

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAKARYADA BULUNAN ATIK SU ARITMA TESİSLERİNİN
MİKROHESLERLE KENDİ ELEKTRİK ENERJİLERİNİ ÜRETME
POTANSİYELLERİNİN İNCELENMESİ**

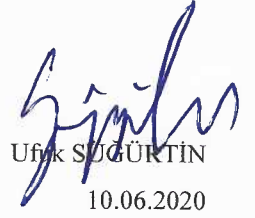
**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ufuk SÜĞÜRTİN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ**
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK
Tez Danışmanı : Dr.Öğr.Üyesi Türker Fedai ÇAVUŞ

Temmuz 2020

BEYAN

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


Ufuk SUGÜRTİN
10.06.2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren çok değerli danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Türker Fedai ÇAVUŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Dersleri takip etmem aşamasında gerekli kolaylığı gösteren değerli idarecilerime, tezimde kullanılan verilerin temininde, kullanılmasında yardımlarını esirgemeyen SASKİ Genel Müdürlüğünün değerli yöneticileri ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Son olarak yüksek lisans eğitimim boyunca bana desteğini hiç eksik etmeyen hayat arkadaşım değerli eşim Burçin SÜĞÜRTİN'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	x
GRAFİKLER LİSTESİ	xii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi

BÖLÜM 1.

ATIK SULAR VE ATIK SULARIN ARITILMASI.....	1
1.1. Türkiyede Su Kaynaklarının Durumu	2
1.2. Suların Kullanım Amacına Göre Sınıflandırılması	4
1.3. Su Tüketimi	5
1.4. Su Kirliliği	6
1.5. Atık Sular	6
1.5.1. Atık suların özellikleri.....	6
1.5.2. Kaynağına göre atık sular.....	7
1.5.2.1. Evsel atık sular	7
1.5.2.1. Endüstriyel atık sular	8
1.5.2.1. Sızıntı suları	8
1.5.3. Atık su politikası.....	8
1.5.4. Türkiyedeki belediyelerin atık su istatistikleri.....	9
1.5.4.1. Sakaryada bulunan belediyelerin atık su istatistikleri....	10
1.6. Atık Su Altyapı Tesisleri	10
1.6.1. Atık su terfi merkezleri.....	10

1.6.2. Atık suların arıtılması.....	11
1.6.2.1. Atık suları arıtma yöntemleri.....	14
1.6.2.1. Mekanik arıtma yöntemleri.....	16
1.6.2.1. Biyolojik arıtma yöntemleri.....	16
1.6.2.1. Kimyasal arıtma yöntemleri.....	17
1.6.2.1. İleri arıtma yöntemleri.....	17
1.6.2.1. Yeniden kullanım amacına göre arıtma yöntemleri.....	17
1.7. Atık Suların Kontrolüne Yönelik Mevzuat.....	18
 BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ÖZETİ	20
 BÖLÜM 3.	
HİDROELEKTRİK ENERJİSİ	26
3.1. Hidroelektrik Enerji Nedir?	26
3.2. Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Üretimi	26
3.3. Türkiye'de Hidroelektrik Enerjinin Tarihsel Gelişimi	27
3.4. Hidroelektrik Enerji Nasıl Üretilir?.....	28
3.5. Hidroelektrik Santrallerinin Sınıflandırılması.....	29
3.5.1. Kurulu güçlerine göre.....	29
3.5.2. Düşülerine göre.....	29
3.5.3. Depolama yapılarına göre.....	30
3.5.4. Baraj gövdesinin tipine göre.....	30
3.5.5. Ulusal elektrik sisteminin yükünü karşılama durumuna göre.....	30
3.5.6. Santral binasının konumuna göre.....	30
3.5.7. Üzerinde kuruldukları suyun özelliklerine göre.....	31
 BÖLÜM 4.	
MİKROHESLER VE SU TÜRBİNLERİ	32
4.1. Mikro Hesler	32
4.1.1. Mikro su kuvveti potansiyeli.....	32

4.1.1.1. Brüt su kuvveti potansiyeli (BSKP).....	33
4.1.1.2. Teknik yönden değerlendirilebilir su kuvveti potansiyeli (TSKP).....	33
4.1.1.3. Ekonomik yönden yararlanılabilir su kuvveti potansiyeli (ESKP).....	33
4.1.2. Mikro su kuvveti ve gelişimi.....	33
4.1.3. Mikro su kuvveti tesislerinin planlanması.....	34
4.1.4. Mikro su kuvveti tesislerinin bazı uygulama biçimleri.....	35
4.2. Su Türbinleri	35
4.2.1. Türbinlerin sınıflandırılması.....	35
4.2.1.1. Düşüye göre türbinler.....	35
4.2.1.2. Çıkış güçlerine göre türbinler.....	36
4.2.1.3. Türbin milinin durumuna göre türbinler.....	36
4.2.1.4. Suyun etki şekline göre türbinler.....	36
4.2.1.5. Suyun akış doğrultusuna göre türbinler.....	37
4.2.2. Pelton türbinleri.....	37
4.2.3. Turgo türbinleri.....	38
4.2.4. Banki (Michell-Ossberger) türbinleri.....	39
4.2.5. Francis türbini.....	40
4.2.6. Kaplan (Uskur Tipi) türbini.....	41
4.2.7. Arşimet burgu türbini.....	43
4.2.8. Çeşitli türbin tiplerinin debi ve düşüye göre çalışma bölgeleri....	44

BÖLÜM 5.

MATERYEL VE YÖNTEM	45
5.1. Sakarya da Bulunan Atık Su Arıtma Tesisleri ve Proje Debilerine Göre Sınıflandırılması.....	46
5.2. Atık Su Arıtma Tesislerinin Elektrik Tüketimlerinin İncelenmesi.....	48
5.2.1. Karaman atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyetleri....	48
5.2.2.1. Elektrik tüketiminin değişken zamanlı fiyatlandırılması.....	50
5.2.2. Hendek atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyetleri.....	52

5.2.2.1. Elektrik tüketiminin değişken zamanlı fiyatlandırılması.....	53
5.2.3. Akyazı atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyeti.....	55
5.2.3.1. Puant saatindeki elektrik tüketim miktarlarında iyileştirme.....	57
5.2.4. Geyve atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyetleri.....	58
5.2.4.1. Puant saatindeki elektrik tüketim miktarlarında iyileştirme.....	60
5.2.5. Karasu atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyetleri.....	62
5.2.5.1. Puant saatindeki elektrik tüketim miktarlarında iyileştirme.....	63
5.3. Sakarya’da Bulunan Atıksu Arıtma Tesislerinde Mikrohesler ile Enerji Üretilirliğinin Araştırılması.....	65
5.3.1. Çalışmada kullanılan atık su arıtma tesisinin tanıtımı.....	66
5.3.2. Karaman atık su arıtma tesisi.....	66
5.3.2.1. Genel tanıtım.....	66
5.3.2.2. Tesisin konumu.....	67
5.3.2.3. Projelendirme kriterleri.....	67
5.3.2.4. Akım şeması.....	69
5.3.3. Karaman atık su arıtma tesisinden mikro hes ile enerji üretiminin incelenmesi.....	70
5.3.3.1. Debinin belirlenmesi.....	70
5.3.3.2. Düşünün tespiti.....	70
5.3.3.3. Türbin seçimi.....	70
5.3.3.4. Güç tespiti.....	71
5.3.3.5. Kurulum giderleri.....	71
5.3.3.6. İşletme giderleri.....	71
5.3.3.7. İşletme gelirleri.....	72
5.4. Yapılabilirlik Hesaplama Yöntemleri.....	72
5.4.1. Geri ödeme süresi yöntemi.....	73
5.4.2. Bugünkü değer yöntemi.....	74
5.4.3. İç karlılık oranı yöntemi.....	75

BÖLÜM 6.

SONUÇ VE ÖNERİLER..... 77

KAYNAKLAR..... 80

ÖZGEÇMİŞ..... 84



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AAT	: Atık Su Arıtma Tesisi
BSKP	: Brüt Su Kuvveti Potansiyeli
EİE	: Elektrik İşleri Etüd İdaresi
EPDK	: Eneji Piyasası Düzenleme Kurulu
ESHA	: European Small Hydropower Association
ESKP	: Ekonomik Yönden Yararlanılabilir Su Kuvveti Potansiyeli
HES	: Hidroelektrik Santralleri
KAAY	: Kentsel Atık Su Arıtma Yönetmeliği
MSKP	: Mikro Su Kuvveti Potansiyeli
MSKT	: Mikro Su Kuvveti Tesisi
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
TSKP	: Teknik Yönden Değerlendirilebilir Su Kuvveti Potansiyeli
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
YİD	: Yap İşlet Devret

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Kent ve endüstri için suyun dairesel hareketi.....	2
Şekil 1.2. Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli.....	3
Şekil 1.3. Türkiyedeki su havzaları.....	4
Şekil 1.4. Türkiye'nin su tüketimi.....	5
Şekil 1.5. Türkiye'nin atık su politikası.....	9
Şekil 1.6. Atık su arıtma ve arıtma kademeleri.....	12
Şekil 1.7. Bir atık su arıtma tesisi akım şeması.....	15
Şekil 1.8. Kullanım amacına göre arıtma yöntemleri.....	18
Şekil 1.9. Ülkemizdeki atık su mevzuatı.....	19
Şekil 3.1. Hidrolik çevrim.....	26
Şekil 4.1. Pelton türbini.....	37
Şekil 4.2. Pelton türbin çalışma prensibi.....	37
Şekil 4.3. Pelton türbin parçaları.....	38
Şekil 4.4. Turgo türbini.....	38
Şekil 4.5. Banki-Michell Ossberger su türbininin genel görünüşü.....	39
Şekil 4.6. Dikey banki türbini.....	40
Şekil 4.7. Yatay banki türbini.....	40
Şekil 4.8. Dikey eksenli francis türbini.....	40
Şekil 4.9. Yatay eksenli salyangoz tipi francis türbini.....	41
Şekil 4.10. Kaplan türbin çarkı.....	42
Şekil 4.11. Kaplan türbinin çalışma prensibi.....	42
Şekil 4.12. Uskur tipi kaplan türbin çarkı.....	42
Şekil 4.13. Kaplan türbin tesisi.....	43
Şekil 4.14. Arşimet Burgu Türbini.....	44
Şekil 4.15. Çeşitli Türbin Tiplerinin Debi ve Düşüye Göre Çalışma Bölgeleri....	44
Şekil 5.1. Karaman Atık Su Arıtma Tesisi-1.....	67

Şekil 5.2. Karaman Atık Su Arıtma Tesisi-2.....	68
Şekil 5.3. Karaman Atık Su Arıtma Tesisi Akım Şeması.....	69



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Su varlığına göre ülkelerin sınıflandırılması.....	3
Tablo 1.2. Türkiye'deki su havzaları.....	4
Tablo 1.3. Kullanım amaçlarına göre sular.....	5
Tablo 1.4. Kaynağına göre atık sular.....	7
Tablo 1.5. Kanalizasyon şebekesi ve arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye sayıları ve nüfusu.....	10
Tablo 1.6. Alıcı ortamlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atık su miktarı.....	10
Tablo 1.7. Atık su arıtma tesisleri.....	10
Tablo 1.8. Mekanik arıtma birimleri.....	16
Tablo 1.9. Biyolojik arıtma birimleri-yapay biyolojik yöntemler.....	16
Tablo 1.10. Biyolojik arıtma birimleri-doğal biyolojik yöntemler.....	17
Tablo 3.1. 2017-2018 yıllarında hidroelektrik kurulu güç.....	26
Tablo 3.2. 2017-2018 yıllarında hidroelektrik üretim miktarları.....	27
Tablo 3.3. Kurulu güçlerine göre hidroelektrik santralleri.....	29
Tablo 3.4. Düşülerine göre hidroelektrik santralleri.....	29
Tablo 3.5. Depolama yapılarına göre.....	30
Tablo 3.6. Baraj gövdesinin tipine göre hidroelektrik santralleri.....	30
Tablo 3.7. Ulusal elektrik sisteminin yükünü karşılama durumuna göre.....	30
Tablo 3.8. Santral binasının konumuna göre.....	30
Tablo 4.1. Küçük ölçekli su kuvveti tesislerini adlandırma ve sınıflandırma.....	34
Tablo 4.2. Düşüye göre türbinlerin sınıflandırılması.....	35
Tablo 4.3. Çıkış güçlerine göre türbinlerin sınıflandırılması.....	36
Tablo 4.4. Türbin miline göre türbinlerin sınıflandırılması.....	36
Tablo 4.5. Suyun etki şekline göre türbinlerin sınıflandırılması.....	36

Tablo 4.6. Suyun akış doğrultusuna göre türbinlerin sınıflandırılması.....	37
Tablo 5.1. AAT kot farkı ve debiler.....	65
Tablo 5.2. AAT üretilebilecek elektrik miktarları.....	66
Tablo 5.3. Karaman AAT projelendirme kriterleri.....	67
Tablo 5.4. Karaman AAT debi miktarları.....	70
Tablo 5.5. Karaman mikrohes geri ödeme süresi yöntemi tablosu.....	73
Tablo 5.6. Karaman mikrohes bugünkü değer yöntemi tablosu.....	75
Tablo 5.7. Karaman mikrohes iç karlılık oranı yöntemi tablosu.....	76



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 5.1. Debilerine göre AAT sayıları-1.....	46
Grafik 5.2. Debilerine göre AAT sayıları-2.....	47
Grafik 5.3. Debilerine göre AAT sayıları-3.....	47
Grafik 5.4. Karaman AAT 2017-2018 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları.....	48
Grafik 5.5. Karaman AAT 2015-2016 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları.....	48
Grafik 5.6. Karaman AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketimleri.....	49
Grafik 5.7. Karaman AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketim bedelleri.....	49
Grafik 5.8. Karaman AAT 2015-2018 yılları arası m ³ atık su başına tüketilen elektrik miktarı.....	50
Grafik 5.9. Karaman AAT 2018 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları ve bedelleri.....	50
Grafik 5.10. Karaman AAT elektrik tüketim dilimlerinin iyileştirilmesi.....	51
Grafik 5.11. Karaman AAT 2018 mevcut ve iyileştirilmiş elektrik tüketim bedelleri.....	51
Grafik 5.12. Hendek AAT 2018-2015 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları.....	52
Grafik 5.13. Hendek AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketimleri.....	52
Grafik 5.14. Hendek AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketim bedelleri.....	53
Grafik 5.15. Hendek AAT 2015-2018 yılları arası m ³ atık su başına tüketilen elektrik miktarı.....	53

Grafik 5.16. Hendek AAT 2018 yılı sabit ve değişken birim fiyat uygulanması durumunda ödenecek tutar.....	54
Grafik 5.17. Akyazı AAT 2017-2018 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları.....	55
Grafik 5.18. Akyazı AAT 2015-2016 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları.....	55
Grafik 5.19. Akyazı AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketimleri.....	56
Grafik 5.20. Akyazı AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketim bedeli...	56
Grafik 5.21. Akyazı AAT 2015-2018 yılları arası m ³ atık su başına tüketilen elektrik.....	56
Grafik 5.22. Akyazı AAT 2018 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları ve bedelleri.....	57
Grafik 5.23. Akyazı AAT elektrik tüketim dilimlerinin iyileştirilmesi.....	58
Grafik 5.24. Akyazı AAT 2018 mevcut ve iyileştirilmiş elektrik tüketim bedelleri.....	58
Grafik 5.25. Geyve AAT 2019 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları..	59
Grafik 5.26. Geyve AAT 2019 yılı aylara göre elektrik tüketimleri.....	59
Grafik 5.27. Geyve AAT 2019 yılı aylara göre elektrik tüketim bedelleri.....	59
Grafik 5.28. Geyve AAT 2017-2019 yılları arası m ³ atık su başına tüketilen elektrik.....	60
Grafik 5.29. Geyve AAT 2019 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları ve bedelleri.....	60
Grafik 5.30. Geyve AAT elektrik tüketim dilimlerinin iyileştirilmesi.....	61
Grafik 5.31. Geyve AAT 2019 mevcut ve iyileştirilmiş elektrik tüketim bedelleri.....	61
Grafik 5.32. Karasu AAT 2019 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları.	62
Grafik 5.33. Karasu AAT 2019 yılı aylara göre elektrik tüketimleri.....	62
Grafik 5.34. Geyve AAT 2019 yılı aylara göre elektrik tüketim bedelleri.....	63
Grafik 5.35. Karasu AAT 2017-2018 yılları arası m ³ atık su başına tüketilen elektrik.....	63

Grafik 5.36. Karasu AAT 2019 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları ve bedelleri.....	
Grafik 5.37. Karasu AAT elektrik tüketim dilimlerinin iyileştirilmesi.....	64
Grafik 5.38. Karasu AAT 2019 mevcut ve iyileştirilmiş elektrik tüketim bedelleri.....	65
Grafik 5.39. Karaman mikrohes geri ödeme süresi yöntemine göre kara geçiş grafiği.....	74



ÖZET

Anahtar kelimeler: Hes, mikrohes, atık su, su kirliliği, atık su arıtma, hidro elektrik

2017 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda, sürdürülebilir kalkınma ilkeleri çerçevesinde, israfın önlenmesini, atık oluşumunu minimize hale getirmek, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamak, geleceğimiz olan çocuklarımıza daha temiz ve yaşanabilir bir çevre bırakmak için Türkiye'de Sıfır Atık Projesi başlatılmıştır. Çevrenin korunmasına yönelik yasal mevzuatlar gereği sanayi tesisleri üretim proseslerinde değişik amaçlar için kullandıkları atık suları, belediyelerde su ve kanalizasyon hattından topladıkları atık suları dış ortama deşarj ederken belirli standartları sağlayıp dış ortama deşarj etmek zorundadırlar. Sanayi tesisleri prosesleri sonucunda oluşan atık suları belediyelerde su ve kanalizasyon hattından topladıkları atık suları da arıtıp dış ortama vermek için arıtma tesisleri kurmaktadır.

Bu çalışmada sıfır atık felsefesinden hareketle Sakaryada bulunan atık su arıtma tesislerinin arıtma işlemi için tükettikleri elektriğin bir kısmının yine bu arıtma tesislerinin çıkışlarına kurabilecekleri yenilenebilir bir enerji türü olan mikro hidroelektrik santralleri vasıtasıyla karşılama potansiyelleri araştırılmıştır.

Sakarya ilinde bulunan atık su bilgi sistemine kaydı bulunan atık su arıtma tesisleri tespit edilmiştir. Bu arıtma tesislerinin debileri tablo halinde sunulmuştur. Daha sonra debileri çok düşük olan/yada deşarjları sürekli olmayan atık su arıtma tesisleri elemine edilmiştir. Debileri ve elektrik tüketimleri fazla olan atık su arıtma tesislerinin 2015-2019 yılları arasına ait aylık elektrik tüketimleri tablo ve grafikler halinde verilmiştir. Elektrik tüketimleri fazla olan il/ilçe atık su arıtma tesislerinin tam kapasiteyle çalışmadığı zamanlar elektriğin pahalı olduğu dilimlerdeki tüketimin gündüz ve gece saatlerine kaydırılması durumu incelenip ve tasarruf edilecek elektrik tüketim bedeli miktarları hesaplanmıştır. Son olarak debileri ve elektrik tüketimleri fazla olan sakarya il/ilçe atıksu arıtma tesislerinin çıkışlarına mikrohes kurulma potansiyelleri incelenmiş, Karaman atık su arıtma tesisi özelinde kurulabilecek mikrohes yatırımı yapılabilirlik hesaplama yöntemleri olan geri ödeme süresi metodu, iç karlılık yöntemi ve bugünkü değer metodu ile analiz edilmiştir.

Araştırmada şehir atık su arıtma tesislerinin tam kapasite ile çalışmadığı zamanlar da arıtmanın elektrik tüketim bedellerini azaltacak şekilde gece işletilmesi durumunda elektrik gideri tasarrufu sağlayacağı, debisi ve kot farkı uygun olan Karaman Atık Su Arıtma tesisine mikrohes yatırımının yapılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

INVESTIGATION OF ENERGY POTENTIALS OF WASTEWATER TREATMENT FACILITIES ON SAKARYA WITH MICRO HYDRO POWER PLANT

SUMMARY

Keywords: Hes, microhes, wastewater, water pollution, waste water treatment

Zero Waste Project was launched in our country in 2017 in order to minimize waste, minimize waste generation, use resources more efficiently and leave a cleaner and livable environment to future generations within the framework of sustainable development basis under the coordination of the Ministry of Environment and Urbanization. As required the legal regulations for environmental protection, industrial facilities have to discharge certain wastewater that they collect from the water and sewage line in the municipalities, while discharging the wastewater they collect from the water and sewage lines to the outside environment. In this study, starting from the philosophy of zero waste, the potential of some of the electricity consumed by the wastewater treatment plants in Sakarya for the treatment process was investigated by means of micro hydroelectric power plants, which is a renewable energy type that can be installed at the outlets of these treatment plants. Waste water treatment plants registered in the wastewater information system in Sakarya have been identified. The flow rates of these treatment plants are presented in a table. Later, the wastewater treatment plants with very low flow rates or whose discharge is not continuous are eliminated. Monthly electricity consumption of the wastewater treatment plants with high flow rates and electricity consumption between 2015-2019 is given in tables and graphs. The provincial / district wastewater treatment plants, which have high electricity consumption, are not working with full availability, and the consumption of electricity consumption is shifted to day and night hours and the amount of electricity consumption to be saved is calculated. Then, the potential of establishing micro-hes at the outlets of the Sakarya provincial / district wastewater treatment plants, with high flow rates and electricity consumption, was analyzed, and the reimbursement period method, which is a microhes investment-ability calculation method, was analyzed with the present value method and internal profitability method.

In this study, it was deduced that, when the city waste water treatment plants are not operating at full capacity, if the treatment is operated in a way to reduce the electricity consumption at night, microhes investment can be made in the Karaman waste water treatment plant, whose flow rate and level difference is appropriate

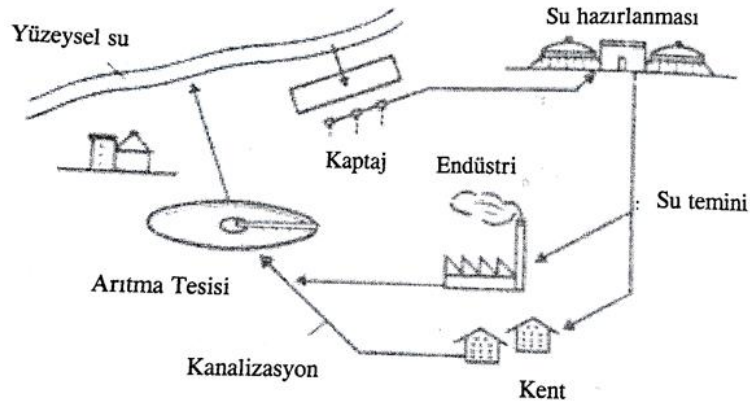
BÖLÜM 1. ATIK SULAR VE ATIK SULARIN ARITILMASI

Dünya nüfusu 1900 yılında 1.5 milyar iken şuan 7.5 milyara ulaşmıştır. Bunun yanında dünya genelinde endüstriyelleşme her geçen gün artmaktadır. Nüfusun hızla artması ve endüstriyelleşmenin hızla gelişmesi ile beraber sanayi işletmelerinden ve evlerden kaynaklanan gerek katı ve sıvı gerekse gaz formundaki atıklar, yaşadığımız çevrenin dengesini bozacak ve hayatımızı tehdit edecek seviyelere ulaşmıştır. Kullanılabilir su kaynakları başta olmak üzere doğal kaynaklarımız hızla tükenmektedir.

Yaşam için çok değerli olan su kaynakları günden güne kirlenmektedir. Yaşamımızı sürdürmemiz için olmazsa olmazımız olan su kaynaklarının korunarak gelecek nesillere aktarılması çok önemlidir. BM, dünya üzerinde 1.4 milyar km³ su kaynağı olduğunu bildirmektedir. Fakat, bu su miktarının % 2.5 gibi küçük bir miktarı tatlı su ve kullanılabilir durumdadır.

Çok farklı kullanım alanları bulunan su kaynaklarının kirlenmesinde başı çeken etkenler evsel ve endüstriyel atık sulardır. Çevrenin korunmasına yönelik yasal mevzuatlar gereği sanayi tesisleri üretim proseslerinde değişik amaçlar için kullandıkları atık suları, belediyelerde su ve kanalizasyon hattından topladıkları atık suları dış ortama deşarj ederken belirli standartları sağlayıp alıcı ortama deşarj etmek zorundadırlar. Sanayi tesisleri bu standartları sağlamak, çevremizin kirlenmesinin önüne geçmek için atık su arıtma tesisleri kurmak zorundadır.

Şekil 1.1.'de suyun farklı kullanım alanlarından kanalizasyon hatları vasıtasıyla arıtma tesisine ulaşması şematik olarak verilmiştir [1].



Şekil 1.1. Kent ve endüstri için suyun dairesel hareketi [1]

Atık sular arıtılma işlemine tabi tutulduktan sonra uygun şekilde dış ortama verilmektedir. Arıtılan atık suların debisi ve atık su arıtma tesisleri ile alıcı ortam arasındaki kot farkı uygunsa, atık su arıtma tesisi arıtma çıkışıyla deşarj noktası arasında kurulacak mükroheslerle elektrik enerjisi üretilebileceği düşünülmektedir. Diğer yandan atık su arıtma tesislerinin en büyük giderlerini elektrik tüketim bedelleri oluşturmaktadır.

Atık su arıtma tesislerinin elektriğin en pahalı olduğu zaman dilimlerindeki elektrik tüketimlerinin bir kısmının elektrik birim fiyatlarının daha uygun olduğu saat dilimlerine kaydırılması (tesisin buna uygun çalıştırılması) durumunda elektrik tüketim bedellerinin azalacağı düşünülmektedir. Atık su arıtma tesislerinin doğru işletilmesinin önemine dikkat çekmek içinde bu durumlar incelenecektir.

1.1. Türkiyede Su Kaynaklarının Durumu

Dünya üzerinde tahmini olarak 1.4 milyar km^3 su mevcut olup bunun yaklaşık % 2.6'sı tatlı su geri kalan % 97.4'ü tuzlu sudur. Türkiye'ye düşen ortalama yıllık yağış miktarı 643 mm olup ve buda ortalama yılda 501 milyar m^3 suya karşılık gelmektedir. Bunun 274 milyar m^3 'ü buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m^3 'ü yeraltı sularını beslemekte, 158 milyar m^3 'ü ise hareket halinde farklı büyüklükteki akarsular aracılığıyla denizlere ve kapalı havzalarda bulunan göllere dökülmektedir. Yeraltı sularına katılan 69 milyar m^3 'lük suyun 28 milyar m^3 'ü pınarlar aracılığıyla tekrar yerüstü sularıyla birleşmektedir. Bunun yanında ülkemize komşularından yılda

yaklaşık 7 milyar m^3 'e yakın su gelmektedir. Böylece Türkiye'nin yerüstü suların brüt potansiyeli 193 milyar m^3 'e ulaşmaktadır. Türkiye'nin yenilenebilir su potansiyelinin brüt 234 milyar m^3 olduğu tahmin edilmektedir. Ancak farklı amaçlara özgü olarak kullanılabilir yerüstü suyu potansiyeli ülke sınırları içindeki akarsulardan 95 milyar m^3 , ülkemize komşu ülkelerden ülkemize gelen akarsulardan 3 milyar m^3 olmak üzere, yılda yaklaşık 98 milyar m^3 'ü bulmaktadır. Yaklaşık 14 milyar m^3 olarak tahmin edilen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte Türkiye'nin kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su potansiyeli yıllık ortalama 112 milyar m^3 'tür ve bunun 44 milyar m^3 'ü kullanılmaktadır [2]. Su yönünden zengin olan ülkeler olduğu gibi su fakiri ülkelerde vardır. Su varlığına göre ülkelerin sınıflandırılması Tablo 1.1.'de gösterilmektedir.

Su Varlığına Göre Ülkeler	
Su Fakirliği Yaşayan Ülkeler	Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.000 m^3 'ten daha az.
Su Azlığı Yaşayan Ülkeler	Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2.000 m^3 'ten daha az.
Su Zengini Ülkeler	Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8.000-10.000 m^3 'ten daha fazla.

Tablo 1.1.Su varlığına göre ülkelerin sınıflandırılması



Şekil 1.2. Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli [3]

Su havzaları açısından Türkiye 25 akarsu havzasına ayrılmıştır. Bu havzalar Tablo 1.2.'de gösterilmektedir.

Türkiyenin Su Havzaları			
Meriç-Ergene	Büyük Menderes	Batı Karadeniz	Asi
Marmara	Batı Akdeniz	Yeşilırmak	Ceyhan
Susurluk	Antalya	Kızılırmak	Dicle-Fırat
Kuzey Ege	Burdur-Göl	Konya	Doğu Karadeniz
Gediz	Akar Çay	Doğu Akdeniz	Çoruh
Küçük Menderes	Sakarya	Seyhan	Aras
Van			

Tablo 1.2. Türkiye deki su havzaları



Şekil 1.3. Türkiye deki su havzaları

1.2. Suların Kullanım Amacına Göre Sınıflandırılması

Suların çeşitli kullanım amaçları vardır. Su kirliliğini bu şekilde ele alırsak, bazı kullanım amaçlarına göre kirli olabilen suların, diğer bazı kullanım amaçlarına göre temiz sayılmaktadır. Örnek verecek olursak, ulaşım amacına yönelik kullanılan bir suyun su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılacak olan su kadar temiz olmasına gerek yoktur. Konuya bu şekilde yaklaşırsak, suların kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması önemlidir. Bu yüzden suları, kullanım amaçlarına göre 10 sınıfa ayırabiliriz [4].

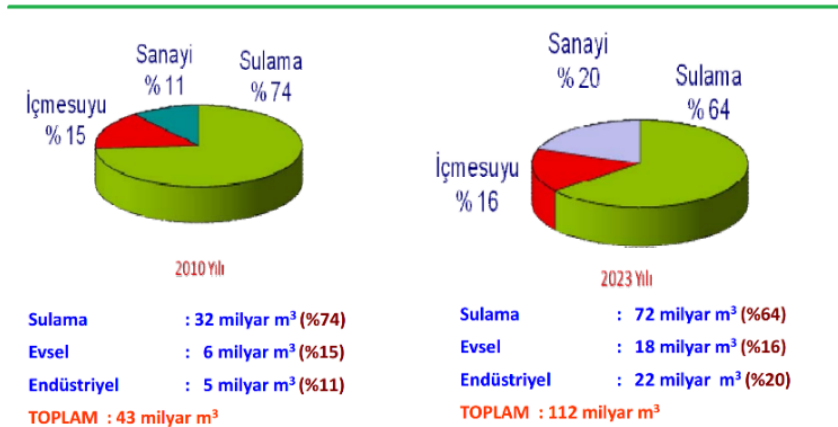
Kullanım Amacına Göre Sular	
1	İçme suyu amaçlı kullanım
2	Kullanma suyu başta olmak üzere evsel amaçlı kullanım
3	Endüstriyel amaçlı kullanım
4	Elektrik üretim amaçlı kullanım
5	Dinlenme ve su sporları amaçlı kullanım
6	Sulama amaçlı kullanım
7	Ulaşım amaçlı kullanım
8	Su ürünleri yetiştiriciliği amaçlı kullanım
9	Yaban hayatının korunması amaçlı kullanım
10	Atık sular için alıcı ortam amaçlı kullanım

Tablo 1.3. Kullanım amaçlarına göre sular-[3]

1.3. Su Tüketimi (Atık Su)

Kullanılan su atık su haline dönüştüğü için su sarfiyatları (tüketimleri) ile oluşan atık sular arasında doğrusal bir bağıntı vardır. Çünkü evsel nitelikli su tüketimi 2010 yılında 6 milyar m³ iken 2023 yılında 18 milyar m³ olacağı öngörülmektedir. Aynı dönem için endüstriyel nitelikli su tüketimi 5 milyar m³ iken 2023 yılında 22 milyar m³ olacağı düşünülmektedir [3]. Türkiye'nin kullanılabilir su rezervi yaklaşık 112 milyar m³ iken Türkiye'nin 2020 nüfusunun 83 milyon olduğu hesaba katılırsa kullanılabilir su miktarı kişi başına 1400 m³/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Bu veriler Türkiye'nin su stresi yaşayan ülkeler sınıfında olduğunu gösterir.

Su Tüketimi



Şekil 1.4. Türkiye'nin su tüketimi [3]

1.4. Su Kirliliği

Yaşadığımız ekosistemin en temel bileşenlerinin başında su vardır. Ekosistemimizde suyun yerini hiçbir şey tutmaz. Başta insan olmak üzere bitkilerin ve hayvanların yaşamını sürdürmesinde ve meteorolojik olaylarda suyun rolü göz ardı edilemez. Su rengi ve tadı olmayan ve üretim proseslerine bileşen olarak giren sıvı maddedir.

Teknoloji ve sanayinin gelişmesi ile suyun dünya üzerindeki orjinal hareketi doğal halini kaybetmekte ve kalitesi istenilmeyen yönde bozulmakta ve kirlenmektedir.

Su kaynaklarının kirliliği kavramı, su kaynaklarını bozacak veya su kaynaklarına zarar verme derecesinde suyun kirlenmesine yol açan suyun içerisinde herhangi bir maddenin bulunması olarak açıklanmaktadır.

Su kirliliği, suyun kalitesini/temizliğini cihazlarla ölçülebilecek seviyede kötüleştirecek miktar/yoğunluklarda istenmeyen maddelerin suya karışmasıyla meydana gelir.

1.5. Atık Sular

Tarımsal, evsel, endüstriyel ve diğer faaliyetler/kullanımlar neticesinde kirlenerek kalitesi bozulmuş, özellikleri kısmen yada tamamıyla değişmiş sulara atık su denir.

1.5.1. Atık suların özellikleri

Atık suyun miktarı ve özelliklerinin bilinmesi, atık su için gerekli arıtma seviyesinin belirlenmesi ve en uygun arıtma metodunun seçilmesinde önemlidir. Nüfus yoğunluğu ve kanalizasyon sistemi atık suyun özelliklerini belirler. Oluşan atık sular kullanılan su miktarıyla orantılı şekilde değişir.

Kullanılan su miktarlarında; saate, güne ve mevsimlere bağlı değişimler ortaya çıkmaktadır. Suyun maksimum tüketildiği günler çoğunlukla yazın Temmuz ve

Ağustos aylarında yaşanır. Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek günlük su tüketimleri gözlenir. Çalışma mesaisi olan zaman diliminde tatil günlerine göre daha fazla su tüketilir. Ayrıca, gün içinde de saatlik tüketim değişimleri meydana gelebilir.

Gün içinde tüketimin maksimum olduğu iki zaman vardır. Birincisi günlük hayatın başladığı sabah saatleri, ikincisi eve dönüş (akşam) saatleridir. Gün içinde minimum su tüketimleri ise genellikle gece dört civarlarında oluşur. Üretimlerini mevsimsel yapan endüstriler de mevsime bağlı tüketim değişiklikleri meydana getirebilirler [5].

1.5.2. Kaynağına göre atık sular

Atık suların oluşumuna, faaliyet ve üretimleri nedeniyle; özellikle konutlar, endüstri kuruluşları, tarımsal alanlar, sanayi bölgeleri, ticari binalar, hastaneler ve benzeri kurum, kuruluş ve işletmeler sebep olur. Yağmur sularını hesaba katmazsak atık suları kaynağına göre üç grupta inceleyebiliriz [1].

Atık Su Kaynakları	
1	Evsel Atık Suları
2	Endüstriyel Atık Suları
3	Sızıntı Suları

Tablo 1.4. Kaynağına göre atık sular [1]

1.5.2.1. Evsel atık sular

Evsel atık sular çözünmüş halde organik ve inorganik maddeler, askıda, koloidal maddeler barındırır. Atık su içinde bakteri, virus gibi patojenik olabilecek mikroorganizma türleri bulunabilmektedir.

Atık suyun özelliğini iklimsel durumlar, insanların hayat standartları ve kültürel alışkanlıklar büyük ölçüde etkiler. Şehir atık su altyapı sistemine endüstriyel atık suların dahil olması, halihazırda olan evsel atık suların özelliklerini önemli ölçüde değiştirir.

Atık suların özellikleri gerek şehirden şehire gerekse aynı şehir için mevsimsel ve saatlik farklılık gösterebilir.

1.5.2.2. Endüstriyel atık sular

Endüstriyel tesislerin üretim prosesleri sonucunda oluşturdukları atık sulardır. Endüstriyel atık suyun özellikleri, endüstriden endüstriye büyük değişiklikler göstermektedir. Aynı alandaki endüstrilerde dahi, kullanılan malzemeler ve uygulanan proseslerin farklılığından dolayı, diğer birçok etkenle birlikte oluşan atık suyun yapısında farklılıklar meydana gelmektedir.

Endüstriyel atık sular yeterince arıtıldıktan sonra direkt yüzeysel sulara verilebildikleri gibi ön arıtma sonrası şehir atık su alt yapı tesislerine verilerek kentsel atık su arıtma tesislerine gönderilebilmektedir.

Endüstriyel atık suyun ön arıtmaya tabi tutulup tutulmayacağı atık suyun özelliklerine göre belirlenir. Çeşitli endüstriyel faaliyetler için önem taşıyan parametreler ve atık suların arıtılmasıyla ulaşılması gereken deşarj standartları Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde tablolar halinde verilmektedir.

1.5.2.3. Sızıntı suları

Yeraltı suyunun yükseklik miktarına ve kanal sisteminin kalitesine bağlı olarak kanalizasyona girerek arıtma tesisine gelen sulardır. Sızıntı suları teorik olarak temiz kabul edilmektedir [1].

1.5.3. Atık su politikası

Türkiye de atık sulara yönelik Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda yürütülen politika Şekil 1.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 1.5.Türkiye'nin atıksu politikası [3]

1.5.4. Türkiye'deki belediyelerin atık su istatistikleri

TÜİK'in 2018 yılı için açıkladığı belediyeler için düzenlenen atık su istatistikleri anketi sonuçlarına göre belediyeler 4.8 milyar m³ atıksu deşarj etmiştir. 1399 belediyeden 1357'sine kanalizasyon hattı ile hizmet verildi.

Kanalizasyon hattı ile toplanan 4.8 milyar m³ atık suyun %46.9' u akarsuya, %40.7'si denize, %3.1'i baraja, %1.4'ü göl-gölete, %0.4'ü araziye ve %7.5'i diğer alıcı ortamlara deşarj edildi [6].

Dış ortama verilen atık suların %88.3' ü arıtıldı. Kanalizasyon hattından dış ortama verilen 4.8 milyar m³ atık suyun 4.2 milyar m³'ü atık su arıtma tesislerinde arıtılma işlemine tabi tutuldu.

Arıtılan atık suyun %2.3' ünün değişik alanlarda tekrar kullanıldığı tespit edildi [6]. Belediyeler tarafından kanalizasyon hattı ile dış ortama verilen atık su miktarı 188 litre (kişi/gün) olarak hesaplandı. İstanbul için bu değer 262 litre (kişi/gün), Ankarada 126 litre (kişi/gün) ve İzmirde 176 litre (kişi/gün) olarak hesaplanmıştır [6].

1.5.4.1. Sakaryada bulunan belediyelerin atık su istatistikleri

Kanalizasyon Hattı ve Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Sayıları	
Toplam belediye sayısı	17
Toplam belediye nüfusu	1010700
Kanalizasyon hattı ile hizmet verilen belediye sayısı	16
Atıksu arıtma tesisi ile hizmet sağlanan belediye sayısı	14

Tablo 1.5. Kanalizasyon hattı ve arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye sayıları ve nüfusu [6]

Alıcı Ortamlarına Göre Kanalizasyon Hattından Deşarj Edilen Atıksu Miktarı	
Toplam belediye sayısı	17
Kanalizasyon hattı ile hizmet verilen belediye sayısı	16
Dış ortama verilen toplam atıksu miktarı (1000 m ³)	48899
Kişi başı deşarj edilen günlük ortalama atıksu miktarı (Litre/kişi-gün)	174

Tablo 1.6. Alıcı ortamlarına göre kanalizasyon hattından dış ortama verilen atıksu miktarı [6]

Atıksu Arıtma Tesisleri	
Toplam belediye sayısı	17
Arıtma Tesisi Bulunan Belediye Sayısı	5
Biyolojik Arıtma Tesis Sayısı	2
Gelişmiş Arıtma Tesis Sayısı	3

Tablo 1.7. Atık su arıtma tesisleri [6]

1.6. Atık Su Altyapı Tesisleri

Hem evsel hemde endüstriyel atık suları toplayan kanalizasyon şebekeleri ile atık suların arıtılma işlemine tabi tutulduğu, arıtılmış atık suların son olarak bertarafının sağlandığı yapı ve işletmelerin tamamıdır.

1.6.1. Atık su terfi merkezleri

Atık su arıtma tesislerinin boyutlandırılmasında bazen suların istenen yükseklikte tesise alınamaması sorunu meydana gelmektedir. Tesise gelen suların cazibeyle arıtma ünitelerine iletilebilmesi ve arıtma ünitelerinden geçirilmesi için, suların öncelikle

arıtma tesisinin kotuna düşürülmesi veya yükseltilmesi gerekmektedir. Bu mümkün olmaz ise terfi merkezleri kurulur.

Terfi merkezi, arıtma tesisi dışına kurulabileceği gibi arıtma tesisi içinde, üniteler arasına da kurulabilmektedir. İçerik olarak, suların bekletildiği bir terfi havuzu ve pompalardan oluşmaktadır.

Terfi merkezleri, bir yerleşim yerinin kanalizasyon şebekesi üzerinde, yüzey kotlarının cazibeyle su iletimine müsait olmadığı durumlarda kanalizasyon sularının iletimi için de kullanılmaktadır [7].

1.6.2. Atık suların arıtılması

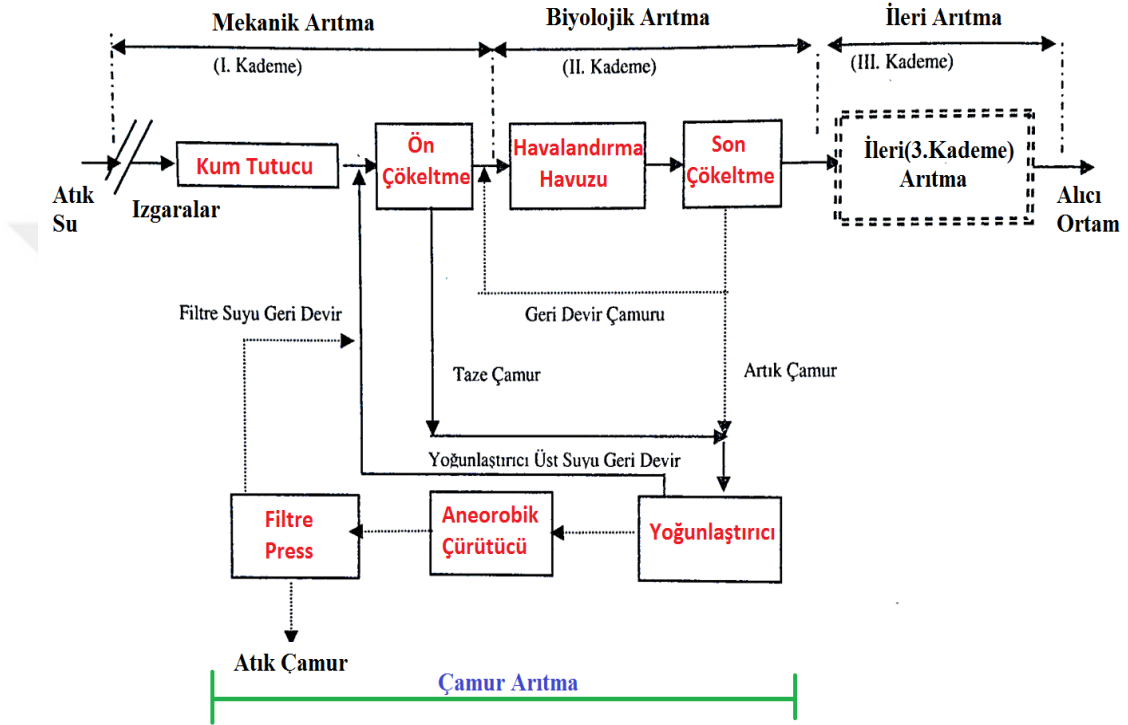
Su, gerek çözme yeteneğine sahip olduğu için gerekte temas ettiği malzemeleri kolayca içine alabildiği için kolayca kirlenebilmektedir. Konutlarda ve endüstride kullandığımız atık olmuş suların mevzuatta belirtilen standartlarda alıcı ortama deşarj edilmesi zorunludur.

Standartlara uymayan atık suların ise atık su arıtma tesisi yapılarak mevzuatta belirtilen standartlara getirilmesi gerekmektedir. Atık su arıtma tesislerine atık suların mevzuatta belirtilen limitlere getirilmesinde ihtiyaç duyulmaktadır.

Suların farklı kullanımlar neticesinde atık su haline dönüşerek kaybettikleri gerek kimyasal gerekse fiziksel özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve/veya deşarj oldukları alıcı ortamın özelliklerini değiştirmeyecek duruma getirebilmek için atık suya uygulanan gerek fiziksel gerekte kimyasal ve biyolojik arıtma iş ve işlemlerine atık su arıtma denir [8].

Atık sular; suyun konutlarda, sanayide ve ticari faaliyetlerde kullanılması sonucunda kirlenmesiyle oluşur. Oluşan bu atık suya başta sızıntı suyu olmak üzere yüzeysel sular ve yağmur suları karışabilir.

Herhangi bir arıtma işlemine tabi tutulmamış sıvı atıklar çevreye bırakılırsa, içeriğinde bulunan organik maddenin parçalanması sonucu kötü kokulu gazlar ortaya çıkar. Ayrıca arıtılmamış atık su hastalığa neden olan mikroorganizmaları (patojenler), azot, fosfor gibi besin maddeleri ve tehlikeli maddeleri barındırır. Bundan dolayı atık suyun arıtılarak zararlı maddelerden arındırılması gerekir.



Şekil 1.6. Atıksu arıtma ve arıtma kademeleri [1]

Atık suların arıtılma sürecinde suyu kirleten malzemelerden atık suyu hangi seviyeye kadar temizlenmesi; hem yörenin ve havzanın hemde atık suyun deşarj edildiği yüzeysel suyun durumuna göre değişkenlik gösterir. Türkiyemizde tüm mahallerde “Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliğindeki” standartlar geçerlidir.

Evsel kaynaklı atık suların arıtılma işlemi, gerek mekanik ve biyolojik gereksede kimyasal süreçlerden oluşan arıtma kademelerinde gerçekleştirilir. Birinci basamak arıtma mekanik ve fiziksel süreçlerden, ikinci basamak biyolojik proseslerden, üçüncü kademe ileri arıtma süreçlerinden oluşur [1].

Yüzen ve çökebilan maddeler birinci basamakta ayrıştırılır. İkinci basamakta biyolojik ve kimyasal tepkimeler neticesinde organik maddelerin büyük bir çoğunluğu ayrıştırılır. Üçüncü basamaktaysa önceki adımlarda arıtılmayan maddeler (inert maddeler) ve yeterli seviyede arıtılamamış azot ve fosfor giderilmeye çalışılır. Bu basamakta genellikle askıda katı madde giderimi de uygulanır [1].

Kentsel atık sulara karışan endüstriyel atık su miktarı günden güne artmaktadır. Endüstriyel kaynaklı atık su düşük yoğunluklarda dahi zehirlilik etkisi yaratabilmektedir. Bu yüzden endüstriyel atık suların kentsel arıtma tesisine gönderilmeden önce diğer endüstrilerle ortak veya ayrı ön arıtma işleminden geçirilmesi önemlidir.

Yüzeysel suların korunması bakımından arıtma tesislerinin inşası tek başına yeterli değildir. Yağmur sularının ve tarımsal alanlardan gelen suların kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu kaynaklar kontrol altına alınmadığı sürece kurulan arıtma tesislerinin verimi ne kadar yüksek olursa olsun yüzeysel suların kalitesi yeterince korunmayacaktır. Özellikle birleşik sistem kanalizasyonlarda, dolu savaklardan yüzeysel sulara deşarj edilen karışım bu suların kalitesini olumsuz etkiler. Dolu savaklardan suların yağmur esnasında depolanarak yağmurdan sonra tekrar kanala verilmesi sağlanmalıdır. Bu suların özel arıtma yöntemleri ile arıtılmaları da mümkündür. Atık suların arıtılmasında kullanılan yöntemler sürekli olarak gelişmekte ve değişmektedir. Halihazırda bulunan atık suya bu işlemlerden hangisinin uygulanacağını tespit edilmesi, atık suyun karakterizasyonunun doğru tespit edilmesine bağlıdır. Özellikle özel bileşikler bakımından atık su karakteri sürekli değişim halinde olduğundan karakterizasyon çalışmaları yeni arıtma yöntemlerinin belirlenmesinde etkilidir. Pilot arıtma tesisleri ve laboratuvar çalışmaları ile uygulanabilecek arıtma metotları test edilmeli ve boyutlandırma ile ilgili veriler belirlenmelidir.

Son yıllarda çevrenin korunması açısından nüfusu 1000 kişiden az küçük yerleşimlerin, yazlık sitelerin atık sularının arıtılmasında “küçük arıtma tesisleri” nin sayısında artışlar yaşanmıştır. Bu sistemler büyük arıtma tesislerinde uygulanan

sistemlerin küçük çaplılarıdır. Bu tesislerin kişi başına düşen inşaat ve işletme maliyetleri fazladır. Bunun yanında elektrik tüketimi yüksek, donatım elemanı fazla ve işletme bakım işlemi hassasiyet gerektiren sistemlerdir.

Arıtılan atık suyun tekrar kullanılması için ikinci kademe arıtmadan geçmesi yeterli görülmekle beraber ileri arıtma uygulandığında suyun kullanım alanı artmaktadır. Sulama en çok kullanılan metod olmakla beraber endüstriyel suların kentsel arıtma tesislerine verilmesi ile ilgili problemler meydana gelmiştir. Bu nedenle sulamada kullanılacak sulara daha kapsamlı ve sıkı standartlar getirilmiştir.

Arıtılmış sular bunun yanında endüstri tesislerinde soğutma ihtiyaçlarında ve yeraltı suyunun belirlenmesinde de kullanılır. Bu şekilde, özellikle kurak bölgelerde önemli bir ihtiyacı karşılamış olurlar. Ayrıca tuvaletlerde yıkama suyu olarak kullanılabilir.

Atık sular ister arıtılsın ister arıtılmasın nihai olarak bir su kaynağına/alıcı ortama verilirler. Çoğunluklar yüzeysel su kaynağına (deniz, nehir, göl vb.) verilir yada bazende zemine sızdırılırlar.

Atık sular, arıtılmadan dış ortama verildikleri zaman aşırı beslenmeye yani ötrifikasyona, yüzeysel suların anaerobik bir ortama dönüşmesinin yanı sıra koku yayılmasına ve balık ölümlerine neden olurlar. Bundan dolayı su kaynaklarından içme suyu temini güçleşmektedir.

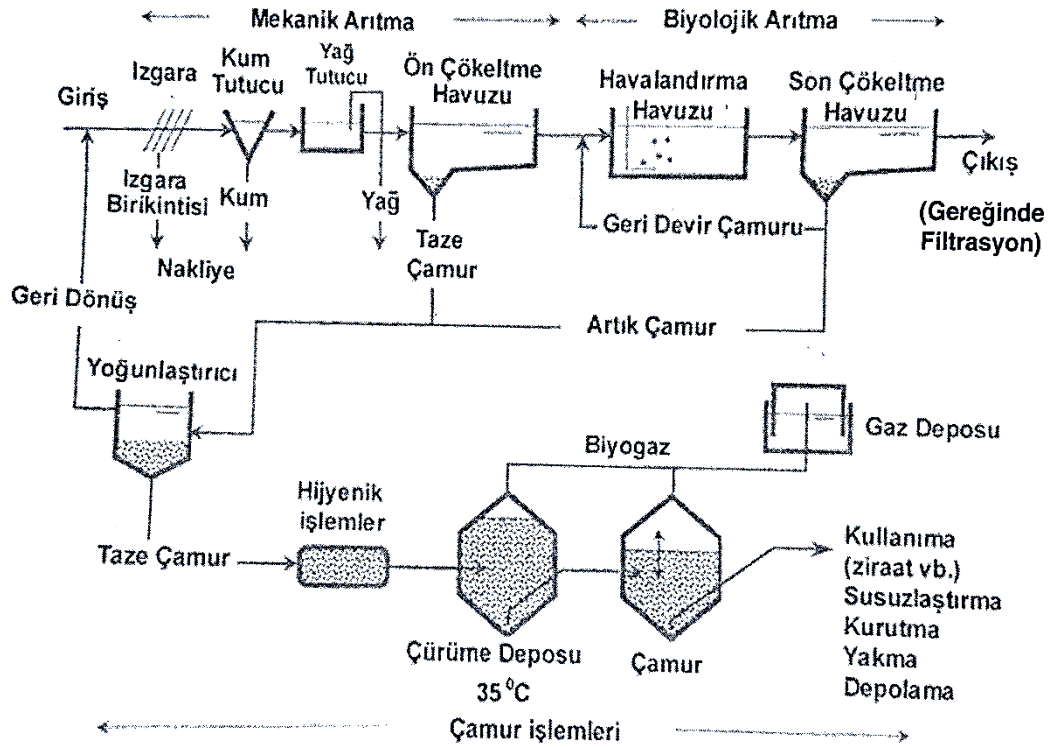
1.6.2.1. Atık suları arıtma yöntemleri

Arıtma methodlarını, kullanılan prosedürler açısından üç grupta toplayabiliriz. Birinci method fiziksel işlemlerden yararlanılarak oluşturulmuş olan mekanik arıtma methodudur. İkinci method mikroorganizmaların ve biyokimyasal tepkimelerin görev aldığı biyolojik arıtma işlemidir. Diğer bir method ise, kimyasal süreçlerin rol aldığı kimyasal arıtma methodudur.

Atık su arıtma yöntemlerini birbirinden ayrı olarak düşünülmemesi gereklidir. Çünkü atık su arıtma sistemini oluşturan arıtma kademeleridir.

Arıtma işleminde hangi methodların kullanılacağını; arıtma işleminin hangi kademeye kadar sürdürülebileceğini, alıcı ortam olan yüzeysel su kaynakları için belirlenmiş su kalitesi limitleri belirler.

Atık suyun niteliklerine ve alıcı ortam deşarj standart değerleri ile ilişkili olarak arıtma methodlarından hangilerinin yapılacağına ve arıtmanın hangi basamakta bitirileceğine karar verilir ve atık su gerekli görülen arıtma proseslerinden geçirilir. Fiziksel, biyolojik ve kimyasal methodun birlikte kullanıldığı iki basamaklı bir atıksu arıtma sisteminin akım şeması aşağıda gösterilmiştir [1].



Şekil 1.7. Bir atık su arıtma tesisi akım şeması [1]

1.6.2.2. Mekanik arıtma yöntemleri

Mekanik arıtma işlemi fiziksel methodlarla yapılan arıtma süreçlerini içermektedir. Bu sebeple bu arıtma yöntemine “Fiziksel Arıtma” ve “I.Kademe Arıtma” denmektedir. Mekanik arıtmada, atık suyun içerisinde bulunan ve mekanik arıtma sonraki arıtma basamaklarında işlemleri yavaşlatacak, engelleyecek ve ekipmanları zarar verecek nitelikte gözle görülebilen kirleticiler arıtılır.

Mekanik Arıtma Birimleri	
1	Izgara
2	Elek
3	Öğütücü
4	Kum Tutucu
5	Yağ Tutucu
6	Çökelme Havuzu
7	Yüzdürme (Flotasyon) Havuzu

Tablo 1.8. Mekanik arıtma birimleri

1.6.2.3. Biyolojik arıtma yöntemleri

Biyolojik olaylardan yararlanılarak tasarlanan, organik maddelerin yok edilmesini veya ortamdan uzaklaştırılmasını sağlayan methodlardır. Bu arıtmaya “II.Kademe Arıtma” adı verilmektedir. Biyolojik arıtma birimlerinden bazıları Tablo 1.9. ve Tablo 1.10.’da verilmiştir.

Yapay Biyolojik Yöntemler	
1	Aktif çamur havuzu
2	Damlatmalı filtre
3	Biyodisk
4	Stabilizasyon havuzu
5	Çamur çürütme birimi

Tablo 1.9. Biyolojik arıtma birimleri-yapay biyolojik yöntemler

Doğal Biyolojik Yöntemler	
1	Arazide arıtma (zemine sızdırma, sulama, yüzeyden akıtma vs.)
2	Su bitkileri, sulak alanlar gibi su ortamında arıtma

Tablo 1.10. Biyolojik arıtma birimleri-doğal biyolojik yöntemler

1.6.2.4. Kimyasal arıtma yöntemleri

Kimyasal arıtmanın hedefi, suda çözünmüş durumda bulunan kirletici maddelerin kimyasal tepkimelerle çözünürlüğü düşük maddelere dönüştürülmesi ya da kolloidal ve askıdaki malzemelerin yumaklar oluşturarak çökeltilmesi vasıtasıyla giderilmesidir. Endüstriyel kaynaklı atık su arıtımında ve içmesuyu arıtımında kimyasal arıtma kullanılır.

1.6.2.5. İleri arıtma yöntemleri

Normal filtrasyon ile tutulamayan tanecikler yarı geçirimli membranlar kullanılarak çözeltiden ayrılabilir. Membran prosesleri olarak bilinen bu yöntemler endüstriyel atık su arıtımında çokça kullanılmaktadır.

Özellikle petrokimya endüstrisinde, metal kaplama atık suların arıtılmasında, gıda sanayi atıkları, kağıt endüstrisi ve soğutma suları uygulamalarında membran proseslerinden yararlanılmaktadır. Membran proseslerini 3 gruba ayırabiliriz. Bunlar ultrafiltrasyon, elektrodializ ve ters osmozdur [9].

1.6.2.6. Yeniden kullanım amacına göre arıtma yöntemleri

Kullanım amacına göre arıtma yöntemleri Şekil 1.8.'de sunulmuştur.

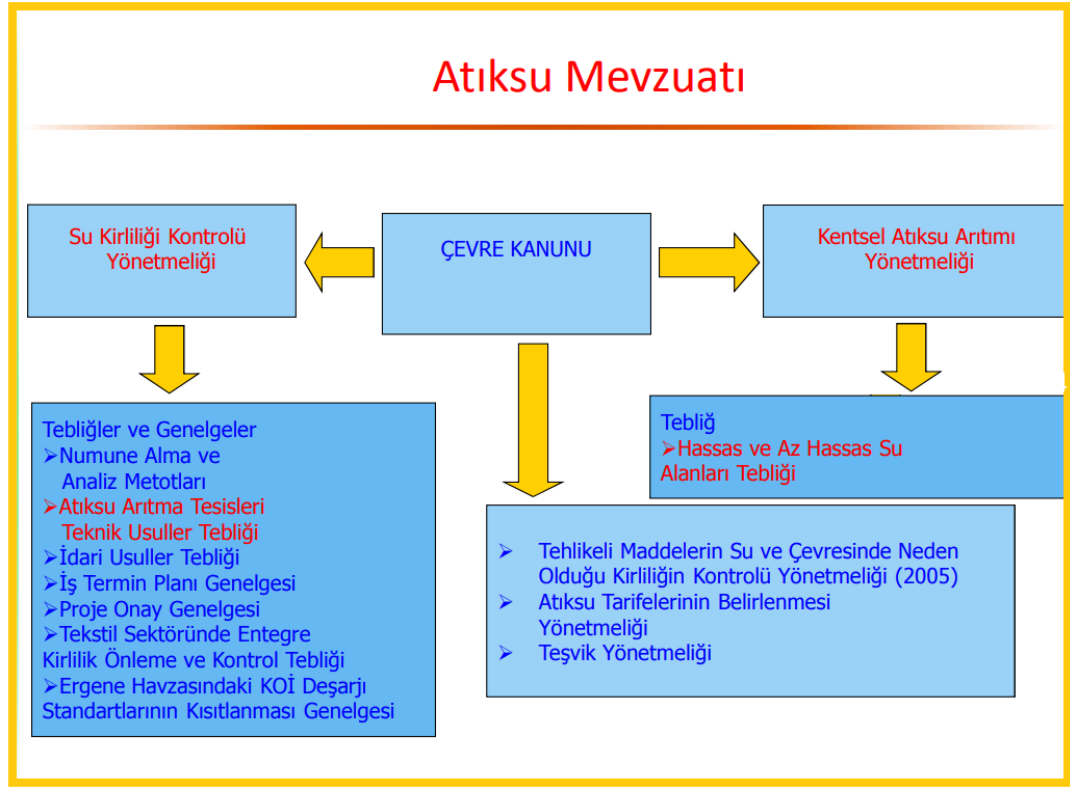
Arıtma Seviyesi	Arıtma Seviyesi 			
	Birincil Arıtma	İkincil Arıtma	Filtrasyon ve dezenfeksiyon	İleri Arıtma
Proses	Çöktürme	Biyolojik Arıtma ve dezenfeksiyon	Kimyasal koagülasyon,biyolojik yada kimyasal besin maddesi giderimi,filtrasyon ve dezenfeksiyon	Aktif karbon,ters osmoz,ileri oksidasyon prosesi,toprakta arıtma vb.
Yeniden Kullanım AMACI	Kullanılamaz	Bağ bahçe sulamasında salma sulama	Peyzaj ve golf sahası sulaması	Dolaylı insani amaçlı tüketim(yeraltı suyu besleme, içme suyu kaynağının beslenmesi ve yüzeysel su kaynağı beslemesi ve insani amaçlı tüketim dahil)
		Tarımsal sulama (yenmeyen ürünler	Tuvalet rezervuarında kullanım	
		Sınırlı peyzaj sulama uygulaması	Araç yıkama	
		İçme amaçlı kullanılmayan akifer beslemesi	Tarımsal sulama(yenen ürünler)	
		Sulak alan,habitat geliştirme	Sınırlamasız çevresel uygulamalar	
		Endüstriyel soğutma suyu	Endüstriyel kullanım	
İnsan Teması	İnsan teması seviyesinde artış 			
Maliyet	Maliyet artışı 			

Şekil 1.8. Kullanım amacına göre arıtma yöntemleri [3]

1.7. Atık Suların Kontrolüne Yönelik Mevzuat

Kentsel atık su deşarjını düzenleyen iki mevzuat bulunmaktadır. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)'dir.

2872 sayılı Çevre Kanunuyla ilişkili olarak yayınlanmış olan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (SKKY) göre atık sular evsel kaynaklı atık sular, endüstriyel kaynaklı atık sular, endüstriyel nitelikli diğer atık sular olarak sınıflandırılmaktadır. Bu yönetmeliğe göre atık suların dış ortama boşaltılmasında deşarj standartları uygulanmaktadır.



Şekil 1.9. Ülkemizdeki atık su mevzuatı [3]

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

1996 yılında USA'da Williams tarafından yapılan su yönetiminde mikro hidroelektrik su santralleri kullanımına yönelik çalışmada, su iletim hatlarında enerjinin geri dönüşümünün kazanılabileceği ifade edildi [10]. 1998 yılında yapılan çalışmada su iletim hatlarında basınç azaltılmasını sağlayan pompaların türbin olarak kullanılmasıyla enerji elde edilebileceği gösterilmiştir [11].

O. Paish tarafından 2002 yılında Büyük Britanya'da yapılmış bir çalışmada küçük hidro santrallerin mevcut durumu ve bu santrallerin olası pozitif ve negatif tarafları üzerinde yoğunlaşmıştır. Mikroheslerin en önemli avantajlarının, çok az bakım gerektirmesi, hiç yakıtı ihtiyaç duyulmaması, hemen hemen çevreye hiç olumsuz etkisinin bulunmaması olarak ifade edilirken en önemli dezavantajının sulama kanallarındaki debinin mevsimlere göre değişmesi bununla üretilen enerji miktarında değişimlere yol açacağı belirtilmiştir [12].

2005 yılında Atatürk Üniversitesinden E. Akpınar'ın hidroelektrik üretiminde nehir tipi santrallerin Türkiye'deki rolü üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmada Türkiye'nin hidrolikten enerji üretme potansiyelinin ancak %10 ile %15 kadarı küçük ölçekli nehir tipi santrallerle değerlendirilebilecek nitelikte olduğunu belirtilmiştir. Küçük nitelikli akarsularda hidrolikten elektrik üretme potansiyeli tespit çalışmalarının sonuçlanmamış olması nehir tipi santrallerin yapımını olumsuz olarak etkilemektedir. Bu durumun en önemli sebebini, akarsularımızın bazılarında akımlarına ait ölçüm değerlerinin bulunmaması olarak göstermiştir [13].

2006 yılında Sakarya Üniversitesinden E. Yanıkoğlu, T.F. Çavuş ve M. Özaktürk tarafından küçük ölçekli hidroelektrik santrallerinin gücünün bulanık mantık methoduyla hesaplanması üzerine çalışma yapılmıştır. Küçük hidroelektrik

santrallerinin gücü hem klasik yöntem hemde bulanık yöntem ile hesaplanmış, iki yöntemle hesaplanan değerlerin yaklaşık değerler olduğu görülmüştür [14].

2009 yılında Sakarya Üniversitesinde U. Kulak tarafından yapılan çalışmada Sakarya havzasının hidroelektrik potansiyeli analiz edilmiş uygun görülen akarsular üzerinde hidroelektrik santrallerinin projelendirmesini önerilmiştir [15].

2010 yılında Kırklareli Üniversitesinden B. Dursun ve C. Gokcol Türkiye sürdürülebilir kalkınma için küçük hidroelektrik santrallerin katkısı ve rolü hakkında bir çalışma yapmıştır. Türkiye'nin enerji ihtiyaçlarını fosil yakıtlardan sağlanan ithal edilen enerjiden sağladığı, halbuki Türkiye'nin enerji kaynaklarının çok çeşitli olduğu, Türkiye'nin bu kaynakları kullandığında enerji ithal etmeye gerek duymayacağı belirtilmiştir. Türkiye'nin çok büyük hidrolik enerji potansiyeline sahip olduğu fakat bunun sadece üçte birinin ekonomiye kazandırıldığı ifade edilmiştir [16].

2011 yılında Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliğinden M.T.Özdemir, A.Orhan ve M.Cebeci çok küçük sayılabilecek hidrolik potansiyellerin, elektrik enerjisi üretim amacı ile yerel olanaklarla değerlendirilmesi üzerine yaptığı çalışmada, Türkiye de 0-10 MW potansiyeli net olarak belirli olmamakla birlikte küçük(mini), çok küçük(mikro) ve en küçük (piko) potansiyeli tüm potansiyelin %15'i kadar olacağı öngörülmüştür. 10 MW'ın altındaki değerlendirilebilir hidrolik potansiyel ise 37.5 kWh/yıl olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada özellikle 100 kW ın altındaki HES'ler için elektromekanik kısımların yerel imkanlarla üretilebilirliği değerlendirilmiş ve 5 kW gücünde bir sistem tasarlanarak üretilmiştir [17].

2011 yılında O.Abay ve M.Yaşar tarafından Türkiye'nin mikro su kuvveti potansiyelinin tespit edilmesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Elde edilecek enerjinin tesbiti için düşü ve debinin bilinmesinin gerekli olduğu ifade edilmiştir. Bundan dolayı öncelikle belli bir yerdeki debi ve düşüye ilişkin esaslar geliştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Daha sonra ise bu esasların tüm ülkeye uygulanmasında kapsayan daha geniş kapsamlı bir proje devreye sokulması olması gerektiği sonucuna varılmıştır [18].

2011 yılında M. Haidara, F. Senana, A. Nomanb ve T. Radmanb tarafından Malezya Pahang üniversitesinde piko hidroelektrik üretiminin ticari ve evsel yüklerde kullanımı üzerine çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda tek piko hidrosistem ile elektrik üretebileceği ve üretilen elektriğin maliyetinin çok uygun olduğu evsel ve ticari tüketicilerin enerji taleplerini azaltmaya katkıda bulunacağı sonucuna varılmıştır [19].

2011 yılında Hindistan Teknoloji Enstitüsünden H.Nautiyal,S.K. Singal, Varun, ve A.Sharma tarafından Hindistan'da sürdürülebilir enerji gelişimi için küçük hidroelektrik santrallerin durumunu incelenmiş, mevcut su kaynaklarının doğru kullanımı ile kırsal ve uzak bölgelere elektrik götürmek için küçük hidroelektrik projelerinin gerçekleştirilmesinin gerekli olduğu, Hindistan coğrafyasının buna uygun olduğu, Hindistanın toplam mikrohes kapasitesinin 15000 MW olduğu bunun sadece %16'sının elektrik üretimine çevrildiği tespit edilmiştir [20].

2012 yılında Gazi Üniversitesi'nden A. Dalcı, E. Çelik ve S. Aslan tarafından, mikro ve mini ölçekli hidroelektrik santrallerinde kullanılmaya uygun, şebeke frekansı baz alınarak türbin giriş suyu ayarlayabilen elektronik bir kontrol sisteminin prototipi üzerinde çalışma yapılmıştır [21].

2012 yılında Hindistan'da Yeshwantrao Chavan Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği bölümünden S.P. Adhau, R.M. Moharil ve İnşaat Mühendisliği bölümünden P.G.Adhau tarafından Hindistan Maharashtra eyaleti Vidarbha bölgesinde Shahnoor ve Purna da bulunan sulama kanalları/küçük dereler üzerinde mini heslerle enerji üretme durumları hakkında bir çalışma yapılmış, söz konusu bölgede bulunan sulama kanallar/küçük dereler/nehirleri besleyen yağmur verileri, akarsuların debi miktarlarına ait veriler toplanmıştır. Sulama kanalları/nehirlerden mikroheslerle elektrik enerjisi üretmenin teknik olarak mümkün ve ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır [22].

2013 yılında Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi'nden Y.Bayazıt, C.Karakurt ve M.Kurban tarafından Küçük Ölçekli Hidroelektrik Santrallerinin Türkiye'deki Durumu ve Değerlendirilmesi konulu yaptıkları çalışmada Türkiyede küçük

hidroelektrik santrallerinin gelişiminin 1902 yılında başladığı, bu tarihten itibaren Türkiye'nin bir çok yerinde devletin ilgili birimleri, özel sektör ve yerel belediyeler tarafından çok sayıda küçük HES inşa edildiği, Türkiye'de endüstriyellemenin hızla artmasıyla artan enerji ihtiyacını karşılamak için öncelikle büyük ölçekli HES'lerin yapımına öncelik verildiği 2009 yılı itibariyle Türkiye'de kurulu 501 lisanslı hidroelektrik santralinin 298 adeti KÖHES statüsünde olduğu, mevcut KÖHES'lerle 2010 yılında Türkiye toplam enerji ihtiyacının sadece %0.3'ü karşılanabildiği, uzmanların tahminine göre 2050 yılında, dünyanın ihtiyaç duyduğu enerjinin %50'si yenilenebilir enerji kaynağından sağlanacağı tahmin edilmektedir [23].

2014 yılında Irak Hawijah Teknik Enstitüsünden B.A. Nasir mikrohidro-elektrik santralinin tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar ile ilgili yaptığı çalışmasında mikrohesler için gerekli olan şeyin su kaynağı, türbin ve uygun dizayn ve kurulum olduğu, türbin seçiminde temel faktörün suyun düşü yüksekliği/basıncı ve akış hızı olduğu, hidroelektrik santrallerinde kullanılabilecek genel olarak 2 çeşit türbinin bulunduğu, bunların reaksiyon ve aksiyon tip türbinler olduğunu ifade etmiştir. Aksiyon türbinlerinin düşük akışkan hızlarında ve yüksek düşülerde, Reaksiyon türbinlerinin ise orta ve düşük düşülerde ve yüksek akışkan hızlarında daha çok kullanıldığını ifade etmiştir [24].

2014 yılında Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesinden C.S. Kaunda ve C. Z. Kimambo tarafından mikrohes teknolojisi ve türbinler üzerine çalışma yapılmış, çalışma sonucunda mikroheslerin spesifik bir teknoloji olduğu yer ve duruma göre değişkenlik gösterdiği farklı alanlardaki (inşaat, makine, elektrik, çevreci) uzmanların beraber çalışması gerektiği ifade edilmiştir [25].

2014 yılında A.McNabola, P.Coughlan, L.Corcorana, C.Powera, A.P.Williams, I.Harrisc, J.Gallagherc ve D.Stylest tarafından yapılan mikro hidroelektrik santraller kullanarak su endüstrisinde enerjinin geri kazanımı konulu çalışmada dünyadaki fosil yakıtlardan kaynaklı enerji üretimi yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin daha az karbon salınımına imkan verdiği, su endüstrisinde, suyun yönetiminde enerji tüketiminin çok önemli bir sorun olduğu, tüketilen elektriğin bir

kısımının su endüstrisine kurulacak mikro hes yatırımlarıyla karşılanabileceğini vurgulamış, İngilterede atık su arıtma tesisi çıkışına kurulan birbirine seri bağlanan 180 kW gününde arşimed burgulu türbin vasıtasıyla elektrik üretiminin gerçekleştiği belirtilmiş, diğer taraftan bu tesislerin çevreye etkilerinin çok sınırlı olduğu bu durumun diğer heslere göre avantaj olduğu ifade edilmiştir [26].

2015 yılında Bangor üniversitesinden J. Gallagher, I.M. Harris A.J. Packwood ve A.P. Williams Büyük Britanya ve İrlanda da su ve atık su altyapı tesislerinde mikrohidroelektrik enerjisinin üretimi üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmada Büyük Britanya ve İrlanda da bulunan su ve atık su altyapı tesislerinde bulunan potansiyel enerjinin geri dönüşümü için 4 adımlı bir metodoloji öngörüldü. 1.adım su ve atık su altyapı tesislerinde farklı potansiyel enerji geri dönüşüm yerleri belirlenmesi. 2.adım enerji geri kazanımı için uygun yerlerin belirlenmesi. 3.adım bütün projenin fiyatı, saha karakteristikleri, değişen debiler, türbin seçimleri nezdinde enerji geri dönüşümüyle ilgili ekonomik ve teknik zorlukların değerlendirilmesi, 4. adım Galler ve İrlanda için en uygulanabilir projelerin belirlenmesidir [27].

2017 yılında Hindistan Karunya Üniversitesinde Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden C.P. Jawahar ve P.A. Michael mikrohesler özelinde türbinler üzerinde bir çalışma yapmış, çalışma neticesinde mikrohesler için en uygun türbin ve tasarımı ile verimin artacağı ve enerji maliyetlerinin düşeceği belirtilmiştir [28].

2018 yılında Harran Üniversitesinden D. Erkan, T. Yılmaz, A. Yücel, A. Yılmaz, A. Tel ve D. Uçar Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Geri Dönüşümü sağlamak için Mikro Ölçekte Hidroelektrik Santrallerin yapılabilirliğini araştırmak için yaptıkları çalışmalarında, atık su arıtma tesislerinden deşarj edilen atık sular vasıtasıyla üretilebilecek elektrik enerjisi miktarları teorik olarak hesaplanmıştır. Çalışmada Van-Edremit, Elazığ-Sivrice ve Tunceli merkez atıksu arıtma tesisleri temel alınmıştır. 2016 yılı verileri göz önüne alındığında tesislerdeki debiler ile Edremit için $0.075 \text{ m}^3/\text{sn}$; Sivrice için $0.105 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve Tunceli için ise $0.062 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Düşü miktarları ise Edremit için 47.5 m, Sivrice için 10 m ve Tunceli için 18 m olup üretilebilecek enerji miktarları makul kapasitede jeneratör/türbin kullanımı kabulü ile kuramsal olarak

yapılmıştır. Yapılan kuramsal hesaplamalar sonucunda en yüksek su düşü yüksekliğine sahip olan Edremit atık su arıtma tesisinin aylık enerji sarfiyatının %20.1'i (Aylık potansiyel üretim miktarı 20129 kWh/ay) atık su arıtma tesisi çıkışı ile alıcı ortam (Van Gölü) arasına konumlandırılacak bir mikro HES ile sağlanabileceği tespit edilmiştir. Aynı şekilde Sivrice ve Tunceli için de aynı hesaplamalar yapılırsa bu tesislerde de sırası ile 5932 ve 6305 kWh/ay elektrik enerjisi üretilebilir. Mikrohidroelektrik santraller rezervuar sahası gerektirmemesi ve kolay kurulumları vasıtasıyla bir çok avantaja sahip olup elektrik enerjisi sarfiyatı yüksek olan atıksu arıtma tesisleri için çevreci bir yaklaşımdır [29].

2018 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesinden V. Süme yenilenebilir enerji kaynağı olarak mikro su tesisleri için Sümela vadisinde yeralan geleneksel su değirmeni olarakta varsayılabilecek 5 adet mikro su yapısı üzerinde çalışma yapmış ve bu yapıların teknik özelliklerine ilave olarak, suyun akış hızı, suyun düşme yüksekliği, kanal boyutları vb. gibi hidrolik veriler tespit edilmiştir. Elde edilen bilgilere göre, çalışma sahasında bulunan beşadet mikro su yapısı projelendirilmiş, ayrı ayrı enerji üretim potansiyelleri tespit edilmiştir [30].

2018 yılında Kocaeli Üniversitesinden E. Üstün, E.S. Akçamur ve E.M. Yeğin tarafından Arşimet burgu türbini ile çalışan hidroelektrik santralin nümerik analizleri ile deneysel verilerinin karşılaştırılması üzerine çalışma yapılmıştır. Arşimet burgu türbin sistemi ile çalışan santraller düşük düşü ve debi değerlerinde enerji üreten hidroelektrik santrallerdir. Yapılan çalışma ile arşimet burgu türbin sisteminin deneysel veri sonuçları ile hesaplamalı akışkanlar dinamiği sonuçları karşılaştırılmıştır. Altı farklı debi için güç ve verim değerleri nümerik olarak hesaplanmıştır. Bu veriler aynı zamanda Sapanca Kurtköy deresi üzerine konumlandırılmış olan Arşimet burgulu türbinle çalışan santralden elde edilen deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde deneysel sonuçlar ile nümerik sonuçların çok yakın çıktığı tespit edilmiştir [31].

BÖLÜM 3. HİDROELEKTRİK ENERJİSİ

3.1. Hidroelektrik Enerji Nedir?

Hidroelektrik enerjisi suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye döndürülmesi vasıtasıyla elde edilmektedir.



Şekil 3.1.Hidrolik çevrim [32]

3.2. Türkiye'nin Hidroelektrikten Enerji Üretimi

Türkiyede 2017-2018 yıllarında EPDK verilerine göre hidroelektrik olarak lisanslı kurulu güç Tablo 3.1.' de lisanslı üretim miktarı ise Tablo 3.2.' de verilmiştir [33].

2017-2018 Yıllarında Lisanslı Kurulu Güç				
Hidroelektrik	2017-MW	2018-MW	2017-Payı	2018-Payı
Barajlı	19746,05	20534,80	% 24,23	% 24,69
Akarsu	7509,98	7748,9	% 9,21	% 9,32

Tablo 3.1. 2017-2018 Yıllarında hidroelektrik kurulu güç

2017-2018 Yıllarında Lisanslı Üretim				
Hidroelektrik	2017-GWh	2018-GWh	2017-Payı	2018-Payı
Barajlı	41269,59	40961,45	% 14,1	% 13,86
Akarsu	17859,86	19891,37	% 5,85	% 6,42

Tablo 3.2. 2017-2018 Yıllarında hidroelektrik üretim miktarları

3.3. Türkiye’de Hidroelektrik Enerjinin Tarihsel Gelişimi

Hititler M.Ö. 1300 yılında Anadolu’da ilk barajı inşa etmişlerdir. Mardin yakınlarında altıncı yüzyılda kurulan Dara barajı dünyadaki ilk ince kemer tipli baraj olarak kayıtlara geçmiştir. Çubuk-1 Barajı, 1923 yılında Türkiye Cumhuriyetinin kuruluşundan sonra yapılan ilk barajdır. Ankaranın içme suyunu sağlamak için 1930 ve 1936 yılları arasında Çubuk-1 barajı inşa edilmiştir.

Tarsusta 60 MW lık küçük ölçekli hidroelektrik santral ile Türkiyede ilk hidroelektrik üretim 1902 yılında başlamıştır. Büyük ölçekli ilk hidroelektrik santral ise 1913’ te İstanbul’ da inşa edilmiştir. Elektrik üretimi alanında 1935 yılında birkaç devlet kurumu tesis edilmiştir. Elektrik sadece belli başlı yerlerde üretilmekteydi. Bu şehirler İstanbul, Adapazarı ve Tarsus’tur.

1932 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) kurulmuştur. Bunu takipeden süreçte gerçekleştirilen önemli projeler; Seyhan, Sarıyer, Hirfanlı, Kesik köprü, Demirköprü, Kemer Barajları ve Hidroelektrik Santralleridir. Toplam enerji üretiminin %3.2’ sine sahip olan 28 hidroelektrik santral 1940 yılı itibariyle işletmeye alınmıştır.

1950 yılında, 18 MW kurulu güce sahip hidroelektrik santrallerin toplam kurulu güç (408 MW) içindeki toplam payı yalnızca %4.4’ tü. Ancak, 1954 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) nin kurulmasıyla beraber hidroelektrik kapasite 10 yıl içinde 412 MW (toplam kurulu kapasitenin %34’ü) değerine ulaşarak toplam enerji üretimi içindeki oranı % 44’e yükseltmiştir.

1950-1969 tarihleri arası hidroelektrik santrallerin İller Bankası, DSİ, Etibank ve Sümerbank tarafından yapıldığı dönemdir. 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu (TEK)'in kurulmasıyla elektrik santralleri inşasının yapım takibi bu kurumun gözetiminde olmuştur.

1970-1990 yılları arasında enterkonnekt sistem Türkiye Elektrik Kurumu tarafından ülkenin her yerine yayılmış ve tüm köyler elektriğe kavuşmuştur. Bu süreçte hidroelektrik santraller DSİ ve imtiyazlı firmalar tarafından inşa edilmiştir. Kısaca YİD olarak isimlendirilen Yap-İşlet-Devret modeli özel sektöre elektrik üretimi olanağı tanıyan 3096 sayılı yasa 1984 yılında çıkartılmıştır. YİD modeli ile gerçekleştirilen 1991 yılında işletmeye alınan Hasanlar HES ile HES'ler dönemi başlamıştır.

2001 yılı başında Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun kurulmasıyla birlikte elektriğin üretimi, iletimi ve dağıtımı için yeni sürece adım atılmıştır.

3.4. Hidroelektrik Enerji Nasıl Üretilir?

Hidroelektrik enerji santralleri içme ve kullanma suyu sağlamak amacıyla nehirlerin/su kaynaklarının önü kapatılarak oluşturulan baraj göletlerinde inşa edilmektedir. Hidroelektrik işletmeler; suyun potansiyel enerjisini mekanik enerjiye, buradan elde edilen mekanik enerjiyi de elektrik enerjisine dönüştürmek için yapılan bir dizi inşaat ve mekanik sistemler bütünüdür. Hidroelektrik santral ise, bu sistemin sadece bir bölümü, bir halkasını oluşturur.

Hidroelektrik santralin ana kısımlarını hidrolik türbinler, cebri borular, jeneratörler, transformatörler, su akışını ve elektrik enerjisi dağıtımını denetleyen yardımcı bileşenler oluşturur. Cebri borular suyu aşağıya yönde türbinlere taşıyan büyük borular ya da tünellerdir. Türbinler ise hareket eden suyun hidrolik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren cihazlardır. Transformatörler jeneratörlerde elde edilen alternatif gerilimi uzak mesafelere taşımak üzere çok yüksek gerilim değerlerine çıkartmakta kullanılır.

3.5. Hidroelektrik Santrallerinin Sınıflandırılması

3.5.1. Kurulu güçlerine göre

Kurulu Güçlerine Göre	
Büyük Ölçekte Hidroelektrik Santraller	>10.000kW dan büyük
Orta Ölçekli Hidroelektrik Santralleri	1000-10.000 kW arası
Mini Hidroelektrik Santraller	100-1000kW arası
Mikro Hidroelektrik Santraller	<100 kW dan küçük

Tablo 3.3. Kurulu güçlerine göre hidroelektrik santralleri

3.5.2. Düşülerine Göre

Alçak düşüye sahip santraller: Suyun düştüğü yüksekliğin 10 metreden küçük olduğu çoğunlukla su akımının fazla arazinin düz olduğu, yatak eğimi az nehirler üzerinde kurulur. Genellikle kaplan türbini kullanılan santrallerdir.

Orta düşüye sahip santraller: Suyun düştüğü yüksekliğin 10 metre ile 50 metre arası olan farklı debilerdeki nehirler üzerinde kurulur. Genellikle kaplan veya francis türbini kullanılan santrallerdir.

Yüksek düşüye sahip santraller: Suyun düştüğü yüksekliğin 50 metreden büyük olduğu çoğunlukla engebeli veya dağlık araziden akan nehirler veya barajlar üzerinde konumlandırılan santrallerdir. Bir yaklaşım kanalı veya tüneli bulunmakta uzunca bir cebri borusu vardır. Genellikle francis veya pelton türbinleri kullanılmaktadır.

Düşülerine Göre	
Alçak Düşüye Sahip HES'ler	Yükseklik 10 m den küçük düşülü olan
Orta Düşüye Sahip HES'ler	Yüksekliği 10-50 m arası düşülü olan
Yüksek Düşüye Sahip HES'ler	Yüksekliği 50 m den büyük düşülü olan

Tablo 3.4. Düşülerine göre hidroelektrik santralleri

3.5.3. Depolama yapılarına göre

Depolama Yapılarına Göre	
Depolamalı (rezervuarlı) HES'ler	H<10 m den küçük
Nehir tipi (regülatör) HES'ler	H=10-50 m arası

Tablo 3.5. Depolama yapılarına göre

3.5.4. Baraj gövdesinin tipine göre

Baraj Gövdesinin Türüne Göre	
1	Ağırlıklı Beton Gövdeli HES
2	Beton Kemer Gövdeli Barajlı HES
3	Kaya Dolgu Gövdeli Barajlı HES
4	Toprak Dolgulu Gövdeli HES

Tablo 3.6. Baraj gövdesinin tipine göre hidroelektrik santralleri

3.5.5. Ulusal elektrik sisteminin yükünü karşılama durumuna göre

Baz santraller (Base-Load Plants): Pik santraller elektrik enerjisinin en çok ihtiyaç duyulduğu zaman dilimlerinde çalışan santrallerdir.

Ulusal Elektrik Sisteminin Yükünü Karşılama Durumuna Göre	
1	Baz Yük HES
2	Puant/Pik Yük HES
3	Hem Baz hemde Puant HES

Tablo 3.7. Ulusal elektrik sisteminin yükünü karşılama durumuna göre

3.5.6. Santral binasının konumuna göre

Santral Binasının Konumuna Göre	
1	Yerüstü HES
2	Yeraltı HES
3	Yarı gömülü ve batık HES

Tablo 3.8. Santral binasının konumuna göre

3.5.7. Üzerinde kuruldukları suyun özelliklerine göre

Nehir tipi santraller: Küçük ve orta ölçekli santraller olup bir çok avantajları bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, yatırım ve işletme maliyetlerinin fazla olmaması, inşası ve inşa edilecek yerin istismak edilmesi gibi sorunlarının olmaması ve de basit şekilde kurulması olarak sıralanabilir.

Kanal santralleri: Su bir iletim sistemi vasıtasıyla (bu cebri boru olabilir, kanal olabilir) santrale iletilir ve elektrik enerjisi üretilir.

Pompaj rezervuarlı santraller: Bu tip santrallerin çalışma şekli, elektrik enerjisine gereksinimin çok az olduğu zamanlarda pompa gibi çalışarak rezervuarlara su doldurulur. Gün içinde enerjiye en çok ihtiyaç duyulduğu zamanlarda birikmiş suyu türbinleyerek enerji üretirler.

Baraj tipi santraller: Baraj yapılarında akarsuyun önü bir “baraj” yapısı ile kesilerek, barajın gerisinde bir depolama alanı oluşturulur. Barajlarda akış hızı yani debi düzenlemesi yapma imkanı vardır. Barajlar, elektrik üretiminin yanısıra, içme suyu temini, taşkından korunma, sulama suyu ve depolama gibi başka amaçlar için de inşa edilebilir.

BÖLÜM 4. MİKROHESLER VE SU TÜRBİNLERİ

4.1. Mikro Hesler

12/05/2019 tarihinde yürürlüğe giren Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği kurulu gücü maksimum 1 MW'a kadar yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı elektrik üretimi yapan işletmelere bazı kolaylıklar sağlamış ve bir bakıma teşvik sağlamıştır [34].

Küçük ölçekte su kuvvetinden yararlanan tesislerinin avantajlarından bazıları, daha az yatırım maliyeti gerektirmesi, hidroelektrik potansiyelinin hepsinden yararlanma gereksinimine hizmet etmeleri, enterkonnekte sistemlerde görülen iletim kayıplarını engellemesi ve kırsal kesimlere enerji götürme güçlüğüne gidermeleri, yerel olanaklar vasıtasıyla işletmeye alınabilmeleri söylenebilir. Mikro su kuvveti tesisler de bu avantajlara sahipken ayrıca farklı uygulama biçimleri sunmaktadır.

4.1.1. Mikro su kuvveti potansiyeli

Türkiye, büyük ölçekli akarsulardan ne kadar enerji üretileceğine dair yapılan potansiyel belirleme çalışmalarında önemli bir yol almışken, akarsu kolu, dere gibi küçük sulara ilişkin gereken ilerleme sağlanamamıştır.

Büyük sularla ilgili potansiyel belirleme çalışmalarından yararlanılarak küçük sular içinde ölçütler geliştirilerek bu ölçütler Türkiye'nin mikro su kuvveti potansiyelinin belirlenmesinde kullanılabilir. Avrupa da ise çok sayıda küçük ölçekli su tesisleri bulunmaktadır [18].

4.1.1.1. Brüt su kuvveti potansiyeli (BSKP)

Bir akarsu havzasından elde edilebilecek hidroelektrik enerjinin teorik üst sınırını belirtir.

4.1.1.2. Teknik açıdan değerlendirilebilir su kuvveti potansiyeli (TSKP)

TSKP, teknik açıdan uygulanması mümkün su kuvveti projelerinin havzanın tamamında uygulanması halinde üretililebilecek hidroelektrik enerjisi üretiminin üst sınırını belirtir [18].

$$\text{Düşü verimi} = \frac{\text{net düşü}}{\text{brüt düşü}} \approx 0.70;$$

$$\text{Akım verimi} = \frac{\text{türbinlerden geçirilen debi}}{\text{su kuvveti tesisinin bulunduğu yerdeki akım}} \approx 0.90$$

$$\text{Toplam kayıp} = 0.70 * 0.90 * 0.80 \approx 0.50$$

$$\text{TSKP} \approx 0.50 * \text{BSKP}$$

4.1.1.3. Ekonomik yönden yararlanılabilir su kuvveti potansiyeli (ESKP)

Teknik ve ekonomik bakımdan uygun olan tüm su kuvveti projelerinin toplam üretimini göstermektedir. Beklenen gelirleri giderlerinden fazla olan su kuvveti projelerinin hidroelektrik enerjisi üretimini tanımlar [18].

4.1.2. Mikro su kuvveti ve gelişimi

Ülkelerin ekonomik seviyeleri ve hidroelektrikten enerji üretme potansiyelleri farklılıklar göstermektedir.

Avrupanın çoğu ülkesi ve Türkiye’de kabul gören sınıflandırma tesisin kurulu gücüne göre sınıflandırmadır. Toplam kurulu gücü 10 MW’den küçük olan tesisler “küçük

ölçekli su kuvveti tesisi (küçük ölçekli hidroelektrik santral)” şeklinde isimlendirilmektedir.

Avrupa’da bu konuda söz sahibi olan European Small Hydropower Association (ESHA) dır. ESHA tarafından desteklenen sınıflandırmaya göre de küçük ölçekli su kuvveti tesisleri kurulu güçlerine göre Tablo 4.1.’ deki gibi sınıflandırılmaktadır. Kurulu gücü 100 kW’a kadar olan hidroelektrik tesisleri mikro su kuvveti tesisi (mikrohes) olarak sayılmaktadır.

Adı	Kurulu Güç
Mikro SKT	100 kW ya kadar
Mini SKT	100-500 kW arası
Küçük SKT	500-10000 kW arası

Tablo 4.1. Küçük ölçekli su kuvveti tesislerinin adlandırılması ve sınıflandırılması

Su değirmenlerinin geçmişi ilkçağlara dayanmaktadır. Zamanla su değirmenlerinin sayısı artmıştır. İngilterede 19. yüzyılda sayıları 20 bini geçmiştir. Su çarkları zamanla bazı endüstriyel cihazları çalıştırmak içinde kullanılmıştır. Gerçek anlamda verimli su türbinleri 19. yüzyılın ortalarından itibaren görülmüştür. Su türbinleri zamanla su çarklarının yerini almıştır. Gelişmekte olan ülkelerde mikrohes yapılarının kullanımı, uzak kırsal alanların özellikle de dağlık arazilerin, ekonomik kalkınmasında önemli önemli rol oynayacağı görülmüştür.

Mikro seviyedeki su tesisleri, türbine eklenecek bir jeneratör vasıtasıyla endüstriyel, tarımsal ve konutsal kullanım için elektrik üretebileceği gibi, doğrudan mekanik enerji de sağlayabilmektedir. Mikro seviyedeki su tesislerinin kurulması için en uygun yerler, yıllık yağışın fazla olduğu dağlık alanlar ve bunların yamaçları gibi yıl boyunca debisi yüksek akarsuların olduğu yerlerdir.

4.1.3. Mikro su kuvveti tesislerinin planlanması

Akarsuların yatak eğimleri bilindiği üzere farklılık göstermektedir. Bu nedenle enerji potansiyelinin hesaplanmasında önemli bir parametre olan suyun düşü mesafesi

akarsudan akarsuya farklılık göstermektedir. Bir tesisin kurulu gücünü genel olarak suyun düşü mesafesi ve akarsuyun debi miktarı belirler. Bu temel ilkeler mikro su kuvveti tesisleri için de geçerlidir. Ekonomik olarak uygulanabilir olan bir mikro hidroelektrik tesisinde çevresel kriterlerin dışında çevrimde kullanılacak su, suyun düşü yüksekliği ve enerji iletim hattına mesafe gibi unsurlarda göz ardı edilmemelidir. Bir mikro su kuvveti tesislerinin planlanması aşamalarını; tesis yerinin planlaması, tesisin teknolojik ve çevresel planlaması ve ekonomik açıdan yapılabilirlik değerlendirme çalışması olarak sıralayabiliriz.

4.1.4. Mikro su kuvveti tesislerinin bazı uygulama biçimleri

Mikro su kuvveti tesislerinin avantajlarından biride farklı uygulama biçimleri sunmasıdır. Su kuvveti potansiyelinin değerlendirilmesi amacına hizmeteden uygulamalardan bazıları şöyledir: Bir sulama kanalı ile bütünleşik mikro su kuvveti tesisi, bir su sağlanımı sistemi ile bütünleşik mikro su kuvveti tesisi ve akarsu yatağı seddelerinden yararlanarak tasarlanan mikro su kuvveti tesisleridir.

4.2. Su Türbinleri

Çalışma mantığı, sistemde kullanılan akışkan malzeme türbinin kanatlarına çarparak türbin milini çevirir, milin hareketi çıkışta mekanik enerjiye dönüşür ve mekanik işten jeneratörlerle elektrik üretilmektedir. Su türbinleri kullanıldıkları alanlara, ürettikleri güce, güç üretme biçimlerine göre farklı şekillerde gruplandırılabilirler.

4.2.1. Türbinlerin sınıflandırılması

4.2.1.1. Düşüye göre türbinler

Düşüye Göre Türbinlerin Sınıflandırılması	
Yüksek Basıncılı Su Türbini	$H > 300$ m den büyük
Orta Basıncılı Su Türbini	$400\text{m} < H < 20\text{m}$ arası
Düşük Basıncılı Su Türbini	$H < 50\text{m}$ den büyük

Tablo 4.2. Düşüye göre türbinlerin sınıflandırılması

4.2.1.2. Çıkış güçlerine göre türbinler

Çıkış Güçlerine Göre Türbinlerin Sınıflandırılması	
Yüksek güce sahip hidrolik türbinler	100 MW den büyük
Orta güce sahip hidrolik türbinler	20-100 MW arası
Küçük güce sahip hidrolik türbinler	1-20 MW arası
Mini hidrolik türbinler	100 kW-1MW arası
Mikro hidrolik türbinler	100 kW den küçük

Tablo 4.3. Çıkış güçlerine göre türbinlerin sınıflandırılması

4.2.1.3. Türbin milinin durumuna göre türbinler

Türbin Milinin Durumuna Göre	
1	Yatay Eksenli Türbinler
2	Dikey Eksenli Türbinler
3	Eğik Eksenli Türbinler

Tablo 4.4. Türbin miline göre türbinlerin sınıflandırılması

4.2.1.4. Suyun etki şekline göre türbinler

Suyun Etki Şekline Göre		
1	AksiyonTipi Türbinler	Pelton, Turgo, Banki
2	Reaksiyon Tipi Türbinler	Kaplan, Uskur, Francis, Boru

Tablo 4.5. Suyun etki şekline göre türbinlerin sınıflandırılması

Aksiyon (etki) tipi türbinlerde su, çarka atmosfer basıncında girip yine atmosfer basıncında çıkar. Bundan dolayı eş basınçlı türbinlerde denmektedir.

Aksiyon türbinleri, düşük debi ve yüksek düşüye sahip yerlerde daha çok kullanılmaktadır. Etki tipi türbinlere örnek Pelton, Banki, Turgo verilebilir.

Reaksiyon tipi türbinlerde suyun çark çıkışında hızlanması türbin çarkının dönmesini sağlar. Su, türbinlerde bulunan kanatların herbirine çarparak hareket enerjisini artırır. Bu şekilde suyun kinetik enerjisi hareket enerjisine dönüştürülmüş olur. Aynı su

düşüşü ve debi değerlerinde bu tip türbinler aksiyon tipi türbinlere kıyasla daha hızlı dönerler.

Reaksiyon türbinleri suyun hem kinetik hem de potansiyel enerjisi kullanılmaktadır. Reaksiyon tipi türbinlerin yapısı oldukça karmaşık ve yapımı kolay değildir. Reaksiyon tipi türbinlerden olan Francis, Kaplan, Uskur oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.2.1.5. Suyun akış doğrultusuna göre türbinler

Suyun Akış Doğrultusuna Göre		
1	Eksenel Akışlı Türbinler	Kaplan, Uskur
2	Radyal Akışlı Türbinler	Francis
3	Diyagonal Akışlı Türbinler	Yüksek Hızlı Francis
4	Teğetsel Akışlı Türbinler	Pelton, Banki
5	Saptırılmış Akışlı Türbinler	Turgo

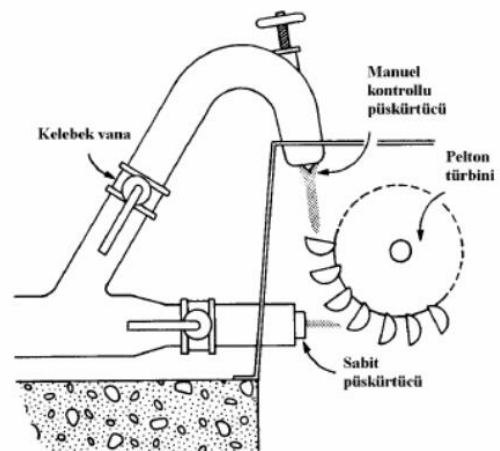
Tablo 4.6. Suyun akış doğrultusuna göre türbinlerin sınıflandırılması

4.2.2. Pelton türbinleri

Pelton türbinini Lester Allan PELTON 1870 yılında geliştirmiştir. Büyük hidroelektrik sistemlerde ve 150 metre üzerinde brüt su düşüşünün olduğu yerlerde Pelton türbinleri kullanılmaktadır. Pelton türbinleri etki prensibine göre çalışan türbin grubuna dahildir.



Şekil 4.1. Pelton türbini



Şekil 4.2. Pelton türbin çalışma prensibi

Mikro hidrolik yapılarda daha düşük düşülerde de bu türbinden yararlanılabilir. Pelton türbini temel olarak çark, püskürtücü (lüle), saptırıcı ve gövde gibi elemanlardan oluşur.

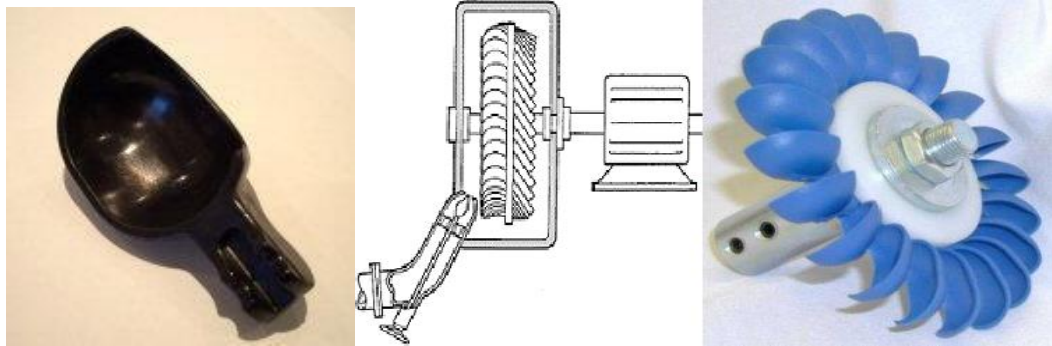
Püskürtücü (lüle), suyun basınç enerjisini kinetik enerjiye dönüştürür. Türbin suyu teğetsel olarak çarka gönderir ve eksenini doğrultusunda ileri geri hareket edebilen iğnesi yardımıyla debiyi değiştirerek türbinin gücünü isteğe göre ayarlar.



Şekil 4.3. Pelton türbin parçaları

4.2.3. Turgo türbinleri

Çalışma mantığı açısından Pelton türbinlerine benzeyen Turgo tipi türbinler, kepçe yapıları ile pelton türbinlerinden ayrılırlar (Şekil 4.4.). Bunun yanında maliyetlerinin daha düşük olması, daha hızlı devir sayısına sahip olması ve benzer ebattaki bir Pelton türbinine göre daha iyi su tutabilme gibi artı yönleri bulunmaktadır.

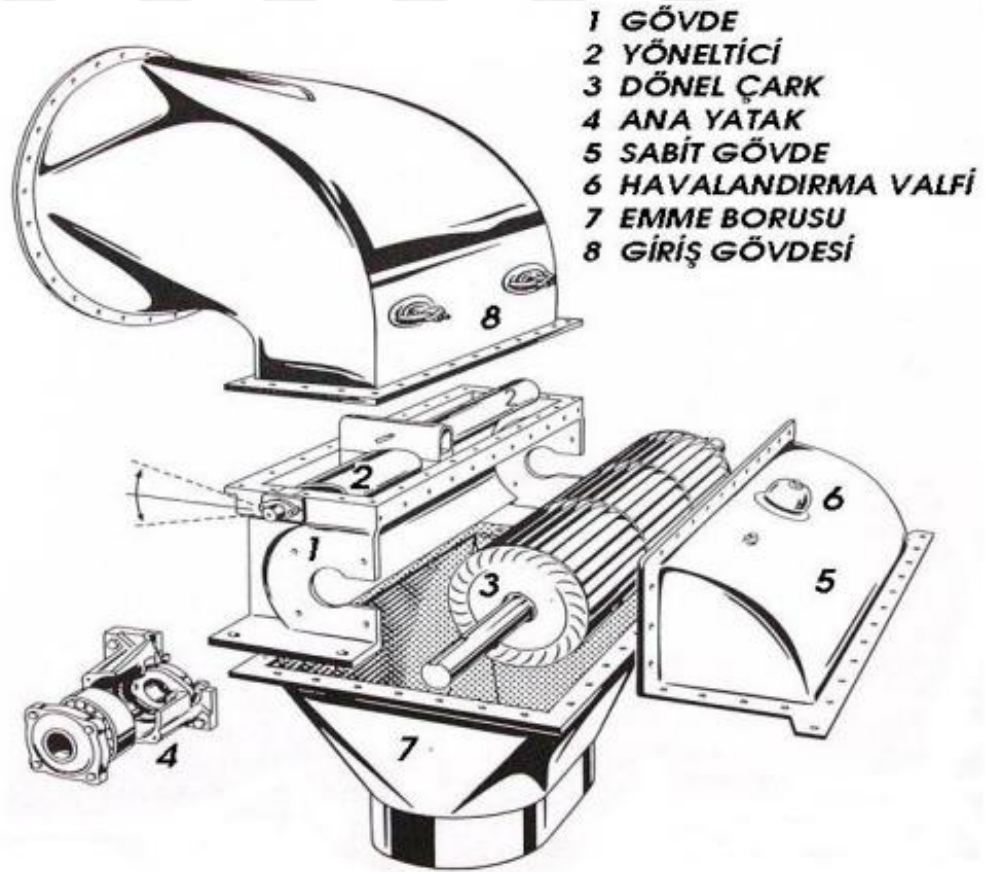


Şekil 4.4. Turgo türbin resimleri

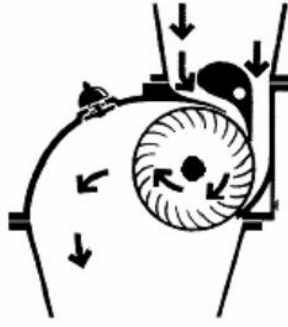
4.2.4. Banki (Michell-Ossberger) türbinleri:

İngiliz asıllı Michell ile Macar asıllı Banki tarafından bulunmuştur. Banki (Michell-Ossberg) su türbini olarakta bilinir.

Küçük ve orta güçlü su kuvvetlerinde de kullanılabilir. Yapısı diğer türbin türlerine göre basittir. 20 lt/s ile 9 m³ /s debiler için 1 m ile 200 m arasındaki düşülerde 1000 kW güce kadar çıkabilirler. Verimleri yaklaşık %80 civarındır. Dönme sayıları ise 50 ile 200 d/dak arasında değişim gösterir. Su türbini ise, gövde, tambur tipi dönel çark ve yönelticiden oluşur (Şekil 4.5.). Suyun dönel çarktan iki kez girip çıkması Banki-Michell Ossberger türbininin en önemli özelliğidir [35].



Şekil 4.5. Banki-Michell Ossberger su türbininin genel görünüşü



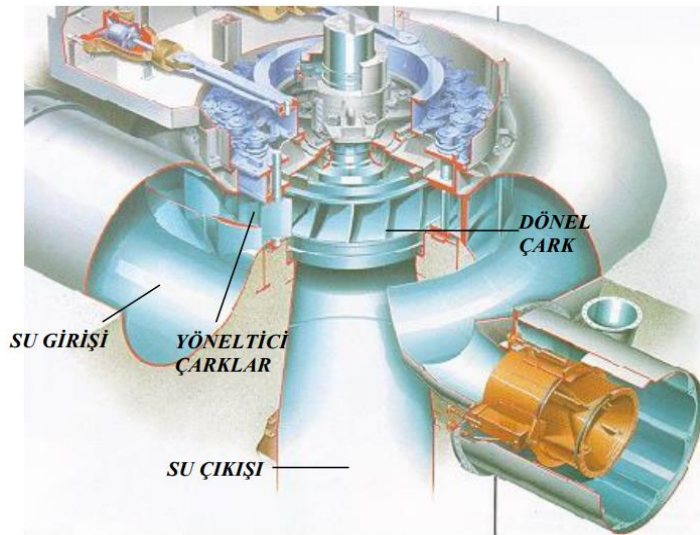
Şekil 4.6. Dikey banki türbini



Şekil 4.7. Yatay banki türbini

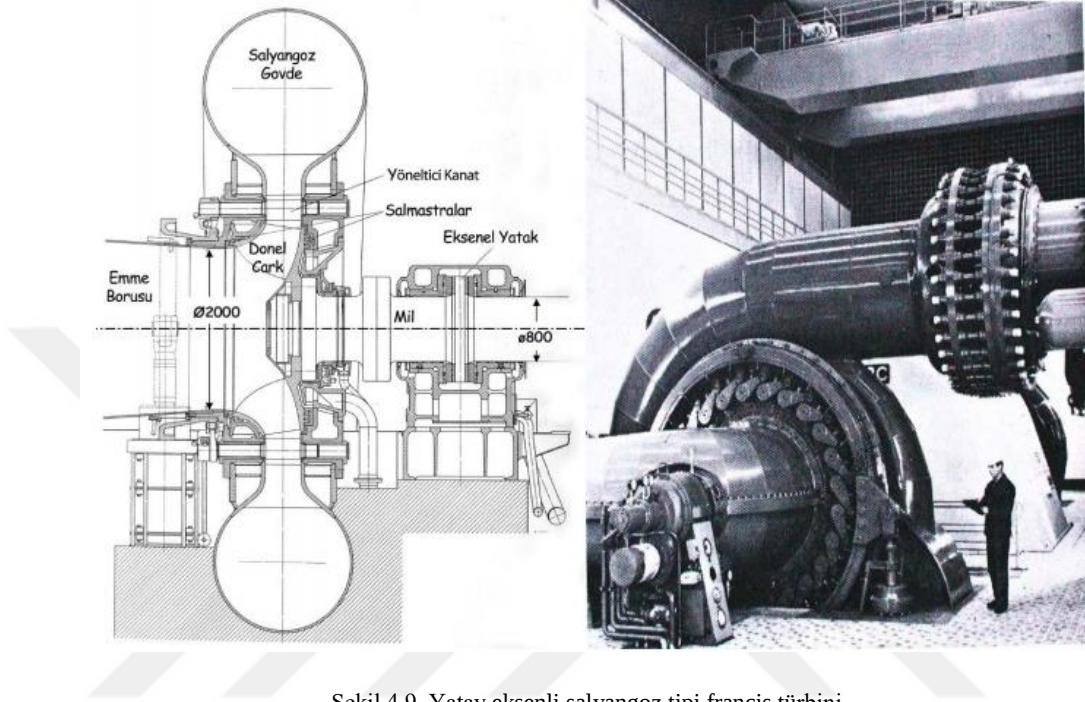
4.2.5. Francis türbini:

Bu türbine 19. Yüzyılda Amerikalı Howd ile Francis tarafından geliştirildiği için Francis denilmektedir. Francis türbinine su, yöneltici çarktan dönel çarka dıştan girip, çark kanatları boyunca aşağıya doğru giderek çarktan çıkar. Türbin tipi karşı basınçlıdır (Reaksiyon tipi). Şekil 4.8.' de tipik bir Francis türbin tesisi gösterilmiştir. 600 metre düşüye kadar çalışır ve bu türbinlerden ile 500 MW'a kadar güç sağlanabilmektedir. Küçük boyutta üretilmesinden dolayı bir hayli ekonomik olur. Ülkemizde Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün denetiminde bulunan hidroelektrik santrallerinin çoğunluğunda Francis tipi türbinlerden yararlanılmaktadır.



Şekil 4.8. Dikey eksenli francis türbini

Bazen yatay eksenli olarak ta kullanılmaktadır. Bu türbin; ayarlanabilir yöneltici kanatlar, emme borusu ve dönel çarktan oluşur. Şekil 4.9.'da büyük miktarda güç sağlamak için kullanılan yatay eksenli ve salyangozlu hali gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Yatay eksenli salyangoz tipi francis türbini

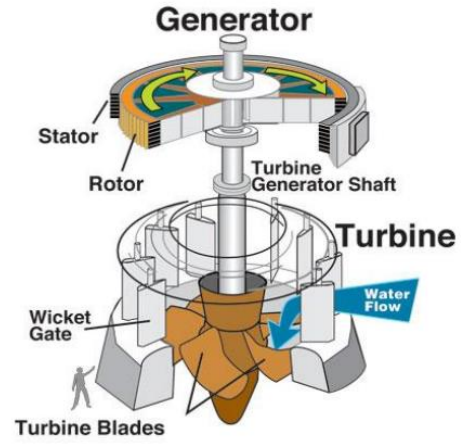
4.2.6. Kaplan (Uskur Tipi) türbini:

Prof. Viktor Kaplan tarafından 1913 yılında patenti alınmıştır. Bu türbin tipi reaksiyon/etki tipi türbinleri sınıfına dahildir. Bu çarkların özgül hızları yüksek olduğundan yüksek debi ve düşük düşülerde çalışırlar. Bu tip türbinler 80 metre altı düşü değerlerinde verimlidir. Kaplan türbinleri iki tip imal edilebilir. Salyangoz gövdeli ve boru tipidir.

Propeller (Uskur), Bulb, Tube (Boru), Straflo diye isimlendirilen türbinlerde Kaplan türbininin çeşitleridir. Kaplan türbininin bir geminin pervanesini andıran fakat onun tersi şekilde görev gören çarkı bulunmaktadır (Şekil 4.10.). Suyun girişi çıkışı aynı eksendedir (Şekil 4.11.).



Şekil 4.10. Kaplan türbin çarkı



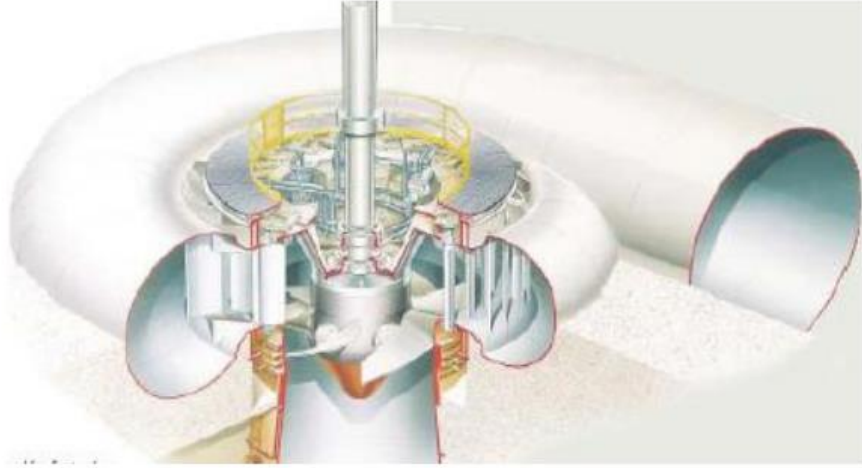
Şekil 4.11. Kaplan türbinin çalışma prensibi

Kanatlar (3m ile 8m arası çapa kadar) ayarlanabilir olarak yapılabilir. Özel hallerde kanatların ayarlanabilir olmasından vazgeçilebilir. Bu durumda türbin Uskur tipi olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Uskur tipi kaplan türbin çarkı

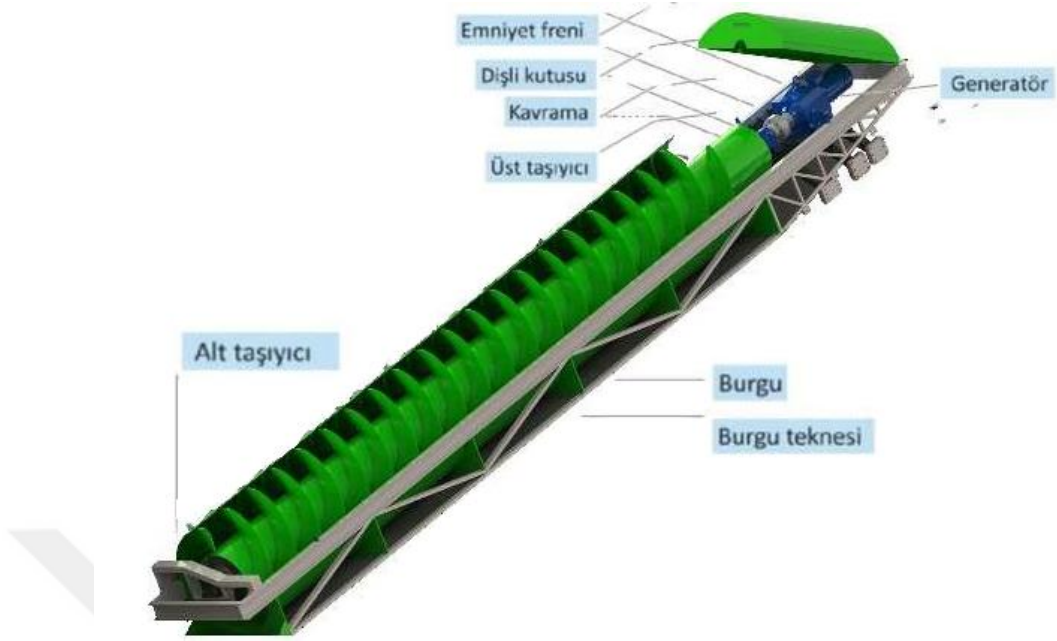
Kaplan türbinleri Francis türbinlerine kıyasla daha hızlı dönerler. Bu avantaj ile arada kayış kasnak veya dişli olmadan Jeneratöre doğrudan bağlanabilir. İmalatları aksiyon türbinlerine kıyasla daha zordur. Kavitasyon tehlikesi bulunması ve değişken debilerde de düşük verim vermesi dezavantajlarıdır. Şekil 4.13.'te kaplan türbin tesisi gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Kaplan türbin tesisi

4.2.7. Arşimet burgu türbini

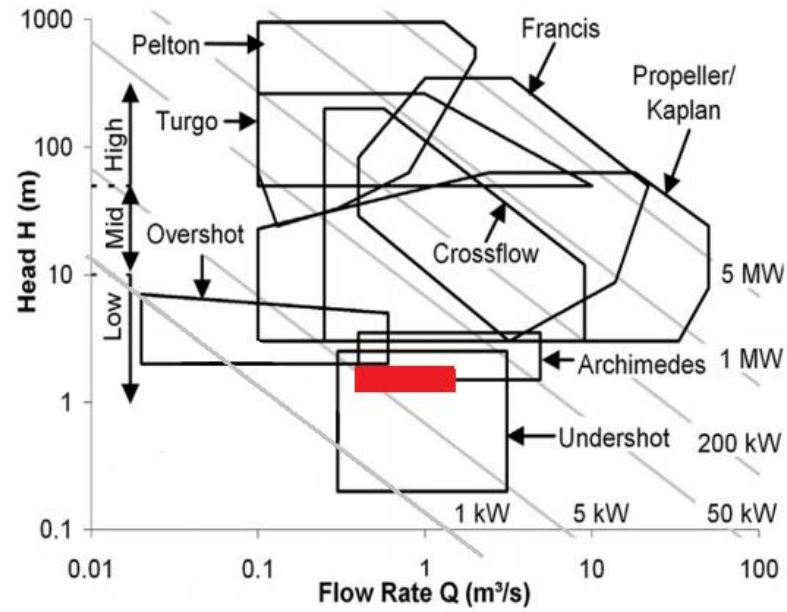
Arşimet burgusu, antik çağın önemli icatlarından birisidir ve oldukça basit bir makinedir. Burgu sisteminin antik yunan matematikçi, fizikçi Arşimet tarafından icat edildiği bilinmektedir. Hidrodinamik burgu sisteminin patenti 1922 yılında Moerscher tarafından alınmıştır. Radlik ve Brada 1990'da Arşimet burgusuna türbin olarak çalışması için bir burgunun türbin olarak çalışmasını sağlayan yatak geliştirmişlerdir. İlk prototip 1995-1996 yıllarında Prag'da test edilmiş ve testin olumlu sonuçlanması sonrası Avrupa'da kullanılması yaygınlaşmıştır. Arşimet burgu sisteminin bir çok uygulama alanı olmakla beraber sistem oldukça faydalıdır. Sıvı, gaz gibi akışkanların kolayca pompalanması amacıyla kullanılması, sarmal kompresörlerin temel mantığını meydana getirmektedir. Sarmalların birisi sabit dururken, diğeri kendi etrafında dönerek eksantrik bir hareket ile akışkanı sıkıştırır ve ilerlemeye zorlar. Sistem günümüzde de böyle çalışmaktadır (Şekil 4.14.).Düşük debi ve alçak düşülerdeki akarsu ya da barajlara kurulmasına rağmen geniş ve seyrek yapıdaki sarmal kanatlarının yavaş dönmesi vasıtasıyla, balık dostu olarak kabul edilmekte ve içerisine girenler zarar görmeden dışarıya çıkmaktadır. Bunların yanında kolay ve hızlı kurulum, yüksek verim, geleneksel türbinler ile karşılaştırıldığında daha düşük maliyetle kurulum sağlanması, hareket eden parçaların daha az aşınması, kolay kullanım ve düşük bakım gideri gibi avantajları bulunmaktadır.



Şekil 4.14. Arşimet burgu türbini

4.2.8. Çeşitli türbin tiplerinin debi ve düşüye göre çalışma bölgeleri

Çeşitli türbin tiplerinin debi ve düşüye göre çalışma bölgeleri Şekil 4.15.'de gösterilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız veriler kırmızı renkli alana düşmektedir.



Şekil 4.15. Çeşitli türbin tiplerinin debi ve düşüye göre çalışma bölgeleri [36]

BÖLÜM 5. METOD VE YÖNTEM

Türkiye sera gazlarının azaltılmasını hedefleyen Kyoto protokolünü imzalayan ülkelerden biridir. TÜİK verilerine göre Türkiye’de 2017 yılında toplam CO₂ emisyonlarının %34’ ü elektrik ve ısı üretimi kaynaklı olmak üzere %86.3’ ü enerjiden kaynaklandı [37]. Sera etkisine neden olan karbondioksit salınımının büyük bir kısmı enerji üretimi ve tüketiminde fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanmaktadır [38]. Küresel olarak su endüstrisinde suyun üretilmesi (hazır su vb.) dağıtımı (içme suları), arıtılması (atık su arıtma tesisleri) için kullanılan enerji dünyada harcanan enerjinin yaklaşık %2 ile %3’üne karşılık gelmektedir [39].

1856 yılında Çin’de bir atık su arıtma tesisinde yapılan çalışmada 1 m³ atık suyun arıtımı için 0.29 kWh elektrik enerjisi harcandığı tespit edilirken bu değer Japonya’da 0.26 kWh/m³ ABD’de ise 0.20 kWh/m³ olduğu ifade edilmektedir. Değişik ülkelerde ve AAT’lerde birim atık su arıtımı için harcanan elektrik miktarının değişimi seçilen prosese, atık su kirlilik konsantrasyonuna, ekipman ve otomasyon düzeyine bağlı olarak değişmektedir. Ülkemizde de birim atık su arıtımı için harcanan elektrik miktarının 0.08 ile 0.5 kWh/m³ olarak değiştiği görülmekte olup, hedeflenen çıkış suyu kalitesine bağlı olarak elektrik tüketimi artmaktadır [40].

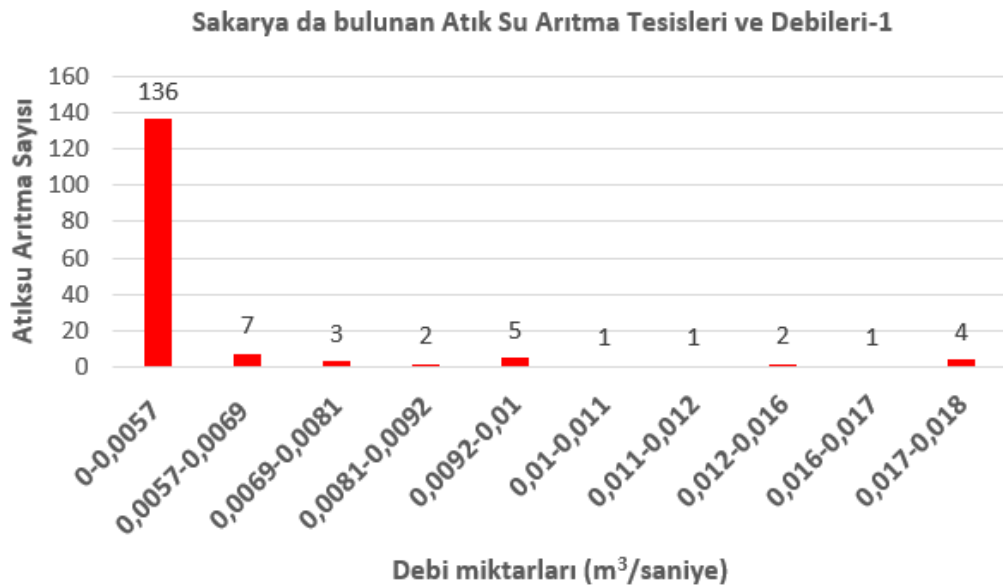
Atık su arıtma tesislerinin en büyük gider kalemi elektrik tüketimleri oluşturmaktadır. Elektrik fiyatlarında yaşanan artışlar atık su arıtma tesislerinin 1 m³ suyu arıtmak için ödeyecekleri bedelinde artmasına neden olmaktadır. Atık su arıtma tesisleri bu durumun önüne geçmek için bir dizi çalışmalar yapmaktadır. Bunlardan biriside mikrohesislerdir. Türkiyede son yıllarda atık su arıtma tesislerinden mikrohesisler ile elektrik enerjisi üretimine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi (GASKİ), Merkez Atıksu Arıtma Tesisinin çıkışına Arşimet Burgulu Türbin sistemi ile çalışan mikohes ile yıllık toplam 1 milyon 500 bin

kilowatt/saat enerji üretebilecektir [41]. Ankara Büyük Şehir Belediyesi Aski Genel Müdürlüğü Tatlar Atıksu Tesisi Deşarj Noktası Arşimet Burgulu Türbin sistemi ile çalışan mikrohes ile yıllık toplam yılda 8.000.000 kilowatt/saat elektrik üretecektir [42].

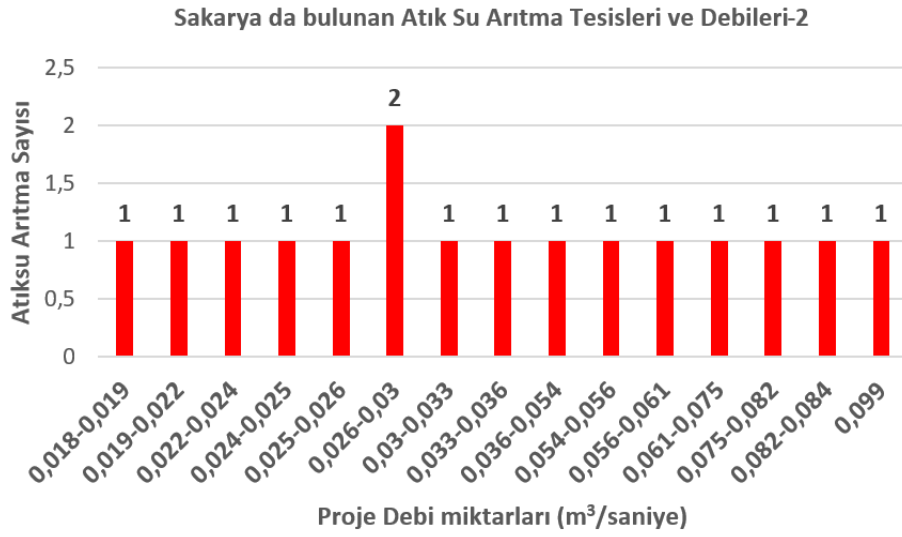
5.1. Sakarya da Bulunan Atık Su Arıtma Tesisleri ve Proje Debilerine Göre Sınıflandırılması

Bir yerin mikrohes yatırımı için uygunluğunun araştırılması için tespit edilmesi gereken en temel parametreler debi ve yükseltidir. Atık su arıtma tesislerinde arıtılıp dış ortama deşarj edilen atık sulardan mikrohesler ile elektrik enerjisi üretilip üretilmeyeceğinin tespiti için öncelikle Sakarya da bulunan atık su kimlik belgesi bulunan (kayıtlı) atık su arıtma tesislerinin sayısı tespit edilmiştir.

Sakarya’da 2020 itibariyle 183 tane atık su arıtma tesisi olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra bu atık su arıtma tesislerinin sayısı debi değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Bu tesislerden 136 tanesinin debisi $0.0057 \text{ m}^3/\text{sn}$ veya daha azdır. 178 tanesinin debisi $0.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’den daha az olduğu tespit edilmiştir.

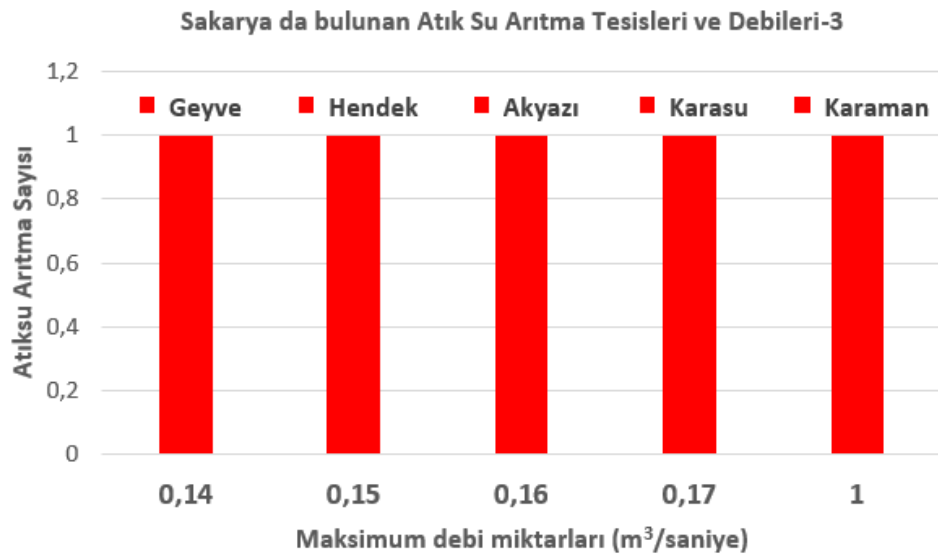


Grafik 5.1. Debilerine göre AAT sayıları-1



Grafik 5.2. Debilerine göre AAT sayıları-2

Çalışma olarak debisi en yüksek olan Sakarya Büyükşehir Belediyesine ait 5 tane atık su arıtma tesisi incelenmiştir. Bu tesisleri seçmemizin nedeni debilerin ve elektrik tüketimlerinin fazla olması, şehir atık su arıtma tesisi olduğu için deşarjlarının yılın 365 günü olması ve sürekli faal olmalarıdır. Sanayi tesislerine ait atık su arıtma tesislerinin debilerinin çok düşük olması, yılın 365 günü çalışmaması, hidroelektrik potansiyellerinin düşük olması nedeniyle incelenmeye gerek duyulmamıştır. İlk olarak söz konusu tesislere ait geriye dönük elektrik faturaları incelenerek analiz edildi.



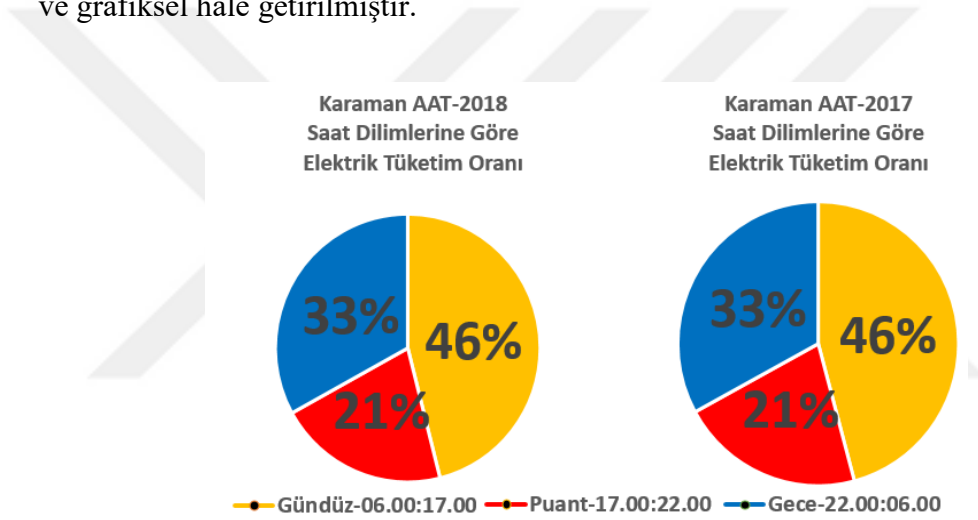
Grafik 5.3. Debilerine göre AAT sayıları-3

5.2. Atık Su Arıtma Tesislerinin Elektrik Tüketimlerinin İncelenmesi

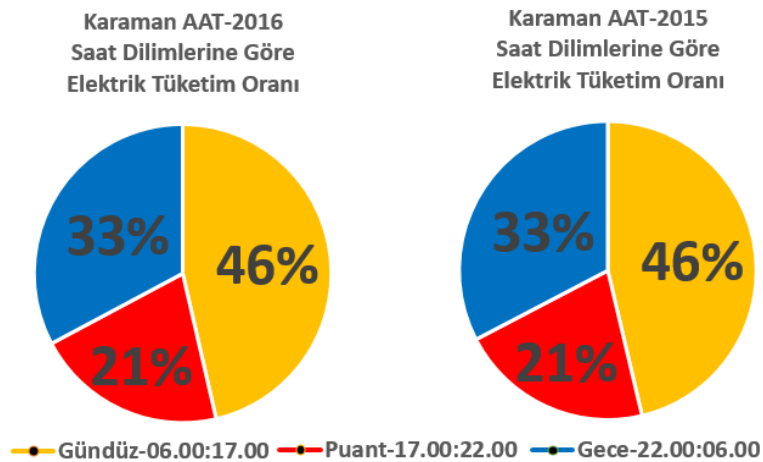
Sakarya ilinde bulunan debisi $0.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ den yüksek olan atık su arıtma tesislerinin elektrik faturaları incelenmiş olup, faturalardaki değerler analiz edilerek elektrik tüketim bedellerinde azaltmaya gidilip gidilmeyeceği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan verilerde kdv'siz fiyatlar ve aktif enerji tüketimleri dikkate alınmıştır.

5.2.1. Karaman atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyetleri

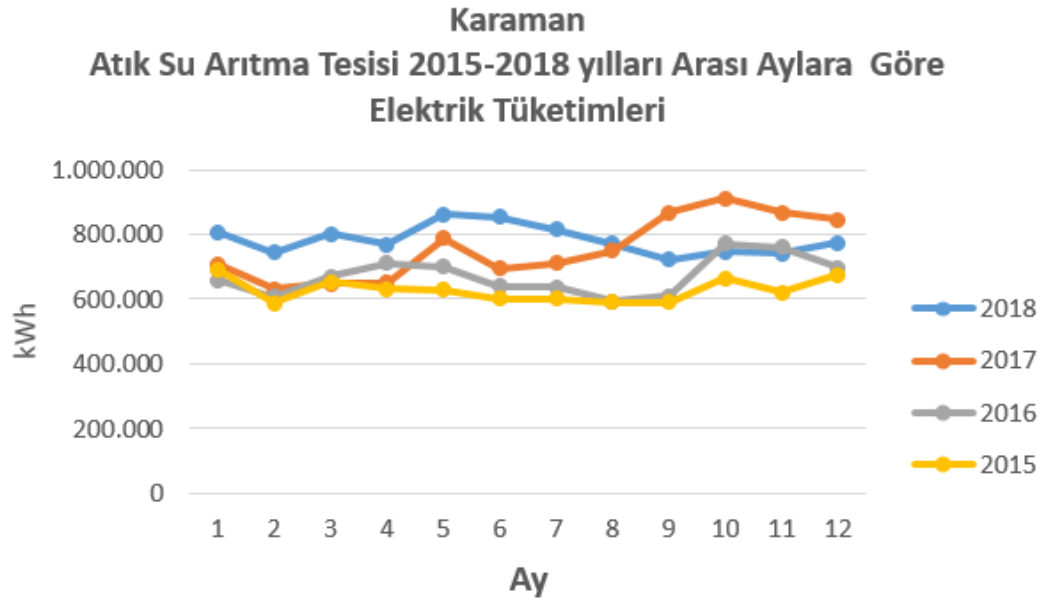
Karaman Atık Su Arıtma Tesisinin geriye dönük dört yıllık elektrik faturası incelenmiş ve grafiksel hale getirilmiştir.



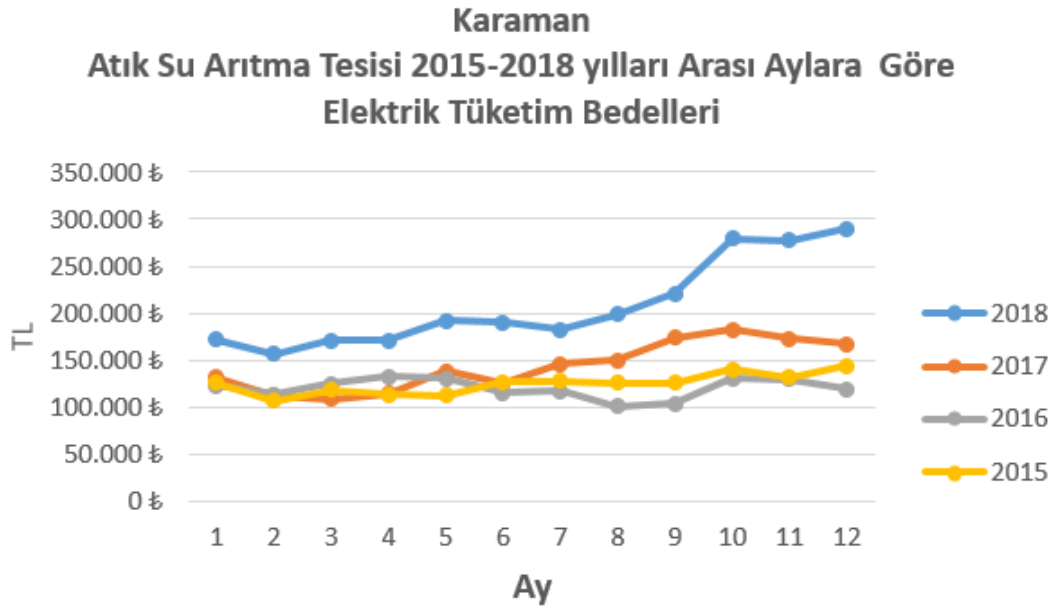
Grafik 5.4. Karaman AAT 2017-2018 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları



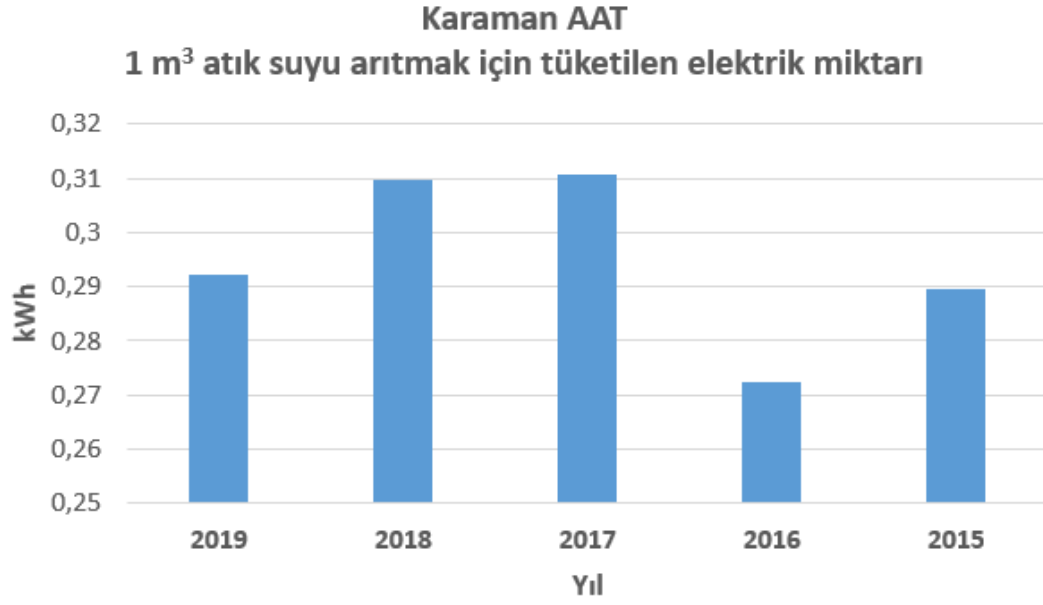
Grafik 5.5. Karaman AAT 2015-2016 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları



Grafik 5.6. Karaman AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketimleri



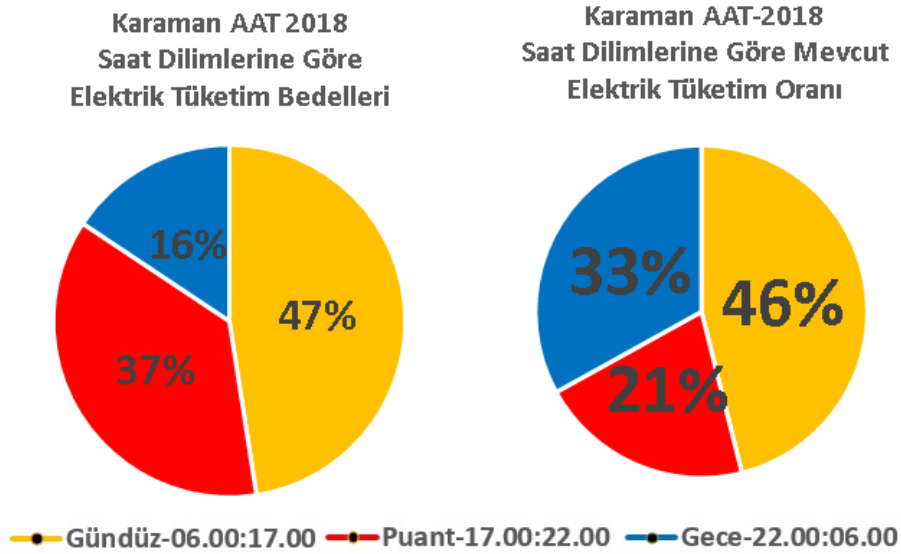
Grafik 5.7. Karaman AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketim bedelleri



Grafik 5.8. Karaman AAT 2015-2018 yılları arası m³ atık su başına tüketilen elektrik miktarı

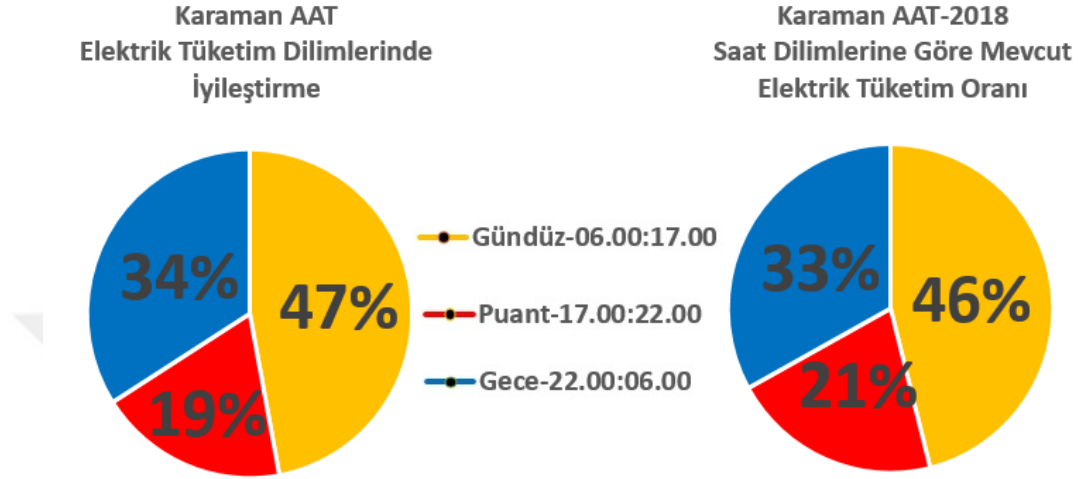
5.2.1.1. Puant saatindeki elektrik tüketim miktarlarında iyileştirme

Grafik 5.9.' da 2018 yılı için gündüz, puant ve gece zaman dilimlerinde tüketilen elektriğin miktarı ve bu miktarlara karşılık gelen elektrik fatura bedelleri yüzdesel olarak gösterilmektedir.



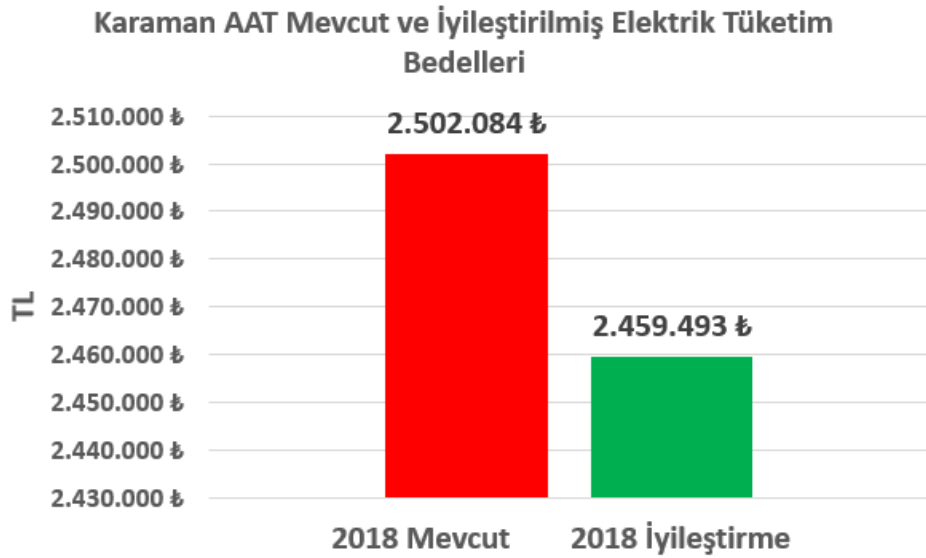
Grafik 5.9. Karaman AAT 2018 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları ve bedelleri

Faturalar incelendiğinde elektriğin birim fiyatının en uygun gece saatlerinde olduğu, en pahalı olduğu vaktin puant saatlerinde olduğu durum grafik 5.9.' da görülmektedir. Puant zaman aralığına denk gelen %21'lik bir elektrik tüketimi, tüketilen elektriğin maliyet hesabında %37' ye karşılık gelmektedir.



Grafik 5.10. Karaman AAT elektrik tüketim dilimlerinin iyileştirilmesi

Atık su arıtma tesislerinin tam kapasite ile çalışmaması kullanılarak elektriğin en pahalı olduğu saat dilimindeki elektrik tüketiminin %2'lik kısmı gece ve gündüz saatlerine kaydırılabileceği düşünülmektedir. (Grafik 5.10.)

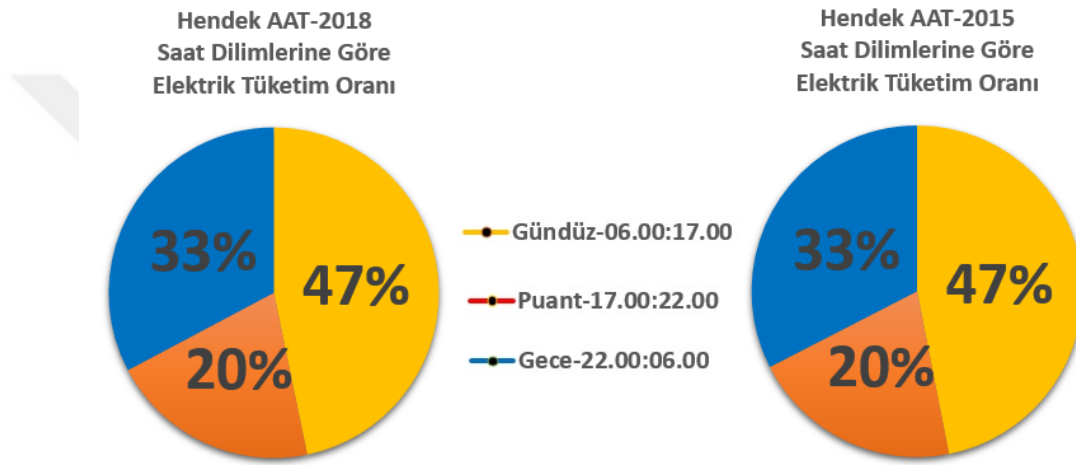


Grafik 5.11. Karaman AAT 2018 mevcut ve iyileştirilmiş elektrik tüketim bedelleri

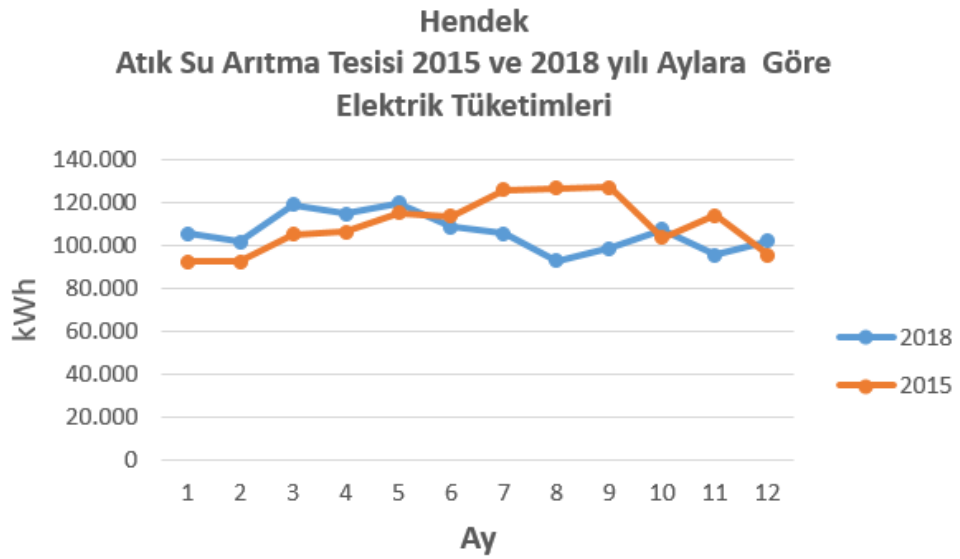
Mevcut elektrik faturalarında tüketim miktarlarında puant değer aralığına denk gelen %2 lik bir tüketimin gündüz ve gece kısmına kaydırılması durumunda yaklaşık 40 bin liralık bir elektrik tasarrufunun sağlanacağı grafik 5.11.'de gösterilmiştir.

5.2.2. Hendek atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyetleri

Hendek Atık Su Arıtma tesisinin 2018 ve 2015 yıllarına ait elektrik faturaları incelenmiş ve grafiksel hale getirilmiştir.

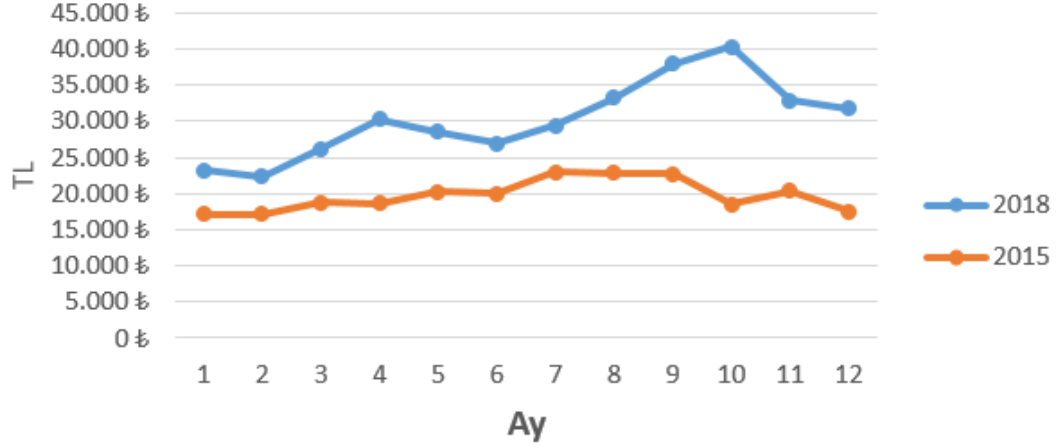


Grafik 5.12. Hendek AAT 2018-2015 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları



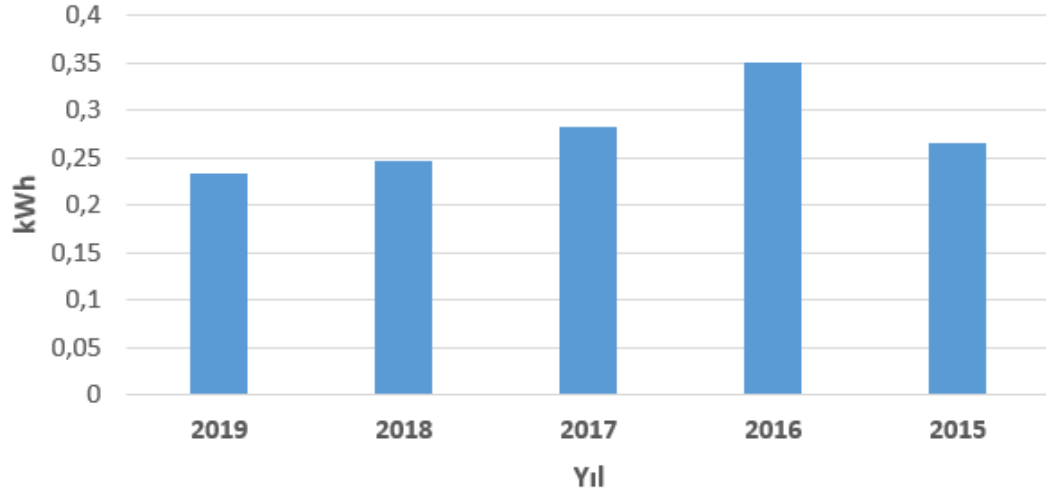
Grafik 5.13. Hendek AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketimleri

Hendek
Atık Su Arıtma Tesisi 2015 ve 2018 yılları Aylara Göre
Elektrik Tüketim Bedelleri



Grafik 5.14. Hendek AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketim bedelleri

Hendek AAT
1 m³ atık suyu arıtmak için tüketilen elektrik miktarı



Grafik 5.15. Hendek AAT 2015-2018 yılları arası m³ atık su başına tüketilen elektrik miktarı

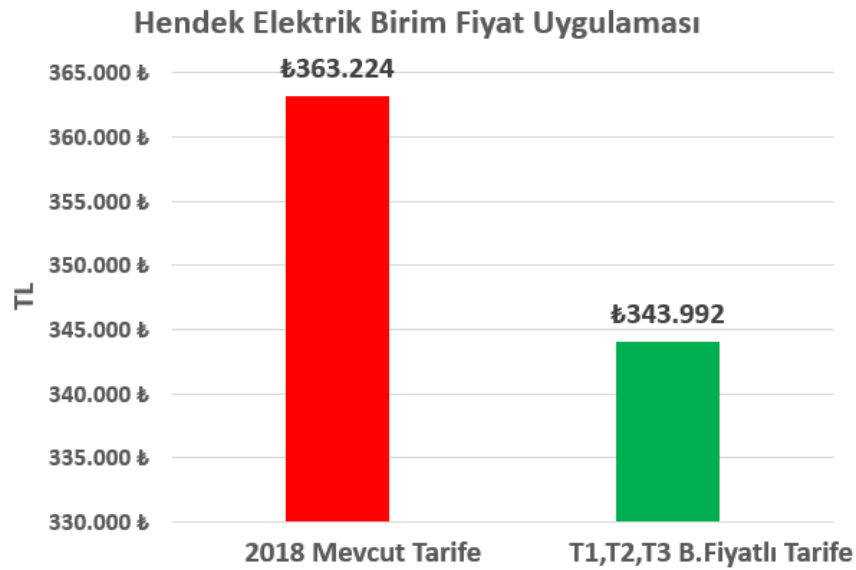
5.2.2.1. Elektrik tüketiminin değişken zamanlı fiyatlandırılması

2018 yılı için Hendek AAT'nin elektrik faturaları incelendiğinde tesisin elektrik tüketim birim fiyatlarının tüm saatler (gündüz, puant, gece) için tek birim fiyat olduğu görülmüştür.

Elektrik tüketim miktarları Akyazı AAT ile yakın olduğundan, Akyazı AAT için elektrik faturalarında kullanılan birim fiyatlar Hendek AAT için kullanılarak, Hendek AAT için yeniden yıllık elektrik tüketim bedeli hesaplanmıştır.

Tesis için gün içinde sabit birim fiyat uygulamasının mı değişken birim fiyat uygulamasının mı uygun olacağı analiz edilmiştir. Hendek AAT nin 2018 yılındaki elektrik tüketim rejimine göre elektrik tüketimi fiyatlandırmasının sabit birim fiyat değil, değişken birim fiyat uygulamasına Hendek atık su arıtma tesisi için daha uygun olduğu görülmüştür.

Akyazı AAT için kullanılan birim fiyatları kullanarak yeniden yapılan hesaplamada Hendek AAT'nin yıllık elektrik tüketiminin 20 bin TL azaldığı görülmüştür.

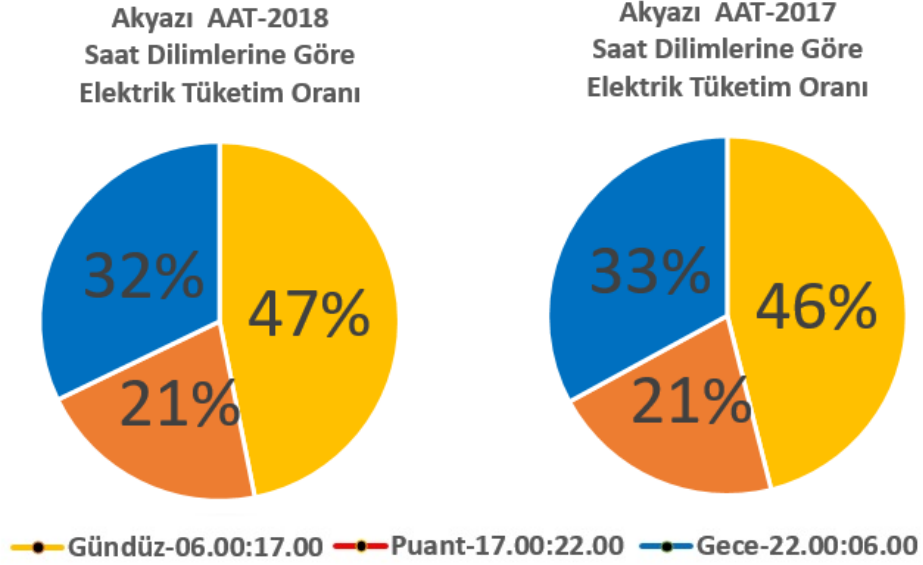


Grafik 5.16. Hendek AAT 2018 yılı sabit ve değişken birim fiyat uygulanması durumunda ödenecek tutar

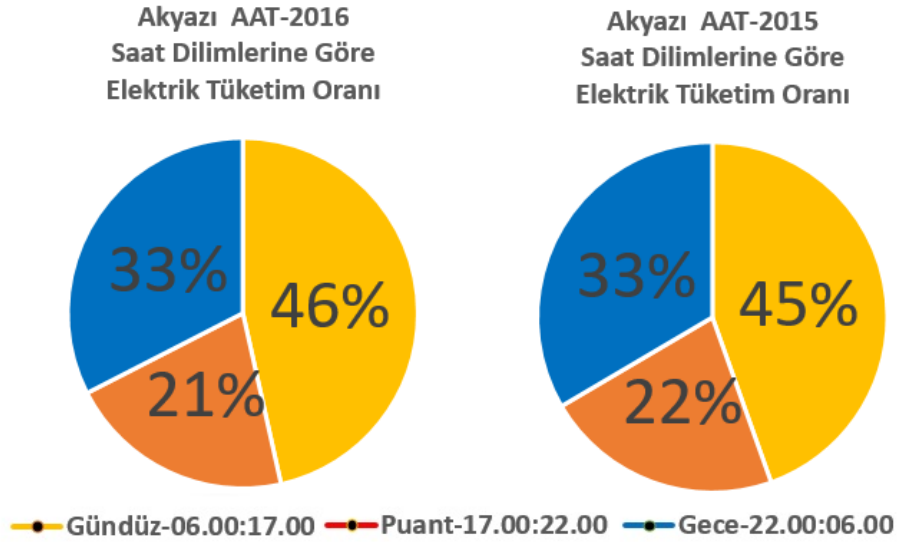
Sözkonusu fiyatlandırmanın değişmesinden sonra puant aralığına gelen elektrik tüketim oranlarında Karaman atık su arıtma tesisinde benzer çalışma yapılırsa, Akyazı AAT'nin yıllık elektrik tüketim bedelinin Karaman AAT yıllık elektrik tüketim bedelinin %13'ü kadar olduğu ve puant değer aralığındaki tüketimin %20 olmasından hareketle 3-4 bin liralık bir tasarruf sağlanacağı düşünülmektedir.

5.2.3. Akyazı atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyeti

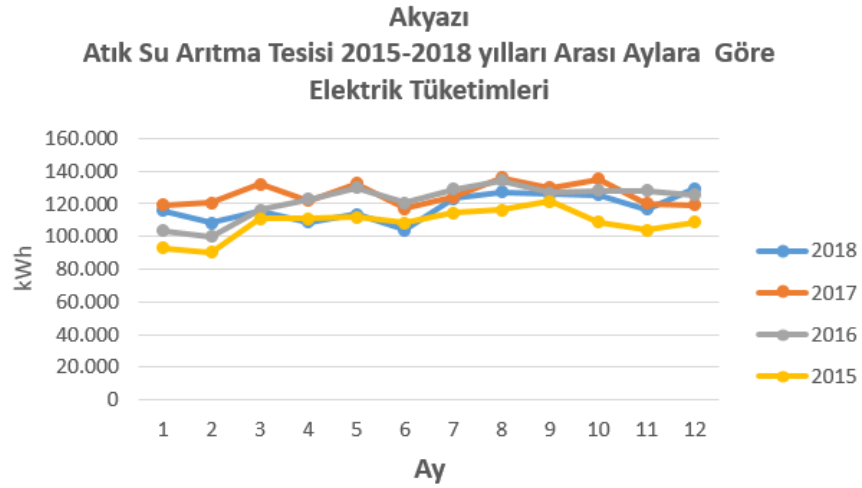
Akyazı atık su arıtma tesisinin geriye dönük dört yıllık elektrik faturası incelenmiş ve grafiksel hale getirilmiştir.



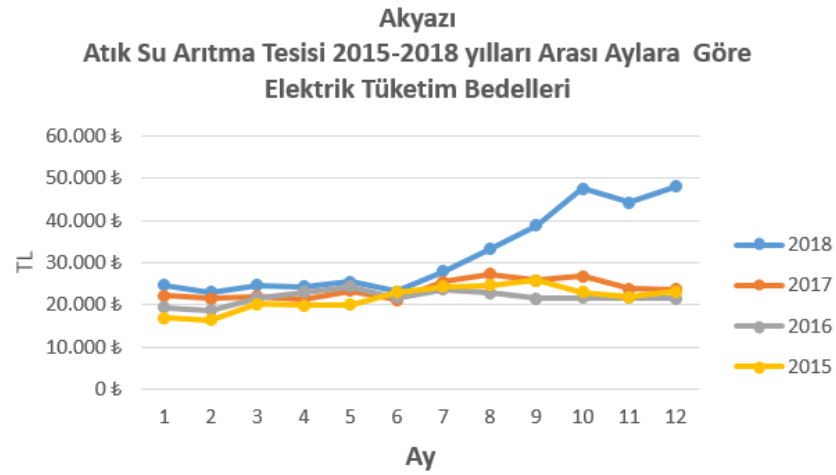
Grafik 5.17. Akyazı AAT 2017-2018 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları



Grafik 5.18. Akyazı AAT 2015-2016 yılları gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları



Grafik 5.19. Akyazı AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketimleri

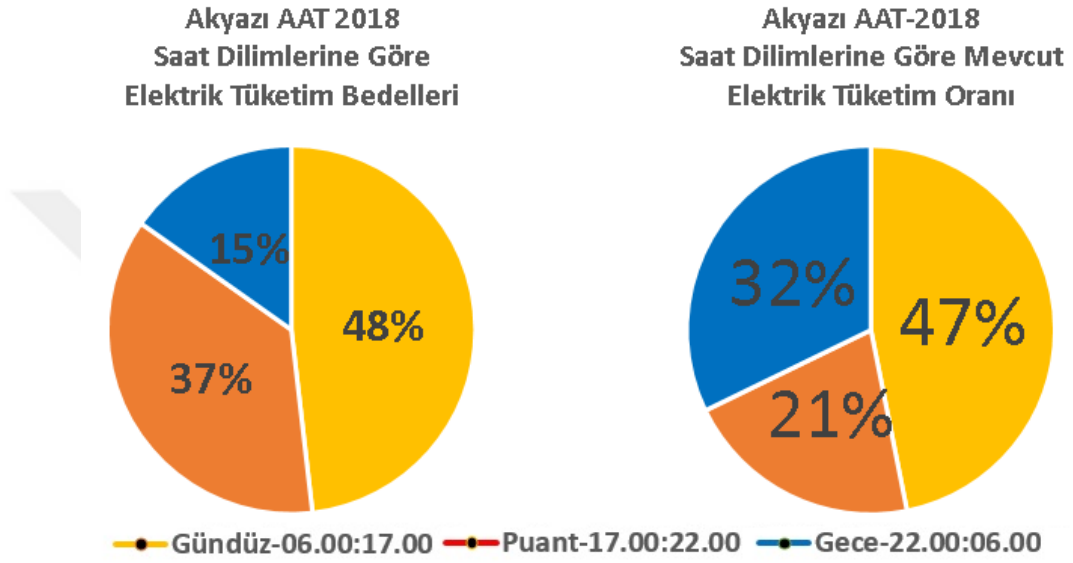


Grafik 5.20. Akyazı AAT 2015-2018 yılları aylara göre elektrik tüketim bedelleri

Grafik 5.21. Akyazı AAT 2015-2018 yılları arası m³ atık su başına tüketilen elektrik

5.2.3.1. Puant saatindeki elektrik tüketim miktarlarında iyileştirme

Grafik 5.22.' de 2018 yılı için gündüz, puant ve gece zaman dilimlerinde tüketilen elektriğin miktarı ve bu miktarlara karşılık gelen elektrik fatura bedelleri yüzdesel olarak gösterilmektedir.



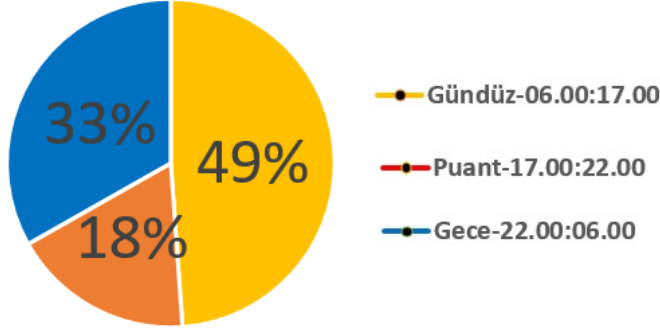
Grafik 5.22. Akyazı AAT 2018 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları ve bedelleri

Faturalar incelendiğinde elektriğin birim fiyatının en uygun gece saatlerinde olduğu, en pahalı olduğu vaktin puant saatlerinde olduğu Grafik 5.22.' de görülmektedir. kWh olarak puant zaman aralığında %21'lik bir elektrik tüketiminin, maliyet analizinde %37' ye karşılık gelmektedir.

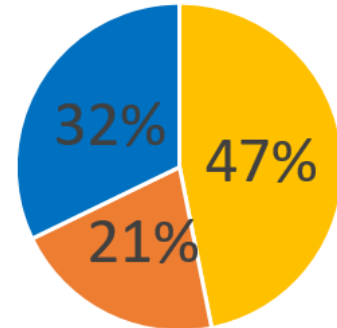
Atık su arıtma tesisinin elektrik tüketimlerinin puant dilimine denk gelen kısmının %21'den %18'lere çekilmesi durumunda (Grafik 5.23.) yıllık kazanç miktarları hesaplanmış ve Grafik 5.24.' de gösterilmiştir.

Tesisler tam kapasiteyle çalışmadıkları için bu durumun uygulanabilir olduğu düşünülmektedir.

Akyazı AAT
Elektrik Tüketim Dilimlerinde
İyileştirme

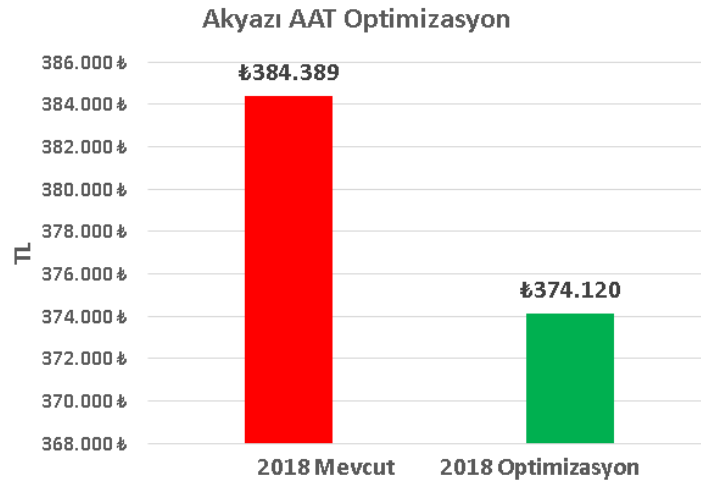


Akyazı AAT-2018
Saat Dilimlerine Göre Mevcut
Elektrik Tüketim Oranı



Grafik 5.23. Akyazı AAT elektrik tüketim dilimlerinin iyileştirilmesi

Mevcut elektrik faturalarında tüketim miktarlarında puant değer aralığına denk gelen %3'lik bir tüketimin gündüz ve gece kısmına kaydırılması durumunda yaklaşık yılda 10 bin liralık bir elektrik tasarrufunun sağlanacağı hesaplanmıştır (Grafik 5.24.).

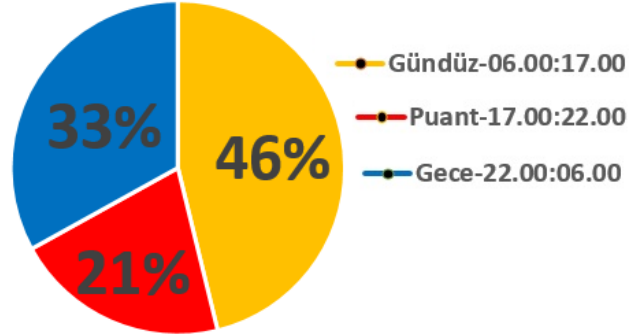


Grafik 5.24. Akyazı AAT 2018 mevcut ve iyileştirilmiş elektrik tüketim bedelleri

5.2.4. Geyve atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyetleri

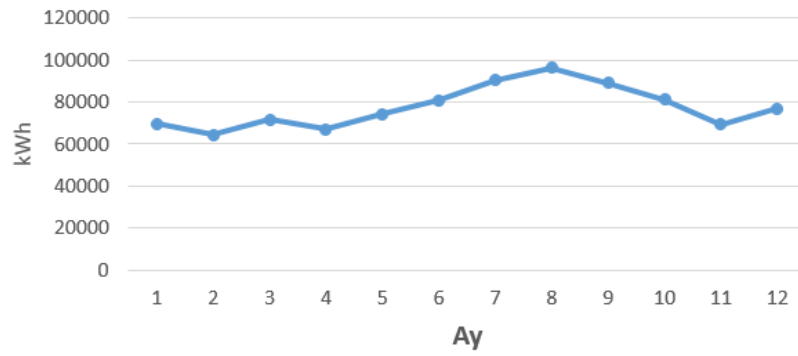
Geyve atık su arıtma tesisinin 2019 yılına ait elektrik faturası incelenmiş ve grafiksel hale getirilmiştir.

Geyve AAT-2019
Saat Dilimlerine Göre
Elektrik Tüketim Oranı



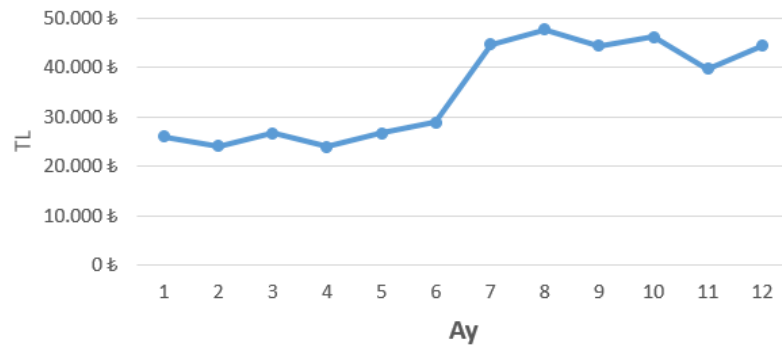
Grafik 5.25. Geyve AAT 2019 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları

Geyve
Atık Su Arıtma Tesisi 2019 yılı Aylara Göre Elektrik
Tüketimleri

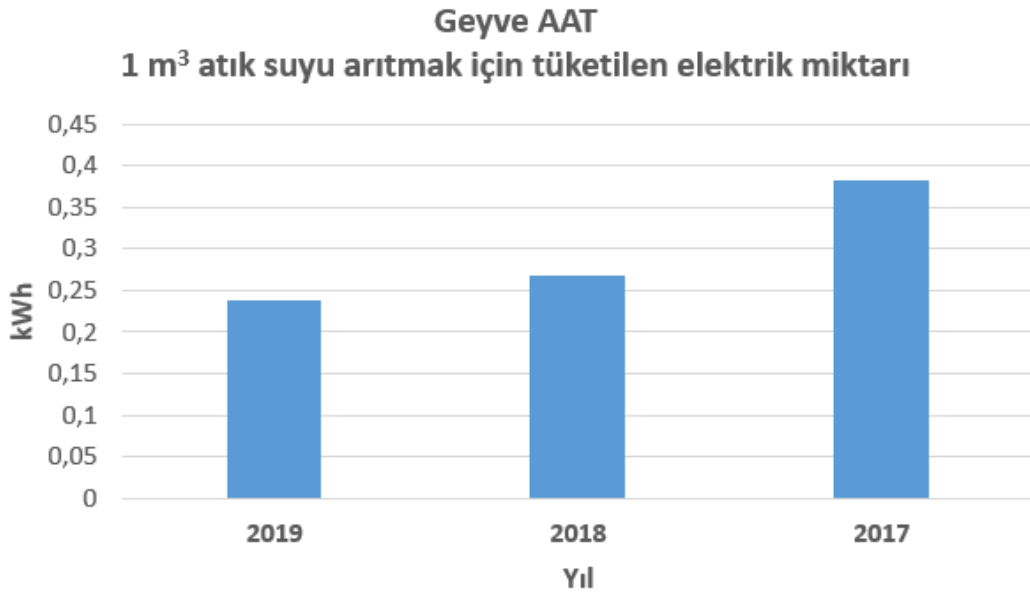


Grafik 5.26. Geyve AAT 2019 yılı aylara göre elektrik tüketimleri

Geyve
Atık Su Arıtma Tesisi 2019 yılları Arası Aylara Göre
Elektrik Tüketim Bedelleri



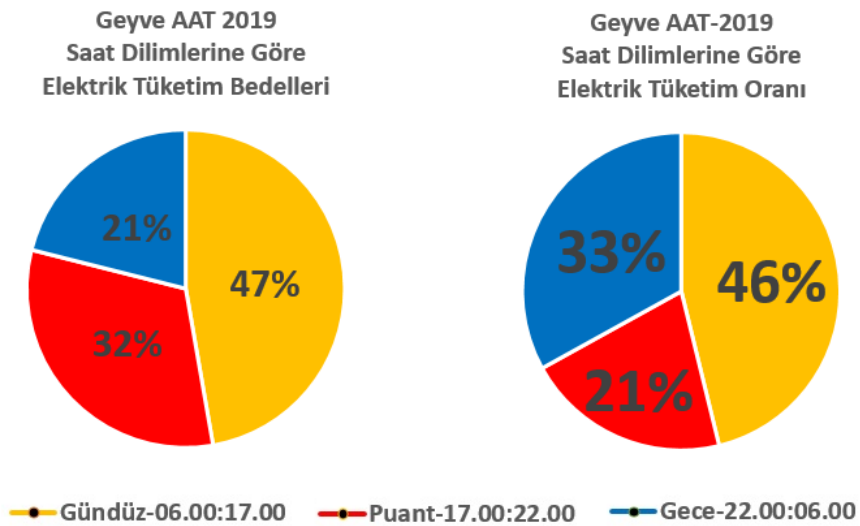
Grafik 5.27. Geyve AAT 2019 yılı aylara göre elektrik tüketim bedelleri



Grafik 5.28. Geyve AAT 2017-2019 yılları arası m³ atık su başına tüketilen elektrik

5.2.4.1. Puant saatindeki elektrik tüketim miktarlarında iyileştirme

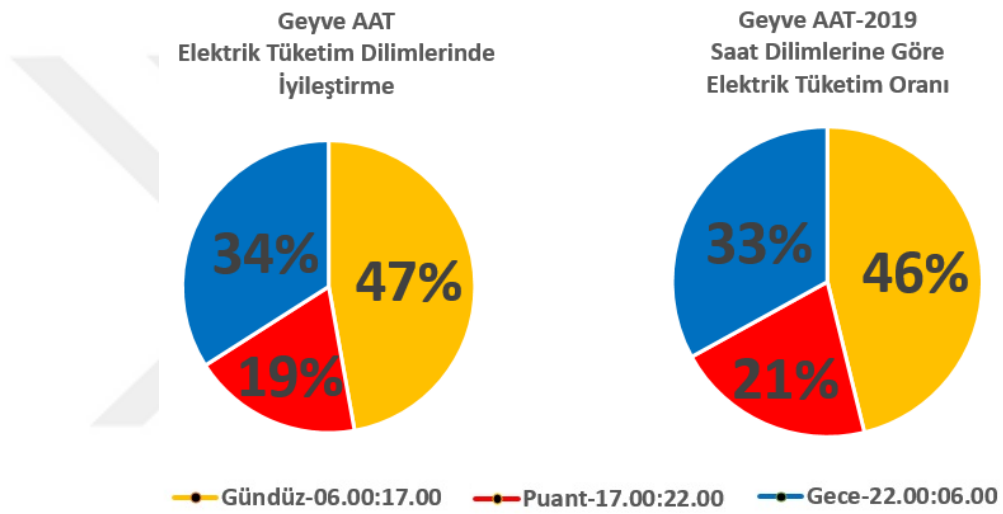
Grafik 5.29.' da 2019 yılı için gündüz, puant ve gece zaman dilimlerinde tüketilen elektriğin miktarı ve bu miktarlara karşılık gelen elektrik fatura bedelleri yüzdesel olarak gösterilmektedir.



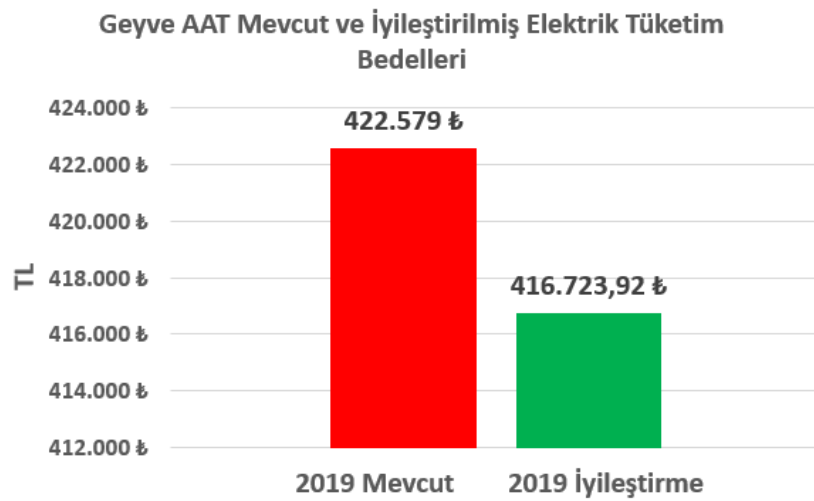
Grafik 5.29. Geyve AAT 2019 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları ve bedelleri

Faturalar incelendiğinde elektriğin birim fiyatının en uygun gece saatlerinde olduğu, en pahalı olduğu vaktin puant saatlerinde olduğu bu durum Grafik 5.29.'da görülmektedir. kWh olarak puant zaman aralığında %21'lik bir elektrik tüketiminin maliyeti toplam elektrik tüketiminin %32'sine denk gelmektedir.

Atık su arıtma tesisinin elektrik tüketimlerinin puant dilimine denk gelen kısmının %21'den %19'a çekilmesi durumunda (Grafik-5.30.) yıllık kazanç miktarları hesaplanmıştır. Tesisler tam kapasiteyle çalışmadıkları için bu durumun uygulanabilir olduğu düşünülmektedir.



Grafik 5.30 Geyve AAT elektrik tüketim dilimlerinin iyileştirilmesi

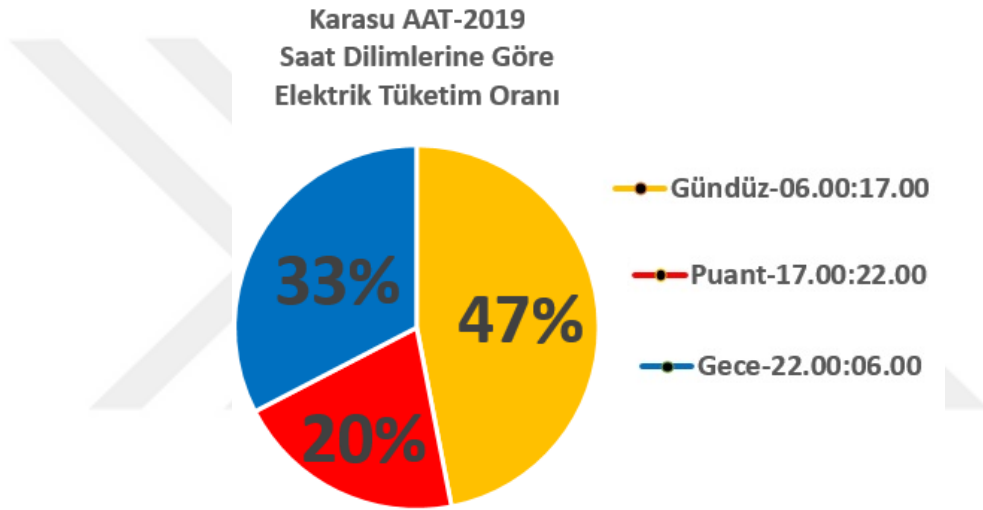


Grafik 5.31. Geyve AAT 2019 mevcut ve iyileştirilmiş elektrik tüketim bedelleri

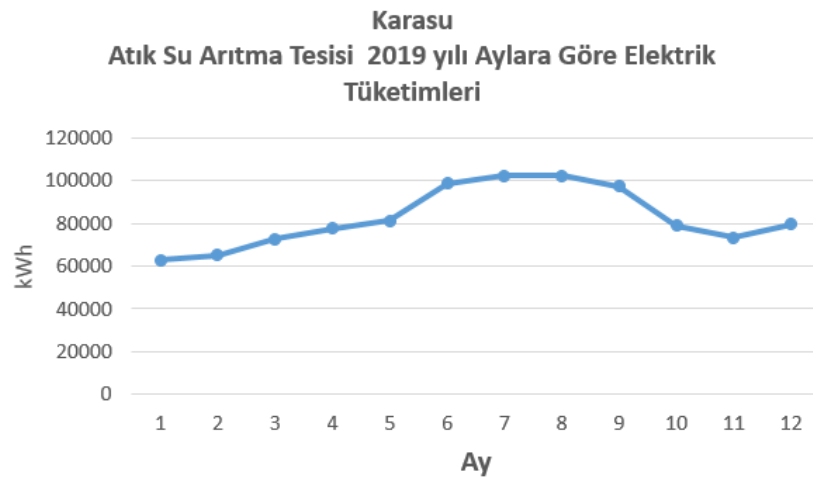
Mevcut elektrik faturalarında tüketim miktarlarında puant değer aralığına denk gelen %2'lik bir tüketimin gündüz ve gece zaman dilimlerine kaydırılması durumunda yaklaşık yılda 6 bin liralık bir elektrik tasarrufunun sağlanacağı hesaplanmıştır (Grafik 5.31).

5.2.5. Karasu atık su arıtma tesisi elektrik tüketimi ve maliyetleri

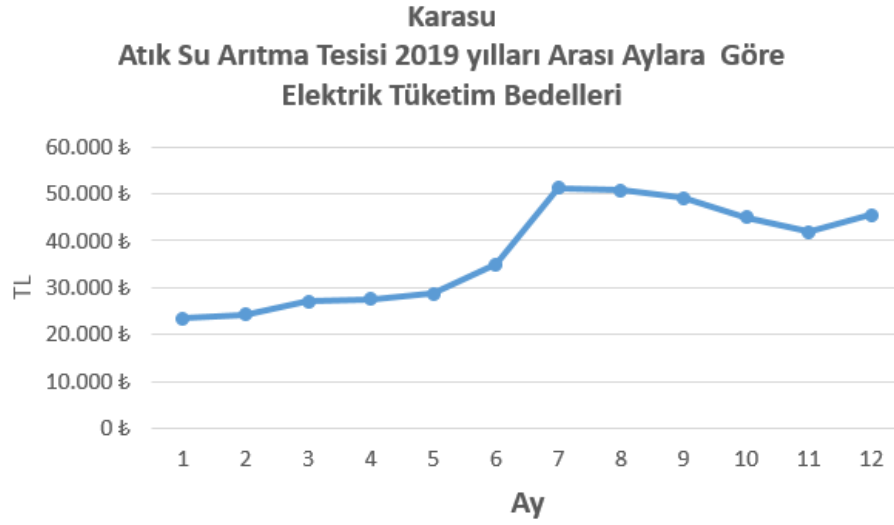
Karasu atık su arıtma tesisinin 2019 yılına ait elektrik faturası incelenmiş ve grafiksel hale getirilmiştir.



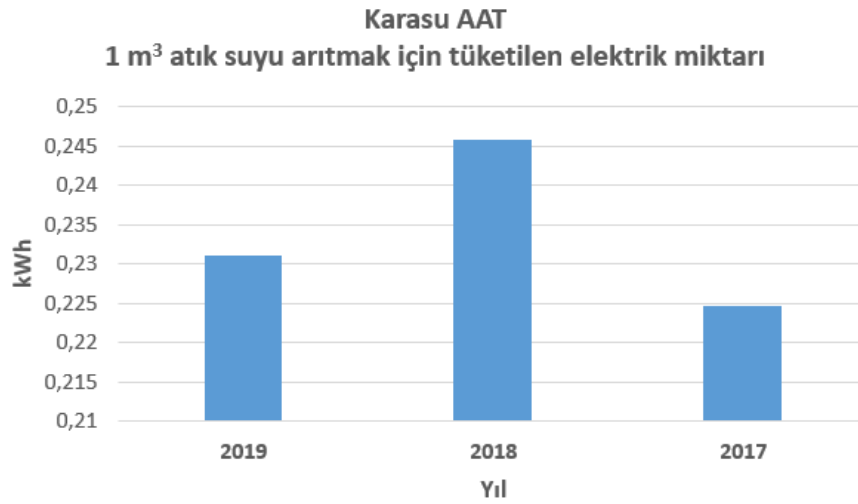
Grafik 5.32. Karasu AAT 2019 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları



Grafik 5.33. Karasu AAT 2019 yılı aylara göre elektrik tüketimleri



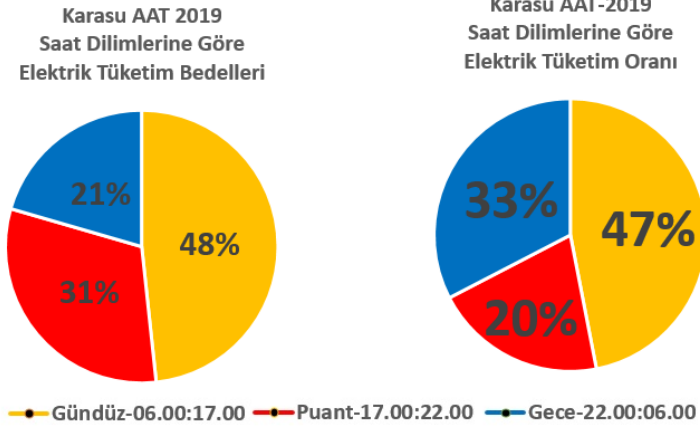
Grafik 5.34. Geyve AAT 2019 yılı aylara göre elektrik tüketim bedelleri



Grafik 5.35. Karasu AAT 2017-2018 yılları arası m³ atık su başına tüketilen elektrik

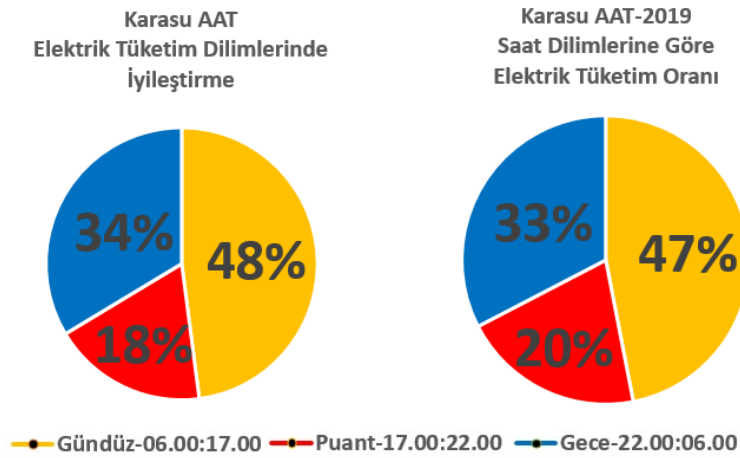
5.2.5.1. Puant saatindeki elektrik tüketim miktarlarında iyileştirme

Grafik 5.36.' da 2019 yılı için gündüz, puant ve gece zaman dilimlerinde tüketilen elektriğin miktarı ve bu miktarlara karşılık gelen elektrik fatura bedelleri yüzdesel olarak gösterilmektedir.

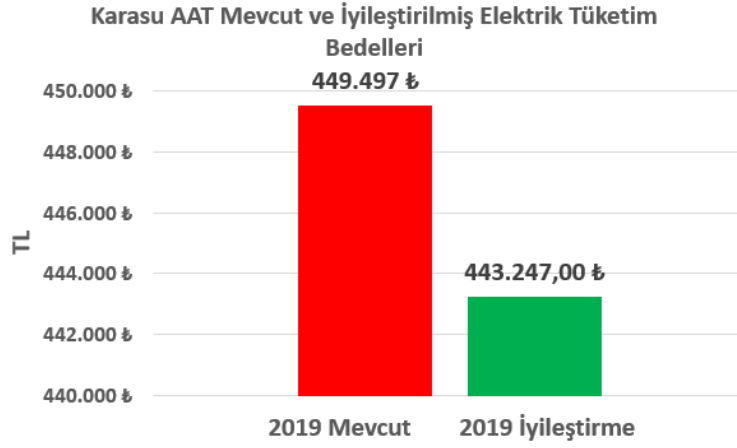


Grafik 5.36. Karasu AAT 2019 yılı gündüz, puant, gece elektrik tüketim oranları ve bedelleri

Faturalar incelendiğinde elektriğin birim fiyatının en uygun gece saatlerinde olduğu, en pahalı olduğu vaktin puant saatlerinde olduğu bu durum Grafik 5.36.' da görülmektedir. kWh olarak puant zaman aralığında %2' lik bir elektrik tüketiminin maliyeti toplam elektrik tüketim bedelinin %37'sine karşılık gelmektedir. Atık su arıtma tesisinin elektrik tüketimlerinin puant dilimine denk gelen kısmın %20'den %18'e çekilmesi durumu Grafik 5.37.' de gösterilmiştir. Atık su arıtma tesisi ilçenin tatil yöresi olmasından dolayı yaz ayları dışında tam kapasiteyle çalışmadığı için bu durumun uygulanabilir olduğu düşünülmektedir. Mevcut elektrik faturalarında tüketim miktarlarında puant değer aralığına denk gelen %2'lik bir tüketimin gündüz ve gece kısmına kaydırılması durumunda yaklaşık yılda 10 bin liralık bir elektrik tasarrufunun sağlanacağı hesaplanmıştır (Grafik 5.38.).



Grafik 5.37. Karasu AAT elektrik tüketim dilimlerinin iyileştirilmesi



Grafik 5.38. Karasu AAT 2019 mevcut ve iyileştirilmiş elektrik tüketim bedelleri

5.3. Sakarya’da Bulunan Atık Su Arıtma Tesislerinde Mikrohesler ile Enerji Üretilebilirliğinin Araştırılması

İlimizde bulunan atık su kimlik belgesi bulunan kayıt altından bulunan 183 adet tesisden 178 tanesinin debisi $0.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’den az olduğu görülmüştür.

Debiler için sınıflandırmada $0.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’yi alt sınır seçmemizin birçok nedeni bulunmakta olup atık su tesislerinin büyük çoğunluğunun çıkış noktaları ile deşarj noktaları arasındaki kot farkının az olması, tesislerin yılın 365 günü faaliyet göstermemesi, deşarjlarının devamlı olmaması, hidroelektrik potansiyellerin az olmasıdır. Çalışmamızda yer vermemiş olsakta bu tesislerden piko hesler vasıtasıyla da olsa elektrik üretilebileceği düşünülmektedir.

	Debi(m^3/sn)	Kot Farkı-(m)
Geyve	0.14	0.1
Hendek	0.15	0.19
Akyazı	0.16	0.1
Karasu	0.17	0.05
Karaman	1	2.86

Tablo 5.1. AAT Kot farkı ve debiler

	Kurulu Güç-kW	Elektrik Üretimi-kWh/Yıl
Geyve	0.096	740
Hendek	0.196	1507
Akyazı	0.11	846
Karasu	0.058	450
Karaman	20	154.000

Tablo 5.2. AAT üretilebilecek elektrik miktarları

Yapılan araştırmalar sonucunda Sakarya ilinde 2020 itibariyle atıksu kimlik belgesi bulunan atık su arıtma tesislerinden Sakarya Büyükşehir Belediyesine ait 5 tane şehir atık su arıtma tesislerinin debilerinin $0.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'den yüksek olduğu bunların sadece Karaman Atık Su Arıtma tesisinin kot farkının mikrohes tesisi kurmak için uygun olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5.1.).

Diğer 4 adet tesisden üretilebilecek elektrik miktarları teorik olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.2.). Karaman Atık Su Arıtma tesisine kurulabilecek mikrohesin ekonomik yönden yapılabilirliğinin araştırılması gerekmektedir.

5.3.1. Çalışmada kullanılan atık su arıtma tesisi tanıtımı

Atık Su Arıtma tesislerinin tanıtımı ile ilgili bilgiler Sakarya SSKI Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden alınmıştır [43].

5.3.2. Karaman atık su arıtma tesisi

5.3.2.1. Genel tanıtım

1997 yılında Sakarya Büyükşehir Belediyesi tarafından temeli atılan ve 1999 yılında devreye alınan Karaman Atıksu Arıtma Tesisleri deprem nedeniyle 1 ay işletilebilmiştir. Depremden sonra zarar gören şehir altyapı ve kanalizasyon hatlarının yenilenmesi ile birlikte tesis 2003 yılında yeniden işletmeye alınmıştır.

Tesisin 1. kademesinin 2015 yılına kadar faaliyette bulunacağı tahmin edilmiş ve 750.000 kişilik eşdeğer nüfusa hizmet edebilecek büyüklüğe sahiptir [43].

Tesisin 2. kademesi; 2035 yılına kadar 1.625.767 kişilik bir nüfusa hizmet edebilecek kapasiteye sahiptir. Tesise; Erenler, Adapazarı, Arifiye, Serdivan, Sapanca ilçelerinden gelen evsel kaynaklı atık sular kabul edilip arıtılmaktadır [43].

5.3.2.2. Tesisin konumu

Tesis, Adapazarının tahmini 10 km güney bölgesinde yer almaktadır. Tesisin denizden yüksekliği tahmini 23-30 metredir.



Şekil 5.1. Karaman atık su arıtma tesisi-1[43]

5.3.2.3. Projelendirme kriterleri

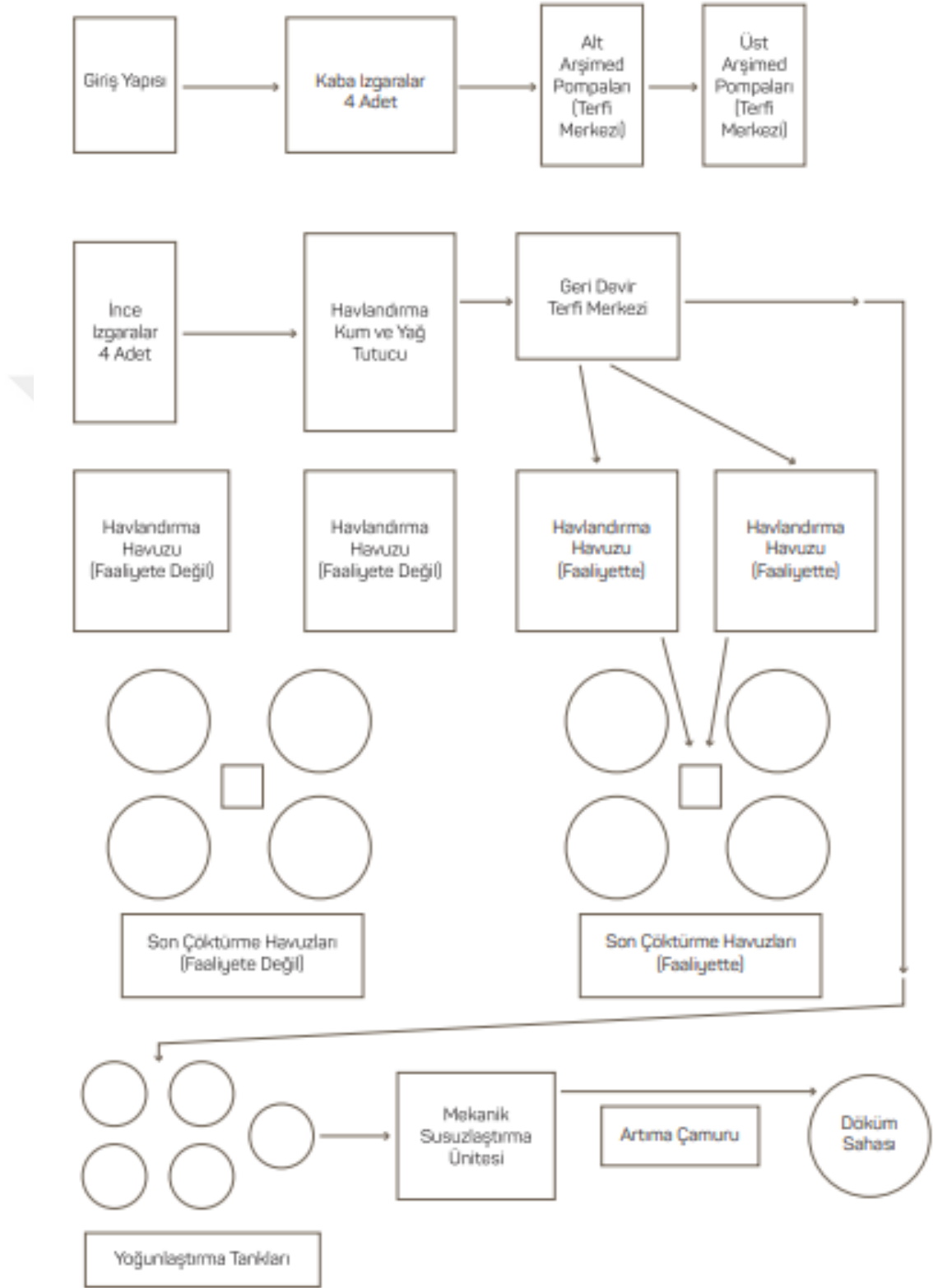
Parametre	Birim	2015	2035
Evsel kaynaklı debi	m ³ /gün	146279	327856
Endüstriyel nitelikli debi	m ³ /gün	12957	20699
Saatlik ortalama debi	m ³ /sa	8283.33	18064.04

Tablo 5.3. Karaman AAT projelendirme kriterleri



Şekil 5.2. Karaman atık su arıtma tesisi-2 [43]

5.3.2.4. Akım şeması



Şekil 5.3. Karaman atık su arıtma tesisi akım şeması [43]

5.3.3. Karaman atık su arıtma tesisinden mikrohes ile enerji üretiminin incelenmesi

Atık su arıtma tesislerinden üretilecek enerjinin potansiyeli atık suyun debisi ve yükseltisi gibi verilere bağlı olup söz konusu bilgilerin doğru belirlenmesi gerekmekte aksi takdirde tesise inşa edilecek tesisin verimliliği olumsuz yönde etkilenecektir [44].

5.3.3.1. Debinin belirlenmesi

Karaman atık su arıtma tesisinin debi miktarına ait veriler tesisde 7/24 ölçüm yapan cihazlar vasıtasıyla öğrenilmiştir.

Karaman AAT Debi Miktarları(m ³ /sn)	
Max	93720
Ortalama	82353
Min	52560

Tablo 5.4. Karaman AAT debi miktarları

5.3.3.2. Düşünün tespiti

Karaman Atık Su Arıtma tesisinin çıkış noktası ile deşarj noktası arasında kot farkı tesis yetkilileri ve atık su arıtma projesi vasıtasıyla tespit edilmiş olup 2.86 metrelik bir düşü bulunmaktadır.

5.3.3.3. Türbin seçimi

Türbinler uygun debi ve düşü yüksekliğine göre dizayn edilir. Bu tasarım debilerinin değişimi üretilecek gücün azalmasına neden olacaktır [45].

Kot farkı ve debi miktarlarına göre çeşitli türbin tiplerinin debi ve düşüye göre çalışma bölgeleri adlı tablomuza göre en uygun türbinin arşimed burğu türbini olacağı tespit edilmiştir.

5.3.3.4. Güç tespiti

p =suyun yoğunluğu (kg/m^3)

g =yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)

P =Güç (Watt)

Q =debi (m^3/sn)

H =mevcut su yüksekliği (m)

$P=Q.p.g.H.\epsilon$

ϵ =verimlilik

$P=1*1000*9.81*2.86*0.7=20 \text{ kW}$

5.3.3.5. Kurulum giderleri

MikroHES yatırım maliyeti 1300-8000 ABD doları/kW (1000-6200 €/kW) arasında değişir [36]. Bir başka çalışmada ise mikro hesler için yatırım maliyeti tahmini olarak 1000-6200 €/kW arası olacağı ifade edilmiştir [46]. İşletme maliyeti ise yatırım bedelinin yaklaşık %1-4 arasında değişmektedir [36].

Karaman AAT ye kurulabilecek mikrohes için Sapanca Kurtköydere Vadi Rekreasyon ve Mikrohes projesini yapan firmadan planlanan mikrohes için paket fiyat teklifi alınmıştır. Üç yüz bin liralık bir yatırım gideri olacağı hesaplanmaktadır.

5.3.3.6. İşletme giderleri

Sözkonusu mikro hes için ekstra bir personel görevlendirilmeye gerek duyulmaması, uzaktan kontrol edilmesi, mikrohesin kurulu gücünün çok fazla olmaması kullanılan malzemeler vb. nedenlerden dolayı çok az olduğu firma yetkililerince mevcut uygulamalardaki veriler neticesinde ifade edilmiştir. İhtiyari olarak yıllık 3000 lira işletme gideri hesaplamaya dahil edilecektir.

5.3.3.7. İşletme gelirleri

Atık su arıtma tesisi yılın 365 günü çalışmakta olup minimum debi miktarı $0.6 \text{ m}^3/\text{sn}$ maksimum debi miktarı $1.08 \text{ m}^3/\text{sn}$, ortalama debide $0.95 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak ölçülmüştür. Debi miktarları ile üretilen elektriğin miktarı orantılı şekilde değişecektir. Bir yıl içinde 8760 saat bulunmaktadır. Tesisinin çalışma süresi olarak debi miktarları düşünerek 7700 saat olarak varsayılmıştır.

Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik 1MW a kadar kurulu güce sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üreten tesisleri lisans kurma veya şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutmuştur. Yönetmelik gereği ilgili şebeke işletmecisi, sözkonusu yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarih itibarıyla yapılacak başvurular sonucunda çağrı mektubu almaya hak kazanan ve üretimi ile tüketimi aynı ölçüm noktasında olan yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı üretim tesisleri için, üretilerek şebekeye aktarılan elektrik enerjisi miktarını, bağlantı anlaşmasında belirtilen yere monte edilen sayaç değerlerinden saatlik bazda hesaplar ve aylık mahsuplaşma yapar.

İlgili yönetmelik gereği lisanssız şekilde kurulacak tesisin ürettiği elektrik için mahsuplaşma yapılacaktır. 2019 yılı elektrik faturları incelendiğinde KDV hariç elektriğin ortalama kWh fiyatı 2019 için 0.59 TL dir. Çalışmamızda hesaplama yapmak için 0.59 TL kullanılmıştır.

Üretilen Yıllık Elektrik Miktarı= $7700 \times 20 = 154000 \text{ kWh/Yıl}$

İşletme Geliri= $7700 \times 20 \times 0.59 = 90860 \text{ TL/Yıl}$

5.4. Yapılabilirlik Hesaplama Yöntemleri

Literatürde yapılan araştırmada projeler için bir çok yapılabilirlik hesaplama yöntemi olduğu görülmüştür. Bunlardan bazıları geri ödeme süresi methodu, bugünkü değer methodu ve iç karlılık yöntemleridir.

Karaman Atık Su Arıtma tesisine kurulması planlanan mikrohes tesisinin ekonomik olarak yapılabilirliğinin tespiti için çalışmamızda geri ödeme süresi yöntemi, bugünkü değer yöntemi ve iç karlılık yöntemleri kullanılacak ve planlanan projenin ekonomik olarak yapılabilirliği incelenecektir.

5.4.1. Geri ödeme süresi yöntemi

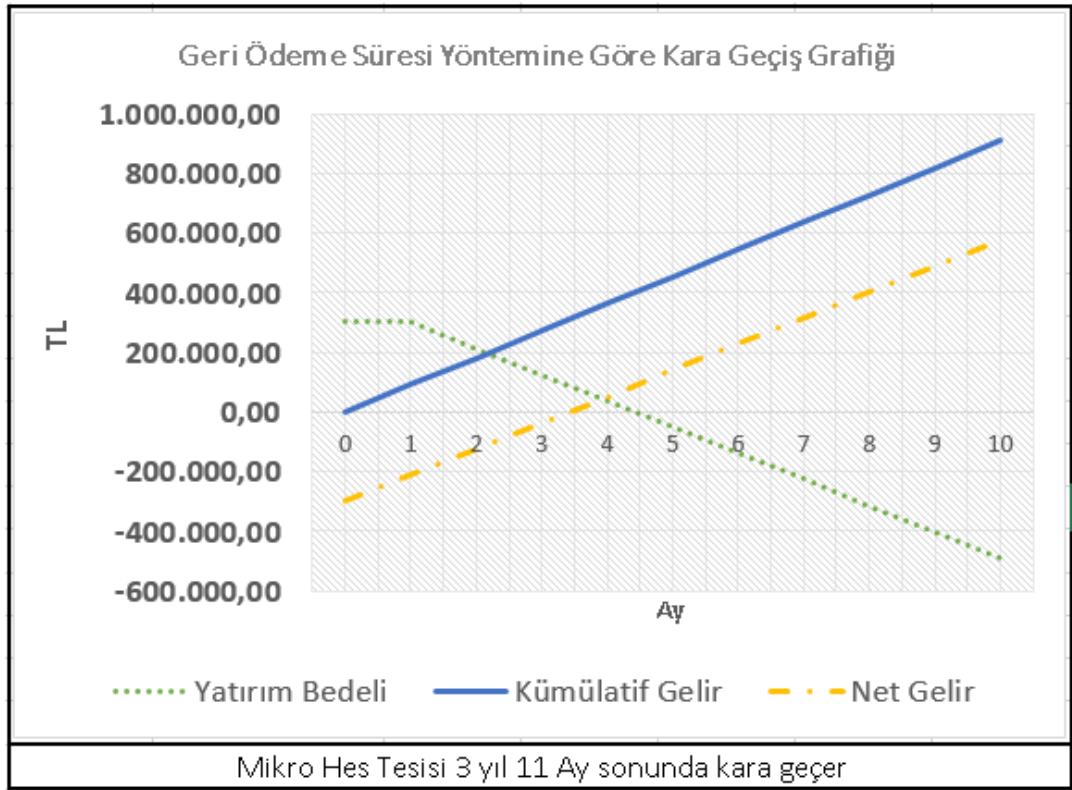
Geri ödeme süresi (paybackperiod), yapılan bir yatırım için harcanan toplam masrafın ne kadar sürede karşılanabileceğini gösteren bir değerdir. Bir başka ifadeyle yatırımın sağlayacağı net nakit girişlerinin yatırım giderine denk gelebilmesi için geçmesi gereken zamandır.

Yapılan yatırımın geri ödeme süresi tespit edilirken yatırımdan elde edilen yıllık net nakit gelirleri kümülatif olarak toplanarak hesaplanır.

Net nakit gelirlerinin kümülatif toplamının ilk yatırım tutarına denk olduğu sene, yatırımın geri ödeme süresidir. Aynı miktarda maddi geri dönüş sağlayan projelerden, geri ödeme süresi daha az olan proje, yatırım bakımından değerlendirildiğinde daha çok tercih edilen yatırım olarak kabul edilir [47].

GERİ ÖDEME SÜRESİ YÖNTEMİ TABLOSU	SÜRE YIL	YATIRIM BEDELİ	İŞLETME GİDERİ	İŞLETME GELİRİ	KÜMÜLATİF GELİR	NET GELİR
	0	300.000,00	0,00	0,00	0,00	-300.000,00
	1	300.000,00	3.000,00	90.860,00	90.860,00	-212.140,00
	2	212.140,00	3.000,00	90.860,00	181.720,00	-124.280,00
	3	124.280,00	3.000,00	90.860,00	272.580,00	-36.420,00
	4	36.420,00	3.000,00	90.860,00	363.440,00	51.440,00
	5	-51.440,00	3.000,00	90.860,00	454.300,00	139.300,00
	6	-139.300,00	3.000,00	90.860,00	545.160,00	227.160,00
	7	-227.160,00	3.000,00	90.860,00	636.020,00	315.020,00
	8	-315.020,00	3.000,00	90.860,00	726.880,00	402.880,00
	9	-402.880,00	3.000,00	90.860,00	817.740,00	490.740,00
	10	-490.740,00	3.000,00	90.860,00	908.600,00	578.600,00

Tablo 5.5. Karaman mikrohes geri ödeme süresi yöntemi tablosu



Grafik 5.39. Karaman mikrohes geri ödeme süresi yöntemine göre kara geçiş grafiği

Karaman Atık Su Arıtma Tesisine kurulacak arşimed burgulu mikro hes tesisinin geri ödeme süresi yöntemine göre yapılabilirliği incelenmiş, geri ödeme süresi yöntemi tablosu oluşturulmuş ve geri ödeme süresi yöntemine göre kara geçiş grafiği oluşturulmuştur. Mikrohes tesisinin 3 yıl 11 ay sonunda kara geçeceği hesaplanmıştır.

5.4.2. Bugünkü değer yöntemi

Yapılan yatırımın ekonomik ömrü boyunca sağladığı maddi getirinin bugünkü miktarından yatırım giderlerinin bugünkü miktarının çıkartılması ile elde edilen fark olarak bilinir. Net bugünkü değer; yatırımın nakit girdilerinin bugünkü değeri ile nakit çıktıların bugünkü değeri arasındaki farka eşittir [47].

$$NBD = \text{Nakit girişlerinin bugünkü değeri} - \text{Nakit çıkışlarının bugünkü değeri}$$

Bugünkü değer yöntemi, yatırım giderini gösteren belli bir indirim üzerinden hesaplanır. Net bugünkü değer, bir yatırımın veya projenin karlılığını değerlendirmeye yarayan bir ölçüttür. Net bugünkü değer pozitif ise yapılması planlanan yatırım karlı

sayılmaktadır ve yatırımın sağlayacağı getirinin yatırım için kullanılan yatırım maliyetinden yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

BUGÜNKÜ DEĞER YÖNTEMİ TABLOSU	SÜRE YIL	GİDERLER	GELİRLER	İSKONTO	BUGÜNKÜ DEĞER YÖNTEMİ	NET BUGÜNKÜ DEĞER
	0	300.000,00	0,00	0,10	-300.000,00	-300.000,00
	1	3.000,00	90.860,00	0,10	79.872,73	-220.127,27
	2	3.000,00	90.860,00	0,10	72.611,57	-147.515,70
	3	3.000,00	90.860,00	0,10	66.010,52	-81.505,18
	4	3.000,00	90.860,00	0,10	60.009,56	-21.495,62
	5	3.000,00	90.860,00	0,10	54.554,15	33.058,53
	6	3.000,00	90.860,00	0,10	49.594,68	82.653,21
	7	3.000,00	90.860,00	0,10	45.086,07	127.739,28
	8	3.000,00	90.860,00	0,10	40.987,34	168.726,62
	9	3.000,00	90.860,00	0,10	37.261,22	205.987,83
	10	3.000,00	90.860,00	0,10	33.873,83	239.861,67
Net Bugünkü Değer 4 yıl 4 ay sonra pozitif olduğundan yatırım uygundur						

Tablo 5.6. Karaman mikrohes bugünkü değer yöntemi tablosu

Karaman Atık Su Arıtma Tesisine kurulacak arşimed burgulu mikro hes tesisinin bugünkü değer yöntemine göre yapılabilirliği incelenmiş, 10 yıllık zaman için %10 iskontolu olarak bugünkü değer yöntemi tablosu oluşturulmuştur. 4 yıl 4 ay sonra net bugünkü değer pozitif olduğundan tesisin ekonomik ömrüne göre yatırımı uygun olarak hesaplanmıştır.

5.4.3. İç karlılık oranı yöntemi

İç karlılık oranı değişik isimlerle de bilinir. Bunlar iç getiri oranı, sermayenin marjinal verimliliği, yatırımın marjinal verimliliğidir. Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir.

Nakit girdilerinin bugünkü değerini nakit çıktıların bugünkü değerine eşitleyen indirim oranı olarak tanımlanır.

Yatırım kararı verilmesi aşamasında iç verim oranı, yatırımcının yatırımdan umduğu karlılık miktarı ile karşılaştırılır. Karşılaştırma neticesinde projenin kabulüne veya reddine karar verilir. Herhangi bir proje için hesaplanan iç verim oranı, yatırımdan beklenen karlılık miktarından büyük ise proje kabul edilir, değil ise proje kabul edilmez [47]. İç verim oranı yatırımdan beklenen karlılık oranından büyükse proje için yatırım kararı alınır. İç verim oranı yatırımdan beklenen karlılık oranından küçükse proje reddedilir. Birden fazla projenin karşılaştırılması söz konusu olursa iç verim oranı büyük olan proje tercih edilmektedir. Yatırımdan beklenen karlılık oranının en düşük değeri sermaye maliyeti olarak kabul edilmekle birlikte projenin riskine, yatırımcının beklentisine vb. parametrelere göre değişebilir.

Karaman Atık Su Arıtma Tesisine kurulacak arşimed burgulu mikro hes tesisinin iç karlılık yöntemine göre yapılabilirliği 10 yıllık süre için incelenmiş, iç karlılık yöntemi yöntemi tablosu oluşturulmuş excelde iç karlılık oranı %26.49 olarak hesaplanmıştır. Bu değer bugünkü değer için kullanılan %10 iskonto değerinden büyük olduğundan yatırım ekonomik yönden uygulanabilir olarak hesaplanmıştır.

İÇ KARLILIK ORANI YÖNTEMİ TABLOSU	SÜRE YIL	GİDERLER	GELİRLER	İSKONTO	İÇ KARLILIK ORANI
	0	300.000,00	0,00	10%	26,49%
	1	3.000,00	90.860,00	10%	
	2	3.000,00	90.860,00	10%	
	3	3.000,00	90.860,00	10%	
	4	3.000,00	90.860,00	10%	
	5	3.000,00	90.860,00	10%	
	6	3.000,00	90.860,00	10%	
	7	3.000,00	90.860,00	10%	
	8	3.000,00	90.860,00	10%	
	9	3.000,00	90.860,00	10%	
	10	3.000,00	90.860,00	10%	
İÇ KARLILIK ORANI İSKONTO ORANINDAN BÜYÜK OLDUĞU İÇİN YATIRIM UYGUNDUR					

Tablo 5.7. Karaman mikrohes iç karlılık oranı yöntemi tablosu

BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye sera gazlarının azaltılmasını hedefleyen Kyoto protokolünü imzalayan ülkelerden biridir. Türkiye’de 2017 yılında TÜİK verilerine göre toplam karbondioksit emisyonlarının %34’ü elektrik ve ısı üretimi kaynaklı olmak üzere %86,3’ü enerjiden kaynaklandı [37]. Sera etkisine neden olan karbondioksit salınımının büyük bir kısmı enerji üretimi ve tüketiminde fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanmaktadır [38]. Küresel olarak su endüstrisinde, suyun üretilmesi (hazır su vb.), dağıtımı (içme suları), arıtılmasında (atık su arıtma tesisleri) harcanan enerji, dünyada tüketilen enerjinin %2-3 üne karşılık gelmektedir [39]. Atık su arıtma tesislerinin en büyük gider kalemi elektrik tüketimleri oluşturmaktadır. Elektrik fiyatlarında yaşanan artışlar atık su arıtma tesislerinin 1 m³ suyu arıtmak için ödeyecekleri bedelinde artmasına neden olmaktadır.

1856 yılında Çin’de bir atık su arıtma tesisinde yapılan çalışmada 1 m³ atıksu arıtımı için 0.29 kWh elektrik enerjisi harcandığı tespit edilirken bu değerin Japonya’da 0.26 kWh/m³ ABD’de ise 0.20 kWh/m³ olduğu ifade edilmektedir. Değişik ülkelerde ve AAT’lerde birim atıksu arıtımı için harcanan elektrik miktarının değişimi seçilen prosese, atıksu kirlilik konsantrasyonuna, ekipman ve otomasyon düzeyine bağlı olarak değişmektedir. Ülkemizde de birim atıksu arıtımı için harcanan elektrik miktarının 0.08 ile 0.5 kWh/m³ olarak değiştiği görülmekte olup, hedeflenen çıkış suyu kalitesine bağlı olarak elektrik tüketimi artmaktadır.

Karaman atık su arıtma tesisinde 1 m³ atık suyu arıtmak için ortalama 0,3 kWh, Hendek atık su arıtma tesisinde ortalama 0,25 kWh, Akyazı atık su arıtma tesisinde ortalama 0,26 kWh, Geyve atık su arıtma tesisinde ortalama 0,25 kWh, Karasu atık su arıtma tesisinde ortalama 0,24 kWh elektrik enerjisi harcandığı hesaplanmıştır.

Atık su arıtma tesisleri elektrik tüketim maliyetlerini karşılamak için bir dizi çalışmalar yapmaktadır. Bunlardan biriside mikroheslerdir. Türkiye'de son yıllarda atık su arıtma tesislerinden mikrohesler ile elektrik enerjisi üretimine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi (GASKİ) Merkez Atıksu Arıtma Tesisinin çıkışına Arşimet Burgulu Türbin sistemi ile çalışan mikohes ile yıllık toplam 1 milyon 500 bin kilowatt/saat enerji üretebilecek [41]. Ankara Büyük Şehir Belediyesi Aski Genel Müdürlüğü Tatlar Atıksu Tesisi Deşarj Noktası Arşimet Burgulu Türbin sistemi ile çalışan mikrohes ile yıllık toplam Yılda 8.000.000 kilowatt/saat elektrik üretecektir [42].

Bu çalışmada Sakarya'da bulunan atık su arıtma tesislerinin çıkışlarına kurulabilecek mikrohesler ile kendi elektrik enerjilerinin üretilip üretemeyeceği araştırılmış ve ikincil olarak sakarya ilinde bulunan şehir atık su arıtma tesislerinin tam kapasite ile çalışmadığı zaman dilimlerinde elektrik birim fiyatlarının çok pahalı olduğu akşam 17.00 - 22.00 arasındaki elektrik tüketiminin küçük bir kısmının bu zaman diliminin öncesi ve sonrasına kaydırılması durumunda söz konusu tesislerin elektrik giderlerinde yapacağı tasarruflar hesaplanmıştır. Ayrıca bir arıtma tesisinde tüm zaman aralıkları için tek fiyat uygulaması yapılmış, zamana göre değişen fiyat uygulamasının tesisin elektrik tüketim rejimine daha uygun olduğu tespiti yapılmıştır.

Sakaryada bulunan atık su kimlik belgesi bulunan 183 tane atık su arıtma tesisi olduğu tespit edilmiştir. Bu tesislerden 136 tanesinin debisi $0.0057 \text{ m}^3/\text{sn}$ veya daha azdır. 178 tanesinin debisi $0.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'den daha az olduğu tespit edilmiştir. Çalışma olarak debisi en yüksek olan Sakarya Büyükşehir Belediyesine ait 5 tane atık su arıtma tesisi incelenmiştir. Bu tesisleri seçmemizin nedeni debilerin ve elektrik tüketimlerinin fazla olması, şehir atık su arıtma tesisi olduğu için deşarjlarının yılın 365 günü sürekli faal olmalarıdır. Sanayi tesislerine ait atık su arıtma tesislerinin debilerinin çok düşük olması, yılın 365 günü çalışmaması, hidroelektrik potansiyellerinin düşük olması nedeniyle incelenmeye gerek duyulmamıştır.

İlk olarak söz konusu tesislere ait geriye dönük elektrik faturaları incelenerek analiz edildi. Sakarya'da bulunan şehir kanalizasyon hattından gelen atık suları arıtan atık su

arıtma tesislerinden sadece karaman atık su arıtma tesisinin mikrohesle enerji üretilbileceği diğer atık su arıtma tesislerinden piko hesle (5 kW dan düşük) enerji üretilbileceği tespit edilmiştir.

Karaman atık su arıtma tesisinde 20 kW gücünde arşimed burgulu türbin vasıtasıyla enerji üretecek mikro hes tesisinin ekonomik açıdan yapılabilirliği geri ödeme süresi yöntemi, bugünkü değer yöntemi ve iç karlılık yöntemlerine göre analiz edilmiştir. Geri ödeme süresi yöntemi ile 3 yıl 11 ay içinde kara geçeceği hesaplanmıştır. %10 iskonto ile hesaplanan bugünkü değer yönteminde 4 yıl 4 ay sonra net bugünkü değer pozitif olduğundan (tesisnin ekonomik ömrü gözönünde tutulduğunda) yatırımın uygun olduğu, iç karlılık oranı yöntemine göre 10 yıllık hesaplamada iç karlılık oranı %26.49 olarak tespit edilmiş yatırımın uygun ve ekonomik olarak yapılabilir olduğu tespit edilmiştir.

Karaman atık su arıtma tesisinde kurulacak mikrohesle atık su arıtma tesisinin elektrik tüketiminin ortalama %1.65'lik kısmının karşılanacağı hesaplanmaktadır.İncelenen şehir atık su arıtma tesislerinin bazılarının yılın 365 günü tam kapasite ile çalışmaması (debi değerlerindeki değişim, aylık elektrik tüketimleri ve atık su bilgi sistemi verileri ışığında) kullanılarak elektriğin en pahalı olduğu 17.00-22.00 saatleri arasındaki elektrik tüketiminin bu saat dilimlerinin öncesine ve sonrasına aktarılması yönünde tesisin işletilmesine dair yapılacak düzenlemeler ile tesislerin elektrik giderlerinin azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.

Şehirlerin kanalizasyon hattından gelen atık suları arıtan büyük atık su arıtma tesislerinin, debi ve düşüleri uygunsa bu tesislere ivedilikle mikrohes yatırımların yapılması gerekmektedir. Türkiyede atık su arıtma tesisi bulunan tesisler şartları sağlaması durumunda atık su arıtımı için harcadıkları elektrik giderlerinin %50'sine kadar devletten teşvik almaktadır [48]. Bu yüzden devletten elektrik giderleri için teşvik alan işletmelerde mikrohes yatırımlarının hemen hayata geçirilmeside ekonomik olarak mümkündür. Mevzuatta bir düzenlemeyle kurumlara verilen bu teşviğin öncelikle bu tarz mikrohes tesislerinin yatırımında kullanılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Samsunlu, A.(2011). Atıksuların arıtılması. Birsen Yayınevi
- [2] <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, Erişim Tarihi: 03.01.2020
- [3] Özcan,E.(2014).Türkiye kıyılarında yüzme suyu profillerinin belirlenmesi ve turizmde atıksu yönetimi
<https://webdosya.csb.gov.tr/db/tay/webmenu/webmenu13378.pdf>, Erişim Tarihi: 04.01.2020
- [4] Göksu, Z.L.(2003).Su Kirliliği. Çukurova üniversitesi su ürünleri fakültesi yayınları no:7.Nobel kitapevi
- [5] Öztürk, İ. (2017). Atık su mühendisliği. Teknik Kitaplar Serisi(İSKİ)
<http://www.iski.gov.tr/web/assets/SayfalarDocs/e-kutuphane/kultur/docs/at%C4%B1ksu-m%C3%BChendisli%C4%9Fi.pdf>, Erişim Tarihi: 03.01.2020
- [6] Tüik.(2018).Belediye atık su istatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>., Erişim Tarihi: 09.01.2020
- [7] Kestioğlu, K.& Şen, M.(2003). Su ve atık su arıtımında fiziksel temel işlemler. Vipaş A.Ş.
- [8] Resmi Gazete(31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı).Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
- [9] Yalçın, H. & Gürü, M.(2010) Su teknolojisi. Palme yayıncılık
<https://webdosya.csb.gov.tr/db/tay/webmenu/webmenu13378.pdf>, Erişim Tarihi: 03.02.2020
- [10] Williams, A. A. (1996). Pumps as Turbines for Low Cost Micro Hydro Power. World Renewable Energy Congress, Denver,USA.
- [11] Williams, A. A., Smith, N. P. A., Bird,C. & Howard, M. (1998). Pumps as turbines and induction motors as generators for energy recovery in water supply systems. Journal of the Chartered Institute of Water and Environmental Management 12, 175–178.

- [12] Paish, O.(2002).Small hydro power technology and current status. Renewable and Sustainable Energy Reviews 6(2002) 537-556
- [13] Akpınar,E.(2005),Nehir tipi santrallerin türkiye'nin hidroelektrik üretimindeki yeri, Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt : (7), Sayı: (2), Yıl : 2005
- [14] Yanıkoğlu,E.,Çavuş,T.F. & Metin,A.(2006).Küçük hidroelektrik santralleri gücünün bulanık mantık yöntemiyle tahmini http://www.emo.org.tr/ekler/2cdb13a83f73ccd_ek.pdf, Erişim Tarihi: 04.02.2020
- [15] Kulak, U. (2009), sakarya havzasının hidroelektrik potansiyelinin analizi ve uygun görülen akarsular için hes projesi yapılması, Yüksek lisans tezi
- [16] Dursun, B. & Gokcol, C.(2010).The role of hydroelectric power and contribution of small hydropower plants for sustainable development in Turkey. Renewable Energy 36(2011) 1227-1235
- [17] Özdemir,M.T.,Orhan,A.& Cebeci,M.(2011).Çok küçük hidrolik potansiyellerin enerji üretim amacı ile yerel imkanlarla değerlendirilmesi. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu
- [18] Abay,O., Yaşar,M. & Baykan,N.O.(2011).I. Su Yapıları Sempozyumu - 16-18 Eylül 2011, Diyarbakır
- [19] Haidara,M.A.,Senana,F.M.,Nomanb,A.,Radmanb,T.(2011).Utilization of pico hydro generation in domestic and commercial loads.Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 518– 524
- [20] Nautiyal,H.,Singal,S.K.,Varun & Sharma,A.(2010).Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 2021–2027
- [21] Dalcı,A.,Çelik,E. & Arslan,S.(2012).Mikro ve mini hidroelektrik santralleri için mikrodenetleyici tabanlı bir elektronik governor sisteminin tasarımı.Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt:28 Sayı:2
- [22] Adhau,S.P.,Moharil,R.M. & Adhau,P.G.(2012).Mini-hydro power generation on existing irrigation projects:Casestudy of Indiansites. Renewable Energy 16(2012) 4785-4795
- [23] Bayazıt,Y.,Karakurt,C. & Kurban,M.(2013).Küçük Ölçekli Hidroelektrik Santrallerinin Türkiye'deki Durumu ve Değerlendirilmesi.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu
- [24] Nasir, B.A.(2014).Design Considerations Of Micro-Hydro-Electric Power Plant. The International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES14

- [25] Kaunda,C.S., Kimambo,C.Z. & Nielsen,T.K.(2013).A technical discussion on microhydropower technology and its turbines Renewable and Sustainable Energy Reviews 35 (2014) 445–459
- [26] McNabola, A., Coughlan, P., Corcoran, L., Power, C., Williams, A. P., Harris, I., Gallagher, J. & Styles, D. Energy recovery in the water industry using micro-hydropower: an opportunity to improve sustainability. Water Policy 16 (2014) 168–183
- [27] Gallagher, J., Harris, I.M., Packwood, A.J., McNabola, A. & Williams A.P.(2015).A strategic assessment of micro-hydropower in the UK and Irish water industry: Identifying technical and economic constraints. Renewable Energy 81(2015) 808-815
- [28] Jawahara, C.P., Michael, P.A.(2017).A review on turbines for micro hydro power plant. Renewable and Sustainable Energy Reviews 72 (2017) 882–887
- [29] Erkan, D., Yılmaz, T., Yücel, A., Yılmaz, A., Tel, A. & Uçar, D.(2018). Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Kazanımı için Mikro Ölçekte Hidroelektrik Santrallerin Uygulanabilirliği. HU J. of Eng. 02 (2018) p.1-6
- [30] Süme, V.(2018), Micro Water Structures As A Renewable Energy Source; A Case Study In Maçka Trabzon In Turkey, GÜFBED/GUSTIJ (2018) 8 (2): 325-334
- [31] Üstün, E., Akçamur, E.S. & Yeğin, E.M.(2018). Arşimet Burgu Türbini ile Çalışan Hidroelektrik Santralin Nümerik Analizleri ile Deneysel Verilerinin Karşılaştırılması, Koc. Üni. Fen Bil. Der., 1(1): (2018) 38-46
- [32] <https://www.mgm.gov.tr/genel/yagisolcumleri.aspx?s=1> Erişim Tarihi: 15.03.2020
- [33] EPDK.(2018). Elektrik Piyasası Sektör Raporu <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-24/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 18.01.2020
- [34] Resmi Gazete(30772 sayılı).2019.Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği
- [35] Öztaşkın, F.B.(2018), artvin ilindeki farklı derelerin hidroelektrik enerji potansiyelinin ve yapılabilirliğinin incelenmesi -Yüksek lisans tezi
- [36] http://www.mneproje.com/public/website/news/atiksu-aritma-hes_20200131070151.pdf, Erişim Tarihi: 23.02.2020

- [37] <https://www.haberturk.com/seragazi-emisyonlari-2429941-ekonomi>
Erişim Tarihi: 15.01.2020
- [38] Çoban,O.,Şahbaz Kılınç,N., Yenilenebilir Enerji Tüketimi Ve Karbon Emisyonu İlişkisi: Tr Örneđi- Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Sayı:38 Yıl: 2015/1 (195-208 s.)
- [39] Kwok, S. C., Lang, H., O’Callaghan, P.& Stiff, M. (2010). Water Technology Markets 2010 : Key Opportunities and Emerging Trends. Media Analytics Ltd,Oxford.
- [40] İşgenç,F., Atıksu Aritma Tesislerinde Enerji Yönetimi İzmir Bölgesi Enerji Forumu / 16-17 Kasım 2018 /
http://www.emo.org.tr/ekler/38a62084dd5b1ff_ek.pdf, Erişim Tarihi: 12.02.2020
- [41] <https://www.hurriyet.com.tr/gaski-atik-su-ile-enerji-uretecek-40215041> ,
Erişim Tarihi: 18 .01.2020
- [42] <http://www.yekenergy.com/referanslar/aski-arsimet-burgulu-elektrik-uretim-santrali/>, Erişim Tarihi: 12.01.2020
- [43] <https://www.sakarya-saski.gov.tr/Default.aspx>, Erişim Tarihi: 12.01.2020
- [44] McNabola, A., Williams, A. P. & Coughlan, P. (2013). Energy recovery in water supply networks: an assessment of the potential of micro hydropower. Water and Environment Journal 27,435–436
- [45] Giugni, M., Fontana, N. & Portolano, D.(2009). Energy Savings policy in water distribution networks. Proceedings of the International Conference on Renewable Energies & Power Quality, Valencia, Spain.
- [46] Gaius-obaseki, T. (2010). Hydropower opportunities in the water industry. International Journal of Environmental Sciences 1(3), 392–402
- [47] Torkul, O., Selvi, H. İ., 2018. Mühendislik Ekonomisi Temelleri. ikinci baskıdan çeviri Palme Yayıncılık. Ankara.
- [48] Resmi Gazete (01.10.2010 tarih ve 27716 sayılı).Çevre Kanununun 29. Maddesi Uyarınca Atıksu Aritma Tesislerinin Teşvik Tedbirlerinden Faydalanmasında Uyulacak Usul Ve Esaslara Dair Yönetmelik

ÖZGEÇMİŞ

Ufuk SÜĞÜRTİN, 25.10.1986'da Osmaniye'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimlerini Nurdağı, Osmaniye, Gaziantep, Erzincan ve Hatay illerinde tamamladı. 2005 yılında Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümüne kayıt yaptırdı. 2010 yılında Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliğinden mezun oldu. 2011 yılında Bolu Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünde Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak göreve başladı. 2018 Ekim ayından itibaren Sakarya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünde çalışmaktadır. 2019 yılında Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde Yüksek lisans eğitimine başladı.