiyle elde edilir. Geri ödeme süresi kısa önlemler mali olarak daha ilgi çekicidir ve süratle uygulanabilirler. Bu durumda, geri ödeme süresi kullanım ömründen daha kısadır. Ortalama geri ödeme süresi öngören önlemler, geri ödeme süresi kullanım ömrü ile aynı aralıkta olduğunda, mali olarak ilgi çekicidir. Öte taraftan, uzun vadeli geri ödemeler öngören önlemler mali olarak ilgi çekici olmadıkları gibi maliyetten başka bir fayda bekleniyorsa ya da gelecekte yüksek enerji fiyatları uygulanacak olması halinde uygulanabilirler.

5.2 Önlemlerin Sınıflandırılması

Atıksu arıtma alanında enerji verimliliği önlemleri başlıca üç sınıfa ayrılabilir:

1. Suyla ilgili önlemler; atıksu arıtma tesisinde su arıtılmasına dair önlemler.
2. Çamurla ilgili önlemler; su arıtımından gelen çamurun arıtılmasına dair önlemler.
3. Hava arıtımıyla ilgili önlemler; atıksu arıtma tesisinin farklı kısımlarından gelen havanın kötü kokuları önlemek maksadıyla arıtılmasına dair önlemler.

5.2.1 Suyla İlgili Önlemler

Atıksu arıtma sistemini ilgilendiren enerji verimlilik önlemleri daha çok biyokütlenin havalandırılmasıyla ilgilidir. Ekipman ve proses kontrol önlemleri de kendi aralarında alt kategorilere ayrılabilir. Ayrıca, havalandırma dışında başka önlemler de tanımlamak mümkündür. Atıksu arıtmayla ilgili tüm önlemler Tablo 5-1’de gösterilmiştir.

Tablo 5-1: Atıksu Arıtma – Suyla İlgili Enerji Önlemleri

No.	Önlem
W1	Havalandırma ve sıvı tahrik ekipmanlarının ayrılması
W2	Yüzey havalandırma yerine kabarcıklı havalandırma
W3	Yüksek verimlilikle çalışan yüzey havalandırıcılar
W4	Yüzeysel havalandırıcılarda sıçramayı önleyici kapakların kaldırılması
W5	Yüzey havalandırıcılarda batma derinliğinin ayarlanması
W6	Tüp ya da disk havalandırma yerine plaka havalandırma
W7	Deplasmanlı tip (değiştirmeli) ya da roots tipi kompresör yerine santrifüj tipi kompresör
W8	Optimal havuz derinliğinin tespit edilmesi
W9	Kesikli havalandırma kontrolü
W10	İstenen oksijen konsantrasyon ayar değerinin düşürülmesi
W11	Çamur yaşına göre proses operasyonu
W12	Alfa-faktörün geliştirilmesi
W13	Beklenmeyen düzeyde yüksek havalandırma oranlarını raporlanması
W14	Konfigürasyonun optimizasyonu
W15	Yukarı Akışlı Çamur Yataklı Filtreleme (USBF)
W16	Ardışık Kesikli Reaktör (SBR)
W17	Kaynakta arıtma
W18	Termal enerji değişimi geçişi
W19	Ekipmanların sık aralıklarla ON/OFF yapılmaması
W20	Ekipmanların istenmeyen ayar değerlerinde çalışmasını önlemek
W21	Çöktürme ünitelerinde sıyrıcı çalışma şeklinin ayarlanması
W22	İleri düzey ön-arıtma (elekler)
W23	Akışı sağlamak ve karıştırma için yüksek verimlilikte karıştırıcı kullanımı
W24	Karıştırıcı pervanesinin periyodik ayarı
W25	Karıştırıcıların tipi ve kabarcıklı havalandırma sistemiyle uyumlu olarak konumlandırılması
W26	Akış yönünde kompartmanlar arası geçiş
W27	Karıştırıcı yerine havalandırma sistemiyle karışımın sağlanması
W28	Havalandırma sırasında karıştırıcıların kapatılması
W29	Suyun Cazibe ile iletilmesi
W30	Yağmur suyunun devre dışı bırakılması
W31	Sızmalara dikkat edilmesi
W32	Hidrolik sistemin optimizasyonu
W33	Nutrient giderimi
W34	İlave anoksik hacim oluşturulması
W35	Enerji açısından en uygun tasarımın tercih edilmesi
W36	Geri devir debisinin ayarlanması
W37	Anoksik bölgede nitrat geri devrinin düzenlenmesi
W38	Havalandırma hızının proses parametreleriyle eşleştirilmesi
W39	Sensör konumunun ve sayısının optimizasyonu
W40	Sensörlerin düzenli olarak kalibrasyonu
W41	Fosfor gideriminin optimizasyonu
W42	Deamonifikasyon
W43	Aerobik granül çamur (Nereda)

5.2.2 Çamurla İlgili Önlemler

Çamur hattını ilgilendiren enerji verimlilik önlemlerini yoğunlaştırma, susuzlaştırma, çürütme, biyogaz kullanımı ve diğer önlemler olarak ayrıntılandırmak mümkündür. Bu önlemler Tablo 5-2’de gösterilmiştir.

Tablo 5-2: AtıkSu Arıtma – Çamurla İlgili Enerji Verimlilik Önlemleri

No.	Önlem
S1	Solucan patlaması (worm bloom)
S2	Çamur taşıma sürelerinin ayarlanması
S3	Cannibal (fazla çamur miktarının azaltılması)
S4	Çamur çürütme ve kojenerasyon
S5	Çoklu aşamalı termofilik çürütme
S6	Mevcut çürütme kapasitesinin kullanımı
S7	Eski çürütücülerin yalıtılması
S8	Çamur arıtmadan önce kum tutulması
S9	Kompresörlerin doğrudan gaz motoruyla çalıştırılması
S10	Küçük gaz türbinleri ya da gaz motorlarıyla enerji üretme
S11	Küçük bir gaz türbini ya da ekstra biyogaz depo tankı ilavesi
S12	Yüksek verimlilikte ısı enerji eşleşimi
S13	Isı enerji eşleştirmesinin optimizasyonu
S14	Isı enerji eşleştirmesinden önce gazın şartlandırılması
S15	Yüksek verimlilik için yakıt hücreleri kullanılması
S16	Çürütücünün ısı tamponlama kapasitesinin kullanılması
S17	Biyogazın doğal gazla karıştırılması
S18	Biyogazın üçüncü taraflara ulaştırılması
S19	Biyogazın metana çevrilerek tekrar gaz şebekesine verilmesi
S20	Gaz depolama için (ilave) tank kurulumu
S21	Yüksek verimlilikte önçöktürme
S22	Çürütme öncesinde ultrasonik/hidrokinamik çamur parçalama teknikleri
S23	Çürütme öncesinde yüksek basınçlı, termik, hidroliz, cambi çamur parçalama teknikleri
S24	Çürütücünün sürekli olarak beslenmesi
S25	Çürütücü içerisinde düzgün karıştırma
S26	Çürütücüye gaz verilerek karıştırma yerine mikser kullanarak karıştırma yapılması
S27	Çürütücüden kumun bir kerede temizlenmesi
S28	Çürütücüden kumun düzenli olarak temizlenmesi
S29	Çevredeki artık enerjisinin kullanılması
S30	Atık ısının üçüncü taraflara verilmesi
S31	Polielektrolit dozlama
S32	Çamurun graviteli yerine mekanik olarak yoğunlaştırılması
S33	Yan akımların sabit ve yüksek miktarda amonyak nitrit üzerinden dönüştürülerek (SHARON) arıtılması
S34	Kimyasal kullanılarak azotun struvite olarak çöktürülmesi
S35	Anaerobik deamonifikasyon

S36	İki reaktörlü iki aşamalı Sharon-Anammox prosesi
S37	Düşük değerli ısının yeniden kullanımı
S38	Gaz motoru egzoz gazlarından elde edilen ısının tekrar kullanımı
S39	Susuzlaştırma fizibilitesi
S40	Yoğunlaştırmadan sonra santrifüj yerine belt pres kullanımı
S41	Doğrudan çamur susuzlaştırma için basamaklı kaskat hizalama ve belt pres
S42	Çürütmeden sonra belt presle çamur susuzlaştırma
S43	Susuzlaştırmada kuru madde içeriği
S44	Çamur depolarından su tahliyesi
S45	Santrifüj geri hareketi
S46	Santrifüj operasyonu için kontrol sistemi
S47	Susuzlaştırmaya un iyi karıştırılarak beslemesi

5.2.3 Havanın Temizlenmesine Yönelik Önlemler

Havanın temizlenmesiyle ilgili enerji verimlilik önlemleri çıkış/egzoz havası arıtma ve hava çekme olarak iki başlığa ayırmak mümkündür. Önlemler Tablo 5-3’de gösterilmektedir.

Tablo 5-3: Atıksu Arıtma – Havanın Temizlenmesiyle İlgili Enerji Verimlilik Önlemleri

No.	Önlem
A1	Arıtma prosesinde egzozdan gelen havanın havalandırma havuzuna yönlendirilmesi
A2	Kompost filtre yerine lav filtre koyulması
A3	Üfleme filtre
A4	Hava çekiminin optimizasyonu
A5	Çekilen hava hacminin azaltılması
A6	H ₂ S ölçümlerine göre hava çekiminin düzenlenmesi
A7	Havalandırma havuzu üstünde ventilasyon debisinin artırılması

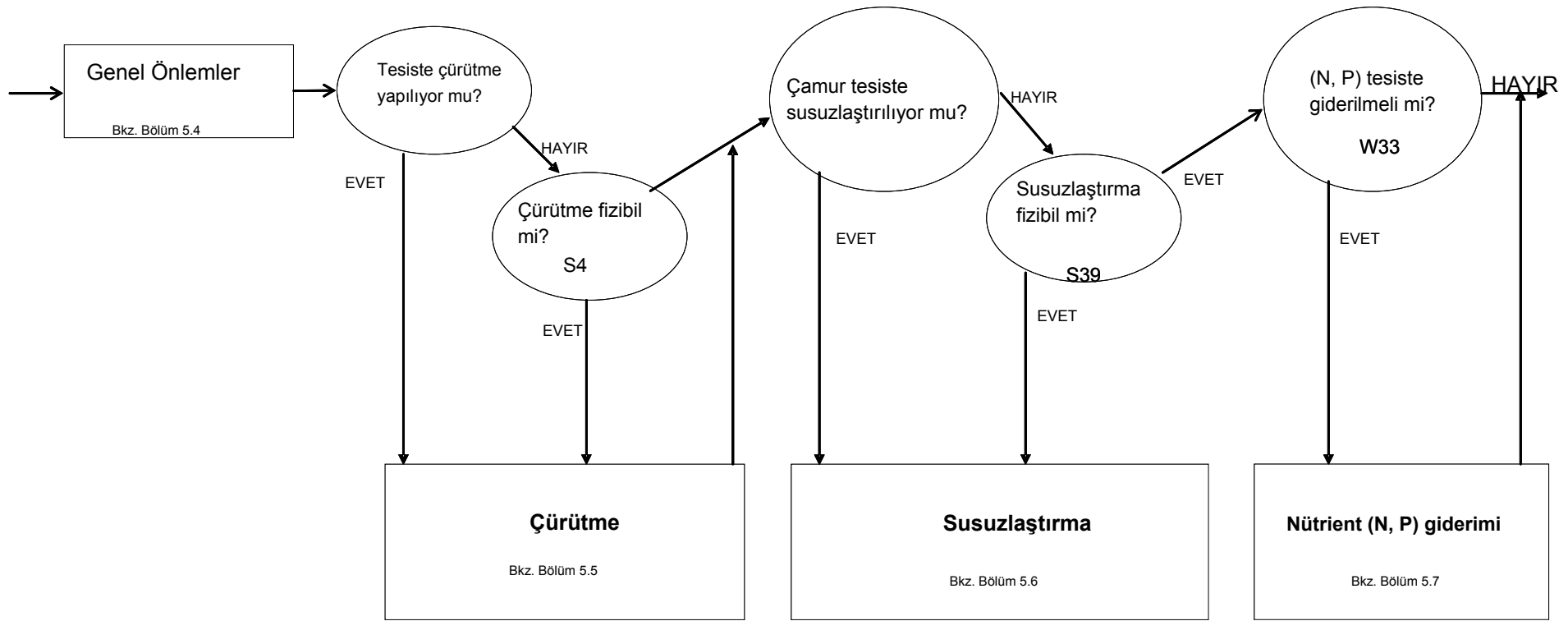
5.3 Karar Vermede Kullanılacak Yöntem

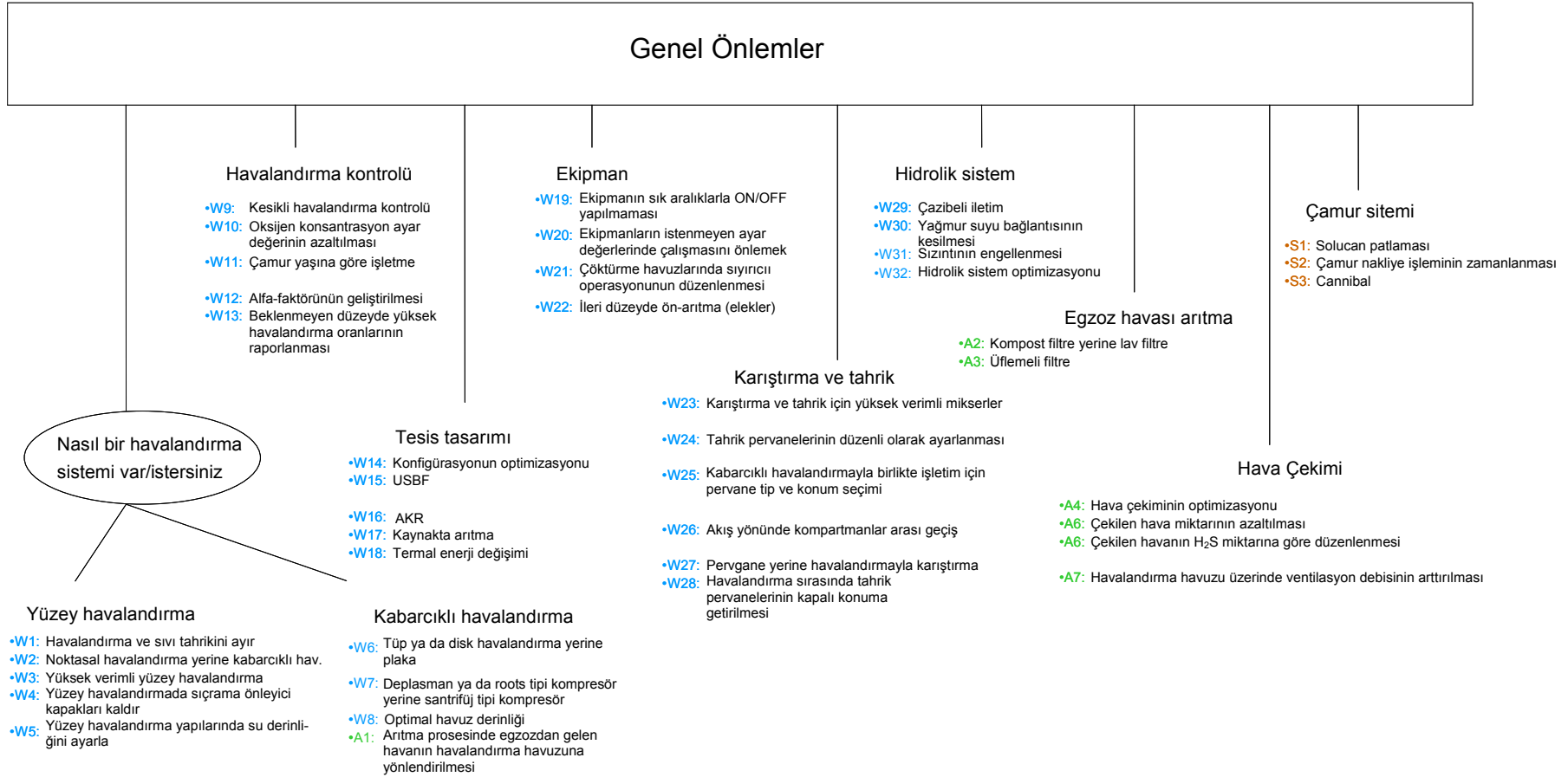
Evsel atıksu arıtmada enerji verimliliğiyle ilgili uygulanması düşünülen önlemlerin seçimini kolaylaştırmak adına bir ‘karar ağacı’ oluşturulmuştur. Buna göre Tablo 5.1, 5.2 ve 5.3’de gösterilen önlemler başlıca bazı kategorilere ayrılmıştır. Bu kategoriler şu şekildedir

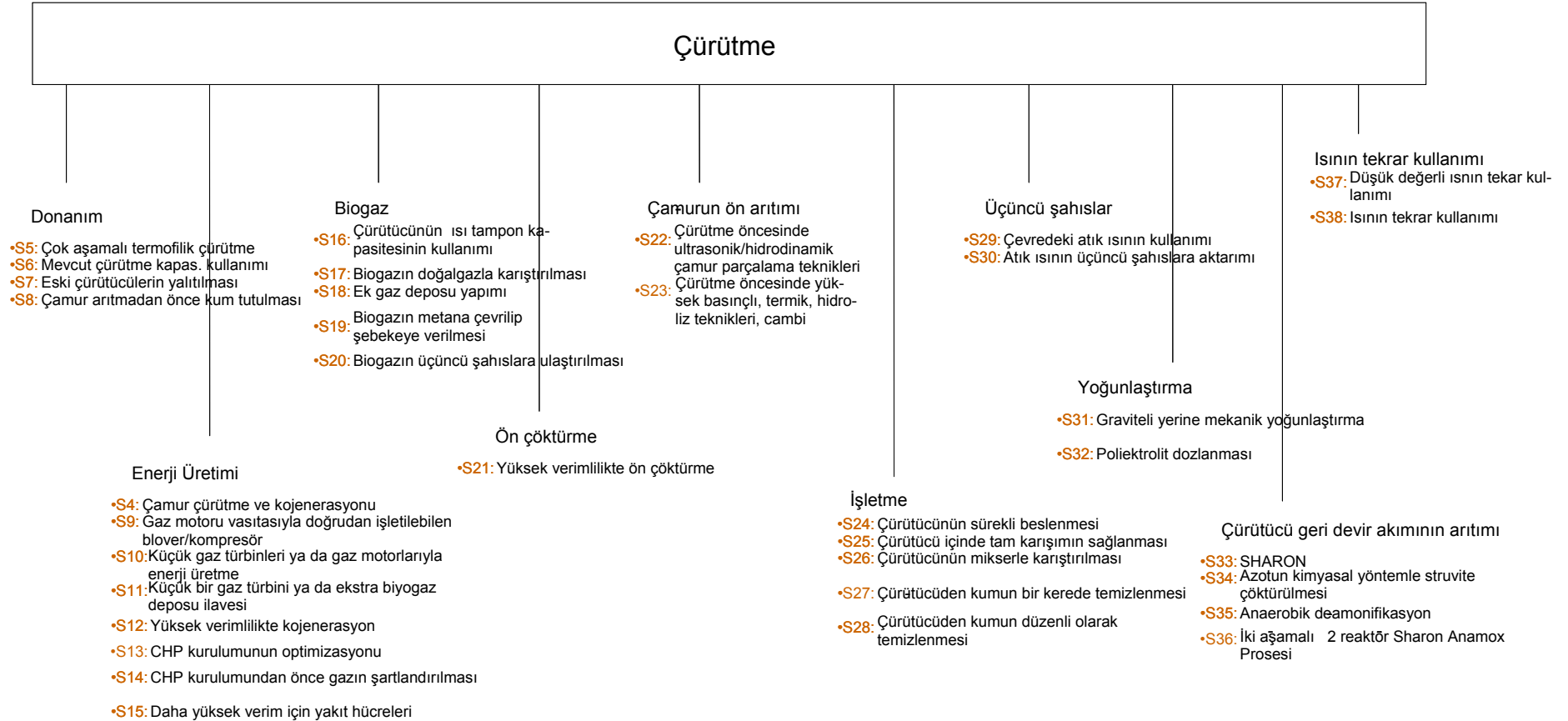
- Tüm atıksu arıtma tesisleri için uygulanabilirliği olan genel önlemler
- Çürütmeyle ilgili önlemler
- Çamur susuzlaştırmayla ilgili önlemler

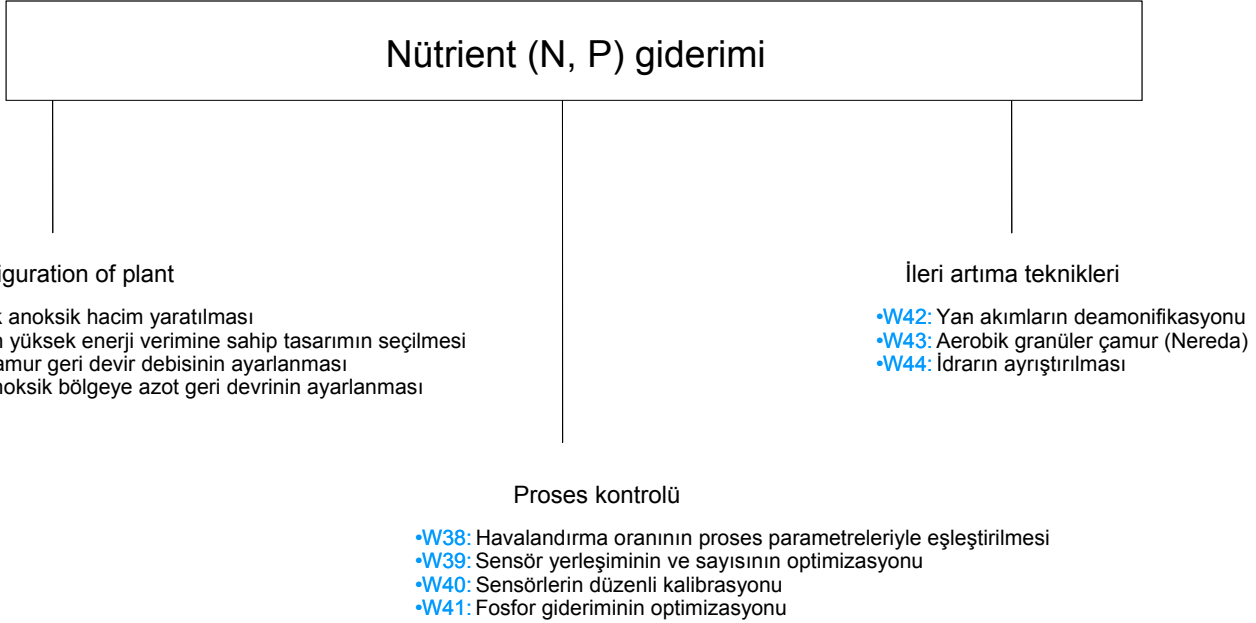
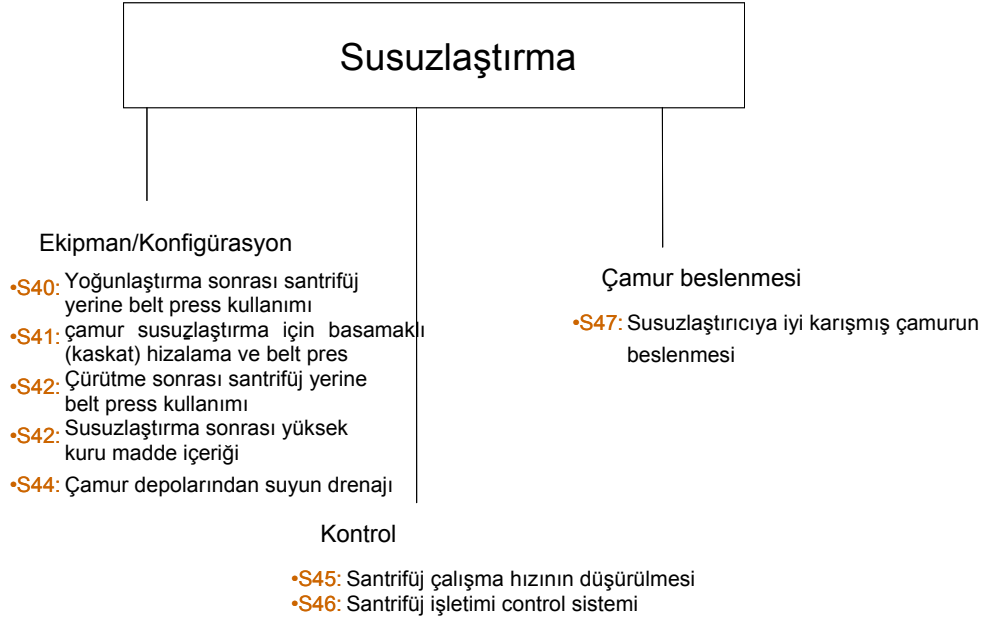
- Nütrient giderimiyle ilgili önlemler
- Havanın temizlenmesiyle ilgili önlemler

‘Karar ağacı’ kategorileriyle ilgili açıklamalar aşağıdaki tablolarda yer almaktadır. Tablolarda yer alan önlemler kısa tanımlarıyla birlikte ve her bir önlemin enerji tasarrufu, gerekli ilave yatırım masrafları ve geri ödeme süresi (bkz. Tablo 5.1) açısından etkileri açıklanmak suretiyle daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Önlemler sıralanmış olmakla birlikte sıra numaralarına bakılarak önlemler arasında bir hiyerarşi aranmamalıdır.



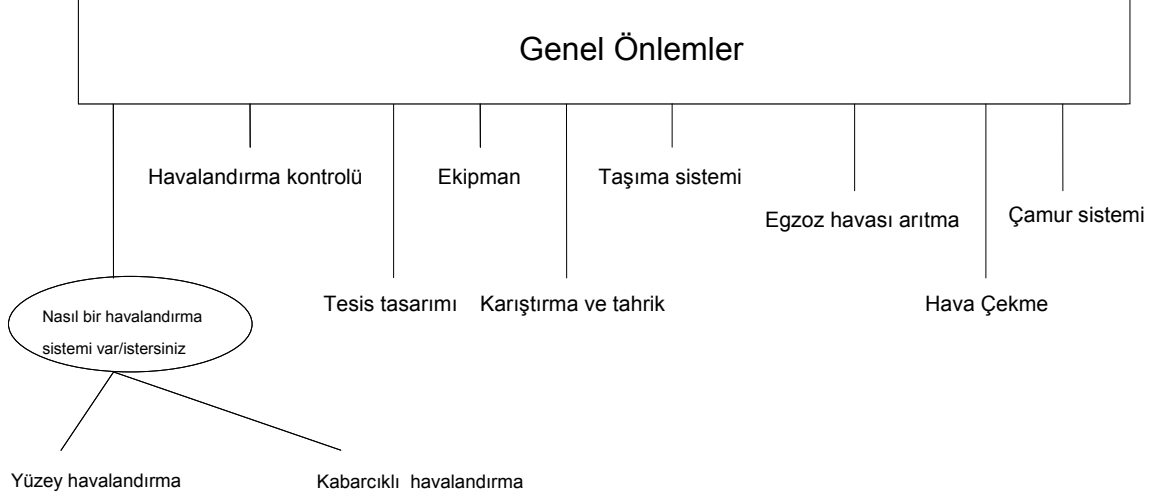






5.4

Genel Önlemler



Bu bölümde, atıksu arıtma tesislerinde enerji verimliliği elde edebilmek için kullanılacak genel önlemler açıklanmaktadır. Bu önlemler tesis konfigürasyonundan bağımsız olarak kullanılabilir. Öncelikle, farklı tip havalandırma sistemleri için havalandırma sistemiyle ilgili önlemler, ardından havalandırma kontrolü, tesis tasarımı, ekipman, karıştırma ve tahrik, taşıma sistemi, egzozdan gelen havanın temizlenmesi, ventilasyon ve çamur sistemiyle ilgili önlemler açıklanmıştır.

5.4.1 Havalandırma Sistem Türleri

5.4.1.1 Yüzey Havalandırma

W1. Havalandırma bağlantısının kesilmesi ve sıvı tahriki

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 250.000 €

Havalandırma ve sıvı tahriki birbirinden ayrılarak aeratörler sadece oksijen girdisi için kullanılabilir. Bunun neticesinde, sistemde yeterli oranda sıvı debisi oluşturmak için aeratörlerin sürekli olarak çalışmasına gerek kalmamaktadır.

W2. Yüzey havalandırma yerine kabarcıklı havalandırma

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20	5 – 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Kabarcıklı (disk, tüp, plaka) aeratörlerin yüzey havalandırmasına (rotor veya yüzey aeratörleri) kıyasla oksijen transfer kapasitesi daha fazladır ve bu nedenle havalandırma için gereken enerji miktarı da daha az olmaktadır. İlave karıştırma ekipmanları gerekebileceği gözden kaçırılmamalıdır ki bu da ilave enerji tüketimi demektir. An-

çak, toplamda bir enerji tasarrufu söz konusudur. Havuz su derinlikleri de bu durumda önemli bir parametredir.

W3. Yüksek verimle çalışan yüzey havalandırıcılar

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	5 -15	< 250.000 €

Eski tip (konvansiyonel) yüzey aeratörleri yerine yüksek verimlilik sağlayan modern yüzey aeratörleri kullanmak oksijen transfer verimini artırılabilir ve havalandırma-daki enerji sarfiyatı azaltılabilir. Bu durumda, havuz su derinliği önemli bir parametredir.

W4. Yüzey havalandırıcılarda sıçramayı önleyici kapakların kaldırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 50.000 €

Yüzey aeratörleri üzerindeki bu kapaklar oksijen transferini olumsuz yönde etkilemektedir. Öte yandan, bu kapakların kaldırılması halinde suyun sıçradığı alan artacaktır.

W5. Yüzey havalandırıcılarda batma derinliğinin ayarlanması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 10	> 15	< 50.000 €

Yüzey aeratörü arkasına bir engel tabakası (baffle) yerleştirmek ya da havuz (yüksekliğini artırarak aeratörün batma derinliğini arttırmak daha verimli bir oksijen transferi sağlayacaktır. Öte yandan, engel tabakası kullanılması halinde ek direnç oluşacak, karıştırma için daha fazla enerji gerekecektir. Havuz yüksekliğinin artırılması daha eski bir yöntemdir.

5.4.1.2 Kabarcıklı havalandırma

W6. Tüp veya disk havalandırma yerine plaka havalandırma

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	> 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Plaka havalandırma, oksijen transferi açısından tüp veya disk havalandırmaya kıyasla daha verimlidir. Plakalar üzerinde yükleme daha düşük olduğunda verim artmaktadır. Saha fazla sayıda tüp veya disk aeratör kullanılması halinde de düşük yüklerde benzer bir verimlilik elde edilebilmektedir.

W7. Deplasmanlı (değiştirmeli) ya da roots tipi kompresör yerine santrifüj tipi kompresör

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	5 – 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Santrifüj tipi kompresörlerin enerji tüketimi deplasmanlı ya da roots tipi kompresörlere kıyasla daha düşük olabilmektedir. Burada elde edilecek enerji kazanımı büyük oranda duruma, özellikle de ihtiyaç duyulan oksijen miktarına göre değişmektedir. Santrifüj tipi kompresörlerin sadece yüksek havalandırma oranları ve nispeten büyük ölçekli tesisler söz konusu olduğunda kullanımları ekonomik olmaktadır

W8. Optimal havuz derinliğinin tespit edilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Havanın daha uzun mesafe kat ettiği hallerde (örn. havuzun daha derin olduğu hallerde) oksijen transfer verimi de daha fazla olmaktadır. Öte yandan, artan su derinliğinden kaynaklanan ilave basıncı aşabilmek için kompresörlerinin de daha yüksek kapasiteyle çalışması gerekmektedir. Tasarımda maksimum enerji ve oksijen transfer verimleri temel alınmalıdır.

A1. Arıtma prosesinde egzozdan gelen havanın havalandırma havuzuna yönlendirilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Egzozdan gelen hava lava veya kompost filtreden geçirilmeksizin bir blower vasıtasıyla havalandırma havuzuna gönderilebilir. Bu önlem sadece sürekli havalandırılan sistemler için (kısmen) uygulanabilir.

5.4.2 Havalandırmanın Kontrolü

W9. Kesikli havalandırma kontrolü

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 250.000 €

Kesikli veya aşamasız bir havalandırma kontrol aralığını arttırarak sisteme verilen havanın sistemin oksijen ihtiyacına göre (%0-100) daha kesin bir şekilde ayarlanabilmesini kolaylaştırır.

W10. İstenen oksijen konsantrasyon ayar değerinin düşürülmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 10	Yatırım gerektirmemektedir	-

Sistemdeki arzu edilen çözülmüş oksijen konsantrasyon ayar değeri aşağı çekilerek havalandırma hızı da düşürülebilir. Havalandırma hızının düşürülmesi neticesinde sistemdeki oksijen transfer hızında veya diğer sistem bileşenlerinde herhangi bir

olumsuzluk (çamur kabarması) görülmez. Genel kural itibarıyla, tam olarak havalandırılmış ve iyi karıştırılmış havalandırma havuzlarında yaklaşık minimum 0,8 mg/l'lik ve yaklaşık maksimum 2,0-2,5 mg/l oksijen konsantrasyon değerleri uygulanabilir.

W11. Çamur yaşına göre işletme

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 10	Yatırım gerektirmemektedir	-

Sistemin oksijen ihtiyacı çamur konsantrasyonu azaltılmak suretiyle düşürülebilir. Yaz döneminde çamur konsantrasyonunu (MLSS) daha fazla düşürmek de mümkündür. Bu şekilde, daha yüksek oranlarda organik yükleme yapılabilir (F/M oranı), daha fazla çamur elde edilir ve çamur yaşı düşer. Arıtma veriminin izin gereklerine uygunluğuna dikkat edilmelidir. Çünkü, çamur üretimi ve dolayısıyla çamur hattındaki enerji tüketimi artacağı için toplam enerji dengesi gözetilmelidir.

W12. Alfa-faktörünün geliştirilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 10	Yatırım gerektirmemektedir	-

Alfa-faktörü, oksijen transfer verimi açısından önemlidir. Havalandırma havuzunda yüksek çamur konsantrasyonu bulunması alfa-faktörünün genellikle belli bir kritik değerin üzerine (yaklaşık olarak 6-8 g/L) çıkarak bozulmasına neden olmaktadır. Alfa-faktörüne etki eden, biyokütle üzerindeki gerilim ya da kesme/parçalanma hızı gibi başka etmenler de vardır. Aynı zamanda, standart çamur konsantrasyonlarında da düşük alfa-faktörü seviyeleri görülebilir ki bu gibi durumlarda aynı arıtma verimini elde edebilmek için daha yüksek havalandırma oranlarına ihtiyaç vardır. Alfa-faktörü ölçümleri önerilmektedir.

W13. Beklenmeyen oranda yüksek havalandırma olması halinde alarm

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	< 5	< 10.000 €

Havalandırma oranının beklenen değerden yüksek olması halinde havalandırma sisteminde sızıntı gibi bir terslik olduğu düşünülebilir. Bu durum takip edilerek aşırı havalandırma önlenmelidir.

5.4.3 Tesis Tasarımı

W14. Konfigürasyonun optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Bir atıksu arıtma tesisinin tasarım aşamasında (yeni inşaat olabileceği gibi renovasyon projesi de olabilir) pompa basma yüksekliği ile geri devir ve yanakımların minimizasyonu bir arada yapılmalıdır. Arıtma tesisi konfigürasyonun akıllıca tasarlanması halinde hidrolik enerji kayıpları da (akım direnci ve su yüksekliği) en aza indirilebilir.

W15. Yukarı Akışlı Çamur Yataklı Filtreleme (USBF)

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

USBF prosesi, V-şekinde bir yapı içerisinde bir tür çamur/su ayırma tekniğidir. Bu sistemde sıyrıya ihtiyaç yoktur ve geri devir çamur pompası için konvansiyonel arıtma aygıtlarına kıyasla daha düşük basma yüksekliğine seviyesine ihtiyaç vardır. Bu iki farklılık neticesinde daha az enerji harcanmakla birlikte konvansiyonel çöktürme opsiyonları ciddiyle değerlendirilmelidir.

W16. Ardışık Kesikli Reaktör (SBR)

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 10	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Atıksu arıtmada kesikli yöntemin kullanılması halinde geri devirde enerji tasarrufu elde edilebilir. Bu tür işletim sadece yağmur suyunun gelen debiyi etkilemediği veya çok az etkilediği durumlarda uygulanabilir.. SBR sistemleri modüler olarak inşa edilebilmektedir. Daha büyük tesisler için daha fazla üniteye ihtiyaç olacaktır.

W17. Kaynakta arıtma

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	> 1.500.000 €

Konsantre deşarjlar olması halinde (hastane veya toplu konut/ofis gibi alanlarda) atıksuyun o bölgede artırılması temin edilerek atıksu arıtma tesisi üzerindeki yük azaltılabilir. İlaçlar gibi problemleri mikro kirleticilerin olduğu durumlarda konsantre akışın seyrelmiş akışa kıyasla degradasyonu daha kolay olacağı düşünüldüğünde

arıtımda yerel çözümlere yönelmek tercih edilebilir. Enerji karlılığı büyük oranda mevcut ve referans alınan durumlara bağlıdır.

W18. Termal enerji değişimi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	> 1.500.000 €

Yer altı suyunun ısısı yıl içerisinde kabul edilebilir oranda sabittir. Bu su ofisler ya da atıksu arıtma tesislerinde ısıtma/soğutma maksadıyla kullanılabilir. Atıksu arıtma tesisleri için giriş suyu sıcaklığı ayarlanabilir. Bu işlemin enerji tüketimi üzerindeki etkisi atıksu arıtma tesisindeki bazı diğer şartlara da bağlıdır. Bu alanda ayrıntılı araştırma yapılmasına ihtiyaç olduğu gibi termal enerji değişimi atıksu arıtma tesislerinde henüz gerçekleştirilmiş bir uygulama değildir.

5.4.4 Ekipman

W19. Ekipmanların sık aralıklarla ON/OFF yapılmaması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	< 100.000 €

Tesisin devreye alınması aşamasında ekipmanlar sık sık açılıp kapanmakta ve bu nedenle önemli enerji sarfiyatı oluşmaktadır. Proseste küçük ayarlamalar yapılmak suretiyle bu durum giderilebilir. Bu tür ekipmanlara örnek olarak kompresör ve aeratörler gösterilebilir.

W20. Ekipmanların istenmeyen ayar değerlerinde çalışmasını önlemek

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 100.000 €

Büyük ekipmanların (pompa, blower vs. gibi) istenmeyen ayar değerlerinde işletilmesi sonucunda gereksiz enerji sarfiyatı oluşmaktadır. Bu gibi durumlarda prosesin ayarlanması gerekmektedir.

W21. Çöktürme ünitelerinde sıyırıcı çalışma şeklinin ayarlanması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 50.000 €

Ön ve Son çöktürme havuzlarındaki sıyırıcıların çalışması düzenlenerek enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu düzenleme sabit giriş debisine (pik) göre sıyırıcı çalışma hızını ayarlamaktansa, tesise atıksu giriş debisi ve geri devir çamurunun debisi ya da havalandırma havuzundaki veya geri dönen çamurdaki asıyıda katı madde konsantrasyonu temel alınarak yapılmalıdır. Bu açıdan, sistemdeki sıyırıcıların hız ve diğer

özelliklerinin ayarlanabilir olması ve proses kontrol ekipmanının bulunması gerekmektedir.

W22. İleri düzey ön arıtma (elekler).

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Ön çöktürmeye inceleme elek/filtreler kullanılarak atıksu içerisinde daha fazla BOİ giderilerek çürütmeyle biyogaza dönüştürülebilir. Bunun için su içerisinde azot giderimine yetecek miktarda BOİ bulunması gerekir. Çamur çürütme verimi arttırıldığı zaman yan akımlardaki azot miktarında bir artış gözlenebilir. Bu durumda, yan akımlara ileri düzeyde arıtma uygulanabilir.

5.4.5 Karıştırma ve Tahrik

W23. Tahrik ve karıştırma için yüksek verimlilikte karıştırıcı kullanımı

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 250.000 €

Yüksek verimlilikte karıştırıcılar kullanılması daha düşük enerji sarfiyatından ötürü koivansiyonel mikserlerle kıyaslandığında daha çok tercih edilir. Farklı tedarikçiler arasında bir tercih yapmalıdır.

W24. Tahrik pervanesinin periyodik ayarı

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	< 10.000 €

Havuzda ölçülmüş olan sıvı akım hızına göre pervane işletiminin optimizasyonu enerji tasarrufu sağlanabilir. Havuzdaki sıvı akım hızı profilinin ölçümü kolay olduğundan sürekli ölçümleme yapabilmek çok ekonomik değildir. Hızlar, periyodik olarak ölçülebilir ve pervanenin çalışması buna göre ayarlanabilir. Bu doğrultuda, pervanelerin çeşitli tahrik veya işletim ayarı olması ve sistemdeki ayarlamaların buna göre yapılabilmesi lazımdır.

W25. Pervanelerin tipi ve tahrik için kabarcıklı havalandırmayla koordineli olarak konumlandırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Pervane tipinin seçimine göre parvaneler arası mesafe ve havalandırma alanı da değişiklik gösterir. Pervanelerin çok yakın konumlandırıldığı hallerde havalandırılan alan bozularak arzu edilen sıvı akış hızını elde edebilmek için daha fazla enerji har-

camak gerekebilir. Pervanelerin havuzlarda kıvrımlı alanlarda bulunması da önerilmemektedir.

W26. Akış yönünde kompartmanlar arası geçiş

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Atıksu arıtma tesisindeki kompartmanlar arasında sıklıkla bir sıvı alış verişi vardır. Bu geçiş akımlarının ana akıma dik değil de aynı yönde konumlandırılması halinde sıvı akışı için gereken enerji ihtiyacı da azaltılabilecektir.

W27. Pervane yerine havalandırmayla karıştırma

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	Yatırım gerektirmemektedir	-

Oksijen transferinin gerekmediği periodlarda çok kısa süre içerisinde yoğun havalandırma yapılarak neredeyse hiç oksijen transferi sağlanmamakla birlikte çamur karıştırılmış olur. Bunun neticesinde pervane kullanımına gerek kalmadığından enerji sarfiyatı düşer.

W28. Havalandırma sırasında tahrik pervanelerinin kapalı konuma getirilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	Yatırım gerektirmemektedir	-

Tam havalandırılmalı havuzlarda pervaneler kapatılmak suretiyle sıvı karışımında enerji tasarrufu sağlanabilir.

5.4.6 Hidrolik Sistem

W29. Cazibe ile iletim

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Yeni tasarlanan atıksu arıtma tesislerinde cazibeli iletim olanakları mümkün olduğunca değerlendirilmelidir. Böylelikle, pompa istasyonlarında enerji tasarrufu elde edilebilir. Zaman zaman, bazı özel projelerde yer altından iletim yapıları da kullanılabilir ve bu şekilde su hattının yüksekliği en uygun şekilde ayarlanabilir. Daha uzun kullanım sürelerinde, daha düşük enerji masraflarına karşılık, İnşaat sırasında yer altı sularının pompalanması da düşünüldüğünde daha yüksek masraflar çıkabileceği değerlendirilmelidir.

W30. Yağmur suyunun ayrılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Yağmur suyunun atıksudan ayrılması halinde atıksu arıtma tesisine gelen su miktarı da azalacaktır. Böylelikle, tesisdeki birçok ekipman ve havuzun daha küçük boyutlarda olması ve çeşitli aygıtların daha seyrek ya da daha az yoğunlukta kullanılması sağlanabilir. Bu çerçevede ‘esnetilemez’ çıkış suyu kriterlerinin karşılanmasında (örn. $N_{tot} = 10$ mg/L) zorluklar olabilir ve (yağmur suyunun seyreltici etkisi de değerlendirildiğinde) tesis arıtma veriminin artırılması gerekebilir. Bu, özellikle de havalandırma safhasında daha fazla enerji harcanması anlamına gelir. Dolayısıyla, yağmur suyunun ne oranda ayrılacağı konusunda sahadaki şartlar ve özel durumlar esas alınmalı, özellikle de giriş debisindeki değişimlerin arıtma üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

W31. Sızmalara dikkat edilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Kanalizasyon sistemine yer altı sularının sızmasına müsaade edilmemelidir. Aksi takdirde hem kanalizasyon hem de atıksu arıtma sistemleri üzerindeki debi artacak ve her iki sistemde de daha fazla enerji çekilmesine neden olacaktır. Yer altı sularının sisteme karışması engellendiğinde atıksu arıtma tesisine de daha az su taşınacak, bunun neticesinde daha küçük boyutlarda ekipman ve havuzlar kullanılabilen gibi pek çok aygıtın da daha az sıklıkta veya daha düşük yoğunlukta kullanılması sağlanabilecektir. Ancak, düşük debi nedeniyle atıksu içerisindeki konsantrasyonlar artacak ve ‘esnetilemez’ çıkış suyu kriterlerinin karşılanmasında (örn. $N_{tot} = 10$ mg/L) zorluklar çıkabilecek ve tesisin arıtma veriminin artırılması gerekebilecektir ki bu da özellikle havalandırma da daha fazla enerji gereksinimi olacağı anlamı taşımaktadır.

W32. Hidrolik sistemin optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Hidrolik sistemindeki pompa istasyonlarında gerçek zamanlı kontrol gibi proses kontrol optimizasyonuna gidilerek atıksuyun tesis içerisinde daha eşit dağıtılması

sağlanabilir. Toplam arıtma sürecinde enerji tasarrufu sağlanabilmesi açısından bu tür uygulamaların olumlu etkisi olacaktır.

5.4.7 Egzozdan Gelen Havanın Temizlenmesi

A2. Kompost filtre yerine lav filtre konulması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Kullanılan filtre tipi, filtredeki basınç kaybıyla bağlantılı olarak fanlardaki enerji tüketimini etkiler. Lav filtrelerinde zaman içerisindeki basınç farkları daha sabittir. Ayrıca bu tip filtrelerin koku giderim verimleri de yüksektir. Yeni imalatlarda egzozdan gelen havanın temizlenmesi için lav filtreler tercih edilmelidir.

A3. Üfleli filtre

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Egzozdan gelen havanın kısmen de olsa düşük oranda H_2S konsantrasyonu ihtiva etmesi halinde bu noktada üfleli filtre kullanılabilir. Bu tip filtreler açık havaya bağlantısı yapılarak fansız olarak kullanılmaktadır. Filtreden hava geçişi doğal ventilasyonla sağlanır. Bunun neticesinde lav filtrelere daha az hava taşınarak daha fazla verimlilik elde edilebilir. Öte yandan, üfleli filtre için ek bir yatırım ve işletim masrafı olacağı unutulmamalıdır.

5.4.8 Hava Çekme

A4. Hava çekiminin optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 - 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Egzozdan gelen havanın hacmini azaltmak için bazı tasarım unsurları yeniden gözden geçirilebilir. Kurulumda daha küçük fanlar kullanmak, frekans konvertörleri uygulamak veya zaman ayarlı anahtarlar (switch) kullanmak gibi teknik ayarlamalar yapılarak elektrik tüketimi azaltılabilir.

A5. Çekilen hava hacminin azaltılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Havalandırılacak alanın hacmi azaltılmak suretiyle egzozdan gelen hava miktarı da azaltılabilir. Ancak minimum gereklilikler yerine getirilmelidir.

A6. Çekilen havanın H₂S ölçümlerine göre düzenlenmesi.

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Ölçümlenen H₂S konsantrasyonlarına göre çekilen hava miktarı düzenlenerek hava akışını azaltmak mümkündür.

A7. Havalandırma havuzu üzerinde ventilasyon debisinin artırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Bu önlem sadece noktasal olarak uygulanan yüzey havalandırmada uygulanabilir. Havalandırma havuzlarının üstü kapalı olduğu durumlarda egzoz gazında açık havaya kıyasla daha düşük oksijen bulunabilir. Bunun sonucu olarak, daha yoğun ve uzun süreli havalandırma gerekir. Havalandırma havuzu üzerindeki ventilasyon oranının artırılmasıyla birlikte havadaki oksijen konsantrasyonu artacak ve bu şekilde havalandırma için gereken enerji miktarı azalacaktır. Ancak, bu önlem ventilasyonu arttırmakta kullanılan bloverlerin fazladan enerji tüketimini de etkileyecektir

5.4.9 Çamur Sistemi

S1. Solucan patlaması (worm bloom)

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Solucanlar atıksu arıtma tesislerinde çamur miktarını azaltarak çamur hattı, taşıma ve çamur son-işlemindeki enerji tüketimini etkiler. Saha özelliklerine göre enerji kazanımının ne olacağı araştırılması gerekir.

S2. Çamur nakliye işleminin zamanlanması

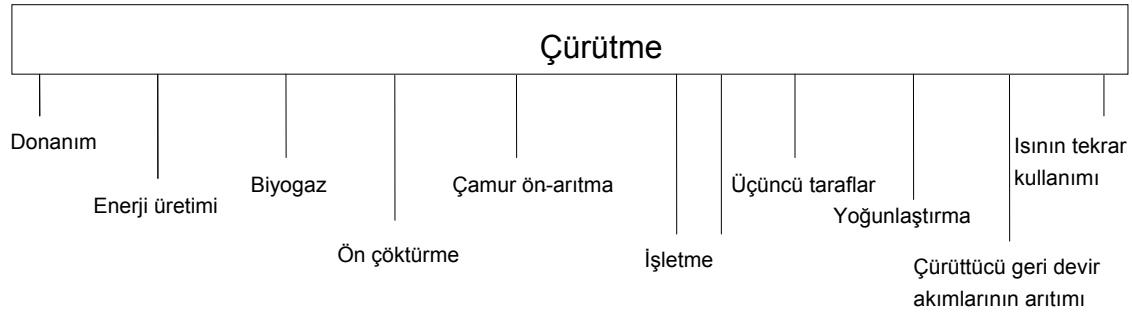
% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Atık çamurun nakliyat saatleri uygun biçimde tespit edilmek suretiyle trafik tıkanıklıklarında etkilenmeden taşıma için harcanacak yakıtta tasarruf sağlanabilir.

S3. Cannibal (fazla çamur miktarının azaltılması)

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	> 1.500.000 €

Cannibal prosesinde aktif çamur ayrı bir havuzda belirli bir süre boyunca ‘aç bırakılarak’ çamurun ‘kendi kendini yemesi’ sağlanır ve sonuç olarak elde edilen net çamur miktarının daha düşük olması sağlanır. Bu şekilde, çamur hattı, taşıma ve çamur son-işlemindeki enerji tüketimi etkilenir. Bunun için de ilave havalandırma yapılması gerekecektir. Her uygulamanın kendine has toplam su zincirindeki enerji kazanımlarının ne olacağı araştırılmalıdır.

5.5 Çürütme

Bu bölümde, çürütme sürecine özgü enerji önlemleri tanımlanmaktadır. Öncelikle çamurun atıksu arıtma tesisinde çürütülmesinin fizibilitesi çalışılmalı ve bunu izleyen süreçte ekipmanlar, enerji üretimi, biyogaz, ön çöktürme, çamur ön-arıtması, çürütücü işletimi, üçüncü taraflarla işbirliği, çamurun yoğunlaştırılması, yan akımların arıtılması ve ısının yeniden kullanımı gibi konular değerlendirmeye alınmalıdır.

S4: Çamur çürütme ve kojenerasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
>%20	> 15	> 1.500.000 €

Atıksu arıtma tesisinde çürütme olmaması durumunda bir çürütücü kurulması düşünülebilir. Bu durumda, ilave birleşik ısı-güç (CHP) kurulumları ısı ve elektrik üretimi için gerekebilir. Aynı zamanda, biyogazın kullanılabilir enerjiye dönüştürülmesinde kullanılacak (ısıtıcı veya biyogazın doğal gaz şebekesine taşınması gibi) diğer ekipman ve uygulamalar da değerlendirilebilir. Çürütücünün uygulanabilirliği masraflar ve/veya enerji gibi kriterlere ve sahadaki özel şartlara göre değişecektir. Çamurun çürütülmesi halinde çamur miktarı bu çamurun taşıma/bertaraf masrafları

da düşecektir. Ayrıca, biyogaz üretilmesi halinde elektrik tedarik masrafları da azalacaktır. Ekonomik fizibilite aynı zamanda yatırıma, işletim masraflarına ve yatırım geri ödeme hızını ilgilendiren mali kıstaslarada bağlıdır. Çürütmenin ekonomik anlamda uygulanabilir olması açısından üretimle doğru orantılı bir ekonomik ölçek uygulanması da önemlidir. Bu nedenle, çürütücülerin büyük ölçekli tesislerde uygulanabilirliği daha fazladır. Ancak, küçük ölçekli tesislerden büyük tesislerdeki çürütücülere çamur taşınacak olması da değerlendirilmelidir.

5.5.1 Donanım

S5. Çok aşamalı termofilik çürütme

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Çürütmenin daha yüksek ısılarda gerçekleştirilmesi (termofilik çürütme) ya da çok aşamalı bir çürütme uygulanması halinde prosesteki dönüşüm verimi arttırılabilir. Prosesin düzenli ve istikrarlı bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Uygulamada çamur karakteristiği ve amonyaktan kaynaklanan inhibisyongöz ardı edilmemelidir.

S6. Mevcut çürütme kapasitesinin kullanımı

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Yüksek çürütme kapasitesi olması halinde diğer atıksu arıtma tesislerinden veya üçüncü taraflardan çamur veya çürütme için uygun özellikte organik atık tedarik edilebilir. Çamurun parçalanması açısından bunun olumlu katkıları olacak, daha büyük miktarlarda biyogaz elde edilecektir. Bu olasılıkların gerçekleşmesi, büyük ölçüde alınacak izinlere ve sahadaki özel şartlara bağlıdır.

S7. Eski çürütücülerin yalıtımı

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	< 100.000 €

Çeşitli yalıtım önlemlerinin uygulanması halinde çürütücüdeki yüksek ısı korunabilecek ve daha büyük miktarlarda biyogaz üretilbilecektir. Ayrıca, çürütücünün arzu edilen ısıda tutulması için gereken sıcaklık da daha az olacaktır. Biyogaz uygulamalarından yarar sağlayabilmek açısından bu önemlidir. Bu önlemin özellikle eski tip çürütme havuzlarında uygulanabilirliği daha fazladır.

S8. Çamur arıtılmadan önce kum tutulması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Zaman içerisinde çürütücü içerisinde kum birikmektedir. Bu durumu önleyebilmek için çamur veya su hatlarında biriken kumun çürütücüye ulaşmadan önce tutulabilmesi gerekmektedir. Kumun çürütücüye ulaşmasının engellenemediği hallerde birikecek kumun miktarı büyük oranda su ve çamur hatlarındaki kumun tutulmasına, çürütücüdeki karıştırma sürecine ve atıksu ile birlikte gelen kum miktarına bağlıdır. Çürütücüde kum bulunması neticesinde havuzda çamur bekleme süresi verimli olmaktan uzaklaşarak çamur dönüşüm oranının azalmasına neden olacaktır. Aynı şekilde, biyogaz üretiminde de kayıplar meydana gelecektir.

Çürütme sürecine kum karışmasını engelleyebilmek için kumun, örneğin kum siklonları kullanılarak çamur çürütmeden önce ayrılabilmesi gerekir.

5.5.2 Enerji Üretimi**S9. Kompresörlerin doğrudan gaz motoruyla çalıştırılması**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Konvansiyonel birleşik ısı-güç (CHP) kurulumlarıyla kombine olarak kullanılmaları haline kompresörler doğrudan üretilmiş olan biyogaz ile çalışan gaz motorları vasıtasıyla çalıştırılarak düşük oranda havalandırma arzu edilen durumlarda gazın kullanılması sağlanabilir. CHP kurulumlarından elde edilen elektrik enerjisi tesiste tüketilebileceği gibi şebekeye de beslenebilir.

S10. Küçük gaz türbinleri veya gaz motorlarıyla enerji üretilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Tek bir büyük gaz türbini yerine birkaç tane küçük türbin kullanılarak enerji elde edilmesi halinde biyogaz üretimindeki dalgalanmalar daha kolay yönetilebilecektir. Ancak, büyük türbinlerin daha verimli işletilebildiği de göz ardı edilmemelidir.

S11. Küçük bir gaz türbini ya da ekstra biyogaz depo tankı ilavesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Geçici olarak bir gaz fazlası olması halinde ilave bir gaz türbini kullanılmak suretiyle tesisteki enerji üretiminde daha fazla biyogaz kullanılabilir. Ayrıca, bu şekilde biyogaz temininde karşılaşılan dalgalanmalar da daha esnek bir şekilde yönetilebilecektir. Biyogaz için ilave depo kapasitesi de kullanılabilir. Böylelikle, biyogazın yakılması ya da depolanmasına olan ihtiyaç da azaltılmış olacaktır. Ancak, ilave bakım çalışmaları gerekeceği unutulmamalıdır.

S12. Yüksek verimlilikte ısı ve enerji eşleşimi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	5 – 15	< 250.000 €

Tasarım aşamasındaki atıksu arıtma tesislerinde yüksek verimlilikte kombine ısı ve güç kurulumları kullanmak iyi bir yatırım olabilir ve bu yolla %38-42 oranında elektrik verimi elde edilebilir. Isı ve güç kurulumlarına ilaveten ORC (Organik Rankine Döngüsü) teknolojisinin kullanılması halinde elektrik verimi %45'e ulaşacaktır. ORC teknolojisi organik solventlerin buharlaşma ve kondansasyonuna dayalıdır. Maliyet açısından verimlilik elde edebilmek için nispeten büyük (> 1 MW elektrik) ısı ve güç kurulumlarına gerek vardır.

S13. Isı enerji eşleştirmesinin optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

CHP kurulumunun maksimum verimde kullanılabilmesi için gerekli bakımların zamanında yapılması şarttır. Ekipmanın performansını tedarikçinin belirttiği şartlara uygun olup olmadıkları açısından değerlendiriniz.

S14. Isı enerji eşleştirmesinden önce gazın şartlandırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Gaz kalitesi arttırılmak (daha temiz gaz kullanmak) suretiyle CHP kurulumlarının verimi de arttırılabilir. Özel komponentler için tedarikçinin şartlarını göz önünde bulundurun.

S15. Yüksek verimlilik için yakıt hücreleri kullanılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20	> 15	> 1.500.000 €

Çürütücü ve gaz türbinler/kojeneratör kullanılan atıksu arıtma tesislerinde genellikle fazla miktarda ısı üretilmesine karşın kayda değer miktarda da elektrik açığıyla karşılaşılmaktadır. Yakıt hücreleri kullanılmak suretiyle gaz motorları veya gaz türbinle-

rine kıyasla önemli oranda daha fazla enerji üretilebilmektedir. Ayrıca, biyogaz kullanılarak elde edilen ısı ve elektrikte de verim artmaktadır. Biyogazla çalışan yakıt hücreleri piyasada bulunmakla birlikte bu alanda ARGE çalışmaları devam etmektedir. Yakıt hücresi kullanılarak %45'e varan oranlarda verimlilik artışı elde edilebilmektedir.

5.5.3 Biyogaz

S16. Çürütücüdeki ısı tampon kapasitesinin kullanılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	Yatırım gerektirmemektedir	-

Havuz ısısı genellikle 33°C ±2°C civarında tutulur. Isı fazlası olması halinde sıcaklığın 36°C'ye ulaşması halinde kanıtlanmış bir negatif etki olmamakla birlikte biyogaz üretiminde artış olmaktadır. Arzu edilen sıcaklığın sağlanamadığı dönemlerde ilave ısıtma ihtiyacıyla daha az karşılanmaktadır.

S17. Biyogazın doğal gazla karıştırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
>%20	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Biyogaz üretim bazı dönemlerde düşebilir, gaz motoru tam kapasiteyle kullanılamaz. Bu gibi durumlarda biyogaz-doğal gaz karışımları kullanılmak suretiyle gaz motorunun sürekli çalışması sağlanarak kabul edilebilir oranda verim elde edilebilir.

S18. Biyogazın üçüncü taraflara ulaştırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Küçük çaplı bir ön-işlemi takiben biyogaz bir boru hattı üzerinden yüksek verimde ısı veya elektrik fazlası temin edilebilecek bir başka lokasyona iletilebilir. Atıksu arıtma tesisinde biyogazdan elektrik enerjisi elde edildiği hallerde elektrik teminiyle ilgili alternatif düzenlemelere ihtiyaç vardır. Maliyet açısından mesafe önemli bir kistastır. En iyi uygulama için komple enerji dengesinin hesaplanması gerekir.

S19. Biyogazın metana çevrilerek tekrar gaz şebekesine verilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Biyogaz iyileştirilerek doğal gaza dönüştürülebilir ve doğalgaz şebekesine beslenebilir. Bu biyogaz kısmen çürütücü için ısı üretiminde kullanılabilir. Bir önce ele alınan durumda, tesiste biyogazdan elektrik elde edilmesi halinde ilave bir elektrik kaynağına gereksinim vardır. Elektriğin (primer enerji kaynağının) muhafaza edilip edilemeyeceğiyle ilgili karar verebilmek açısından, enerji üretimi ve tüketimiyle ilgili konuların kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmesi lazımdır.

S20. Gaz depolama için ilave depo tankı kurulumu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	> 15	< 250.000 €

İlave depo kapasitesi yıllık ortalama biyogaz kullanımını iyileştirebilir. Bu açıdan, düzenli olarak biyogaz fazlası bulunmasına ve gazın gerekli biçimde tüketilebilir olmasına gerek vardır.

5.5.4 Önçöktürme

S21. Yüksek verimlilikte önçöktürme

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
5 – 20%	< 5	< 100.000 €

Önçöktürme havuzundaki birincil çamur üretimini, polimer (PE) veya metal tuzu dozlaması yapılarak arttırmak mümkündür. Birincil çamur çürüme özellikleri bakımından ikincil çamura kıyasla daha uygundur ve bunun da bir sonucu olarak daha iyi bir çürüme ve daha fazla miktarda biyogaz üretimi elde edilir. Ancak, metal tuzları katılarak elde edilen kimyasal özellikleri daha yüksek olan çamurun bertarafında ilave masraflarla karşılaşılacaktır. Daha iyi bir ön arıtmanın su hattı üzerindeki azot giderimine etkilerine dikkat edilmelidir. Yüksek verimlilik neticesinde genellikle istenmeyen seviyelerde BOİ/N oranlarına ulaşılmakta ve bu nedenle denitrifikasyon aşamasında sorunlar yaşanabilmektedir. Enerji tasarrufu sağlayan yan akım arıtma teknikleri kullanılarak azot giderimine bir çözüm uygulanabilir. Ayrıca, daha düşük BOİ yüklemesi biyolojik fosfor giderimine giderimine etkileri olabilir.

5.5.5 Çamurun Ön-Arıtılması

S22. Çürütme öncesinde ultrasonik/hidrodinamik çamur parçalama teknikleri

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	< 500.000 €

Çürütme öncesinde ultrasonik/hidrodinamik çamur parçalama teknikleri kullanılarak çürütme safhasında etkili bir parçalanma sağlanabilir. Ayrıca, biyogaz üretimini de

arttırmak mümkündür. Çamurun parçalanmasında gerekecek ilave enerji biyogazdan elde edilmiş olan enerjiden karşılanacak şekilde optimize edilmelidir. Son çamur miktarında elde edilecek azalma ile maliyette düşüş elde edilebilir.

S23. Çürütme öncesinde yüksek basınçlı, termik, hidroliz, cambi çamur parçalamaya teknikleri

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
1 – 10%	> 15	> 1.500.000 €

Çürütme öncesinde yüksek basınçlı, termik, hidroliz, çamur parçalamaya teknikleri kullanılarak çürütme safhasında etkili bir parçalanma sağlanabilir. Yüksek ısı ve basınç, çamur içerisindeki biyokütleyi bozarak çürütülebilir bileşenlerin açığa çıkmasını sağlar. Ayrıca, biogaz üretimi de artabilir. Çamurun parçalanmasında gerekecek ilave enerji biyogazdan elde edilmiş olan enerjiden karşılanacak şekilde optimize edilmelidir. . Son çamur miktarında elde edilecek azalma ile maliyette de düşüş elde edilebilir. ayrıca, susuzlaştırma karakteristikleri iyileşir.

5.5.6 İşletme

S24. Çürütücünün sürekli olarak beslenmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 250.000 €

Çürütücüye sabit besleme sağlamak suretiyle sabit biyogaz üretimi elde edilebilir. Bunun sonucu olarak, gaz motorlarının sabit hızda çalışması sağlanarak biyogaz yakılmasını gerektiren pikler azaltılabilir. Sabit besleme elde edebilmek açısından pbirincil çamur ön arıtma aünitelerinde, yoğunlaştırıcıda veya yeni bir depo havuzunda depolanabilir ve ilk yıkamada (flush) pik gaz oluşması önlenir.

S25. Çürütücü içerisinde düzgün miksoj

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 50.000 €

Havuzda tam karışım elde edebilmek açısından çürütücüde uygun şekilde karıştırma yapılması gereklidir. Karıştırma sıklığı veya yoğunluğu gibi karıştırma süreçleri ihtiyaca göre yeniden düzenlenebilir ve bu şekilde optimum düzeyde gaz üretimi elde edilebilir. Karıştırma işleminin ilave enerji gerektireceğinden hareketle maliyetler ve kazançlar değerlendirilmelidir.

S26. Çürütücüye gaz verilerek karıştırma yerine karıştırıcı kullanarak karıştırma yapılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	< 5	< 100.000 €

Gaz girdisi yerine karıştırıcı koyulmak suretiyle karıştırmada da enerji tasarrufu sağlanabilir. Enerji verimi çürütücü ebadına göre değişir. Özel tasarım yapılmalıdır.

S27. Çürütücüden kumun bir kerede temizlenmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Açıklamalar için bkz. S8. Bu özel önlem çürütücüden kum atılmasıyla ilgili bir önlemdir ve uygulanabilmesi için çürütücünün devre dışı bırakılmasını gerektirir. Kumun bu şekilde temizlenmesi için büyük miktarlarda birikmesi beklenebileceği gibi istenmeyen miktarlarda kum birikmesini önlemek için çürütücünün düzenli olarak temizlenmesi de sağlanabilir.

S28. Çürütücüden bakım sırasında kumun temizlenmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	< 500.000 €

Açıklamalar için bkz. S8 ve S27.

5.5.7 Üçüncü taraflar**S29. Çevredeki atık ısı enerjisinin kullanılması**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Çevredeki bir sanayi tesisinden vs. alınacak atık ısı enerjisi binaların, çürütücülerin, giriş suyunun ısıtılmasında veya çamur susuzlaştırma ya da kurutulmasında kullanılabilir.

S30. Atık ısının üçüncü taraflara verilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Kojenerasyondan gelen ve atıksu arıtma tesisinde bir kullanım alanı bulunmayan atık ısının sanayi kuruluşları ya da kentsel yerleşimler gibi kullanım alanlarına beslenmesi sağlanabilir. Tedarik taahhütü vs. yasal konular göz ardı edilmemelidir.

5.5.8 Yoğunlaştırma

S31. Çamurun graviteli olarak değil mekanik olarak yoğunlaştırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Kalma süresi ve çürütme prosesine göre değişiklik gösterir	Kalma süresi ve çürütme prosesine göre değişiklik gösterir	< 500.000 €

Graviteli yoğunlaştırma yerine mekanik yoğunlaştırma uygulanmak suretiyle daha fazla yoğunlaştırma elde edilebilir. Bunun neticesinde, çürütücüye giren çamurda daha yüksek miktarlarda askıda katı madde konsantrasyonu bulunur ve tutma zamanı artabilir; böyle olması halinde biyogaz üretimi de artacaktır.

S32. Polielektrolit dozlaması.

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Kalma süresi ve çürütme prosesine göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	< 10.000 €

Graviteli çamur yoğunlaştırma sırasında polimer (PE) dozlamak suretiyle askıda katı madde konsantrasyonu artırılabilir. Sonuç olarak çürütücüde bekleme süresi ve üretilen biyogaz miktarı artar. PE dozlamayla elde edilebilir olan askıda katı madde konsantrasyonu mekanik çamur yoğunlaştırmaya kıyasla daha azdır. Öte yandan dozlama ekipmanı için gereken yatırım miktarı da düşüktür.

5.5.9 Yan akımların Arıtılması

S33. Yan akımların sabit ve yüksek oranda amonyak nitrit üzerinden dönüştürülerek (SHARON) arıtılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	5 – 15	Giderilen 0,5 – 1,5 € / kg N

SHARON (yan akımların sabit ve yüksek oranda amonyak nitrit üzerinden dönüştürülerek arıtılması) prosesinde ilk olarak aerobik şartlarda amonyak okside olarak (nitrikasyon nitrit) halini alır ve ardından anoksik şartlarda karbon kaynağı eklenerek (denitrifikasyon) azota dönüştürülür. Denitrifikasyon süreci, nitritin kolaylıkla denitrifiye olmasından hareketle özellikle proses pH değerini düzeltmeyi hedefler. Konvansiyonel Azot giderim sürecine kıyasla enerji tasarrufu söz konusudur. 30-40°C'lik bir ısı gerekir.

S34. Azotun kimyasal olarak strüvite çöktürülmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Strüvit prosesinde geri dönen likör içerisindeki fosfor, fosfatın Magnezyum ve azot ile strüvite çökeltilmesiyle giderilir ($MgNH_4PO_4$, Magnezyum-Amonyak-Fosfat (MAF)). MAF gübrede kritik öneme sahip bir etmendir.

S35. Anaerobik deamonifikasyon.

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20	5 – 15	Giderilen 0,5 – 1,5 € / kg N

Deamonifikasyon, atıksudaki amonyağın indirgendiği biyolojik arıtma yöntemidir. Bu yöntemle, amonyak, anaerobik şartlarda nitrit kullanılmak suretiyle azota dönüştürülür. Bu, ototropik bir süreç olup herhangi bir karbon kaynağı eklenmesini gerektirmez. Proses iki adımdan oluşur: amonyaktan nitrit oluşumu ve nitrit ve amonyağın birleşerek azot oluşumu. Bu işlem ancak yan akımlar gibi fazlasıyla konsantre atıksular için geçerlidir. Düşük C/N oranı ve yüksek ısı şarttır. (Teknikler: Anammox – Anaerobik Amonyak Oksidasyonu, DEMON – Deamonifikasyon)

S36. İki reaktörlü ve iki aşamalı Sharon-Anammox prosesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20	> 15	Giderilen 1,0 – 3,0 € / kg N

Ayrı bir SHARON prosesinde denitrifikasyon olmadan oluşan nitrit, ANAMMOX prosesindeki amonyak ile anaerobik reaksiyona girerek azot gazına dönüşür. Amonyak anaerobik oksidasyonunda özellikle ANAMMOX bakterileri de sürece dahildir. SHARON prosesinde amonyak nitrite dönüştürülür ve bu süreç, amonyak ve nitrit arasında uygun bir oran tutturuluncaya kadar devam eder. Bu sürecin kullanıldığı büyük ölçekli bir örnek bulunmaktadır. Prosesler günümüzde 1. adımda (bkz. S19) gerçekleştirilebilmektedir.

5.5.10 Isının Tekrar Kullanımı

S37. Düşük değerli ısının yeniden kullanımı

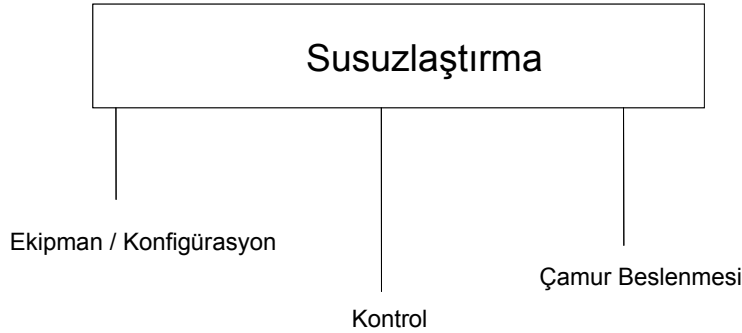
% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 250.000 €

Çıkış suyu, çürütülmüş çamur ve çamur fazlası içerisinde düşük ısı değeri bulunmaktadır. Görece düşük seviyedeki bu ısı genellikle 80°C'den azdır. Bu ısı çürütücüye beslenecek çamurun ön-ısıtmasında kullanılabilir. Büyük bir akım içerisindeki düşük ısı değeri ısı pompası kullanılmak suretiyle kullanılabilir ısıda küçük bir akışa dönüştürülerek binaların veya giriş suyu ya da susuzlaştırılacak çamurun ısıtılmasında veya çamurun kurutulmasında kullanılabilir.

S38. Gaz motoru egzoz gazlarından elde edilen ısının tekrar kullanımı

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Örneğin bir gaz motorunda üretim fazlası bir ısı oluşması halinde bu ısı çürütücüde arzu edilen ısının tutturulmasında, giriş suyunun ısıtılmasında veya susuzlaştırma ünitesindeki çamurun ısıtılmasında kullanılabilir. Giriş suyunun ısıtılmasının enerji tasarrufuna etkileri büyük oranda durum şartlarına bağlıdır. Yüksek sıcaklıklarda daha az çamur gerektiğinden ötürü olumlu ve daha yüksek ısıda fazla oksijen gerektiğinden ötürü de olumsuz etkileri bulunmaktadır. Çamur ne denli sıcak olursa susuzlaştırma özellikleri de o kadar artmaktadır. Aynı susuzlaştırma yüzdesinde bu durum daha düşük enerji ve polimer tüketimine neden olur. Bu değerler son susuzlaştırma yüzdesinin yüksek olması için sabit de tutulabilir. Bunun neticesinde son çamurun depolanmasında maliyetler düşürülebilir. Son aşamada herhangi bir enerji tasarrufu yer almamakla birlikte sürecin ardışık ve etkili bir şekilde yönetimi açısından önemlidir.

5.6 Susuzlaştırma**S39. Susuzlaştırma fizibilitesi**

Çamuru susuzlaştırılmak suretiyle, örneğin kuru katı içeriği %20-25 dolaylarına getirildiğinde bu, taşıma masrafları açısından bir tasarrufu da beraberinde getirir. Aynı şekilde, çamur içindeki su muhtevası azalmış olacağından çamurun kalorifik değeri artar. Susuzlaştırmanın ekonomik anlamda uygun olup olmadığını görmek için sahanın kendine has koşulları değerlendirilmeli, nakliye ve çamur bertaraf masrafları göz önüne alınmalıdır. Ekonomik olması açısından susuzlaştırma belirli bölgelere hizmet veren büyük ölçekli arıtma tesislerinde yapılabilir. Küçük tesislerden gelen çamur sahada yoğunlaştırılarak merkezi susuzlaştırma tesislerine nakledilebilir. Farklı çamurların farklı

susuzlaşma karakteristikleri olacaktır. Çamur karakterine göre gerekli kuru-katı yüzde-leri ile enerji gereklerine uygun mekanik susuzlaştırma alternatifleri kullanılabilir.

5.6.1 Ekipmanlar/Konfigürasyon

S40. Yoğunlaştırmadan sonra santrifüj yerine belt pres

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	> 15	< 250.000 €

Çamurun susuzlaştırılmasında yoğunlaştırma safhasından sonra santrifüj yerine belt pres uygulanması enerji sarfiyatını olumlu yönde etkileyecektir. Elde edilecek olan kuru madde içeriği göz önünde bulundurulmalıdır.

S41. Doğrudan çamur susuzlaştırma için basamaklı (kaskat) hizalama ve belt pres

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	> 15	< 250.000 €

Tek aşamalı santrifüj yerine belt kalınlaştırıcı kaskat hizalama ile belt pres veya susuzlaştırma bandı uzatılmış bir belt pres kullanılmak suretiyle doğrudan çamur susuzlaştırması yapıldığı zaman enerji tüketimi olumlu yönde etkilenmektedir.

S42. Çürütmeden sonra belt presle çamur susuzlaştırma

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	> 15	< 250.000 €

Çürütmeyi takiben çamurun santrifüj yerine belt pres kullanılarak susuzlaştırılması enerji tasarrufu sağlayacaktır. Elde edeceğiniz kuru madde içeriği göz önüne alınmalıdır.

S43. Susuzlaştırma ünitesinde kuru madde içeriği

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir

Yüksek oranda askıda katı madde içeriğine ulaşacak tipte çamurların nasıl susuzlaştırılacağı (örn. membran filtre pres gibi) konusunda karar verilirken nakliyede kat edilecek mesafe ve çamur son-işlemi de göz önünde bulundurulmak suretiyle enerjiden tasarruf etmek mümkündür. Susuzlaştırma, çamurun nakliyatı ve çamur son-işlemi için gereken enerjiler optimize edilebilir.

S44. Aktif çamur depolarından su tahliyesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir	< 50.000 €

Nakliye masrafları ve nakliye sırasında harcanan enerji miktarı aktif çamur aşamasında suyun tahliye edilmesiyle birlikte daha da düşecektir. Bu anlamda, çöktürme tankları /depolar ve yeterli bekleme süresi gerekecektir.

5.6.2 Kontrol**S45. Santrifüj hızının düşürülmesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	Yatırım gerektirmemektedir	None

Enerji geri kazanım birimi kullanılmak suretiyle santrifüjün çalışma hızı ya vaşladığında elektrik üretilebilir.

S46. Santrifüj operasyon kontrol sistemi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir	< 50.000 €

Sabit bir kuru madde içeriğine ulaşılmaya çalışılırken, santrifüje beslenmekte olan çamur içerisindeki askıda katı madde konsantrasyonunda karşılaşılan dalgalanmaları kontrol etmek amacıyla bir debi kontrol sistemi tasarlanabilir. Bu doğrultuda, besleme debisi ve/veya gelen çamur içerisindeki askıda katı madde miktarı ölçülebilir. Besleme debisinde yapılan ölçümler ve/veya santrifüj operasyon ayarlarına göre işletim ayarlanarak sabit değerde bir son kuru madde içeriği elde edilebilir. Bunun neticesinde, son çamur işleme safhasına nakledilecek miktar azaltılarak zincir içerisinde enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu tip operasyonda susuzlaştırma aşamasında daha az enerji ve daha az polimer tüketilir.

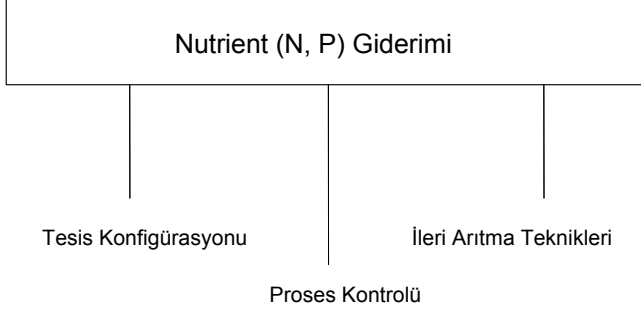
5.6.3 Çamur Beslemesi**S47. Susuzlaştırma kurulumuna iyi karışmış çamur beslemesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 250.000 €

Susuzlaştırma kurulumuna iyi karışmış bir çamur göndermek suretiyle tüm prosesin daha sabit şartlarda ilerlemesi sağlanabilir. İyi karışmış çamur kullanılması çamur son-işleme nakledilen çamur miktarının azalmasına ve genel itibarıyla tüm zincirde

daha az enerji tüketilmesine yardımcı olur. Benzer şekilde, susuzlaştırma safhasında da daha düşük enerji ve daha az polimer dozlaması gerekecektir. Ön çöktürme havuzunda, yoğunlaştırma tankında ya da yeni depolama tankında birincil çamur depolanarak düzenli bir besleme elde edilebilir.

5.7 Nutrient (N, P) Giderimi



W33: Nütrient giderimi

(Azot, fosfor) gibi nütrientlerin gideriminin gerekliliği konusunda özel mevzuat hükümleri veya alıcı ortamlarla ilgili yerel şartlar belirleyici etmenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu besin maddelerinin giderilmesi önemli oranda masraf ve enerji sarfiyatını da beraberinde getirmektedir. Tarımsal alanlar ve özellikle de kurak bölgelerde bu besin maddeleri tutularak suyun tarımsal sulama amacıyla kullanılması bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Bu şekilde hem su hem de besin elementleri tekrardan kullanılmış olacaktır.

5.7.1 Tesis Konfigürasyonu

W34. İlave anoksik hacim oluşturulması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	< 10.000 €

Daha ileri düzeyde denitrifikasyona olanak verecek şekilde ilave anoksik hacim oluşturmak suretiyle, nitrat dönüşümü sırasında oksijen geri kazanımı olacağından havalandırma için gereken enerjiden tasarruf etmek mümkündür.

W35. Enerji açısından en uygun tasarımın tercih edilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Hidrolik ve teknolojik açılardan en uygun sistemin tespit edilmesi enerji tasarrufu, ve özellikle de yan akımlarda enerji tasarrufu sağlamak açısından önemlidir. Bunun bir örneği Phoredox prosesinde görülebilir. Bu proses enerji açısından önemli olmakla birlikte teknoloji perspektifinden bakıldığında M-UCT prosesinin genellikle daha çok tercih edildiği görülmektedir. Bu önlem, özellikle kompartman, havuz (tank), hidrolik yük kaybını azaltacak boruların konumu ve pompaj, geriçevrim ve karıştırma için gereken enerji miktarının en aza indirilmesi gibi hususlara bağlıdır.

W36. Geri devir çamur debisinin takibi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 100.000 €

Geri devir çamur debisinin yönetimi, çamur seviyesi ve çöktürme havuzundaki bulanıklık, giriş suyu debisi, havalandırma havuzundaki askıda katı konsantrasyonu ölçülerek veya çöktürme havuzundaki kütle dengesi temel alınarak yapılabilir. Geri devir çamuru, gerektiği kadar pompalanır. Basma yüksekliği fazla olan sistemlerde ilginç bir olasılık son çöktürme havuzundan dönüşümlü olarak çamur geri devrettirmek olabilir ki bu şekilde geri dönen çamurun daha yoğun olması sağlanabilir.

W37. Anoksik bölgede nitrat geri devrinin düzenlenmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 100.000 €

Havalandırılan bölgeden anoksik bölgeye olan içsel geri devir nitrat konsantrasyonuna göre ve ilave bir nitrat veya redox sensörü kullanılarak düzenlenerek enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Sensör(lerin) nereye yerleştirileceği sahadaki özel şartlara göre kararlaştırılmalıdır.

5.7.2 Proses Kontrol

W38. Havalandırma hızının proses parametreleriyle eşleştirilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20 (oksijen)	< 5	< 100.000 €
%1 – 5 (redox)	< 5	< 100.000 €
%1 – 10 (amonyak/nitrat)	< 5	< 100.000 €

Blowerlardan gelen oksijen beslemesi hattaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu, redox ölçümleri veya amonyak/nitrat ölçümlerine dayanarak yapıldığı takdirde sistem gerçek oksijen ihtiyacına göre işletilebilir. Bu doğrultuda, proses kontrolü için bir veya birkaç sensör kullanılabilir.

W39. Sensör konumu ve sayısının optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5 (konum)	< 5	< 10.000 €
%1 – 5 (sayı)	< 5	< 100.000 €

Sensörlerin konumları veya sayıları ayarlanmak suretiyle sistemin gerçek oksijen ihtiyacına göre havalandırma girdileri daha doğru bir şekilde takip/kontrol edilebilir. Sensörlerin konum ve sayısını en doğru şekilde belirleyebilmek için proses modellemesi yapılabilir. Sensör konumları havuzların konfigürasyonuna bağlıdır. Genellikle, amonyak, fosfat ve nitrat sensörleri sonuçtürme havuzuna akış hattı üzerine yerleştirilir; oksijen sensörlerinin konumu sahadaki duruma göre tespit edilir.

W40. Sensörlerin düzenli olarak kalibrasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	< 5	< 10.000 €

Oksijen, amonyak, nitrat, redox gibi sensörlerinin hassasiyeti zamanla düşecektir. Bu anlamda, sensörlerin düzenli olarak kalibrasyonu sağlanarak sistemin gerçek oksijen ihtiyacına göre en uygun şekilde işletimi sağlanabilir.

W41. Fosfor gideriminin optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Fosforun mümkün olduğu kadar biyolojik olarak giderilmesi gerekir ki bu şekilde fosfor giderimi için kimyasal dozlama en aza indirilebilir. Kimyasal fosfor giderimi neticesinde daha fazla miktarda (kimyasal) çamur elde edileceği gibi çamur arıtmada kullanılacak enerji miktarı da artacaktır. Bunun sonucunda, denitrifikasyon için gerekenden daha düşük miktarda BOİ olacağı değerlendirilmekteyse de bu konuda kesin bir karar bulunmamaktadır. Kimyasal çamur, çamurun susuzlaşma kabiliyetini olumlu yönde etkiler. Fosfor gideriminde kimyasal dozlarının minimize edilmesiyle ortaya çıkacak avantaj/dezavantajların neler olacağı tesis özelliklerine göre değişecektir. Bu nedenle optimizasyon çalışmaları duruma (tesise) göre ayrı ayrı ele alınmalıdır.

5.7.3 İleri Arıtma Teknikleri

W42. Deamonifikasyon

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
İnceleniyor	İnceleniyor	Bilinmiyor (inceleniyor)

Anammox (deamonifikasyon) bakterileri atıksu içerisindeki amonyak ve nitriti azot gazına dönüştürür ve bu şekilde azot giderimine kıyasla önemli oranda enerji tasarrufu sağlanır. Bu konuda teknoloji geliştirilmektedir. Daha yüksek ısılar ve konsantrasyonu yüksek atıksular (örneğin çamur susuzlaştırılmadan dönen yan akımların arıtması) için kapsamlı uygulamalar bilinmektedir

W43. Aerobik granül çamur (Nereda).

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
İnceleniyor	İnceleniyor	Bilinmiyor (inceleniyor)

Nereda, evsel atıksularının aerobik granül çamur kullanılarak arıtıldığı kesikli beslemeli bir prodestir. Pilot uygulamalar ve hesaplamalara dayanarak elde edilen veriler bu uygulamayla konvansiyonel atıksu arıtma sistemlerine kıyasla enerji tasarrufu elde edilebileceğini ortaya koymaktadır. Bunun başlıca nedeni, daha fazla su yüküyle çalışabilme ve havalandırma avantajıdır. Ancak, bu verilerin kesinlikle doğrulanabilmesi açısından daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir. Ön arıtma oranına göre ince parçacıkların giderilmesi için tambur elek kullanılması gerekmektedir.

W44. İdrarın ayrılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre Değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir

İdrar ve dışkı ayrılmak suretiyle daha verimli atıksu arıtması gerçekleştirmek mümkündür. Arıtmanın ölçeği bu anlamda önemli olmakla birlikte ciddi analizler yapılması da gerekmektedir. Bu proses aynı zamanda kanalizasyon şebekesi bulunmayan kırsal alanlarda da uygulanabilir. Kentsel alanların yeni yerleşim alanlarına doğru genişlediği durumlarda ve toplu konut, hastane, iş merkezleri vb. büyük ölçekli uygulama alanlarında kullanımı da değerlendirilebilir.

6 ÇEŞİTLİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

6.1 Türkiye'deki Uygulamalar

Bu enerji verimlilik rehberi, 'karar ağacı' ve ilgili önlemlerin beklentileri/ihtiyaçları karşılayıp karşılamayacağını tespit edebilmek açısından üç test sahası belirlenmiştir. Belirlenen bu sahalara aşağıdaki gibidir:

- Ankara'daki mevcut atıksu arıtma tesisi
- Ankara'nın güneyindeki tasarım aşamasındaki Temelli atıksu arıtma tesisi
- Kızılcahamam için planlanan küçük ölçekli atıksu arıtma tesisi

Bu projeler, konuyla ilgili temsilcilerle masaya yatırılarak tartışılmıştır.

Söz konusu değerlendirmeler ardından varılan netice 'karar ağacının' enerji verimlilik önlemlerinin tespitinde yararlı olduğu yönündedir. Bu anlamda somut önlemler belirlenmektedir. Tercih edilmiş olan önlemler genel hatlarıyla aşağıda belirtilmiştir. Sol sütunda yer alan kodlar rehberde kullanılan kodları belirtmektedir.

Ankara'daki merkezi atıksu arıtma tesisi için tercih edilen önlemler:

W2/W6	Kabarcıklı havalandırma veya plaka havalandırma uygulamaları
W7	Deplasmanlı veya roots kompresörler yerine santrifüj kompresör kullanılması
S12	Yüksek verimlilik sağlayan kojenerasyon + ORC
S31	Çürütücünün bekletme süresini arttırmak için çamurun mekanik olarak yoğunlaştırılması
S19	Biyogazın metan gazına çevrilmesi
S26	Çürütücüde mekanik karıştırma
S40	(Yeni) santrifüjler yerine belt pres uygulaması
S21	Ön çöktürmede poli-elektrolit dozlaması
S32/S35	İleri düzeyde azot giderimi için yan akımların arıtılması
S7	Eski çürütücülerin yalıtımı
S18	Gaz fazlasının depolanması
W38	Oksijen konsantrasyonunun izlenmesi
S27/S28	Çürütücüden kum atılması
Diğer	Havalandırılmalı kum tutucu yerine mekanik kum tutucu kullanımı blowerlarda frekans dönüştürücü kullanımı (hal-i hazırda soft-starter -hız kontrolü- uygulanmaktadır)

Temelli atıksu arıtma tesisi için tercih edilen önlemler:

W6	Plaka havalandırma uygulaması
W38	Havalandırmada amonyak kontrolü
W14	Giriş suyunun pompalanmasında sığ yapılar kullanılmak suretiyle basma yüksekliğinin azaltılması
W11	Prosesin çamur yaşına göre düzenlenmesi
S4	(Ön çöktürme dahil) çürütme ve kojenerasyon uygulamaları
W35	Ön-denitrifikasyon uygulaması
S40	Santrifüj/dekantör yerine belt pres kullanımı
Diğer	Havalandırılmalı kum tutucu yerine mekanik kum tutucu kullanımı

Kızılcahamam atıksu arıtma tesisi için tercih edilen önlemler:

W14	Konfigürasyonun optimizasyonu - Mevcut hidrolik yükün kullanılması, pompajın önlenmesi - Yük kaybını azaltmak için boru ve bağlantı sayısının azaltılması - İki yerine tek ön çöktürme tankı
W35	Ön-denitrifikasyon uygulaması
S40	Santrifüj/dekantör yerine belt pres kullanımı
W6	Plaka havalandırma uygulaması
S4	(Ön çöktürme dahil) çürütme ve kojenerasyon uygulamaları merkezi çürütme olanaklarının kullanımı açısından civardaki diğer küçük ölçekli atıksu arıtma tesisleriyle işbirliği olanaklarının değerlendirilmesi